

# ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԸՆԴԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՑԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԺՈՂՈՎԱԾՈՒ

ՏԱՄՆՄԵԿԵՐՈՐԴ ՎԵՐԱՄՇԱՎՎԱ  
ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Եռոյլատրված է ԽՍՀՄ բարձրագույն և միջին  
մասնագիտական կրթության նախարարության կողմից  
որպես ուսումնական ծերնարկ բարձրագույն  
ուսումնիկական ուսումնական հաստատությունների  
ուսանողների հանար

«Առնա» գրահրատարակչություն  
ՍՏԵՓԱՆՎԱԿԵՐՏ 2000

# ନାନ୍ଦମଣ୍ଡ

Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի խնդիրների ժողովածու:  
Ուսումնական ձևունակ: Ռուսերենից թարգմանեց Ա. Ավանեսյանը  
Ստեփանոսյան: Մոնա, 2000 թ., 404 էջ:

Գիրքը հանդիսանում է ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի խնդիրների վարժությունների համակարգված ժողովածու: Յուրաքանչյուր բաժին սկսվում է դյուրիմ խնդիրներով և վերջանում ավելի դժվարներով: Առավել տիպարի խնդիրները մանրամանրեն լուծված են՝ մերողական ցուցումներով: Միաւուսում խնդիրների համար տրված են ֆիզյօն պատասխաններ: «Ժողովածու» ի սույն հրատարակությունը նորից խմբագրված է՝ հաշվի առնելով ներկայուն գործող ՀՕԾԻ 8.417-81 (ԾՏ ՀԵԲ 1052 - 78)-ը տեղմինաբանության և ֆիզիկական մեծությունների վերաբերյալ, վերացվել են նախորդ հրատարակությունում (1979) նկատված անճշտությունները և վրիհակները:

Նախատեսված է ֆիզիկայի սովորական ծրագրով բարձրագույն տեխնիկական ուսումնական հաստատությունների ուսանողների համար, կարող է օգտագործվել նաև այլ բուհերի ուսանողների կողմէից:

III 42 W. 113

1131

113/113/113

2011.11.11

© Физико-математическая литература, 1986

© Թիգրան Միքայելյան և Հայութի Եղիշե, «Արքայ», Խորհրդական պատմություն, 2000

## ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՆ ԿՈՂՄԻՑ

Ընթերցողների ուսադրությանը ներկայացվող Վ. Ս. Կոլկնացեանին (1905-1972) «Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի խնդիրների ժողովածու»-ն առաջին անգամ լույս է ընծայվել 1958 թվին։ Առաջին հրատարակության լույս տեսնելուց ի վեր գիրքը բազմից մշակվել և լրացվել է։ Յեղինակի կողմից վերցին (յոթերորդ) անգամ դատարարացվել է հրատարակվել է 1969 թվին։

Զնայած ծագման վաղեմությանը, Վ. Ա. Կոլիկենօսեյի գիրքը մեր օրերում էլ լայնորեն օգտագործվում է որպես ուսումնական ձեռնարկ՝ ոչ ֆիզիկական որոֆիլի բարձրագույն տեխնիկական ուսումնական հաստատությունների ուսանողների կողմից (ֆիզիկայի սովորական բուհական ծրագրով):

«Ժողովածուի» նոր սասնմեկերտի հրատարակության մեջ ընդհանուր նյութի շարադրման մակարդակը, խնդիրների իմաստը եւ համարակալումը մնացել են նույնը: Սակայն բաժինների տեսական ներածությունը, խնդիրների ծևակերպումները և լուծումները նորից խմբագրված են: Առաջի էական փոփոխություններ են կրել տերմինաբառությունը եւ ֆիզիկական մեծությունների միավորների նշանակումները, որոնք անհրաժեշտ են ենթականացնել ներկայունս գործող ISOCT 8.417-81 (CT CЭВ 1052 - 78)-ի կաղողակցությանը: Խմբագրելիս վերացվել են նախորդ հրատարակության ժամանակ նկատված անհետությունները և Վրիդակները, առանձին ուղղումներ կատարվել են ընթեցողների նամակների իրման վրա: Գրի հավելվածում բերված են հիմնական տեղեկատվական տվյալներ, լրացված են խնդիրների ուղարկանները (հղումները տեղեկատու աղյուսակներին տրված են հռոմեական թվանշաբնություն):

Այս գրքը վերաբերյալ թշնամուսականները և ցանկությունները խմբագրությունը խնդրում է ուղարկող հետևյալ հասցեն՝ 117071, Մոսկվա, 3-71, Լենինգրադյան պողոտա, 15, «Նարեա» հրատարակչություն, Փիզիկամաթեմատիկական գրամասնության գնապիլոր խմբագրություն:



# ԵՐՐՈՐԴ ԵՎ ՀԻՆԳԵՐՈՐԴ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՂԻՆԱԿԻ ՆԱԽԱԲԱՆԻՑ

«Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի խնդիրների ժողովածու»-ի երրորդ հրատարակությունը ամբողջովին վերամշակված և լրացված է: Դա պայմանավորված է, առաջին, բուհերում ֆիզիկայի ընդլայնված ծրագիր մտցնելով, երկրորդ, «Միավորների միջազգային համակարգ» ՌՕԾ 9867/61-ի հաստատումով:

ՌՕԾ 9867/61-ը հաստատում է միավորների միջազգային համակարգը որպես մի համակարգ, որը նախնական, որը բնակչութելի է գիտության, տեխնիկայի և տուրիզմական տնտեսության բոլոր բնագավառներում, ինչպես նաև դասավանդման ժամանակ<sup>\*</sup>: Այս հրատարակությունում, որպես կանոն, խնդիրների լուծումը տրվում է ըստ միավորների միջազգային համակարգի միավորների այլ համակարգերից օգտվելու, ինչպես նաև արտասահմանական միավորներից միջազգային համակարգի միավորներին մտցնելու համար՝ բերված են համապատասխան աղյուսակներ:

Ցույցաբանյայուր պարագանակ բարեկցվում է համառոտ ներածությամբ, որում նշվում են հիմնական օրենքները և բանաձևերը, որոնց հիմնական փուլ լուծվում են տվյալ պարագանակի խնդիրները: Բոլոր խնդիրները ունեն պատուախաններ, իսկ առավել դժվարները՝ նաև լուծումներ:

\*\*\*

«Խնդիրների ընդհանուր դասընթացի խնդիրների ժողովածու»-ի հիմքերուր երատարակությունը նորից խնճագրված է: Որոշ խնդիրներ փոխարինված են արին/ներով: Որպեսզի սովորողների մեջ տեղեկատվական գրաւերաբերությունը օգտվելու հմտություններ ծևավորվեն, որոշ թվային տվյալներ խնդիրների պայմաններից տեղափոխված են տեղեկատու այլուտավելու:

\* ԽՕԾ 41 սույն պարունակությունը կոմիտեի որոշմամբ 1982 թ. հունվարի մեջից գործողության մեջ դրված՝ մեջմասն անդամութեակ միավորներ» ՌՕԾ 8.417-81 (ՇՀ ՀԿ 1052-78)-ը, որի համաձայն պարունակը նվազագույն է համարվում միավորների միջազգային համակարգի միավորները, ինչպես նաև տարի բարեւագանձնելու և որությ տասնորդական մասերը (ծան. խմբ):

## ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

### ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԻ ՄԻՋԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ

Տարբեր ֆիզիկական մեծություններ իրար հետ կապված են հավասարումներով, որոնք արտահայտում են այդ մեծությունների միջև եղած կախվածությունը: Օրինակ, ա արագացումը, որը ստանում է ո զանգվածով մարմինը, կապված է այդ մարմնի վրա ազդող F ուժի հետ հետևյալ հավասարումով:

$$F = kma, \quad (1)$$

որտեղ k -ն բվային գործակից է՝ կախված F, m և նեծություններից: Եթե զանգվածի և արագացման միավորները մեզ հայտնի են, ապա ուժի միավորը կարող ենք ընտրել այնպես, որ կ գործակիցը (1) հավասարման մեջ դառնա հավասար մեկի, այսինքն որպեսզի այն ընդունի F=ma տեսքը: Դրա համար որպես ուժի միավոր մենք պետք է վերցնենք այնպիսի ուժ, որը միավոր զանգվածին հաղորդում է միավոր արագացում: Այսպես վարվելով նոր մուցվող ցանկացած մեծության հետ՝ մենք նրա միավորը հաստատենու համար օգտագործում ենք այն բանաձեռք, որը ծառայում է որպես այլ նեծության սահմանում և այսպիսով կառուցում ենք ածանցյալ միավորների համակարգ:

Միավորների տարբեր համակարգեր իրարից զանազանություն են նրանով, թե որ միավորներն են ընտրված որպես հիմնական: Մենք կօգտվենք միջազգային համակարգությունը: Այդ համակարգը նշանակվում է SI սիմվոլով կամ ուսական գրությամբ՝ СИ (բայց System International բառերի սկզբնատառերի):

SI համակարգի հիմնական միավորները բերված են աղյուսակ 1-ում, լրացուցիչ միավորները՝ աղյուսակ 2-ում:

SI համակարգի ածանցյալ միավորները կազմվում են այնպես, ինչպես ասված է վերը: Որպեսզի ցույց տրվի, թե տվյալ ածանցյալ միավորը ինչպես է կախված հիմնական միավորներից, կիրառվում են չափայնության բանաձևերը: Եթե հիմնական մեծությունների չափայնության համար ընդունենք պայմանական նշանակումները՝ երկարություն - L, զանգված - M, ժամանակ - T, հոսանքի ուժ - S, շերմաստիճան - 0, լույսի ուժ - 1 և նյութի քանակ - N, ապա որևէ X մեծության չափայնության բանաձեռք SI համակարգում կարելի է գրել այսպես:

$$\text{dim } x = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} | \delta | \rho | \mathcal{S} | \mu | N^{\nu}$$

Աղյուսակ 1

Մեծություն	Միավորը	
	ավանումը	նշանակումը
Երկարության	մետր	մ
Զանգված	կիլոգրամ	կգ
Ժամանակ	վայրկյան	վ
Ելեկտրական հոսանքի ուժ	անպեր	Ա
Ջերմադինամիկական ջերմաստիճան	կելվին	Կ
Էլեկտրաէներգիա	էլեկտրաէներգիա	է
Նյութի քանակ	մոլ	մոլ

Աղյուսակ 2

Մեծություն	Միավորը	
	ավանումը	նշանակումը
Դարբանական անկյուն	ռադիան	ռադ
Մարմնային անկյուն	ստեռադիան	ստ

Խ մեծության չափայնությունը գտնելու համար պետք է որոշել  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\rho$ ,  $\mu$  և  $\nu$  ցուցիչների թվային արժեքները: Այս ցուցիչները կարող են լինել դրական կամ բացասական, ամբողջ կամ կոտորակային:

Օրինակ 1. Գտնել աշխատանքի չափայնությունը: Ելնելով  $A=F\ell$  առնչությունից, կստանանք  $\dim A = L^2 M T^{-2}$ :

Օրինակ 2. Գտնել տեսակարար ջերմունակության չափայնությունը: Բանի որ  $C=Q/m \cdot t$  և  $\dim Q = \dim A$ , կստանանք  $\dim C = L^2 T^{-2} \Omega^{-1}$ :

Իմանալով ցանկացած ֆիզիկական մեծության չափայնություն Տ1 համակարգում՝ կարելի է գտնել նրա միավորի չափայնությունը այլ համակարգում: Այսպես, օրինակ, աշխատանքի միավորի չափայնու-

թյունը հավասար է  $M^2 \cdot կգ \cdot Վ^{-2} \cdot հ$ , տեսակարար ջերմունակության չափայնությունը՝  $Ծ^2 \cdot Վ^{-2} \cdot Կ^{-1} \cdot հ$  և այլն:

Տ1 համակարգի ածանցյալ միավորների այլուսակները դրված են «Ժողովածու»-ի համապատասխան գլուխներում՝ մեխանիկական մեծությունների միավորները՝ գլուխ I-ում, ջերմային մեծությունների միավորները՝ գլուխ II-ում, էլեկտրական և մագնիսական մեծությունների միավորները՝ գլուխ III-ում և այլն:

Աղյուսակ 3

Կցուրդ	Թվային արժեք	Նշանակում	Կցուրդ	Թվային արժեք	Նշանակում
Աստոր	$10^{-18}$	ա	դեցի	$10^{-1}$	դ
Ֆենտո	$10^{-15}$	ֆ	դեկա	$10^1$	դա
Պիկո	$10^{-12}$	պ	հեկտո	$10^2$	հ
Նանո	$10^{-9}$	ն	կիլո	$10^3$	կ
Սիկո	$10^{-6}$	սկ	Մեգա	$10^6$	Մ
Միլի	$10^{-3}$	մ	Գիգա	$10^9$	գ
Սամո	$10^{-2}$	ս	Թերա	$10^{12}$	թ

Աղ. 3-ում դրված են կցուրդներ, որոնք ժառանյում են Տ1 համակարգի բազմապատճելի և նաև կազմող միավորների ձևավորման համար: Այդ կցուրդները կարելի են միացնել միայն պարզ անվանումներին (Աստոր, գրամ և այլն): Անթույլատրելի է, օրինակ, որևէ կցուրդ միացնել «կիլոգրամ» անվանմանը, որն արդեն պարունակում է «կիլո» կցուրդը: Այդ նույն նկատառումներից ենելով  $m=10^9 \text{կգ}=10^{12} \text{գ}$  մեծության միավորը անհրաժեշտ է անվանել «քերագրամ» (թղ):

ՄԵԹՈՂԱԿԱՆ ՑՈՒՑՈՒՄՆԵՐԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Խնդիրների լուծման ժամանակ նախ և առաջ անհրաժեշտ է որոշել, թե ինչ ֆիզիկական օրինաչափություններ են ընկած տվյալ խնդրի հիմքում: Այնուհետև այդ օրինաչափությունները արտահայտող բանաձևերից պետք է գտնել խնդրի լուծումը տարային տեսքով: Դրանից հետո կարելի է անցնել թվային տվյալների տեղադրմանը, որոնք պարտադիր կերպով պետք է տրված լինեն միավորների միևնույն համակարգում: Միավորների միջազգային համակարգի միավորների հետ միահային օգտագործվում են նաև մի քանի արտահամակարգային միավորներ,

Ֆիզիկայից և աստղագիտությունից գիտական աշխատաթերություններ օգտագործվում են նաև CGC համակարգի միավորներ: Դրա համար էլ խնդիրների պայմաններում թվային տվյալները միշտ չեն, որ բերված են SI համակարգի միավորներով: Միջազգային համակարգի միավորների, արտահանակարգային միավորների և այլ համակարգերի միավորների միջև եղած կապը տրված է յուրաքանչյուր գլխի սկզբում գետեղված աղյուսակներում:

SI համակարգում խնդիրը լուծելու համար խնդրի պայմաններում բերված, ինչպես նաև տեղեկատու աղյուսակներից վերցված բոլոր տվյալները պետք է արտահայտվեն SI համակարգի միավորներով:

Թվային պատասխան ստանալու ժամանակ անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել վերջնական արդյունքի ճշտության աստիճանին: Պատասխանի ճշտությունը չենուք է գերազանցի ելակետային տվյալների ճշտությանը: Խնդիրների մեջամասնությունը կարելի է լուծել այն ճշտությամբ, որ տալիս է լոգարիթմական քանոնը: Առանձին դեպքում անհրաժեշտ է օգտվել քառանիշ լոգարիթմական աղյուսակից: Թվային պատասխանում երբ տառային նիշերի փոխարեն տեղադրվում են թվեր, աննիշապես պետք է գրել միավորի անվանումը: Այն խնդիրներում, որոնցում պահանջվում է գրաֆիկ գծել, անհրաժեշտ է ընտրել մասշտաբ և կոորդինատների սկզբնակետ:

## ԽՆԴԻՐՆԵՐ

### ԳԼՈՒԽ 1

#### ՄԵԽԱՍԻԿԱՅԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԴԻՄՈՒՄՆԵՐԸ

##### ՄԵԽԱՍԻԿԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

SI համակարգում մեխանիկական մեծությունների ածանցյալ միավորները առաջանում են ֆիզիկական բանաձևերից՝ օգտագործելով հիմնական միավորները՝ մետր (մ), կիլոգրամ (կգ), վայրկան (Վ): Այսպիսս, արագության և արագացման միավորները որոշվում են:

$$V = \frac{\Delta \ell}{\Delta t}, \quad a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

առնցյալ բանի որ երկարության միավորը հանդիսանում է 1 մ-ը, իսկ ժամանակի միավորը՝ 1 վ-ը, ասպարագության միավորը կիլոնի 1 մ/վ, արագացման միավորը՝ 1 մ/վ<sup>2</sup>:

Ուժի միավորը սահմանվում է նյուտոնի երկրորդ օրենքից:  $F = m \cdot a$ : Որպես զանգվածի միավոր ընդունված է 1 կգ-ը, արագացման միավոր՝  $1 \text{մ}/\text{վ}^2$ -ն, իետևաբար SI համակարգում ուժի միավոր հանդիսանում է այն ուժը, որի ազդեցության տակ 1 կգ զանգվածը ունեցող նարմինք ստանում է  $1 \text{մ}/\text{վ}^2$  արագացում: Ուժի այդ միավորը կոչվում է նյուտոն (Ն):  $1 \text{N} = 1 \text{կգ} \cdot 1 \text{մ}/\text{վ}^2$ :

Աշխատանքի միավորը որոշվում է  $A=F \cdot l$  բանաձևից: Որպես աշխատանքի միավոր պետք է վերցնել այն աշխատանքը, որը կատարում է 1 Ն ուժը 1 մ ճամապարհի վրա: Աշխատանքի այդ միավորը կոչվում է Զոուլ (Զ):  $1 \text{Z} = 1 \text{N} \cdot 1 \text{m}$ : Հզորությունը գտնում են

$$N = \frac{A}{t}$$

բանաձևով: Եթևաբար, որպես հզորության միավոր պետք է ընդունել այն մեխանիզմի հզորությունը, որը 1 Զ աշխատանքը կատարում է 1 Գ-ի ընթացքում: Հզորության այդ միավորը կոչվում է Վատու (Վտ):

Աղյուսակ 4

Մեծությունը	Միավորը		Մեծության չափանիշը	Մշանակումը			
	Սահմանումը	անվանումը					
1	2	3	4	5			
Մակերես	$S = \ell^2$	քառակուսի մետր	$\text{m}^2$	$L^2$			
Ծավալ	$V = \ell^3$	խորանարդ մետր	$\text{m}^3$	$L^3$			
Արագություն	$V = \frac{\Delta \ell}{\Delta t}$	մետր վայրկյանում	$\text{m}/\text{s}$	$LT^{-1}$			
Վրագացում	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	մետր վայրկյան քառակուսու փոքր	$\text{m}/\text{s}^2$	$LT^{-2}$			
Անկյունային արագություն	$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$	ռադիան վայրկյանում	$\text{рад}/\text{s}$	$T^{-1}$			
Անկյունային արագացում	$\varepsilon = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$	ռադիան վայրկյան քառակուսու փոքր	$\text{рад}/\text{s}^2$	$T^{-2}$			
Պարբերական պրոցեսի հաճախություն	$N = T^{-1}$	հերց	$\text{Гц}$	$T^{-1}$			
Պոտոման հաճախություն	$n = T^{-1}$	վայրկյան մինուս մեկ աստիճան	$\text{Г}^{-1}$	$T^{-1}$			
Խտություն	$\rho = \frac{m}{V}$	կիլոգրամ մեկ խորանարդ մետրում	$\text{kg}/\text{m}^3$	$ML^{-3}$			
Զանգվածային ծախս	$m_t = \frac{m}{t}$	կիլոգրամ մեկ վայրկյանում	$\text{kg}/\text{s}$	$MT^{-1}$			
Ծավալային ծախս	$V_t = \frac{V}{t}$	խորանարդ մետր մեկ վայրկյանում	$\text{m}^3/\text{s}$	$L^3 T^{-1}$			
Ուժ	$F = ma$	Նյուտոն	$N$	$MLT^{-2}$			
Ենշում	$P = \frac{F}{S}$	Պասկալ	$\text{Па}$	$ML^{-1} T^{-2}$			
Կոշտություն	$K = \frac{F}{\ell}$	Նյուտոն քաժանած մետրի	$N/\text{м}$	$MT^{-2}$			
Ինպուլս	$P = m \cdot V$	կիլոգրամ-մետր մեկ վայրկյանում	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$	$ML T^{-1}$			
Բևելի ինպուլս	$P = F \cdot \ell$	Ելուսուն-վայրկյան նյուտոն-մետր	$N \cdot \text{м}$	$ML T^{-1}$			
Ուժի մոմենտ	$M = F \cdot \ell$		$N \cdot \text{м}$	$ML^2 T^{-2}$			

1	2	3	4	5
Ինպուլսի մոմենտ	$L \cdot M \cdot t$	կիլոգրամ-մետր քառակուսի մեկ վայրկյանում	$\text{kg} \cdot \text{м}^2/\text{s}$	$ML^2 T^{-1}$
Իներցիայի մոմենտ	$I = mr^2$	կիլոգրամ-մետր քառակուսի	$\text{kg} \cdot \text{м}^2$	$ML^2 T^{-2}$
Աշխատանք, էներգիա	$A = F \ell$	Զուտ	$\text{J}$	$ML^2 T^{-2}$
Դգործություն	$N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$	Վատուտ	$\text{Вт}$	$ML^2 T^{-3}$
Դինամիկական մածուցիչություն	$\eta = \frac{F \cdot \Delta \ell}{S \cdot \Delta v}$	Պասկալ-վայրկյան	$\text{Па}\cdot\text{м}$	$ML^{-1} T^{-1}$
Կինեմատիկական մածուցիչություն	$v = \frac{\eta}{\rho}$	քառակուսի մետր վայրկյանում	$\text{m}^2/\text{s}$	$L^2 T^{-1}$

Նման եղանակով կարելի է որոշել ցանկացած ֆիզիկական մեծության ածանցյալ միավորը: Աղյուսակ 4-ում տրված են SI համակարգի կարևոր ածանցյալ միավորները: Աղյուսակ 5-ը պարունակում է արտահամակարգային միավորները SI համակարգ փոխադրելու գործակիցները:

Աղյուսակ 5

Մեծությունը	Հափական միավորը և նրա կապը SI համակարգի միավորների հետ
1	2
Երկարություն	$1 \text{ A} = 10^{-10} \text{ д}$ $1 \text{ а. մ.} = 1,49598 \cdot 10^{11} \text{ д}$ $1 \text{ լուս. տարի} = 9,4605 \cdot 10^{15} \text{ д}$ $1 \text{ պկ} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ д}$
Զանգված	$1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$ $1 \text{ գ. ա. մ.} = 1,6605655 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$
Ժամանակ	$1 \text{ ր} = 60 \text{ վ}$ $1 \text{ ժ} = 3600 \text{ վ}$ $1 \text{օր} = 86400 \text{ վ}$

1	2
Դարբ ամերուն	$1^{\circ} = \left( \frac{\pi}{180} \right) \text{ռադ}$ $1' = \left( \frac{\pi}{108} \right) \cdot 10^{-2} \text{ռադ}$ $1'' = \left( \frac{\pi}{648} \right) \cdot 10^{-3} \text{ռադ}$ $1 \text{պտ} = 2\pi \text{ ռադ}$
Սակերես	$1 \text{հմ} = 10^4 \text{ մ}^2$
Ծավալ	$1 \text{l} = 10^{-3} \text{մ}^3$
Ուժ	$1 \text{դին} = 10^{-5} \text{Ն}$ $1 \text{կգուժ} = 9,81 \text{Ն}$
Ֆուլում	$1 \text{դին} / \text{սմ}^2 = 0,1 \text{Պա}$ $1 \text{կգուժ} / \text{ս}^2 = 9,81 \text{Պա}$ $1 \text{մըն} = 1 \text{կգուժ}/\text{սմ}^2 = 0,981 \cdot 10^5 \text{Պա}$ $1 \text{մմ սմդ. սրբն}(Տորը) = 133,0 \text{Պա}$ $1 \text{մըն} = 760 \text{մմ սմդ.սյամ} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Պա}$ $1 \text{բար} = 10^5 \text{Պա}$
Կոշտություն	$1 \text{դին} / \text{սմ} = 10^{-3} \text{Ն/մ}$
Ջւրի իմպուլս	$1 \text{ջին-վ} = 10^{-5} \text{Ն}\cdot\text{վ}$
Ուժի մոմենտ	$1 \text{դին}\cdot\text{սմ} = 10^{-7} \text{Ն}\cdot\text{մ}$
Աշխատանք, Էներգիա	$1 \text{էրգ} = 10^{-7} \text{Ջ}$ $1 \text{կգ}\cdot\text{մ} = 9,81 \text{Ջ}$ $1 \text{էուժ} = 3,6 \cdot 10^{12} \text{Ջ}$ $1 \text{ԷՎ} = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{Ջ}$ $1 \text{կալ} = 4,19 \text{Ջ}$
Դգործություն	$1 \text{էրգ}/\text{վ} = 10^{-7} \text{Վա}$ $1 \text{ձուժ} = 75 \text{կգուժ}\cdot\text{մ}/\text{վ} = 735,5 \text{Վտ}$
Դինամիկական ճածուցիչություն	$1 \text{Պ} = 0,1 \text{Պա}\cdot\text{վ}$
Կինեմատիկական ճածուցիչություն	$1 \text{Սոտ} = 10^{-4} \text{մ}^2/\text{վ}$

### Խնդիրների լուծման օրինակներ

**Խնդիր 1.** 1,05 կգ զանգվածով քարը, որը սահում է սառուցի ճակերտութիւն վրայով 2,44 մ/վ արագությամբ, շիման ուժի ազդեցության տակ կանգ է առնում 10 Վ հետո: Գտնել շիման ուժը՝ համարելով այն հաստատում:

**Լուծում:** Ըստ Նյուտոնի երկրորդ օրենքի  $F \cdot t = mV_2 - mV_1$ , որտեղ  $F$ -ը շիման ուժն է, որի ազդեցության տակ ու զանգվածով մարմինը  $\Delta t$  ժամանակում արագությունը փոփոխվ է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2$ : Մեր դեպքում  $V_2 = 0$ , այնպես որ

$$F = - \frac{mV_1}{\Delta t}$$

«Մինուս» նշանը ցույց է տալիս, որ  $F$  շիման ուժը ուղղված է  $V_1$  արագությամբ հակառակ: Տեղադրելով  $m = 1,05$  կգ,  $V_1 = 2,44$  մ/վ և  $\Delta t = 10$  վ թվային տվյալները, կստանանք

$$F = - \frac{1,05 \cdot 2,44}{10} \quad \text{Ն} = - 0,256 \text{ Ն:}$$

Քանի որ ելակետային տվյալները վերցված են մինչև երրորդ իմաստավոր նիշի ճշտությամբ, ապա խնդրի պատասխանն էլ պետք է հաշվել այդ նույն ճշտությամբ, այսինքն հաշվելու համար կարելի է օգտվել սովորական լոգարիթմական քանոնից:

**Խնդիր 2.** 64 կգ զանգվածով մարդը և 32 կգ զանգվածով սայլակը շարժվում են իրար ընդառաջ: Սարդու արագությունը հավասար է 5,4 կմ/ժի: Սայլակինը՝ 1,8 կմ/ժի: Մարդը ցատկում է սայլակի վրա և կանգ առնում: Որոշել սայլակի և մարդու համատեղ շարժման արագությունը:

**Լուծում:** Ըստ շարժման քանակի պահպանման օրենքի

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2)V, \quad (1)$$

որտեղ՝  $m_1$ -ը մարդու զանգվածն է,  $V_1$ -ը՝ նրա արագությունը մինչև ցատկելը,  $m_2$ -ը՝ սայլակի զանգվածն է,  $V_2$ -ը՝ նրա արագությունը մինչև մարդու ցատկելը,  $V$ -ը՝ սայլակի և մարդու ընդհանուր արագությունը մարդու՝ սայլակի վրա ցատկելուց հետո: (1)-ից կգտնենք

$$V = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2}{m_1 + m_2}: \quad (2)$$

Սայլակի և մարդու սկզբնական արագությունները ունեցել են հակառի ուղղություններ, ահա ինչու նրանց արագությունների նշանները տարբեր են: Յանարելով մարդու արագությունը դրական՝ կունենանք

$V_1 = 5.4$  կմ/ժ և  $V_2 = -1.8$  կմ/ժ: Բացի դրանից,  $m_1 = 64$  կգ և  $m_2 = 32$  կգ: Տեղադրելով այս տվյալները (2)-ի մեջ՝ կստանանք

$$V = \frac{64 \cdot 5.4 - 32 \cdot 1.8}{64 + 32} \text{ կմ/ժ} = 3.0 \text{ կմ/ժ:}$$

Արագությունը՝  $V > 0$ : Այսպիսով, ցատկից հետո սայլակի և մարդու համատեղ շարժման արագությունը ուղղված է նույն կողմը, որ ուղղությամբ շարժվել է մարդը:

Խնդիր 3. Զուրծ քաշում են 20 մ խորություն ունեցող ջրհորից: Դուրս մղելու համար դրված է պոմպ, որի շարժմիջի հզորությունը 3,68 կՎտ է: Գոնեւ շարժմիջի օգտակար գործողության գործակիցը, եթե հայտնի է, որ պոմպի 7 ժ աշխատանքի ընթացքում դուրս է մղվել 380 մ<sup>3</sup> ջուր:

Հուսում: Շարժմիջի  $N$  հզորությունը կապված է և ժամանակում կատարված  $A$  աշխատանքի հետ հետևյալ առնչությամբ.

$$N = \frac{A}{\eta t}, \quad (1)$$

որտեղ՝  $\eta$ -ն շարժմիջի ՕԳԳ-ն է: Որպեսզի ու զանգվածով ջուրը բարձրացվի և բարձրության վրա, անհրաժեշտ է կատարել

$$A = \rho gh \quad (2)$$

աշխատանք: Ընդ որում ու զանգվածով ջուրը գրաղեցնում է

$$V = m / \rho \quad (3)$$

ծավալ, որտեղ  $\rho$ -ն ջրի խառնությունն է: Տեղադրելով (2)-ը և (3)-ը (1)-ի մեջ՝ կստանանք

$$N = \frac{V \rho g h}{\eta t}$$

որտեղից

$$\eta = \frac{V \rho g h}{N t}; \quad (4)$$

Տեղադրելով թվային տվյալները (4)-ի մեջ՝ կստանանք

$$\eta = \frac{380 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 20}{3680 \cdot 7 \cdot 3600} = 0,8:$$

## § 1. ԿԻՆԵՍԱՏԻԿԱ

Ուղղագիծ շարժման արագությունն ու արագացումը ընդհանուր դեպքում որոշվում են հետևյալ բանաձևերով.

$$V = \frac{dS}{dt}, \quad a = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2 S}{dt^2};$$

Խավասարաչափ ուղղագիծ շարժման դեպքում  $V = \frac{S}{t} = \text{const}$ ,  $a = 0$ :

Ուղղագիծ հավասարաչափ փոփոխական շարժման դեպքում

$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad V = V_0 + at, \quad a = \text{const}:$$

Այս հավասարումներում արագացումը դրական է հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում և բացասական՝ հավասարաչափ դանդաղող շարժման դեպքում:

Կորպագիծ շարժման դեպքում լրիվ արագացումը

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2};$$

Այստեղ  $a_t$ -ն տանգենցիալ (շոշափող) արագացումն է,  $a_n$ -ը՝ նորմալ (կենտրոնաձիգ) արագացումը, ընդ որում

$$a_t = \frac{dV}{dt}, \quad a_n = \frac{V^2}{R},$$

որտեղ  $V$ -ն շարժման արագությունն է և  $R$ -ը՝ տվյալ կետում հետագիծ կորուրյան շառավիղը:

Պտտական շարժման ժամանակ ընդհանուր դեպքում անկյունային արագությունը և անկյունային արագացումը որոշվում են հետևյալ բանաձևերով.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}, \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \varphi}{dt^2};$$

Դավասարաչափ պտտական շարժման դեպքում անկյունային արագությունը՝

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n,$$

որտեղ  $T$ -ն պտտման պարբերությունն է, ո-ը՝ պտտման հաճախությունը:

Ո անկյունային արագությունը  $V$  գծային արագության հետ կապված է հեռևկալ առնչությամբ.

$$V = \omega R;$$

Պտտական շարժման դեպքում տանգենցիալ և նորմալ արագացումները կարող են արտահայտվել հետևյալ կերպ:

$$a_t = \varepsilon R, \quad a_n = \omega^2 R;$$

Աղյուսակ 6-ում տրված է համընթաց շարժման հավասարումների համապրումը պտտական շարժման հավասարումների հետ:

Համընթաց շարժում	Պտտավայրեամբ տառածում
	Հավասարաչափ
$S = Vt$	$\varphi = \omega t$
$V = \text{const}$	$\omega = \text{const}$
$a = 0$	$\varepsilon = 0$
	Հավասարաչափ փոփոխական
$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$	$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$
$V = V_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$
$a = \text{const}$	$\varepsilon = \text{const}$
	Անհավասարաչափ
$S = f(t)$	$\varphi = f(t)$
$V = \frac{dS}{dt}$	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
$a = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}$	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

1-1. Իր շարժման ժամանակի առաջին կետում ավտոմեքենան շարժվում է  $V_1 = 80$  կմ/ժ արագությամբ, իսկ երկրորդ կետում՝  $V_2 = 40$  կմ/ժ արագությամբ: Ինչքա՞ն է ավտոմեքենայի շարժման  $\overline{V}$  միջին արագությունը:

1-2. Իր ճանապարհի առաջին կետում ավտոմեքենան շարժվում է  $V_1 = 80$  կմ/ժ արագությամբ, իսկ ճանապարհի երկրորդ կետում՝  $V_2 = 40$  կմ/ժ արագությամբ: Ինչքա՞ն է ավտոմեքենայի շարժման  $V$  միջին արագությունը:

1-3. Շոգենավը շարժվում է գետով A վայրից B վայրը  $V_1 = 10$  կմ/ժ արագությամբ, իսկ հակառակ ուղղությամբ՝  $V_2 = 16$  կմ/ժ արագությամբ: Գտնել շոգենավի  $\overline{V}$  միջին և գետի հոսանքի U արագությունները:

1-4. Գտնել գետի ափի նկատմամբ նավակի V արագությունը՝ ա) հոսանքի ուղղությամբ շարժվելու դեպքում, բ) հոսանքին հակառակ շարժվելու դեպքում, գ) հոսանքի ուղղությամբ նկատմամբ  $\alpha = 90^\circ$  անկյան տակ շարժվելու դեպքում: Գենի, հոսանքի արագությունը  $U = 1$  մ/վ, չիր նկատմամբ նավակի արագությունը՝  $V_0 = 2$  մ/վ:

1-5. Ինքնարիոց թշում է օդի նկատմամբ  $V_0 = 800$  կմ/ժ արագությամբ: Քամին փչում է արևմուտքից արևելքը  $U = 15$  մ/վ արա-

գուրբամբ: Երկրի նկատմամբ ի՞նչ Վ արագությամբ կշարժվի ինքնարիոց և նիցօրեականի նկատմամբ ի՞նչ ու անկյան տակ պետք է թափ, որպեսզի աւելափոխությունը կատարվի՝ ա) դեպի հարավ, բ) դեպի հյուսիս, գ) դեպի արևմուտք, դ) դեպի արևելք:

1-6. Ինքնարիոց թշում է դեպի պահակը: Ա կետից  $\ell = 300$  կմ հեռավորության վրա գտնվող B կետը թուշել տևողությունը, եթե ա) քամին չկա, բ) քամին փչում է հարավայից հյուսիս, գ) քամին փչում է արևելքից արևմուտքը: Քանու արագությունը՝  $U = 20$  մ/վ, իսկ օդի նկատմամբ ինքնարիությունը՝  $V_0 = 600$  կմ/ժ:

1-7. Նավակը շարժվում է ափին ուղղահայաց  $V = 7,2$  կմ/ժ արագությամբ: Գետի ընթացքով հոսանքը տառածում է նրան  $\ell = 150$  մ հեռավորության վրա: Որոշել գետի հոսանքի U արագությունը և գետանցի ժամանակը: Գետի լայնությունը՝  $L = 0,5$  կմ:

1-8\*. Ուղղաձիգ վեր նետուծ նարմինք վեր հարածառածակ գետին  $t = 3$  վ հետո: Ինչքա՞ն էր մարմինի սկզբնական արագությունը և ի՞նչ հարձրության հասավ այն:

1-9. Ջարը նետել են ուղղաձիգ վեր հարածառածակ վրա: Ինչքա՞ն է ժամանակ հետո այն կրնկնի գետին: Ի՞նչ է բարձրության կիասմի քարը, եթե նրա սկզբնական արագությունը կրկնապատկվի:

1-10.  $h = 300$  մ բարձրության վրա գտնվող ողապարիկից ջարը վայր ընկալի: Ինչքա՞ն է ժամանակ հետո ջարը կիասմի գետին, եթե ա) օղապարիկը բարձրանում է 5 մ/վ արագությամբ, բ) օղապարիկը իջնում է 5 մ/վ արագությամբ, գ) օղապարիկը անշարժ է:

1-11. Սարմինը նետվում է ուղղաձիգ վեր  $V_0 = 9,8$  մ/վ սկզբնական արագությամբ: Կառուցել ի բարձրության և U արագության ժամանակից ունեցած կախվածության գրաֆիկը  $0 \leq t \leq 2$  վ միջակայքի համար՝ 0,2 վ քայլով:

1-12. Սարմինը ընկնում է  $h = 19,6$  մ բարձրությունից  $V_0 = 0$  սկզբնական արագությամբ: Ի՞նչ ճանապարհ կամքճին նարմինը իր շարժման առաջին և վերջին 0,1 վ-ի ընթացքը:

1-13. Սարմինը ընկնում է  $h = 19,6$  մ բարձրությունից  $V_0 = 0$  սկզբնական արագությամբ: Ի՞նչ ժամանակում նարմինը կանցնի իր ճանապարհի առաջին և վերջին 1 մ-ը:

1-14. Ազատ ընկնող նարմինը շարժման վերջին վայրկյանում անցել է ամբողջ ճանապարհը: Ի՞նչ է բարձրությունից է ընկնում նարմինը և ինչքա՞ն է նրա մակարդակը և տևողությունը:

1-15. Առաջին մարմինը  $V_0$  սկզբնական արագությամբ ուղղաձիգ նետել են դեպի վեր, այս երկրորդ նարմինը առանց սկզբնական

\* Առաջի և հետագայում օդի դիմումությունը համարվում է առաջի դիմումությունը:

արագության ընկել է հ բարձրությունից: Որոշել առաջին և երկրորդ մարմնների միջև եղած է հեռավորության կախումը տ ժամանակից, եթե հայտնի է, որ նարմնները մկան են շարժվել միաժամանակ:

1-16. Մետրոյի երկու կայարանների միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell = 1.5$  կմ: Այդ հեռավորության առաջին կեսը գնացքը անցնում է հավասարաչափ արագացող շարժումով, իսկ երկրորդ կեսը՝ հավասարաչափ դաշտադրող շարժումով՝ մոդուլով մինչեւ լուս արագացմամբ: Գնացքի առավելագույն արագությունը՝  $V = 50$  կմ/ժ: Որոշել արագացումը և երկու կայարանների միջև շարժման տևողությունը:

1-17. Գնացքը շարժվում է  $V = 36$  կմ/ժ արագությամբ: Սնուցման հոսանքի անջատման դեպքում գնացքը կատարում է հավասարաչափ դաշտադրող շարժումն կանգ է առնում  $t=20$  վ հետո: Ինչքա՞ն է գնացքի արագացումը կանգառից ի՞նչ հեռավորության վրա պետք է անջատել հոսանքը:

1-18. Հավասարաչափ դաշտադրող շարժում կատարող գնացքը է: Եթե ուժի արագությունը նվազեցնում է  $V_1 = 40$  կմ/ժ-ից մինչև  $V_2 = 28$  կմ/ժ որոշել գնացքի արագացումը և արգելակման ժամանակ նրա տևաժամ Տ ճանապարհը:

1-19. Գնացքը կատարում է հավասարաչափ դաշտադրող շարժում՝ ունենալով սկզբնական  $V_0 = 54$  կմ/ժ արագություն և  $a = -0,5$  մ/վ<sup>2</sup> արագացում կրգելակման սկզբից ի՞նչ Տ հեռավորության վրա և ինչքա՞ն է ժամանակակից հետո կանգնի գնացքը:

1-20. Առաջին մարմնին կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում ունենալով սկզբնական  $V_{10} = 54$  արագություն և  $a_1$  արագացում: Առաջին մարմնի հետ միաժամանակ շարժվել է երկրորդ մարմնը հավասարաչափ դաշտադրող շարժմամբ՝ ունենալով սկզբնական  $V_{20}$  արագություն և  $a_2$  արագացում: Շարժման սկզբից ինչքա՞ն է ժամանակ հետո երկու նախմիները կունենան միևնույն արագությունը:

1-21. Առաջին մարմնին կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում ունենալով սկզբնական  $V_{10} = 2$  մ/վ արագություն և  $a$  արագացում: Առաջին մարմնի շարժմելուց  $t=10$  վ հետո նույն կետից  $V_{20} = -12$  մ/վ սկզբնական արագությամբ և նույն արագացումով շարժվում է երկրորդ մարմնինը: Որոշել արագացման այն արժեքը, որի դեպքում երկրորդ մարմնն կարող է հասնել առաջին մարմնին:

1-22. Մարմնի անցած Տ ճանապարհի կախումը տ ժամանակից տրվում է  $S=At-Bt^2 + Ct^3$  հավասարումով, որտեղ  $A=2$  մ/վ,  $B=3$  մ/վ<sup>2</sup> և  $C=4$  մ/վ<sup>3</sup>: Գտնել ա) Վ արագության և ա արագացման կախումը տ ժամանակից, բ) մարմնի անցած Տ հեռավորությունը, Վ արագությունը և ա

արագացումը շարժման սկզբից  $t = 2$  վ հետո: Կառուցել Տ ճանապարհի, Վ արագության, և արագացման տ ժամանակից ունեցած կախման գրաֆիկը  $0 \leq t \leq 3$  վ միջակայքի համար՝ 0,5 վ քայլով:

1-23. Մարմնի անցած Տ ճանապարհի կախումը տ ժամանակից տրվում է  $S=A - Bt + Ct^2$  հավասարումով, որտեղ  $A=6$  մ,  $B=3$  մ/վ և  $C=2$  մ/վ<sup>2</sup>: Գտնել մարմնի Վ միջին արագությունը, և միջին արագացումը ժամանակի  $1 \leq t \leq 4$  վ միջակայքի համար: Կառուցել Տ ճանապարհի, Վ արագության և ա արագացման տ ժամանակից ունեցած կախման գրաֆիկը  $0 \leq t \leq 5$  միջակայքի համար՝ 1 վ քայլով:

1-24. Մարմնի անցած Տ ճանապարհի կախումը տ ժամանակից տրվում է  $S=A + Bt + Ct^2$  հավասարումով, որտեղ  $A=3$  մ,  $B=2$  մ/վ և  $C=1$  մ/վ<sup>2</sup>: Գտնել մարմնի Վ միջին արագությունը և միջին արագացումը նրա շարժման առաջին, երկրորդ և երրորդ վայրկյանների ընթացքուն:

1-25. Մարմնի անցած Տ ճանապարհի կախումը տ ժամանակից տրվում է  $S=A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  հավասարումով, որտեղ  $C=0,14$  մ/վ<sup>2</sup> և  $D=0,01$  մ/վ<sup>3</sup>: Շարժմում սկսելուց ինչքա՞ն ժամանակ հետո մարմնը կլունենա ա=1 մ/վ<sup>2</sup> արագացում: Որոշել մարմնի Վ միջին արագացումը ժամանակի այդ միջակայքուն:

1-26.  $h=25$  մ բարձրությամբ աշտարակից հորիզոնական ուղղությամբ  $V_x = 15$  մ/վ արագությամբ մետրվել է քար: Որքա՞ն է ժամանակ քարը կցունվի շարժման մեջ: Աշտարակի հիմքից ի՞նչ է հեռավորության վրա քարը կընկնի գետնին: Գետնին ընկնելու կետուն քարի հետագիքը ի՞նչ անկյուն կկազմի հորիզոնի հետ:

1-27. Յորիհզոնական ուղղությամբ նետված քարը գետնին ընկավ  $t=0,5$  վ հետո՝ նետման տեղից հորիզոնական ուղղությամբ  $\ell = 5$  մ հեռավորության վրա: Ի՞նչ է բարձրությունից է նետված քարը: Ի՞նչ  $V_x$  արագությամբ է այն նետված: Ի՞նչ  $V$  արագությամբ այն կընկնի գետնին: Ի՞նչ գ անկյուն կկազմի քարի հետագիքը հորիզոնի հետ անկճան կետուն:

1-28. Յորիհզոնական ուղղությամբ նետված գնդակը հարվածում է լեռնան տեղից  $\ell = 5$  մ հեռավորության վրա գտնվիդ պատին: Գնդակի պատին հարվածելու տեղը  $\wedge h = 1$  մ ցածր է նետման տեղի հ բարձրությունից: Ի՞նչ  $V_x$  արագությամբ է նետված քարը: Ի՞նչ գ անկյան տակ գնդակը հայում պատի մակերնելութին:

1-29. Յորիհզոնական ուղղությամբ նետված քարը շարժման սկզբից  $t=0,5$  վ անց ուներ 1,5 անգամ մեծ արագություն, քան նետման պահին նրա  $V_x$  արագությունն էր: Ի՞նչ  $V_x$  արագությամբ է նետված քարը:

1-30. Քարը նետված է հորիզոնական ուղղությամբ  $V_x = 15$  մ/վ արագությամբ: Գտնել քարի  $a_0$  նորմալ և  $a_z$  տաճքենցիալ (շոշափող) արագացումները շարժման սկզբից  $t=1$  վ հետո:

1-31. Բարը նետված է հորիզոնական ուղղությամբ  $V_x=10$  մ/վ արագությամբ: Գտնել բարի հետագահի կորության  $R$  շառավիղը շարժման սկզբից  $t=3$  վ հետո:

1-32. Գնդակը նետված է  $V_0=10$  մ/վ արագությամբ՝ հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=40^0$  անկյան տակ: Ի՞նչ է բարձրության կիանի գնդակը: Նետման տեղից ի՞նչ է նեռավորության վրա պահ կընկնի գետնին: Ինչքան է ժամանակ առն կլինի շարժման մեջ:

1-33. Լենինգրադում մարզական մրցությունների ժամանակ մարզիկը գումար է  $16.2$  և  $17.2$  հեռավորությամբ կրօչի նույնափիս գումար Տաշքենդում կույս սկզբանական արագության և հորիզոնի նկատմամբ նույն անկրոս տակ նետելիս: Լենինգրադում ազատ անկման սրագացումը  $q_1 = 9,819$  մ/վ<sup>2</sup>. Տաշքենդում  $q_2 = 9,801$  մ/վ<sup>2</sup>:

1-34. Մարմինը նետված է  $V_0$  արագությամբ՝ հորիզոնի նկատմամբ անկյան տակ կերպի տարրությունը՝  $t=2,2$  վ: Ի՞նչ է բարձրության կիանի նարդինը:

1-35. Խրիզոնի նկատմամբ  $\alpha=45^0$  անկյան տակ  $V_0=12$  մ/վ արագությամբ նետված քարը գետնին ընկավ և հեռավորության վրա: Ցորիզոնական ուղղությամբ ի՞նչ է բարձրությունը պետք է նետել քարը. որպեսի միևնույն  $V_0$  արագությամբ այն ընկնի այդ նույն տեղը:

1-36. Մարմինը  $V_0=14,7$  մ/վ սկզբանական արագությամբ նետված է հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=30^0$  անկյան տակ: Գտնել մարմնի  $a$ , նորմալ  $n$ , ա, տանգեղեցիալ արագացումները շարժման սկզբից  $t=1,25$  վ հետո:

1-37. Մարմինը նետված է  $V_0=10$  մ/վ արագությամբ՝ հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=45^0$  անկյան տակ: Գտնել մարմնի հետագահի կորության շատավիլը շարժման սկզբից  $t=1$  վ հետո:

1-38. Մարմինը նետված է  $V_0$  արագությամբ՝ հորիզոնի նկատմամբ և անկյան տակ: Որոշել  $V_0$  արագությունը և  $\alpha$  անկյունը, եթե հայտնի է, որ մարմնի վերելքի բարձրությունը՝  $h=3$  մ, իսկ հետագի բարձրակետում լրության շառավիղը՝  $R=3$  մ:

1-39.  $h_0=25$  մ բարձրություն ունեցող աշտարակից  $V_0=15$  մ/վ արագությամբ, հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=30^0$  անկյան տակ նետված է քար: Ինչքան է ժամանակ քարը կգտնի շարժման մեջ: Աշտարակի հիմքից ի՞նչ է հեռավորության վրա քարը կընկնի գետնին: Ի՞նչ է  $V$  արագությամբ այն կընկնի գետնին: Ի՞նչ փ անկյուն կկազմի քարի հետագիծը հորիզոնի հետ անկման կետում:

1-40.  $V_0=10$  մ/վ արագությամբ և հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=45^0$  անկյան տակ նետված գնդակը հարվածում է նետման տեղից  $t=3$  մ հեռավորության վրա գտնվող պատին: Ե՞րբ տեղի կումենա գնդակի

հարվածը պատին (գնդակի վերելքի), թե՞ վայրէջքի ժամանակի: Ի՞նչ է հարվածը պատին (գնդակի վերելքի), թե՞ վայրէջքի ժամանակի: Կիարվածի պատին (հաշվարկել այն բարձրության վրա գնդակը կատարածք, որից նետվել է գնդակը): Գտնել գնդակի  $V$  արագությունը պատին հարվածելու պահին:

1-41. Գտնել՝ ա) Երկրի օրական պտույտի, բ) ժամացույցի ժամանակաքի, գ) ժամացուցի ռոպեալաքի, դ)  $T=88$  ր պտտման պարբերությամբ շրջանային ուղեծրով շարժվող Երկրի արհետական արբանյակի և անկյունային արագությունները: Ինչքան է այդ արբանյակի գծային  $V$  արագությունը, եթե հայտնի է, որ նրա ուղեծրով գտնվում է Երկրի նակերևուրից  $h=200$  կմ հեռավորության վրա:

1-42. Գտնել Երկրի նակերևուրի կետերի  $V$  գծային արագությունը ( $\varphi=60^0$ ) վրա:

1-43. Դասարակածում ի՞նչ է արագությամբ պետք է շարժվի ինքնաթիու արևելքից դեպի արևելքութք, որպեսի ինքնաթիու Արեգակին անշարժ թվա:

1-44. Միևնույն առանցքի հրարից  $\ell=0,5$  մ հեռավորության վրա գտնվող Երկու սկավառակները պյոտվում են  $n=1600$  պտ/ր հաճախությամբ: Առանցքի ուղղությամբ թշող գնդակը ծակում է Երկու սկավառակները, ընդ որում Երկրորդ սկավառակի վրա առաջացած անցքը պատճինի անցքի նկատմամբ շեղված է  $\varphi=12^0$  անկյունով: Գտնել գնդակի  $V$  արագությունը:

1-45. Գտնել պյոտվող անիվի  $R$  շառավիղը, եթե հայտնի է, որ անվագուտու վրա գտնվող կետի  $V_1$  գծային արագությունը 2,5 անգամ մեծ է, քան անիվի առանցքին 5 սմ-ով մոտ գտնվող կետի  $V_2$  գծային արագությունը:

1-46. Դավասարաչափ արագացող շարժում կատարող անիվը շարժում սկսելուց  $N=10$  պյուստ հետո ձեռք բերեց  $\omega=20$  ռադ/վ անշարժություն: Գտնել անիվի և անկյունային արագացումը: Կյունային արագություն:

1-47. Դավասարաչափ արագացող շարժում կատարող թափանիվը շարժում սկսելուց  $t=1$  վ հետո ձեռք բերում  $n=720$  պտ/ր հաճախություն: Գտնել անիվի և անկյունային արագացումը: Կյունային արագացումը:

1-48. Դավասարաչափ դանդաղող շարժում կատարող անիվը  $t=1$  վ ժամանակում իր պյոտման հաճախությունը նվազեցրեց  $n_1=300$  պտ/ր-ից մինչև  $n_2=180$  պտ/ր: Գտնել անիվի և անկյունային արագացումը և այդ ժամանակամիջոցում նրա կատարած պյուստների  $N$  թիվը:

1-49. Օդափոխիչը պյոտվում է  $n=900$  պտ/ր հաճախությամբ: Անջատելուց հետո, պյոտվելով հավասարաչափ դանդաղող շարժությունը:

մով, օդափոխչը ճինչն կանգ առնելը կատարեց 75 պտույտ: Ինչքա՞ն է ժամանակ անցավ անջատման պահից ճինչն օդափոխչի լրիվ կանգ առնելը:

1-50. Լիսեռը պտտվում է  $n=180$  պտ/ր համախությամբ: Ինչ-որ պահից լիսեռը սկսում է շարժվել հավասարաշափ դանդաղող շարժունակ  $\varepsilon=3$  ռադ/ $\sqrt{2}$  անկյունային արագացմամբ: Ինչքա՞ն է ժամանակ հետո լիսեռը կանգ կառնի: Որոշել լիսեռի կատարած պտույտների  $N$  թիվը ճինչն կանգ առնելը:

1-51. Կետը շարժվում է  $R=20$  սմ շառավղով շրջանագծով  $a_r=5$  սմ/ $\sqrt{2}$  հաստատուն տանգենցիալ (շոշափող) արագացունով: Շարժման սկզբից որբա՞ն է ժամանակ հետո  $a_r$  նորմալ արագացունը կլինի՝ ա) հավասար տանգենցիալ արագացմանը. բ) տանգենցիալ արագացունից երկու անգամ մեծ:

1-52. Կետը շարժվում է  $R=10$  սմ շառավղով շրջանագծով հաստատուն արագացուն տանգենցիալ արագացունով: Գտնել կետի  $a_r$  արագացունը, եթե հայտնի է, որ շարժումն սկսելու հիմքնորդ պտույտի վերջում կետի գծային արագությունը՝  $V=79,2$  սմ/ $\sqrt{2}$

1-53. Կետը շարժվում է  $R=10$  սմ շառավղով շրջանագծով հաստատուն արագացուն տանգենցիալ արագացունով: Գտնել կետի  $a_r$  նորմալ արագացունը շարժման սկզբից  $t=20$  վ հետո, եթե հայտնի է, որ շարժման հիմքնորդ պտույտի վերջում կետի գծային արագությունը՝  $V=10$  սմ/ $\sqrt{2}$ :

1-54. Առաջին ճոտավորությանը կարելի է ընդունել, որ ցրածնի ատոմում էլեկտրոնը շարժվում է շրջանային ուղեծրով  $V$  գծային արագությամբ: Գտնել ճիշումի շուրջը էլեկտրոնի պտտման ու անկյունային արագությունը և  $a_r$  նորմալ արագացունը: Ուղեծրի շառավիղը ընդունել  $r=0,5 \cdot 10^{-10}$  մ, իսկ էլեկտրոնի արագությունը այդ ուղեծրի վրա՝  $V=2,2 \cdot 10^6$  մ/ $\sqrt{2}$ :

1-55.  $R=10$  սմ շառավիղ ունեցող անիվը պտույտուն է  $\varepsilon=3$  ռադ/ $\sqrt{2}$  անկյունային արագացունով: Գտնել շարժման սկզբից առաջին վայրկանի վերջում օդագոտու՝ ա) ու անկյունային արագությունը. բ)  $V$  գծային արագությունը. գ)  $a_r$  տանգենցիալ արագացունը. դ)  $a_r$  նորմալ արագացունը. ե) ա լրիվ արագացունը. գ) լրիվ արագացման և անիվի շառավիղի միջև կազմված ռանկյունը:

1-56. Կետը շարժվում է  $R=2$  սմ շառավիղ ունեցող շրջանագծով: Ճանապարհի կախումը ժամանակից տրվում է  $S=Ct^3$  հավասարունով, որտեղ  $C=0,1$  սմ/ $\sqrt{3}$ : Գտնել կետի  $a_r$  նորմալ և  $a_t$  տանգենցիալ արագացուները այն պահին, երբ կետի գծային արագությունը՝  $V=0,3$  մ/ $\sqrt{2}$ :

1-57. Կետը շարժվում է շրջանագծով այնպես, որ նախաբարի կախումը ժամանակից տրվում է  $S=A-Bt+Ct^2$  հավասարունով, որտեղ  $B=2$  մ/ $\sqrt{2}$  և  $C=1$  մ/ $\sqrt{2}$ : Գտնել կետի գծային արագությունը,  $a_r$  նորմալ,  $a_t$  տանգենցիալ և ա լրիվ արագացուները շարժման սկզբից  $t=3$  վ հետո, եթե հայտնի է, որ  $t=2$  վ պահին նորմալ արագացունը եղել է  $a_r=0,5$  մ/ $\sqrt{2}$ :

1-58. Գտնել անիվի և անկյունային արագացունը, եթե հայտնի է, որ շարժման սկզբից  $t=2$  վ հետո անվագոտու վրա գտնվող կետի լրիվ արագացման վեկտորը գծային արագության վեկտորի հետ կազմել է  $\alpha=60^\circ$  անկյուն:

1-59. Անիվը պտտվում է  $\varepsilon=2$  ռադ/ $\sqrt{2}$  անկյունային արագացունով: Շարժումը սկսվելուց  $t=0,5$  վ հետո անիվի լրիվ արագացունը  $a=13,6$  սմ/ $\sqrt{2}$ : Որոշել անիվի  $R$  շառավիղը:

1-60.  $R=0,1$  մ շառավղով անիվը պտտվում է այնպես, որ նրա շառավղի պտտման անկյան կախումը ժամանակից արտահայտվում է  $\varphi=A+Bt+Ct^3$  հավասարունով, որտեղ  $B=2$  ռադ/ $\sqrt{2}$  և  $C=1$  ռադ/ $\sqrt{3}$ : Անվագոտու վրա գտնվող կետերի համար շարժման սկզբից  $t=2$  վ հետո գտնել ա) ու անկյունային արագությունը. բ)  $V$  գծային արագությունը. գ) և անկյունային արագացունը. դ)  $a_r$  տանգենցիալ և  $a_t$  նորմալ արագացուները:

1-61.  $R=5$  սմ շառավղով անիվը պտտվում է այնպես, որ նրա շառավիղի պտտման անկյան կախումը ժամանակից արտահայտվում է  $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$  հավասարունով, որտեղ  $D=1$  ռադ/ $\sqrt{3}$ : Գտնել անվագոտու վրա գտնվող կետերի տանգենցիալ արագացման փոփոխությունը միավոր ժամանակի ընթացքում:

1-62.  $R=10$  սմ շառավղով անիվը պտտվում է այնպես, որ անվագոտու վրա գտնվող կետերի գծային արագությունը ժամանակից կախված արտահայտվում է  $V=At+Bt^2+Dt^3$  հավասարունով, որտեղ  $A=3$  սմ/ $\sqrt{2}$  և  $B=1$  սմ/ $\sqrt{3}$ : Գտնել այն և անկյունը, որ կազմում է լրիվ արագացունը անիվի շառավիղի հետ շարժումն սկսվելուց հետո  $t$  ժամանակի 0, 1, 2, 3, 4 և 5 վ պահերին:

1-63. Անիվը պտտվում է այնպես, որ նրա շառավղի պտույտի անկյան կախումը ժամանակից տրվում է  $\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$  հավասարունով, որտեղ  $B=1$  ռադ/ $\sqrt{2}$ ,  $D=1$  ռադ/ $\sqrt{3}$ : Գտնել անիվի  $R$  շառավիղը. Եթե հայտնի է, որ շարժման երրորդ վայրկանի վերջում անվագոտու վրա գտնվող կետերի նորմալ արագացունը՝  $a_r=3,46 \cdot 10^2$  մ/ $\sqrt{2}$ :

1-64. Պտտվող անվագոտու վրա գտնվող կետի նորմալ արագացունը քանի անգամ է նեծ նրա տանգենցիալ արագացունից այն պահին, եթե այդ կետի լրիվ արագացման վեկտորը նրա գծային արագության վեկտորի հետ կազմում է  $\alpha=30^\circ$  անկյուն:

## §2. ԴԻՆԱՄԻԿԱ

Դինամիկայի հիմնական օրենքը (Սյուտոնի երկրորդ օրենքը) արտահայտվում է հետևյալ հավասարությունով:

$$F dt = d(mV)$$

Եթե զանգվածը հաստատում է, ապա

$$F = m \cdot a = m \frac{dV}{dt}$$

որտեղ  $a$ -ն արագացումն է, որը ձեռք է բերում ու զանգվածով մարմինը  $F$  ուժի ազդեցության տակ:  $F$  ուժի աշխատանքը  $S$  տեղափոխության դեպքում կարելի է արտահայտել

$$A = \int F_s dS$$

բանաձևով, որտեղ  $F_s$ -ը ուժի պրոյեկցիան է տեղափոխության վրա,  $dS$ -ը՝ տեղափոխության երկարությունն է: Խնտեգրալ պետք է տարածվի ամրող  $S$  ճանապարհի վրա: Տեղափոխության նկատմամբ ա անկյան տակ ազդող հաստատում ուժի դեպքում ունենք

$$A = FS \cos\alpha,$$

որտեղ  $\alpha$ -ն  $F$  ուժի և  $S$  տեղափոխության միջև կազմված անկյունն է:  
Յզորությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$N = \frac{dA}{dt} :$$

Հաստատուն հզորության դեպքում

$$N = \frac{A}{t} :$$

որտեղ  $A$ -ն է ժամանակում կատարված աշխատանքն է:

Յզորությունը կարելի է որոշել նաև

$$N = FV \cos\alpha$$

բանաձևով, այսինքն շարժման արագության և շարժման ուղղության վրա ազդող ուժի պրոյեկցիայի արտադրյալով:

ու զանգվածով և  $V$  արագությամբ շարժվող մարմնի կինետիկ էներգիայի համար ունենք

$$W_u = \frac{mV^2}{2} :$$

Պոտենցիալ էներգիայի բանաձևերը ունեն տարբեր տեսքեր՝ կախված վիճակիցության ուժերի բնույթից:

Սեկուլարված համակարգի մեջ նտնդի մարմինների արդյունարար ինպուլսը մնում է հաստատուն, այսինքն

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 + m_3 V_3 + \dots + m_n V_n = \text{const}$$

$m_1$  և  $m_2$  զանգվածներով մարմինների կենտրոնական ու առաձգական հարվածի դեպքում այդ մարմինների ընդհանուր արագությունը հարվածից հետո կարելի է գտնել

$$U = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2}{m_1 + m_2}$$

բանաձևով, որտեղ  $V_1$ -ը առաջին մարմնի արագությունն է մինչև հարվածը,  $V_2$ -ը՝ երկրորդ մարմնի արագությունը մինչև հարվածը:

Առաջգական կենտրոնական հարվածի դեպքում մարմինները կշարժվեն տարբեր արագություններով: Նարվածից հետո առաջին մարմնի արագությունը՝

$$U_1 = \frac{(m_1 - m_2) V_1 + 2m_2 V_2}{m_1 + m_2},$$

հարվածից հետո երկրորդ մարմնի արագությունը՝

$$U_2 = \frac{(m_2 - m_1) V_2 + 2m_1 V_1}{m_1 + m_2};$$

Կորագիծ շարժման դեպքում հյութական կետի վրա ազդող ուժը կարելի է վերածել երկու տանգենցիալ և նորմալ բաղադրիչների: Նորմալ բաղադրիչը՝

$$F_n = \frac{mV^2}{R},$$

հանդիսանում է կենտրոնաձիգ ուժ: Այստեղ  $V$ -ն ու զանգվածով մարմնի գծային արագությունն է, իսկ  $R$ -ը՝ տվյալ կետում հետագծի կորության շառավիղը:

Առաջգական  $X$  դեֆորմացիա առաջացնող ուժը համեմատական է դեֆորմացիայի մեծությանը, այսինքն

$$F = KX,$$

որտեղ  $K$ -ն կոշտությունն է (գործակից է, որը բվապես հավասար է միավոր դեֆորմացիա առաջացնող ուժին):

## Ալեսնգալկան մարմնի պրոենցիալ էներգիան

$$W = \frac{KX^2}{2}$$

Երկու նյութական կետեր (այսինքն այնպիսի մարմիններ, որոնց չափերը փոքր են փոխադարձ հեռավորությունից) իրար ծգում են

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Ռեժիս, որտեղ  $G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{Ն.մ}^2/\text{կգ}^2$  գրավիտացիոն հաստատունն է,  $m_1$ -ը և  $m_2$ -ը փոխազդող նյութական կետերի զանգվածներն են,  $r$ -ը հրանց միջև եղած հեռավորությունը: Այդ օրինքը իշխալացի է նաև համասեր գնդերի համար, ընդ որում  $r$ -ը նրանց կենտրոնների միջև եղած հեռավորությունն է:

Սարժինների գրավիտացիոն փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան

$$W_{\text{պ}} = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

«Մինու» նշանը համապատասխանում է նրան, որ եթե  $r = \infty$ , երկու մարմինների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան հավասար է զրոյի, իսկ այդ նարմինների նոտեցնաս ժամանակ պոտենցիալ էներգիան նվազում է:

Կեպերի երրորդ օրենքն ունի

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

տեսքը, որտեղ  $T_1$ -ը և  $T_2$ -ը նորորակների պտուման պարբերություններն են,  $R_1$ -ը և  $R_2$ -ը նրանց ուղեծքների մեջ կիսաառանցքները: Ըզջանային ուղեծքի դեպքում մեծ կիսաառանցքը դեռք կատարում է հետագի շատությունը:

2-1. Ի՞նչ ոչ զանգվածով բավասար պետք է ցած նետել հավասարացափ վայր իջնող օդապարիկից, որպեսզի այն սկսի նոյն արագությանը համապատասխափ վեր առաջընալու: Բարձաւոր հետ օդապարիկի զանգվածը՝  $m=1600$  կգ, օդապարիկի վերամբարձ ուժը  $F=12$  կն: Օդի  $F_{\text{գ}}$  դիմացության ուժը վայրեցի և վերելքի ժամանակ համարել նույնը:

2-2. Թեից կախված է  $m=1$  կգ զանգվածով բեր: Գտնել թեից ծգման (չափանի)  $T$  ուժը, եթե այն բերի հետ ա) բարձրացի ս=5 մ/վ<sup>2</sup> արագացունով, բ) իջնովի նիւթուն ս=5 մ/վ<sup>2</sup> արագացունով:

2-3. Որոշակի տրամադրով պրոպալոն լարը դիմանում է  $T=4,4$  կն

ծգման ուժի: Ի՞նչ ամենամեծ ա արագացունով կարելի է բարձրացնել լարից կախված  $m=400$  կգ զանգվածով բերը, որպեսզի լարը չխորլի:

2-4. Ուղևորներով վերելակի զանգվածը՝  $m=800$  կգ: Ի՞նչ արագացունով և ո՞ր ուղղությամբ է շարժվում վերելակը, եթե հայտնի է, որ վերելակը պահող ճուպանի ծգման ուժը՝ ա)  $T=12$  կն, բ)  $T=6$  կն:

2-5. Թեից կախված է կշռաքարը բարձրացի ս=5 մ/վ<sup>2</sup> արագացունով, ապա թելի ծգման  $T_1$  ուժը երկու անգամ փոքր կլինի թելի կտրման  $T_2$  ուժից: Ի՞նչպիսի՞ աշակերտ է բարձրացունով պետք է բարձրացի կշռաքարը, որպեսզի թելը կտրվի:

2-6.  $m=1020$  կգ զանգվածով ավտոմեքենան կատարում է հավասարացափ դանդաղող շարժում և կամք է առնում  $t=5$  վ հետո անցնելով  $S=25$  մ ճանապարհ: Գտնել ավտոմեքենայի  $V_0$  սկզբնական արագությունը և արգելակման  $F$  ուժը:

2-7.  $m=500$  տ զանգված ունեցող գնացքը, շարժվելով հավասարացափ դանդաղունով,  $t=1$  ր-ի լեռացքում իր արագությունը նվազեցրեց  $V_1=40$  կմ/ժ մինչև  $V_2=28$  կմ/ժ: Որոշել արգելակման  $F$  ուժը:

2-8.  $m=20$  տ զանգված ունեցող գնացքը շարժվում է  $V_0=54$  կմ/ժ սկզբնական արագությամբ: Որոշել գնացքի վրա ազդող  $F$  միջնին ուժը, եթե հայտնի է, որ գնացքը կանգ է առնում ա)  $t=1$  ր 40 վ-ում, բ)  $t=10$  վ-ում, զ)  $t=1$  վ-ում:

2-9. Ի՞նչ ուժ պետք է կիրառել ռելսերին կանգնած գնացքի վրա, որպեսզի այն սկսի կառարել հավասարացափ արագացող շարժում և  $t=30$  վի լեռացքում անցնի  $S=11$  մ ճանապարհ: Գնացքի զանգվածը՝  $m=16$  տ: Շարժման ընթացքուն գնացքի վրա ազդում է նրա ծանրության ուժը ուժի 0,05 նախն հավասար  $F_{\text{գ}}$  ուժը:

2-10.  $m=500$  տ զանգվածով գնացքը, շոգեքարշի բարձրի դադարեցուց հետո,  $F_{\text{գ}}=98$  կն չփական ուժի ազդեցության տակ կանգ է առել  $t=1$  ր ամց: Ի՞նչ  $V_0$  արագությամբ է շարժվել գնացքը:

2-11.  $m=20$  տ զանգված ունեցող վագոնը կատարում է հավասարացափ դանդաղող շարժում ունենալով  $V_0=54$  կմ/ժ սկզբնական արագություն և  $a=-0,3$  մ/վ<sup>2</sup> արագացում: Արգելակման ի՞նչ  $F$  ուժ է ազդում վագոնի վրա: Որոշակի մասնակ հետո լարը կանգ կառնի: Ի՞նչ  $S$  հեռավորություն կանցնի վագոնը մինչև կանգ առնելը:

2-12.  $m=0,5$  կգ զանգվածով մարմինը շարժվում է ուղղագիծ, ընդ որում նրա անցած  $S$  ճանապարհի կախվածությունը և ժամանակից տրվում է  $S=A-Bt+Ct^2-Dt^3$  հավասարություն: Որոշել շարժման առաջին վայրկյանի վերջում կարմինի վրա ազդող  $F$  ուժը:

2-13.  $F=10$  Ն ուժի ազդեցության տակ մարմինը շարժվում է ուղ-

դագիծ այնպես, որ նրա անցած S ճահճապարհի կախումը է ժամանակից տրվում է  $S=A-Bt+Ct^2$  հայսարումով, որտեղ  $C=1 \text{ մ}/\text{վ}^2$ ; Որոշել մարմնի դ գանգվածը:

2-14.  $m=0.5$  կգ գանգվածով մարմնը շարժվում է այնպես, որ նրա անցած S ճահճապարհի կախումը է ժամանակից տրվում է  $S=Asin\omega t$  հավասարումով, որտեղ  $A=5 \text{ սմ}$  և  $\omega=\pi \text{ ռադ}/\text{վ}$ ; Որոշել մարմնի վրա ազդող F ուժը շարժման սկզբից  $t=(1/6) \text{ վ}$  հետո:

2-15.  $m=4.65 \cdot 10^{-26}$  կգ գանգվածով մոլեկուլը, որը շարժվում է անորի պատին ուղղահայաց  $V=600 \text{ մ}/\text{վ}$  արագությամբ, հարվածում է պատին և առաջգականորեն հետ թռչում նրանից առանց արագության կորստի; Որոշել հարվածի ընթացքում պատի ստացած F<sub>z</sub> ուժի ինձաւլսը.

2-16.  $m=4.65 \cdot 10^{-26}$  կգ գանգվածով մոլեկուլը  $V=600 \text{ մ}/\text{վ}$  արագությամբ անորի պատի նորմալի նկատմամբ  $\alpha=60^\circ$  անկյան տակ տռածգականորեն հարվածում է պատին և հետ թռչում առանց սրագության կորստի; Որոշել հարվածի ընթացքում պատի ստացած F<sub>z</sub> ուժի ինձաւլսը:

2-17.  $m=0.1$  կգ գանգվածով գնդիկը, ընկնելով որոշ բարձրությունից, հարվածում է թեք հարթությամբ և առաջգականորեն հետ թռչում նրանից առանց արագության կորստի; Յորիգոնի նկատմամբ հարթության թեքության անկյունը՝  $\alpha=30^\circ$ ; Հարվածի ընթացքում հարթությունը ստանում է  $F_{z,t}=1.73 \text{ Ն.վ}$  ուժի ինձուլս: Որքա՞ն ժամանակ կանցնի հարթությամբ գնդիկի հարվածերու պահից նինչեւ այն պահը, երբ գնդիկը կգտնվի հետագծի ամենաբարձր կետում:

2-18.  $S=6 \text{ սմ}^2$  կտրվածքով ջրի շիթը հարվածում է պատին նրա նորմալի նկատմամբ  $\alpha=60^\circ$  անկյան տակ և առաջգականորեն անդրադարձում նրանից առանց արագության կորստի; Որոշել պատի վրա ազդող F ուժը, եթե հայտնի է, որ շիթում ջրի հոսքի արագությունը՝  $V=12 \text{ մ}/\text{վ}$ :

2-19. Տրամվայը տեղից շարժվում է  $a=0.5 \text{ մ}/\text{վ}^2$  արագացմամբ: Շարժման սկզբից  $t=12 \text{ վ}$  հետո շարժիչն աջատվում է և տրամվայը նինչեւ կանգառը շարժվում է հավասարաչափ դանդաղումով: Ամբողջ ճանապարհին շիման գործակիցը՝  $K=0.01$ ; Որոշել տրամվայի շարժման առավելագույն V արագությունը և շարժման t տևողությունը: Ինչքա՞ն է նրա և արագացումը հավասարաչափ դանդաղող շարժման ժամանակը: Ի՞նչ է S ճանապարհի կանցնի տրամվայը ամբողջ շարժման ընթացքում:

2-20.  $m=1$  տ գանգվածով ավտոմոբիլի վրա շարժման ընթացքում ազդում է իր ուժ ժամրության ուժի 0.1 մասը կազմող F<sub>z,f</sub> շիման ուժ:

Ինչքա՞ն պետք է լինի շարժիչի կողմից գարգացվող F քարշի ուժը, որպեսզի ավտոմոբիլը շարժվի՝ ա) հավասարաչափ, բ)  $a=2 \text{ մ}/\text{վ}^2$  արագացումով:

2-21. Յորիգոնի հետ ինչպիսի անկյուն է կազմում  $\alpha=2.44 \text{ մ}/\text{վ}^2$  արագացումով հորիզոնական ուղղությամբ շարժվող ավտոմոբիլի բարի բնելիքին մակերևույթը:

2-22. Թելից անդրացված գունդը կախված է տրամվայի վագոնի առաստաղից: Վագոնը արգելակվում է, և նրա արագությունը  $t=3 \text{ վ-ում}$  հավասարաչափ փոքրանուն է  $V_1=18 \text{ կմ}/\text{ժ-ից} \text{ մինչեւ } V_2=6 \text{ կմ}/\text{ժ}: \text{Ի՞նչ և անկյան տակ } \frac{V_2-V_1}{V_1} \text{ պունդը թվի } \text{հետո:}$

2-23. Վագոնը արգելակվում է, և նրա արագությունը  $t=3.3 \text{ վ-ում}$  հավասարաչափ փոքրանուն է  $V_1=47.5 \text{ կմ}/\text{ժ-ից} \text{ մինչեւ } V_2=30 \text{ կմ}/\text{ժ}: \text{Ինչքա՞ն պետք է լինի շիման } K \text{ գործակիցի սահմանային նեծությունը ճանարուկի և դարակի միջև, որպեսզի արգելակման ժամանակ ճանարուկը սկսի սահել դարակի վրայով:}$

2-24. ճոպանը դրված է սեղանին այնպես, որ նրա մի ճասր կախված է: Այն սկսում է առանձ այն ժամանակ, երբ կախված մասի երկարությունը կազմում է ընդհանուր երկարության 1/4 ճասր: Գտնել սեղանով ճոպանի սահելու շիման K գործակիցը:

2-25.  $m=1$  տ գանգվածով ավտոմոբիլի վրա շարժման ժամանակ ազդում է  $F_{z,f}$  շիման ուժ հավասար ծանրության ուժ ուժի 0.1 մասին: Գտնել շարժիչի կողմից գարգացվող քարշի F ուժը, եթե ավտոմոբիլը շարժվում է հաստատում արագությամբ՝ ա) սարն ի վեր, որի թեքությունը կազմում է 1  $\text{մ}^{-1}$  ճանապարհի յուրաքանչյուր 25  $\text{մ}-ի$  վրա, բ) նույն թեքությամբ սարն ի վար:

2-26.  $m=1$  տ գանգվածով ավտոմոբիլի վրա շարժման ժամանակ ազդում է  $F_{z,f}$  շիման ուժ հավասար ծանրության ուժ ուժի 0.1 մասին: Գտնել շարժիչի կողմից գարգացվող քարշի F ուժը, եթե ավտոմոբիլը շարժվում է  $a=1 \text{ մ}/\text{վ}^2$  արագացումով սարն ի վեր, որի թեքությունը կազմում է 1  $\text{մ}^{-1}$  ճանապարհի յուրաքանչյուր 25  $\text{մ}-ի$  վրա:

2-27. Մարմինը ընկած է հորիզոնի հետ  $\alpha=40^\circ$  անկյուն կազմող թեք հարթության վրա: Շիման K գործակիցի ի՞նչ սահմանային արժեքի դեպքում մարմինը կսահի թեք հարթության վրայով: Ի՞նչ և արագացումով կսահի մարմինը թեք հարթության վրայով, եթե շիման գործակիցը՝  $K=0.03$ : Այդ պահանջների դեպքում որքա՞ն է ժամանակ կրահանջվի  $S=100 \text{ մ}$  ճանապարհի անցնելու համար: Ի՞նչ է V արագություն կունենա մարմինը ճանապարհի վերջում:

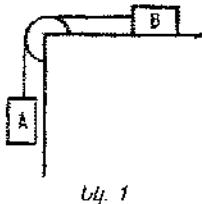
2-28. Մարմինը սահում է հորիզոնի հետ  $\alpha=45^\circ$  անկյուն կազմող

թեր հարթության վրայով: Անցնելով  $S=36,4$  մ ճանապարհ՝ մարմինը ծեռը է թերում  $V=2$  մ/վ արագություն: Որոշել հարթության հետ մարմնի շիման  $K$  գործակիցը:

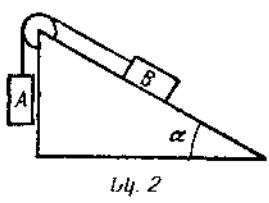
2-29. Սարմինը սահում է հորիզոնի հետ  $\alpha=45^\circ$  անկյուն կազմող թեր հարթության վրայով: Սարմնի անցած  $S$  ճանապարհի կախումը է ժամանակից տրվում է  $S=Ct^2$  հակասարումով, որտեղ  $C=1,73$  մ/վ<sup>2</sup>: Որոշել հարթության հետ մարմնի շիման  $K$  գործակիցը:

2-30.  $m_1=2$  կգ և  $m_2=1$  կգ զանգվածներով երկու ժամրոցներ միացված են թելով և անցկացված անկյունում ճախարակի վրայով: Որոշել ժամրոցների շարժման և արագացումը և թելի ծգման  $T$  ուժը: Շփումը ճախարակում անտեսել:

2-31. Անկյունում ճախարակը ամրացված է սեղանի եզրին (նկ. 1): Միանույն  $m_1=m_2=1$  կգ զանգվածներով  $A$  և  $B$  ժամրոցները միացված են թելով և անցկացված ճախարակի վրայով: Եթե սեղանի հետ շիմանը գործակիցը  $k=0,1$ : Որոշել ժամրոցների շարժման և արագացումը և թելի ծգման  $T$  ուժը: Շփումը ճախարակում անտեսել:



նկ. 1



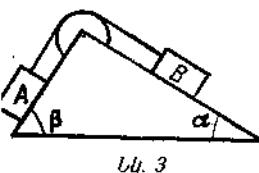
նկ. 2

2-32. Անկյունում ճախարակը ամրացված է հորիզոնի հետ  $\alpha=30^\circ$  անկյուն կազմող թեր հարթության գագարին (նկ. 2): Միևնույն  $m_1=m_2=1$  կգ զանգվածներով  $A$  և  $B$  ժամրոցները միացված են թելով և անցկացված ճախարակի վրայով: Որոշել ժամրոցների շարժման և արագացումը և թելի ծգման  $T$  ուժը: Շփումը ճախարակում, ինչպես նաև շփումը Յաներոցի ուժում ճախարակը անտեսել:

2-33. Լուծել նախորդ խնդիրը պայմանով, որ  $B$  մարմնի և թեր հարթության միջև շիման գործակիցը՝  $k=0,15$ :

2-34. Անկյունում ճախարակը ամրացված է երկու թեր հարթությունների գագարին, որոնք հորիզոնի հետ կազմում են  $\alpha=30^\circ$  և  $\beta=45^\circ$  անկյուններ (նկ. 3): Միևնույն  $m_1=m_2=1$  կգ զանգվածներով  $A$  և  $B$  ժամրոցները միացված են թելով և գցված ճախարակի վրայով: Որոշել ժամրոցների շարժման և արագացումը և թելի ծգման  $T$  ուժը: Թեր հարթությունների հետ  $A$  և  $B$  ժամրոցների, ինչպես և ճախարակում շփումը անտեսել:

2-35. Լուծել նախորդ խնդիրը պայմանով, որ  $A$  և  $B$  ժամրոցների թեր հարթության հետ շիման գործակիցները՝  $K_1=K_2=0,1$ : Ցույց տալ, որ այս խնդիրի լուծումը տվյալ հավասարումներից կարելի է, որպես մասնավոր դեպքեր, ստանալ 2-30 - 2-34 խնդիրների լուծումները:



նկ. 3

2-36.  $m=2$  կգ զանգվածով ժամրոցը  $F$  ուժի ազդեցության տակ  $h=1$  մ բարձրացնելիս կատարվում է  $A=78,5$  Զ աշխատանքը: Ի՞նչ ա արագացումով է բարձրացնել թերը:

2-37. Ինքնարիոր բարձրանում է և  $h=5$  կմ բարձրության վրա հասնում  $V=360$  մ/ժ արագության: Բանի՝ անգամ է վերեքի ժամանակ ժամրության ուժի դեմ կատարված  $A_1$  աշխատանքը մեծ արագության նեխացնան վրա կատարված  $A_2$  աշխատանքից:

2-38. Ի՞նչ  $A$  աշխատանք պետք է կատարէ, որպեսզի  $m=2$  կգ զանգվածը ունեցող շարժվող մարմինը՝ ա) իր արագությունը նեխացնի  $V_1=2$  մ/վ-ից մինչև  $V_2=5$  մ/վ. բ) կանգ առնի  $V_0=8$  մ/վ սկզբնական արագության դեպքում:

2-39.  $V_1=15$  մ/վ արագությամբ շարժվող գնդակը թենիսի ծեռնարիակի հարվածով հետ է թրչում հակառակ ուղղությամբ՝  $V_2=20$  մ/վ արագությամբ: Որոշել գնդակի ու  $\Delta V$  ինպուսի փոփոխությունը, եթե հայտնի է, որ նրա կինետիկ էներգիայի փոփոխությունը՝  $\Delta W=8,75$  Զ:

2-40. Սառույցի հարթ մակերևույթով  $V=3$  մ/վ արագությամբ բաց թողնված քարը մինչև կանգ առնելը անցավ  $S=20,4$  մ ճանապարհ: Որոշել սառույցի հետ քարի շիման  $K$  գործակիցը:

2-41.  $m=20$  տ զանգվածով  $V_0=54$  կմ/ժ սկզբնական արագություն ունեցող վագոնը  $F_{\text{զի}}=6$  կՆ շիման ուժի ազդեցության տակ շարժվում է հավասարաչափ դանդաղումով և որոշ ժամանակ հետո կանգ է առնում: Որոշել շիման ուժինի  $A$  աշխատանքը, մինչև կանգ առնելը վագոնի անցած  $S$  ճանապարհը:

2-42.  $m=1$  տ զանգվածով ավտոմոբիլի վարորդը սկսում է արգելակել ճանապարհին եղած արգելթից  $S=25$  մ հեռավորության վրա: Ավտոմոբիլի արգելակի կոճղակի վրա շիման ուժը՝  $F_{\text{զի}}=3,84$  կՆ: Ի՞նչ  $V$  սահմանային արագության հեպքում ավտոմոբիլը կիսացնի կանգնել արգելթից անմիջապես առաջ: ճանապարհի հետ անհվենի շփումը անտեսել:

2-43. Տրամվայը շարժմանը  $\alpha=49,0$  սմ/վ<sup>2</sup> արագացումով: Որոշել շիման  $K$  գործակիցը, եթե հայտնի է, որ շարժիչի հզորության 50 %-ը ճախսվում է շիման ուժինի հարթահարման և 50 %-ը՝ շարժման արագության նեխացնան վրա:

2-44. Որոշել Ա աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է կատարել, որպեսզի  $m=1$  տ զանգվածով մարմնի արագությունը նեծացվի  $V_1=2$  մ/վ-ից մինչև  $V_2=6$  մ/վ  $S=10$  մ ճամապարհի վրա: Անբողջ ճամապարհին գործում է  $F_{\text{փ}}=2$  Ն շիման ուժ:

2-45.  $m=1$  տ զանգվածով ավտոմոբիլի վրա շարժման ժամանակ ազդում է իր ծանրության ոց ուժի 0,1 ճամաց կազմող  $F_{\text{փ}}$  շիման ուժ: Ի՞նչ ու զանգվածով թենգին է ծախսում ավտոմոբիլի շարժիքը  $S=0,5$  կմ ճամապարհի վրա շարժման արագությունը  $V_1=10$  կմ/ժ-ից մինչև  $V_2=40$  կմ/ժ մեծացնելու համար: Շարժիքի ՕԳԳ-ը՝  $\eta=0,2$ , իսկ թենգինի այրման տեսակարար չերմությունը՝  $q=46$  ՄԶ/կգ:

2-46. Ի՞նչ ու զանգվածով թենգին է ծախսում ավտոմեքենայի շարժիքը  $S=100$  կմ ճամապարհի վրա, եթե շարժիքի  $N=11$  կուտ հզորության դեպքում նրա շարժման արագությունը՝  $V=30$  կմ/ժ: Շարժիքի ՕԳԳ-ը՝  $\eta=0,22$ , իսկ թենգինի այրման տեսակարար չերմությունը՝  $q=46$  ՄԶ/կգ:

2-47. Գտնել ավտոմոբիլի Դ ՕԳԳ-ը, եթե հայտնի է, որ  $V=40$  կմ/ժ շարժման արագության դեպքում շարժիքը  $S=100$  կմ ճամապարհի վրա ծախսում է  $V=13,5$  լ թենգին և որ շարժիքի զարգացրած հզորությունը՝  $N=12$  կուտ: Թենգինի խոռությունը՝  $\rho=0,8 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>, իսկ այրման տեսակարար չերմությունը՝  $q=46$  ՄԶ/կգ:

2-48.  $m=1$  կգ զանգվածով քարի  $V_0=9,8$  մ/վ արագությամբ նետված է ուղղաձիգ դեպի վեր: Կառուցել  $W_L$  կիմետիկ,  $W_A$  պոտենցիալ,  $W_{\text{լր}}$  էներգիաների և ժամանակից կախվածության գրաֆիկը ժամանակի  $0 \leq t \leq 2$  վ միջակայքի համար՝  $0,2$  վ քայլով (տես 1-11-ի լուծումը):

2-49. Նախորդ խնդրի պայմանների հիման վրա կառուցել  $W_L$  կիմետիկ,  $W_A$  պոտենցիալ,  $W_{\text{լր}}$  էներգիաների ուժեցած կախումը հարձորությունից:

2-50\*. Քարը ընկնում է որոշ բարձրությունից  $t=1,43$  վ-ի ընթացքում: Որոշել քարի  $W_L$  կիմետիկ,  $W_A$  պոտենցիալ էներգիաները ճամապարհի միջնակետում: Քարի զանգվածը՝  $m=2$  կգ:

2-51.  $h=25$  մ բարձրությամբ աշխարակից հորիզոնական ուղղությամբ  $V_0=15$  մ/վ արագությամբ նետված է քար: Գտնել քարի  $W_L$  կիմետիկ,  $W_A$  պոտենցիալ էներգիաները շարժման սկզբից  $t=1$  վ հետո:

2-52. Քարը նետված է  $V_0=15$  մ/վ արագությամբ՝ հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=60^\circ$  անկյան տակ: Որոշել քարի  $W_L$  կիմետիկ,  $W_A$  պոտենցիալ,  $W_{\text{լր}}$  էներգիաները՝ ա) շարժման սկզբից  $t=1$  վ հետո, բ) հետագծի բարձրակետում: Քարի զանգվածը՝  $m=0,2$  կգ:

2-53. Յորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=30^\circ$  անկյան տակ գումզը հրելու համար ժամանակը է  $A=216$  Զ աշխատանք: Որքա՞ն է ժամանակ անց և

դիմացնենք, որ ողի դիմացրությունը պիտի է անտեսել, եթե այն տրված չէ պայմանություն:

Ենտան կետից ի՞նչ  $S_x$  հեռավորության վրա գումզը կը մկնի գետնին: Գնդի զանգվածը՝  $m=2$  կգ:

2-54.  $m=10$  կգ զանգվածով մարմինը շարժվում է  $R=6,4$  սմ շառավիկ շրջանագծով: Որոշել մարմնի աշարագացումը, եթե հայտնի է, որ շարժումն սկսելուց երկորրդ պոտույտի վերջում նրա կիմետիկ էներգիան՝  $W_q=0,8$  ՄԶ:

2-55.  $m=10$  կգ զանգվածով մարմինը սահում է նախ  $h=1$  մ բարձրություն,  $\ell=10$  մ երկարություն ունեցող թեք հարթության, իսկ այնուհետև հորիզոնական հարթության վրայով: Անբողջ ճամապարհի վրա շիման գործակիցը՝  $K=0,05$ : Գտնել՝ ա) մարմնի  $W_q$  կիմետիկ էներգիան թեք հարթության հիմքի մոտ, բ) մարմնի  $V$  արագությունը թեք հարթության հիմքի մոտ, գ) հորիզոնական հարթությամբ մինչև կանգ առնելը անցած  $S$  ճամապարհը:

2-56. Մարմինը սահում է նախ հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=80^\circ$  անկյուն կազմող թեք հարթությամբ, իսկ հետո հորիզոնական հարթությամբ: Որոշել շիման  $K$  գործակիցը, եթե հայտնի է, որ մարմինը հորիզոնական հարթությամբ անցնում է նույն հեռավորությունը, ինչ որ թեք հարթության վրայով:

2-57.  $m=3$  կգ զանգվածով մարմինը, ունենալով  $V_0=0$  սկզբնական արագություն, սահում է  $h=0,5$  մ բարձրությամբ,  $\ell=1$  մ երկարությամբ արագության թեք հարթության հիմքին  $V=2,45$  մ/վ արագությամբ: Որոշել մարմնի՝ թեք հարթության հետ շիման  $K$  գործակիցը և շիման հետևանքով անշատված  $Q$  չերմության քանակականությունը:

2-58.  $m=2$  տ զանգված ունեցող ավտոմոբիլը շարժվում է սարն ի վեր, որի թեքությունը 4 մ է ճամապարհի յուրաքանչյուր 100 մ-ի վրա: Շիման գործակիցը՝  $K=0,08$ : Որոշել ավտոմոբիլի շարժիքի կատարած  $A$  աշխատանքը և շարժիքի զարգացրած  $N$  հզորությունը, եթե հայտնի է, որ  $S=3$  կմ ճամապարհը ավտոմոբիլը անցել է  $t=4$  ր-ի ընթացքում:

2-59. Ի՞նչ  $N$  հզորություն է զարգացնում  $m=1$  տ զանգված ավտոմոբիլի շարժիքը, եթե հայտնի է, որ ավտոմոբիլը շարժվում է  $V=36$  կմ/ժ հաստատուն արագությամբ՝ ա) հորիզոնական ճամապարհով, բ) ճանապարհի յուրաքանչյուր 100 մ-ի վրա 5 մ թեքություն ունեցող սարն ի վեր, գ) նույն թեքությամբ սարն ի վար: Շիման գործակիցը՝  $K=0,07$ :

2-60.  $m=1$  տ զանգված ունեցող ավտոմոբիլը շարժվում է անշատված շարժիքով՝  $V=54$  կմ/ժ հաստատուն արագությամբ՝ ճանապարհի յուրաքանչյուր 100 մ-ի վրա 4 մ թեքություն ունեցող սարն ի վար: Ի՞նչ  $N$  հզորություն պետք է զարգացնի ավտոմոբիլի շարժիքը, որպեսզի ավտոմոբիլը նույն արագությամբ շարժվի սարն ի վեր:

2-61. Ուլսերին տեղադրված է  $t_1=10$  տ գանգվածով հարթակ: Յարբակին ամրացված է  $t_2=5$  տ գանգված ունեցող հրանոր, որից կրակում են ռելսերի երկայնքով: Արկի գանգվածը  $t_3=100$  կգ. իսկ հրանորի նկատմամբ սկզբնական արագությունը  $V_0=500$  մ/վ: Գտնել հարթակի Ս պրագությունը կրակելուց անժիշտապես հետո, եթե այ հարթակը անշարժ կանգնած է. բ) հարթակը շարժվում է  $V=18$  կմ/ժ արագությամբ և կրակոցն արձակվել է նրա շարժմանը հակառակ ուղղությամբ:

2-62.  $t_1=5$  կգ գանգվածով հրացանից  $V_2=600$  մ/վ արագությամբ դուրս է թռչում  $t_2=5$  գ գանգվածով գնդակ: Որոշել հրացանի հետարկածի  $V_1$  արագությունը:

2-63.  $t_1=60$  կգ գանգվածով մարդ, վագելով  $V_1=8$  կմ/ժ արագությամբ, հասնում է  $t_2=80$  կգ գանգվածով սայլակին, որը շարժվում է  $V_2=2.9$  կմ/ժ արագությամբ, և ցատկում նրա վրա: Ի՞նչ Ս պրագությամբ կշարժվի սայլակը: Ի՞նչ Ս՝ արագությամբ կշարժվի սայլակը. եթե նարդը վագեր որպան ընդառաջ:

2-64.  $t_1=100$  կգ գանգվածով արկը, որը թռչում է երկարուղու երկայնքով հորիզոնական ուղղությամբ  $V_1=500$  մ/վ արագությամբ, խփում է ավագով լիքը  $t_2=10$  տ գանգվածով վագոնին և բաղվում նրա մեջ: Ի՞նչ Ս պրագություն կստանա վագոնը, եթե ա) վագոնը անշարժ կանգնած է. բ) վագոնը շարժվում էր  $V_2=36$  կմ/ժ արագությամբ արկի շարժման ուղղությամբ. գ) վագոնը շարժվում էր  $V_2=36$  կմ/ժ արագությամբ արկի շարժմանը հակառակ ուղղությամբ:

2-65.  $V=10$  մ/վ արագությամբ շարժվող նռնակը պայթելուց հետո բաժանվել է երկու բեկորների: Մեծ կտորը, որի գանգվածը կազմում է նռնակի գանգվածի 0.6 մասը, շարունակել է շարժվել նախկին ուղղությամբ ավելի մեծ՝  $U_1=25$  մ/վ արագությամբ: Գտնել փոքր բեկորի Ս<sub>2</sub> արագությունը:

2-66. Յորիգոնական ուղղությամբ  $V_1=1$  մ/վ արագությամբ շարժվող,  $t_1=1$  կգ գանգվածով մարմնը հասնում է  $t_2=0.5$  կգ գանգվածով երկրորդ մարմնին և ոչ առածքականորեն հարվածում նրան: Ի՞նչ արագություն կստանան մարմնները. եթե ա) երկրորդ մարմնը կանգնած էր անշարժ. բ) երկրորդ մարմնը շարժվում էր  $V_2=0.5$  մ/վ արագությամբ և նույն ուղղությամբ, ինչ առաջինը. գ) երկրորդ մարմնը շարժվում էր  $V_2=0.5$  մ/վ արագությամբ առաջին մարմնի շարժմանը հակառակ ուղղությամբ:

2-67.  $M=70$  կգ գանգվածով չճշկորոշ, կանգնելով սառուցի վրա, հորիզոնական ուղղությամբ նետում է  $t=3$  կգ գանգվածով քարը

$V=8$  մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ Տ ներավորություն հետ կսահի չճշկորոշ, եթե առաջնայի հետ չնույնական գործակիցը՝  $K=0.02$ :

2-68. Անշարժ սայլակի վրա կանգնած մարդը հորիզոնական ուղղությամբ նետում է  $t=70$  կգ գանգվածով քարը: Սայլակը մարդու հետ միասին հետ գլուրվեց՝ նետումից անժիշտապես հետո ունենալով  $V=0.1$  մ/վ արագություն: Սայլակի գանգվածը մարդու հետ միասին՝  $M=100$  կգ: Գտնել Եթեզված քարի կիմետրիկ ներգիտան շարժման սկզբից  $t=0.5$  վ հետո:

2-69.  $t_1=2$  կգ գանգվածով մարմնը շարժվում է  $t_2=1.5$  կգ գանգվածով մարմնին ընդառաջ և ոչ առածքականորեն հարվածում նրան: Մարմնների արագությունները՝ հարվածից անժիշտապես առաջ եղել են  $V_1=1$  մ/վ և  $V_2=2$  մ/վ: Որքա՞՛ մամանակ կշարժվեն այդ մարմնները հարվածից հետո, եթե շիման գործակիցը՝  $K=0.05$ :

2-70. Ավտոմատը արձակվում է գնդակները  $n=600$  ր<sup>-1</sup> հաճախությամբ: Յուրաքանչյուր գնդակը գանգվածը՝  $t=4$  գ, իսկ սկզբնական միագությունը՝  $V=500$  մ/վ: Որոշել կրակելու ժամանակ առաջացող հետիարվածի Վ միջին ուժը:

2-71. Ուլսերի վրա կանգնած է  $t_1=10$  տ գանգված ունեցող հարթակ: Յարբակի վրա ամրացված է  $t_2=5$  տ գանգվածով հրանոր, որից կրակում են ռելսերի երկայնքով: Արկի գանգվածը՝  $t_3=100$  կգ, իսկ հրանորի նկատմամբ սկզբնական արագությունը՝  $V_0=500$  մ/վ: Ի՞նչ Տ հեռավորության հետ կգլուրվի հրանորը կրակելիս, եթե ա) հարթակը կանգնած է անշարժ. բ) հարթակը շարժվում է  $V=18$  կմ/ժ արագությամբ և կրակոցը կատարվել է նրա շարժման ուղղությամբ. գ) հարթակը շարժվում է  $V=18$  կմ/ժ արագությամբ և կրակոցը կատարվել է նրա շարժմանը հակառակ ուղղությամբ: Յարբակի շիման գործակիցը ուների հետ  $K=0.002$ :

2-72.  $t_1=5$  տ գանգվածով հրանորից դուրս է թռչում  $t_2=100$  կգ գանգվածով արկը: Արկի կիմետրիկ ներգիտան դուրս թռչելու պահին  $W_{42}=7.5$  ՄՀ: Ինչպիսի՞ է առաջնական ներգիտանը ստանում հրանորը հետ հրման հետևանքով:

2-73.  $t_1=2$  կգ գանգված ունեցող մարմնը շարժվում է  $V_1=3$  մ/վ արագությամբ և հասնում է  $t_2=8$  կգ գանգվածը ու  $V_2=1$  մ/վ արագություն ունեցող մարմնին: Յաճարելով հարվածը կենտրոնական գտնել մարմնների Ս<sub>1</sub>, Ս<sub>2</sub> արագությունները հարվածից հետո, եթե հարվածը այ առածքական է. բ) առածքական է:

2-74. Նախորդ խնդրում ինչպիսի՞ պետք է լինի մարմնների գանգվածների միջև եղած հարաբերությունը, որպեսզի առածքական հարվածի չնորիկիվ առաջին մարմնը կանգ առնի:

2-75.  $m_1=3$  կգ զանգվածով մարմինը շարժվում է  $V=4$  մ/վ արագությամբ և հարվածում նույնայիսի զանգվածով դադարի մեջ գտնվող մարմնի: Դամարելով հարվածը կենտրոնական և ոչ առաձգական որոշել հարվածի մամանակ անջատված  $Q$  չերմության քանակությունը:

2-76.  $m_1=5$  կգ զանգվածով մարմինը հարվածում է դադարի մեջ գտնվող  $m_2=2.5$  կգ զանգվածով մարմնին, որը հարվածից հետո շարժվում է  $W_{\frac{1}{2}}=5$  Զ կինետիկ էներգիայով: Դամարելով հարվածը կենտրոնական և առաձգական որոշել առաջին մարմնի  $W_{\frac{1}{2}1}$ ,  $W_{\frac{1}{2}1}$  կինետիկ էներգիաները հարվածից առաջ և հետո:

2-77.  $m_1=5$  կգ զանգվածով մարմինը հարվածում է,  $m_2=2.5$  կգ զանգվածով անշարժ մարմնին: Դարվածից անժխապես հետո համակարգի կինետիկ էներգիան դարձավ  $W_{\frac{1}{2}}=5$  Զ: Դարվածը համարելով կենտրոնական և ոչ առաձգական որոշել առաջին մարմնի  $W_{\frac{1}{2}1}$  կինետիկ էներգիան նախքան հարվածը:

2-78. Երկու մարմին շարժվում են իրար ընդառաջ և բախվում ոչ առաձգականորեն: Մարմինների արագությունները մինչև բախտման եղել են  $V_1=2$  մ/վ և  $V_2=4$  մ/վ: Մարմինների ընդհանուր արագությունը հարվածից հետո դարձավ  $U=1$  մ/վ և համընկնում է  $V_1$ -ի ուղղության հետ: Քանի անգամ էր առաջին մարմնի կինետիկ էներգիան մեծ երկրորդ մարմնի կինետիկ էներգիայից:

2-79.  $m_1=0.2$  կգ և  $m_2=0.1$  կգ զանգվածներով երկու գնդեր կախված են միանման թելերից այնպես, որ դրանք հպվում են: Առաջին գունդը շեղում են  $h=4.5$  սմ բարձրությամբ և բաց թողնում: Ի՞նչ է բարձրության կիամանեն գնդերը. եթե հարվածը՝ ա) առաձգական է, բ) ոչ առաձգական է:

2-80. Նորիզոնական ուղղությամբ թռչող գնդակը դիպչում է անկշիռ կոշտ ծողից կախված գնդին և բաղվում՝ մնում նրա մեջ: Գնդակի զանգվածը 1000 անգամ փոքր է գնդի զանգվածից: Գնդի կենտրոնից մինչև ծողի կախման կետի միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell=1$  մ: Որոշել գնդակի արագությունը, եթե հայտնի է, որ գնդակի հարվածից ծողը գնդի հետ շեղվել է  $\alpha=10^0$  անկյունով:

2-81. Նորիզոնական ուղղությամբ թռչող գնդակը դիպչում է անկշիռ կոշտ ծողից կախված գնդին և բաղվում՝ մնում նրա մեջ: Գնդակի զանգվածը՝  $m_1=5$  գ, գնդի զանգվածը՝  $m_2=0.5$  կգ: Գնդակի արագությունը՝  $V_1=500$  մ/վ: Գնդի կենտրոնից մինչև ծողի կախման կետը եղած ինչպիսի սահմանային երկարության դեպքում գնդակի հարվածից գունդը կրաքրանա շրջանագծի վերին կետը:

2-82.  $m_1=0.5$  կգ զանգվածով փայտե ճուրճով հարվածում են անշարժ պատին: Սուրճի արագությունը հարվածի պահին՝  $V_1=1$  մ/վ: Դարվածի ժամանակ վերականգնման գործակիցը համարելով հավասար  $K=0.5$ , գտնել ջերմության այն  $Q$  քանակությունը, որն անջատվում է հարվածի ժամանակ: (Սարմնի նյութի վերականգնման գործակից կոչվում է հարվածից հետո մարմնի ունեցած արագությանը):

2-83. Գտնել պատի վրա ազդող ուժի  $F$  և ինպուլսը նախորդ խնդրի պայմաններում:

2-84.  $m=0.1$  կգ զանգվածով փայտե գնդիկը ընկնելուն է  $h=2$  մ բարձրությունից: Գնդիկը հատակին հարվածելիս վերականգնման գործակիցը՝  $K=0.5$ : Գտնել հատակին գնդիկի հարվածից հետո նրա ձեռք ընթաց ի բարձրությունը և հարվածի ժամանակ անջատված  $Q$  ջերմությունը:

2-85. Պլաստմասայի գնդիկը, ընկնելով  $h_1=2$  մ բարձրությունից, մի քանի անգամ ետք է թռչում հատակից: Գտնել վերականգնման  $K$  գործակիցը գնդիկը հատակին հարվածելու ժամանակ, եթե անկնան պահից մինչև երկրորդ անգամ հատակին հարվածելը անցել է  $t=1.3$  վ:

2-86. Պողպատե գնդիկը,  $h_1=1.5$  մ բարձրությունից ընկնելով պողպատե սալի վրա, հետև է թռչում նրանից  $V=0.75V_1$  արագությամբ, որտեղ  $V_1$  -ը գնդիկի արագությունն է սալին ընկնելու պահին:  $h_2$  բարձրության կիամանի գնդիկը:  $h_2$  նշանակ մամանակ կամցնի գնդիկի շարժման սկզբից մինչև սալիկի վրա նրա երկրորդ անգամ ընկնելը:

2-87. Սետաղե գնդիկը, ընկնելով պողպատե սալին  $h_1=1$  մ բարձրությունից, հետև է թռչում նրանից  $h_2=81$  սմ բարձրությամբ: Որոշել վերականգնման  $K$  գործակիցը գնդիկը սալին հարվածելիս:

2-88.  $m=20$  գ զանգվածով պողպատե գունդը,  $h_1=1$  մ բարձրությունից ընկնելով պողպատե սալի վրա, հետև է թռչում նրանից  $h_2=81$  սմ բարձրությամբ: Որոշել հարվածի ժամանակ սալի ստացած  $F$  և ինպուլսը և հարվածի ժամանակ անջատված  $Q$  ջերմության քանակը:

2-89.  $m_1$  զանգվածով շարժվող մարմինը հարվածում է  $m_2$  զանգվածով անշարժ մարմնին: Դարվածը համարելով կենտրոնական և ոչ առաձգական որոշել, թե հարվածի հետևանքով առաջին մարմնի  $W_1$  կինետիկ էներգիայի որ մասն է վերածվել ջերմության: Խնդիրը լուծել նախ ընդիանուր դեպքի համար, իսկ հետո դիտարկել՝ ա)  $m_1=m_2$ , բ)  $m_1=9m_2$  դեպքերը:

2-90. Ծարժվող  $m_1$  զանգվածով մարմինը հարվածում է  $m_2$  զանգվածով անշարժ մարմնին: Դարվածը ի ամարելով կենտրոնական և

առաջարկած՝ գտնել, թե հարվածի հետևանքով  $W_1$  կինետիկ էներգիայի որ մասն է առաջին մարմնը հաղորդում երկրորդ մարմնին: Խնդիրը լուծել նախ ընդհանոր դեպքի համար, իսկ հետո դիտարկել ա)  $m_1 = m_2$ , բ)  $m_1 = 9m_2$  դեպքերը:

2-91. Շարժվող  $m_1$  զանգվածով մարմնը հարվածում է  $m_2$  զանգվածով անշարժ մարմնին: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի զանգվածների  $m_1/m_2$  հարաբերությունը, որպեսզի կենտրոնական առաջարկան հարվածի դեպքում առաջին մարմնի արագությունը փոքրանա 1,5 անգամ: Ի՞նչ  $W_{k2}$  կինետիկ էներգիայով կական շարժել երկրորդ մարմնին, եթե առաջին մարմնի սկզբնական կինետիկ էներգիան  $W_{k1}=14 \text{ J}$ ?

2-92. Նեյտրոնը (զանգվածը՝  $m_0$ ) հարվածում է ածխածնի անշարժ ատոմին ( $m=12m_0$ ): Դարվածը համարելով կենտրոնական և առաջարկան գտնել, թե նեյտրոնի  $W_k$  կինետիկ էներգիան քանի՞ անգամ է փոքրանում հարվածի հետևանքով:

2-93. Նեյտրոնը (զանգվածը՝  $m_0$ ) հարվածում է անշարժ ա) ածխածնի ( $m=12m_0$ ) ատոմի, բ) ուրանի ( $m=235m_0$ ) ատոմի միջուկին: Դամարելով հարվածը կենտրոնական և առաջարկան գտնել, թե հարվածի հետևանքով V արագության որ մասն է կորցրել նեյտրոնը:

2-94. Սարմնի կշռի ո՞ր մասն է պակասում հասարակածի վրա Երկրի իր առանցքի շուրջը պատվելու հետևանքով:

2-95. Օրը ի՞նչ Տ տևողություն պետք է ունենա Երկրի վրա, որպեսզի մարմինները հասարակածի վրա կշրջ չունենան:

2-96. Տրամվայի  $m=5$  տ զանգվածով վագոնը գնում է  $R=128$  մ շառավիղ ունեցող ուրորով: Որոշել Երկարությունը ուների վրա անիվների կորային F ճնշան ուժը շարժման  $V=9$  կմ/ժ արագության դեպքում:

2-97.  $\ell=60$  սմ Երկարություն ունեցող պարանից կախված շրով լիքը դույլը հավասարաչափ պտտվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ: Որոշել այն նվազագույն V արագությունը, որի դեպքում հետագի ամենաքարքը կետում չուրը դույլը չի թափի: Ինչպիսի՞ն է պարանի ծգման T ուժը այդ արագության դեպքում շրջանագծի ամենավերին և ամենաստորին կետերում: Զրով լիքը դույլի զանգվածը՝  $m=2$  կգ:

2-98.  $\ell=50$  սմ Երկարությամբ պարանից կախված քարը հավասարաչափ պտտվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ: Պտտման ի՞նչ ո հաճախության դեպքում կկտրվի պարանը, եթե հայտնի է, որ այն կտրվում է քարի վրա ազդող ժանրության ուժի տասնապատիկ ծգման ուժի դեպքում:

2-99. Պարանով կապած քարը հավասարաչափ պտտվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ: Գտնել քարի ո զանգվածը, եթե հայտնի է, որ պարանի առավելագույն և նվազագույն ծգման ուժերի տարրերությունը՝  $\Delta T=10$  Ն:

2-100.  $\ell=30$  սմ Երկարությամբ թելով կապված ժանրոցը հորիզոնական հարթության մեջ գտնված  $R=15$  սմ շառավղով շրջանագիծ: Ի՞նչ ո հաճախությամբ է պտտվում ժանրոցը:

2-101.  $\ell=25$  սմ Երկարությամբ թելով կապված  $m=50$  գ զանգվածով ժանրոցը հորիզոնական հարթության մեջ գտնված է շրջանագիծ: Ծանրոցի պտտման հաճախությունը՝  $n=2$  պտ/վ: Որոշել թելի ծգման T ուժը:

2-102. Սկավառակը պտտվում է ուղղաձիգ առանցքի շուրջը  $n=30$  պտ/ր հաճախությամբ: Պտտման առանցքից  $r=20$  սմ հեռավորության վրա սկավառակի վրա դրված է մարմնի: Ինչքա՞ն պետք է լինի մարմնի և սկավառակի միջև չփնան K գործակիցը, որպեսզի պտտման ժամանակ այն չափի սկավառակի վրայով:

2-103. Ինքնարիօը, որը թռչում է  $V=900$  կմ/ժ արագությամբ, կատարում է «մահվան օդակ»: Ինչքա՞ն պետք է լինի «մահվան օդակի» R շառավղոյթ, որպեսզի օդաչուին նստատեղին սեղմող առավելագույն F ուժը լինի հավասար՝ α) օդաչուի վրա ազդող ժանրության ուժի հենգապատիկին, բ) օդաչուի վրա ազդող ժանրության ուժի տասնապատիկին:

2-104. Աստողիկիստը հորիզոնական ճանապարհը գնում է  $V=72$  կմ/ժ արագությամբ՝ կատարելով  $R=100$  մ շառավղով շրջադարձ: Ի՞նչ ո անկյան տակ պետք է նա թեքվի, որպեսզի շրջադարձի ժամանակը ընկնի:

2-105. Գումըրը թելով կախված է վագրնի առատադից: Վագրնը  $V=9$  կմ/ժ արագությամբ գնում է  $R=36,4$  մ շառավղով ուղրանով: Ի՞նչ ո անկյունով կշեղվի այդ դեպքում թելը գնդի հետ:

2-106. Կենտրոնախույս կարգավորիչի ծողերի Երկարությունը (նկ. 4)  $\ell=12,5$  սմ: Ի՞նչ ո հաճախությամբ պետք է պտտվի կենտրոնախույս կարգավորիչը, որպեսզի թեզը ուղղաձիգի նկատմամբ շեղվի՝ α)  $\alpha=60^{\circ}$ , բ)  $\alpha=30^{\circ}$ :

2-107. Խնդիրին ունի  $\alpha=10^{\circ}$  վիրած (Երանգիչ) և  $R=100$  մ շառավղով կորացում: Ի՞նչ V արագության համար է հաշվարկված վիրածը:

2-108. Թելից կախված  $m=1$  կգ զանգվածով ժանրոցը թեքում են  $\alpha=30^{\circ}$  անկյունով և բաց թողնում: Որոշել թելի ծգման T ուժը հավասարակշռության ուժը ժանրոցի անցնելու պահին:

2-109.  $m=45$  կգ զանգվածով տղան պտտվում է «հսկայացալերի» վրա  $n=16$  պտ/ր հաճախությամբ: Շոպանների Երկարությունը՝  $\ell=5$  մ: Ուղղաձիգի հետ ի՞նչ ո անկյուն են կազմում «հսկայացալերի» ճոպանները: Ինչպիսի՞ն է նոպանների ծգման T ուժը և տղայի պտտման V արագությունը:

2-110.  $\ell=0,5$  մ Երկարություն ունեցող անկշիռ ծողից կախված  $m=1$  կգ զանգվածով ժանրոցը ուղղաձիգ հարթության մեջ կատարում է

տատանութեր: Ուղղաձիգի նկատմամբ ծողի շեղման ի՞նչ ու անյան դեպքում ժանրոցի կինետիկ էներգիան նրա ներքին դիրքում կլինի  $W_k=2,45$  Զ: Այդ անյան դեպքում ներքին դիրքում ծողի ծգման  $T_1$  ուժը քանի անգամ է մեծ վերևի դիրքում ծգման  $T_2$  ուժից:

2-111. Անկշիռ ծողից կախված ու զանգվածով ժանրոցը շեղում են  $\alpha=90^\circ$  անկյունով և բաց թողում: Որոշել ծողի ծգման  $T$  ուժը հավասարակշռության դիրքով ժանրոցի անցնելու պահին:

2-112.  $m=150$  կգ զանգվածով ժանրոցը կախված է  $T=2,94$  կն ծգման ուժի դիրքում պողպատ լարից: Ի՞նչ առավելագույն ու անյան տակ կարենի է շեղել լարը բերի հետ, որպեսզի հավասարակշռության դիրքով անցնելու ժամանակ այն չկտրվի:

2-113.  $\ell=50$  սմ երկարություն ունեցող պարանից կապած  $m=0,5$  կգ զանգվածով բարը հավասարաշափ պտտվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ: Պարանի ծգման ուժը շրջանագիծի ներքևի կետում՝  $T=44$  Ն: Ի՞նչ բարձրության կիսամի քարը, եթե պարանը կտրվի այն պահին, երբ արագությունը ուղղված է ուղղաձիգ դեպի վեր:

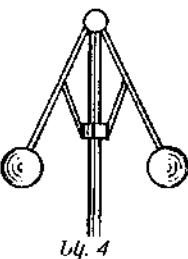
2-114. Զուրը հոսում է հորիզոնական հարթության մեջ գտնվող  $d=0,2$  մ տրանագծով և  $R=20,0$  մ կորության շառավիղ ունեցող խորությակով: Որոշել կենտրոնախույս ուժի շնորհիվ առաջացած կողային  $P$  ծնշումը: Խողովակի լայնական հատություն միավոր ժամանակում հոսում է  $t_1=300$  մ/ժ: զանգվածով ջուր:

2-115. Զուրը հոսում է հորիզոնական հարթության մեջ գտնվող,  $b=0,5$  մ լայնություն և  $R=10$  մ կորության շառավիղ ունեցող շրանցքով: Զրի հոսքի արագությունը՝  $V=5$  մ/վ: Գտնել կենտրոնախույս ուժի առաջացրած կողային  $P$  ծնշումը:

2-116. Գտնել այն  $A$  աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է կատարել, որպեսզի զապանակը սեղմի  $\ell=20$  սմ-ով, եթե հայտնի է, որ  $F$  ուժը համեմատական է  $\ell$  սեղմնանը և զապանակի կոշտության գործակիցը՝  $K=2,94$  կն/օ:

2-117. Գտնել զապանի (ռեսուրի) ամենամեծ հ ճկվածքը նրա կենտրոնում դրված ու զանգվածով բերի հետևանքով, եթե զապանի ստատիկ ճկվածքը նույն բերից  $h_0=2$  սմ է: Ինչպիսի՞ն կլինի ամենամեծ ճկվածքը, եթե նոյն բերը, առանց սկզբանական արագության, ընկնում է զապանի մեջտեղում  $H=1$  մ բարձրությունից:

2-118. Ակրոբատը ցատկում է ցանցի մեջ  $H=8$  մ բարձրությունից: Հատակից ի՞նչ սահմանային բարձրության վրա պետք է ամրացնել ցանցը, որպեսզի ցատկի ժամանակ ակրոբատը չոփաչի հատակին:



Հայտնի է, որ ցանցը ճկվում է  $h_0=0,5$  մ, եթե ակրոբատը թռչում է նրա մեջ  $H_0=1$  մ բարձրությունից:

2-119. Բերը դրեցին կշերքի նժարի վրա: Բանի բաժանմունք ցույց կտա կշեռքը սկզբանական արտանետման ժամանակ, եթե ճոճումների հանդարտվելուց հետո այն ցույց է տպական 5 բաժանմունք:

2-120.  $m=1$  կգ զանգվածով բերը ընկնում է կշեռքի նժարի վրա  $H=10$  սմ բարձրությունից: Յարվածի պահին ինչպիսի՞ն է կշեռքի  $F$  ցուցմունքը, եթե ճոճումների հանդարտվելուց հետո կշեռքի նժարը իշնում է  $h=0,5$  սմ-ով:

2-121. Ի՞նչ  $V$  արագությամբ է շարժել ուժը=20 տ զանգվածով գնացքը, եթե պատին հարվածելու հետևանքով յուրաքանչյուր թափարգել սեղմվել է  $\ell=10$  սմ չափով: Անեն մի թափարգելի զապանակի կոշտությունը՝  $K=1$  ՄԵ/մ:

2-122. Տղան պարսատիկով քարը նետելիս ուտինեն քուլը ծգեցնելի այնպես, որ նրա երկարությունը մեծացավ  $\Delta\ell=10$  սմ-ով: Ի՞նչ  $V$  արագությամբ քարը թռավ ուժը = 20 գ զանգվածով քարը: Քուղի կոշտությունը՝  $K=1$  կն/մ:

2-123. Ուղղաձիգ կախված զապանակի ներքևի ծայրից միացված է մեկ ուրիշ զապանակ, որի ծայրին անրացված է բեռ: Զապանակների կոշտությունները հավասար են  $K_1$ -ի և  $K_2$ -ի: Գտնել զապանակների պոտենցիալ ենթոքիալ  $E_{n1}/E_{n2}$  հարաբերությունը՝ անտեսելով զապանակների զանգվածները բեռի զանգվածի համեմատ:

2-124. Սիևնույն երկարության երկու զապանակներից կախված է  $h=10$  սմ երկարությամբ անկշիռ ծողը: Զապանակների կոշտության գործակիցները՝  $K_1=2$  Ն/մ և  $K_2=3$  Ն/մ: Զայի ո՞ր մասում պետք է կախել բեռը, որպեսզի ծողը մնա հորիզոնական վիճակում:

2-125.  $m=0,1$  կգ զանգվածով ուտինեն գնդակը որոշ արագությամբ թռչում է հորիզոնական ուղղությամբ և հարվածում անշարժ ուղղաձիգ պատին: Գնդակը  $\Delta t=0,01$  վ-ի ընթացքում սեղմվում է  $\Delta\ell=1,37$  սմ: Նույնականական էլ ծայսավոր է գնդակի սկզբանական ճկվածքը նվելու ժամանակ: Գտնել հարվածի ընթացքում պատին ազդող  $F$  միջին ուժը:

2-126.  $\ell_0$  երկարությամբ ուտինեն քուղից կախված  $m=0,5$  կգ զանգվածով կշռաքարը հորիզոնական հարթության մեջ գտնվում է շրջանագիծ: Կշռաքարի պատում հաճախությունը՝  $n=2$  պտ/վ: Ուղղաձիգից ուտինեն քուղից շեղման անկյունը՝  $\alpha=30^\circ$ : Քուղի կոշտությունը՝  $K=0,6$  կն/մ: Գտնել չճկված ուտինեն քուղից երկարությունը:

2-127.  $\ell_0=9,5$  սմ երկարությամբ ուտինեն քուղով կապված  $m=0,5$  կգ

բեռը շեղվում է  $\alpha = 90^\circ$ -ով և բաց թողնվում: Գտնել ռետինե քուղի և երկարությունը հավասարակշռության դիրքուէ բերի անցնելու պահին:

2-128.  $R=10$  սմ շառավիրով գունդը լողում է ջրում այնպես, որ նրա զանգվածների կենտրոնը գտնվում է ջրի ճակերևություն  $H=9$  սմ-ով բարձր: Որքա՞ն Ա աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի գունդը ընկղուի ջրի մեջ մինչև տրամագծային հարթությունը:

2-129.  $R=6$  սմ շառավիրով գունդը արտաքին ուժով ջրում պահվում է այնպես, որ նրա վերին կետը շոշափում է ջրի ճակերևությունը: Որքա՞ն Ա աշխատանք կլատարի դուրս մղող ուժը, եթե գունդը բաց բռունվի և հնարավորություն տրվի նրան ազատ լողալու: Գնդի նյութի խտությունը՝  $\rho=0.5 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>:

2-130.  $D_1=30$  սմ տրամագծով գունդը լողում է ջրում: Ինչպիսի՞ աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի գունդը ջրի մեջ ընկղուի ևս  $H=5$  սմ-ով: Գնդի նյութի խտությունը՝  $\rho=500$  կգ/մ<sup>3</sup>:

2-131.  $S=1$  մ<sup>2</sup> լայնական հատույքի ճակերեսով և  $h=0.4$  մ բարձրությամբ սառուցը լողում է ջրում: Ինչպիսի՞ Ա աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի սառուցը ամբողջությամբ ընկղուի ջրի մեջ:

2-132. Գտնել իրարից  $r=10^{-10}$  մ հեռավորության վրա գտնվող երկու պրոտոնների միջև գործող գրավիտացիոն փոխազդեցության  $F$  ուժը: Պրոտոնի զանգվածը՝  $m=1,67 \cdot 10^{-27}$  կգ:

2-133.  $D_1=4$  սմ և  $D_2=6$  սմ տրամագիծ ումեցող երկու պինթե գնդիկներ գտնվում են իրար հաված վիճակում: Գտնել այդ համակարգի գրավիտացիոն  $W_{\text{պ}}$  պրոտենիալ էներգիան:

2-134. Հաշվել գրավիտացիոն  $G$  հաստատունը՝ ինանալով երկարագնդի  $R$  շառավիղը, նրա  $\rho$  խտությունը և երկրի ճակերեւությունը մոտ ազատ անկան ց արագացումը (տես աղ. IV և V):

2-135. Երկրի ճակերեւությունը մոտ ազատ անկան արագացումը ընդունելով հավասար  $g=9.80$  մ/վ<sup>2</sup>-ու և օգտվելով աղ. V-ի տվյալներից՝ կազմել Արեգակնային համակարգի նոլորակների ճիշճին խտությունների աղյուսակը:

2-136. Տիեզերական իրթուց թռչում է դեպի Լուսին: Երկրի և Լուսին կենտրոնները միացնող ուղղի ո՞ր կետում իրթուը երկրի և Լուսինի կողմից կծկվի միատեսակ ուժով:

2-137. Համեմատել Լուսին ճակերեւությունը մոտ ազատ անկան ց արագացումը երկրի ճակերեւությունը մոտ ազատ անկան ց արագացման հետ:

2-138. Ինչպէ՞ս կիրակի մաթեմատիկական ճոճանակի տատանման Տ պարբերությունը այն երկրից Լուսին տեղափոխելու դեպքում: Ցուցում. մաթեմատիկական ճոճանակի տատանման պարբերության բանաձևը բերված է § 12-ում:

2-139. Գտնել առաջին տիեզերական արագությունը, այսինքն այն արագությունը, որն անհրաժեշտ է հաղորդել ճարմնին երկրի ճակերեւությունի մոտ, որպեսզի նա սկսի շարժվել երկրի շուրջը շրջանային ուղեծրով որպես արբանյակ:

2-140. Գտնել երկրորդ տիեզերական արագությունը, այսինքն այն արագությունը, որն անհրաժեշտ է հաղորդել ճարմնին երկրի ճակերեւությունի մոտ, որպեսզի այն հաղթահարի երկրի ծգողականությունը և ընդմիշտ հեռանա երկրից:

2-141. Ազատ անկան արագացումը երկրի ճակերեւությունի մոտ ընդունելով հավասար  $g=9.80$  մ/վ<sup>2</sup>-ու և օգտվելով աղ. V-ի տվյալներից՝ կազմել առաջին և երկրորդ տիեզերական արագությունների արժեքների աղյուսակը Արեգակնային համակարգի նոլորակների ճակերեւությունների մոտ կետերի համար:

2-142. Գտնել երկրի շարժման  $V$  գծային արագությունը շրջանային ուղեծրի վրա:

2-143. Ինչպիսի՞  $V$  գծային արագությամբ կշարժի երկրի արիեստական արբանյակը շրջանային ուղեծրով՝ 1) երկրի ճակերեւությունի մոտ, բ) երկրի ճակերեւությունի  $h_1=200$  կմ և  $h_2=7000$  կմ բարձրությունների վրա: Գտնել երկրի արբանյակի պտտման  $T$  պարբերությունը այդ պայմաններում:

2-144. Գտնել կենտրոնական ճարմնի ճակերեւությունի մոտ շրջանային ուղեծրով պտտվող արիեստական արբանյակի պտտման  $T$  պարբերության կախումը այդ ճարմնի ճիշճին  $\rho$  խտությունից: Կազմել արիեստական արբանյակների Արեգակնային համակարգի նոլորակների շուրջը պտտման պարբերությունների արժեքների աղյուսակ՝ օգտվելով 2-135 խնդրի լուժման ժամանակ ստացած տվյալներից:

2-145. Գտնել երկրի այն արիեստական արբանյակի և, կենտրոնածից արագացումը, որը շարժվում է երկրի ճակերեւությունի  $h=200$  կմ բարձրության վրա՝ շրջանային ուղեծրով:

2-146. Մարս մոլորակն ունի երկու արբանյակ՝ Ֆորս և Շեյմու: Մոաժինը գտնվում է Մարսի կենտրոնից  $r=0.95 \cdot 10^4$  կմ հեռավորության վրա, իսկ երկրորդը՝  $r=2.4 \cdot 10^4$  կմ հեռավորության վրա: Գտնել այդ արբանյակների Մարսի շուրջը պտվելու  $T_1$  և  $T_2$  պարբերությունները:

2-147. Երկրի արիեստական արբանյակը շարժվում է շրջանային ուղեծրով հասարակածային հարթության մեջ՝ արևմուտքից դեպի արևելք: Երկրի ճակերեւությունից  $h=5$  հ բարձրության վրա պետք է գտնվի այդ արբանյակը, որպեսզի լինի անշարժ երկրի վրա գտնվող դիմորդի նկատմամբ:

2-148. Լուսնի արհեստական արբանյակը շարժվում է շրջանային ուղեծրով Լուսնի ճակերևութից  $h=20$  կմ բարձրության վրա: Գտնել այդ արբանյակի շարժման  $V$  գծային արագությունը, ինչպես նաև Լուսնի շուրջը նրա պտտման  $T$  պարբերությունը:

2-149. Գտնել առաջին և երկրորդ տիեզերական արագությունները Լուսնի համար (տես 2-139-ի և 2-140-ի պայմանները):

2-150. Գտնել ազատ անկնան ց արագացման կախումը երկրի ճակերևութից ունեցած հ բարձրությունից:  $h^{\circ}$  է հ բարձրության վրա է ազատ անկնան ց, արագացումը կազմում երկրի ճակերևութից վրա ազատ անկնան ց արագացման 0,25 մասը:

2-151. Երկրի ճակերևութից  $h^{\circ}$  է հ բարձրության վրա ազատ անկնան արագացումը  $g_1 = 1 \text{ m/s}^2$ :

2-152. Ծրջանային ուղեծրով շարժվող երկրի արհեստական արբանյակի  $W_1$  կինետիկ էներգիան քանի՝ անգամ է փոքր նրա գրավիտացիոն  $W_0$  պոտենցիալ էներգիայից:

2-153. Գտնել ազատ անկնան ց արագացման փոփոխությունը նարմինը հ խորության վրա իշեցնելու դեպքում:  $h^{\circ}$  է հ խորության վրա ազատ անկնան արագացումը կազմի երկրի ճակերևութից վրա ազատ անկնան ց արագացման 0,25 մասը: Երկրի խորությունը համարել հաստատում: Ցուցում. հաշվի առնել, որ երկրի ճակերևութից հ խորության վրա գտնվող ճարմինը իրենից վերև գտնվող հ հաստությունը ունեցող գնդային շերտի կողմից ոչ նի ծգողականության չի ենթարկվում, քանի որ առանձին շերտերի ծգողականությունները փոխադարձորեն ազդագերծվում են:

2-154. Ինչպիսի՞ն է սարի հ բարձրության և հանքահորի հ խորության միջև եղած հարաբերակցությունը, եթե ճոճանակի տատանման պարբերությունը սարի գագարին և հանքահորի հատակում միևնույնն է: Ցուցում. ճարեժատիկական ճոճանակի տատանման պարբերության բանաձևը է § 12-ում:

2-155. Գտնել Արեգակի շուրջը արհեստական մոլորակի պտտման  $T$  պարբերությունը, եթե հայտնի է, որ նրա էլիպսային ուղեծրի մեջ  $R_1$  կիսառանցքը մեծ է երկրի ուղեծրի մեջ  $R_2$  կիսառանցքից  $\Delta R = 0,24 \cdot 10^8$  կմ-ով:

2-156. Արհեստական մոլորակի ուղեծրի ընությունը է շրջանայինին: Գտնել նրա շարժման  $V$  արագությունը՝ համարելով հայտնի Արևի  $D$  տրամագիծը և  $r$  խորությունը: Մոլորակի միջին հեռավորությունը Արևից  $r=1,71 \cdot 10^8$  կմ:

2-157. Աշխարհում երկրի առաջին արհեստական արբանյակի էլիպսային ուղեծրի  $R_1$  մեջ կիսառանցքը մեծ է երկրորդ արբանյակի  $R_2$  մեջ կիսառանցքից  $\Delta R = 800$  կմ-ով: Շարժման սկզբին առաջին

արբանյակի երկրի շուրջը պտտման պարբերությունը՝  $T_1=96,2$  ր: Գտնել երկրի երկրորդ արհեստական արբանյակի  $R_2$  մեջ կիսառանցքը և երկրի շուրջը նրա պտտման  $T_2$  պարբերությունը:

2-158. «Վոստոկ-2» տիեզերանավի նվազագույն հեռավիրությունը երկրի ճակերևութից կազմում է  $h_{\min}=183$  կմ, իսկ առավելագույն հեռավիրությունը՝  $h_{\max}=241$  կմ: Որոշել տիեզերանավի երկրի շուրջը պտտվելու  $T$  պարբերությունը:

2-159. Ունենք բարակ լարից պատրաստած  $R$  շառավիրով օղակ: Լարի շառավիրով հավասար է  $r$ -ի, նյութի խոտությունը՝  $\rho$ -ի: Գտնել  $F$  ուժը, որով այդ օղակը ծգում է ո գանգվածով նյութական կետը, որը տեղադրված է օղակի առանցքի վրա՝ նրա կենտրոնից հ հեռավորությամբ:

2-160. Կա բարակ լարից պատրաստված  $R=20$  սմ շառավիրով օղակ: Գտնել  $F$  ուժը, որով այդ օղակը ծգում է  $m=2$  գ զանգվածով նյութական կետը, որը տեղադրված է օղակի առանցքի վրա՝ նրա կենտրոնից  $h=0, 5, 10, 15, 20$  և 50 սմ հեռավորությամբ: Կազմել  $F$ -ի արժեքների աղյուսակ և տալ  $F=F(L)$  կախվածության գրաֆիկը: Օղակի կենտրոնից  $h^{\circ}$  է  $h_{\max}$  հեռավորության վրա է փոխադեցության ուժը ընդունում իր  $F_{\max}$  արժեքը և որքա՞ն է այդ արժեքը: Լարի շառավիրով՝  $r=1$  մ:

2-161. Լարից պատրաստված օղակի և օղակի առանցքի վրա գտնվող նյութական կետի միջև փոխադեցության ուժը ընդունում է իր առավելագույն  $F_{\max}$  արժեքը, եթե կետը գտնվում է օղակի կենտրոնից  $d_{\max}$  հեռավորության վրա: Քանի՝ անգամ է օղակի և օղակի կենտրոնից  $L=0,5 L_{\max}$  հեռավորության վրա գտնվող նյութական կետի միջև փոխադեցության  $F$  ուժը փոքր  $F_{\max}$  առավելագույն ուժից:

### §3. ՊԻՆԴ ՍԱՐՍԻՆԵՐԻ ՊՏՏԱԿԱՆ ԾԱՐԺՈՒՄ

Որևէ պտտման առանցքի նկատմանը  $F$  ուժի  $M$  մոմենտը որոշվում է  $M=F \cdot l$

բանաձևով, որտեղ  $l$  -ը ուժի ազդյան գծի և պտտման առանցքի միջև եղած հեռավորությունն է:

Նյութական կետի իներցիայի նոմենտը որևէ պտտման առանցքի նկատմանը անվանում են

$$J=m r^2$$

մեծությունը, որտեղ  $m$  -ը նյութական կետի գանգվածն է,  $r$ -ը՝ նրա հեռավորությունը պտտման առանցքից:

Պինդ մարմնի իներցիայի նոմենտը իր առանցքի նկատմամբ՝

$$J = \int r^2 dm,$$

որտեղ ինտեգրալը տարածվում է մարմնի ամբողջ ծավալով։ Կատարելք ինտեգրալը՝ կարելի է ստանալ ցանկացած ձևի մարմնի իներցիայի նոմենտը։

Յո՛ հաճախե գլանի (սկավառակի) իներցիայի նոմենտը գլանի առանցքի նկատմամբ՝

$$J = \frac{1}{2} m R^2,$$

որտեղ  $R$ -ը գլանի շառավիղն է, ու-ը՝ նրա գանգվածը։

$R_1$  ներքին և  $R_2$  արտաքին շառավիղները ունեցող սնամեջ գլանի (օղագոտու) իներցիայի նոմենտը գլանի առանցքի նկատմամբ՝

$$J = m \frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

բարակ պատեր ունեցող գլանի համար  $R_1 \approx R_2 = R$  և  $J \approx mR^2$ ։

$R$  շառավիղով համասեռ գնդի իներցիայի նոմենտը նրա կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ՝

$$J = \frac{2}{5} m R^2;$$

Համասեռ ծոլի իներցիայի նոմենտը նրան ուղղակայաց և կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ՝

$$J = \frac{1}{12} m \epsilon^2;$$

Եթե որևէ մարմնի համար հայտնի է նրա  $J_0$  իներցիայի նոմենտը ծանրությամբ կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ, ապա այդ առանցքին գուգակն ցանկացած այլ առանցքի նկատմամբ իներցիայի նոմենտը կարելի է գտնել Շտեկների բանաձևով։

$$J = J_0 + m d^2,$$

որտեղ  $m$ -ը մարմնի զանգվածն է,  $d$ -ը՝ մարմնի զանգվածների կենտրոնից մինչև պտճան առանցքը եղած հեռավորությունը։

Պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական օրենքը (ինպուլսի նոմենտի պահպանան օրենքը) արտահայտվում է

$$Mdt = dL = d(J\omega)$$

հավասարություն, որտեղ  $M$ -ը մարմնի վրա կիրառված ուժերի մոմենտն է,  $L$ -ը՝ մարմնի ինպուլսի նոմենտը ( $J$ -ն մարմնի իներցիայի նոմենտն է, ու-ն՝ նրա անկյունային արագությունը). Եթե  $\omega = \text{const}$ , ապա

$$M = J \frac{d\omega}{dt} = J\alpha,$$

որտեղ  $\alpha$ -ը անկյունային արագությունն է, որը ձեռք է բերել մարմինը ուժերի  $M$  մոմենտի ազդեցության տակ։

Պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիան՝

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2},$$

որտեղ  $J$ -ն մարմնի իներցիայի նոմենտն է, ու-ն՝ նրա անկյունային արագությունը։

Պտտական շարժման դինամիկայի հավասարությունների համադրումը համընթաց շարժման հավասարությունների հետ բերված է աղյուսակ 7-ում։

Աղյուսակ 7

Դամբարաց շարժում	Պտտական շարժում
Նյուտոնի 2-րդ օրենք	
$F \cdot t = m V_2 - m V_1$ , կամ $F = ma$	$M \cdot t = J\omega_2 - J\omega_1$ , կամ $M = J\alpha$
Շարժման քանակի պահպաննան օրենք	Շարժման քանակի մոմենտի պահպաննան օրենք
$\Sigma mV = \text{const}$	$\Sigma J\omega = \text{const}$
Աշխատանք և կինետիկ էներգիա	
$A = F \cdot S = \frac{m V_2^2 - m V_1^2}{2}$	$A = M \cdot \varphi = \frac{J\omega_2^2 - J\omega_1^2}{2}$

Ֆիզիկական ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}}$$

որտեղ  $J$ -ն ճոճանակի իներցիայի նոմենտն է իր պտտման առանցքի նկատմամբ,  $m$ -ը ճոճանակի զանգվածն է,  $d$ -ն՝ զանգվածների կենտրոնից մինչև պտճան առանցքը եղած հեռավորությունն է,  $g$ -ն՝ ազատ անկման արագությունն է։

3-1. Գտնել երկրագմու իներցիայի  $J$  և ինպուլսի  $L$  մոմենտները նրա պտտման առանցքի նկատմամբ։

3-2. R=5 սմ շառավղով երկու գնդեր աճրացված են անկշիր ձողի ծայրերին: Գնդերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $r=0.5$  մ: Գնդերից յուրաքանչյուրի զանգվածը՝  $t=1$  կգ: Գտնել ա) համակարգի  $\mathcal{I}_1$  իներցիայի մոմենտը ձողի մեջտեղով անցնող և նրան ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ. բ) համակարգի  $\mathcal{I}_2$  իներցիայի մոմենտը նույն առանցքի նկատմամբ՝ համարելով գնդերը նյութական կետեր, որոնց զանգվածները տեղակայված են նրանց կենտրոններում. գ) հարաբերական  $\delta=\mathcal{I}_1/\mathcal{I}_2/\mathcal{I}_2$  սխալը, որը բույշ ենք տալիս համակարգի իներցիայի մոմենտը հաշվելու ժամանակ  $\mathcal{T}_1$  մեծությունը  $\mathcal{I}_2$ -ով փոխարինելիս:

3-3. R=0,2 մ շառավղով համասեռ սկավառակի անվագոտու նկատմամբ կիրառված է  $F=98,1$  Ն շոշափող ուժ: Պոտոման ժամանակ սկավառակի վրա ազդում է շիման ուժի  $M_{2\phi}=4,9$  Ն.մ մոմենտ: Գտնել սկավառակի ո զանգվածը, եթե հայտնի է, որ սկավառակը պտուիլում է  $\epsilon=100$  ռադ/վ<sup>2</sup> արագացումով:

3-4.  $\ell=1$  մ երկարությամբ և  $t=0,5$  կգ զանգվածով համասեռ ձողը պտուիլում է ուղղաձիգ հարթության մեջ՝ ձողի կենտրոնով անցնող հորիզոնական առանցքի շորոշը: Ինչպիսի՞ Շ անկյունային արագացումով է պտուիլում ձողը, եթե նրա վրա ազդում է  $M=98,1$  Ն.մ ուժի մոմենտ:

3-5. R=0,2 մ շառավղով և  $t=5$  կգ զանգվածով համասեռ սկավառակը պտուիլում է իր հարթության ուղղահայաց, կենտրոնով անցնող առանցքի շորոշը: Սկավառակի պտուման և անկյունային արագության ժամանակից ունեցած կախումը տրվում է  $\vartheta=A+Bt$  հավասարումով, որտեղ  $B=8$  ռադ/վ<sup>2</sup>: Գտնել սկավառակի օղագոտու վրա գործող շոշափող  $F$  ուժը: Շփումն անտեսել:

3-6. Թափանիվը, որի իներցիայի մոմենտը՝  $\mathcal{I}=63,6$  կգ.մ<sup>2</sup>, պտում է  $\omega=31,4$  ռադ/վ անկյունային արագությամբ: Գտնել արգելակող ուժի  $M$  մոմենտը, որի ազդեցության տակ թափանիվը կանգնում է  $t=20$  վ հետո: Թափանիվը համարել համասեռ սկավառակ:

3-7. 0,5 մ շառավղով,  $t=50$  կգ զանգվածով անիվի օղագոտու վրա կիրառված է  $F=98,1$  Ն շոշափող ուժ: Գտնել անիվի Շ անկյունային արագացումը: Ուժի ազդման սկզբից հաշված ինչքան է ժամանակում անիվը կունենա ռ=100 պատ/վ-ին համապատասխանող արագություն: Շփումն անտեսել:

3-8. R=0,2 մ շառավղով և  $t=10$  կգ զանգված ունեցող թափանիվը շարժափոկով միացված է շարժիչին: Շարժափոկը շարժվում է առանց սահումի  $T=14,7$  Ն ձգման ուժի տակ: Պոտոման ինչպիսի՞ ո հաճախություն կունենա թափանիվը շարժումը սկսելուց  $t=10$  վ հետո: Թափանիվը համարել համասեռ սկավառակ: Շփումն անտեսել:

3-9.  $\mathcal{I}=245$  կգ. մ<sup>2</sup> իներցիայի մոմենտ ունեցող թափանիվը պտում է  $n=20$  պտ/վ հաճախությամբ: Ուժի պտուող  $M$  մոմենտի ազդեցությունը դադարեցնելուց  $t=1$  ր հետո այն կանգնեց: Գտնել շիման ուժի  $M_{2\phi}$  մոմենտը և  $N$  պտումների բիվը, որ կատարել է թափանիվը ուժի ազդեցությունը դադարեցնելուց մինչև լրիվ կանգ առնելը: Թափանիվը համարել համասեռ սկավառակ:

3-10.  $t_1=2$  կգ և  $t_2=1$  կգ զանգվածներով երկու կշռաքարեր միացված են թելով և գցված  $t=1$  կգ զանգված ունեցող ճախարակի վրայով: Գտնել ա արագացումը, որով շարժվում են կշռաքարերը և թելի ձգման  $T_1$  և  $T_2$  լարումները, որից կախված են կշռաքարերը: ճախարակը համարել համասեռ սկավառակ: Շփումն անտեսել:

3-11.  $t_0=9$  կգ զանգված ունեցող բնբուկին փաթարված է քուր, որի ծայրից կապված է  $t=2$  կգ զանգվածով թեռ: Գտնել թեռի ա արագացումը: Թնբուկը համարել համասեռ սկավառակ: Շփումն անտեսել:

3-12.  $R=0,5$  մ շառավղով բնբուկին փաթարված է քուր, որի ծայրից կապված է  $t=10$  կգ զանգվածով թեռ: Գտնել թեռի բնբուկի Շ իներցիայի մոմենտը, եթե հայտնի է, որ թեռը ցած է ինչնում  $\alpha=2,04$  Ն/վ<sup>2</sup> արագացումով:

3-13.  $R=20$  սմ շառավղի և  $\mathcal{I}=0,1$  կգ.մ<sup>2</sup> իներցիայի մոմենտ ունեցող բնբուկին փաթարված է քուր, որի ծայրից կապված է  $t=0,5$  կգ զանգվածով թեռ: Մինչև բնբուկի պտուի սկսելը հատակից թեռը կիշնի մինչև հատակը: Որոշել թեռի կինետիկ էներգիան հատակին հարվածելու պահին և թելի ձգման  $T$  ուժը: Շփումն անտեսել:

3-14. Տարբեր զանգվածներով երկու կշռաքարեր կապված են թելով և գցված ճախարակի վրայով, որի իներցիայի մոմենտը՝  $\mathcal{I}=50$  կգ.մ<sup>2</sup>, շառավիղը՝  $R=20$  սմ: Պոտովող ճախարակի շիման ուժի մոմենտը՝  $M_{2\phi}=98,1$  Ն.մ: Որոշել ճախարակի տարբեր կողմենում թելերի ձգման ուժերի  $T_1-T_2$  տարբերությունը, եթե հայտնի է, որ ճախարակը պտուիլում է  $\epsilon=2,36$  ռադ/վ<sup>2</sup> անկյունային արագացումով: ճախարակը համարել համասեռ սկավառակ:

3-15.  $t=1$  կգ զանգված ունեցող ճախարակը անրացված է սեղանի եզրին (տես նկ. 1 և խնդիր 2-31):  $t_1=t_2=1$  կգ հավասար զանգվածներով  $A$  և  $B$  կշռաքարերը կապված են թելով և անցկացված ճախարակի վրայով: Սեղանի հետ Յ կշռաքարի շիման գործակիցը՝  $k=0,1$ : Գտնել այն ա արագացումը, որով շարժվում են կշռաքարերը և թելի ձգման  $T_1$  և  $T_2$  ուժերը: ճախարակը համարել համասեռ սկավառակ: Ենշունը ճախարակում անտեսել:

3-16.  $t=2$  կգ զանգվածով սկավառակը առանց սահելու գլորվում

է հորիզոնական հարթության վրայով  $V=4$  մ/վ արագությամբ: Գտնել սկավառակի  $W_1$  կիմետրիկ էներգիան:

3-17.  $D=6$  մ շառավղով և  $t=0.25$  կգ զանգվածով գումդը առանց սահելու գլորվում է հորիզոնական հարթության վրայով  $n=4$  պտ/վ պտտման հաճախությամբ: Գտնել գնդի  $W_1$  կիմետրիկ էներգիան:

3-18. Միևնույն  $t_1=t_2$  զանգվածներով օդագուտին և սկավառակը առանց սահելու գլորվում են միևնույն  $V$  արագությամբ: Օդագուտու կիմետրիկ էներգիան  $W_{11}=4$  կԳմ: Գտնել սկավառակի  $W_{12}$  կիմետրիկ էներգիան:

3-19. Առանց սահելու գլորվող  $t=1$  կգ զանգվածով գումդը հարվածում է պատին և ետ գլորվում: Գնդի արագությունը նախքան պատին հարվածելը  $V_1=10$  մմ/վ է, հարվածից հետո՝  $V_2=8$  մմ/վ: Գտնել գնդի՝ պատին հարվածելու ժամանակ անջատված  $Q$  չերմության քանակությունը:

3-20. Գտնել այն ծ հարաբերական սխալը, որ ստացվում է գնդի կիմետրիկ էներգիամ հաշվելու ժամանակ գնդի պտտվելը հաշվի չափելիս:

3-21.  $D=60$  սմ տրամագծով և  $t=1$  կգ զանգվածով սկավառակը պտտվում է սկավառակի կենտրոնով անցնող ու նրա հարթությանն ուղղահայց առանցքի շուրջը  $n=20$  պտ/վ հաճախությամբ: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել սկավառակը կանգնեցնելու համար:

3-22. Լիսեի, որը պտտվում է  $n=5$  պտ/վ հաճախությամբ, կիմետրիկ էներգիան  $W_1=60$  Հ: Գտնել լիսեի շարժման քանակի մոմենտը:

3-23. Գտնել  $V=9$  կմ/ժ արագությամբ շարժվող հեծանվորի  $W_1$  կիմետրիկ էներգիան: Հեծանվորի զանգվածը հեծանվի հետ՝  $t=78$  կգ, ընդ որում անիվներին բաժին է ընկնում  $t_0=3$  կգ զանգված: Հեծանվի անիվները հանարել օդագոտիներ:

3-24. Տղան գլորում է օդագոտին հորիզոնական ճանապարհով  $V=7.2$  կմ/ժ արագությամբ: Ի՞նչ Տ հեռավիրությամբ կարող է գլորվել օդագոտին սարն ի վեր իր կիմետրիկ էներգիայի հաշվին: Սարի թեքությունը 10 մ է ճանապարհի յուրաքանչյուր 100 մ-ի վրա:

3-25. Ի՞նչ ամենափոքր ի բարձրությունից պետք է ցած ընթանա հեծանվորը, որպեսզի իներցիայով (առանց շիման) անցնի  $R=3$  մ շառավղով «մահվան օրակի» տեսք ունեցող արշավուղին և ճանապարհոց չփորփի օդակի վերին կետում: Հեծանվորի զանգվածը հեծանվի հետ՝  $t=75$  կգ, ընդ որում անիվներին բաժին է ընկնում  $t_0=3$  կգ զանգված: Հեծանվի անիվները հանարել օդագոտիներ:

3-26.  $R=10$  մ շառավղով գումդը պտտվում է իր կենտրոնով անցնող առանցքի շուրջը  $n=2$  պտ/վ հաճախությամբ: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի գնդի պտտման անկյունային ո արագությունը կրկնապատկվի:

3-27. Գտնել թեր հարթության վրայով առանց սահելու գլորվող գնդի, սկավառակի և օդագուտու զանգվածների կենտրոնի արագացումները: Յարթության թեքության անկյունը՝  $\alpha=30^\circ$ , սկրբնական արագությունը՝  $V_0=0$ : Յամենատել գտած արագացումները տվյալ թեր հարթությունով առանց շիման սահող նարմնի արագացման հետ:

3-28. Գտնել թեր հարթության վրայով առանց սահելու գլորվող գնդի, սկավառակի և օդագուտու զանգվածների կենտրոնի շարժման  $V$  գծային արագությունը: Թեր հարթության բարձրությունը՝  $h=0.5$  մ, բոլոր նարմների սկրբնական արագությունը՝  $V_0=0$ : Յամենատել գտած արագությունները թեր հարթության վրայով առանց շիման սահող նարմնի արագության հետ:

3-29. Ունենք երկու գլաններ՝ այսումինե (հոծ) և կապարե (սնանեց), միևնույն  $R=6$  մ շառավղով և  $t_0=0.5$  կգ զանգվածով: Գլանների մակերևույթները ներկված են միատեսակ: Դիտելով գլանների համընմակերևույթները թեր հարթության հիմքի մոտ՝ ինչպես շարժման արագությունները թեր հարթության հիմքի մոտ՝ ինչպես կարելի է դրանք տարբերել: Գտնել այդ գլանների իներցիայի  $S_1$  և  $S_2$  մոմենտները: Ինչքա՞ն է ժամանակում գլաններից յուրաքանչյուրն առանց սահելու կգլորվի թեր հարթության վրայով: Թեր հարթության բարձրությունը՝  $h=0.5$  մ, հարթության թեքության անկյունը՝  $\alpha=30^\circ$ , յուրաքանչյուր գլանի սկրբնական արագությունը՝  $V_0=0$ :

3-30. Անիվը, պտտվելով հավասարաչափ դանդաղումով,  $t=1$  ր-ի ընթացքում իր պտտման հաճախությունը փոքրացրեց  $n_1=300$  պտ/ր-ից մինչև  $n_2=180$  պտ/ր: Անիվի իներցիայի մոմենտը՝  $S=2$  կգ·մ<sup>2</sup>: Գտնել անիվի անկյունային չ արագացումը, արգելակման ուժի  $M$  մոմենտը, արգելակման ուժի  $A$  աշխատանքը,  $t=1$  ր-ի ընթացքում անիվի կատարած պտույտների  $N$  թիվը:

3-31. Օդագոտիից պտտվում է  $n=900$  պտ/ր հաճախությամբ: Անցածառումից հետո օդագոտիից, պտտվելով հավասարաչափ դանդաղումով, մինչև կանգ առնելը կատարեց  $N=75$  պտ: Արգելակման ուժի աշխատանքը՝  $A=44,4$  Զ: Գտնել օդագոտիից իներցիայի մոմենտը և արգելակման ուժի  $M$  մոմենտը:

3-32. Թափանիվը, որի իներցիայի մոմենտը՝  $S=245$  կգ·մ<sup>2</sup>, պտտվում է  $n=20$  պտ/վ հաճախությամբ: Այն բանից հետո, եթե անիվի վրա դադարեց ազդելու պահուղությունը, այն կանգնելով կատարելով  $N=100$  պտ: Գտնել շիման ուժի  $M$  չփ մոմենտը և պտտող մոմենտի ազդեցությունը դադարեցնելուց մինչև անիվի կանգ առնելն անցած է ժամանակը:

3-33. Թափանիվի հետ ընդհանուր առանցքին հագցված հոլովա-

կի օղագոտու վրա փաթաթքած է թել, որի ժայրից կախված է  $m=1$  կգ զանգվածով բեռ: Ի՞նչ է հեռավորությամբ պետք է ցած իջնի բեռը, որ պեսզի թափանիվը հոլովակի հետ ձեռք բերի  $n=60$  պո/ր հաճախություն: Թափանիվը հոլովակի հետ միասին ունի  $\beta=0,42$  կգ·մ<sup>2</sup> իներցիայի մոմենտ, հոլովակի շառավիղը՝  $R=10$  սմ:

3-34. Թափանիվը սկսում է պտտվել  $\varepsilon=0,5$  ռադ/վ<sup>2</sup> անկյունային արագացմամբ և շարժման մկգրից  $t_1=15$  վ հետո ձեռք է բերում  $L=73,5$  մ<sup>2</sup>/վ ինպուտի մոմենտ: Գտնել թափանիվի  $W_k$  կինետիկ էներգիան շարժման սկզբից  $t_2=20$  վ հետո:

3-35. Թափանիվը պտտվում է  $n=10$  պո/վ հաճախությամբ: Նրա կինետիկ էներգիան  $W_k=7,85$  կգ: Որքա՞ն է ժամանակի ընթացքում այդ թափանիվի վրա կիրառված  $M=50$  Ն.մ ուժի նոմենտը նրա անկյունային արագությունը կնեծացնի երկու անգամ:

3-36.  $m=5$  կգ զանգվածով սկավառակի օղագոտու վրա կիրառված է  $F=19,6$  Ն շոշափող ուժ: Ինչպիսի՞ ականական առանցքից, Ի՞նչ անկյունով պետք է թեքել ձողը, որպեսզի նրա ներքելի ծայրը հավասարակշռության դիրքով անց-նելիս ունենա  $V=5$  մ/վ արագություն:

3-37.  $\ell=85$  սմ երկարությամբ համասեռ ձողը կախված է նրա վերևի ծայրով ամցնող հորիզոնական առանցքից: Ի՞նչ անկյունով պետք է թեքել ձողը, որպեսզի նրա ներքելի ծայրը հավասարակշռության դիրքով անց-նելիս ունենա  $V=5$  մ/վ արագություն:

3-38.  $\ell=85$  սմ երկարությամբ համասեռ ձողը կախված է հորիզոնական առանցքից, որին անցնում է ձողի վերևի ծայրով: Ի՞նչ  $V$  արագություն պետք է հաղորդել ձողի ներքելի ծայրին, որպեսզի այն կատարի լրիվ պառաւ այդ առանցքի շուրջը:

3-39. Ուղղաձիգ դրվագ  $\ell=15$  սմ երկարությամբ մատիտը ընկնուն է սեղանի վրա: Շարժման վերջում ինչպիսի՞ ու անկյունային և  $V$  գծային արագություն կունենան մատիտի կենտրոնը և վերին ծայրը:

3-40.  $m=100$  կգ զանգվածով հորիզոնական հարթակը պտտվում է իր կենտրոնով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը  $n_1=10$  պո/ր հաճախությամբ: Այդ պատճին  $m_0=60$  կգ զանգվածով նարդը կանգնած է հարթակի եզրին: Ի՞նչ  $n_2$  հաճախությամբ կական պտտվել հարթակը, եթե նարդը հարթակի եզրից տեղափոխվի դեպի դրա վենտրոնը: Հարթակը համարել համասեռ սկավառակ, իսկ նարդուն նյութական կետ:

3-41. Ի՞նչ  $A$  աշխատանք է կատարում նարդը հարթակի եզրից դեպի նրա վենտրոն տեղափոխվելու ժամանակ՝ նախորդ ինդրի պայմաններում: Հարթակի շառավիղը  $R=1,5$  մ:

3-42.  $m=60$  կգ զանգվածով և  $R=1$  մ շառավիղով հորիզոնական հարթակը պտտվում է  $n_2=20$  պո/ր հաճախությամբ: Հարթակի կենտրո-

նում կանգնած է մարդ, որը տարածած ձեռքերուն պահում է կշռաքարեր: Ի՞նչ  $n_2$  հաճախությամբ կական պտտվել հարթակը, եթե մարդը, իջեցնելով ձեռքերը, իր իներցիայի մոմենտը փոքրացնի  $\beta_1=2,94$  կգ·մ<sup>2</sup>-ուց մինչև  $\beta_2=0,98$  կգ·մ<sup>2</sup>: Հարթակը համարել համասեռ սկավառակ:

3-43. Բանի՝ անգամ մեծացավ հարթակի  $W_k$  կինետիկ էներգիան մարդու հետ միասին նախորդ խնդրի պայմաններում:

3-44.  $m_0=60$  կգ զանգվածով նարդը գտնվում է  $m=100$  կգ զանգվածով անշարժ հարթակի վրա: Ի՞նչ է հաճախությամբ կպտտվի հարթակը, եթե նարդը կական պտտված առանցքի շուրջը  $r=5$  շառավողով շրջանագծով: Հարթակի նկատմամբ նարդու շարժման արագությունը  $V_0=4$  կմ/ժ: Հարթակի շառավիղը՝  $R=10$  մ: Հարթակը համարել համասեռ սկավառակ, իսկ նարդուն նյութական կետ:

3-45.  $\ell=0,5$  մ երկարությամբ համասեռ ձողը կատարում է փոքր տառանումներ իր վերին ծայրով անցնող, իրիզոնական առանցքի շուրջը: Գտնել ձողի պտտման  $T$  պարբերությունը:

3-46. Գտնել ձողի տառանումների  $T$  պարբերությունը նախորդ խնդրում, եթե պտտման առանցքը անցնում է վերին ծայրից  $D=10$  սմ հեռավորության վրա:

3-47. Ուղղաձիգ ձողի ծայրերին ամրացված են երկու ծանրոցներ: Քենների զանգվածների կենտրոնը գտնվում է ձողի կենտրոնից  $D=5$  սմ հեռավորության վրա: Գտնել ձողի  $\ell$  երկարությունը, եթե հայտնի է, որ նրա կենտրոնով անցնող հորիզոնական առանցքի շուրջը թեռներով ձողի տառանումների պարբերությունը՝  $T=2$  վ: Զողի զանգվածը, համենատաք թեռների զանգվածների հետ, անտեսել:

3-48.  $D=5,5$  սմ տրամագծով օղագոտին կախված է պատին խիված մեխից և կատարում է փոքր տառանումներ պատին գուգահեռ հարթության մեջ: Գտնել օղագոտու տառանումների պարբերությունը:

3-49. Ի՞նչ ամենափոքր է երկարությամբ պետք է վերցնել թելը, որից կախված է  $D=4$  սմ տրամագծով համասեռ գնդիկը, որպեսզի փոքր տառանումների պարբերությունը որոշելիս կարելի լինի դիտել այն որպես մաթեմատիկական ճոճանակ: Այդ դեպքում ծ սխալը չպետք է գերազանցի 1%:

3-50. Համասեռ գնդիկը կախված է թելից, որի  $\ell$  երկարությունը հավասար է գնդիկի  $R$  շառավիղին: Այդ ճոճանակի փոքր տառանումների  $T_1$  պարբերությունը քանի անգամ է մեծ այն ճարենատիկական ճոճանակի փոքր տառանումների  $T_2$  պարբերությունից, որի հեռավորությունը հավասար է գնդիկի կախման կետից մինչև ծանրության կենտրոնը եղած հեռավորությանը:

## §4. ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ԵՎ ԳԱԶԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Իդեալական անսեղմելի հեղուկի կայունացած շարժման համար տեղի ունի Բնօնուվայի հավասարությունը.

$$P + \frac{\rho V^2}{2} + \rho gh = \text{const.}$$

Այստեղ  $P$ -ն հեղուկի խռությունն է,  $V$ -ն հեղուկի շարժման արագությունը խողովակի տվյալ հատույքում,  $h$ -ը՝ խողովակի տվյալ հատույքի բարձրությունը որևէ մակարդակից և  $\rho$ -ն ճնշումը: Քեզոնուվայի հավասարությունը որևէ մակարդակից և  $P$ -ն ճնշումը: Քեզոնուվայի հավասարությունը է, որ փոքր անցքից հեղուկի արտահոսման արագությունը  $V = \sqrt{2gh}$ , որտեղ  $h$ -ը հեղուկի նակերնույթի բարձրությունն է անցքից: Բանի որ խողովակի ցանկացած լայնական հատույքով անցնում են հեղուկի համար ժամանակը, ապա  $S_1V_1 = S_2V_2$ , որտեղ  $V_1$ -ը և  $V_2$ -ը խողովակի  $S_1$  և  $S_2$  լայնական հատույքներում հեղուկի արագություններն են:

Դիմադրության ուժը, որը իր վրա կրում է ընկուղ գնդիկը մաժուցիկ հիլուկում (կամ գագում), որոշվում է Ստոքի բանաձևով:

$$F = \pi r^2 V,$$

որտեղ  $r$ -ն հեղուկի (գագի) դիմածիկական մաժուցիկությունն է,  $r$ -ը գնդիկի շառավիղը,  $V$ -ն՝ նրա արագությունը: Ստոքի օրենքը տեղի ունի միայն լամինար (գուգահեռաշեխտ) շարժությունից համար: Լամինար շարժման դեպքում հեղուկի (գագի) ժամանակը, որը հոսում է ժամանակամիջոցում շառավիղով և է երկարությամբ մազական խողովակով, որոշվում է Պուազեյի բանաձևով:

$$V = \frac{\pi r^4 t \cdot P}{8 \ell \eta}.$$

Որտեղ  $t$ -ն հեղուկի (գագի) դիմածիկական մաժուցիկությունն է,  $P$ -ն ճնշումների տարբերությունն է խողովակի ծայրերում:

Հեղուկի (գագի) շարժման բնույթը որոշվում է նեյնույսի շափայնություն չունեցող բվով:

$$R_c = \frac{DV_p}{\eta} = \frac{DV}{v}.$$

Որտեղ  $D$ -ն հեղուկի (գագի) կողմից շրջապատկան նարմնի չափերը բնութագրող մեծությունն է,  $V$ -ն հոսքի արագությունն է,  $\eta$ -ն խտությունն է,  $v$ -ն դիմածիկական մաժուցիկությունն է:  $v = \eta / P$  հարաբերությունը կոչվում է կիմենատիկական մաժուցիկություն: Ույնույսի թվի կրիտիկական արժեքը, որով որոշվում է անցումը լամինար շարժումից տուրբոլենտ (մորկային) շարժմանը, տարբեր գեղեցիկ մարմինների համար տարբեր է:

4-1.\* Գտնել ածխաքրու գազի հոսքի V արագությունը խողովակում, եթե հայտնի է, որ  $t=30$  ր-ի ընթացքում խողովակի լայնական հապուսով հոսում է  $t=0,51$  կգ գազ: Գազի խտությունը՝  $\rho = 7,5$  կգ/մ<sup>3</sup>: Խողովակի տրամագիծը՝  $D=2$  սմ:

4-2.  $D=0,5$  մ տրամագիծն գլանաձև անորի հատակում կա  $d=1$  սմ տրամագիծով անցը: Գտնել անորի մակարդակի հջնելու արագության կախվածությունը այդ մակարդակի հ բարձրությունից: Գտնել այդ արագության արժեքը  $h = 0,2$  մ բարձրության համար:

4-3. Սեղանի վրա դրված է ջրով լցված անոր, որի կողային մակերևույթի վրա կա փոքր անցը տեղադրված անորի հատակից  $h_1$  հեռավորության և հեղուկի մակարդակից  $h_2$  հեռավորության վրա: Հեղուկի մակարդակը անորիւմ պահպանվում է հատառության: Անցքից  $h^*$  ու հեռավորության վրա է (հորիզոնական ուղղությամբ) ընկույն ջրի շիթը սեղանին այն դեպքում, եթե՝ ա)  $h_1=25$  սմ,  $h_2=16$  սմ,  $h_1=16$  սմ,  $h_2=25$  սմ:

4-4. Ջրով լցված անորը հաղորդակցվում է ճճողությունի հետ ըկանցքին աճրացված ապակյա խողովակի միջոցով (նկ. 5): Կ ծորակը գտնվում է անորի հատակից  $h_2=2$  սմ հեռավորության վրա: Գտնել ծորակից ջրի արտահոսման արագությունը այն դեպքում, եթե խողովակի ներքին ծայրի և անորի հատակի միջևն եղած հեռավորությունը՝ ա)  $h_1=2$  սմ, բ)  $h_1=7,5$  սմ, գ)  $h_1=10$  սմ:

4-5.  $h=1$  մ բարձրությամբ գլանաձև բաքը մինչև եզրերը լցված է ջրով: Ինքա՞ն է ժամանակում անբուզ ջրուր դրւու կրավի բարի հատակում տեղադրված անցքից, եթե լայնական հատույքի  $S_2$  մակերեսը 400 անգամ փոքր է բարի լայնական հատույքի  $S_1$  մակերեսից: Համեմատել այդ ժամանակը ջրի արտահոսման այն ժամանակի հետ, որն անհրաժեշտ կլիներ նույն քանակությամբ ջրի արտահոսման համար, եթե ջրի մակարդակը բարում պահպեր հաստատում անցքից  $h = 1$  մ բարձրության վրա:

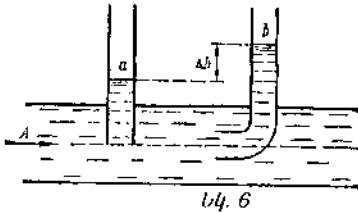
4-6. Անորի մեջ լցված է ջրուր, ընդ որում միավոր ժամանակում լցվում է  $V_t=0,2$  լ/վ ծավալով ջրուր: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի անորի հատակի անցքի մ տրամագիծը, որպեսզի ջրուրը նրանում պահպանվի  $h=8,3$  սմ հաստատում մակարդակի վրա:

4-7. Ինչպիսի՞ Ռ ճնշում է ստեղծում ճնշակը (կոմպրեսորը) ներկացրիչում, եթե հեղուկի շիթը դրւու է հոսում նրանից  $V=25$  մ/վ արագությամբ: Ներկի խտությունը՝  $\rho=0,6 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>:

\* 4-1 - 4-9 խնդիրներում հեղուկները (գազերը) համարվ լինեական, ոչ սեղմելի:

4-8. AB հորիզոնական խողովակով հոսում է հեղուկ (նկ. 6): ա և բ խողովակներում այդ հեղուկի մակարդակների տարրերությունը՝  $\Delta h=10$  սմ: ա և բ խողովակների տրամագծերը միատեսակ են: Գտնել հեղուկի հոսելու արագությունը AB խողովակում:

4-9. Օրդ ներփակում է AB խողովակով (նկ. 7): Միավոր ժամանակում AB խողովակով հոսում է  $V=5 \text{ l}/\text{ր}$  ժամանակով օր: AB խողովակի լաճ



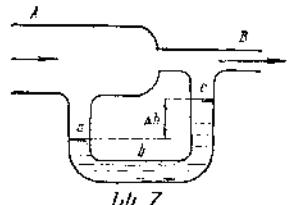
նկ. 6

մասի լայնական հատությի մակերեսը՝  $S_1=2 \text{ սմ}^2$ , իսկ նոր ներ ած մասի մակերեսը՝  $S_2=0,5 \text{ սմ}^2$ : Գտնել ած խողովակ լցված ջրի մակարդակների հետո բարձրությունը: Օրի խոռությունը՝  $\rho=1,32 \text{ կգ}/\text{մ}^3$ :

4-10. Գնդիկը V հաստատում արագությամբ դուրս է ձղվում հեղուկից, որի  $r_1$  խոռությունը 4 անգամ մեծ է գնդիկի նյութի  $r_2$  խոռությունից: Բանի՞ անգամ է դուրս մղվող գնդիկի վրա ազդող  $F_{2\Phi}$  շփման ուժը մեծ նրա վրա ազդող որ ժամրության ուժից:

4-11. Ի՞նչ ամենամեծ V արագության կարող է հասնել  $d=0,3$  մմ տրամագծով ամձուի կարիլը. եթե օրի դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=1,2 \cdot 10^{-5}$  Պ.ա.վ:

4-12.  $d=1$  մմ տրամագծով պողպատե գնդիկը  $V=0,185 \text{ սմ}^3/\text{կ}$  հաստատում արագությամբ ընկնում է գերչափ լուղով լցված մեծ անոր: Գտնել գերչափի յուղի դինամիկական մաժուցիկությունը:



նկ. 7

4-13.  $d_1=3$  մմ և  $d_2=1$  մմ տրամագծերով կապարե կոտորակների խառնուրդքաց բոլեցին  $h=1$  մ բարձրությամբ, գլիցերինով լցված բարքի մեջ: Փոքր տրամագծով կոտորակները որքանո՞վ ուշ կիասնեն հատակին մեծ տրամագծով կոտորակների համեմատությամբ: Գլիցերինի դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=1,47$  Պ.ա.վ:

4-14.  $r=5$  մմ շառավղով խառնե գնդիկը լողալով գերչափի յուղ լցրած անորի երես է ենում: Գտնել գերչափի յուղի դինամիկական և կիսնամատիկական մաժուցիկությունը: Եթե գնդիկները լողալով երես են ենում  $V=3,5 \text{ սմ}^3/\text{կ}$  հաստատում արագությամբ:

4-15.  $R=2$  սմ շառավղով գլանածն անորի կողային մակերեսությին հորիզոնական տեղադրված է  $r=1$  մմ ներքին շառավիղ և  $\ell=2$  սմ երկարություն ունեցող մագական խողովակ: Անորի մեջ լցված է գերչափի յուղ,

որի դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=1,2$  Պ.ա.վ: Գտնել գերչափի յուղի մակարդակի ցած իջնելու արագության կախումը մագական խողովակի նկատմամբ ունեցած է բարձրությունից: Գտնել այդ արագության մեծությունը  $h=26$  սմ արժեքի դեպքում:

4-16. Անորի կողային մակերեսությին տեղադրված է հորիզոնական մագական խողովակ, որի ներքին շառավիղը՝  $r=1$  մմ և երկարությունը՝  $\ell=1,5$  սմ: Անորի մեջ լցված է գլիցերին, որի դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=1,0$  Պ.ա.վ: Գլիցերինի մակարդակը անորում պահպանվում է մագական խողովակի նկատմամբ հաստատում  $h=0,18$  մմ բարձրության վրա: Որքա՞ն ժամանակ կապահանջվի, որպեսզի մագական խողովակից հոսի  $V=3,5$  սմ<sup>3</sup> գլիցերին:

4-17. Սեղանին դրված է անոր, որի կողային մակերեսությին տեղադրված է հորիզոնական մագական խողովակ՝ անորի հատակից  $h=5$  սմ բարձրության վրա: Մագական խողովակի ներքին շառավիղը՝  $r=1$  մմ, երկարությունը՝  $\ell=1$  սմ: Անորի մեջ լցված է մեքենայի յուղ, որի խոռությունը՝  $\rho=0, 9 \cdot 10^3 \text{ կգ}/\text{մ}^3$  և դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=0,5$  Պ.ա.վ: Անորում յուղի մակարդակը պահպանվում է հաստատում՝ մագական խողովակից  $h_2=50$  սմ բարձրության վրա: Մագական խողովակի ծայրից  $h=5$  սմ հեռավորության վրա (հորիզոնական ուղղությամբ) յուղի շիթը կը նկնի սեղանին:

4-18. Պողպատե գնդիկը ընկնում է լայն անորում՝ լցված տրամաժորմատորային յուղով, որի խոռությունը՝  $\rho=0, 9 \cdot 10^3 \text{ կգ}/\text{մ}^3$  և դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=0,8$  Պ.ա.վ: Դամարելով, որ Ստորժի օրենքը տեղի ունի Ռեյնոլդսի թվի  $R_e \leq 0,5$  (եթե  $R_e$ -ի հաշվարկման ժամանակ որպես D մեծություն վերցվի գնդի տրամագիծը) արժեքների համար, որոշել գնդի սահմանային D տրամագիծը:

4-19. Դամարելով, որ գլանածն խողովակում հեղուկի (կամ գազի) շարժման լամինարությունը պահպանվում է, եթե  $R_e \leq 3000$  (եթե  $R_e$ -ի հաշվարկման ժամանակ Ծ մեծության համար վերցնենք խողովակի տրամագիծը), ցույց տալ, որ 4-1 խնդրի պահմանները համապատասխանում են լամինար շարժմանը: Գազի կիմենատիկական մաժուցիկությունը՝  $\nu=1,33 \cdot 10^{-6} \text{ մ}^2/\text{վ}$ :

4-20. Զուրծ հոսում է խողովակով, ընդ որում միավոր ժամանակի ընթացքում խողովակի լայնական հատությունը դուրս է հոսում  $V_t=200 \text{ սմ}^3/\text{վ}$  չուրտ: Զի՞ դինամիկական մաժուցիկությունը՝  $\eta=0,001$  Պ.ա.վ: Խողովակի Ծ տրամագիծի հինգ սահմանային արժեքի դեպքում է ջրի շարժումը մնում լամինար (տես նախորդ խնդրի պայմանը):

$$P = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 300}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \quad \text{Պա} = 0,25 \text{ ՄՊա:}$$

**Խնդիր 2.**Գտնել որևէ բազմատոն գազի տեսակարար ջերմունակությունը հաստատուն ծավալի դեպքում, եթե հայտնի է, որ այդ գազի խտությունը նորմալ պայմաններում  $0,795 \text{ կգ}/\text{մ}^3$ :

**Հղում:** Տեսակարար ջերմունակությունը հաստատուն ծավալի դեպքում որոշվում է

$$C_v = \frac{R_i}{2\mu} \quad (1)$$

բանաձևով, որտեղ  $R_i$ -ը գազային հաստատունն է,  $i$ -ն՝ բազմատոն գազի մոլեկուլի ազատության աստիճանների թիվը և  $\mu$ -ն՝ գազի մոլային զանգվածը: Գազի խտության բանաձևը դժվար չէ ստանալ Սեմփելեն-Կալաբերոնի բանաձևից:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT} \quad (2)$$

(1) և (2)-ից ունենք

$$C_v = \frac{iR}{2 \cdot \frac{P}{\rho RT}} = \frac{iP}{2\mu T} \quad (3)$$

Քանի որ գազը գտնվում է նորմալ պայմաններում, ապա  $P=1,013 \cdot 10^5 \text{ Պա}$ ,  $T=273 \text{ Կ}$ : Բազմատոն գազերի հաճար  $i=6$ : Տեղադրելով թվային արժեքները 131-ում՝ կստանանք  $C_v=1,4 \text{ ԿԶ}/\text{կգ.Կ}$ :

Աղյուսակ 8

Մեծությունը	Միավորը			Մեծության չափանիւնը
	ասիմմուլ	անվանումը	նշանակումը	
1	2	3	4	5
Ջերմության քանակ	$Q = A = W$	ջոռվ	Զ	$ML^2T^{-2}$
Համակարգի ջերմունակություն	$C = \frac{Q}{\Delta T}$	ջոռվը բաժանած կելվինի	Զ/Կ	$ML^2T^{-2}0^{-1}$
Համակարգի էնտրոպիա	$S = \frac{\Delta Q}{T}$	ջոռվը բաժանած կելվինի	Զ/Կ	$ML^2T^{-2}0^{-1}$

## ԳԼՈՒԽ II

### ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՐԻՆ ՖԻԶԻԿԱ ԵՎ ԶԵՐՄԱՊԻՆԱԱՄԻԿԱ

#### ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

Ջերմային մեծությունների ածանցյալ միավորները SI համակարգում ստանալու համար օգտագործում են հիմնական միավորները՝ մետր ( $m$ ), կիլոգրամ ( $kg$ ), վայրկան ( $N$ ), կելվին ( $K$ ):

Աղ. 8-ում և 9-ում բերվում են ջերմային մեծությունների ածանցյալ միավորները SI համակարգում, ինչպատճեն նաև արտահամակարգային միավորները՝ հիմնված կալորիայի վրա:

Սոլային մեծությունների միավորները կազմվում են աղ. 8-ում և 9-ում բվարկված միավորներից՝ դրանցուն կիլոգրամը փոխարինելով մոլով:

Խնդիր 1. Լուսացում օրինակներ

Խնդիր 1. 20 լ տարողությանը անորում գտնվում է  $27^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի 4 գ ջրածին: Գտնել ջրածին ճնշումը:

**Հղում:** Խղեալական գազերը հերարկվում են Սենդելեն-Կլապեյռոնի հավասարմանը.

$$PV = \frac{m}{\mu} RT, \quad (1)$$

որը կապ է հաստատում գազի  $V$  ծավալի, նրա  $P$  ճնշման, ջերմադիմական  $T$  ջերմաստիճանի և  $m$  զանգվածի միջև:

(1) հավասարման մեջ  $R=8,31441 \text{ Զ}/\text{մոլ.Կ}$ —ը գազային հաստատումն է,  $\mu$ ՝ մ-ն՝ գազի մոլային զանգվածը,  $m=m/\mu$ -ն՝ գազի քանակը:

(1) հավասարումից ունենք

$$P = \frac{m RT}{\mu V}, \quad (2)$$

Տեղադրելով թվային տվյալները՝  $m=4 \cdot 10^{-3} \text{ կգ}$ ,  $\mu=0,0002 \text{ կգ}/\text{մոլ}$ ,  $V=20 \text{ լ}=2 \cdot 10^{-2} \text{ մ}^3$ ,  $T=300 \text{ Կ}$  կստանանք

1	2	3	4	5
Տեսակաբար քերծությունը յուն	$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$	ջողովը բաժանած կիլոգրամ-կելվինի	$\text{Զ/կգ} \cdot \text{Կ}$	$L^2 \cdot 10^{-1}$
Տեսակաբար լեռտության	$s = \frac{S}{m}$	ջողովը բաժանած կիլոգրամ-կելվինի	$\text{Զ/կգ} \cdot \text{Կ}$	$L^2 \cdot 10^{-1}$
Փուլային փո- խարկնան տե- սակաբար չերճ.	$q = \frac{Q}{m}$	ջողովը բաժանած կիլոգրամի	$\text{Զ/կգ}$	$L^2 \cdot 10^{-2}$
Ձերմաստիճանա յին գրադիենտ	$q_{\text{rad}} = \frac{\Delta T}{\Delta t}$	կելվինը բաժանած մետրի	$\text{Կ/մ}$	$L^{-10}$
Ձերմային հոսք	$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	վատութ	$\text{Վտ}$	$L^2 M T^{-3}$
Ձերմային հոսքի խոռոչուն	$q = \frac{\Phi}{S}$	վատութը բաժա- նած բառակու- սի մետրի	$\text{Վտ/մ}^2$	$M T^{-3}$
Ձերմահարուքա- կանություն	$\lambda = \frac{Q}{\Delta S \cdot \Delta T / \Delta l}$	վատութը բաժա- նած մետր-կել- վինի	$\text{Վտ/մ} \cdot \text{Կ}$	$L M T^{-3} 10^{-1}$
Ձերմաստիճանա- համորդակա- նություն	$a = \frac{\lambda}{c_p}$	քառանրակի մետ- րը բաժանած վայրկյանի	$\text{մ}^2/\text{Կ}$	$L^2 \cdot 10^{-1}$
Ձերմափոխա- նակնան գործակից	$\alpha = \frac{\Phi}{S \cdot \Delta T}$	վատութը բաժա- նած բառակուսի մետր-կելվինի	$\text{Վտ/մ}^2 \cdot \text{Կ}$	$M T^{-3} 10^{-1}$

### Մոդուլ 9

Ս Ե Ժ Ո Ւ Յ Ո Ւ Յ Ը	Միավորը և նրա կապը SI միավորների հետ
Ձերմության քանակ	$1 \text{ կալ} = 4,19 \text{ Զ}$
Քամակարգի չերմունակություն, հաճակարգի էնտրոպիա	$1 \text{ կալ}/\text{Կ} = 4,19 \text{ Զ/Կ}$
Տեսակաբար չերմունակություն, տեսակաբար էնտրոպիա	$1 \text{ կալ}/\text{գ} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Զ/կգ.Կ}$
Փուլային փոխակերպման տեսակաբար չերմություն	$1 \text{ կալ}/\text{գ} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Զ/կգ}$
Ձերմային հոսք	$1 \text{ կալ}/\text{Վ} = 4,19 \text{ Վտ}$
Ձերմային հոսքի խոռոչուն	$1 \text{ կալ}/\text{Վ} \cdot \text{մ}^2 = 4,19 \cdot 10^4 \text{ Վտ/մ}^2$
Ձերմահարուքականություն	$1 \text{ կալ}/\text{Վ} \cdot \text{սմ} \cdot \text{Կ} = 4,19 \cdot 10^2 \text{ Վտ/մ} \cdot \text{Կ}$

### §5. ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԻՆԵՏԻԿ ՏԵՍՈՒԹՅԱՎԸ ԵՎ ՁԵՐՄԱԳՐԻՆԱԿՄԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱԿԱՅԱՆ ՀԻՄՈՒԹՅՈՒՆԵՐԸ

Իդեալական գազերը ենթարկվում են Մենդելեև-Կլավեյրոնի վիճակի հավասարմանը.

$$PV = \frac{m}{\mu} RT,$$

որտեղ P- ն գազի ճնշումն է, V- նրա ծավալը, T- ն բացարձակ ջերմաս-  
տիճանը, m-ը՝ գազի զանգվածը, μ-ը՝ գազի ճույղային զանգվածը.  
 $R = 8,31441 \text{ Զ/մոլ.Կ-ը}$  գազային հաստատունը, v= m/μ հարաբերությու-  
նը տալիս է գազի քանակը:

Ըստ Դալտոնի օրենքի գազային խառնուրդի ճնշումը հավասար է  
նրանց մասնական ճնշումների գումարին, այսինքն այն ճնշումների, որ  
կունենա գագերից յուրաքանչյուրը առանձին վերցրած, եթե այն տվյալ  
ջերմաստիճանում մենակ զրադեցնի գագերի գրաված ամբողջ ծավալը:

Գագերի կինետիկ տեսության հիմնական հավասարումը ունի

$$P = \frac{2}{3} n \bar{W}_0 = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{V}^2}{2}$$

տեսքը, որտեղ n-ը մոլեկուլների թիվն է միավոր ծավալում,  $W_0$ -ն՝ մոլե-  
կուլի համընթաց շարժման կինետիկ էներգիան, տունկ մոլեկուլի զանգ-  
վածը,  $\sqrt{\bar{V}^2}$ -ը՝ մոլեկուլի միջին քառակուսային արագությունը: Այդ մեծու-  
թունները որոշվում են հետևյալ բանաձևերով:  
մոլեկուլների թիվը միավոր ծավալում

$$n = \frac{p}{kT},$$

որտեղ  $k = R/N_A = 1,380662 \cdot 10^{-23}$ -ը՝ Բոլցմանի հաստատունն է,  
 $N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$  նոյնական Ավոգադրոսի հաստատունը.

մեկ մոլեկուլի միջին քառակուսային արագությունը՝

$$\bar{W}_0 = \frac{3}{2} kT.$$

մեկ մոլեկուլի միջին քառակուսային արագությունը՝

$$\sqrt{\bar{V}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

ընդ որում  $m_0 = \mu / N_A$ :

Գազի մոլեկուլների չերմային էներգիան (ներքին էներգիան)

$$W = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT,$$

որտեղ  $i$  -ն նյուկուլների ազատության աստիճանների թիվն է:

Մոլային C ջերմունակության և տեսակարար ց ջերմունակության  
միջև եղած կապը բխում է նրանց սահմանումից՝

$$C = \mu c:$$

Գագի մոլային ջերմունակությունը հաստատում ծավալի դեպքում՝

$$C_v = \frac{i}{2} R,$$

մոլային ջերմունակությունը հաստատում ճշշման դեպքում՝

$$C_p = C_v + R$$

Այստեղից հետևում է, որ մոլային ջերմունակությունը որոշվում է գագի  
մոլեկուլի ազատության աստիճանների և թվով.

Նիատոն գագերի համար  $i=3$

$$C_v = 12,5 \text{ J/mol K}, \quad C_p = 20,8 \text{ J/mol K}.$$

Երկատոն գագերի համար  $i=5$

$$C_v = 20,8 \text{ J/mol K}, \quad C_p = 29,1 \text{ J/mol K}.$$

Բազմատոն գագերի համար  $i=6$

$$C_v = 24,9 \text{ J/mol K}, \quad C_p = 33,2 \text{ J/mol K}.$$

Մոլեկուլների բաշխումն օստ արագությունների (Սաքսլի օրենք) հմարավորություն է տալիս գտնել մոլեկուլների  $\Delta N$  թիվը, որոնց հարաբերական արագությունները ընկած են  $U$  ից մինչև  $U+ \Delta U$  միջակայքում.

$$\Delta N = \frac{4}{\sqrt{\pi}} Ne^{-\frac{U^2}{2\Delta U^2}}$$

Այստեղ  $u = V/V_h$ -ը հարաբերական արագությունն է,  $V$ -ն տվյալ արագությունը և  $V_h = \sqrt{2RT/\mu}$ -ն՝ մոլեկուլների ամենահականական արագությունը,  $\Delta u$ -ն հարաբերական արագությունների ճիշակայք է փոքր ս արագության համեմատ:

Օստ արագությունների մոլեկուլների բաշխման օրենքի վերաբերյալ խնդիրներ լուծելիս հարմար է օգտվել աղ. 10 -ից, որտեղ տրված են  $\Delta N/N$  և  $\Delta u$  արժեքները տարբեր սերի համար:

Մյուսակ 10

$U$	$\Delta N/N_{AU}$	$U$	$\Delta N/N_{AU}$	$U$	$\Delta N/N_{AU}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		

Մոլեկուլների միջին թվաբանական արագությունը՝

$$\bar{V} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$$

Ծառ դեպքերում կարևոր է իմանալ մոլեկուլների այն  $N_x$  թիվը, որոնց արագությունները գերազանցուն են Ս արագության տրված արժեքը: Աղ. 11-ում տրված են  $N_x/N$  -ի արժեքները տարբեր Ս-երի համար, որտեղ  $N$ -ը մոլեկուլների ընդհանուր թիվն է:

Մյուսակ 11

$U$	$N_x/N$	$U$	$N_x/N$	$U$	$N_x/N$
0	1,000	0,6	0,868	1,25	0,374
0,2	0,994	0,7	0,806	1,5	0,213
0,4	0,957	0,8	0,734	2,0	0,046
0,5	0,918	1,0	0,572	2,5	0,0057

Բարոմետրական բանաձեռ տալիս է ծանրության ուժի դաշտում գագի ճնշման նվազման օրենքը կախված բարձրությունից:

$$P = P_0 \exp \left( - \frac{\mu gh}{RT} \right)$$

Այստեղ  $P$ -ն գագի ճնշումն է և բարձրության վրա,  $P_0$ -ն ճնշումը  $h=0$  բարձրության վրա,  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ -ը՝ ազատ անկնան արագացումը: Այս բանաձեռ մոտավոր է, քանի որ  $T$  ջերմաստիճանը բարձրությունների ներ տարբերությունների դեպքում չի կարելի համարել ծիմույնը:

Գագի մոլեկուլների ազատ վագրի միջին երկարությունը



որտեղ  $Q_1$  ը չեռուցից բանող մարմնի ստացած ջերմության քանակն է,  $Q_2$ -ը սառնարանին տրված ջերմության քանակն է: Կարճոյի իդեալական ցիկլի համար

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

որտեղ  $T_1$ -ը և  $T_2$ -ը չեռուցիչի և սառնարանի ջերմադինամիկական ջերմաստիճաններն են:

Ե և A երկու վիճակների ենտրոպիաների  $S_B$  -  $S_A$  տարրերությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

5-1. Ինչպիսի՞ ջերմաստիճան ունի  $t=2$  գ ազոտը, որը  $P=2$  ՄՊա ճնշման տակ գրավում է  $V=820$  մ<sup>3</sup> ծավալ:

5-2. Ի՞նչ  $V$  ծավալ է գրավում  $t=10$  գ թթվածինը  $P=100$  կՊա ճնշման տակ  $t=20^0$  ջերմաստիճանում:

5-3.  $V=12$  լ տարրողությամբ գլանանորը լցված է ազոտով  $P=8,1$  ՄՊա ճնշման տակ  $t=170^0$  ջերմաստիճանում: Ի՞նչ ո՞ր զանգվածով ազոտ կա գլանանորում:

5-4. Օդի ճնշումը ամուր փակված շշի մեջ  $t=7^0$  ջերմաստիճանում եղել է  $P_1=100$  կՊա: Շշի տաքացնան հետևանքով խցանը դուրս թռավ: Մինչև ո՞ր  $t_2$  ջերմաստիճանը տաքացրին շիշը, եթե հայտնի  $t$ , որ խցանը դուրս թռավ շշում  $P=15,7$  ՄՊա ճնշման դեպքում:

5-5. Ի՞նչ ամենափոքր  $V$  ծավալ կարող է ունենալ գլանանորը, որը պարունակում է  $t=6,4$  կգ թթվածին, եթե նրա պատերը  $t=20^0$  ջերմաստիճանում դիմանում են  $P=15,7$  ՄՊա ճնշման:

5-6. Գլանանորում կար  $t_1=10$  կգ գազ  $P=10$  ՄՊա ճնշման դեպքում: Ի՞նչ  $\Delta t$  քանակությամբ գազ են վերցրել գլանանորից, եթե ճնշումը դարձել է  $P_2=2,5$  ՄՊա: Գազի ջերմաստիճանը համարել հաստատում:

5-7. Գտնել ծծմբական գազի ( $SO_2$ )  $t$  զանգվածը, որը  $t=27^0$  ջերմաստիճանի և  $P=100$  կՊա ճնշման տակ գրադեցնում է  $V=25$  լ ծավալ:

5-8. Գտնել օդի  $t$  զանգվածը, որը գրադեցրել է  $t=5$  մ բարձրությամբ և  $S=200$  մ<sup>2</sup> հատակի մակերեսով լսարանը: Օդի ճնշումը  $P=100$  կՊա, շենքի ջերմաստիճանը  $t=7^0$  C: Օդի մոլային զանգվածը  $\mu=0,029$  կգ/մոլ:

5-9. Զննանք ( $t_1=7^0$  C) շենքը լցնող օդի  $r_1$  խտությունը քանի՞ անգամ է մեծ ամռանը ( $t_2=37^0$  C) նրա  $r_2$  խտությունից: Օդի ճնշումը համարել հաստատում:

5-10. Գծել  $t=0,5$  գ զանգվածով ջրածնի հգործերը՝  $a)$   $t_1=0^0$  C,  $b)$   $t_2=100^0$  ջերմաստիճանների համար:

5-11. Գծել  $t=15,5$  գ զանգվածով թթվածնի հգործերը՝  $a)$   $t_1=29^0$  C,  $b)$   $t_2=180^0$  ջերմաստիճանների համար:

5-12. Ի՞նչ ո՞ր քանակությամբ գազ կա  $V=10$  մ<sup>3</sup> ծավալով անորում  $P=96$  կՊա ճնշման և  $t=170^0$  ջերմաստիճանի դեպքում:

5-13.  $t=5$  գ զանգվածով ազոտը, որը գտնվում է  $V=4$  լ ծավալով փակ անորում  $t_1=20^0$  ջերմաստիճանում, տաքացնում են մինչև  $t_2=40^0$  ջերմաստիճան: Գտնել գազի  $P_1$  և  $P_2$  ճնշումները տաքացումից առաջ և հետո:

5-14. Օդը հանված և երկու ծայրերից գողված հորիզոնական տեղարկված մազանորի միջին մասում գտնվում է  $L=20$  սմ երկարությամբ սնդիկի սյուն: Եթե մազանորը դրվի ուղղաձիգ, ապա սնդիկի սյունը կտեղափոխվի  $\Delta L=10$  սմ-ով: Մինչև ո՞ր  $P_0$  ճնշումն է օդագրկված մազանորը: Մազանորի երկարությունը  $L=1$  մ:

5-15. Դանրահայտ է «Ո՞ր է ավելի ծամր մեկ տոննա կապա՞ր, թե՞ մեկ տոննա խցանը» կատակ-հարցը: Որքանո՞վ է խցանի, որը օդուն կշռում է 9,8 կՆ, իրական կշռու մեծ կապարի, որը օդուն կշռում է նույնական 9,8 կՆ, իրական կշռից: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=170^0$  C, ճնշումը՝  $P=100$  կՊա:

5-16. Ինչքա՞ն պետք է լինի ջրածնով լցված մանկական օդապարի թաղանքի  $P$  կշռը, որպեսզի համազոր վերաբարձ ուժը՝  $F=0$ , այսինքն, որպեսզի օդապարիկը գտնվի կախված վիճակում: Օդը և ջրածնը գտնվում են նորմալ պայմաններում: Օդապարիկի ճնշումը հավասար է արտաքին ճնշմանը: Գնդի շառավիդը՝  $r=12,5$  մ:

5-17.  $t=50^0$  C ջերմաստիճանում հագեցած ջրային գոլորշիների ճնշումը  $P=12,3$  կՊա: Գտնել ջրային գոլորշիների յ խտությունը:

5-18. Գտնել ջրածնի յ խտությունը  $t=15^0$  C և  $P=97,3$  կՊա ճնշման դեպքում:

5-19. Ինչ-որ գազ  $t=10^0$  C ջերմաստիճանի և  $P=200$  կՊա ճնշման տակ ունի  $\rho=0,34$  կգ/մ<sup>3</sup> խտություն: Գտնել գազի մ նոլային զանգվածը:

5-20. Անորի օդը հանված է մինչև  $P=1,33 \cdot 10^{-9}$  Պա ճնշում: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=15^0$  C: Գտնել անորում գտնվող օդի խտությունը:

5-21.  $t=12$  կգ զանգվածով գազը  $t=7^0$  C ջերմաստիճանում զբաղեցնում է  $V=4$  լ ծավալ: Դաստանուն ճնշման տակ գազը տաքացնելուց հետո նրա խտությունը դարձավ  $\rho = 0,6$  կգ/մ<sup>3</sup>: Մինչև ո՞ր  $t_2$  ջերմաստիճան է տաքացվել գազը:

5-22.  $t=10$  գ զանգվածով թթվածնը գտնվում է  $t_1=10^0$  C ջերմաստիճանում  $P=304$  կՊա ճնշման տակ: Դաստանուն ճնշման տակ տաքացնելու հետևանքով ընդարձակվելուց հետո թթվածնը գրավեց  $V_2=12$  լ

ծավալ: Որոշել գազի  $V_1$  ծավալը մինչև ընդարձակվելը, գազի  $t_2$  ջերմաստիճանը ընդարձակվելուց հետո,  $P_1$  և  $P_2$  խտությունները ընդարձակվելուց առաջ և հետո:

5-23. Զողված անորում գտնվում է չուր, որը զբաղեցնում է նրա ծավալի կեսը: Գտնել ջրային գոլորշիների  $P$  ճնշումը և  $\rho$  խտությունը  $t=400^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում ինանալով, որ այդ ջերմաստիճանում ամրությունը չուրը փոխարիկվում է գոլորշու:

5-24. Կառուցել թթվածնի բարձրացնելու ժամանակաշրջան գրաֆիկը՝ ա)  $P$  ճնշումից  $T=\text{const}=390$  Կ ջերմաստիճանի դեպքում  $0 \leq P \leq 400$  ԿՊա միջակայքում յուրաքանչյուր 50 ԿՊա հետո. բ)  $T$  ջերմաստիճանից  $P=\text{const}=400$  ԿՊա ճնշման տակ ջերմաստիճանի  $200 \leq T \leq 300^{\circ}\text{C}$  միջակայքում յուրաքանչյուր 20 Կ հետո:

5-25.  $V=1 \text{ m}^3$  ծավալով փակ անորում գտնվում է  $t_1=1,6$  կգ զանգվածով թթվածնի և  $t_2=0,9$  կգ զանգվածով ցուր. Գտնել  $P$  ճնշումը անորում  $t=500^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում ինանալով, որ այդ ջերմաստիճանում ամրությունը չուրը փոխարիկվում է գոլորշու:

5-26.  $V_1=3 \text{ l}$  ծավալով առաջին անորում գտնվում է գազ  $P_1=0,2 \text{ U}7\text{a}$  ճնշման տակ  $V_2=4 \text{ l}$  ծավալով երկրորդ անորում գտնվում է նույն գազը  $P_2=0,1 \text{ U}7\text{a}$  ճնշման տակ: Գազի ջերմաստիճանը երկու անորներում միևնույն է: Ի՞նչ ճնշման տակ կգտնվի գազը, եթե առաջին անորը խողովակով միացվի երկրորդ անորի հետ:

5-27.  $V=2 \text{ l}$  ծավալով անորում գտնվում է  $t_1=6$  գ զանգվածով աժխարրու գազ ( $\text{CO}_2$ ) և  $t_2=5$  գ զանգվածով ազոտի օքսիդ ( $\text{N}_2\text{O}$ )  $t=127^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել խառնուրդի  $P$  ճնշումն անորում:

5-28. Անորում գտնվում է  $t_1=14$  գ զանգվածով ազոտ և  $t_2=9$  գ զանգվածով ջրաժին  $t=10^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=1 \text{ U}7\text{a}$  ճնշման տակ: Գտնել խառնուրդի մոլային զանգվածը և անորի  $V$  ծավալը:

5-29.  $V=2 \text{ l}$  ծավալով փակ անորը լցված է նորմալ պայմաններում գտնվող օդ: Անորի մեջ մտցնում են դիեթիլային եթեր ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ): Այն բանից հետո, եթե ամբողջ եթերը գոլորշացավ, ճնշումը անորում դարձավ  $P=0,14 \text{ U}7\text{a}$ : Ի՞նչ զանգվածով եթեր է մտցվել անորի մեջ:

5-30.  $V=0,5 \text{ l}$  ծավալով անորում գտնվում է  $t=1$  գ զանգվածով յոդի ( $\text{I}_2$ ) գոլորշի  $t=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: ճնշումը անորում  $P=93,3$  ԿՊա: Գտնել յոդի մոլեկուլների ատոմների տարրաբաժանվելու ռաստիճանը: Յոդի մոլեկուլի մոլային զանգվածը՝  $\mu=0,254$  կգ/մոլ:

5-31. Անորում գտնվում է աժխարրու գազ: Որոշ ջերմաստիճանում աժխարրու գազի մոլեկուլի թթվածնի և աժխածնի օքսիդի տարրաբաժանվելու աստիճանը՝  $\alpha=0,25$ : Թանի<sup>+</sup> անգամ ճնշումն անորում այդ

պայմաններում նեթ կլինի այն ճնշումից, որ կլիներ, եթե աժխարրու գազի մոլեկուլները չտարրաբաժանվեին:

5-32. Օրդ պարունակում է 23,6 % թթվածին և 76,4 % ազոտ (լուս զանգվածի)  $P=100$  ԿՊա ճնշման տակ և  $t=13^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել օդի  $\rho$  խտությունը և թթվածին ու ազոտի մասնական ճնշումը:

5-33. Անորում գտնվում է  $t_1=10$  գ աժխարրու գազ և  $t_2=15$  գ զանգվածով ազոտ: Գտնել խառնուրդի  $\rho$  խտությունը  $t=27^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=150$  ԿՊա ճնշման տակ:

5-34. Գտնել ա) ջրածնի, բ) իելիումի ատոմի  $t_0$  զանգվածը:

5-35. Ազոտի մոլեկուլը, որը թթուում է  $V=600 \text{ m}^3/\text{կ}$  արագությամբ, առածքականորեն հարվածում է անորի պատին ուղղահայաց: Գտնել հարվածի ժամանակ պատի ստացած ուժի  $F$  և ի հմապւսը:

5-36. Արգոնի մոլեկուլը, որը թթուում է  $V=500 \text{ m}^3/\text{կ}$  արագությամբ, առածքականորեն հարվածում է անորի պատին: Մոլեկուլի արագության ուղղությունը անորի պատի ուղղահայացի հետ կազմում է  $\alpha_2=60^{\circ}$  անկյուն: Գտնել հարվածի ժամանակ պատի ստացած ուժի  $F$  և ի հմապւսը:

5-37. Ազոտի մոլեկուլը թթուում է  $V=430 \text{ m}^3/\text{կ}$  արագությամբ: Գտնել այդ մոլեկուլի ու ի հմապւսը:

5-38. Ի՞նչ ո թվով մոլեկուլներ է պարունակում միավոր զանգվածով ջրային գոլորշին:

5-39.  $V=4 \text{ l}$  ծավալով անորում կա  $t=1$  գ զանգվածով ջրածին: Ի՞նչ ո թվով մոլեկուլներ է պարունակում անորի միավոր ծավալը:

5-40. Ի՞նչ  $N$  թվով մոլեկուլներ են գտնվում  $V=80 \text{ m}^3$  ծավալով սենյակում  $t=170^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=100$  ԿՊա ճնշման տակ:

5-41. Ի՞նչ ո թվով մոլեկուլներ են գտնվում անորի միավոր ծավալում  $t=10^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}$  ճնշման տակ:

5-42. Ապակի անթրում լավ վակուում ստանալու համար անհրաժեշտ է օդը դուրս մղելիս անորի պատերը տաքացնելը՝ աղտորքիչից ենթարկված գազը հեռացնելու նպանակով: Որքանո՞վ կարող է բարձրանալ ճնշումը  $r=10$  մմ շառավղով գնդային անորում, եթե ադրբեյջանի ենթարկված մոլեկուլները պատից անցնեն անորի մեջ: Մղեկուլի լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S_0=10^{-19} \text{ m}^2$ : Անորում գազի ջերմաստիճանը՝  $t=300^{\circ}\text{C}$ : Պատերի վրա մոլեկուլների շերտը հաճարել միաժողովուային:

5-43. Ի՞նչ ո քանակությամբ մասնիկներ կան 1 գ յոդի ( $\text{I}_2$ ) գոլորշիներում, որի տարրաբաժանման աստիճանը՝  $\alpha=0,5$ : Սղեկուլային յոդի մոլային զանգվածը՝  $\mu=0,254 \text{ կգ/մոլ}$ :

5-44. Ի՞նչ  $N$  քանակությամբ մոլեկուլներ կան  $t=16$  գ զանգվածով թթվածնում, որի տարրաբաժանման աստիճանը՝  $\alpha=0,5$ :

5-45. Անորի մեջ գտնվում է  $v_1=10^{-7}$  մոլ քանակով թթվածին և

$t_2=10^{-6}$  գ գանգվածով ազդությունը: Խառնուրդի ջերմաստիճանը՝  $t=100^{\circ}\text{C}$ , ճնշումը՝  $P=133$  կՊա: Գտնել անորի Վ ծավալը, թթվածին և ազդությ մասնական ճնշումները ու ամորի միավոր ծավալուն նոլեկուլների քիվը:

5-46. Գտնել օդի նոլեկուլների միջին քառակուսային  $\sqrt{v^2}$  արագությունը  $t=170^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Օդի մոլային գանգվածը՝  $\mu=0,029$  կգ/նոլ:

5-47. Գտնել հելիումի և ազոտի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունների հարաբերությունը միատեսակ ջերմաստիճանի դեպքում:

5-48. Ալումային ուումբի պայթման պահին առաջանում է  $T \approx 10^7$  Կ ջերմաստիճան: Դանարկելով, որ այդ ջերմաստիճանում բոլոր նոլեկուլները աճրողությամբ տարրաքամանվում են առողմների, իսկ առողմները խոնացված են, գտնել ջրածնի իոնի միջին քառակուսային արագությունը:

5-49. Գտնել միավոր ծավալուն ջրածնի առողմների ո թիվը  $P=266,6$  կՊա ճնշման դեպքում, եթե նրա նոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{v^2}=2,4$  կմ/վ:

5-50. Ինչ-որ գազի խտություն  $\rho=0,06$  կգ/մ<sup>3</sup>, նոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{v^2}=500$  մ/վ: Որոշել գազի կողմից անորի պահին գործադրված ճնշումը:

5-51. Քանի՞ անգամ է օդում կախված փոշեհաստիկի միջին քառակուսային արագությունը փոքր օդի նոլեկուլի միջին քառակուսային արագությունից: Փոշեհաստիկի գանգվածը՝  $m=10^{-6}$  գ: Օդը համարել համասեռ գազ, որի նոլային գանգվածը՝  $\mu=0,024$  կգ/նոլ:

5-52. Գտնել ջրածնի նոլեկուլի ո ՄՎ իմպուլսը  $t=20^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Սոլեկուլի արագությունը համարել հավասար միջին քառակուսային արագությամբ:

5-53.  $V=2$  լ ծալալով անորում գտնվողը  $t_m=10$  գ թթվածին  $P=90,6$  կՊա ճնշման տակ: Գտնել գազի նոլեկուլների  $\sqrt{v^2}$  միջին քառակուսային արագությունը, անորում գտնվող նոլեկուլների  $N$  թիվը և գազի  $\gamma$  խոռորդությունը:

5-54.  $\sigma=1$  մկմ տրամագծով դեղնախնձի մասնիկները մասնակցում են բրունաման շարժմանը: Դեղնախնձի խտությունը՝  $\rho=10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Գտնել դեղնախնձի մասնիկների  $\sqrt{v^2}$  միջին քառակուսային արագությունը  $t=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

5-55. Ինչ-որ գազի նոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{v^2}=500$  մ/վ: Գազի ճնշումը՝  $P=50$  կՊա: Գտնել այդ պայմաններում  $\rho$  խտությունը:

5-56. Ինչ-որ գազի խտություն՝  $\rho=0,082$  կգ/մ<sup>3</sup>  $P=100$  կՊա ճնշման

տակ և  $t=170^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել գազի նոլեկուլների  $\sqrt{v^2}$  միջին քառակուսային արագությունը: Ինչպիսի՞ն է գազի մ նոլային գանգվածը:

5-57. Նորմայ պայմաններում գազի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{v^2}=461$  մ/վ է: Ի՞նչ քանակությամբ մոլեկուլներ է պարունակում այդ գազի միավոր գանգվածը:

5-58. Գտնել  $m=20$  գ զանգվածով թթվածին  $W$  ներքին էներգիան  $t=10^0\text{C}$  ջերմաստիճանում: Այդ էներգիայի  $n^{\circ}$  մասն է քաշին ընկնում նոլեկուլների հաճընքաց շարժմանը և  $n^{\circ}$  մասն պտտական շարժմանը:

5-59. Գտնել  $m=1$  գ զանգվածով օդի  $W$  ներքին էներգիան  $t=15^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Օդի մոլային գանգվածը՝  $\mu=0,029$  կգ/նոլ է:

5-60. Գտնել մոլեկուլների պտտական շարժման  $W_{պտ}$  ներքիան, որը պարունակում է  $m=1$  կգ զանգվածով ազոտը  $t=70^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

5-61. Գտնել երկատոռ գազի  $W$  ներքին էներգիան, որը գտնվում է  $2$  լ ծավալով անորում  $P=150$  կՊա ճնշման տակ:

5-62.  $V=20$  լ ծավալով անորում գտնվող ազոտի նոլեկուլների համընքաց շարժման ներքիան՝  $W=5$  կԶ է, իսկ նրա նոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{v^2}=2 \cdot 10^3$  մ/վ: Գտնել անորում գտնվող ազոտի զանգվածը և  $P$  ճնշումը, որի տակ այն գտնվում է:

5-63. Ի՞նչ է ջերմաստիճանում էնելիումի ատոմների ջերմային շարժման կինետիկ էներգիան քավարար կլիներ, որպեսզի հելիումի ատոմները հաղորդական երկրի ծգողականությունը և ընդհատ բռնեն երկրային մթնոլորտը: Համանան խնդիր լուծել Լուսնի համար:

5-64.  $m=1$  կգ զանգվածով երկատոռ գազը գտնվում է  $P=80$  կՊա ճնշման տակ և ունի  $\rho=4$  կգ/մ<sup>3</sup> խտություն: Գտնել գազի նոլեկուլների ջերմային շարժման  $W$  ներքիան այլ պայմաններում:

5-65. Սոլեկուլների ինչպիսի՞  $N$  թիվ է պարունակում  $V=10$  մմ<sup>3</sup> ծավալով,  $P=5,3$  կՊա ճնշման տակ և  $t=270^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում գտնվող երկատոռ գազը:

5-66. Գտնել թթվածին տեսակարար  $C$  ջերմունակությունը, երբ  $\omega$   $V=\text{const}$ ,  $\rho = \text{const}$ :

5-67. Գտնել  $C_p$  տեսակարար ջերմունակությունը՝  $\text{a})$  քլորաքրածի,  $\text{b})$  նեռնի,  $\text{c})$  ազոտի օքսիդի,  $\text{d})$  ածխածնի օքսիդի,  $\text{e})$  սնիդի գոլորշիների համար:

5-68. Թթվածնի համար գտնել  $C_p/C_v$  տեսակարար ջերմունակությունների հարաբերությունը:

5-69. Երկատոռ գազի տեսակարար ջերմունակությունը՝  $C_p=14,7$  կԶ/կգԿ: Գտնել այդ գազի մ նոլային զանգվածը:

5-70. Երկատոռ գազի խտությունը՝  $\rho=1,43$  կգ/մ<sup>3</sup>: Գտնել այդ գազի  $C_v$  և  $C_p$  տեսակարար ջերմունակությունները:

5-71. Գազի մոլային գանգվածը՝  $\mu = 0,03$  կգ/մոլ. իսկ  $C_p/C_v = 1,4$ : Գտնել այդ գազի  $C_v$  և  $C_p$  տեսակարար ջերմունակությունները:

5-72. Քանի անգամ է շառաչող գազի  $C'$  մոլային ջերմունակությունը մեծ այն ջրային գոլորշիների մոլային  $C'$  ջերմունակությունից, ոոր ստացվում է նրա այրումից: Խնդիրը լուծել՝ ա)  $V=\text{const}$ . բ)  $P=\text{const}$  դեպքերի համար:

5-73. Գտնել թթվածի տարրաբաժանման և աստիճանը, եթե հաստատում ճնշման տակ նրա ջերմունակությունը՝  $C_p = 1,05$  կԶ/կգ·Կ:

5-74. Գտնել յոդի ( $I_2$ ) գոլորշիների տեսակարար  $C_v$  և  $C_p$  ջերմունակությունները. եթե նրա տարրաբաժանման աստիճանը՝  $\alpha = 0,5$ ; Յոդի մոլեկուլների մոլային գանգվածը՝  $\mu = 0,254$  կգ/մոլ:

5-75. Գտնել ազոտի տարրաբաժանման և աստիճանը, եթե նրա համար  $C_p/C_v = 1,74$ :

5-76. Գտնել  $\nu_1=3$  կմոլ արգոնից և  $\nu_2=2$  կմոլ ազուրից բաղկացած գազային խառնուրդի տեսակարար  $C_p$  ջերմունակությունը:

5-77. Գտնել  $C_p/C_v$  հարաբերությունը  $t_1=8$  գ գանգվածով հելիումից և  $t_2=16$  գ գանգվածով թթվածից բաղկացած գազային խառնուրդի համար:

5-78.  $\nu_1=1$  կմոլ թթվածից և  $t_2$  գանգվածով արգոնից բաղկացած գազային խառնուրդի տեսակարար ջերմունակությունը  $C_p=430$  Զ/կգ·Կ:  $\nu_2^{\circ}$  և  $t_2$  գանգվածով արգոն կա գազային խառնուրդում:

5-79.  $t=10$  գ գանգվածով թթվածինը  $t=10$  ֯C ջերմաստիճանում գտնվում է  $P=0,3$  ՄՊա ճնշման տակ:  $P=\text{const}$  հաստատում ճնշման տակ գազը տարացնելուց հետո այն գրավեց  $V_2=10$  լ ծավալ: Գտնել գազի ստացած  $Q$  ջերմության քանակությունը և գազի մոլեկուլների ջերմային շարժման  $W$  էներգիան տարացնելուց առաջ և հետո:

5-80.  $t=12$  գ գանգվածով ազոտը գտնվում է  $V=2$  լ ծավալով փակ անորում  $t_1=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Տաքացնելուց հետո գազի ճնշումն անորում դարձավ  $P=1,33$  ՄՊա: Տաքացման ժամանակ  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը ջերմությունը հաղորդվեց գազին:

5-81.  $V=2$  լ ծավալ ունեցող անորում կա ազոտ  $P=0,1$  ՄՊա ճնշման տակ: Ջերմության  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը անորում պետք է հաղորդել ազոտին, որպեսզի՝ ա) ծավալը մեծանա երկու անգամ, եթե  $P=\text{const}$ . բ) ճնշումն ավելանա երկու անգամ, եթե  $V=\text{const}$ :

5-82. Փակ անորում կա  $t=14$  կգ գանգվածով ազուր  $t_1=27$  ֯C ջերմաստիճանում և  $P_1=0,1$  ՄՊա ճնշման տակ: Տաքացնելուց հետո ճնշումն անորում մեծացավ 5 անգամ: Մինչև  $t$  ջերմաստիճանը է տարացվել գազը: Գտնել անորի  $V$  ծավալը և գազին հաղորդված  $Q$  ջերմության քանակությունը:

5-83. Ջերմության  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը անորում տակ հաղորդել

$t=12$  գ գանգվածով թթվածին, որպեսզի հաստատում ճնշման տակ ( $P=\text{const}$ ) այն տարացվի  $\wedge t=50^{\circ}\text{C}$ -ով:

5-84.  $t=40$  գ գանգվածով թթվածինը  $t_1=16$  ֯C ջերմաստիճանից մինչև  $t_2=40$  ֯C տարացնելու վրա ծախսվել է  $Q=628$  Զ ջերմության քանակություն:  $\nu_2^{\circ}$  պայմաններում է տարացվել գազը (հաստատում ծավալի<sup>2</sup>, քե՞զ հաստատում ճնշման դեպքում):

5-85.  $V=10$  լ ծավալով փակ անորում կա օդ՝  $P=0,1$  ՄՊա ճնշման տակ: Ջերմության  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը անորում պետք է հաղորդել օդին, որպեսզի ճնշումն անորում մեծանա 5 անգամ:

5-86.  $\nu_2^{\circ}$  ու զ գանգվածով ածխաբթու գազ կարելի է տարացնել  $P=\text{const}$  հաստատում ճնշման տակ  $t_1=20$  ֯C-ից մինչև  $t_2=100$  ֯C ջերմաստիճանը  $Q=222$  Զ ջերմության քանակությամբ: Որքանո՞վ կփոխվի այդ դեպքում մեկ մոլեկուլի կինետիկ էներգիան:

5-87.  $V=2$  լ ծավալով փակ անորում գտնվում է ազոտ, որի խտությունը՝  $\rho=1,4$  կգ/մ<sup>3</sup>:  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը ջերմության քանակությունը պետք է հաղորդել ազոտին, որպեսզի այն տարացվի  $\wedge T=100$  Կ-ով:

5-88. Ազոտը գտնվում է  $V=3$  լ ծավալով փակ անորում  $t_1=270$  ֯C ջերմաստիճանում և  $P_1=0,3$  ՄՊա ճնշման տակ: Տաքացնելուց հետո ճնշումն անորում մեծացավ մինչև  $P_2=2,5$  ՄՊա: Գտնել ազոտի  $t_2$  ջերմաստիճանը տարացնելուց հետո և նրան հաղորդված ջերմության  $Q$  քանակը:

5-89. Որոշ քանակությամբ գազ  $P=\text{const}$  հաստատում ճնշման տակ  $\wedge t_1=50$  ֯C տարացնելու համար անհրաժեշտ է ծախսել  $Q_1=670$  Զ ջերմության քանակ: Եթե այդ նույն քանակությամբ գազը սառեցվի  $\wedge t_2=100$  ֯C-ով, եթե  $V=\text{const}$ , ապա կանգնավի  $Q=1005$  Զ ջերմության քանակ: Ազատության քանի<sup>2</sup> է աստիճան ունեն այդ գազի մոլեկուլները:

5-90.  $t=10$  գ գանգվածով ազոտը գտնվում է փակ անորում  $t_1=100$  ֯C ջերմաստիճանում:  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը ջերմությունը  $Q$  պետք է հաղորդել ազոտին, որպեսզի նրա ճնշումների միջին քառակության արագությունը մեծացավ երկու անգամ: Այդ դեպքում քանի<sup>2</sup> անգամ կփոխվի գազի ջերմաստիճանը: Այդ դեպքում քանի<sup>2</sup> անգամ կփոխվի գազի ճնշումն անորի պատերի վրա:

5-91. Շելիումը գտնվում է  $V=2$  լ ծավալով փակ անորում  $t_1=200$  ֯C ջերմաստիճանում և  $P_1=100$  կՊա ճնշման տակ:  $\nu_2^{\circ}$  է գանգվածը ջերմությունը է պետք հաղորդել հելիումին, որպեսզի նրա ճերմաստիճանը մեծանա  $\wedge t=1000$  ֯C-ով: Նոր ջերմաստիճանի դեպքում ինչքա՞ն կիմեն մոլեկուլների  $\sqrt{\nu^2}$  միջին քառակության արագությունը,  $P_1$  ճնշումը, հելիումի  $\nu_2^{\circ}$  խտությունը և նրա ճնշումների ջերմային շարժման  $W$  էներգիան:

5-92.  $V=2$  լ ծավալով փակ անորում նորմալ պայմաններում գտնվում են ու գանգվածով ազուր և գազին հաղորդված թթվածի քանի<sup>2</sup> անգամ:

Q քանակ պետք է հաղորդել, որպեսզի գազային խառնությը տաքանա  $\Delta t=100^{\circ}\text{C}$ -ով:

5-93. Գտնել այն գազի մոլեկուլների Ը միջին քաքանական,  $\sqrt{v^2}$  միջին քառակուսային և  $V_h$  ամենահավանական արագություններ, որը  $P=40 \text{ kPa}$  ճնշման տակ ունի  $r=0,3 \text{ kg/m}^3$  խտություն:

5-94. Ի՞նչ Տ ջերմաստիճանում է ազոտի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը մեծ նրանց ամենահավանական արագությունից  $\Delta V=50 \text{ m/s}$ -ով:

5-95. Թրվածին մոլեկուլների ո՞ր մասն է  $t=0^{\circ}\text{C}$ -ում օժտված  $100\text{-ից } մինչև 110 \text{ m/s}$   $V$  արագություններով:

5-96. Ազոտի մոլեկուլների ո՞ր մասն է  $t=150^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում օժտված  $300\text{-ից } 325 \text{ m/s}$   $V$  արագություններով:

5-97. Զրածնի մոլեկուլների ո՞ր մասն է  $t=0^{\circ}\text{C}$ -ում ջերմաստիճանում օժտված  $2000\text{-ից } 2100 \text{ m/s}$   $V$  արագություններով:

5-98. Քանի՞ անգամ է մոլեկուլների  $\Delta N_1$  թիվը, որոնց արագություններն ընկած են արագությունների  $V_h$ -ից մինչև  $V_h+\Delta V$  միջակայքում. մեծ մոլեկուլների  $\Delta N_2$  թիվը, որոնց արագություններն ընկած են  $\sqrt{v^2}$ -ից մինչև  $\sqrt{v^2}+\Delta v$ , միջակայքում:

5-99. Ազոտի մոլեկուլների ո՞ր մասը  $T$  ջերմաստիճանում ունի արագություններ լինկած  $V_h$ -ից  $V_h+\Delta V$  արագությունների միջակայքում, որտեղ  $\Delta V=20 \text{ m/s}$ . Եթե՝ ա)  $T=400 \text{ K}$ , բ)  $T=900 \text{ K}$ :

5-100. Ազոտի մոլեկուլների ո՞ր մասը  $t=150^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում ունի  $V_1=300 \text{ m/s}$ -ից  $V_2=800 \text{ m/s}$  միջակայքում լինկած արագությունների:

5-101. Մոլեկուլների ընդհանուր թվի ո՞ր մասն ունի՝ ա) ամենահավանական  $V_h$  արագությունից մեծ, բ) ամենահավանական  $V_h$  արագությունից փոքր արագություն:

5-102. Անորում կա  $m=2.5 \text{ g}$  գանգվածով թթվածին: Գտնել թթվածին մոլեկուլների  $N_x$  թիվը, որոնց արագությունը գերազանցում է  $\sqrt{v^2}$ -ից շին քառակուսային արագությանը:

5-103. Անորում գտնվում է  $m=8 \text{ g}$  գանգվածով թթվածին  $T=1600 \text{ K}$  ջերմաստիճանում: Թթվածին մոլեկուլների  $h^{\circ}$  Ն<sub>x</sub> քանակություն ունի համընթաց շարժման էներգիա, որը գերազանցում է  $W_0=6,65 \cdot 10^{-20} \text{ J}$  էներգիան:

5-104. Լիցքափորված մասնիկների էներգիան հաճախ արտահայտում են էլեկտրոնվոլտներով. 1 էՎ-ը այն էներգիան է, որը ծեռք է բերում էլեկտրոնը էլեկտրական դաշտում  $U=1 \text{ V}$  պոտենցիալների տարրերություն անցնելով. ընդ որում  $1 \text{ eV}=1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ : Ի՞նչ Տ ջերմաստի-

ճանում է մոլեկուլի համընթաց շարժման կինետիկ էներգիան  $W_0=1 \text{ eV}$ :  $h^{\circ}$  չերճաստիճանում բոլոր մոլեկուլների  $50\%$  -ը ունի  $W=1 \text{ eV}$  էներգիան գերազանցող համընթաց շարժման կինետիկ էներգիա:

5-105. Կալիումի աստմոների իոնացման համար անհրաժեշտ մոլային էներգիան  $W_i=418,68 \text{ kJ/mol}$ : Գազի  $h^{\circ}$  Տ ջերմաստիճանի դեպքում բոլոր մոլեկուլների  $10\%-ն$  ունի  $W_i$  էներգիան գերազանցող համընթաց շարժման մոլային կինետիկ էներգիա:

5-106. Աստղադիտարանը տեղավորված է ծովի մակարդակից  $h=3250 \text{ m}$  բարձրության վրա: Գտնել օդի  $P$  ճնշումն այդ բարձրության վրա: Օդի ջերմաստիճանը համարել հաստատուն և հավասար  $t=50^{\circ}\text{C}$ -ի: Օդի մոլային գանգվածը՝  $\mu=0,029 \text{ kg/mol}$ : Օդի ճնշումը ծովի մակարդակի վրա՝  $\rho_0=101,3 \text{ kPa}$ :

5-107. Ի՞նչ է բարձրության վրա է մթնոլորտային ճնշումը կազմում ծովի մակարդակի վրա եղած ճնշման  $75\%-ը$ : Զերմաստիճանը համարել հաստատուն և հավասար  $t=5^{\circ}\text{C}$ -ի:

5-108. Սարդարար ինքնարիոց կատարում է թոփշներ  $h_1=8300 \text{ m}$  բարձրության վրա: Որպեսզի ուղարկներին չտրվեն թթվածնային դիմակներ, ճնշակի օգնությամբ խցիկներում պահպանում են  $h_2=2700 \text{ m}$  բարձրությանը համապատասխանող հաստատուն ճնշում: Գտնել խցիկի ներսի և դրա ճնշումների  $\Delta P$  տարրերությունը: Արտաքին օդի ջերմաստիճանը համարել հավասար  $t_1=0^{\circ}\text{C}$ -ի:

5-109. Խախորդ խնդրում գտնել քանի՞ անգամ է օդի  $\rho_1$  խտությունը խցիկուն մեծ նրանից դուրս գտնվող օդի  $\rho_2$  խտությունից, եթե արտաքին օդի ջերմաստիճանը  $t_1=-20^{\circ}\text{C}$  է, իսկ խցիկուն օդի ջերմաստիճանը  $t_2=+20^{\circ}\text{C}$ :

5-110. Գտնել օդի  $\rho$  խտությունը՝ ա) երկրի մակերևույթի վրա, բ) երկրի մակերևույթի  $h=4 \text{ km}$  բարձրության վրա: Օդի ջերմաստիճանը համարել հաստատուն և հավասար  $t=0^{\circ}\text{C}$ -ի: Օդի ճնշումը երկրի մակերևույթի վրա  $P_0=100 \text{ kPa}$ :

5-111. Ի՞նչ է բարձրության վրա է գազի խտությունը երկու անգամ փոքր ծովի մակարդակի վրա նրա խտությունից: Գազի ջերմաստիճանը համարել հաստատուն և հավասար  $t=0^{\circ}\text{C}$ -ի: Խնդիրը լուծել՝ ա) օդի  $\rho$  ջրածնի համար:

5-112. Պերենը, միկրոսկոպի օգնությամբ դիտելով դեղնախմիքայի մասնիկների կոնցենտրացիայի փոփոխությունը բարձրությունից կիրառելով բարոմետրիկ քանածներ, փորձով գտավ Ավոգադրուսի  $N_A$  թվի արժեքը: Փորձերից մեկի ժամանակ  $\tau$  երերենց գտավ, որ շերտը, որի միջև  $\Delta h=100 \text{ m}$  մասնավորության դեպքում դեղնախմիքի մասմեջենե-

որի թիվը մնի շերտում երկու անգամ մեծ է մյուս շերտի ճասմիների թվից: Ղեղնախեժի ջերմաստիճանը՝  $t=20^{\circ}\text{C}$  է: Ղեղնախեժի  $\sigma=0,3$  մկմ տրամագծով ճասմիները կախված են եղել հեղուկում, որի խտությունը  $\Delta\rho=0,2\cdot10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>-ով փոքր է ճասմիների խտությունից: Այս տվյալներով գտնել Ավոգադրովի ՆԱ թիվ արժեքը:

5-113. Գտնել ածխաբթու գազի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը  $t=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=13,3$  Պա ճնշման տակ: Ածխաբթու գազի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-114. Արհեստական արբանյակի վրա դրված իոնացման նանոմետրի օգնությամբ հայտնաբերվեց, որ երկրի մակերևույթից  $h=300$  կմ բարձրության վրա մթնոլորտում գազի կոնցենտրացիան  $n=10^{15}\text{մ}^{-3}$ : Գտնել գազի մոլեկուլների  $\lambda$  ազատ վազքի միջին երկարությունը այդ բարձրություն վրա: Գազի ճասմիների տրամագիծը՝  $\sigma=0,2$  նմ:

5-115. Գտնել օդի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը նորմալ պայմաններում: Օդի մոլեկուլների տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-116. Գտնել ածխաբթու գազի մոլեկուլների բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը միավոր ժամանակում  $t=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում, եթե ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\overline{\lambda}=870$  մկմ:

5-117. Գտնել ազոտի մոլեկուլների բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը միավոր ժամանակում  $t=27^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=53,33$  կՊա ճնշման տակ:

5-118.  $V=0,5$  լ ծավալով անորում գտնվում է թթվածին նորմալ պայմաններում: Գտնել թթվածնի մոլեկուլների միջև բախումների  $\overline{\lambda}$  ընդհանուր թիվը այդ ծավալուն միավոր ժամանակում:

5-119. Քանի՞ անգամ կփոքրանա երկատոն գազի մոլեկուլների բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը միավոր ժամանակում, եթե գազի ծավալը աղիքաբատ մեծացվի 2 անգամ:

5-120. Գտնել ազոտի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\overline{\lambda}$  միջին երկարությունը  $t=17^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի և  $P=10$  կՊա ճնշման տակ:

5-121. Գտնել հելիումի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը այն դեպքում, եթե հելիումի խտությունը՝  $\rho=0,021$  կգ/մ<sup>3</sup> է:

5-122. Գտնել ջրածնի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=0,133$  Պա ճնշման տակ:

5-123.  $t=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և մի որոշ ճնշման տակ թթվածնի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\overline{\lambda}=95$  նմ: Գտնել միավոր ժամանակում թթվածնի մոլեկուլների բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը, եթե նոյն ջերմաստիճանում թթվածնի ճնշունը փոքրացվի 100 անգամ:

5-124. Որոշ պայմաններում գազի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\overline{\lambda}=160$  նմ է, մոլեկուլների միջին քառակուսային ա-

րագությունը՝  $\overline{V}=1,95$  կմ/վ: Գտնել միավոր ժամանակում բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը, եթե նոյն ջերմաստիճանում գազի ճնշունը փոքրացվի 1,27 անգամ:

5-125.  $V=100$  մմ<sup>3</sup> ծավալով անորում գտնվում է  $t=0,5$  գ զանգվածով ազոտ: Գտնել ազոտի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը:

5-126. Անորում գտնվում է ածխաբթու գազ, որի խտությունը՝  $\rho=1,7$  կգ/մ<sup>3</sup>: Նրա մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\lambda=79$  նմ: Գտնել ածխաբթու գազի մոլեկուլների ս տրամագիծը:

5-127. Գտնել ազոտի մոլեկուլների երկու հաջորդական բախումների միջև ընկած  $\tau$  ժամանակը  $t=10^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=133$  Պա ճնշման տակ:

5-128. Օդը անորում նոսրացված է մինչև  $P=1,33\cdot10^{-4}$  Պա ճնշում: Գտնել անորում գտնվող օդի խտությունը, միավոր ծավալում գտնվող մոլեկուլների ո թիվը և մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը: Օդի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ: Օդի մոլային զանգվածը՝  $\mu=0,029$  կգ/մոլ: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=17^{\circ}\text{C}$ :

5-129. Ի՞նչ սահմանային ո թվով գազի մոլեկուլներ պետք է գտնվեն գնդային անորում, որպեսզի մոլեկուլները իրար չքախվեն: Գազի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ, իսկ անորի տրամագիծը՝  $D=15$  մմ:

5-130. Ինչպիսի՞ ճնշում պետք է ստեղծել գնդային անորի ներսում, որպեսզի մոլեկուլները իրար չքախվեն, եթե անորի տրամագիծը հավասար է)  $D=1$  ամ. բ)  $D=10$  ամ. գ)  $D=100$  սմ: Գազի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-131. Պարզման խողովակում կաթողի և անողի միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=15$  սմ: Օդի ինչպիսի՞ ճնշում պետք է ստեղծել պարպանան խողովակում, որպեսզի կարողից մինչև անող ճանապարհին ելեկտրոնները չքախվեն որի մոլեկուլներին: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=27^{\circ}\text{C}$ : Օդի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ: Ելեկտրոնի ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը գազում մոտավորապես 5,7 անգամ մեծ է գազի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունից:

5-132.  $V=1$  լ ծավալով գնդային անորում գտնվում է ազոտ: Ազոտի  $\overline{\lambda}=1$  ը խտության դեպքում է նրա մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը նեծ անորի չափերից:

5-133. Գտնել գազի մոլեկուլների բախումների  $\overline{\lambda}$  միջին թիվը միավոր ժամանակում, եթե ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\overline{\lambda}=5$  մմ, իսկ նրա մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{V^2}=500$  մ/վ:

5-134. Գտնել ջրածնի դիֆուզիայի Ը գործակիցը նորմալ պայմաններում, եթե ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը՝  $\overline{\lambda}=0,16$  մկմ:

5-135. Գտնել հելիումի դիֆուզիայի Ծ գործակիցը նորմալ պայմաններում:

5-136. Կառուցել ջրածնի դիֆուզիայի Ծ գործակիցի Տ ջերմաստիճանից ունեցած կախման գրաֆիկը 100 Կ  $\leq$  T  $\leq$  600 Կ միջակայքում՝ յուրաքանչյուր 100 Կ-ից հետո  $P = \text{const} = 100$  կՊա-ի դեպքում:

5-137. Գտնել դիֆուզիայի հետևանքով  $S=0,01$  մ<sup>2</sup> մակերեսով  $t=10$  վ ժամանակում անցնող ազոտի ո գանգվածը, եթե մակերեսին ուղղահայաց ուղղությամբ խստության գրադիենտը՝  $\Delta r/\Delta x = 1,26$  կգ/մ<sup>4</sup>: Ազոտի ջերմաստիճանը՝  $t=270^\circ\text{C}$ : Ազոտի նոլեկուլների ազատ վազքի միջին երկարությունը՝  $\lambda=10$  մկմ:

5-138. Ի՞նչ Բ ճնշման տակ մի որոշակի վազքի մածուցիկության գործակիցի հարաբերությունը նրա դիֆուզիայի գործակիցի՝  $\eta/D=0,3$  կգ/մ<sup>3</sup>, իսկ նրա մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $\sqrt{\frac{V^2}{2}}=632$  մ/վ:

5-139. Գտնել հելիումի մոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը  $t=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=101,3$  կՊա ճնշման տակ, եթե հելիումի մածուցիկությունը՝  $\eta=13$  մկՊա.վ. է:

5-140. Գտնել ազոտի  $\eta$  մածուցիկությունը նորմալ պայմաններում, եթե նրա համար դիֆուզիայի գործակիցը՝  $D=1,42 \cdot 10^{-5}$  մ<sup>2</sup>/վ:

5-141. Գտնել թթվածնի մոլեկուլի օ տրամագիծը, եթե  $t=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում նրա մածուցիկությունը՝  $\eta=18,8$  մկՊա.վ.:

5-142. Կառուցել ազոտի մածուցիկության դ գործակից կախումը Տ ջերմաստիճանից  $100 \leq T \leq 600$  Կ միջակայքում՝ յուրաքանչյուր 100 Կ-ից հետո:

5-143. Գտնել օդի դիֆուզիայի Ծ գործակիցը և  $\eta$  մածուցիկության գործակիցը՝  $t=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում ու  $P=101,3$  կՊա ճնշման տակ: Օդի նոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-144. Քանի՞ անգամ է թթվածնի մածուցիկությունը մեծ ազոտի մածուցիկությունից: Գագերի ջերմաստիճանը նույն է:

5-145. Որոշ պայմաններում ջրածնի դիֆուզիայի գործակիցը և մածուցիկությունը հավասար են:  $D=1,42 \cdot 10^{-4}$  մ<sup>2</sup>/վ և  $\eta=8,5$  մկՊա.վ: Գտնել թթվածնի մոլեկուլների ո թիվը միավոր ծավալում:

5-146. Որոշ պայմաններում թթվածնի դիֆուզիայի գործակիցը և մածուցիկությունը հավասար են:  $D=1,22 \cdot 10^{-5}$  մ<sup>2</sup>/վ և  $\eta=19,5$  մկՊա.վ: Գտնել թթվածնի ո խտությունը, եթա նոլեկուլների ազատ վազքի  $\lambda$  միջին երկարությունը և  $V$  միջին թիմանական արագությունը:

5-147. Ի՞նչ անենամեծ արագության կարող է հասնել  $D=0,3$  մմ տրամագիծով անձրևի կարիք: Օդի նոլեկուլի տրամագիծը ընդունել հա-

վասար՝  $\sigma=0,3$  նմ: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=0^\circ\text{C}$ : Յամարել, որ անձրևի կարիքի համար իրավացի է Ստոքի օրենքը:

5-148. Ինքնարիոս թռչում է  $V=360$  կմ/ժ արագությամբ: Յամարելով, որ ինքնարիոսի թռչի մոտ մածուցիկության հետևանքով տարրվող օդի շերտի հաստությունը՝  $d=4$  սմ է, գտնել թռչի յուրաքանչյուր միավոր մակերեսի վրա ազդող  $F_s$  շոշափող ուժը: Օդի մոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ է: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=0^\circ\text{C}$ :

5-149. Երկու համառանցք գլանների միջև գտնվող տարածությունը լցված է գազով: Գլանների շատավիդները հավասար են  $r=5$  սմ-ի և  $R=5,2$  սմ-ի: Ներքին գլանի բարձրությունը՝  $h=2$  սմ: Արտաքին գլանը պատվում է  $n=360$  պտ/ր հաճախությամբ: Որպեսզի ներքին գլանը մնանա նրա վրա, պետք է կիրառել  $F=1,38$  մն ուժ: Առաջին մոտավորությամբ դեպքը դիտելով որպես հարք՝ այդ փորձի տվյալներով որոշել գլանների միջև գտնվող գազի դ մածուցիկությունը:

5-150. Գտնել ջրածնի Կ ջերմահաղորդականությունը, որի մածուցիկությունը՝  $\eta=8,6$  մկՊա.վ:

5-151. Գտնել օդի Կ ջերմահաղորդականությունը  $t=10^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=100$  կՊա ճնշման տակ: Օդի նոլեկուլների տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-152. Կառուցել ջրածնի ջերմահաղորդականության Կ գործակիցի Տ ջերմաստիճանից ունեցած կախման գրաֆիկը  $100 \leq T \leq 600$  Կ միջակայքում՝ յուրաքանչյուր 100 Կ-ից հետո:

5-153.  $V=2$  լ ծավալով անորում գտնվում է երկատոմ գազի  $N=4 \cdot 10^{22}$  մոլեկուլ: Գազի ջերմահաղորդականությունը՝  $K=14$  մՎտ/մԿ: Գտնել գազի դիֆուզիայի Ծ գործակիցը:

5-154. Աժիարքու գազն ու ազոտը ունեն միևնույն ջերմաստիճան և ճնշում: Այդ գազերի համար գտնել՝ ա) դիֆուզիայի գործակիցների, բ) մածուցիկությունների, գ) ջերմահաղորդականությունների հարաբերությունը:

5-155. Դյուարի անորի պատերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=8$  նմ: Ի՞նչ Բ ճնշման դեպքում անորի պատերի արանքում գտնվող օդի ջերմահաղորդականությունը կամսի փոքրանակ օդը հանելու ժամանակ: Օդի ջերմաստիճանը՝  $t=170^\circ\text{C}$  է: Օդի նոլեկուլի տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-156. Գլանածն ջերմապահը, որի ներքին շառավիղը՝  $r_1=9$  սմ և արտաքին շառավիղը՝  $r_2=10$  սմ, լցված է սառուցով: Ջերմապահի բարձրությունը՝  $h=20$  սմ: Սառուցի ջերմաստիճանը՝  $t_1=0^\circ\text{C}$ , արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝  $t_2=20^\circ\text{C}$ : Ջերմապահի պատերի միջև սահմանային ինչպիսի՞ Բ ճնշման դեպքում ջերմահաղորդականության Կ գործակիցը

Ենուս կախված կլիմի ճնշումից: Օդի մոլեկուլների տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ, իսկ ջերմապահի պատերի միջև օդի ջերմաստիճանը համարել հավասար սառույցի և արտաքին օդի ջերմաստիճանների միջին թվաքանականին: Գտնել ջերմապահի պատերի միջև պարփակված օդի ջերմահաղորդականության  $K$  գործակիցը  $P_1=101,3$  կՊա և  $P_2=13,3$  մՊա ճնշումների դեպքում, եթե օդի մոլային գանգվածը՝  $\mu=0,029$  կգ/մոլ: Ի՞նչ ջերմության քանակություն է անցնում  $\Delta t=1$  րում միջին շառավղով ջերմապահի կողային մակերևույթով  $P_1=101,3$  կՊա և  $P_2=13,3$  մՊա ճնշումների դեպքում:

5-157. Ի՞նչ  $Q$  ջերմության քանակը է կորցնում շենքը  $t=1$  ժում պատուհանի միջով՝ շրջանակների միջև պարփակված օդի ջերմահաղորդականության հետևանքով: Յուրաքանչյուր շրջանակի մակերես՝  $S=4 \text{ m}^2$ , իսկ նրանց միջև եղանակությունը՝  $d=30$  սմ: Շենքի ջերմաստիճանը՝  $t_1=18^\circ\text{C}$ , արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝  $t_2=20^\circ\text{C}$ : Օդի մոլեկուլների տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ: Շրջանակների միջև գտնվող օդի ջերմաստիճանը համարել հավասար շենքի ներսի օդի և արտաքին օդի միջին թվաքանականին, ճնշումը՝  $P=101,3$  կՊա:

5-158. Իրարից  $d=1$  մմ հեռավորության վրա գտնվող երկու թիթեղների միջև գտնվում է օդ: Թիթեղների միջև պահպանվում է  $\Delta T=1$  Կ ջերմաստիճանների տարերություն: Յուրաքանչյուր թիթեղի մակերեսը՝  $S=0,01 \text{ m}^2$  է: Ի՞նչ  $Q$  ջերմության քանակը է հաղորդվում ջերմահաղորդականության շնորհիվ  $t=10$  րում մի թիթեղից մյուսին: Յաճարել, որ օդը գտնվում է նորմալ պայմաններում: Օդի մոլեկուլների տրամագիծը՝  $\sigma=0,3$  նմ:

5-159.  $t=10$  գ զանգվածով բրվածինը գտնվում է  $t=10^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում  $P=300$  կՊա ճնշման տակ:  $P=\text{const}$  ճնշման տակ տաքացմելուց հետո գտնվում է օդի ջավալը  $V=10 \text{ l}$  ժավալ: Գտնել գազի ստացած  $Q$  ջերմության քանակը, գազի ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը և ընդարձակնակ գազի կատարած  $A$  աշխատանքը:

5-160.  $t=6,5$  գ զանգվածով շրածինը, որը գտնվում է  $t=27^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, ընդպրածվում է  $P=\text{const}$  ճնշման տակ՝ ի հաջիվ արտացինց ջերմության ներհոսքի: Գտնել գազի ընդարձակնակ աշխատանքը, գազի ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը և գազին հաղորդված  $Q$  ջերմության քանակությունը:

5-161. Փակ անորության գտնվում են  $t_1=20$  գ զանգվածով գազու և  $t_2=32$  գ բրվածին: Գտնել գագերի խառնուրդի ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը այն  $\Delta T=28$  Կ-ով սառեցնելու դեպքում:

5-162.  $n=2$  կմոլ քանակով ածխարթուր գազը տաքացմում է հաստատության ճնշման տակ  $\Delta T=50$  Կ-ով: Գտնել ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փո-

փոխությունը, գազի ընդարձակնան  $A$  աշխատանքը և գազին հաղորդված  $Q$  ջերմության քանակը:

5-163. Երկատում գազին հաղորդվել է  $Q=2,093$  կՋ Չ երմության քանակ: Գազը ընդարձակվեց  $P=\text{const}$ -ի դեպքում: Գտնել գազի ընդարձակնան  $A$  աշխատանքը:

5-164. Երկատում գազի իզոբար ընդարձակման ժամանակ կատարվել է  $A=156,8 \text{ J}$  աշխատանք: Ի՞նչ  $Q$  ջերմության քանակ է հաղորդվել գազին:

5-165.  $V=5 \text{ l}$  ծավալով անորություն գտնվում է գազ  $t=17^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=200$  կՊա ճնշման տակ: Իզոբար ընդարձակման ժամանակ կատարվեց  $A=196 \text{ J}$  աշխատանք: Ինչքա՞ն է տաքացվել գազը:

5-166.  $t=7$  գ զանգվածով ածխարթուր գազը ազատ ընդարձակման պայմաններում տաքացմունքը է  $\Delta T=10$  Կ-ով: Գտնել գազի ընդարձակման  $A$  աշխատանքը և նրա ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը:

5-167.  $v=1$  կմոլ քանակությամբ բազմատում գազը ազատ ընդարձակման պայմաններում տաքացմունքը է  $\Delta T=100$  Կ-ով: Գտնել գազին հաղորդված  $Q$  ջերմության քանակը, նրա ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը և գազի ընդարձակման  $A$  աշխատանքը:

5-168. Անորություն միտոցի տակ գտնվում է  $t=1$  գ զանգվածով ազուր: Ի՞նչ քանակությամբ ջերմություն պետք է ծախսել, որպեսզի ազուրը տաքանա  $\Delta T=10$  Կ-ով: Այդ դեպքում ինչքանո՞վ կրաքարանա նյութը: Միտոցի զանգվածը՝  $M=14 \text{ g}$ , նրա լայնական հատույթի մակերեսը՝  $S=10 \text{ m}^2$ : Միտոցի վրա ճնշումը՝  $P=100$  կՊա:

5-169. Անորություն միտոցի տակ գտնվում է շառավող գազ: Ի՞նչ  $Q$  ջերմության քանակը է անցատվում շառավող գազի պայման ժամանակ, եթե հայտնի է, որ գազի ներքին էներգիան էներգիանքով փոփոխվել է  $\Delta W=336 \text{ J}$ -ով և միտոցը բարձրացել է  $\Delta h=20$  սմ: Միտոցի զանգվածը՝  $M=2 \text{ kg}$ , նրա լայնական հատույթի մակերեսը՝  $S=10 \text{ m}^2$ : Միտոցի վեր գտնվում է օդ՝ նորմալ պայմաններում:

5-170.  $t=10,5$  գ զանգվածով ազուրը իզոբար ընդարձակվում է  $t_1=-23^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, ընդ որում նրա ճնշումը փոփոխվում է  $P_1=250$  կՊա-ից մինչև  $P_2=100$  կՊա: Գտնել գազի ընդարձակման ժամանակ կատարված  $A$  աշխատանքը:

5-171.  $t=17^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում գտնվող  $t=10$  գ զանգվածով ազուրի իզոբարին ընդարձակման ժամանակ կատարվեց  $A=860 \text{ J}$  աշխատանք: Քանի՞ անգամ փոխվեց ազուրի ճնշումը ընդարձակման ժամանակ:

5-172.  $t=10$  գ զանգվածով ինչ-որ գազ  $V_1$ -ից մինչև  $V_2=2V_1$ , ծավալը իզոբար ընդարձակման ժամանակ կատարվեց  $A=575 \text{ J}$  աշխա-

տանք: Գտնել գազի մոլեկուլմերի  $\sqrt{v^2}$  միջին քառակուսային արագությունը այդ ջերմաստիճանում:

5-173. Նորմալ պայմաններում գտնվող հելիումը իզոբերդ կերպով ընդարձակվում է  $V_1=1$  լ ծավալից մինչև  $V_2=2$  լ ծավալ: Գտնել գազի ընդարձակման ժամանակ կատարված  $A$  աշխատանքը և գազին հաղորդված  $Q$  ջերմության քանակը:

5-174.  $V=2$  մ<sup>3</sup> ծավալ գրադեցնող գազի իզոբերդ ընդարձակվելիս իր ճնշումը փոխվում է  $P_1=0,5$  ՄՊա-ից մինչև  $P_2=0,4$  ՄՊա: Գտնել այդ դեպքում կատարված  $A$  աշխատանքը:

5-175. Մինչև  $n$ ՝  $t_2$  ջերմաստիճանը լուսոցի  $t_1=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում գտնվող գազը, եթե այն աղիաբատ կերպով ընդարձակվում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2=2V_1$  ծավալ:

5-176.  $V_1=7,5$  լ ծավալով թթվածինը աղիաբատ սեղմվում է մինչև  $V_2=1$  լ ծավալ. Ընդ որում սեղմանա վերջում հաստատվում է  $P_2=1,6$  ՄՊա ճնշում: Ի՞նչ ճնշման տակ էր գտնվում գազը մինչև սեղմվելը:

5-177. Օդը ներքին այրման շարժիչի գլաններում աղիաբատ սեղմանա ժամանակ ճնշումը փոխվում է  $P_1=0,1$  ՄՊա-ից մինչև  $P_2=3,5$  ՄՊա: Օդի սկզբանական ջերմաստիճանը  $t_1=40^\circ\text{C}$ : Գտնել օդի  $t_2$  ջերմաստիճանը սեղմանա վերջում:

5-178. Գազը ընդարձակվում է աղիաբատ կերպով, ընդ որում նրա ծավալը մեծանում է երկու անգամ, իսկ ջերմադիմամիկական ջերմաստիճանը՝ 1,32 անգամ: Ի՞նչ է թվով ազատության աստիճաններ ունեն այդ գազի մոլեկուլները:

5-179.  $t_1=270^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան և  $P=2$  ՄՊա ճնշում ունեցող երկատում գազը աղիաբատ կերպով սեղմվում է  $V_1=1$  լ մինչև  $V_2=0,5V_1$  ծավալ: Գտնել գազի  $t_2$  ջերմաստիճանը և  $P_2$  ճնշումը սեղմումից հետո:

5-180. Անորում միտոցի տակ գտնվում է շառաչող գազ, որը նորմալ պայմաններում գրավում է  $V_1=0,1$  լ ծավալ: Միայն սեղմվելու ժամանակ գազը բռնկվում է: Գտնել շառաչող գազի բռնկման ջերմաստիճանը, եթե հայտնի է, որ սեղման աշխատանքը՝  $A=46,35$  Զ:

5-181. Անորում միտոցի տակ գազը գտնվում է նորմալ պայմաններում: Անորի հատակի և միտոցի հատակի միջև եղած հեռավիրությունը՝  $h=25$  սմ է: Եթե միտոցի վրա դրեցին  $m=20$  կգ զանգվածով բեռ, միտոցի իջակ  $\wedge h=13,4$  սմ-ով: Սեղմումը համարելով աղիաբատ՝ տվյալ գազի համար գտնել  $C_p / C_v$  հարաբերությունը: Միտոցի լայնական հաստությի մակերեսը՝  $S=10$  սմ<sup>2</sup> է: Միտոցի զանգվածը անտեսել:

5-182. Երկատում գազը գրադեցնում է  $V=0,5$  լ ծավալ  $P_1=50$  ԿՊա ճնշման տակ: Գազը աղիաբատորեն սեղմվում է մինչև  $V_2$  ծավալ և  $P_2$  ճնշում: Այնուհետև այն պատեցվում է  $V_2=\text{const}$ -ի դեպքում մինչև սկզբա-

կան ջերմաստիճանը, ընդ որում գազի ճնշումը դառնում է  $P_0=100$  ԿՊա: Գծել այդ պրոցեսի գրաֆիկը: Գտնել  $V_2$  ծավալը և  $P_2$  ճնշումը:

5-183. Գազը աղիաբատորեն ընդարձակվում է այսպես, որ նրա ճնշումը  $P_1=200$  ԿՊա-ից մինչև  $P_2=100$  ԿՊա: Այնուհետև հաստատում ծավալի պայմաններում այն տաքացվում է մինչև սկզբնական ջերմաստիճանը, ընդ որում նրա ճնշումը դառնում է հավասար՝  $P=122$  ԿՊա: Գտնել  $C_p / C_v$  հարաբերությունը այդ գազի համար: Գծել այդ պրոցեսի գրաֆիկը:

5-184. Նորմալ պայմաններում գտնվող  $v=14$  մոլ ազոտը աղիաբատորեն ընդարձակվում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2=5V_1$  ծավալ: Գտնել գազի ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը և ընդարձակման ժամանակ գազի կատարած  $A$  աշխատանքը:

5-185. Օդը անհրաժեշտ է սեղմել  $V_1=10$  լ-ից մինչև  $V_2=2$  լ ծավալ: Ինչպես է ծերպուու սեղմել այն (աղիաբատորեն, թէ՞ ի՞նորերմ):

5-186.  $v=14$  մոլ երկատում գազի աղիաբատ սեղմնան ժամանակ կատարվեց  $A=146$  ԿԶ աշխատանք: Ինչքանո՞վ մեծացավ գազի ջերմաստիճանը սեղմանան ժամանակ:

5-187. Քանի՞ անգամ կիրքրանա երկատայի գազի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը գազի ծավալը երկու անգամ մեծացնելիս:

5-188. Նորմալ պայմաններում գտնվող  $m=10$  գ զանգվածով թթվածինը սեղմվում է մինչև  $V_2=1,4$  լ ծավալ: Գտնել թթվածին  $P_2$  ճնշումն ու  $t_2$  ջերմաստիճանը սեղմումից հետո, եթե ազոտը սեղմվում է ա) իզոբերդ, բ) աղիաբատ կերպով: Գտնել սեղմանան  $A$  աշխատանքը այդ դեպքերից յուրաքանչյուրի համար:

5-189.  $m=28$  գ զանգվածով ազոտը, որը գտնվում է  $t_1=40^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P_1=100$  ԿՊա ճնշման տակ, սեղմվում է մինչև  $V_2=13$  լ ծավալ: Գտնել ազոտի  $t_2$  ջերմաստիճանը,  $P_2$  ճնշումը, եթե ազոտը սեղմվում է ա) իզոբերդորեն, բ) աղիաբատորեն: Գտնել սեղմանան  $A$  աշխատանքը այդ դեպքերից յուրաքանչյուրի համար:

5-190. Քանի՞ անգամ է մեծանում երկատում գազի մոլեկուլների պատվագրի միջին երկարությունը, եթե նրա ճնշումը ընկնում է երկու անգամ ա) իզոբերդորեն, բ) աղիաբատորեն:

5-191. Երկու տարբեր գազեր, որոնցից մեկը միատուն է, իսկ մյուսը՝ երկատում, գտնվում են միևնույն ջերմաստիճանում և գրավում են միևնույն ծավալը: Գազերը աղիաբատորեն սեղմվում են արնակե, որ նրանց ծավալը փոքրանում է երկու անգամ: Գազերից ո՞րը ավելի շատ կտաքանա և քանի՞ անգամ:

5-192.  $m=1$  կդ գանգվածով օդը, որը գտնվում է  $P_1=150$  ԿՊա  
ճնշան տակ և  $t_1=30^{\circ}\text{C}$  չերմաստիճանում, աղիաբասորեն ընդարձակ-  
վում է և այդ դեպքում ճնշումը ընկնում է մինչև  $P_2=100$  ԿՊա: Բանի՞ ան-  
գամ կմնանա օդի ծավալը: Գտնել գազի Վերջնական  $t_2$  ջերմաստիճա-  
նը և ընդարձակման ժամանակ կատարված  $A$  աշխատանքը:

5-193.  $v=1$  կմ/վ թթվածինը գտնվում է նորմալ պայմաններում, իսկ հետո նրա ժավալը մեծանում է մինչև  $V=5V_0$ : Կառուցել  $P=f(V)$  կախման գրաֆիկը արսցիսների առանցքի ուղղությանը՝ որպես միավոր ըդունելով  $V_0$ -ն. Եթե թթվածինը ընդուրածակվում է ա) իջերերմորեն, բ) աղիաբատորեն: Բ ճնշնան արժեքները գտնել ժավալների համար, որոնք հավասար են  $V_{\text{ց}}\text{-ի}$ ,  $2V_{\text{ց}}\text{-ի}$ ,  $3V_{\text{ց}}\text{-ի}$ ,  $4V_{\text{ց}}\text{-ի}$ ,  $5V_{\text{ց}}\text{-ի}$ :

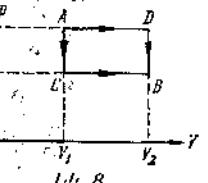
5-194. Որոշ զանգվածով թթվաժինը  $t_1=270^{\circ}\text{C}$  չերմաստիճանում.  $L_{\text{v}}=820$  ԿՊա Ենշան տակ գրափում է  $V_1=3$  լ ծավալ (նկ. 8): Մյուս վիճակում զագի պարամետրները  $V_2=4,5$  լ և  $P_2=600$  ԿՊա: Գտնել զագի ստացածը: Օ չեղության քանակը. ընդարձակման ժամանակ գաղի կատարած աշխատանքը և զագի ներքին էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը գաղի մի վիճակից մյուսին անցնելիս՝ ա)  $AB$  տեղամասով, բ)  $ADB$  տեղամասով:

Հ 195. Կարոնյի ցիկլով աշխատող հիեալական չերմային մեքենան լուրաքանչյուր ցիկլի ժամանակ չեռուցչի ստանում  $t = Q_1 = 2,512$  կօ չերմուրյուն: Զեռուցի չերմաստիճանը՝  $T_1 = 400$  Կ, սահնարանի չերմաստիճանը՝  $T_2 = 300$  Կ: Գտնել մեկ ցիկլի ընթացքում մեքենայի կատարած աշխատամքը և սահնարանին հաղորդված  $Q_2$  մեղմութեամ քանակը:

5-196. Կարնոյի ցիկլով աշխատող հեղալւական ջերմային ճնշեցնան ճեկ ցիկլի ընթացքում կատարում է  $A=2,94$  կԶ աշխատանք և ճեկ ցիկլի ընթացքում սառնարանին տալիս է  $Q_2=13,4$  կԶ ջերմության քանակ։ Որոշել գիկլի ՕԳԳ-ը։

5-197. Կարույի ցիկլով աշխատող հեռալական չերմային մեքենան նեկ ցիկլի ընթացքում կատարում է  $A=73,5$  կԶ աշխատանք: Ձեռուեցի չերմաստիճանը  $t_1=100^{\circ}\text{C}$ , սառնարանի չերմաստիճանը՝  $t_2=0^{\circ}\text{C}$ : Գտնել ցիկլի  $OQO$ -ն,  $Q_1$  չերմության քանակը, որը ստանում է մեքենան չեռուեցից նեկ ցիկլի ընթացքում, սառնարանին տրվող  $Q_2$  չերմության քանակը նեկ ցիկլի ընթացքում:

5-198. Իդեալական ցերոնային մեքենան աշխատում է Կարնոյի ցիլինդր։ Ըստ որում չեռուցիչ ստուցված ցերոնուբայ 80 %-ը հաղորդվում է սպառնարանին։ Մեքենան չեռուցիչ ստանում է  $Q_1=6.28$  կՎ թղթութեան



134.

բանակ: Գտնել ցիկլի ու ՕԳԳ-ն. մեկ ցիկլի ընթացքում կատարված Ա աշխատանք:

**5-199.** Իրեալական ջերմային ճերենան աշխատում է Կարնոյի ցիկլով: Օդը  $P_1=708$  ԿՊա ճնշման տակ  $t_2=1270^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում գրավում է  $V_1=2$  լ ծավալ: Լողոքերն ընդարձակվելուց հետո օդը գրավեց  $V_2=5$  լ ծավալ, աղիաբառ ընդարձակումից հետո ծավալը դրածալ  $V_2=8$  լ Գունել ա) իզոբրենի և աղիաբառի հատումն կոորդինատը. բ) ցիկլի անեն տեղամատում կատարված  $A$  աշխատանքը. գ) ցիկլի դ ՕԳԳ. դ) նեկ ցիկլի ընթացքում չեղուցչի ստացված  $Q_1$  ջերմության քանակը. է) սարնառացին մեկ ցիկլով տրվող  $Q_2$  ջերմության քանակը:

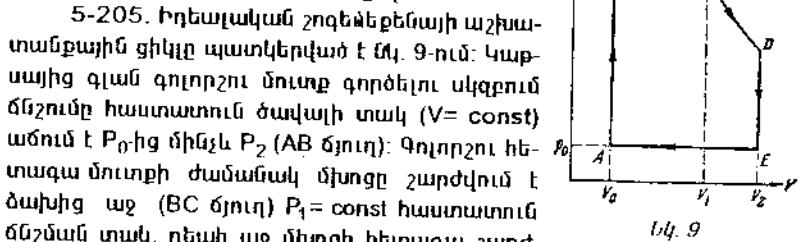
5-200.  $v=1$  կմ/լ քանակով գազը կատարում է ցիկլ՝ բաղկացած երկու հզուստրներից և երկու իզոբարներից: Ընդ որում գազի ծավալը փոխվում է  $V_1=25 \text{ m}^3$ -ից մինչև  $V_2=50 \text{ m}^3$ , իսկ ճնշումը՝  $P_1=100 \text{ kPa}$ -ից մինչև  $P_2=200 \text{ kPa}$ : Բանի՞ անգամ է այդպիսի ցիկլով կատարված աշխատանքը փոքր Կարնոյի ցիկլով կատարված աշխատանքից: Եթե Կարնոյի ցիկլի հզուստրերը համապատասխանում են ուսումնասիրվող ցիկլի անենամնենք և ամենափոքր ջերմաստիճաններին, իսկ հզուերմ ընդուր ձակնաշանակ ծավալը մեծանում է երկու անգամ:

5-201. Կարոնի հակադարձ ցիլիպ աշխատող իդեալական սարքը ունեցնող մեքենան նեկ ցիկլի ժամանակ կատարում է  $A=37$  կԶ աշխատանք: Ընդ որում նա ջերմությունը վերցնում է  $t_2 = -10^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանը ունեցող նարմնից և տալիս  $t_1 = 17^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանը ունեցող նարմնին: Գտնել ցիկլի  $OQdA$ -ն, նեկ ցիկլի ընթացքում սառը նարմնից խլված  $Q$  ջերմության քանակը և նեկ ցիկլի ընթացքում տաք նարմնին հաղորդված  $Q_1$  ջերմության քանակը:

5-202. Իդեալական սառեցնող մեքենան աշխատում է րոպես ջերմացնող սառեցնող հակառակ պարունակությունում պահպան պահպան այս ջերմությունը կազմում է  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան ունեցող ջրից և հաղորդում  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան ունեցող օդին: Գտնել՝ ա)  $\eta_1$ , գործակիցը՝ ժամանակի որոշումը միջակայքում օդին հաղորդված ջերմության քանակի հարաբերությունը այդ նույն ժամանակի ընթացքում ջրից վերցված ջերմության քանակին. բ)  $\eta_2$  գործակիցը՝ ժամանակի որոշում միջակայքում ջրից վերցված ջերմության քանակի հարաբերությունը այդ նույն ժամանակի ընթացքում մեքենայի աշխատանքի համար ծախսված էներգիային ( $\eta_2$  գործակիցը կոչվում է մեքենայի հովացնան գործակից): գ)  $\eta_3$  գործակիցը՝ ժամանակի որոշում միջակայքում մեքենայի աշխատանքի համար ծախսված էներգիայի հարաբերությունը այդ նույն ժամանակի ընթացքում օդին հաղորդված ջերմության քանակին ( $\eta_3$  գործակիցը ցիկլի ՕԳ-ն է): Գտնել  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  գործակիցների միջև եղած առնչությունը:

5-203. Կարնոյի հակառակ ցիկլով աշխատող իդեալական սառեցնող մեքենան  $t_2=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան ունեցող ջրային սառնարարանից ջերմությունը հաղորդում է  $t_1=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան ունեցող եռացուցչին: Ի՞նչ քանակությամբ ջուր պետք է սառեցնել սառնարարանում, որպեսզի  $t_1=1$  կգ ջուրը եռացնելու վերաբերյալ գոլորշու:

5-204. Շենքը տաքացվում է Կարնոյի հակառակ ցիկլով աշխատող սառեցնող մեքենայով: Քանի անգամ է վառարանում այրվող փայտից շենքի սառցած  $Q$  ջերմության քանակը փոքր սառեցնող մեքենայի կողմից շենքին տրված  $Q'$  ջերմության քանակից, եթե վերջինս գործի է դրվում փայտի նույն քանակությունը օգտագործող ջերմային մեքենայի օգնությամբ: Զերծային շարժիչը աշխատում է  $t_1=100^\circ\text{C}$  և  $t_2=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանների միջակայքուն. Շենքում պահանջվում է պահպանել  $t_1=16^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան: Շրջապատի օդի ջերմաստիճանը  $t_2=-10^\circ\text{C}$ :



Ակ. 9

5-205. Իդեալական շղթաներենայի աշխատանքային ցիկլը պատկերված է Ակ. 9-ում: Կարսայից գլան գոլորշու մուտք գործելու սկզբում ճնշումը հաստատուն ծավալի տակ ( $V=\text{const}$ ) աճում է  $P_0$ -ից մինչև  $P_2$  (AB ճյուղ): Գոլորշու հետագա մուտքի ժամանակ միտոց շարժվում է ձայից աջ (BC ճյուղ):  $P_1=\text{const}$  հաստատուն ճնշնան տակ, դեպի աջ միտոց հետագա շարժման ժամանակ գոլորշու մուտքը կարսայից դեպի գլան ընդհատվում է. տեղի է ունենում աղիաբատ ընդարձակում (CD ճյուղ) մինչև  $V_2$  ծավալ: Միտոցի աջ ծայրագույն դիրքում գոլորշին գլանից դուրս է գալիս դեպի սառնարան, ճնշումը  $V_2=\text{const}$  պայմաններում ընկնում է մինչև  $P_0$  (DE ճյուղ): Նետարած շարժման ժամանակ միտոց մնացած գոլորշին դուրս է մոդում  $P_0=\text{const}$  հաստատուն ճնշնան պայմաններում, այդ դեպքում ծավալը փոքրանում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2$  (EA ճյուղ): Գտնել այդ մեքենայի կատարած աշխատանքը յուրաքանչյուր ցիկլի ընթացքում. եթե  $V_0=0.5 \text{ l}$ ,  $V_1=1.5 \text{ l}$ ,  $V_2=3.0 \text{ l}$ ,  $P_0=0.1 \text{ MPa}$ ,  $P_1=1.2 \text{ MPa}$  և աղիաբատի գուցիչը  $\chi=C_p/C_v=1.33$ :

5-206.  $P=14.7$  կՎտ հզրությամբ շոգեներենան  $t=1$  ժամանակում ժամանակ ծախսում է  $t=8.1$  կգ քարածում՝  $q=33 \text{ kJ}/\text{կգ} \cdot \text{այրման}$  տեսակարար ջերմությամբ: Կարսայի ջերմաստիճանը՝  $t_1=200^\circ\text{C}$ , սառնարանի ջերմաստիճանը՝  $t_2=58^\circ\text{C}$ : Գտնել մեքենայի փաստացի դիրքը և այն համեմատել Կարնոյի ցիկլով այդ ջերմաստիճանների միջև աշխատող իդեալական ջերմային մեքենայի դիրքը:

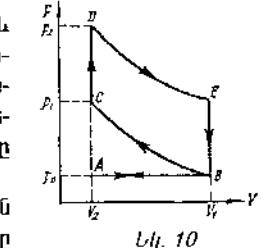
5-207.  $P=14.7$  կՎտ հզրություն ունեցող շոգեներենան ունի  $S=0.02 \text{ m}^2$  մխոցի մակերես և  $h=45 \text{ սմ}$  մխոցի քայլ: BC հզրությար պրոցեսը (Ակ. 9) տեղի է ունենում մխոցի քայլի մեկ երրորդով շարժման ժամանակ:  $V_0$  ծավալը  $V_1$  և  $V_2$  ծավալների համեմատ անտեսել: Ծոգու ճնշումը կարսայում  $P_1=1.6 \text{ MPa}$  է, սառնարանում  $P_2=0.1 \text{ MPa}$ : Քանի ցիկլի է կատարում մեքենան  $t=1$  րում, եթե աղիաբատի գուցիչը  $\chi=C_p/C_v=1.3$  է:

5-208. Կարբուրատորային և գազային ներքին այրման քառատակու շարժիչի ցիկլը պատկերված է Ակ. 10-ում: Միտոցի առաջին քայլի

ժամանակ գլանի մեջ ներծծվում է վառելանյութ (կարբուրատորային շարժիչներում այրվող խառնուրդն իրենից ներկայացնում է բենզինի գուլորշիների և օդի խառնուրդ, որը պատրաստվում է կարբուրատորներում, իսկ գազային շարժիչներում գազ-օդ բանող խառնուրդը մուտք է գործում գազագեներատորային սարքից), ընդ որում  $P_0=\text{const}$  և ծավալը մեծանում է  $V_2$ -ից մինչև  $V_1$  (AB ճյուղ): Միտոցի երկրորդ քայլի ժամանակ վառելանյութին աղիաբատ կերպով սեղմում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2$ , այդ դեպքում ջերմաստիճանը աճում է  $T_0$ -ից մինչև  $T$  և ճնշումը՝  $P_0$ -ից մինչև  $P_1$  (BC ճյուղ): Այսուհետեւ տեղի է ունենում վառելանյութի բռնկում, ինչից հետևանքով ճնշումը մեծանում է  $P_1$ -ից մինչև  $P_2$  հաստատուն ծավալի՝  $V_2=\text{const}$  պայմաններում ու ջերմաստիճանը աճում է  $T_1$ -ից մինչև  $T_2$  (CD ճյուղ): Միտոցի երրորդ քայլը վառելանյութի աղիաբատ ընդարձակում է  $V_2$ -ից մինչև  $V_1$ , ջերմաստիճանը ճնշում է մինչև  $T_3$  (DE ճյուղ-աշխատանքային քայլ): Միտոցի ծայրագույն դիրքում (E կետ) քացվում է բացքողնման փականը, ճնշումն ընկնում է  $V_1=\text{const}$  պայմաններում մինչև  $P_0$  (EB ճյուղ): Միտոցի չորրորդ քայլը հզրությար սեղմումն է (BA ճյուղ-բանեցրած գազի արտադրում): Գտնել ցիկլի դիրքը և աղիաբատի գուցիչը՝  $\gamma=1.33$ :

5-209. Կարբուրատորային ներքին այրման շարժիչի գլաններում գազը պոլիտրոպ կերպով սեղմում է մինչև  $V_2=V_1/6$ : Սկզբնական ճնշումը՝  $P_1=90 \text{ kPa}$ , սկզբնական ջերմաստիճանը՝  $t_1=127^\circ\text{C}$ : Գտնել գլաններում սեղմումից հետո գազի  $P_2$  ճնշումը և  $t_2$  ջերմաստիճանը: Պոլիտրոպի գուցիչը՝  $n=1.3$ :

5-210. Կարբուրատորային ներքին այրման շարժիչի գլաններում գազը պոլիտրոպ կերպով ընդարձակվում է այնպես, որ սեղմումից հետո գազի ջերմաստիճանը դառնում է հալվասար  $t_2=427^\circ\text{C}$ : Գազի սկզբնական ջերմաստիճանը՝  $t_1=140^\circ\text{C}$ : Սեղման աստիճանը՝  $V_1/V_2=5.8$ : Գտնել պոլիտրոպի գուցիչը:



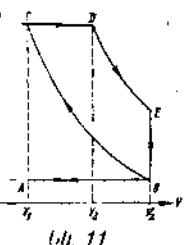
Ակ. 10

5-211. Կարբյուրատորային ներքին այրման շարժիքի գլանի տրամագիծը  $D=10$  սմ, միոցի քայլը  $t=11$  սմ: Ինչպիսի՞ Վ ծավալ պետք է ունենա սեղման խուզը, եթե հայտնի է, որ գազի սկզբնական ջերմաստիճանը  $t_1=127^{\circ}\text{C}$ , ճնշումը  $P_1=0,1 \text{ UPa}$  և սեղմումից հետո խցում վերջնական ճնշումը՝  $P_2=1 \text{ UPa}$ : Ինչպիսի՞ կիմի գազի  $t_2$  ջերմաստիճանը խցում սեղմումից հետո: Գտնել սեղման ժամանակ կատարված  $A$  աշխատանքը: Պոլիմորփի ցուցիչը՝  $n=1,3$ :

5-212. Գտնել կարբյուրատորային ներքին այրման շարժիքի դաշտը  $V_1/V_2=4$ , եթե պոլիտրոպի ցուցիչը՝  $n=1,3$  և ստրինան աստիճանը՝  $\alpha$   $V_1/V_2=4$ ,  $\beta$   $V_1/V_2=6$ ,  $\gamma$   $V_1/V_2=8$ :

5-213.  $P=735,5 \text{ kPa}$  Կտ հզրությամբ կարբյուրատորային շարժիքը  $t=1$  ժի ընթացքում ծախսում է նվազագույն  $m=265$  գ զանգիւսով բենզին: Գտնել բենզինի կորուստը շիման, ջերմահաղորդականության վրա և այլն: Սեղման աստիճանը՝  $V_1/V_2=6,2$ : Բենզինի այրման տեսակարգը ջերմությունը՝  $q=46 \text{ UQ/kg}$ : Պոլիմորփի ցուցիչը՝  $n=1,2$ :

5-214. Դիզելի քառատակտ շարժիքի ցիկլը պատկերված է նկ. 11-ում:  $AB$  ճյուղ՝ - գլանների մեջ ներծփում է օդ ( $P_0=0,1 \text{ UPa}$ ):  $BC$  ճյուղ՝ - օդը աղիաբատ սեղմփում է մինչև  $P_1$  ճնշում: Սեղման տակտի վերջում գլանների մեջ է սրակվում վառելանյութ, որը բռնկվում է տաք օդում և այրվում, այդ դեպքում միացը շարժփում է դեպի աջ, նախ՝ իզոբրար (CD ճյուղ), ապա՝ աղիաբատ (DE ճյուղ): Աղիաբատ ընդարձակման վերջում բացվում է արտաքողի փականը, ճնշումը ընկնում է մինչև  $P_0$  (EB ճյուղ): Միացի դեպի ձախ շարժմելու ժամանակ խառնություն է գանձներից (BA ճյուղ): Գտնել դիզելի շարժիքի ՕԳԳ:



Նկ. 11

5-215. Դիզելի ներքին այրման շարժիքն ունի  $\epsilon=16$  աղիաբատ սեղման և  $\delta=6,4$  աղիաբատ ընդարձակման աստիճան: Է՞նչ նվազագույն դանգվածով նայել է ծախսում  $P=36,8 \text{ kPa}$  կտ հզրությամբ շարժիքը  $t=1$  ժի ընթացքում: Աղիաբատի ցուցիչը՝  $n=1,3$ : Նավի այրման տեսակարգը ջերմությունը՝  $q=46 \text{ UQ/kg}$ :

5-216. Գտնել  $m=10$  գ զանգվածով սառույցը ( $t=-20^{\circ}\text{C}$ ) գոլորշու ( $t_g=100^{\circ}\text{C}$ ) փոխարկելիս էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

5-217. Գտնել  $m=10$  գ զանգվածով ջուրը ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ) գոլորշու ( $t_g=100^{\circ}\text{C}$ ) փոխարկելու ժամանակ էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

5-218. Գտնել  $m=1$  կգ սառույցի ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ) հալման ժամանակ էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

5-219.  $m=640$  գ զանգվածով էնալ հալման ջերմաստիճանում գտնվող կապար լցին սառույցի վրա ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ): Գտնել այդ պրոցեսի ընթացքը էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

5-220. Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը, եթե  $t_1=80^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի ու  $t=8$  գ զանգվածով թթվածինը  $V_1=10 \text{ l}$  ծավալից ընդարձակվում է մինչև  $V_2=40 \text{ l}$  ծավալ՝  $t=300^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

5-221. Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը, եթե  $t=6$  գ զանգվածով ջրածինը  $V_1=20 \text{ l}$  ծավալից  $P_1=150 \text{ kPa}$  ճնշման տակ անցնում է  $V_2=60 \text{ l}$  ծավալից  $P_2=100 \text{ kPa}$  ճնշման տակ:

5-222.  $t=6,6$  գ զանգվածով ջրածինը կորուր կերպով ընդարձակվում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2=2V_1$  ծավալ: Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը ընդարձակման ժամանակ:

5-223. Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը  $t=6$  գ զանգվածով եելիումի իզոբրար ընդարձակման ժամանակ  $V_1=10 \text{ l}$  ծավալից մինչև  $V_2=25 \text{ l}$  ծավալ:

5-224. Գտնել  $m=6$  գ զանգվածով ջրածնի էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը իզոբրերմ ընդարձակման ժամանակ  $P_1=100 \text{ kPa}$ -ից մինչև  $P_2=50 \text{ kPa}$  ճնշում:

5-225.  $m=10,5$  գ զանգվածով ագոտը իզոբրերմ ընդարձակվում է  $V_1=2 \text{ l}$ -ից մինչև  $V_2=5 \text{ l}$  ծավալ: Գտնել այդ պրոցեսի ընթացքը էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

5-226.  $m=10$  գ զանգվածով թթվածինը տաքանում է  $t_1=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանից մինչև  $t_2=150^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճան: Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը, եթե տաքացումը տեղի է ունենում՝ ա) իզոբրերմ, բ) իզոբրար կերպով:

5-227.  $\nu=1$  կնու երկատուն գազի տաքացման ժամանակ նրա ջերմադիմիկական ջերմաստիճանը մեծանում է  $T_1$ -ից մինչև  $T_2=1,5 T_1$ : Գտնել էնտրոպիայի փոփոխությունը, եթե տաքացումը տեղի է ունենում ա) իզոխոր, բ) իզոբրար կերպով:

5-228.  $m=22$  գ զառուն տաքացման հետևանքով նրա ջերմադիմական ջերմաստիճանը մեծացավ  $T_1$ -ից մինչև  $T_2=1,2 T_1$ . իսկ էնտրոպիամ՝  $\Delta S=4,19 \text{ J/g-K}$ : Ի՞նչ պարաներում է կատարվել զառուն տաքացումը (հաստատուն ծավալից, թե հաստատուն ճնշման տակ):

5-229. Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը 5-194 խորի պայմաններում գազը  $A$  վիճակից Յ վիճակից անցնելու ժամանակ (տես նկ. 8): Եթե անցունը կատարվում է ա) ABC տեղամատով, բ) ADB տեղամատով:

5-230.  $t_1=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P_1=98 \text{ kPa}$  ճնշման տակ գտնվող  $V_1=1 \text{ m}^3$  ծավալով օդը իզոբրերմ կերպով ընդարձակվում է  $V_1$ -ից մինչև  $V_2=2V_1$  ծավալ: Գտնել էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը այդ պրոցեսի ժամանակ:

5-231. Կարնոյի ցիկլում երկու աղիաբատների միջև ընկած տեղամատուն էնտրոպիայի փոփոխությունը՝  $\Delta S=4,19 \text{ J/g-K}$ : Երկու իզոբրերների միջև ջերմաստիճանների տարրերությունը՝  $\Delta T=100 \text{ K}$ : Այդ ցիկլի ընթացքը ի՞նչ քանակությամբ է փոփակվում աշխատանքի:

## §6. ԻՐԱԿԱՆ ԳԱԶԵՐ

Իրական գազերի վիճակի հավասարումը (Վան-դեր-Վաալսի հավասարումը) 1 մոլ գազի համար ունի

$$(P + \frac{a}{V^2}) (V_0 - b) = RT$$

տեսքը, որտեղ  $V_0$ -ն գազի նորային ծավալն է,  $a$ -ն և  $b$ -ն հաստատումներ են, որոնք տարբեր գազերի համար տարբեր են,  $P$ -ն ճնշումն է,  $T$ -ն ջերմառինամիկական ջերմաստիճանը,  $R=8,31411 \text{ J}/\text{մոլ}\cdot\text{K}$ -ը գազային հաստատումը:

Վան-դեր-Վաալսի հավասարումը ցանկացած ու զանգվածով գազի համար ունի

$$(P + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}) (V - \frac{m}{\mu} b) = \frac{m}{\mu} RT$$

տեսքը, որտեղ  $V$ -ն ամբողջ գազի ծավալն է,  $m$ -ն գազի մոլային զանգվածը: Այս հավասարման մեջ  $\frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} = P_1$ -ն ճնշումն է պայմանավորված մոլեկուլների փոխազդեցության ուժերով,  $\frac{m}{\mu} b = V_1$ -ն ծավալն է պայմանավորված մոլեկուլների սեփական ծավալներով:

Տվյալ գազի  $a$  և  $b$  հաստատումները կապված են նրա  $T_1$  կրիտիկական ջերմաստիճանի,  $P_1$  կրիտիկական ճնշման և  $V_{01}$  կրիտիկական նորային ծավալի հետ հետևյալ առնչություններով:

$$V_{01} = 3b, \quad P_1 = \frac{a}{27b^2}, \quad T_1 = \frac{8a}{27bR}.$$

Այս հավասարումները կարելի է լուծել և կ հաստատուների նկատմամբ.

$$a = \frac{27T_1^2 R^2}{64P_1}, \quad b = \frac{T_1 R}{8P_1};$$

Եթե մոցներ բերված մեծությունները

$$\tau = T/T_1, \quad \pi = P/P_1, \quad \omega = V_0/V_{01},$$

ապա Վան-դեր-Վաալսի հավասարումը մեկ մոլ գազի համար կը նույնի հետևյալ տեսքը.

$$(\pi + \frac{3}{\omega^2})(3\omega - 1) = 8\tau;$$

6-1. Վան-դեր-Վաալսի հավասարման մեջ մտնող ա և  $b$  հաստատումները ի՞նչ միավորներով են արտահայտվում SI համակարգում:

6-2. Օգտվելով որոշ գազերի  $T_1$  և  $P_1$  կրիտիկական մեծություններից (տե՛ս աղ. VII) գտնել Վան-դեր-Վաալսի հավասարման մեջ մտնող ա և  $b$  հաստատումները այդ գազերի համար:

6-3. Ի՞նչ Տ ջերմաստիճան ունի  $m=2$  կգ զանգվածով ազոտը, որը  $P=0,2$  ՄՊա ճնշման տակ գրաղեցնում է  $V=820$  մմ<sup>3</sup> ծավալ: Գազը դիտարկել որպես՝ ա) իդեալական, բ) իրական:

6-4. Ի՞նչ Տ ջերմաստիճան ունի  $m=3,5$  գ բրվածինը, որը  $P=2,8$  ՄՊա ճնշման տակ գրաղեցնում է  $V=90$  մմ<sup>3</sup> ծավալ: Գազը դիտարկել որպես՝ ա) իդեալական, բ) իրական:

6-5.  $m=10$  գ զանգվածով հելիումը  $P=100$  ՄՊա ճնշման տակ գրաղեցնում է  $V=100$  մմ<sup>3</sup> ծավալ: Գանել գազի ջերմաստիճանը՝ համարելով այն՝ ա) իդեալական, բ) իրական:

6-6.  $n=1$  կմոլ քանակությամբ ածխաթթու գազը գտնվում է  $t=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել գազի  $P$  ճնշումը համարելով այն՝ ա) իրական, բ) իդեալական: Խնդիրը լուծել  $V_1=1$  մ<sup>3</sup> և  $V_2=0,05$  մ<sup>3</sup> ծավալների համար:

6-7.  $V=0,5$  մ<sup>3</sup> ծավալով փակ անորում գտնվում է  $t=0,6$  կմոլ քանակով ածխաթթու գազ՝  $P=3$  ՄՊա ճնշման տակ: Օգտվելով Վան-դեր-Վաալսի հավասարումից՝ գտնել, թե քանի՞ անգամ պետք է մեծացնել գազի ջերմաստիճանը, որպեսզի ճնշումը մեծանալ երկու անգամ:

6-8.  $n=1$  կմոլ բրվածինը գտնվում է  $t=270^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=100$  ԿՊա ճնշման տակ: Գտնել գազի  $V$  ծավալը՝ համարելով, որ տվյալ պայմաններում բրվածինը իրեն պահում է որպես իրական գազ:

6-9.  $n=1$  կմոլ ազոտը գործում է  $t=270^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=5$  ՄՊա ճնշման տակ: Գտնել գազի  $V$  ծավալը՝ համարելով, որ տվյալ պայմաններում ազոտը իրեն պահում է որպես իրական գազ:

6-10. Գտնել բրվածինի նոյնությունը՝ գործող տրամագիծը՝ բրվածինի կրիտիկական  $T_1$  և  $P_1$  մեծությունները համարելով հայտնի:

6-11. Գտնել ազոտի մոլեկուլի և գործող տրամագիծը երկու եղանակով. ա) ըստ նորմայ պայմաններում նոյնությունը ազատ վազքի միջին երկարության տրված արժեքի՝  $\bar{x}=95$  նմ. բ) ըստ Վան-դեր-Վաալսի հավասարման մեջ մտնող ա և  $b$  հաստատումի հայտնի արժեքի:

6-12. Գտնել ածխաթթու գազի նորմաների ազատ վազքի  $\bar{x}$  երկարությունը նորմայ պայմաններում: Սոլեկուլի և գործող տրամագիծը հաշվել ածխաթթու գազի  $T_1$  և  $P_1$  կրիտիկական արժեքները համարելով հայտնի:

6-13. Գտնել հելիումի դիֆուզիայի Ծ գործակիցը  $P=150$  ԿՊա ճնշման տակ և  $t=170^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Յաշվել հելիումի ատոմի և գործող տրամագիծը՝ հելիումի  $T_1$  և  $P_1$  կրիտիկական արժեքները համարելով հայտնի:

6-14. Կառուցել  $P=F$  (v) իզոբրենորը  $v=1$  կմոլ ածխաթրու գազի համար՝  $t=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գազը դիտարկել որպես ա) իդեալական, բ) իրական: V ծավալի արժեքները (արտահայտված  $/ \text{mоль-л}^{-1}$ ) իրական գազի համար վերցնել՝ 0,07, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16, 0,18, 0,20, 0,25, 0,30, 0,35 և 0,40, իսկ իդեալական գազի համար՝  $0,2 \leq V \leq 0,4 / \text{моль}$  միջակայքում:

6-15. Գտնել նորմալ պայմաններում գտնվող  $v=1$  կմոլ գազի  $P$ , ճնշումը՝ պայմանավորված մոլեկուլների փոխազդեցության ուժերով: Այդ գազի կրիտիկական ջերմաստիճանը և կրիտիկական ճնշումը հավասար են՝  $T_c=417 \text{ К}$  և  $P_c=7,7 \text{ УПա-ի}$ :

6-16. Զքածնի համար մոլեկուլների միջև փոխազդեցության ուժերը աննշան են, գերազանց դեր են խաղում մոլեկուլների սեփական չափերը: Գրել այդպիսի կիսադիեալական գազի փիմակի հավասարումը: Ինչպիսի՞ սխալ ենք թույլ տալիս  $t=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում և  $P=280 \text{ УПա}$  ճնշման տակ որոշ ծավալում գտնվող ջրածնի և կիլոնոլերի թիվը որոշելիս հաշվի չափներով մոլեկուլների սեփական ծավալը:

6-17.  $V=10 \text{ л}$  ծավալով անօրում գտնվում  $t=0,25 \text{ К}$  գգ ազու  $t=27^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գազի գործադրած ճնշման ո՞ր մասն է կազմում մոլեկուլների փոխազդեցությամբ պայմանավորված ճնշումը: Անորի ծավալի ո՞ր մասն է կազմում մոլեկուլների սեփական ծավալը:

6-18. Որոշ գազի  $v = 0,5$  կմոլ- $\text{л}$  գրավում է  $V_1=1 \text{ м}^3$  ծավալ: Գազի մինչև  $V_2=1,2 \text{ м}^3$  ծավալ ընդարձակման ժամանակ մոլեկուլների փոխազդեցության ուժերի դեմ կատարվեց  $A=5,684 \text{ Кг}$  աշխատանք: Գտնել Վան-դեր-Վալսի հավասարման մեջ նտնող ա հաստատումը:

6-19.  $m=20 \text{ կգ}$  զանգվածով ազություն աղիաբատ ընդարձակվում է  $V_1=1 \text{ м}^3$  ծավալից մինչև  $V_2=2 \text{ м}^3$  ծավալ: Գտնել ջերմաստիճանի  $\Delta T$  փոքրացումն այդ ընդարձակման ժամանակի համարելով Վան-դեր-Վալսի հավասարման մեջ նտնող ա հաստատումը հայտնի: (տե՛ս 6.2-ի պատասխանը):

6-20. Եռատոն գազի  $v=0,5$  կմոլ քանակը վակուումում աղիաբատ ընդարձակվում է  $V_1=0,5 \text{ м}^3$  ծավալից մինչև  $V_2=3 \text{ м}^3$  ծավալ: Այդ դեպքում գազի ջերմաստիճանը նվազում է  $\Delta T=12,2 \text{ К}$  չափով: Գտնել Վան-դեր-Վալսի հավասարման մեջ նտնող ա հաստատումը:

6-21.  $\text{H}_2\text{S}$  P ճնշում պետք է գործադրել, որպեսի ածխաթրու գազը վերածվի հեղուկ ածխաթթվի  $t_1=31^{\circ}\text{C}$  և  $t_2=30^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճաններում: Ինչպիսի՞  $V_{\max}$  առավելագույն ծավալ կարող է գրանցենալ  $m=1 \text{ կգ}$  գանգվածով հեղուկ ածխաթթուն: Ինչպիսի՞ն է հեղուկ ածխաթթվի հագեցած գործիքների  $P_{\max}$  ճնշումը:

6-22. Գտնել ջրային գոլորշիների  $P$  կ խտությունը կրիտիկական

վիճակում: Երա հաճար հաճարելով հայտնի Վան-դեր-Վալսի հավասարման մեջ մտնող ե հաստատումը (տե՛ս 6.2-ի պատասխանը):

6-23. Գտնել հելիումի  $P$  կ խտությունը կրիտիկական վիճակում համարելով հելիումի համար հայտնի  $T_c$  և  $P_c$  կրիտիկական արժեքները:

6-24.  $v=1$  կմոլ քանակությամբ թթվածինը զբաղեցնում է  $V=56 \text{ լ}$  ծավալ՝  $P=93 \text{ УПա}$  ճնշման տվյալի: Գտնել գազի է ջերմաստիճանը օգտվելով Վան-դեր-Վալսի հավասարումից:

6-25.  $v=1$  կմոլ քանակությամբ հելիումը զբաղեցնում է  $V=0,237 \text{ մ}^3$  ծավալը՝  $-200^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել գազի  $P$  ճնշումը օգտվելով Վան-դեր-Վալսի հավասարումից արտահայտված բերված մեծություններով:

6-26. Քանի՞ անգամ է գազի ճնշումը մեծ երա կրիտիկական ճնշումից, եթե հայտնի է, որ նրա ծավալը ու ջերմաստիճանը երկու անգամ մեծ են այդ մեծությունների կրիտիկական արժեքներից:

## §7. ՀԱԳԵՑԱԾ ԳՈԼՈՐՉԻՆԵՐ ԵՎ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐ

Բացարձակ  $P$  խոնավություն կոչվում է օդում գտնվող ջրային գոլորշիների մասնական ճնշումը: Հարաբերական խոնավություն կոչվում է  $P$  խոնավության հարաբերությունը տվյալ ջերմաստիճանում տարածությունը հագեցնող ջրային գոլորշիների  $P_h$  մասնական ճնշմանը:

Պոլորժիացնան (շրջագործական) տեսակարար ու ջերմություն կոչվում է ջերմության այն քանակը, որն անհրաժեշտ է հեղուկի միավոր գանգվածը հաստատուն ջերմաստիճանում գոլորշու փոխարկելու համար:

Գոլորժիացնան նույնին ջերմությունը՝

$$r_0 = \mu \text{г.}$$

որտեղ  $\mu$ -ն նույնին գանգվածն է:

Հագեցած գոլորշու  $P_h$  ճնշման կախումը ջերմաստիճանից տրվում է Կլաուզիուս-Կլապեյրոնի հավասարումով՝

$$\frac{dP_h}{dT} = \frac{r_0}{T(V_{\text{զծ}} - V_{h\delta})},$$

որտեղ  $V_{\text{զծ}}$  և  $V_{h\delta}$ -ը գոլորշու և հեղուկի նույնին ծավալներն են:

Տաքացնան ժամանակ հեղուկի ծավալի հարաբերական փոփոխությունը

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T,$$

որտեղ  $\beta \approx 10^{-4} \text{ л}$  ծավալային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակիցն է:

Յնշման փոփոխության ժամանակ հեղուկի ծավալի հարաբերական փոփոխությունը՝

$$\frac{\Delta V}{V} = -K \Delta P,$$

որտեղ  $K$  ( $\text{Պա}^{-1}$ )-ը սեղմելիությունն է:

ա)  $|N|$  ճակերևութային լարումը թվապես հավասար է քաղանքի եզրի միավոր երկարության վրա ազդող ուժին.

$$\alpha = F/\ell :$$

Հեղուկի քաղանքի ճակերեսը  $\Delta S$  չափով փոխնիւս կատարվում է հետևյալաշխատանքը՝

$$\Delta A = \alpha \Delta S :$$

Հեղուկի ճակերևութիւնը կորության հետևանքով առաջացած լրացուցիչ ճնշումը որոշվում է Լապլասի բանաձևով.

$$\Delta P = \alpha \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

որտեղ  $R_1$ -ը և  $R_2$ -ը հեղուկի ճակերեսութիւնը երկու փոխուղղահայաց հատույթների կորության շառավիղներն են:  $R$  շառավիղը համարվում է դրական, եթե կորության կենտրոնը գտնվում է հեղուկի ներսում (ուռուցիկ մենիսկ) և քացանական, եթե կորության կենտրոնը գտնվում է հեղուկից դուրս (գոգավոր մենիսկ):

Մազական խողովակում հեղուկի բարձրությունը՝

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{\rho g},$$

որտեղ  $\rho$ -ը խողովակի շառավիղն է,  $\rho$ -ը հեղուկի խոռությունը,  $\theta$  կամ 0-0° եզրային անկյունը: Արիվ թրջնան դեպքում  $\theta=0$ , լրիվ չթրջնան դեպքում  $\theta=\pi$ :

Հագեցած գոլորշիների  $P_h$  ճնշումը հեղուկի գոգավոր ճակերեսութիւնը վրա ավելի փոքր է, իսկ ուռուցիկի վրա ավելի մեծ, քան հարթ ճակերեսութիւնը վրա եղած  $P_h$  ճնշումը: Երացուցիչ ճնշումը՝

$$\Delta P_h = P_h' - P_h = \pm \frac{2\alpha \rho h}{\rho R},$$

որտեղ  $\rho$ -ն հեղուկի խոռությունն է,  $r_h$ -ը՝ հեղուկի հագեցած գոլորշիների խոռությունը,  $R$ -ը՝ հեղուկի ճակերեսութիւնը կորության շառավիղը:

Լուծույթի  $P$  օսմոտիկ ճնշումը  $T$  չերմագինամիկական չերմաստիճանի հետ կապված է Վանտ-Յոֆֆի բանաձևով՝

$$P = CRT,$$

որտեղ  $R$ -ը գազային հաստատումն է,  $C$  ( $\text{մոլ}/\text{մ}^3$ ) =  $m/\mu V \cdot N$  լուծույթի մոլային կոնցենտրացիան է (լուծված նյութի քանակությունը լուծույթի միավոր ծավալում):

Տարրաբաժանվող մոլեկուլներով նյութի լուծույթների համար

$$C = \frac{m}{\mu V} = \frac{N}{N_A},$$

որտեղ  $N_A$ -ն Ավոգադրովի հաստատումն է,  $N$ -ը լուծված նյութի մոլեկուլների քանակն է միավոր ծավալում: Տարրաբաժանման առկայության դեպքում միավոր ծավալում մասնիկների թիվը կլինի ավելի մեծ, ինչը կհանգեցնի օսմոտիկ ճնշման ավելացման:

Հագեցած գոլորշիների ճնշումը լուծույթի վրա փոքր է մաքուր լուծիչի վրա եղած ճնշումից: Լուծույթի բավականաչափ փոքր կոնցենտրացիայի դեպքում նրա վրա հագեցած գոլորշիների ճնշման հարաբերական փոքրացումը որոշվում է Ռաուլի բանաձևով.

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{v'}{v + v'},$$

որտեղ  $P_0$ -ն հագեցած գոլորշու ճնշումն է ճաքուր լուծիչի վրա,  $P$ -ն՝ հագեցած գոլորշու ճնշումը լուծույթի վրա,  $v'$ -ը լուծված նյութի քանակն է,  $v$ -ն՝ հեղուկի քանակը: Հեղուկների մածուցիկության երևույթին վերաբերող խոդիրները գետեղված են գլուխ լ-ի §4-ում.

7-1. Աղ. VIII-ում տրված է տարածությունը հագեցնող ջրային գոլորշիների ճնշումը տարբեր չերմաստիճաններում: Այդ տվյալներից ինչպես կազմել տարբեր չերմաստիճանների համար  $V=1$   $\text{մ}^3$  ծավալում հագեցնող ջրային գոլորշիների ու զանգվածի այլուսակ: Որպես օրինակ խմնիրը լուծել  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի համար:

7-2. Գտնել հագեցնող ջրային գոլորշիների  $P$  ի խոռությունը  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

7-3. Բանի՝ անգամ է հագեցած ջրային գոլորշիների թիւ խոռությունը  $t=16^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում փոքր քիչ ը խտությունից:

7-4. Բանի՝ անգամ է հագեցած ջրային գոլորշիների թիւ խոռությունը  $t_1=200^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում մեծ հագեցած ջրային գոլորշիների թիւ խոռությունից  $t_2=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

7-5. Ջրային գոլորշու ի՞նչ ու զանգված է պարունակվում  $V=1$   $\text{մ}^3$  ծավալով օդում ամուան օդը  $t=30^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի և օդի  $\omega=0,75$  հարաբերական խոնավության դեպքում:

7-6.  $V=1$  մ<sup>3</sup> լիակ ժավալում օդի հարաբերական խոնավությունը  $\omega = 0,6$ , եթե  $t=20^{\circ}\text{C}$ : Ինչպիսի՞ և ու զանգվածով ջուր պետք է գոլորշիացա այդ ծավալում, որպեսզի ջրային գոլորշին դառնա հագեցնող:

7-7. Մենյակի ջերմաստիճանը  $t_1=18^{\circ}\text{C}$  է, հարաբերական խոնավությունը  $\omega = 0,5$ : Մետաղյա թերմիկի մեջ լցրին սառը ջուր: Զրի ինչպիսի՞ է ջերմաստիճանի դեպքում թերմիկը կրաքարի քրոտնել:

7-8. Գտնել միավոր ծավալում պարունակվող հագեցնող ջրային գոլորշիմերի մոլեկուլների ո թիվը  $t=30^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

7-9.  $\omega=0,5$  գ զանգվածով ջրային գոլորշինը  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում գրավում են  $V_1=10$  լ ծավալ: Ինչպիսի՞ն է այդ դեպքում ո հարաբերական խոնավությունը: Ինչպիսի՞ / ո զանգվածով գոլորշի կրտանա, եթե ծավալը իզոթերմ փոքրացնենք  $V_1$  ից մինչև  $V_2=V_1/2$ :

7-10.  $V_1=1$  լ ծավալով Վիլսոնի խցիկում պարփակված է ո՛ հացեցված ջրային գոլորշիմերով: Խցիկի սկզբնակրնիս ջերմաստիճանը  $t_1=20^{\circ}\text{C}$ : Միտքի շարժման ժամանակ խցիկի ծավալը մեծացավ մինչև  $V_1=1,25V_1$ : Ընդարձակությ համարել աղիաբատ, իներ որում աղիաբատի ցուցիչը  $\chi = C_p/C_v=1,4$ : Գտնել ա) ջրային գոլորշիմերի  $\rho_1$  խոռությունը մինչև ընդարձակվելը, բ) խցիկում ջրային գոլորշիմերի  $\tau_1$  զանգվածը մինչև ընդարձակվելը, գ) ջրային գոլորշիմերի  $\tau_1$ , խոռությունը մինչև ընդարձակվելը, դ) գոլորշու  $t_1$  ջերմաստիճանում ընդարձակվելուց հետո (ջերմաստիճանի փոփոխությունը խոտանակ ջերմության անջատման պատճառով անտեսնել): Ե) խոտացած գոլորշիմերի զանգվածը, զ) ջրային գոլորշիմերի  $\rho_1$ , խոռությունը խոտացումից հետո, է) գերիագեցնան աստիճանը, այսինքն ընդարձակվելուց հետո (բայց մինչև խոտացումը) ջրային գոլորշիմերի խոռության հարաբերությունը այն ջրային գոլորշիմերի խոռությանը, որոնք հագեցնում են տարածությունը խոտացումից հետո հաստատված ջերմաստիճանում:

7-11. Գտնել ջրի  $V$  տեսակարար ծավալը հեղուկ և գոլորշիացած վիճակներում նորմայ պայմաններում :

7-12. Օգուվելով ջերմաստիճանմիկայի առաջին օրենքից ու աղ. VII-ի և VIII-ի տվյալներից գտնել ջրի գոլորշիացման ո տեսակարար ջերմությունը  $t=200^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Զրի համար կրիտիկական ջերմաստիճանը  $T_{\text{կ}}=647$  Կ, կրիտիկական ճնշումը  $P_{\text{կ}}=22$  ՄՊա: Ստուգել ստացված արդյունքների ճշտությունը ըստ աղ. IX-ի տվյալների:

7-13.  $t=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում ջրի գոլորշիացման տեսակարար ջերմության ո՞ր մասն է գնում համակարգի ներքին էներգիայի մեծացման վրա:

7-14.  $t=77^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում թենգոյի ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) գոլորշիացման

տեսակարար ջերմությունը՝  $t=398$  ԿԶ/կգ է: Գտնել ներքին էներգիայի և Վ փոփոխությունը և  $\omega = 20$  գ զանգվածով թենգոյի գոլորշիացման ժամանակ:

7-15. Օգտվելով Կլաուզիուս-Կլավեյրոնի հավասարությաց և աղ. VIII-ի տվյալներից՝ գտնել ջրի գոլորշիացման տեսակարար ո ջերմությունը  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Ստացված արդյունքների ճշտությունը ստուգել ըստ աղ. IX-ի տվյալների:

7-16. Մնդիկի հագեցած գոլորշիմերի ճնշումները  $t_1=100^{\circ}\text{C}$  և  $t_2=120^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճաններում հավասար են  $P_1=37,3$  Պա-ի և  $P_1=101,3$  ԿՊա-ի: Գտնել մնդիկի տեսակարար ո ջերմության միջին արժեքը ջերմաստիճանների նշված միջակայքում:

7-17.  $P_1=0,1\text{ՄՊա}$  ճնշան դեպքում թենգոյի ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) եռման ջերմաստիճանը՝  $t_1=80,2^{\circ}\text{C}$ : Գտնել թենգոյի հագեցնող գոլորշիմերի  $P_1$  ճնշումը  $t=75,6^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում: Թենգոյի գոլորշիացման տեսակարար ջերմության միջին արժեքը ջերմաստիճանների տվյալ միջակայքի համար ընդունել հավասար  $r=0,4$  ՄԶ/կգ-ի:

7-18. Էրիալային սպիրտի ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) հագեցած գոլորշիմերի ճնշումները  $t_1=40^{\circ}\text{C}$  և  $t_2=60^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճաններում հավասար են  $P_1=17,7$  ԿՊա-ի և  $P_2=67,9$  ԿՊա-ի: Գտնել ենտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը  $t=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի և  $\omega = 1$  գ զանգվածով էրիալային սպիրտի գոլորշիացման դեպքում:

7-19.  $\omega=1$  կնոլ քանակությամբ  $t_1=50^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի հեղուկի գոլորշիացման հետևանքով ենտրոպիայի փոփոխությունը՝  $\Delta S=133$  Զ/Կ: Հեղուկի հագեցած գոլորշիմերի ճնշումը  $t_1=150^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում հավասար  $t=P_1=12,33$  ԿՊա-ի: Ինչքանո՞վ կիրխավի հեղուկի հագեցած գոլորշիմերի ճնշումը ջերմաստիճանի  $t_1=50^{\circ}\text{C}$ -ից մինչև  $t_2=51^{\circ}\text{C}$  փոփոխություն դեպքում:

7-20. Մինչև  $n^{\text{th}}$   $\text{P}$  մահմանային ճնշում կարելի է նորացնել ամուր արանց սրովիկային քավարդի աշխատող սրովիկա-ներափանցային պոմպի օգնությամբ, եթե ջրային շապիկի ջերմաստիճանը՝  $t_1=15^{\circ}\text{C}$ : Անդիկի հագեցնող գոլորշիմերի ճնշումը  $t=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում հավասար  $t=P_0=0,021$  Պա-ի, սրովիկի գոլորշիացման տեսակարար ջերմության միջին արժեքը տվյալ ջերմաստիճանային միջակայքի հաճար ընդունել հավասար  $r=10,08$  ՄԶ/կգ-ի:

7-21.  $t_0=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում սրովիկի խոռությունը՝  $\rho_0 = 13,6 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Գտնել նրա  $\rho$  խոռությունը  $t=30^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի դեպքում: Սրովիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,85 \cdot 10^{-4} \text{Կ}^{-1}$ :

7-22.  $t_1=100^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի դեպքում սրովիկի խոռությունը՝  $\rho_1 = 13,4 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Ո՞ր  $t_2$  ջերմաստիճանում սրովիկի խոռությունը՝  $\rho_2 = 13,1 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Սրովիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,8 \cdot 10^{-4} \text{Կ}^{-1}$ :

7-23. Գտնել ծովի ջրի թխությունը  $h=5$  կմ խորության վրա, եթե նրա խորությունը մակերևույթի վրա՝  $\rho_0=1,03 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Ջրի սեղմելիությունը  $K=4,8 \cdot 10^{-10}$  Պա<sup>-1</sup>: Յուցում ծովի ջրի իդրոստատիկ ճնշումը հաշվելու ժամանակ նրա խորությունը համարել մոտավորապես հավասար ջրի խորությանը մակերևույթի վրա:

7-24. Նորմալ պայմաններում բենզոլի սեղմելիությունը՝  $K=9 \cdot 10^{-10}$  Պա<sup>-1</sup>, ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,24 \cdot 10^{-3}$  Կ<sup>-1</sup>: Խնչքա՞ն պետք է մեծացնել արտաքին ճնշումը, որպեսզի  $\Delta t=1$  Կ-ով տաքացնելու դեպքում բենզոլի ծավալը չփոխվի:

7-25. Սնդիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,82 \cdot 10^{-4}$  Կ: Որպեսզի սնդիկը  $\Delta t=1$  Կ-ով տաքացնելու դեպքում նրա ծավալը չփոխվի, անհրաժեշտ է արտաքին ճնշումը մեծացնել  $\Delta P=4,7$  ՄՊա չափով: Որոշել սնդիկի  $K$  սեղմելիությունը:

7-26. Գտնել սնդիկի մակարդակների և տարրերությունը պայմանակարգությունում միանման հաղորդակից խողովակներուն, եթե ծախ ծունկը պահպում է  $t_0=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, իսկ աջը տաքացված է մինչև  $t=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան: Զախ ծնկի բարձրությունը  $h=90$  մմ է: Սնդիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,82 \cdot 10^{-4}$  Կ<sup>-1</sup>: Ապակու ընդարձակումը անտեսել:

7-27. Սնդիկը լցված է  $h=10$  սմ բարձրությամբ պայմանակարգությունում մեջ: Սնդիկի մակարդակը  $t=20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում անորի վերին եզրից ցած  $t=1$  մմ-ով: Որքա՞ն կարելի է տաքացնել սնդիկը, որպեսզի նա անորից չփոխվի: Սնդիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,82 \cdot 10^{-4}$  Կ<sup>-1</sup>: Ապակու ընդարձակումը անտեսել:

7-28. Մինչև եզրերը սնդիկով լցված պայմանակարգությունում  $t=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում ունի  $M=1$  կգ զանգված: Դատարկ անորի զանգվածը՝  $M_0=0,1$  կգ: Գտնել սնդիկի ու զանգվածը, որը կարող է տեղափոխվել անորում  $t=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Սնդիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,82 \cdot 10^{-4}$  Կ<sup>-1</sup>: Ապակու ընդարձակումը անտեսել:

7-29. Լուծել նախորդ խնդիրը, եթե ապակու ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=3 \cdot 10^{-5}$  Կ<sup>-1</sup>:

7-30. Ապակե անորը մինչև եզրերը լցված է  $t_0=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանի հեղինակ յուղով: Յուղով լցված անորը մինչև  $t=100^\circ\text{C}$  տաքացնելիս յուղի 6 %-ը թափվեց: Գտնել յուղի ծավալային ընդարձակման  $\beta$  գործակիցը, եթե ապակու ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=3 \cdot 10^{-5}$  Կ<sup>-1</sup>:

7-31. Նախորդ խնդիրի պայմաններում  $h=5$  հոգ հարաբերական սխալ մենք բռույ կտանք յուղի ծավալային ընդարձակման գործակիցը գտնելու ժամանակ, եթե ապակու ընդարձակումը անտեսենք:

7-32. Շենքի ջերմաստիճանը՝  $t=27^\circ\text{C}$ , նքնուորտային ճնշումը՝  $P_0=101,3$  կՊա: Ինչպիսի՞ ճնշում ցույց կտա այդ շենքում գտնվող սնդիկի բարոմետրը: Սնդիկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը՝  $\beta=1,82 \cdot 10^{-4}$  Կ<sup>-1</sup>: Ապակու ընդարձակումը անտեսել:

7-33. Խնչպիսի՞ Պ ուժ պետք է գործադրել  $h=10$  մմ բարձրությամբ  $d_1=50$  մմ ներքին և  $d_2=52$  մմ արտաքին տրամագծերով ապահովինել հորիզոնական օղակի այս պրեսին ջրի մակերևույթից: Գտած ուժի  $\eta$  ո՞ր նաևն է կազմում մակերևության լարման ուժը:

7-34.  $d_1=25$  մմ ներքին և  $d_2=26$  մմ արտաքին տրամագծերով օղակի կախված է զապանակից և հավլում է հեղուկի մակերևույթին: Զապանակի կոչությունը՝  $K=9,8 \cdot 10^{-7}$  Ն/Ծ: Յնդիկի մակերևույթի իշեցնան ժամանակը օղակը անջատվեց նրանից զապանակի  $\Delta t=5,3$  մմ-ով ձգման դեպքում: Գտնել ու մակերևության լարումը:

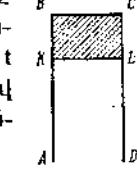
7-35. ԿԼ պղնձե շարժական ծողով ABCD շրջանակը (նկ. 12) ծգված է օճառաբաղանքով: Ինչպիսի՞ նպետք է լիմի ԿԼ ծողով ժ տրամագիծը, որպեսզի այն գտնվի հավասարակշռության վիճակում: Գտնել ծողով է երկարությունը, եթե հայտնի է, որ ծողով  $\Delta h=1$  մմ-ով տեղափոխելու ժամանակ իղորեն կերպով կատարվում է  $A=45$  մկմ<sup>2</sup> աշխատանք: Օճառի լուծույթի մակերնության լարման գործակիցը՝  $\alpha=0,045$  Ն/Ծ:

7-36. Սպիրոտ հոսում է անորից կաթիլ առ կաթիլ  $d=2$  մմ ներքին տրամագծով ուղղաձիգ խողովակի միջով: Կաթիլները պոկվում են մեկը մյուսից  $\Delta t=1$  Վ հետո: Որքա՞ն է ժամանակից հետո կարտահոսի ուժը՝  $t=10$  գ զանգվածով սպիրոտը: Կաթիլի վզիկի տրամագիծը պոկվելու պահին ընդունել հավասար խողովակի ներքին տրամագծին:

7-37. Չուրը կաթիլ առ կաթիլ արտահոսում է անորից  $d=3$  մմ տրամագծով ուղղաձիգ խողովակի միջոց: Զրի  $t_1=100^\circ\text{C}$ -ից մինչև  $t_2=20^\circ\text{C}$  հովացման ժամանակ յուղաքանչույթ կաթիլի զանգվածը փոփոխվեց  $\Delta t=13,5$  մգ-ով: Իմանալով մակերևության լարումը  $t_2=20^\circ\text{C}$ -ում գտնել  $\alpha_1$  մակերևության լարումը  $t_1=100^\circ\text{C}$ -ում: Կաթիլի վզիկի տրամագիծը պոկվելու պահին ընդունել հավասար խողովակի ներքին տրամագծին:

7-38.  $d=1$  մմ տրամագծով ուղղաձիգ կապարե լարի ներքին ժայռի հայման ժամանակ առաջացակ կապարե  $N=20$  կաթիլ: Ինչքանո՞վ կարծագավ լարը: Յնդուկ կապարի մակերևության լարումը՝  $\alpha=0,47$  Ն/Ծ: Կաթիլի վզիկի տրամագիծը պոկվելու պահին ընդունել հավասար խողովակի ներքին տրամագծին:

7-39. Չուրը կաթիլներով արտահոսում է  $t=1$  մմ ներքին տրամագծ-



նկ. 12

ծով ուղղաձիգ խողովակից: Գտնել կաթիլի R շառավիղը պոկվելու պահին: Կաթիլը համարել գնդաձև: Կաթիլի վզիկի տրամագիծը պոկվելու պահին ընդունել հավասար խողովակի ներքին տրամագծին:

7-40. Ինչքանո՞վ կտաքանա սնդիկի կաթիլը, որը ստացվում է  $r=1$  մմ-ական շառավիղներով երկու կաթիլների միավորվելուց:

7-41. Սակերևութային լարման ուժերի դևա ի՞նչ Ա աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի  $r=3$  մմ շառավիղով սնդիկի կաթիլը բաժանվի երկու միանման կաթիլների:

7-42. Սակերևութային լարման ուժերի դևա ի՞նչ Ա աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի  $r=1$  մմ շառավիղով օժուոք պղպջակի ծավալը մեծանա երկու անգամ: Օճառի լուծույթի ծավալը բաժանված է մակարդակով՝  $\alpha=0.043$  Ն/ճ:

7-43. Սակերևութային լարման ուժերի դևա ի՞նչ Ա աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի ներփչվի  $d=4$  սմ արտամագծով օճառի բաժանքը: Օճառի լուծույթի մակերևութային լարումը՝  $\alpha=0.043$  Ն/ճ:

7-44. Որոշել  $P$  ճնշումը  $d=0.01$  մմ տրամագծով օդի բշտիկում, որը գտնվում է ջրի մակերևույթից  $h=20$  սմ խորութափակ վրա: Մթնոլորտային ճնշումը՝  $P_0=101,7$  ԿՊա:

7-45. Օճառի բշտիկի ներխում օդի ճնշումը՝  $P$ ՝ 133.3 Պա-ով մեծ ճնշումից: Գտնել բշտիկի մաքսիմալ տրամագիծը: Օճառի լուծույթի մակերևութային լարումը՝  $\alpha=0.043$  Ն/ճ:

7-46. Օդի բշտիկը ջրի մեջ ի՞նչ է խորութափակ վրա և գտնվում, եթե հայտնի է, որ նրանում օդի խորութափումը՝  $r=2$  կգ/մ<sup>3</sup> Շատիկի տրամագիծը՝  $d=15$  մկմ, ջերմաստիճանը՝  $t=20^{\circ}\text{C}$ , մթնոլորտային ճնշումը՝  $P_0=101,3$  ԿՊա:

7-47. Քանի՞ անգամ է օդի խորությունը և ի՞նչ է խորութային վրա գտնվող բշտիկում մեծ ճնշումութային  $P_0=101,3$  ԿՊա ճնշման տակ գտնվող օդի խորությունից: Բշտիկի շառավիղը՝  $r=0.5$  մկմ

7-48. Անդիկով լցված անորի մեջ իշեցված է բաց նազական խողովակ, որի ներքին տրամագիծը՝  $d=3$  մմ: Անորում և նազանորում սնդիկների մակարդակների տարբերությունը՝  $\Delta h=3.7$  մմ Գտնել նազանորում մենիսկի կորության R շառավիղը:

7-49. Ջրով լցված անորի մեջ իշեցված է նազական խողովակ, որի տրամագիծը՝  $d=1$  մմ: Անորում և նազանորում ջրի մակարդակների տարբերությունը՝  $\Delta h=2.8$  սմ: Գտնել նազանորում մենիսկի կորության R շառավիղը: Ինչպիսի՞ն կիմեր նազարդակների կորության R տարբերությունը անորում և նազական խողովակում, եթե լիներ լրիվ թրջում:

7-50. Ի՞նչ է բարձրության կիամի բենզոլը  $d=1$  մմ տրամագծով նազական խողովակում: Թրջումը համարել լրիվ:

7-51. Ինչպիսի՞ն պետք է լինի նազական խողովակի ներքին ժարանագիծը, որպեսզի լրիվ բրջան դեպքում ջուրը նրանում բարձրանա և  $h=2$  սմ-ով: Խնդիրը լուծել, եթե նազական խողովակը գտնվում է ա) երկրի վրա, բ) լուսնի վրա:

7-52. Գտնել սնդիկի մակարդակների և հարբերությունը  $d_1=1$  մմ և  $d_2=2$  մմ տրամագծեր ունեցող երկու հաղորդակից նազական խողովակներում: Չթրջելությունը համարել լրիվ:

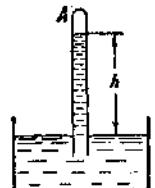
7-53. Ինչպիսի՞ն պետք է լինի նազարավաղի ժակուտիների աճենամեծ տրամագիծը պատրույգում, որպեսզի նավքը բարձրանա նավքավաղի հատակից մինչև այրիչը (բարձրությունը՝  $h=10$  սմ): Ժակուտիները համարել գյանածն խողովակներ, իսկ թրջումը՝ լրիվ:

7-54. Մազական խողովակը, որի ներքին շառավիղը՝  $r=2$  մմ, իշեցված է հեղուկի մեջ: Գտնել հեղուկի ա մակերևութային լարումը, եթե հայտնի է, որ նազական խողովակը է բարձրացել  $\tau=0.09$  գ զանգվածով հեղուկի:

7-55. Զրով լիքը անորի մեջ իշեցված է  $r=0.16$  մմ ներքին շառավիղի ունեցող նազական խողովակը: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի օդի ճնշումը հեղուկի վրա նազական խողովակում, որպեսզի ջրի մակարդակը նազական խողովակում և լայն անորում լինեն միևնույնը: Մթնոլորտային ճնշումը՝  $P_0=101,3$  ԿՊա: Թրջումը համարել լրիվ:

7-56. Մազական խողովակը ուղղաձիգ կերպով իշեցված է ջրով լցված անորի մեջ: Խողովակի վերին ծայրը գրդակած է: Որպեսզի ջրի մակարդակը խողովակում և լայն անորում լինի միևնույնը, հարկ եղավ խողովակը ջրի մեջ խորասուցել նրա երկարության 1.5 %-ի չափով: Գտնել խողովակի ներքին r շառավիղը: Մթնոլորտային ճնշումը՝  $P_0=100$  ԿՊա: Թրջումը համարել լրիվ:

7-57. Անդիկով լցված բարումնետրական A խողովակը (նկ.13) ունի ներքին d տրամագիծ հավասար՝ a) 5 մմ-ի, բ) 1.5 սմ: Կարելի՞ է, արդյոք, ճնշումութային ճնշումն որոշել անմիջականորեն սնդիկի այս ան բարձրության միջոցով: Գտնել սնդիկի այս ան բարձրությունը առ դեպքերից յուրաքանչյուրի համար: Մթնոլորտային ճնշումը՝  $P=758$  մմ սնդ. այս: Չթրջելությունը համարել լրիվ:



Նկ. 13

7-58. Բարումնետրական խողովակի ներքին տրամագիծը՝  $d=0.75$  սմ: Ի՞նչ է ուղղաձիգ պետք է մտցնել ճնշումը ճնշումը սնդիկի այս ան բարձրության միջոցով չափելիս: Չթրջելությունը համարել լրիվ:

7-59. Ինչպիսի՞ հարաբերական սխալ ենք մենք թույլ տալիս

$P_0=101,3$  ԿՊա մենոլորտային ճնշումը սնդիկի սյան բարձրությամբ որոշելիս, եթե բարոնետրական խողովակի ներքին տրամագիծը՝  $d=6$  հավասար է՝  $a=5$  մմ. բ)  $10$  մմ: Չթրջելիությունը համարել լրիվ:

7-60. Զրի մակերևույթի վրա դրեցին յուղոտ (զրի կողմից լրիվ չքրջվող) պողպատե ասեղ: Որքա՞ն է ասեղի ամենամեծ Ժ տրամագիծը, որի դեպքում այն դեռ կարող է պահպել չրի վրա:

7-61. Կողա՞ն, արդյոք, չրի մակերևույթի վրա (չրի կողմից լրիվ չքրջվող)  $d=1$  մմ տրամագծով պլատինե ասեղը.

7-62. Սնդիկով լցված անորի հատակում կա անցք: Ինչքա՞ն պետք է լինի անցքի ամենամեծ Ժ տրամագիծը, որպեսզի սնդիկը անորից չքափի սյան  $h=3$  սմ բարձրության դեպքում:

7-63.  $S=30$  սմ<sup>2</sup> մակերես ունեցող ապակե, անորի հատակում կա  $d=0,5$  մմ տրամագծով կլոր անցք: Անորի մեջ լցված է սնդիկ: Սնդիկի  $h=6$  տ զանգված կծնա անորում:

7-64. Չքասարդը վագում է չրի մակերևույթի վրայով: Գտնել սարդի տ զանգվածը, եթե հայտնի է, որ երա վեց քարիկներից յուրաքանչյուրի տակ առաջացած փոսք ներկայացնում է  $r=1$  մմ շառավիրով կիսագունդ:

7-65.  $h=5$   $F_2$  ուժ անուք է գործադրել, որպեսզի իրարից անշատվեն սահմանը:  $S=9 \times 12$  սմ<sup>2</sup> չափերով բրջված լուսանկարչական թիթեղները: Թիթեղների միջև չրի շերտի հաստությունը՝  $d=0,05$  մմ: Թրջումը համարել լրիվ:

7-66. Իրարից  $d=0,25$  մմ հեռավորության վրա գտնվող երկու ուղածիկ հարթքուգահեռ թիթեղների միջև լցված է հեղուկ: Գտնել հեղուկի խոտությունը, եթե հայտնի է, որ թիթեղների միջև հեղուկի բարձրությունը՝  $h=3,1$  սմ: Հեղուկի մակերևութային լարումը՝  $\alpha=0,03$  Ն/մ: Թրջումը համարել լրիվ:

7-67. Երկու հորիզոնական հարթքուգահեռ ապակե թիթեղների միջև տեղափոխած է  $m=5$  գ զանգվածով սնդիկ: Եռու վերևի թիթեղի վրա դրեցին  $M=5$  կգ զանգվածով բեռ, թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝ դարձավ  $d=0,087$  մմ: Անտեսենով թիթեղների զանգվածը ծանրոցի զանգվածի համեմատությամբ՝ գտնել սնդիկի և մակերևութային լարումը: Չթրջելությունը համարել լրիվ:

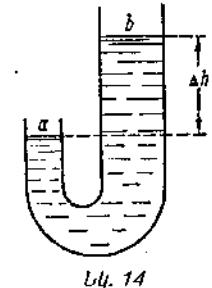
7-68. Բաց մազական խողովակում, որի ներքին տրամագիծը՝  $d=1$  մմ, գտնվում է չրի կարիք: Մազական խողովակի ուղղածիկ դիրքի դեպքում կարիքն առաջանում է ի բարձրությամբ սյուն՝ հավասար՝  $\alpha=2$  սմ.ի. բ)  $4$  սմ.ի. գ)  $2,98$  սմ.ի: Գտնել վերին և ներքին մեմիսկների կողմանը  $R_1$  և  $R_2$  շառավիղները դիրքերից յուրաքանչյուրի համար: Թրջումը համարել լրիվ:

7-69. Հորիզոնական մազական խողովակը, որի ներքին տրամա-

գիծը՝  $d=2$  մմ, լցված է չրով այնպես, որ նրանում առաջացել է  $h=10$  սմ երկարությամբ սյուն: Զրի ի՞նչ ո զանգված կարտահոսի մազական խողովակից, եթե այն դրվի ուղղածիկ: Թրջումը համարել լրիվ: Յուցում հաշվի առնել, որ նազանքուում նենացած չրի սյան բարձրությունը պետք է համապատասխանի ներքին մենիսկի կողության շառավիղին, որը հավասար է մազանորի շառավիղին (տես 7-68-ի լուծումը):

7-70. Բաց ուղղածիկ մազական խողովակում, որի ներքին շառավիղը՝  $r=0,6$  մմ, գտնվում է սպիրտի սյունիկի: Այդ սյունիկի ներքին մենիսկը կը կախված է մազական խողովակի ներքելի ծայրից: Գտնել սյունիկի հ բարձրությունը, որի դեպքում ներքին մենիսկի  $R$  շառավիղը հավասար է՝  $a) 3r.ի. բ) 2r.ի. գ) r.ի: Թրջումը համարել լրիվ:$

7-71. Նկ. 14-ում պատկերված խողովակը բաց է երկու ծայրից և լցված է կերոսինով: Ա և Ե խողովակների ներքին շառավիղները հավասար են  $r_1=0,5$  մմ և  $r_2=0,9$  մմ: Մակարդակների ի՞նչ Հ տարրերության դեպքում ա խողովակի ծայրում մենիսկը կիխնի՝  $a)$  գոգավոր՝  $R=r_1$  կորության շառավիղով, բ) հարթ. գ) ուղուցիկ՝  $R=r_2$  կորության շառավիղով, դ) ուղուցիկ՝  $R=r_1$  կորության շառավիղով: Թրջումը համարել լրիվ:



Նկ. 14

7-72. Չրով լցված լայն անորի մեջ մազական խողովակն իջեցված է այնպես, որ նրա վերին ծայրը անորի չրի մակարդակից բարձր է  $h=2$  սմ-ով: Մազական խողովակի ներքին շառավիղը՝  $r=0,5$  մմ: Գտնել մազական խողովակում մենիսկի կողության  $R$  շառավիղը: Թրջումը համարել լրիվ:

7-73. Արեօնմետրը լողում է իր պատերը լրիվ բրջող հեղուկի մեջ: Արեօնմետրի ուղղածիկ գլանաձև խողովակի տրամագիծը՝  $d=9$  մմ: Որքանո՞վ կիտիւմի արեօնմետրի սուզման խորությունը, եթե չրի մակերևույթի վրա լցնենք մի քանի կարիլ սպիրտ:

7-74. Արեօնմետրը լողում է իր պատերը լրիվ բրջող հեղուկի մեջ: Արեօնմետրի ուղղածիկ գլանաձև խողովակի տրամագիծը՝  $d=9$  մմ: Յեղուկի խորությունը՝  $r=0,8 \cdot 10^{-4}$  կմ/ $\text{d}^3$ : Յեղուկի մակերևութային լարումը՝  $\alpha=0,03$  Ն/մ: Ինչքանո՞վ կիտիւմի արեօնմետրի սուզման խորությունը, եթե յուղութվելու հետևանքով արեօնմետրը դարձավ այդ հեղուկի կողմից լրիվ չթրջվող:

7-75.  $V=0,5$  լ ժամականությունում  $m=10$  գ շաքարի ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) լուծ մաս ժամանակ լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը դարձավ  $P=152$  կՊա: Ի՞նչ շերմաստիճանում է գտնվում լուծույթը: Շաքարի մոլեկուլների տարրաբաժնումը բացակայություն է:

7-76.  $t=87^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը  $P=165$  կՊա: Զրի քանի՝ մոլեկուլ է բաժին ընկնում այդ լուծույթում լուծված նյութի մեկ մոլեկուլին: Սոլեկուլների տարրաբաժանումը բացակայում է:

7-77.  $m=2$  գ զանգվածով կերակրի աղը լուծվում է  $V=0,5$  լ ջրում: Կերակրի աղի մոլեկուլների տարրաբաժանման աստիճանը՝  $\alpha=0,75$ : Գտնել լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը  $t=17^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

7-78. Զրի մեջ լուծվելիս կերակրի աղի տարրաբաժանման աստիճանը՝  $\alpha=0,4$ : Այլ դեպքում  $t=27^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում գտնվող լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը  $P=118,6$  կՊա: Կերակրի աղի ի՞նչ տ զանգված է լուծված  $V=1$  լ ջրի մեջ:

7-79.  $m=2,5$  գ զանգվածով կերակրի աղը լուծված է  $V=1$  լ ջրի մեջ: Լուծույթի ջերմաստիճանը՝  $t=18^{\circ}\text{C}$ : Լուծույթի օսմոտիկ ճնշումը՝  $P=160$  կՊա: Ինչպիսի՞ն է այդ դեպքում կերակրի աղի մոլեկուլների տարրաբաժանման  $\alpha$  աստիճանը: Լուծված նյութի քանի՝ մասնիկ կա լուծույթի միավոր ծավալում:

7-80.  $m=40$  գ շաքարը ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) լուծված է  $V=0,5$  լ ջրի մեջ: Լուծույթի ջերմաստիճանը՝  $t=50^{\circ}\text{C}$ : Գտնել հագեցած ջրային գոլորշիների  $P$  ճնշումը լուծույթի վրա:

7-81. Լուծույթի վրա  $t_1=30^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում հագեցած գոլորշիների ճնշումը՝  $P_1=4,2$  կՊա: Գտնել հագեցած գոլորշիների  $P_2$  ճնշումը այդ նույն լուծույթի վրա  $t_2=60^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում:

7-82. Լուծույթի վրա հագեցած գոլորշիների  $P$  ճնշումը 1,02 անգամ փոքր է մաքուր ջրի հագեցած գոլորշիների  $P_0$  ճնշումից: Ի՞նչ  $N$  թվով ջրի մոլեկուլներ են բաժին ընկնում լուծված նյութերի մեկ մոլեկուլին:

7-83. Զենդող նյութի  $m=100$  գ զանգված լուծված է  $V=1$  լ ծավալով ջրում: Լուծույթի ջերմաստիճանը՝  $t=90^{\circ}\text{C}$ : Լուծույթի վրա հագեցած գոլորշիների ճնշումը՝  $P=68,8$  կՊա: Գտնել լուծված նյութի նոլային զանգվածը:

7-84. Զենդող նյութը, որի նոլային զանգվածը՝  $\mu = 0,254$  կգ/մոլ, լուծված է ջրում: Լուծույթի ջերմաստիճանը՝  $t=80^{\circ}\text{C}$ : Լուծույթի վրա հագեցած գոլորշիների ճնշումը՝  $P=47,1$  կՊա: Գտնել լուծույթի  $P_0$  օսմոտիկ ճնշումը:

## §8. ՊԻՆԴ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐ

Յալման ջերմաստիճանի մ/մ փոփոխությունը ճնշման  $dP$  փոփոխության դեպքում տրվում է Կլաուզիուս-Կլավեյրոնի հավասարումով:

$$dT = T \frac{V_{0h} - V_{0w}}{q_0} dP.$$

Որտեղ  $q_0$ -ն հալման նոլային ջերմությունն է,  $V_{0h}$ -ը հեղուկի նոլային ծավալն է,  $V_{0w}$ -ը պինդ նարմնի ծավալն է,  $T-0$  հալման ջերմաստիճանիկական ջերմաստիճանն է:

Ոչ շատ ցածր ջերմաստիճաններում պինդ նարմնների համար տեղի ունի Դյուլոնֆի և Պատիի օրենքը, որի համաձայն բոլոր ջիմիապես պարզ պինդ նարմինների նոլային ջերմունակությունը մոտավորապես հավասար է  $3R=25$  Զ/մոլ·Կ:<sup>1</sup>

Ջերմության  $Q$  քանակը, որը փոխադրվում է  $\Delta T$  ժամանակամիջոցում ջերմահաղորդականության շնորհիվ, որոշվում է

$$Q = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta S \Delta X}$$

բանաձևով, որտեղ  $\Delta T/\Delta X$ -ը ջերմաստիճանի գրադիենտն է  $\Delta S$  մակերեսին ուղղահայաց ուղղությամբ,  $\lambda$ -ն ջերմահաղորդականության գործակիցն է:

Ջերմաստիճանը բարձրացնելիս պինդ նարմինների երկարությունը ջերմաստիճանից կախված, առաջին մոտավորությամբ, փոփոխվում է գծայնորեն.

$$\zeta = \xi_0 (1 + \alpha t),$$

որտեղ  $\xi_0$ -ը նարմնի երկարությունն է և ջերմաստիճանում,  $\xi_0$ -ն նրա երկարությունն է  $t_0=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում,  $\alpha$ -ն գժային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակիցն է: Պինդ իզոտրոպ նարմինների համար  $\alpha=b/3$ , որտեղ  $b$ -ն ծավալային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակիցն է:

Զոդի երկայնական ծգման (սեղման) դեֆորմացիայի դեպքում ըստ Յուկի օրենքի ձոդի երկարության հարաբերական փոփոխությունը՝

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha P_0 = \frac{1}{E} P_0,$$

որտեղ  $P_0$ -ը նորմալ լարումն է, այսինք  $P_0 = F/S$ , որտեղ  $F$ -ը ծգող (սեղ-

մող) ուժն է, S-ը՝ լայնական հատույթի նակերեսը:  $E(\text{Պա})=1/\alpha$  մեծությունը կոչվում է Յունգի նոդուլ:

Երկայնական ծգման (սեղմնան) դեպքում ծողի տրամագժի հարաբերական փոփոխությունը՝

$$\Delta d/d = \beta P_0;$$

$$\sigma = \frac{\Delta d/d}{\Delta \ell/\ell} \quad \text{մեծությունը կոչվում է Պուասոնի գործակից:}$$

Չողը (լարը) գ անկյունով ոլորելու հաճար անհրաժեշտ է կիրառել ուժագույզի մոմենտ (ոլորող մոմենտ):

$$M = \frac{\pi N r^4}{2\ell} \varphi,$$

որտեղ  $\ell$ -ը լարի երկարությունն է,  $r$ -ը՝ նրա շառավիղը,  $N$  (Պա)-ը՝ լարի նյութի սահքի նոդուլը:

8-1.  $v=1$  կմոլ սառուցի հալման ժամանակ էնտրոպիայի փոփոխությունը՝  $\Delta S=22,2 \text{ кДж/к}$ : Որքանո՞վ կփոփոխվի սառուցի հալման ջերմաստիճանը արտաքին ճնշումը՝  $\Delta P=100 \text{ кПա-ով}$  մեծացնելու դեպքում:

8-2.  $P_1=100 \text{ кПա}$  ճնշման դեպքում անագի հալման ջերմաստիճանը  $t_1=231,9^\circ\text{C}$ , իսկ  $P_2=10 \text{ ՄՊա}$  ճնշման դեպքում  $t_2=232,2^\circ\text{C}$ : Նեղուկ անագի հատույթը՝  $\rho=7,0 \cdot 10^{-3} \text{ կգ/մ}^3$ : Գտնել  $v=1$  մոլ քանակությանը անագի հալման ժամանակ էնտրոպիայի  $\Delta S$  փոփոխությունը:

8-3. Երկարի հալման ջերմաստիճանը փոխվում է՝  $\tau=0,012 \text{ Կ-ով}$  ճնշումը՝  $\Delta P=98 \text{ կՊա-ով}$  փոփոխելու դեպքում: Որքանո՞վ է փոխվում  $v=1$  կմոլ երկարի ծավալը հալման ժամանակը:

8-4. Օգտվելով Դյուլոնգի և Պոտիի օրենքից գտնել՝ а) պինձիք երկարի, գ) այսունին տեսակարար ջերմունակությունները:

8-5. Օգտվելով Դյուլոնգի և Պոտիի օրենքից՝ գտնել, թե ինչ նյութից է պատրաստված  $m=0,025 \text{ կգ}$  գանգվածով մետաղյա գնդիկը, եթե հայտնի է, որ  $t_1=10^\circ\text{C}$ -ից մինչև  $t_2=30^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան տաքացնելու համար պահանջվել է ծախսել  $Q=117 \text{ Ջ ջերմության քանակը}$ :

8-6. Օգտվելով Դյուլոնգի և Պոտիի օրենքից՝ գտնել, թե քանի անգամ է այսունին տեսակարար ջերմունակությունը նեծ պլատինի տեսակարար ջերմունակությունից:

8-7.  $V=400 \text{ մ}^3$  պարագությամբ թռչող կապարե գնդիկը հարվածում է պատին և մտնում նրա մեջ: Յանարելով, որ գնդակի կինետիկ էներգիայի 10 %-ը ծախսվում է նրա տաքացման վրա, գտնել, թե քանի աստիճանով տաքացավ գնդակը: Կապարե տեսակարար ջերմունակությունը գտնել Դյուլոնգի և Պոտիի օրենքից:

8-8. Պղնձից ( $d_1=9 \text{ մմ}$  հաստությամբ) և երկարից ( $d_2=3 \text{ մմ}$  հաստությամբ) պատրաստված թիթեղները դրված են միասին: Պղնձե թիթեղի արտաքին նակերևույթը պահպանվում է  $t_1=50^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, երկարե թիթեղի նակերևույթը՝  $t_2=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Գտնել նրանց համան նակերևույթի և ջերմաստիճանը: Թիթեղների նակերեսները մեծ են նրանց հաստությունների համեմատ:

8-9. Պատի արտաքին նակերևույթը ունի  $t_1=-20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան, ներքինը՝  $t_2=20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճան: Պատի հաստությունը՝  $d=40 \text{ մմ}$ : Գտնել պատի նյութի  $\lambda$  ջերմահաղորդականությունը, եթե նրա նակերևույթի միավոր նակերեսով  $\tau=1$  ժ ժամանակաշրջագրում անցնում է  $Q=460,5 \text{ կՎ/մ}^2$  ջերմության քանակ:

8-10.  $\text{Ի}^{\text{ն}} \text{չ } Q$  ջերմության քանակ է կորցնում  $\tau=1 \text{ ր-ի}$  ընթացքում  $S=20 \text{ մ}^2$  նակերես և  $h=3 \text{ մ}$  բարձրություն ունեցող սենյակը չորս աղյուսե պատերի միջով: Սենյակի ջերմաստիճանը  $t_1=150^\circ\text{C}$  է, արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝  $t_2=20^\circ\text{C}$ : Այսուհետ ջերմահաղորդականությունը՝  $\lambda=0,84 \text{ Վտ/մ}^2\text{-կ}$ : Պատերի հաստությունը՝  $d=50 \text{ մմ}$ : Զերծության կորուստը հատակի և առաստաղի միջով անտեսել:

8-11. Երկարե ծողի մի ծայրը պահպանվում է  $t_1=100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, մյուս ծայրը իենվում է սառուցին: Զողի երկարությունը՝  $\ell=14 \text{ սմ}$ , լայնական հատույթի նակերեսը՝  $S=2 \text{ մմ}^2$ : Գտնել  $Q$  ջերմության քանակը, որը անցնում է ծողի երկայնքով միավոր ժամանակի ընթացքում: Սառույցի ինչպիսի՞ ո զանգված կհալվի  $\tau=40 \text{ ր-ի}$  ընթացքում:

8-12. Պղնձե ծողի լայնական հատույթի նակերեսը՝  $S=100 \text{ մմ}^2$ , ծողի երկարությունը՝  $\ell=50 \text{ սմ}$ : Զողի ժայռերում ջերմաստիճանների տարբերությունը՝  $\Delta T=15 \text{ Կ}$ :  $\text{Ի}^{\text{ն}} \text{չ } Q$  ջերմության քանակ է անցնում միավոր ժամանակում ծողի միջով: Զերծության կորուստները անտեսել:

8-13. Գազօջախի վրա դրված է ջրով լցված այունինե կարսա, որի տրամագիծը՝  $D=15 \text{ մմ}$ : Չուրը եռում է, և  $\tau=1 \text{ ր-ի}$  ընթացքում գոյանում է  $m=300 \text{ գ}$  ջրային գոլորշի: Գտնել կարսայի հատակի արտաքին նակերևույթի և ջերմաստիճանը, եթե նրա հաստությունը՝  $d=2 \text{ մմ}$ : Զերծության կորուստները անտեսել:

8-14.  $R=9 \text{ մմ}$  շառավիկով մետաղյա գլանածե անորը լցված է  $t_1=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանի սառույցով: Անորը ջերմամեկուսացված է  $d=1 \text{ մմ}$  հաստությամբ հցանի շերտով: Որքա՞ն է ժամանակում անորում գտնվող անդրու սառույցը կհալվի, եթե արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝  $t_2=25^\circ\text{C}$ : Յանարել, որ ջերմափոխանակությունը կատարվում է միայն  $R_0=9,5 \text{ մմ}$  միջին շառավիկով անորի կողային նակերևույթով:

8-15.  $\text{Ի}^{\text{ն}} \text{չ } F$  ուժ պետք է կիրառել  $S=10 \text{ մմ}^2$  լայնական հատույթի

նակերես ունեցող պողպատե ծողի ծայրերի վրա, որպեսզի նա չընդարձակվի  $t=0$  °C-ից մինչև  $t=30$  °C տաքացնելու ժամանակ:

8-16.  $r=1$  մմ շառավիղ ունեցող պողպատե լարից կախված է թե՛:  
Այդ բեռան ազդեցության տակ լարն այնքան երկարեց, որքան  
 $\Delta t=20$  °C -ով տաքացնելու ժամանակ: Գտնել բեռան ու զանգվածը:

8-17. Պղնձեն տաք լարը  $t_1=1500$  °C ջերմաստիճանում ծգված է երկու ամուր անշարժ պատերի միջև: Ո՞ր  $t_2$  ջերմաստիճանում լարը, հովանալով, կկտրվի: Դամարել, որ Յուկի օրենքը իրավացի է մինչև լարի կտրվելը:

8-18.  $t_0=0$  °C-ից մինչև  $t=500$  °C տաքացնելու մետաղի խտությունը փոքրացված 1,027 անգամ: Այդ մետաղի համար գտնել ու գծային ընդարձակման գործակիցը՝ համարելով այն հաստություն ջերմաստիճանների տվյալ միջակայքում:

8-19.  $t^{\circ}$  նույն է երկարություն պետք է ունենան պիզնեն և պողպատե ծողերը  $t_0=0$  °C ջերմաստիճանում, որպեսզի գանկացնած ջերմաստիճանում պողպատե ծողը պիզնեն ծողից երկար լինի  $\ell = 5$  սմ-ով:

8-20.  $t_0=0$  °C ջերմաստիճանում գտնվող  $\ell = 1$  կգ զանգվածով պիզնեն գլուխի տաքացնան վրա ծախսվել  $E=138,2$  ԿՎ ջերմության քանակ: Այդ դեպքում քանի անգամ մեծացած նրա ծավալը: Պղնձեն տեսակարար ջերմունակությունը գտնել ըստ Նյուլոնի և Պուիի օրենքի:

8-21.  $S=1,5$  մմ<sup>2</sup> լամպական հատույքով պիզնեն լարի ծգման ժամանակ մնացորդային դեֆորմացիայի սկիզբը դիտվեց  $t=44,1$  Ն բեռնվածության ժամանակ: Ինչպիսի՞ն է լարի նյութի առանձականության  $R$  սահմանը:

8-22. Ինչպիսի՞ն պետք է լինի պողպատե ճուղումի տականային ժարանգությունը:

8-23. Գտնել պիզնեն լարի է երկարությունը, որի կախված լինելով ուղղաձիգ դիրքով, կույսի կտրվել իր սեփական ծակությունը ուժի ազդեցության տակ:

8-24. Լուծել նախորդ խնդիրը կապարե լարի համար:

8-25. Ծովի խորությունը չափելու համար շոգենավից իջեցրին պողպատե ճուղանից կախված կշռաբար: Ի՞նչ ամենամեծ խորություն կարելի է չափել այդ եղանակով: Ծովի ջրի խորությունը  $\rho = 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Կշռաբարի զանգվածը ճուղանի զանգվածի համեմատությանը անտեսել:

8-26. Եւնքի տանիքից կախված  $\ell = 40$  մ երկարությամբ և  $d=2$  մմ տրամագծով պողպատե լար: Ինչպիսի՞ բեռնվածության կարող է դիմանալ այդ լարը: Որքա՞ն կերպարի այդ լարը, եթե նրանից կախվի  $t=70$  կգ զանգվածով ճարդ: Կոիտովի՞ արդյոք, մնացորդային դեֆորմացիա, եթե

մարդը բաց թողնի լարը: Պողպատի առածգականության սահմանը՝  $P=294$  ՄՊա է:

8-27.  $r=1$  մմ շառավիղ ունեցող պողպատե լարից կախված է  $t=100$  կգ զանգվածով թե՛:  $t^{\circ}$  ամենամեծ ու անկյունով կարելի է շեղել լարը թե՛ի հետ, որպեսզի այն չկտրվի հավասարակշռության ուժքով անցնելու ժամանակ:

8-28.  $\ell=50$  մմ երկարություն և  $d=1$  մմ տրամագիծ ունեցող երկարեց լարից կախված է  $t=1$  կգ զանգվածով կշռաբար:  $t^{\circ}$  ու հաճախությամբ կարելի է պտտել այդախի լարը թե՛ի հետ միասին ուղղաձիգ հարթության մեջ, որպեսզի այն չկտրվի:

8-29.  $\ell=1$  մ երկարություն ունեցող համասեռ պիզնեն ծողները պատվում է իր ծայլերից մեկով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Պտտման ինչպիսի՞ ու հաճախության դեպքում ծողը կտրվի:

8-30. Դամասեռ ծողը պատվում է իր մեջտեղով անցնող ուղղաձիգ առանցքի շուրջը: Զողը կտրվում է, եթե նրա ծայլի գծային արագությունը հասնում է  $V=380$  մ/վ-ի: Գտնել ծողի նյութի ամրության սահմանը: Զողի նյութի խտությունը՝  $\rho = 7,9 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>:

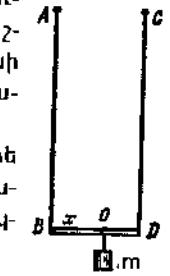
8-31.  $\ell=1$  մ երկարությամբ և  $r=1$  մմ շառավիղով պողպատե լարից կախվել են  $t=100$  կգ զանգվածով թե՛: Գտնել լարի ծգման  $A$  աշխատանքը:

8-32.  $\ell=42$  մմ երկարությամբ և  $r=3$  մմ շառավիղով ռետինե քուրից պատրաստված է պարսատիկ: Տղան պարսատիկից կրակելիս ռետինե քուրով ծգեց  $\ell=20$  սմ-ով: Գտնել Յունգի նողությունը ռետինի համար, եթե հայտնի է, որ  $t=0,02$  կգ զանգվածով քարը, որը արձակվել է պարսատիկից, քավը  $V=20$  մ/վ արագությամբ: Քուրի հատվածքի փոփոխությունը ծգման ժամանակ անտեսել:

8-33. Ունեն  $\ell=50$  մմ երկարությամբ և  $d_1=1$  մմ ներքին տրամագծով ռետինե փողորակ: Փողորակը ծգեցին այնպես, որ նրա երկարության և նույն լամպական հատույքով,  $BD$ -ն  $\ell=80$  մմ երկարությամբ ծող: Զողի կախվել են  $t=2$  կգ զանգվածով թե՛: Յ կետից  $t^{\circ}$  այդ  $X$  հեռավորության վրա պիզու է կախվել թե՛րը, որպեսզի ծողը մնա հորիզոնական:

8-34. Նկ. 15-ում  $AB$ -ն երկարեց լար է,  $CD$ -ն պիզնեն, նույն երկարության և նույն լամպական հատույքով,  $BD$ -ն  $\ell=80$  մմ երկարությամբ ծող: Զողի կախվել են  $t=2$  կգ զանգվածով թե՛: Յ կետից  $t^{\circ}$  այդ  $X$  հեռավորության վրա պիզու է կախվել թե՛րը, որպեսզի ծողը մնա հորիզոնական:

8-35. Գտնել ուժագույզի այն  $M$  մոմենտը, որն անհրաժեշտ է  $\ell=10$  մմ երկարություն և  $r=0,1$  մմ շառավիղ ունեցող լարը  $\varphi=10$  ° անկյունով լոյրելու համար: Լարի նյութի սահմանը՝  $N=4,9 \cdot 10^{10}$  Պա:



8-36. Գալվանաչափի հայելին կախված է  $\ell=10$  սմ երկարություն և  $d=0,01$  մմ տրամագիծ ունեցող լարից: Գտնել սանդղակի վրա շողքի  $a=1$  մմ շեղմանը համապատասխանող ոլորտնան  $M$  մոմենտը, եթե սանդղակը հայելուց հեռացված է  $L=1$  մ-ով: Լարի նյութի սահքի մոդուլը՝  $N=4 \cdot 10^{10}$  Պա:

8-37. Գտնել  $\ell=5$  սմ երկարությամբ և  $d=0,04$  մմ տրամագիծով լարի  $W$  առտենցիալ էներգիան, որը ուլորված է  $\varphi=10^\circ$  անկյունով: Լարի նյութի սահքի մոդուլը՝  $N=5,9 \cdot 10^{10}$  Պա:

8-38. Գալվանաչափի փաթութի միջով էլեկտրական հոսանք անցնելիս նրա շրջանակի վրա, որին աճրացված է հայելի, ազդում է  $M=2 \cdot 10^{-13}$  Ն.մ ոլորման մոմենտ: Այդ դեպքում շրջանակը շրջվում է փոքր գ. անկյունով: Ոլորման վրա ծախավում է  $A=8,7 \cdot 10^{-16}$  Զ աշխատանք: Ի՞նչ է հեռավորությամբ կտեղափոխվի հայելուց անդրադարձած շողքը գալվանաչափից  $L=1$  մ-ով հեռացված սանդղակի վրա:

8-39. Գտնել Պուասոնի գործակցի այն արժեքները, որոնց դեպքում լարի ծավալը ծգման ժամանակ չի փոխվում:

8-40. Գտնել պղնձն գլանային ծողի խոռության հարաբերական փոփոխությունը՝ այն  $P=9,8 \cdot 10^7$  Պա ճնշման տակ սեղմելու ժամանակ: Պղնձի համար Պուասոնի գործակիցը՝  $\sigma=0,34$ :

8-41.  $\ell=5$  մ երկարություն ունեցող երկարեց լարը կախված է ուղղաձիգ: Ուրբանո՞վ կփոխվի լարի ծավալը, եթե նրանից կախվի  $t=10$  կգ զանգվածով կշրաբքար: Երկարի համար Պուասոնի գործակիցը՝  $\sigma=0,3$ :

### ԳԼՈՒԽ III

## ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

### ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

Տ համակարգում էլեկտրական և մագնիսական մեծությունների ածանցյալ միավորները ստանալու համար օգտագործվում են հիմնական միավորները՝ մետր (մ), կիլոգրամ (կգ), վայրկյան (Վ), ամպեր (Ա): Ածանցյալ միավորները կազմվում են ֆիզիկական մեծությունների միջև կապ հաստատող օրենքների հիման վրա: Այսպես, էլեկտրականության քանակության միավորը կուլոնը (Կ) որոշվում է  $q=37$  հավասարությունից որպես այն էլեկտրականության քանակություն, որն անցնում է հաղորդչի լայնական հատույթով 1 վ-ում 1 Ա հոսանքի ուժի դեպքում, այսինքն

$$1 \text{ Կ} = 1 \text{ Ա} \cdot 1 \text{ վ:}$$

Պուտենցիալների տարրերության միավոր վոլտը (Վ) որոշվում է  $P=30$  հավասարումից, որտեղ  $P$ -ն հոսանքի հզորությունն է, այսինքն

$$1 \text{ Վ} = 1 \text{ Վո/1 Ա:}$$

Վարվելով նման ծևով՝ մենք կարող ենք գտնել մյուս ածանցյալ միավորները (աղ. 12):

Տ հաճակարգի միավորների կիրառությունը կապված է բանաձերի ռացիոնալացման հետ: Էլեկտրական և մագնիսական երևույթներին վերաբերող շատ հավասարումներում մտնում է  $4\pi$  բազմապատկիշը (օրինակ, Գաուսի թեորեմը, հարթ կոնդենսատորի ունակությունը, մագնիսական դաշտի լարվածությունը սոլենոիդի ներսում և այլն): Հավասարումների ռացիոնալացմանը նպատակ է դնում այդ բազմապատկիշի բացառումը՝ լեկտրատեխնիկայում և ռադիոտեխնիկայում առավել հաճախակի օգտագործվող բանաձեռներից, որա հետ մեկտեղ, սակայն,  $4\pi$  բազմապատկիշը մտնում է հազվագի օգտագործվող բանաձեռների մեջ, որտեղ նրա առկայությունը կարող է բացատրվել երկրաչափական նկատառումներով:

Աղյուսակ 12

Մեծությունը	Միավորը			Մեծության չափայ- նությունը
	Սահմանամբ	աճապատճեր	նշանակումը	
Լիցքի քանակ (էլեկտրական լիցք)	$q=It$	Կուլոն	Կ	$T\Omega$
Էլեկտրական շեղման հոսք	$N_D = \Sigma q$	Կուլոն	Կ	$T\Omega$
Էլեկտրական լիցքի գծային խոտայուն	$\tau = \frac{q}{\ell}$	Կուլոն քառ. մետրի վրա	Կ/մ	$L^{-1}T\Omega$
Էլեկտրական լիցքի նախընության խոտայուն	$\sigma = \frac{q}{S}$	Կուլոն քառ. մետրի վրա	$Կ/մ^2$	$L^{-2}T\Omega$
Էլեկտրական շեղում	$D = \sigma$	Կուլոն քառ. մետրի վրա	$Կ/մ^2$	$L^{-2}T\Omega$
Էլեկտրական լիցքի ժագալային խոտայուն	$\delta = \frac{q}{V}$	Կուլոն խորանարդ մետրի վրա	$Կ/մ^3$	$L^{-3}T\Omega$
Պոտենցիալի ների տարերու- թյուն, էլեկտրաշարժ՝ ուժ	$U = \frac{A}{q}$	Վոլտ	Վ	$L^2MT^{-3}Ω^{-1}$
Էլեկտրական դաշտի լարվածություն	$E = \frac{U}{\ell}$	Վոլտ մետրի վրա	Վ/մ	$LMT^{-3}Ω^{-1}$
Էլեկտրական դիմադրություն	$R = \frac{U}{I}$	Օմ	Օմ	$L^2MT^{-3}Ω^{-2}$
Էլեկտրական հազրդակա- նություն	$G = \frac{I}{R}$	Սիմենս	Սֆ	$L^{-2}M^{-1}T^3Ω^2$
Տեսակարար էլեկտրական դիմադրություն	$\rho = \frac{RS}{\ell}$	Օմ-մետր	Օմ.մ	$L^2MT^{-3}Ω^{-2}$
Տեսակարար էլեկտրական հազրդականություն	$\sigma = \frac{I}{\rho}$	Սիմենս մետրի վրա	Սֆ/մ	$L^3M^{-1}T^3Ω^2$
Էլեկտրառանակություն	$C = \frac{q}{U}$	Ֆարադ	Ֆ	$L^{-2}M^{-1}T^4Ω^2$
Դոսանքի խոտայուն	$j = \frac{I}{S}$	աճապեր քառ. մետրի վրա	$A/m^2$	$L^{-2}Ω$
Մագնիսական հոսք	$(d\phi) = E dt$	Վեբեր	Վբ	$L^2MT^{-2}Ω^{-1}$
Մագնիսական ինդուկցիա	$B = \dot{\phi}/S$	Մեվլա	ՏԼ	$MT^{-2}Ω^{-1}$
Ինդուկտիվություն	$(L) = \frac{E}{d\phi/dt}$	Ինդրի	ՐԸ	$L^2MT^{-2}Ω^{-2}$
Մագնիսական դաշտի լարվածություն	$H = \dot{\phi}/2\pi r$	աճապեր մետրի վրա	Ա/մ	$L^{-1}Ω$
Մագնիսական նոմենտ	$P = JS$	աճապեր-մետր քառակուսի	$Ա\cdotմ^2$	$L^2Ω$

Աղյուսակ 13

Մեծությունը	Միավորը		Միավորը և նրա կապը SI համակարգի միավորների հետ
	Մեծությունը	Միավորը	
Դոսանք	$1 CGC_3 = \frac{10}{C} \text{Ա} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} \text{Ա}$		
Էլեկտրականության քանակություն	$1 CGC_9 = \frac{10}{C} Կ = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} Կ$		
Էլեկտրական շեղման հոսք	$1 CGC_{ND} = \frac{10}{4\pi C} Կ = \frac{1}{4\pi \cdot 3} \cdot 10^{-9} Կ$		
Էլեկտրական շեղում	$1 CGC_D = \frac{10^5}{4\pi C} Կ/մ^2 = \frac{1}{4\pi \cdot 3} \cdot 10^{-5} Կ/մ^2$		
Էլեկտրական լիցքի մակերևության խոտայուն	$1 CGC_\sigma = \frac{10^5}{m^2} = \frac{1}{C} Կ/մ^2 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} Կ/մ^2$		
Պոտենցիալի ների տարերու- թյուն, էլեկտրաշարժ՝ ուժ	$1 CGC_U = C \cdot 10^{-8} Վ = 3 \cdot 10^2 Վ$		
Էլեկտրական դաշտի լարվածություն	$1 CGC_E = C \cdot 10^{-6} Վ/մ = 3 \cdot 10^4 Վ/մ$		
Էլեկտրական դիմադրություն	$1 CGC_r = C^2 \cdot 10^{-9} Օմ = 9 \cdot 10^{11} Օմ$		
Տեսակարար էլեկտրական դիմադրություն	$1 CGC_p = C^2 \cdot 10^{11} Օմ.մ = 9 \cdot 10^9 Օմ.մ$		
Էլեկտրական ունակություն	$1 CGC_C = \frac{1}{C^2} \cdot 10^9 Ֆ = \frac{1}{9} \cdot 10^{-11} Ֆ$		
Դոսանքի խոտայուն	$1 CGC_j = \frac{10^5}{C} Ա/m^2 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} Ա/m^2$		
Մագնիսական հոսք	$1 CGC_\phi = 1.Մբ = 10^{-8} Վբ$		
Մագնիսական ինդուկցիա	$1 CGC_B = 19 Տ = 10^{-4} ՏԼ$		
Ինդուկտիվություն	$1 CGC_L = 1 Ամ = 10^{-9} ՐԸ$		
Մագնիսական դաշտի լարվածություն	$1 CGC_H = 1 Ե = 1/4\pi \cdot 10^3 Ա/մ$		

Ծանոթություն. - Այս աղյուսակում վակուումում լույսի արագության թվային որժեքը արտահայտված է «սանտիմետրը վայրկանի վրա» միավորով, այսինքն  $C \cdot 3 \cdot 10^{10} \text{ մ/ս}$ .

Տ համակարգի էլեկտրական և մագնիսական միավորները սահմանվում են էլեկտրամագնիսական դաշտի հավասարումների ռացիոնալացված տեսքի համար: Դրան համապատասխան զրույն III-ի պարագրաֆիների ներառածություններում բերված բոլոր հավասարումները տրված են ռացիոնալացված տեսքով: Խնչան նախորդ գլուխներում, խնդիրների լուծումները կտանք միայն SI համակարգի միավորներով: Դրա համար խնդիրների պայմաններում բերված թվային՝ տվյալները անհրաժեշտ են փոխադրել SI համակարգի միավորների: Աղ. 13-ում բերված են CGC և SI համակարգերի մի քանի միավորների միջև եղած առնչությունները:

Քանի որ CGC համակարգի միավորների մեծամասնությունը անվանումներ չունի, ապա որևէ ֆիզիկական մեծության միավոր կնշանակենք այդ համակարգի նշանով՝ համապատասխան ինդեքսի հետ միասին: Այսպես, օրինակ, հոսանքի ուժի միավորը՝ CGC<sub>9</sub> նշանով, ունակության միավորը՝ CGC<sub>C</sub> նշանով և այլն:

Աղ. 13-ում բերված առնչությունները տրված են CGC համակարգի միավորների (ոչ ռացիոնալացված տեսքի հավասարումների համար) և SI համակարգի միավորների միջև՝ էլեկտրամագնիսական դաշտի ռացիոնալացված տեսքի հավասարումների համար: Ոչ ռացիոնալացված և ռացիոնալացված հավասարումների միջև կապի մասին տեսն աղ. 1:

Մտցնենք  $\varepsilon = \varepsilon_0 / \varepsilon$  միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը, որտեղ  $\varepsilon$ -ը միջավայրի բացարձակ դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն է, որի թվային արժեքը կախված է ինչպես միջավայրի հատկություններից, այնպես էլ նշանակությունը համակարգի ընտրությունից:  $\varepsilon_0$  մեծությունը անվանում են էլեկտրական հաստատում, որի թվային արժեքը կախված է միայն չափման միավորների համակարգի ընտրությունից: Այդ ուսաբուծ բոլոր հավասարումներում  $\varepsilon$ -ի փոխարեն մենք կարող ենք կերպնել նրան թվապես հավասար  $\varepsilon_0 \varepsilon$  մեծությունը, որտեղ  $\varepsilon_0$ -ն էլեկտրական հաստատումն է, չ-ը միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն է վակուումի նկատմամբ, այսինքն դիէլեկտրիկ թափանցելիության սովորական աղյուսակային արժեքը: CGC համակարգում  $\varepsilon_0 = 1$  և  $\varepsilon = \varepsilon$ , SI համակարգում

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi C^2} \cdot 10^7 \text{ ֆ/մ} = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ ֆ/մ} \quad (\text{C} \approx 3 \cdot 10^{10} \text{ սմ/վ}):$$

Համանման ծևով  $\mu$ ՝ միջավայրի բացարձակ մագնիսական թափանցելիության փոխարեն մենք կը բերցնենք թվապես նրան հավասար մում մեծությունը, որտեղ  $\mu_0$  մագնիսական հաստատումն է, բայց՝ միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը, որտեղ մագնիսական փակուումի նկատմամբ, այսինքն դիէլեկտրիկ թափանցելիության սովորական աղյուսակային արժեքը: CGC համակարգում  $\mu_0 = 1$  և  $\mu = \mu$ , SI համակարգում

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ ՆԵ/մ} = 12,5663706144 \cdot 10^{-7} \text{ ՆԵ/մ}:$$

## Խնդիրների լուծման օրինակներ

**Խնդիր 1.** Գտնել օդում գտնվող գնդիկի շառավիղը, եթե հայտնի է, որ այն մինչև 4 CGC<sub>φ</sub> պոտենցիալը լիցքավորելիս լիցքի մակերեսութային խտությունը հավասար է  $0,138 \text{ CGC}_{\phi}$ /մ<sup>2</sup>-ու:

**Լուծում:** Գնդի զ լիցքը, նրա C ունակությունը և φ պոտենցիալը իրար ենտ կապված են հետևյալ առնչությամբ:

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (1)$$

որտեղ  $q = 4\pi r^2 \cdot \varepsilon_0 \varepsilon \varphi$   $(2)$

Բացի այդ, գնդի ունակությունը

$$C = 4\pi \varepsilon_0 \varepsilon \varphi \quad (3)$$

(1)-(3)-ից ունենք

$$r = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \varphi}{\sigma} \quad (4)$$

Տեղադրելով թվային արժեքները՝  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ֆ/մ}$ ,  $\varepsilon = 1$ ,  $q = -4 \text{ CGC}_{\phi} = 12 \cdot 10^2 \text{ Վ}$ ,  $\sigma = 0,138 \text{ CGC}_{\phi}/\text{մ}^2 = 0,138/3 \cdot 10^{-5} \text{ Կլ/մ}^2$ , կտանք

$$r = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 12 \cdot 10^2 \cdot 3}{0,138 \cdot 10^{-5}} \text{ մ} = 2,3 \text{ սմ:}$$

**Խնդիր 2.** Յարբ կոնդենսատորում էլեկտրական շեղումը հավասար է  $10^{-5} \text{ Կլ/մ}^2$ -ու: Գտնել լիցքի մակերեսութային խտությունը այդ կոնդենսատորի թիեզելֆոնի վրա:

**Լուծում:** Ուսենք  $D = \varepsilon_0 \varepsilon E$ , սակայն  $E = \sigma / \varepsilon_0 \varepsilon$ , դրա համար

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \sigma, \quad (1)$$

այսինքն էլեկտրական շեղումը թվապես հավասար է կոնդենսատորի թիեզելների վրա լիցքի մակերեսութային խտությանը: Սեղ մոտ  $D = 10^{-5} \text{ Կլ/մ}^2$ , հետևյալ նաև  $\sigma = 10^{-5} \text{ Կլ/մ}^2$ :

Այժմ D-ի և σ-ի արժեքները արտահայտենք CGC համակարգի միավորներով:

$$1 \text{ CGC}_D = \frac{10^5}{4\pi C} \text{ Կլ/մ}^2, \text{ կազ 1 Կլ/մ}^2 = \frac{4\pi C}{10^5} \text{ CGC}_D, \quad (2)$$

ապա  $D = 10^{-5} \text{ Կլ/մ}^2 = 10^{-5} \frac{4\pi C}{10^5} \text{ CGC}_D = 37,7 \text{ CGC}_D$ :  $(3)$

Հաշվի առնելով, որ  $1\text{q} = C/10 \text{ CGC}_q$  և  $1\text{m} = 10^2 \text{ m}$ , ունեմք

$$1\text{q}/\text{m}^2 = C/10 \cdot 10^4 \text{ CGC}_q/\text{m}^2 = 3 \cdot 10^5 \text{ CGC}_q/\text{m}^2. \quad (4)$$

այնպես որ

$$\sigma = 10^{-5} \text{ q}/\text{m}^2 = 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ CGC}_q/\text{m}^2 = 3 \text{ CGC}_q/\text{m}^2. \quad (5)$$

Այսպիսով, օ և օ մեծությունների թվային ամենքները հավասար են միայն ռացիոնալացված SI համակարգում: CGC ոչ ռացիոնալացված համակարգում նրանց թվային ամենքները արդեն չեն համընկնում: Դրա համար էլ «կուլոնը քառակուսի մետրի վրա» միավորը CGC համակարգ ֆունտադրելիս անհրաժեշտ է հաշվի առնել, թե որ մեծության մոտ է գտնվում այդ անվանումը, քանի որ, համաձայն (2)-ի և (4)-ի, ունեմք

$$1\text{q}/\text{m}^2 = \frac{4\pi C}{10^5 \text{ CGC}_D}, \quad 1\text{q}/\text{m}^2 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C CGC}_q/\text{m}^2.$$

**Խնդիր 3.** Երկար, առանց միջուկի կոճի փաթութի միջով 4 Ա հոսանք բաց բողնելիս մագնիսական ինդուկցիայի հոսքը կոճի միջով հավասար էր 250 Մրմ-ի: Կոճի լայնական հատութիւն նաև կերտուը հավասար է 5 սմ<sup>2</sup>-ու: Միավոր երկարության վրա գալարների ի՞նչ թիվ ունի այդ կոճը:

**Լուծում:** Սոլենոիդի միջով մագնիսական հոսքը որոշվում  $\Phi = \mu_0 M \cdot nS$  բանաձևով, այստեղից

$$n = \frac{\Phi}{\mu_0 M \cdot S} : \quad (1)$$

Տեղադրելով թվային արժեքները՝  $\Phi = 250 \text{ Mrm} = 250 \cdot 10^{-8} \text{ Вb}$ ,  $M_0 = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Հ6/m}$ ,  $\mu = 1$ ,  $S = 4 \text{ Ա}$ ,  $S = 5 \text{ սմ}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^2$ , կստանանք

$$n = \frac{250 \cdot 10^{-8}}{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} \text{ մ}^{-1} = 1000 \text{ մ}^{-1}.$$

**Խնդիր 4.** Յարք կոնդենսատորը կուտակիչների մարտկոցից պարբերաբար լիցքավորվում է մինչև 80 Վ պոտենցիալների տարրերությունը և պարպիլում է սոլենոիդի միջով (առանց միջուկի): Կոնդենսատորի միացումը տեղի է ունենում 100 վ<sup>-1</sup> համախությամբ: Կոնդենսատորի թիթեղների մակերեսը հավասար է 100 սմ<sup>2</sup>-ու, թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է 100 սմ<sup>2</sup>-ու, թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է 4,7 մն<sup>2</sup>-ի: Թիթեղների միջև եղած մարածությունը լցված է պարաֆինով ( $\epsilon = 2,1$ ): 25 սմ երկարությամբ սոլենոիդը ունի 250 գալար: Քանել մագնիսական ինդուկցիայի միջին արժեքը սոլենոիդի մեջ:

**Լուծում:** Կոնդենսատորի յուրաքանչյուր պարպան ժամանակ սոլենոիդի միջով կանցնի  $q = CU$  էլեկտրականության քանակություն, որտեղ

$C = \epsilon_0 \cdot S/d$  կոնդենսատորի ունակությունն է: Սոլենոիդով անցնող միջին հոսանքի ուժը  $I = q/t$ , որտեղ  $t$ -ը կոնդենսատորի լիցքավագնան հաճախությունն է: Սոլենոիդի ներսում մագնիսական դաշտի լարվածությունը  $H = ZN/A$  Սոլենոիդում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B = \mu_0 H$ : Այդ հավասարումներից վերջնականապես կստանանք

$$B = \frac{\mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot S \cdot U \cdot N}{ld} :$$

Տեղադրելով թվային արժեքները՝  $\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Հ6/d}$ ,  $\mu = 1$ ,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ֆ/մ}$ ,  $\epsilon = 2,1$ ,  $S = 100 \text{ սմ}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^2$ ,  $U = 80 \text{ Վ}$ ,  $n = 100 \text{ վ}^{-1}$ ,  $N = 250$ ,  $l = 25 \text{ սմ} = 0,25 \text{ մ}$  և  $d = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ մ}$ , կստանանք

$$B = \frac{12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 80 \cdot 10^2 \cdot 250}{0,25 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3}} \text{ Տl} = 397 \text{ պՏl}:$$

## §9. ԷԼԵԿՏՐԱՍԱՏԻԿԱ

Ըստ Կոլունի օրենքի երկու լիցքավորված մարմինների էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության ուժը, որոնց չափերը փոքր են նրանց միջև եղած բարակության համեմատ, որոշվում է

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2}$$

բանաձևով, որտեղ  $q_1$ -ը և  $q_2$ -ը մարմինների էլեկտրական լիցքերն են,  $\epsilon$ -ը՝ միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրիկ քափանցելիությունը,  $\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ Ֆ/մ}$  էլեկտրական հատուտունն է:

Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը որոշվում է

$$E = \frac{F}{q}$$

բանաձևով, որտեղ  $F$ -ը գ լիցքի վրա ազդող ուժն է: Կետային լիցքի դաշտի լարվածությունը

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2} :$$

Սի քանի լիցքերի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը (օրինակ, երկ բևեռի դաշտը) որոշվում է դաշտերի վեկտորական գումարման կանոնով:

Ըստ Գաուսի թեորեմի ցանկացած փակ մակերևույթով լարվածության հոսքը

$$N_F = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon} \sum q_i,$$

որտեղ  $\sum q_i$ -ն այդ մակերևույթի ներսում գտնվող լիցքերի հաճրահաշվական գումարն է: Յանապատասխանաբար ցանկացած փակ մակերևույթի միջով ինդուկցիայի հոսքը հավասար է  $N_F = \sum q_i$ :

Գառասի թեորեմի օգնությամբ կարենի է որոշել տարրեր լիցքավորված մարմինների ստեղծած դաշտերի լարվածությունները:

Լիցքավորված անսահման երկար թելի ստեղծած դաշտի լարվածությունը՝

$$\epsilon = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon},$$

որտեղ  $\tau$ -ն թելի վրա լիցքի գծային խտությունն է, ո  $\epsilon$ -ն թելից ունեցած հեռավորությունը: Եթե թելն ունի վերջավոր երկարություն, ապա դաշտի լարվածությունը այն կետում, որը գտնվում է թելի մեջտևություն կանգնեցված ուղղահայացի վրա և թելից ունի  $\alpha$  հեռավորություն, կլինի

$$\epsilon = \frac{\tau \sin \theta}{2\pi\epsilon_0\epsilon},$$

որտեղ  $0 < \theta$  թելի նորմալի կազմած անկյունն է ուսումնասիրվող կետից թելի ծայրը տարրված շառավիղ-վեկտորի հետ:

Անսահման տարրածված լիցքավորված հարթություն ստեղծած դաշտի լարվածությունը՝

$$\epsilon = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon},$$

որտեղ  $\sigma$ -ն հարթության վրա լիցքի մակերևույթային խտությունն է: Եթե հարթությունը ներկայացնում է  $R$  շառավիղ ունեցող սկավառակ, ապա դաշտի լարվածությունն այն կետում, որը գտնվում է սկավառակի կենտրոնում կանգնեցված ուղղահայացի վրա նրանից և հեռավորությամբ,

$$\epsilon = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left( 1 - \frac{\alpha}{\sqrt{R^2 + \alpha^2}} \right);$$

Յավասարաչափ լիցքավորված գուգահեռ անսահման հարթությունների ստեղծած դաշտի լարվածությունը (հարթ կոնդենսատորի դաշտը)

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon},$$

Լիցքավորված գնդի ստեղծած դաշտի լարվածությունը՝

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

որտեղ  $q$ -ն  $R$  շառավիղով գնդի լիցքը է,  $r$ -ը՝ հեռավորությունը գնդի կենտրոնից, ըստ որում  $r > R$ :

Ը էլեկտրական շերտում որոշվում է հետևյալ առնչությամբ:

$$Q = \epsilon_0 E \cdot E = \epsilon \epsilon_0$$

Ելեկտրական դաշտի երկու կետերի միջև եղած պոտենցիալների տարրերությունը թվապես հավասար է այն աշխատանքին, որն անհրաժշտ է կառարել, որպեսզի միավոր դրական լիցքը տեղափոխվի մի կետից մյուսը:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q};$$

Կնտային լիցքի դաշտի պոտենցիալը՝

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon}.$$

Որտեղ  $r$ -ը լիցքի եղած հեռավորությունն է:

Ելեկտրական դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը իրար հետ կապված են հետևյալ առնչությամբ:

$$E = -d\varphi/dr;$$

Դարք կոնդենսատորի համասեռ դաշտի լարվածությունը՝

$$E = \frac{U}{d},$$

որտեղ  $U$ -ն կոնդենսատորի թիեզների միջև եղած պոտենցիալների տարրերությունն է,  $d$ -ը՝ նրանց միջև եղած հեռավորությունը:

Մեկուսացված հաղորդչի պոտենցիալը և իր լիցքը կապված են  $q = C\varphi$

առնչությամբ, որտեղ  $C$ -ն մեկուսացված հաղորդչի ունակությունն է:

Դարք կոնդենսատորի ունակությունը՝

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

որտեղ  $S$ -ը կոնդենսատորի յուրաքանչյուր թիեզի մակերեսն է:

Գնդային կոնդենսատորի ունակությունը՝

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R \cdot R}{R-r},$$

որտեղ  $r$ -ը և  $R$ -ը ներքին և արտաքին գնդերի շառավիղներն են: Սասակու դեպքում, եթե  $R = \infty$ ,

$$C = 4\pi \epsilon_0 E r$$

ճեկուսացված գնդի ունակությունն է:

Գլանային կոնդենսատորի ունակությունը՝

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon L}{\epsilon_0 (R/r)}$$

որտեղ  $L$ -ը համառանցք գլանների բարձրությունն է,  $r$ -ը և  $R$ -ը ներքին և արտաքին գլանների շառավիղներն են:

Կոնդենսատորների համակարգի ունակությունը.

Կոնդենսատորների գուգակե միացման դեպքում

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Խացորդական միացման դեպքում

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Սեկուսացված հաղորդչի էներգիան կարելի է գտնել հետևյալ երեք բանաձևերից մեկի օգնությամբ.

$$W = \frac{\epsilon U}{2}, \quad W = \frac{CU^2}{2}, \quad W = \frac{q^2}{2C}$$

Դարբ կոնդենսատորի դեպքում էներգիան

$$W = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U^2}{2d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2 S d}{2} = \frac{\sigma^2 S d}{2 \epsilon \epsilon_0}$$

որտեղ  $S$ -ը կոնդենսատորի յուրաքանչյուր թիթեղի մակերեսն է,  $\epsilon$ -ն թիթեղների վրա լիցքերի մակերևության խտությունն է,  $U$ -ն թիթեղների նիշն արտենցիաների տաքրերությունն է,  $d$ -ն՝ նրանց նիշն հեռավորությունը: Էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտություն կոչվում է

$$W_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2} \text{ մեծությունը:}$$

Դարբ կոնդենսատորի թիթեղների նիշն ձգողության ուժը՝

$$F = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2 S}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2 \epsilon \epsilon_0}$$

9-1. Գտնել ջրածնի ատոմի միջուկի և էլեկտրոնի նիշն եղած  $F$  ձգողականության ուժը: Ջրածնի ատոմի շառավիղը՝  $r=0.5 \cdot 10^{-10}$  մ է, միջուկի լիցքը մեծությամբ հավասար է նշանով հակառակ էլեկտրոնի լիցքին:

9-2. Երկու կետային լիցքեր, գտնվելով օդում ( $\epsilon=1$ ) իրարից  $r_1=20$  սմ հեռավորության վրա, փոխազդում են որոշ ուժով: Ի՞նչ է հեռավորության վրա պետք է տեղափորել այդ լիցքերը յուրի մեջ, որպեսզի ստացվի փոխազդեցուրյան նույն ուժը:

թյան վրա պետք է տեղափորել այդ լիցքերը յուրի մեջ, որպեսզի ստացվի փոխազդեցուրյան նույն ուժը:

9-3. Կառուցել երկու կետային լիցքերի միջև եղած  $F$  փոխազդեցուրյան ուժի կախման գրաֆիկը նրանց նիշն եղած հեռավորությունից  $2 \leq r \leq 10$  սմ միջակայքում՝ յուրաքանչյուր 2 սմ-ից հետո: Լիցքերը՝  $q_1=20$  նկալ և  $q_2=30$  նկալ:

9-4. Քանի՝ անգամ է նյուտոնյան ծգողականության ուժը երկու պրոտոնների նիշն փոքր նրանց էլեկտրաստատիկ վանողականության ուժից: Պրոտոնի լիցքը մեծությամբ հավասար և նշանով հակառակ է էլեկտրոնի լիցքին:

9-5. Գտնել  $F$  էլեկտրաստատիկ վանողական ուժը նատրիումի ատոմի միջուկի և այն ոնբակութող պրոտոնի միջև, համարելով, որ պրոտոնը նատրիումի ատոմի միջուկին նույնացել է նիշն  $r=6 \cdot 10^{-14}$  մ հեռավորությունը: Նատրիումի միջուկի լիցքը 11 անգամ մեծ է պրոտոնի լիցքից: Նատրիումի ատոմի էլեկտրոնային քաղանքի ազդեցությունն անտեսել:

9-6. Երկու մետաղյա միաառանք լիցքավորված գնդիկներ, յուրաքանչյուրը  $m=0.2$  կգ զանգվածով, գտնվում են իրարից որոշ հեռավորության վրա: Գտնել զնդիկների լիցքերը, եթե հայտնի է, որ այդ հեռավորության վրա նրանց  $W_{\text{կ}}$  էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիան միշտու անգամ մեծ է  $W_{\text{գ}}$ , գրավիտացիոն փոխազդեցության էներգիայից:

9-7. Քանի՝ անգամ է  $q$ -ական լիցքը և  $m$ -ական զանգվածը ունեցող նրկու մասնիկների  $W_{\text{կ}}$  էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիան մեծ նրանց  $W_{\text{գ}}$  գրավիտացիոն փոխազդեցության էներգիայից: Խմելիրը լուծել՝ ա) էլեկտրոնների, բ) պրոտոնների համար:

9-8. Կառուցել երկու կետային լիցքերի  $W_{\text{կ}}$  էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիայի հեռավորությունից ունեցած կախման գրաֆիկը  $2 \leq r \leq 10$  սմ միջակայքում՝ յուրաքանչյուր 2 սմ-ից հետո: Լիցքերը՝  $q_1=1$  նկալ և  $q_2=3$  նկալ,  $\epsilon=1$ : Գրաֆիկը կառուցել՝ ա) նույնանուն լիցքերի, բ) տարանուն լիցքերի համար:

9-9. Գտնել էլեկտրական դաշտի լարվածությունն այն կետում, որը ընկած է  $q_1=8$  նկալ և  $q_2=-6$  նկալ կետային լիցքերի մեջտեղում: Լիցքերի նիշն եղած հեռավորությունը՝  $r=10$  սմ,  $\epsilon=1$ :

9-10. Զառակուառ կենտրոնում, որի գագարներից յուրաքանչյուրը գտնվում է  $q=2.33$  նկալ լիցք, տեղավորված է բացասական  $q_0$  լիցք: Գտնել այդ լիցքը, եթե յուրաքանչյուրը գ լիցքի վրա ազդում է  $F=0$  համազոր ուժը:

9-11. Կանոնավոր վեցանկյան գագարներում տեղավորված են և դրական և եղանք բացասական լիցքեր: Գտնել էլեկտրական դաշտի և

լարվածությունը վեցանկյան կենսորում այդ լիցքերի դասավորության տարրեր համակցման ռեզըում: Յուրաքանչյուր լիցք՝  $\alpha=1.5$  նկ, վեցանկյան կույժը՝  $a=3$  սմ:

9-12. Լուծել նախորդ խնդիրը այն պայմանով, որ վեցանկյան գագաթներում տեղավորված բոլոր վեց լիցքերը դրական են:

9-13.  $\alpha_1=7.5$  նկ և  $\alpha_2=-14.7$  նկ երկու կետային լիցքեր տեղադրված են  $r=5$  սմ հեռավորության վրա: Գտնել էլեկտրական դաշտի  $E$  լարվածությունը դաշտի այն կետում, որը գտնվում է դրական լիցքից  $a=3$  սմ և բացասական լիցքից  $b=4$  սմ հեռավորության վրա:

9-14. Միատեսակ շառավիղ և զանգված ունեցող երկու գնդիկներ երկու միատեսակ երկարություն ունեցող թելերից կախված են այնպես, որ նրանց ճակերևությունը հպկում են: Գնդիկներին  $\alpha_0=0.4$  մկմ/լ լիցք հաղորդելուց հետո նրանք վանվեցին և հեռացան  $2\pi r=60^{\circ}$  անկյունով: Գնդել գնդիկներից յուրաքանչյուրի ու զանգվածը, եթե կախման կետից մինչև գնդիկի կենտրոնը եղած հեռավորությունը՝  $\ell=20$  սմ:

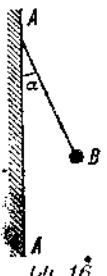
9-15. Միատեսակ շառավիղ և զանգված ունեցող երկու գնդիկներ երկու միատեսակ երկարություն ունեցող թելերից կախված են այնպես, որ նրանց ճակերևությունը հպկում են:  $h^{\circ}\pi \ell$  լիցք պետք է հաղորդել գնդիկներին, որպեսզի թելերի ծագման ուժը դատնա հավասար՝  $T=98$  Ն-ի: Գնդիկների կենտրոնից մինչև կախման կետը եղած հեռավորությունը՝  $\ell=10$  սմ, յուրաքանչյուր գնդիկի զանգված՝  $t=5$  գ:

9-16. Գտնել 9-14 խնդրի գնդիկների նյութի խտությունը, եթե հայտնի է, որ այդ գնդիկները կերտսինի մեջ ընկղմնելիս թելերի շեղման անկյունը դարձավ  $2\alpha_0=54^{\circ}$ :

9-17. Միատեսակ շառավիղ և զանգված ունեցող երկու կախման կետում թելերու թելերից և իշեցված են եղողուկ դիէկտրիկի մեջ, որի խտությունը հավասար է  $\rho=1$  կ/մ<sup>3</sup> և դիէկտրիկ թափանցելիությունը՝  $\varepsilon=10$ : Ինչպիսի՞ն պետք է լինի գնդիկների նյութի  $\tau_0$  խտությունը, որպեսզի թելերի շեղման անկյունը օդում և դիէկտրիկում լինի միևնույնը:

9-18. Ակ. 16-ում AA-ն լիցքավորված անվերջ հարթություն է՝  $\sigma=-40$  մկմ/ $m^2$  լիցքի ճակերևության խտությամբ և B-ն՝  $\alpha=1$  նկ նույնանում լիցքով լիցքավորված,  $t=1$  գ զանգվածով գնդիկ: AA հարթության հետ  $h^{\circ}\pi \ell$  անկյուն է կազմում թելեր, որից կախված է գնդիկը:

9-19. Ակ. 16-ում AA-ն լիցքավորված անվերջ հարթություն է, իսկ B-ն նույնանում լիցքով լիցքավորված,  $t=0.4$  մ զ զանգվածով և  $\alpha=667$  պկմ/լ լիցքով գնդիկ: Թեևի ծագման ուժը, որից կախված է գնդիկը,  $T=0.49$  մ: Գտնել լիցքի օճառության խտությունը AA հարթության վրա:



Ակ. 16

9-20. Գտնել  $\alpha=2CGC_0$  լիցքի վրա ազդող  $F$  ուժը, եթե լիցքը տեղադրված է ա)  $\tau=0.2$  մկմ/ $m$  լիցքի գծային խտություն ունեցող լիցքավորված թվից  $t=2$  սմ հեռավորությամբ վրա, բ)  $\sigma=20$  մկմ/ $m^2$  լիցքի ճակերևության խտությամբ լիցքավորված հարթությամբ գաշտում, գ)  $R=2$  սմ շառավիղ և լիցքի  $\sigma=20$  մկմ/ $m^2$  ճակերևության խտություն ունեցող լիցքավորված գնդի ճակերևությունից  $\Gamma=2$  սմ հեռավորությամբ վրա: Միջավայրի դիէկտրիկի թափանցելիությունը՝  $\varepsilon=6$ :

9-21. Նոյն գրաֆիկի վրա կառուցել էլեկտրական դաշտի  $E$  լարվածությանը և հեռավորությունից ունեցած կախման կորերը  $1 \leq r \leq 5$  սմ միջակայքում, եթե դաշտը առաջացնել է ա)  $\alpha=33.3$  նկ կետային լիցքից, բ) լիցքի  $t=1.67$  պկմ/ $m$  գծային խտություն ունեցող լիցքավորված անսահման երկար թելից, գ) լիցքի  $\sigma=25$  մկմ/ $m^2$  ճակերևության խտություն ունեցող լիցքավորված անսահման մեջ հարթությունից:

9-22. Գտնել էլեկտրական դաշտի լարվածությունը միավակենտ ինչից  $\Gamma=0.2$  մմ հեռավորության վրա: Ի՞նչ լիցքը համարել կետային:

9-23. Լիցքավորված անսահման մեջ հարթության էլեկտրական դաշտը ինչպիսի՞ է  $F$  ուժով է ազդում այդ դաշտում տեղավորված անսահման երկար թելի յուրաքանչյուր մետրի վրա: Թեևի վրա լիցքի գծային խտությունը՝  $t=3$  մկմ/ $m$  և հարթության վրա՝ լիցքի ճակերևության խտությունը՝  $\sigma=20$  մկմ/ $m^2$ :

9-24. Ինչպիսի՞  $F$ , ուժով են միավոր երկարության վրա վանվում Եթե մկմ/ $m$  լիցքի գծային խտությամբ, իրարից  $t_1=2$  սմ հեռավորության վրա գտնվող, լիցքավորված երկու անսահման երկար թելերը: Ի՞նչ  $A$ , աշխատանք նետը է կատարել թելի միավոր երկարության վրա, որպեսզի այն տեխնարժենք մինչև  $t_2=1$  սմ հեռավորությունը:

9-25. Երկու նույնանում լիցքով լիցքավորված երկար թելեր տեղադրված են կապից  $\Gamma=10$  սմ հեռավորության վրա: Թեևի վրա լիցքերի գծային խտությունը՝  $t_1=t_2=10$  մկմ/ $m$ : Գտնել արդյունարար էլեկտրոլիտի լարվածության մեծությունը ու ուղղությունը այն կետում, որը գտնվում է յուրաքանչյուր թելից  $a=10$  սմ հեռավորության վրա:

9-26. Ինչպիսի՞ ուժով են վանվում միավոր ճակերտսի վրա երկու միատեսակ լիցքավորված անսահման հարթությունները: Յարթությունների վրա լիցքի ճակերևության խտությունը՝  $\sigma=0.3$  մկմ/ $m^2$ :

9-27.  $R=0.5$  սմ շառավղով պղնձե գոնդը տեղադրված է յուղի ներք: Յուղի խտությունը՝  $\rho=0.8 \cdot 10$  կգ/ $m^3$ : Գտնել գնդի և լիցքը, եթե հաջանակ էլեկտրական դաշտում գտնվող յուղի մեջ գտնվում էր հավասարակշռված վիճակում: Էլեկտրական դաշտը ուղղված է ուղղաձիգ դեպի լիցք և նրա լմրվածությունը՝  $E=3.6$  ՄՎ/ $m$ :

9-28. Նորիգոնական տեղադրված հարթ կրնողենսատորում սնդիկի լիցքավորված կարիլը գոնվում է հավասարակշռության մեջ էլեկտրական դաշտի  $E=60$  կՎ/մ լարվածության դիպրում: Կարիլի լիցքը  $q=2,4 \cdot 10^{-9}$  CGC<sub>q</sub> Գտնել կարիլի R շառավիղը:

9-29. Ցույց տալ, որ վերջավոր երկարությունը լիցքավորված թելի առաջարրած էլեկտրական դաշտը սահմանային դեպքերում վերածվում է ա) լիցքավորված անսահման երկար թելի. բ) կետային լիցքի դաշտի:

9-30. Լիցքավորված թելի երկարությունը  $L=25$  սմ: Թելի մեջտեղում կանգնեցված ուղղահայացով թելից  $h^*$ նշ տականակային և հեռավորության վրա էլեկտրական դաշտը կարելի է համարել որպես լիցքավորված անվերջ թելի դաշտ: Այսպիսի երկարության ժամանակ սխալը չպետք է գերազանցի  $\delta=0,05$ : Ցուցում: Ցույլատորելի միավոր  $\delta=E_2-E_1/E_2$ , որտեղ  $E_2$ -ը անվերջ երկար թելի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը:  $E_1$ -ը վերջավոր երկարության թելի դաշտի լարվածությունը:

9-31. Լիցքավորված անսահման երկար թելից  $L=5$  սմ հեռավորության վրա տեղավորված A կետում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը  $E=150$  կՎ/մ: Թելի հնչափին<sup>\*</sup> սահմանային երկարության վեճաբառը լարվածության գուածը արժեքը կունենա մինչև 2% ճշտություն: Եթե A կետը տեղավորված է թելի մեջտեղից տարված ուղղահայացի վրա հնչի<sup>\*</sup> և հավասար էլեկտրական դաշտի E լարվածությունը A կետում, եթե թելն ունի  $\ell=20$  սմ երկարություն: Լիցքի գծային խտությունը վերցածիր երկարության թելի վրա համարել հավասար լիցքի գծային խտությունը թելի վրա:

9-32. Մետաղյա լարից պատրաստված R=10 սմ շառավիղով օդակը կրում է  $q=-5$  նկլ լիցք: Գտնել էլեկտրական դաշտի լարվածությունը օդակի առանցքի այն կետերում, որտեղ տեղավորված են օդակի կենտրոնից L-ը հավասար է 0, 5, 8, 10 և 15 սմ հեռավորության վրա Կառուցել E=f(L) ֆանֆիկը: Օդակի կենտրոնից հնչափին<sup>\*</sup> L հեռավորության վրա դաշտի լարվածությունը կունենա առավելագույն արժեքը:

9-33. Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը առավելագույն արժեքը է ընդունում օդակի առանցքի վրա՝ օդակի կենտրոնից L հեռավորության վրա: Օդակի կենտրոնից 0,5 L հեռավորության վրա տեղադրված կետում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը քանի՝ անգան վորք կլինի առավելագույն լարվածությունից:

9-34. Ցույց տալ, որ լիցքավորված պակավառակայի առաջարրած էլեկտրական դաշտը սահմանային դեպքում վերածվում (L ա) անսահման ծգված հարթության: բ) կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի:

9-35. Լիցքավորված սկավառակայի տրամագիծը D=25 սմ է: Սկավա-

ռակի կենտրոնից նորմալի ուղղությանը ի՞նչ և սահմանային հեռավորության վրա էլեկտրական դաշտը կարելի է դիմել որպես անսահման մեջ հարթության դաշտ: Այսպիսի ենթադրության ժամանակ սխալը չպետք է գերազանցի  $\delta=0,05$ : Ցուցում բույատրելի միավոր  $\delta=E_2-E_1/E_2$ , որտեղ  $E_1$ -ը սկավառակայի դաշտի լարվածությունն է,  $E_2$ -ը՝ անսահման մեջ հարթության դաշտի լարվածությունը:

9-36. Պահաճնվում է գտնել էլեկտրական դաշտի E լարվածությունը նոր A կետում, որը տեղավորված է լիցքավորված սկավառակայի կենտրոնից տարգամ նորմալի ուղղությամբ  $a=5$  սմ հեռավորության վրա: Ինչպիսի սահմանային արժեքը պետք է ունենա սկավառակայի R շառավիղը, որպեսզի դաշտը A կետում տարբերվի անսահման ծգված հարթության դաշտից ոչ ավելի, քան 2 %-ով: Ինչպիսին է դաշտի E լարվածությունը A կետում, եթե սկավառակայի շառավիղը  $R=10$  ս: Քանի՝ անգան է որոշված լարվածությունը  $R=10$  այդ կետում փոքր անսահման մեջ հարթության առաջարրած դաշտի լարվածությունից:

9-37. Երկու հավասարաչափ, միևնույն լիցքի մակերնության խոռությամբ և տարանուն լիցք ունեցող սկավառակներ տեղադրված են իրարից  $d=1$  սմ հեռավորության վրա: Ինչպիսի սահմանային արժեքը կարող են ունենալ սկավառակների R շառավիղները, որպեսզի սկավառակների կենտրոններից միջև դաշտը տարբերվի հարթ կոնդենսատորի դաշտից ոչ ավելի, քան 5 %-ով: Ինչպիսի սխալ ենք մեջք բույլ տաթիւք, այդ կետերի համար դաշտը ընդունելով հավասար հարթ կոնդենսատորի դաշտին, այն դեպքում, եթե  $R/d=10$ :

9-38.  $m=40$  մգ զանգվածով գնդիկը, որն ունի  $q=1$  նկլ դրական լիցք, շարժվում է  $V=10$  սմ/ $\sqrt{2}$  արագությամբ: Ի՞նչ է հեռավորության վրա կարող է մոտենալ գնդիկը  $q=1,33$  նկլ դրական կետային լիցքին:

9-39. Ի՞նչ հեռավորության վրա կարող են մոտենալ իրար երկու էլեկտրոններ, եթե նրանք շարժվում են իրար ընդառաջ  $V_0=10^6$  մ/ $\sqrt{2}$  հարթերական արագությամբ:

9-40. Պրոտոնը (ջրածնի ատոմի միջուկը) շարժվում է  $V=7,7 \cdot 10^{16}$  մ/ $\sqrt{2}$  արագությամբ: Ի՞նչ նվազագույն հեռավորության վրա կարող է մոտենալ պրոտոնը այսումինի ատոմի միջուկին: Այսումինի միջուկի լիցքը  $q=2$  ս, որտեղ Z-ը ատոմի կարգաքիվն է Մենիելեսի այլուսկում, ե-ն՝ պրոտոնի լիցքը՝ մեծությամբ հավասար էլեկտրոնի լիցքին: Պրոտոնի զանգվածը համարել հավասար ջրածնի ատոմի զանգվածին: Պրոտոնը և այսումինի ատոմի միջուկը համարել կետային լիցքեր: Այսումինի ատոմի էլեկտրոնային քաղաքացի ազդեցությունը ամտեսել:

9-42.  $q_1=6,66$  նկլ և  $q_2=13,33$  նկլ լիցքերով երկու գնդիկներ

գտնվում են  $r_1=40$  սմ հեռավորության վրա: Խնչախիս՝ աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի նրանց մոտեցնենք մինչև  $r_2=25$  սմ հեռավորություն:

9-43.  $R=1$  սմ շառավղով գունդը, որն ունի  $q=40$  ԱԿլ լիցք, տեղավորված է յուրի մեջ: Կառուցել  $U=f$  (Լ) կախման գրաֆիկը դաշտի այն կետերի հաճար, որոնք գտնվում են գնդի մակերևույթից և հեռավորության վրա՝ հավասար 1, 2, 3, 4 և 5 սմ-ի:

9-44. Գտնել դաշտի գ պոտենցիալը  $R=1$  սմ շառավղով գնդի կենտրոնից  $r=10$  սմ հեռավորության վրա: Խնդիրը լուծել, եթե՝ ա) գնդի մակերևույթի վրա լիցքի մակերևութային խտությունը՝  $\sigma=0,1$  մկվ/մ<sup>2</sup>; բ) տրված է գնդի պոտենցիալը՝  $\phi=300$  Վ:

9-45. Խնչախիս՝ Ա աշխատանք է կատարվում  $q=20$  ԱԿլ կատարյան լիցքը անսահմանությունից այն կետը տեղափոխմելիս, որը գտնվում է  $\sigma=10$  մկվ/մ<sup>2</sup>? Լիցքի մակերևութային խտությամբ և  $R=1$  սմ շառավղով գնդի մակերևույթից  $r=1$  սմ հեռավորության վրա:

9-46.  $m=1$  գ զանգված և  $q=10$  ԱԿլ լիցք ունեցող գնդիկը տեղափոխվում է  $\phi_1=600$  Վ պոտենցիալ ունեցող 1 կետից 2 կետը, որի պոտենցիալը  $\phi_2=0$ : Գտնել նրա արագությունը 1 կետում, եթե 2 կետում այն լրացնակ  $V_2=20$  մ/վ:

9-47. Գտնել էլեկտրոնի Վ արագությունը, եթե այն անցել է Ս պոտենցիալների տարրերությունը՝ հավասար 1, 5, 10, 100, 1000 Վ-ի:

9-48. Ռադիոակտիվ տրոհման ժամանակ պոլոնիումի ատոմի միջուկից դուրս է թռչել  $\alpha$ - մասնիկ՝  $V=1.6 \cdot 10^7$  մ/վ արագությամբ: Գտնել  $\alpha$ -մասնիկի  $W_0$  կինետիկ էներգիան և դաշտի այն պոտենցիալների Ս տարրերությունը, որում պետք է արագացնել դաշտի վիճակում գտնվող  $\alpha$ -մասնիկը մինչև այդպիսի արագությունը:

9-49. Լիցքավորված անսահման երկար լարից  $r_1=4$  սմ հեռավորության վրա գտնվում է  $q=0.66$  ԱԿլ կետային լիցք: Դաշտի ազդեցության տակ լիցքը տեղափոխվում է մինչև  $r_2=2$  սմ հեռավորություն և այդ դեպքում կատարվում է  $A=50$  Էր աշխատանք: Գտնել թեմի լիցքի գծային խտությունը:

9-50. Էլեկտրական դաշտը ստեղծվում է դրականապես լիցքավորված անսահման երկար լարի կորդից: Մասնիկը, շարժվելով այդ դաշտի ազդեցության տակ, լարից  $r_1=1$  սմ հեռավորության վրա գտնվող կետից մինչև  $r_2=4$  սմ կետը իր արագությունը փոխեց  $V_1=2 \cdot 10^5$  մ/վ-ից մինչև  $V_2=3 \cdot 10^6$  մ/վ: Գտնել թեմի լիցքի գծային խտությունը:

9-51. Էլեկտրական դաշտը ստեղծված է լիցքի  $\tau=0,2$  մկվ/մ գծային խտությամբ հավասարաչափ լիցքավորված անսահման երկար լարի կորդից: Խնչ արագություն ծնող կիրարի էլեկտրոնը դաշտի ազդեցության

տակ  $r_1=1$  սմ հեռավորությունից մինչև  $r_2=0,5$  սմ հեռավորությունը լարին մոտենալիս:

9-52. Լիցքավորված անսահման հարթության մոտ գտնվում է  $q=0,66$  ԱԿլ կետային լիցք: Լիցքը տեղափոխվում է լարվածության գծերի ուղղությամբ՝  $\wedge r=2$  սմ հեռավորությամբ, այդ դեպքում կատարվում է  $A=50$  Էր աշխատանք: Գտնել լիցքի Ծ մակերևութային խտությունը հարթության վրա:

9-53. Հարթ կոնյենսատորի թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը հավասար է  $U=90$  Վ-ի: Յուրաքանչյուր թիթեղի մակերեսը՝  $S=60$  մ<sup>2</sup>: Նրա լիցքը՝  $q=1$  ԱԿլ: Իրարից ի՞նչ Ժ հեռավորության վրա են գտնվում թիթեղները:

9-54. Հարթ կոնյենսատորը կարող է օգտագործել որպես զգայուն միկրոլոցերը: Յորիգոնական դիրքով տեղադրված հարթ կոնյենսատորի ներսում, որի թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=3,84$  մմ է, գտնվում է  $q=1,44 \cdot 10^{-9}$  CGC, լիցք ունեցող լիցքավորված մասնիկ: Որպեսզի մասնիկը գտնվի հավասարակշռության վիճակում, անհրաժշտ է կոնյենսատորի թիթեղների միջև կիրառել  $U=40$  Վ պոտենցիալների տարրերությունը: Գտնել մասնիկի Ծ զանգվածը:

9-55. Յորիգոնական դիրքով տեղադրված հարթ կոնյենսատորի ներսում, որի թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=1$  սմ, գտնվում է  $t=5 \cdot 10^{-11}$  գ զանգվածով լիցքավորված կարիլ: Էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում կարիլը, որի դիմադրության հետևանքով ընկնում է  $V=2$  սմ/վ հաստատում արագությամբ: Թիթեղներին  $U=3$  կՎ պոտենցիալների տարրերություն հաղորդելուց որքայն ժամանակ հետո փոշեհատիկը կհասնի թիթեղներից որևէ մեկին: Ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ ի՞նչ Ժ հեռավորություն կանցնի փոշեհատիկը մինչև թիթեղի վրա ընկնելը: Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=2$  սմ, փոշեհատիկի զանգվածը՝  $t=2 \cdot 10^{-9}$  գ, նրա լիցքը՝ Օ 6,5  $\cdot 10^{-17}$  Ակլ:

9-56. Երկու ուղղաձիգ որված թիթեղների միջև, նրանցից միասնական դաշտը հեռավորության վրա, վայր է ընկնում փոշեհատիկ: Օղի դիմադրության հետևանքով փոշեհատիկը ընկնում է  $V=2$  սմ/վ հաստատում արագությամբ: Թիթեղներին  $U=3$  կՎ պոտենցիալների տարրերություն հաղորդելուց որքայն ժամանակ հետո փոշեհատիկը կհասնի թիթեղներից որևէ մեկին: Ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ ի՞նչ Ժ հեռավորություն կանցնի փոշեհատիկը մինչև թիթեղի վրա ընկնելը: Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=2$  սմ, փոշեհատիկի զանգվածը՝  $t=2 \cdot 10^{-9}$  գ, նրա լիցքը՝ Օ 6,5  $\cdot 10^{-17}$  Ակլ:

9-57. Լուծել նախորդ խնդիրը շվման ուժի բացակայության դեպքում (լակուումային կոնյենսատոր):

9-58. Յորիգոնական դիրքով տեղադրված հարթ կոնյենսատորը՝ որի թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=1$  սմ, գտնվում է

յուղի լիցքավորված կաթի: Ելեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում կաթին ընկնում է  $V_1=0,11$  մմ/ $\mu$  հաստատուն արագությամբ: Եթե թիթեղներին տրվի  $U=150$  Վ պոտենցիալների տարրերություն, ապա կաթիլ կընկնի  $V_2=0,43$  մմ/ $\mu$  արագությամբ: Գտնել կաթիի բառապիդը և նոր գ լիցքը: Օրի դիմանմիկական մանգացիկությունը՝  $\eta=1,82\cdot10^{-5}$  Պա.Վ: Յուղի խոռությունը  $\Delta\rho=0,9\cdot10^3$ Կգ/ $m^3$  մեծ է այն գազի խոռությունից, որի մեջ նա ընկնում է:

9-59. Իրարից  $d=1$  սմ հեռավորության վրա գտնվող երկու ուղղաձիգ թիթեղների միջև թիթեղ կախված է լիցքավորված բանբրվենու գնդիկ, որի գանգվածը  $m=0,1$  գ է: Թիթեղներին  $U=1$  կՎ պոտենցիալների տարրերություն տալուց հետո թեղ գնդիկի հետ շելվեց  $\alpha=10^6$  անկյունով: Գտնել գնդիկի գ լիցքը:

9-60.  $q=2,22\cdot10^{-10}$  Կէ լիցք ուժեցզդ օճառի արագակը գտնվում է հավասարակշռության մեջ հորիզոնական հարթ կոնդենսատորի դաշտում: Գտնել կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած  $U$  պոտենցիալների տարրերությունը, եթե պարագակի գանգվածը՝  $m=0,01$  գ և թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=5$  սմ:

9-61. Դարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=4$  սմ: Ելեկտրոնը բացասական թիթեղից սկսում է շարժվել պոտունը: Դրական թիթեղից  $h^{\circ}$  չ է հեռավորության վրա կիսանդիպեն էլեկտրոնը և պրոտոնը:

9-62. Դարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=1$  սմ: Թիթեղներից մեջից միաժամանակ սկսում են շարժվել պրոտոնը և  $\alpha$ -մասնիկը:  $h^{\circ}$  չ է հեռավորություն կանցնի  $\alpha$ -մասնիկը այն ժամանակամիջոցում, որի ընթացքում պրոտոնը անցնում է մի թիթեղից մինչև մյուս թիթեղը եղած անքողջ ճանապարհը:

9-63. Ելեկտրոնը, հարթ կոնդենսատորի մեջ անցնելով մի թիթեղից մինչև մյուս թիթեղը եղած ճանապարհը, ծեռք է բերում  $V=10^6$  մ/ $\mu$  արագություն: Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=5,3$  մմ: Գտնել թիթեղների միջև  $U$  պոտենցիալների տարրերությունը, կոնդենսատորի ներսում էլեկտրական դաշտի Է լարվածությունը և թիթեղների վրա լիցքի գ մակերևութային խտությունը:

9-64. Ելեկտրական դաշտուն առաջացնել է իրարից  $d=2$  սմ հեռավորության վրա գտնվող երկու գասահեռ թիթեղներից: Թիթեղների վրա կիրառված է  $U=120$  Վ պոտենցիալների տարրերություն:  $h^{\circ}$  Վ արագություն կատար էլեկտրոնը դաշտի ագրեցության տակ՝ ուժագծով՝  $\Delta r=3$  մմ հեռավորություն անցնելիս:

9-65. Ելեկտրոնը հաճախեր էլեկտրական դաշտում առանում է

$a=10^{12}$  մ/ $\mu^2$  արագացում: Գտնել էլեկտրական դաշտի Է լարվածությունը, ներ Վ արագությունը, որ կատար էլեկտրոնը իր շարժման  $t=1$  մկվ-ի ընթացքում, էլեկտրական դաշտի  $A$  աշխատանքը այդ ժամանակամիջոցում և էլեկտրոնի կողմից անցած  $U$  պոտենցիալների տարրերությունը: Ելեկտրոնի սկզբնական արագությունը՝  $V_0=0$ :

\* 9-66. Ելեկտրոնը հարթ կոնդենսատորի մի թիթեղից թռչում է գնդիկ մյուաք: Թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը՝  $U=3$  ԿՎ, թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=4$  մմ: Գտնել էլեկտրոնի վրա ազդող  $F$  ուժը, էլեկտրոնի և արագացումը, Վ արագությունը, որով էլեկտրոնը հասնում է երկորդ թիթեղին, և թիթեղների վրա լիցքի գ մակերևութային խտությունը:

\* 9-67. Ելեկտրոնը որոշ  $V_0$  սկզբնական արագությամբ ներս է թռչում հորիզոնական տեղադրված հարթ կոնդենսատորի մեջ՝ թիթեղներին գուգահեռ և նրանցից հավասար հեռավորության վրա: Կոնդենսատորի թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը՝  $U=300$  Վ, թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=2$  սմ, կոնդենսատորի երկարությունը՝  $L=10$  մ: Ինչքա՞ն պիտք է լինի էլեկտրոնի  $V_0$  սահմանային արագությունը, որպեսզի այն դուրս չըռչի կոնդենսատորից: Լուծել այս նույն խնդիրը  $\alpha$ -մասնիկի համար:

9-68. Ելեկտրոնն որոշ արագությամբ ներս է թռչում հորիզոնական տեղադրված հարթ կոնդենսատորի մեջ՝ թիթեղներին գուգահեռ և նրանցից հավասար հեռավորության վրա: Կոնդենսատորի դաշտի լարվածությունը՝  $E=100$  Վ/ $\mu$  է, թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=4$  սմ: Կոնդենսատորի մեջ ներս թռչնուց որքա՞ն է ժամանակ հետո էլեկտրոնը կընկնի թիթեղներից մեկի վրա: Կոնդենսատորի սկզբից  $h^{\circ}$  Ս հեռավորության վրա էլեկտրոնը կընկնի թիթեղի վրա, եթե այն արագացվում է  $U=60$  Վ պոտենցիալների տարրերությամբ:

9-69. Ելեկտրոնը ներս է թռչում հորիզոնական տեղադրված հարթ կոնդենսատորի մեջ՝ թիթեղներին գուգահեռ,  $V_0=9\cdot10^6$  մ/ $\mu$  արագությամբ: Թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը՝  $U=100$  Վ, թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=1$  սմ: Գտնել էլեկտրոնի շրիփ, առ նորմավ և առ շոշափող արագացումները կոնդենսատորի ներսում՝ նրա շարժման սկզբից  $t=10$  նվ հետո:

9-70. Պրոտոնը և  $\alpha$ -մասնիկը, շարժվելով միևնույն արագությունը, ներս են թռչում հարթ կոնդենսատորի մեջ՝ նրա թիթեղներին գուգահեռ: Պրոտոնի շեղումը կոնդենսատորի դաշտում որքա՞ն անգամ նետ կլինի  $\alpha$ -մասնիկի շեղումից:

9-71. Պրոտոնը և  $\alpha$ -մասնիկը, որոնք արագացված են միևնույն

պոտենցիալների տարբերությամբ, ներս են թռչում հարք կոնդենսատորի մեջ՝ նրա քիթեներին գուգահեռ։ Պրոտոնի շեղումը կոնդենսատորի դաշտում որբա՞ն անգամ մեծ կլինի ա-մասնիկի շեղումից։

9-72. Էլեկտրոնը ներս է թռչում հորիզոնական տեղադրված հարք կոնդենսատորի մեջ  $V_0 = 10^7$  մ/վ արագությամբ, գուգահեռ քիթեներին։ Կոնդենսատորում դաշտի լարվածությունը՝  $E=10$  կՎ/մ, կոնդենսատորի երկարությունը՝  $L=5$  սմ։ Գտնել էլեկտրոնի  $V$  արագության նեծությունը և ուղղությունը կոնդենսատորից նրա դուրս թռչնու պահին։

9-73.  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերությամբ արագուցված էլեկտրոնների փունջը անցնում է շիցքավորված, հորիզոնական հարք կոնդենսատորի միջով, գուգահեռ նրա քիթեներին, և տախս լուսավոր բիժ կոնդենսատորի քիթեղի ծայրից  $x=12$  սմ հեռավորության վրա տեղադրված ֆլուորեսցենտոդ էլերանի վրա։ Կոնդենսատորի լիցքավորման ժամանակ բիժը էլերանի վրա շեղվում է  $x=3$  սմ հեռավորությամբ։ Թիթեների միջև հեռավորությունը՝  $d=1,4$  սմ, կոնդենսատորի երկարությունը՝  $L=6$  սմ։ Գտնել կոնդենսատորի քիթեների վրա կիրառված  $U$  պոտենցիալների տարբերությունը։

9-74. Էլեկտրոնը շարժվում է հորիզոնական տեղադրված հարք կոնդենսատորում  $V=3,6 \cdot 10^7$  մ/վ արագությամբ, գուգահեռ նրա քիթեներին։ Կոնդենսատորի ներսում դաշտի լարվածությունը՝  $E=3,7$  կՎ/մ, քիթեների երկարությունը՝  $L=20$  սմ։ Էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ ի՞նչ չ է հեռավորությամբ կտեղափոխվի էլեկտրոնը ուղղաձիգ ուղղությամբ։ Կոնդենսատորի ներսում իր շարժման ժամանակ։

9-75. Պրոտոնը ներս է թռչում հորիզոնական տեղադրված հարք կոնդենսատորի մեջ  $V_0=1,2 \cdot 10^5$  մ/վ արագությամբ, գուգահեռ նրա քիթեներին։ Դաշտի լարվածությունը կոնդենսատորի ներսում՝  $E=3$  կՎ/մ, քիթեների երկարությունը՝  $L=10$  սմ։ Պրոտոնի  $V$  արագությունը կոնդենսատորից դուրս թռչնու պահին՝ քանի անգամ մեծ կլինի նրա  $V_0$  սկզբական արագությունից։

9-76. Դարք կոնդենսատորի քիթեների միջև, որոնք գտնվում են իրարից  $d_1=5$  մմ հեռավորության վրա, կիրառված է  $U=150$  Վ պոտենցիալների տարբերություն։ Թիթեներից մեկին կացրել են  $d_2=3$  մմ հաստությամբ ճենապակու հարթությանը քիթեղ։ Գտնել էլեկտրական դաշտի  $E_1$  և  $E_2$  լարվածությունները օդում և ճենապակում։

9-77. Գտնել երկրագնդի  $C$  ունակությունը։ Երկրագնդի շառավիղը համարել  $R=6400$  կմ։ Որքանո՞վ կփոխվի երկրագնդի դաշտի պատճենացմանը, եթե նրան հաղորդվի  $q=1$  Կլ լիցք։

9-78.  $R=2$  սմ շառավիղով գնդիկը լիցքավորվում է մինչև  $\varphi=2$  կՎ

բացասական պոտենցիալ։ Գտնել այն բոլոր էլեկտրոնների ու գամագիվա ծր. որոնք կազմուն են գնդիկին հաղորդված լիցքը։

9-79. Ուր լիցքավորված լիցքին կարիլներ, յուրաքանչյուրը  $r=1$  մմ շառավիղով և  $q=0,1$  Օկլ լիցքով, իրար հետ միախառնանելով կազմուն են մեկ ընդհանուր կարիլ։ Գտնել մեծ կարիլի գ պոտենցիալը։

9-80. Սինուսը  $R=1$  սմ շառավիղով և  $t=40$  գ գանգվածով երկու գնդիկներ կախված են միևնույն երկարությամբ թեթերից այնպես, որ նրանց նակերևույթները հավանում են։ Եթե գնդիկները լիցքավորեցին, թե՛լիքը որոշ անկանու տակ իրարից հեռացան և թեթերի ձգման ուժը դարձավ  $'$ հավասար  $T=490$  մկվ-ի։ Գտնել լիցքավորված գնդիկների գ պոտենցիալը, եթե հայտնի է, որ կախման կետից մինչև յուրաքանչյուր գնդիկի կենտրոն եղած հեռավորությունը՝  $\ell=10$  սմ։

9-81. Մինչև  $\varphi=792$  Վ պոտենցիալ լիցքավորված գնդիկը ունի  $\sigma=-333$  Օկլ/ $m^2$  լիցքի նակերևության խտություն։ Գտնել գնդիկի շառավիղը։

9-82. Գտնել գնդի  $R$  շառավիղի և օդում նրա առավելագույն լիցքավորման գ պոտենցիալի միջև առնչությունը, եթե պարպունք օդում նորմայ ճնշման ժամանակ սկսվում է էլեկտրական դաշտի  $E=3$  ՄՎ/մ լարվածության ժամանակ։ Ինչպիսի՞ն կլինի  $D=1$  մ տրամագծով գնդի առավելագույն գ պոտենցիալը։

9-83. Սինուսը  $R=1$  սմ շառավիղով և  $t=0,15$  կգ գանգվածով երկու գնդիկներ լիցքավորված են մինչև միևնույն  $\varphi=3$  կՎ պոտենցիալը և գտնվում են իրարից որոշ  $r_1$  հեռավորության վրա։ Այդ դեպքում նրանց փոխագեցության գրավիտացիոն էներգիան  $W_{\text{գր}}=10^{-11}$  Ջ։ Գնդիկները մոտեցվում են մինչև  $r_2$  հեռավորություն։ Գնդիկները մոտեցնելու համար անհրաժեշտ աշխատանքը հավասար է  $A=2 \cdot 10^{-6}$  Ջ-ի։ Գտնել գնդիկների  $W_{\text{գլ}}$  էլեկտրաստատիկ փոխագեցության էներգիան դրանք մոտեցնելուց հետո։

9-84. Դարք օդային կոնդենսատորի յուրաքանչյուր քիթեղի մակերեսը՝  $S=1$  մ<sup>2</sup>, քիթեների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=1,5$  մմ։ Գտնել այդ կոնդենսատորի  $C$  ունակությունը։

9-85. Նախորդ խնդրի կոնդենսատորը լիցքավորված է մինչև  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերություն։ Գտնել նրա քիթեների վրա լիցքի և մակերևության խտությունը։

9-86. Պահանջվում է պատրաստել  $C=250$  պֆ ունակությամբ կոնդենսատոր։ Դրա համար  $d=0,05$  մմ հաստությամբ պարաֆինացված բղթի վրա երկու կողմից սուսնում են անագաքերերի սկավառակներ։ Ինչքա՞ն պետք է լինի անագաքերերի սկավառակների  $C$  տրամագիծի։

9-87. Դարք օդային կոնդենսատորի քիթեներից յուրաքանչյուր

յուրի մակերեսը՝  $S=0,01 \text{ м}^2$ , նրանց միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=5 \text{ մ}$ : Թիթեղների վրա կիրառված է  $U_1=300$  Վ պոտենցիալների տարբերություն: Կոնդենսատորը լարման աղբյուրից անջատվելուց հետո թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցվում է երոնիտով: Ինչպիսի՞ն կլինի Ա<sub>2</sub> պոտենցիալների տարբերությունը թիթեղների միջև՝ լցոնումից հետո: Գտնել կոնդենսատորի C<sub>1</sub> և C<sub>2</sub> ունակությունները ու թիթեղների վրա լիցքի σ<sub>1</sub> և σ<sub>2</sub> մակերևությախին խոռությունները լցոնումից առաջ և հետո:

9-88. Լուծել նախորդ խնդիրը այն դեպքի համար, եթե թիթեղների միջև եղած տարածության լցոնումը մեկուսով կատարվում է չարման աղբյուրի միացման ժամանակ:

9-89. Հարք կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի մակերեսը՝  $S=0,01 \text{ м}^2$ , նրանց միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=1 \text{ մ}$ : Թիթեղների նկատմամբ կիրառված է  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերություն: Թիթեղների միջև եղած տարածության մեջ գտնվում են ապակու  $d_1=0,5 \text{ մ}$  սմ հաստությամբ և պարաֆինի  $d_2=0,5 \text{ սմ}$  հաստությամբ հարթօպակիեռ թիթեղներ: Գտնել էլեկտրական դաշտի E<sub>1</sub> և E<sub>2</sub> լարվածությունները, պոտենցիալի U<sub>1</sub> և U<sub>2</sub> անկումները յուրաքանչյուր շերտում: Այդ դեպքում ինչքան կլինին կոնդենսատորի C ունակությունը և թիթեղների վրա լիցքի σ մակերևությախին խոռությունը:

9-90. Իրարից 1 սմ հեռավորության վրա գտնվող հարթ կոնդենսատորի թիթեղների միջև կիրառված է  $U=100$  Վ լարում: Թիթեղներից մեջին հայված  $t = d=9,5 \text{ մմ}$  հաստությամբ բյուրեղային բրոճական տալիսումի ( $\varepsilon = 173$ ) հարթօպակիեռ թիթեղ: Լարման աղբյուրից կոնդենսատորը անջատելուց հետո բյուրեղի թիթեղը հանում են: Ինչպիսի՞ն կլինի դրանից հետո պոտենցիալների U տարբերությունը կոնդենսատորի թիթեղների միջև:

9-91. Դաշտանցք էլեկտրական կաթելք բաղկացած է կենտրոնական ջիղից և նրան համակենտրոն գլանաձև բաղանքից, որոնց արանքում կա դիելեկտրիկ ( $\varepsilon = 3,2$ ): Գտնել այդպիսի կարելի (նալուխ) էրկարության մեջ միավորի C<sub>1</sub> ունակությունը, եթե ջիղի շառավիղը՝ R=3 սմ:

9-92. Կարելի կենտրոնական ջիղի շառավիղը՝ r=1,5 սմ, բաղանքի շառավիղը՝ R=3,5 սմ: Կենտրոնական ջիղի և բաղանքի միջև կիրառված է  $U=2,3$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Գտնել կարելի առանցքի X=2 սմ հեռավորության վրա էլեկտրական դաշտի E լարվածությունը:

9-93. Վակուումային գլանային կոնդենսատորն ունի r=1,5 սմ ներքին գլանի շառավիղը, R=3,5 սմ արտաքին գլանի շառավիղը: Գլանների միջև կիրառված է  $U=2,3$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Այդ կոնդենսատորի դաշտի աղբեցության տակ էլեկտրոնը ինչպիսի՞ն արագու-

թյուն ծեղը կրերի շարժվելով գլանի առանցքից  $L_1=2,5 \text{ սմ}$  հեռավորությունից մինչև  $L_2=2 \text{ սմ}$  հեռավորություն:

9-94. Գլանային կոնդենսատորը բաղկացած է  $r=3 \text{ մմ}$  շառավիղի ունեցող ներքին գլանից, մեկուսի երկու շերտից և  $R=1 \text{ սմ}$  շառավիղի ունեցող արտաքին գլանից: Մեկուսի առաջին շերտը ունի  $d_1=3 \text{ մմ}$  հաստություն և կպած է ներքին գլանին: Գտնել պոտենցիալների  $U_1/U_2$  հարաբերությունը այդ շերտերում:

9-95. Լուսակենտրոնական երևույթների ուսումնասիրության ժամանակ օգտագործվում է գնդային կոնդենսատոր՝ բաղկացած  $d=1,5 \text{ սմ}$  տրամագծով մետաղյա գնդիկից (կաքող) և ներքին նակերնույրից ներսից արձարագծված  $d=11 \text{ սմ}$  արտամագծով գնդային անորից (անող): Անորից օգը հանվում է: Գտնել այդպիսի կոնդենսատորի C ունակությունը:

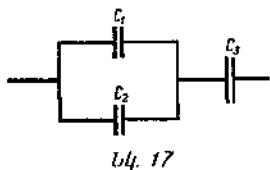
9-96. Ինչպիսի՞ն կլինի  $r=3 \text{ սմ}$  շառավիղով գնդի գ պոտենցիալը, եթե՝ ա) նրան հաղորդվի  $q=1 \text{ Նկ} \text{ (լիցք, բ)}$  շրջապատվի նրան հողակցված  $R=4 \text{ սմ}$  շառավիղով համակենտրոն գնդով:

9-97. Գտնել այն գնդային կոնդենսատորի C ունակությունը, որը բաղկացած է  $r=10 \text{ սմ}$  և  $R=10,5 \text{ սմ}$  շառավիղներով համակենտրոն գնդերից: Գնդերի միջև եղած տարածությունը լցված է լուրով: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի յուղի մեջ տեղավորված գնդի  $R_0$  շառավիղը, որպեսզի այն ունենա այդպիսի ունակություն:

9-98. Օդային գնդային կոնդենսատորի ներքին գնդի շառավիղը՝  $r=1 \text{ սմ}$ , արտաքին գնդի շառավիղը՝  $R=4 \text{ սմ}$ : Գնդերի միջև կիրառված է  $U=3 \text{ կՎ}$  պոտենցիալների տարբերություն: Գտնել էլեկտրական դաշտի E լարվածությունը գնդի կենտրոնից  $X=3 \text{ սմ}$  հեռավորության վրա:

9-99. Վակուումային գնդային կոնդենսատորի ներքին գնդի շառավիղը՝  $r=1 \text{ սմ}$ , արտաքին գնդի շառավիղը՝  $R=4 \text{ սմ}$ : Գնդերի միջև կիրառված է  $U=3 \text{ կՎ}$  պոտենցիալների տարբերություն: Ինչպիսի՞ն V արագություն մեղք կրերի էլեկտրոններ նոտենալով գնդերի կենտրոնին  $X_1=3 \text{ սմ}-ից մինչև  $X_2=2 \text{ սմ}$  հեռավորություն:$

9-100. Գտնել կոնդենսատորների համակարգի (նկ. 17) ունակությունը: Յուրաքանչյուր կոնդենսատորի ունակությունը՝  $C_i=0,5 \text{ մ�ֆ}$ :



նկ. 17

9-101. Էլեկտրաչափի օգնությամբ համեմատել են իրար հնտ երկու կոնդենսատորների ունակությունները: Այդ նպատկով դրանք լիցքավորել են մինչև  $U_1=300$  Վ և  $U_2=100$  Վ պոտենցիալների տարբերություն և երկու կոնդենսատորները միացրել գուգահեռ: Էլեկտրաչափի օգնությամբ շրջադիրների միջև չափված այ-

տեղադիմերի տարրերությունը եղել է  $U_2=250$  Վ: Գտնել ունակություն-ների  $C_1/C_2$  հարաբերությունը:

9-102. A և B կետերի միջև (նկ. 18) պոտենցիալների տարրերությունը  $U=6$  Վ: Առաջին կոնդենսատորի ունակությունը  $C_1=3$  մկֆ է, երկրորդ կոնդենսատորի ունակությունը  $C_2=4$  մկֆ: Գտնել  $q_1$  և  $q_2$  լիցքերը ու յուրաքանչյուր կոնդենսատորի թիթեղների վրա  $U_1$  և  $U_2$  պոտենցիալների տարրերությունը:

9-103. Ի՞նչ սահմաններում կարող է փոխվել երկու կոնդենսատորներից կազմված համակարգի C ունակությունը, եթե կոնդենսատորներից մեկի ունակությունը հաստատվում է և հավասար է  $C=3,33$  մկֆ-ի, իսկ մյուս  $C_2$  կոնդենսատորի ունակությունը փոփոխվում է 22,2 պֆ-ից մինչև 555,5 պֆ:

9-104. Ի՞նչ սահմաններում կարող է փոխվել փոփոխական ունակություն ունեցող երկու կոնդենսատորներից բաղկացած համակարգի ունակությունը, եթե երանցից յուրաքանչյուրի C<sub>1</sub> ունակությունը կարող է փոխվել 10-ից մինչև 450 պֆ:

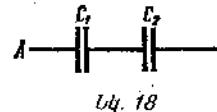
9-105.  $C=20$  մկֆ ունակություն ունեցող կոնդենսատորը լիցքավորված է մինչև  $U=100$  Վ պոտենցիալների տարրերություն: Գտնել այդ կոնդենսատորի W էներգիան:

9-106.  $R=1$  մ շառավղով գունդը լիցքավորված է մինչև  $\varphi=30$  կՎ պոտենցիալ: Գտնել լիցքավորված գնդի W էներգիան:

9-107. Գունդը, որի ընկերմական է կերպությունի մեջ, ունի  $\varphi=4,5$  կՎ պոտենցիալ և լիցքի  $\sigma=11,3$  մկ.կլ/մ<sup>2</sup> մակերնութային խոռոչուն: Գտնել գնդի R շառավիղը, գ լիցքը. Ը ունակությունը և W էներգիան:

9-108. Մինչև  $\varphi_1=3$  կՎ պոտենցիալ լիցքավորված  $R_1=10$  մ շառավղով 1 գունդը լարման աղբյուրից անջատելուց հետո մետաղալարով (որի ունակությունը կարելի է մենակել) նախ միացվում է բավական հեռու գտնվող չիցքավորված 2 գնդի հետ, իսկ այնուհետև, 2 գնդից անջատելուց հետո, բավականին հեռու գտնվող 3 գնդի հետ: 2 և 3 գնդերը ունեն  $R_2=R_3=10$  մ շառավիղներ: Գտնել՝ ա) 1 գնդի սկզբնական W<sub>1</sub> էներգան, բ) 1 և 2 գնդերի W<sub>1</sub> և W<sub>2</sub> էներգիաները միացումից հետո և պարզան Ա աշխատանքը միացնան ժամանակ, գ) 1 և 3 գնդերի W<sub>1</sub> և W<sub>3</sub> էներգիաները միացումից հետո և պարզան Ա աշխատանքը միացնան ժամանակ:

9-109. Երկու մետաղյա գնդիներ, առաջինը՝  $q_1=10$  Նկլ լիցքով և  $R_1=3$  մ շառավղով և երկրորդը՝  $\varphi_2=9$  կՎ պոտենցիալով և  $R_2=2$  մ շառավղով, միացված են մետաղալարով, որի ունակությունը կարելի է ան-



Նկ. 18

տեսել: Գտնել այ մինչև պարապումը առաջին գնդիկի φ<sub>1</sub> պոտենցիալը, բ) մինչև պարապումը երկրորդ գնդիկի φ<sub>2</sub> լիցքը, գ) յուրաքանչյուր գնդիկի W<sub>1</sub> և W<sub>2</sub> էներգիաները մինչև պարապումը, դ) առաջին գնդիկի φ<sub>1</sub> լիցքը և գ<sub>1</sub> պոտենցիալը լիցքավորմից հետո, ե) երկրորդ գնդիկի φ<sub>2</sub> լիցքը և գ<sub>2</sub> պոտենցիալը պարապումից հետո, գ) հաղորդալարով միացված գնդիկների W էներգիան, է) պարզան Ա աշխատանքը:

9-110. Լիցքավորված  $R_1=2$  մ շառավղով 1 գունդը հպան մեջ է ոլովում  $R_2=3$  մ շառավղով չլիցքավորված 2 գնդի հետ: Գնդերն իրարից անջատելուց հետո 2 գնդի էներգիան հավասարվեց  $W_2=0,4$  Զ-ի: Խնչպիսի՝ φ<sub>1</sub> լիցք կար 1 գնդի վրա մինչև 2 գնդի հետ հպելը:

9-111. Յարք կոնդենսատորի թիթեղները, յուրաքանչյուրը  $S=0,01$  մ<sup>2</sup> մակերեսով, իրար ծգում  $E=30$  մՆ ուժով: Թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է փայլարով: Գտնել թիթեղների վրա եղած զ լիցքը: Թիթեղների միջև եղած դաշտի E լարվածությունը և դաշտի էներգիայի W<sub>0</sub> ծավալային խտությունը:

9-112. Յարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև մտցված է բարակ փայլար թիթեղ: Ի՞նչ P ճնշում է կրում թիթեղը, եթե էլեկտրական դաշտի լարվածությունը E=1 ՍՎ/մ:

9-113. Բացարձակ էլեկտրաչափը իրենից ներկայացնում է հարք կոնդենսատոր, որի ներքին թիթեղը անշարժ է, իսկ վերինը կամակած է կշռաքարի լըակից: Չլիցքավորված կոնդենսատորի դեպքում թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը d=1սմ: Ի՞նչ պոտենցիալների տարրերությունը մեջ կրառել թիթեղների միջև, եթե նույն d=1 մ, հեռավորությունը պահպանելու համար կշեռքի նյոււ նժարին: հարկ եղավ դնել ու=5,1 գ զնազանությունը: Կոնդենսատորի ամեն մի թիթեղի մակերեսը S=50 մմ<sup>2</sup>:

9-114. Յարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը U=280 Վ: Կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի մակերեսը S=0,01 մ<sup>2</sup>, թիթեղների վրա լիցքի նակերնութային խտությունը σ=495 ԱՎ/մ<sup>2</sup>: Գտնել՝ ա) դաշտի E լարվածությունը կոնդենսատորի ներսում, բ) թիթեղների միջև և հեռավորությունը, գ) V արագությունը, որը ձեռք կրելի էլեկտրոնը անցնելով կոնդենսատորի մի թիթեղից մինչև մյուար, դ) կոնդենսատորի W էներգիան, ե) կոնդենսատորի C ունակությունը, զ) կոնդենսատորի թիթեղների F ծգողության ուժը:

9-115. Յարք օդային կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի մակերեսը S=100 մմ<sup>2</sup>, դրանց միջև հեռավորությունը d=5 մմ: Ի՞նչ պոտենցիալների տարրերություն էր Կիրառված կոնդենսատորի թիթեղների վրան, եթե հայտնի է, որ կոնդենսատորի պարզան ժամանակ անջատվեց Q=4,19 ԱԶ չերմություն:

9-116. Յարք օդային կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի

յուրի մակերեսը  $S=0,01$   $\text{m}^2$  է, դրանց միջև հեռավորությունը՝  $d_1=2$  սմ: Կոնդենսատորի թիթեղների վրա կիրառված է  $U=3$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Խնչախիշ՝ կազմված է կազմակերպությունը: Խնչախիշ՝ կազմակերպությունը: Խնչախիշ՝ կազմակերպությունը:

9-117. Լուծել նախորդ խնդիրը այս պայմանով, եթե կոնդենսատորը նախ անջատում են լարման աղբյուրից, իսկ հետո հեռացնում կոնդենսատորի թիթեղները:

9-118. Օդային հարք կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի ճակերեսը  $S=0,01$   $\text{m}^2$  է, նրանց միջև հեռավորությունը՝  $d_1=1$  մմ: Կոնդենսատորի թիթեղների վրա կիրառված է  $U=0,1$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Գտնել կոնդենսատորի  $W_1$  և  $W_2$  էներգիաները միջև թիթեղները հեռացնելուց հետո, եթե լարման աղբյուրը մինչև թիթեղները հեռացնելը՝ ա) չի անջատվում, բ) անջատվում:

9-119. Հարք կոնդենսատորը լցված է դիէլեկտրիկով և նրա թիթեղների վրա կիրառված է պոտենցիալների հիմքոր տարբերություն: Այդ դեպքում նրա էներգիան  $W=20$  մՋէ: Կոնդենսատորը լարման աղբյուրից անջատելուց հետո դիէլեկտրիկը նրա միջից հանում են: Այն աշխատանքը, որը պետք է կատարել էլեկտրական ուժերի դեմ դիէլեկտրիկը հանելու համար  $A=70$  մՋէ: Գտնել միջավայրի Ը դիէլեկտրիկ քափանցելությունը:

9-120. Հարք օդային կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի ճակերեսը  $S=12,5$  սմ $^2$  է, նրանց միջև հեռավորությունը՝  $d_1=5$  մմ: Կոնդենսատորի թիթեղների վրա կիրառված է  $U=6$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Կոնդենսատորի թիթեղները իրարից հեռացվում են մինչև  $d_2=1$  սմ հեռավորություն: Գտնել կոնդենսատորի ունակության  $\Delta C$  փոփոխությունը, էլեկտրոների ճակերեսով լարվածության հոսքի  $\Delta N_E$  փոփոխությունը և էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտության  $\Delta W_0$  փոփոխությունը. եթե լարման աղբյուրը մինչև թիթեղները հեռացնելը՝ ա) չեն անջատում, բ) անջատում են:

9-121. Գտնել էլեկտրական դաշտի էներգիայի  $W_0$  ծավալային խտությունը այս կետում, որը գտնվում է ա)  $R=1$  սմ շառավղով լիցքավորված գնդի ճակերենսությունը  $X=2$  սմ հեռավորության վրա, բ) անվերջ ծգված լիցքավորված հարթության նոտակայքում. գ) լիցքավորված անսահման երկար լարից  $X=2$  սմ հեռավորության վրա: Գնդի և հարթության վրա լիցքի ճակերենսությային խտությունը՝  $\sigma=16,7$  մկՎ/ $\text{m}^2$ , թելի վրա լիցքի գծային խտությունը՝  $\tau=167$  Ծկլ/մ: Միջավայրի դիէլեկտրիկ քափանցելությունը՝  $\epsilon=2$ :

9-122. Հարք կոնդենսատորի թիթեղներին, որոնց միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=3$  սմ, տրված է  $U=1$  կՎ պոտենցիալների տարբերություն: Թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցվում է դիէլեկտրիկով ( $\epsilon=7$ ): Գտնել կապված (թևոված) լիցքերի Ը կազմակերենսությային խտությունը: Ուժանո՞վ կփոխալի լիցքի ճակերենսությային խտությունը թիթեղների վրա կոնդենսատորը դիէլեկտրիկով լցնելուց հետո: Խնդիրը լուծել, եթե կոնդենսատորի լցնումը դիէլեկտրիկով կատարվում է ա) մինչև կոնդենսատորը լարման աղբյուրից անջատելը, բ) կոնդենսատորը լարման աղբյուրին միացնելուց հետո:

9-123. Հարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է դիէլեկտրիկով, որի դիէլեկտրիկ ընկալման գործակիցը՝  $\chi=0,08$ : Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=5$  մմ: Կոնդենսատորի թիթեղներին տրված է պոտենցիալների  $U=4$  կՎ տարբերություն: Գտնել կապված լիցքերի Ը կազմակերենսությային խտությունը դիէլեկտրիկի վրա և կոնդենսատորի թիթեղների վրա լիցքի Ը խտությունը:

9-124. Հարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է պայակով: Թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=4$  մմ: Կոնդենսատորի թիթեղներին տրված է պոտենցիալների  $U=1,2$  կՎ տարբերություն: Գտնել՝ ա) դաշտի Ե լարվածությունը ապակու մեջ, բ) լիցքի Ը, ճակերենսությային խտությունը կոնդենսատորի թիթեղների վրա. գ) կապված լիցքերի Ը կազմակերենսությային խտությունը ապակու վրա. դ) ապակու Ը դիէլեկտրիկ ընկալունք:

9-125. Հարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է յուղով: Թիթեղների միջև հեռավորությունը՝  $d=1$  սմ: Կոնդենսատորի թիթեղներին  $h^{\circ}$  Ն Ս պոտենցիալների տարբերություն պետք է կիրառել, որպեսզի կապված լիցքերի խտությունը յուղի վրա լինի հավասար Ը կազմ՝  $6,2$  մկՎ/ $\text{m}^2$ -ի:

9-126. Հարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է ապակով: Կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի ճակերեսը՝  $S=0,01$  մ $^2$ : Կոնդենսատորի թիթեղները իրար գգում են  $F=4,9$  Ն ուժով: Գտնել կապված լիցքերի Ը կազմ խտությունը ապակու վրա:

9-127. Հարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է պարաֆինով: Թիթեղները լարման աղբյուրին միացնելիս մնշումը պարաֆինի վրա դարձավ  $P=5$  Պա: Գտնել՝ ա) էլեկտրական դաշտի լարվածությունը և էլեկտրական  $D$  շեղումը պարաֆինի մեջ, բ) կապված լիցքերի Ը կազմակերենսությային խտությունը կոնդենսատորի թիթեղների վրա, գ) էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային  $W_0$  խտությունը պարաֆինի մեջ, դ) պարաֆինի Ը դիէլեկտրիկ ընկալունք:

9-128. Յարք կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցված է դիէլեկտրիկով: Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=2$  մ: Կոնդենսատորի թիթեղներին տրված է  $U_1=2$  կՎ պոտենցիալների տարրերություն: Եթե լարման աղբյուրը անշատելուց հետո դիէլեկտրիկը կոնդենսատորից հանենք, ապա թիթեղների միջև պոտենցիալների տարրերությունը կամ մինչև  $U_2=1.8$  կՎ: Գտնել կապված լիցքերի Ըկա ճակարները:

9-129. Յարք կոնդենսատորի թիթեղների, միջև եղած  $V=20$  սմ<sup>3</sup> ծավալը լցված է դիէլեկտրիկով ( $\varepsilon=5$ ): Կոնդենսատորի թիթեղները միացված են լարման աղբյուրին: Այդ դեպքում դիէլեկտրիկի վրա կապված լիցքերի ճակարների մակերևությանը Ըկապ=8.35 մկԵ/ճ՛Հ: Ի՞նչ Ա աշխատանք պետք է կատարել էլեկտրական դաշտի ուժերի դեմ, որպեսզի դիէլեկտրիկը հեռացվի կոնդենսատորից: Խնդիրը լուծել, եթե դիէլեկտրիկը հեռացվում է ա) մինչև լարման աղբյուրի անշատումը, բ) լարման աղբյուրի անշատումից հետո:

## § 10. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴՊՍԱՆՔ

Յ հոսանքի ուժը (հոսանքը) բվաբն հավասար է միավոր ժամանակում հաղորդված լայնական հատուպրով անցնող լիցքի քանակությանը.

$$J = \frac{dq}{dt}$$

Եթե հոսանքի ուժը՝  $J=\text{const}$ , ապա՝

$$J = \frac{q}{t}$$

Էլեկտրական հոսանքի խտությունը

$$j = \frac{J}{S}$$

Որտեղ  $S$ -ը հաղորդված լայնական հատուպրի մակերեսն է:

Յաղորդչի համասեռ տեղամանով անցնող հոսանքի ուժը ենթարկվում է Օմի օրենքին

$$J = \frac{U}{R}$$

Որտեղ  $U$ -ն տեղամասի ծայրերում եղած պոտենցիալների տարրերությունն է,  $R$ -ը՝ այդ տեղամասի դիմադրությունը:

Յաղորդչի դիմադրությունը՝

$$R = \rho \frac{\ell}{S} = \frac{\ell}{\sigma S}$$

որտեղ  $\rho$ -ն տեսակարար դիմադրությունն է,  $\sigma$ -ն՝ տեսակարար հաղորդականությունը,  $\ell$ -ը՝ հաղորդչի երկարությունը,  $S$ -ը՝ լայնական հատուպրի ճակարները:

Մետաղների տեսակարար դիմադրությունը քերմաստիճանից կախված է հետևյալ կերպ:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t),$$

որտեղ  $R_0$ -ն տեսակարար դիմադրությունն է, եթե  $t_0=0^\circ\text{C}$ ,  $\alpha$ -ն՝ դիմադրության գերմաստիճանային գործակիցը:

Շղբայի տեղամանում էլեկտրական հոսանքի աշխատանքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$A = 3UJ = J^2Rt = \frac{U^2}{R} t$$

Փակ շղբայի համար Օմի օրենքն ունի

$$\Sigma J = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

Մեսքը, որտեղ  $\varepsilon$ -ը գեներատորի էլեկտ-է,  $R$ -ը՝ արտաքին դիմադրությունը,  $r$ -ը՝ գեներատորի ներքին դիմադրությունը:

Շղբայում անշատված լինիվ հզրությունը՝

$$P = \varepsilon J:$$

ճյուղավորված շղբաների համար տեղի ունեն կիրխիոֆի երկու օրենքները:

Կիրխիոֆի առաջին օրենք - Յանգուցում հանդիպող հոսանքի ուժերի հանրահաշվական գումարը հավասար է այդ կոնտուրում հանդիպող էլեկտ-ների հանրահաշվական գումարին.

$$\sum J_i = 0:$$

Կիրխիոֆի երկրորդ օրենք - Յանկացած փակ կոնտուրում առանձին տեղամասերի պոտենցիալների անկումների հանրահաշվական գումարը հավասար է այդ կոնտուրում հանդիպող էլեկտ-ների հանրահաշվական գումարին.

$$\sum J_i R_i = \sum \varepsilon_i$$

Կիրխիոֆի օրենքների կիրառման ժամանակ պետք է դեկավորվել հետևյալ կանոններով:

Միւնքայում համապատասխան դիմադրությունների մոտ պարբե

որով կամայականորեն ցույց են տրվում հոսանքների ուղղությունները: Եթե առաջանալի է կամաց առաջանական ուղղությունը, որը պահանջում է առաջանական հոսանքները, որոնց ուղղությունները համընկնում են շրջանցման ուղղության հետ և բացասական՝ այս հոսանքները, որոնց ուղղությունները հակառակ են շրջանցման ուղղությանը: Դրական կիամարենք այն էլեկտրական շրջանցման ուղղությամբ բարձրացնում են այդ տեղաշարժը, այսինքն էլեկտրական դրական, եթե շրջանցման ժամանակ հարկ է լինում գեներատորի մեջ շարժվել բացասականից դեպի դրական թվերը:

Կազմված հակասարությունների լուծման հետևանքով որոշվող մեծությունները կարող են ստացվել բացասական: Հոսանքների բացասական արժեքները ցույց են տալիս միայն, որ շղթայի տվյալ տեղամասում հոսանքի փաստացի ուղղությունը հակառակ է սլաքով նշված ուղղությամբ:

Ելեկտրական հոսանքի հաճար տեղի ունեն ֆարադեյի երկու օրենքները:

Ֆարադեյի առաջին օրենք - Ելեկտրալիզի ժամանակ անջատված նյութի զանգվածը

$$m = K \bar{z}t = Kq,$$

որտեղ գ-ն էլեկտրալիզի միջով անցնող էլեկտրականության քանակությունն է,  $K$ -ն էլեկտրալիզի համարժեքը:

Ֆարադեյի երկրորդ օրենք - Ելեկտրալիզի համարժեքը համեմատական է թիմիական համարժեքին:

$$K = \frac{1}{F} \frac{A}{Z},$$

որտեղ  $A$ -ն մոլային զանգվածն է,  $Z$ -ը՝ վալենտականությունը,  $F$ -ը՝ ֆարադեյի հաստատունը է, որը հավասար է  $96,48456 \cdot 10^3$  կլ/մոլի:

Ելեկտրալիզի տեսակարար հաղորդականությունը որոշվում է

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \alpha CZ F(u_+ + u_-)$$

բանաձևով, որտեղ  $\alpha$ -ն տարանցածան աստիճանն է,  $C$ ՝  $|m|/d^3$ -ն՝ մոլային կոնցենտրացիան,  $Z$ -ը՝ վալենտականությունը,  $F$ -ը՝ ֆարադեյի հաստատունը,  $u_+$ -ը և  $u_-$ ՝  $|e^2/4\pi\rho|$ -ը՝ իոնների շարժունակությունները: Ընդ որում  $\alpha = n_e/n$  մեծությունը միավոր ծավալում տարրանցածան նոլեկութերի թվի և ծավալում լուծված նյութի բոլոր նոլեկութերի

թիվի հարաբերությունն է:  $\eta = CZ |m|/d^3$  մեծությունը կոչվում է համարժեք կոնցենտրացիա, իսկ  $\lambda = \sigma/\eta$ ՝  $|m^2/Od|$  մեծությունը՝ համարժեք հաղորդականություն:

Գաղով հոսող հոսանքի ոչ մեծ կոնցենտրացիաների դեպքում տեղի ունի Օմի օրենքը.

$$j = qn (u_+ + u_-) E = \sigma E,$$

որտեղ  $E$ -ն դաշտի լարվածությունն է,  $\sigma$ -ն՝ գազի տեսակարար հաղորդականությունը,  $q$ -ն՝ իոնի լիցեր,  $u_+$ -ը և  $u_-$ -ը՝ իոնների շարժունակությունները,  $E$ ՝  $|m^2|/d^3$ -ը՝ գազի միավոր ծավալում գտնվող յուրաքանչյուր նշանի իոնների թիվը (զույգ իոնների թիվը): Ընդ որում  $n = \sqrt{N}/\gamma$ , որտեղ  $N$ ՝  $|m^3|/d^3$ -ը՝ միավոր ծավալում միավոր ծանանակում իոնացնող ազդակի ստեղծած գույզ իոնների թիվն է,  $\gamma$ ՝  $|m^3|/V$ -ը՝ վերամիացման գործակիցը:

Գաղում հագեցնան հոսանքի խտությունը որոշվում է

$$j_h = Nqd$$

բանաձևով, որտեղ  $d$ -ն էլեկտրոդների միջև եղած հեռավորությունն է:

Սետաղից պոկվելու և դուրս թռչելու հաճար էլեկտրոնը պետք է օժտված լինի կինետիկ էներգիայով:

$$\frac{mv^2}{2} \geq A,$$

որտեղ  $A$ -ն տվյալ մետաղից էլեկտրոնի ելքի աշխատանքն է:

Զերծաէլեկտրոնային էնսիլայի ժամանակ էլեկտրոնի ելքի աշխատանքը տվյալ մետաղից որոշվում է

$$j_h = B T^2 \exp \left( - \frac{A}{kT} \right),$$

բանաձևով, որտեղ  $T$ -ն կաթոդի ջերմարինաճիկական ջերմաստիճանն է,  $A$ -ն ելքի աշխատանքը,  $k=1,380662 \cdot 10^{-23}$  Զ/Կ-ը՝ Բոլցմանի հաստատունը,  $B$ ՝  $|U/d^2 \cdot 4\pi\rho|$ -ն էնիսիոն հաստատունն է, որը տարբեր մետաղների հաճար յուրեքը է:

10-1. Ֆարադեյի հոսանքը է ժամանակից կախված փոխական է  $\eta = 4 + 2j$  հավասարումով, որտեղ  $j$ -ն արտահայտված է աճացներով և  $t$ -մ՝ վայրկաններով: Որքա՞ն էլեկտրականության քանակությունն կանցնի հաղորդչի լայնական հատույթով  $t_1=2$  վ-ից մինչև  $t_2=6$  վ ժամանակից նույնականացնելու:  $t_1^2/t_2^2 = 4/9$  հաստատուն նույնականացնելու: Համարժեքի լայնական հատույթով այդ նույն ժամանակամիջոցում կանցնի նույնական էլեկտրուկանության քանակություն:

10-2. Լամպային ռեզուտատը բաղկացած է գուգահեռ միացված  $r=350$  Ώ դիմադրությամբ լամպերից: Գտնել ռեզուտատի  $R$  դիմադրությունը, եթե՝ ա) վառվում են բոլոր լամպերը, բ) եթե պտուտակահամվում են մեկ, երկու, երեք, չորս լամպեր:

10-3.  $d=1$  մմ տրամագիծ ունեցող նիշրումի լարի քանի<sup>9</sup> փարույք պեսք է փարաթել  $a=2,5$  մմ շառավղով հախճապակյա գլանի վրա, որպեսզի ստացվի  $R=40$  Ώ Օմ դիմադրություն ունեցող վառական:

10-4. Պղնձե լարից կոճճ ունի  $R=10,8$  Ώ Օմ դիմադրություն: Պղնձե լարի գանգվածը՝  $m=3,41$  կգ: Ի՞նչ է երկարությամբ և ի՞նչ ժ տրամագծով լար է փարաթված կոճի վրա:

10-5. Գտնել  $d=1$  մմ տրամագիծ ունեցող ծովի  $R$  դիմադրությունը, եթե ծովի գանգվածը՝  $m=1$  կգ:

10-6. Պղնձե և այլամինե լարերն ունեն նիշատեսակ է երկարություն և նիշատեսակ  $R$  դիմադրություն: Քանի<sup>9</sup> անգամ լարը ծանր այսումնեն լարից:

10-7. Էլեկտրական լամպի վոլֆրամե թելիկը  $t_1=20^{\circ}\text{C}$ -ունի ունի  $R_1=35$  Ώ Օմ դիմադրություն: Ինչքա՞ն կիխնի լամպի թելիկի ջերմաստիճանը, եթե լամպը  $U=120$  Վ լարման ցանցին նիշացնելիս թելիկով ամրությունը  $\beta=0,33$  Ա հոսանք: Կոլֆրամի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը  $\alpha=4,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ :

10-8\*. Երկարե լարից ռեզուտատը, ամպերաչափը և գեներատորը միացված են հաջորդաբար:  $t_0=0^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանուն ռեզուտատի դիմադրությունը՝  $R_0=120$  Ώ Օմ, ամպերաչափի դիմադրությունը՝  $R_{A0}=20$  Ώ Օմ: Անպերաչափը ցույց է տալիս  $\beta_0=22$  մէ: Ի՞նչ է հոսանք ցույց կտա ամպերաչափը, եթե ռեզուտատը տարբանուն  $t = 50$  Կ-ով: Երկարի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը  $\alpha=6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ :

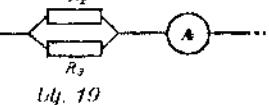
10-9. Պղնձե կոճի փարույքը  $t_1=140^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանուն ունի  $R_1=10$  Ώ Օմ դիմադրություն: Ցուանքը բաց թողնելուց հետո փարույքի դիմադրությունը դարձավ  $R_2=12.2$  Ώ Օմ: Մինչև ո՞ր Հ, ջերմաստիճանը տարացավ փարույքը: Պղնձե դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը՝  $\alpha=4,15 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ :

10-10. Գտնել լարման անկումը  $d=2$  մմ տրամագիծ և  $\ell=500$  մ երկարություն ունեցող այնձե հաղորդալարի վրա, եթե նրանուն հոսանքի ուժը  $Q=2$  Ա:

10-11. Գտնել Ս պոտենցիալի անկումները  $R_1=4$  Օմ,  $R_2=2$  Օմ և  $R_3=4$  Օմ (Ըկ. 19) դիմադրությունների վրա, եթե ամպերաչափը ցույց է տա-

լիս  $S_1=3$  Ա հոսանք: Գտնել  $S_2$  և  $S_3$  հոսանքները  $R_2$  և  $R_3$  դիմադրություններում:

10-12. Տարրը (Էլեմենտը), որի էլէ՛՛Ռ-ը  $E=1,1$  Վ և ներցին դիմադրությունը՝  $r=1$  Օմ, փակած է  $R=9$  Ώ Օմ արտաքին դիմադրությամբ:



Ըկ. 19

Գտնել Յ հոսանքի ուժը շրթայում, Ս լարման անկումը արտաքին շրթայում և Ա<sub>ր</sub> պոտենցիալի անկումը տարրի ներսում: Ի՞նչ է ՕԳԳ-ով է աշխատում տարրը:

10-13. Կառուցել արտաքին շրթայի Ս լարման անկումն կախճան գրաֆիկը արտաքին  $R$  դիմադրությունից նախորդ խնդրի շրթայի համար: Արտաքին  $R$  դիմադրությունը վերցնել  $0 \leq R \leq 10$  Ώ Օմ միջակայքում յուրացանցուր 2 Օմ-ից հետո:

10-14.  $E=2$  Վ էլէ՛՛Ռ ունեցող տարրը ունի  $r=0,5$  Օմ ներցին դիմադրություն: Որոշել Ա<sub>ր</sub> լարման անկումը տարրի ներսում հոսանքի ուժի  $\Omega=0,25$  Ա արժեքի դեպքում: Ինչպիսի՞ն է արտաքին շրթայի  $R$  դիմադրությունը այդ պայմաններում:

10-15.  $E=1,6$  Վ էլէ՛՛Ռ ունեցող տարրը ունի  $r=0,5$  Օմ ներցին դիմադրություն: Գտնել տարրի դիմադրությունը ՕԳԳ-ում շրթայում հոսանքի  $\Omega=2,4$  Ա արժեքի դեպքում:

10-16. Տարրի էլէ՛՛Ռ-ը  $E=6$  Վ: Արտաքին շրթայի  $R=1,1$  Օմ դիմադրության դեպքում հոսանքը շրթայումը՝  $\Omega=3$  Ա: Գտնել պոտենցիալի Ա<sub>ր</sub> անկումը տարրի ներսում և նրա դիմադրությունը:

10-17. Տարրի սեղմակների Ս պոտենցիալների տարրերությունը նրա  $E$  էլէ՛՛Ռ-ի ո՞ր մասն է կազմում, եթե տարրի դիմադրությունը ո անգամ փոքր է արտաքին  $R$  դիմադրությունից: Խնդիրը լուծել այդուհետու ո՞ւ ո՞ւ արժեքների համար:

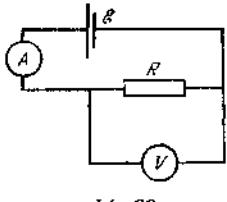
10-18. Տարրը, ռեզուտատը և ամպերաչափը միացված են հաջորդաբար: Տարրն ունի  $E=2$  Վ էլէ՛՛Ռ և  $r=0,4$  Օմ ներցին դիմադրություն: Ամպերաչափը ցույց է տալիս  $S=1$  Ա հոսանք: Ի՞նչ ՕԳԳ-ով է աշխատում տարրը:

10-19. Ունենք  $E=2$  Վ էլէ՛՛Ռ և  $r=0,3$  Օմ ներցին դիմադրություն ունեցող երկու միանման տարրեր: Ինչպես այնու է նիացնել այդ տարրերը (հաջորդաբար կաճ գուգահեռ), որպեսզի ստացվի ավելի մեծ հոսանք, եթե արտաքին դիմադրությունը՝  $A$   $R=0,2$  Օմ, բ)  $R=16$  Օմ: Գտնել հոսանքը դեպքերից յուրաքանչյուրի համար:

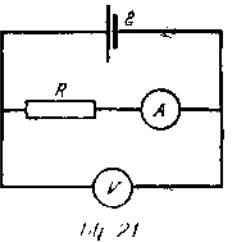
10-20. Համարելով վոլտուաչափի  $R_V$  դիմադրությունը անտակնան ունեծ, որոշում են  $R$  դիմադրությունը ըստ ամպերաչափի և վոլտուաչափի

<sup>9</sup> Այսուհետ և հայտապատճեն ամպերաչափի  $R_V$  դիմադրությունը և գեներատորի  $r$  ներքին դիմադրությունը անտակնան են դրանքի պայմանում

(Ակ. 20) ցուցմունքների: Գտնել որոշված դիմադրության  $\Delta R/R$  հարաբերական սխալը, եթե իրականում վկամացակի դիմադրությունը հավասար է  $R_w$ -ի: Խնդիրը լուծել  $R_v=1000$  Ω և ա)  $R=10$  Ω, բ)  $R=100$  Ω, գ)  $R=1000$  Ω դիմադրությունների համար:



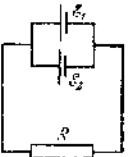
Ակ. 20



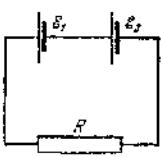
Ակ. 21

10-21. Համարելով ամպերաչափի  $R_A$  դիմադրությունը անսահման փոքր, որոշում են ռեսուտատի  $R$  դիմադրությունը բառ ամպերաչափի և վկամացակի ցուցմունքների (Ակ. 21): Գտնել որոշված դիմադրության  $\Delta R/R$  հարաբերական սխալը, եթե իրականում ամպերաչափի դիմադրությունը հավասար է  $R_A$ -ի: Խնդիրները լուծել  $R_A=0.2$  Ω և ա)  $R=1$  Ω, բ)  $R=10$  Ω, գ)  $R=100$  Ω դիմադրությունների համար

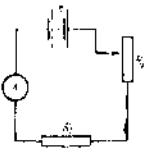
10-22. Երկու գուգակեր միացված, միևնույն  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 2$  Վ էլՇՈՒ-ներով և  $r_1=1$  Ω ու  $r_2=1.5$  Ω մներքին դիմադրություններով տարրեր միացված են  $R=1.4$  Ω արտաքին դիմադրությանը (Ակ. 22): Գտնել Յ հոսանքը տարրերից յուրաքանչյուրում և ամրող շղթայում



Ակ. 22



Ակ. 23



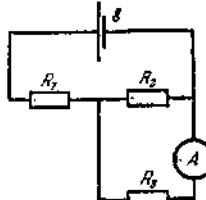
Ակ. 24

10-23. Երկու հազորդաբար միացված տարրեր՝ միևնույն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2$  Վ էլՇՈՒ-ներով և  $r_1=1$  Ω ու  $r_2=1.5$  Ω մներքին դիմադրություններով, փակված են  $R=0.5$  Ω արտաքին դիմադրությանը (Ակ. 23): Գտնել Յ պոտենցիալների տարրերությունը յուրաքանչյուր տարրի սեղմակներում:

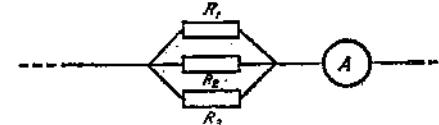
10-24.  $\varepsilon=20$  Վ էլՇՈՒ-ով ճարտկոցը, անպերաչափն ու  $R_1$  և  $R_2$  դիմադրություններով ռեսուտատները միացված են հազորդաբար (Ակ. 24):  $R_1$  ռեսուտատը համելու դեպքում ամպերաչափը ցույց է տալիս  $\beta=8$  Վ հո-

սամբ,  $R_1$  ռեսուտատը միացնելու դեպքում հոսանքը  $I=5$  Ա: Գտնել ռեսուտատների  $R_1$ ,  $R_2$  դիմադրությունները և նրանց վրա  $U_1$ ,  $U_2$  պոտենցիալների անկումը, եթե  $R_1$  ռեսուտատը ամբողջությամբ միացված է:

10-25. Տարրը, ամպերաչափը և որոշ դիմադրություն միացված են հազորդաբար: Եթե վերցնենք  $\ell=100$  մ երկարությամբ և  $S=2$  մ<sup>2</sup> լայնական հատույքով պյունձե լարից դիմադրություն, ապա ամպերաչափը ցույց կտա  $\beta_1=1.43$  Վ հոսանք: Խնկ եթե վերցնենք  $\ell=57.3$  մ երկարությամբ և  $S=1$  մ<sup>2</sup> լայնական հատույքով պյունձին լարից դիմադրություն, ապա ամպերաչափը ցույց կտա  $\beta_2=1$  Վ հոսանք: Ամպերաչափի դիմադրությունը  $R_d=0.05$  Ω: Գտնել տարրի էլՇՈՒ-ը և նրա բարակ դիմադրությունը:



Ակ. 25



Ակ. 26

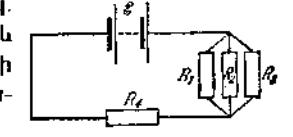
10-26. Փակ շղթայի (Ակ. 25) տարրի սեղմակներում լարումը  $U=2.1$  Վ է, դիմադրությունները  $R_1=5$  Ω,  $R_2=6$  Ω և  $R_3=3$  Ω: Ի՞նչ հոսանք է ցույց տալիս ամպերաչափը:

10-27. Ակ. 26-ում բերված դիմադրությունները  $R_2=20$  Ω և  $R_3=15$  Ω:  $R_2$  դիմադրության միջով հոսում է  $\beta_1=0.3$  Վ հոսանք: Ամպերաչափը ցույց է տալիս  $\beta_1=0.8$  Վ հոսանք: Գտնել  $R_1$  դիմադրությունը:

10-28. Մարտկոցի էլՇՈՒ-ն  $\varepsilon=100$  Վ է (Ակ. 27), շղթայի դիմադրությունները  $R_4=34$  Ω,  $R_1=R_3=40$  Ω և  $R_2=80$  Ω: Գտնել  $\beta_2$  հոսանքը, որը անցնում է  $R_2$  դիմադրության միջով և նրա վրա ընկնող պոտենցիալի Ս անկումը:

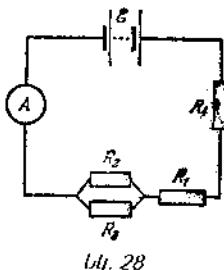
10-29. Մարտկոցի էլՇՈՒ-ն  $\varepsilon=120$  Վ է (Ակ. 28), շղթայի դիմադրությունները  $R_7=20$  Ω և  $R_5=25$  Ω:  $R_1$  դիմադրության վրա պոտենցիալի անկումը  $U_1=40$  Վ է: Ամպերաչափը ցույց է տալիս  $\beta=2$  Վ հոսանք: Գտնել  $R_2$  դիմադրությունը:

10-30.  $\varepsilon=10$  Վ էլՇՈՒ-ով,  $r=1$  Ω մներքին դիմադրությունը և անկումը մարտկոցն ունի  $\eta=0.8$  ΟԳԳ (Ակ. 28): Պոտենցիալի անկումները  $R_1$  և  $R_2$  դիմադրությունների վրա հավասար են:  $U_1=4$  Վ և  $U_2=2\sqrt{4}$ : Դնչափիսի՞ Յ հոսանք է ցույց տալիս ամպերաչափը: Գտնել պոտենցիալի  $U_2$  անկումը  $R_2$  դիմադրության վրա:

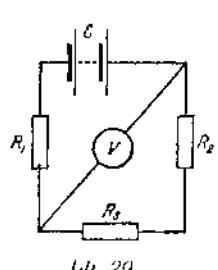


Ակ. 27

10-31. Սարտկոցի էլԾՈՒ-Ծ՝  $\varepsilon=100$  Վ Է, դիմադրությունները  $R_1=100$  Օմ,  $R_2=200$  Օմ և  $R_3=300$  Օմ, վոլտաչափի դիմադրությունը  $R_V=2000$  Օմ (նկ. 29): Ինչպիսի՞ Ս պոտենցիալու տարբերություն է ցույց տալիս վոլտաչափի:

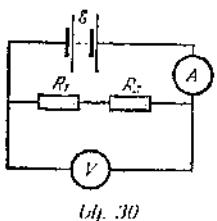


նկ. 28

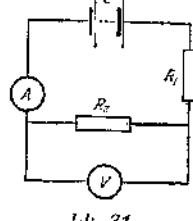


նկ. 29

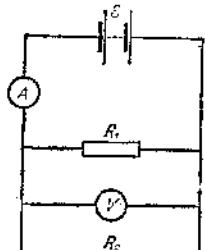
10-32. Դիմադրությունները  $R_1=R_2=R_3=200$  Օմ, վոլտաչափի դիմադրությունը  $R_V=1$  կՕմ (նկ. 29): Վոլտաչափը ցույց է տալիս  $U=100$  Վ սարտենցիալու տարբերություն: Գտնել մարտկոցի էլԾՈՒ-Ծ:



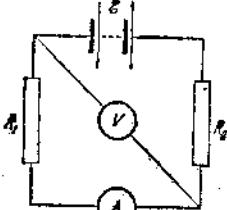
նկ. 30



նկ. 31



նկ. 32



նկ. 33

10-33. Գտնել աճակերաչափի և վոլտաչափի ցուցմունքները նկ. 30-33-ում պատկերված սխեմաներում: Մարտկոցի էլԾՈՒ-Ծ՝  $\varepsilon=110$  Վ, դիմադրությունը՝  $R_1=R_2=40$  Օմ, գործառությունը՝  $R_V=1000$  Օմ:

մարտկոցի էլԾՈՒ-Ծ՝  $R_1=400$  Օմ և  $R_2=600$  Օմ, վոլտաչափի դիմադրությունը՝  $R_V=1$  կՕմ:

10-34.  $R_U=0,16$  Օմ դիմադրությամբ աճակերաչափը շունչավորված է  $R=0,04$  Օմ դիմադրությամբ: Աճակերաչափը ցույց է տալիս  $U_0=8$  Ս հոսանք: Գտնել շղթայի Տ հոսանքը:

10-35. Մինչև  $U=10$  Վ հոսանք չափելու համար կա  $R_U=0,18$  Օմ դիմադրությամբ աճակերաչափ, որի սանդղակը բաժանված է 100 բաժանմունքի: Ի՞նչ Ռ դիմադրություն պետք է վերցնել և ինչպես այն միացնել, որ այդ աճակերաչափով լինի չափել մինչև  $U_0=100$  Վ հոսանք: Ինչպես կփոփոխվի այդ դեպքում աճակերաչափի սանդղակի մեջ բաժանմունքի արժեքը:

10-36. Մինչև  $U=30$  Վ պոտենցիալու տարբերություն չափելու համար կա  $R_V=24$  Օմ ներքին դիմադրություն ունեցող վոլտաչափ, որի սանդղակը բաժանված է 150 բաժանմունքի: Ի՞նչ Ռ դիմադրություն պետք է վերցնել և ինչպես այն միացնել, որպեսզի այդ վոլտաչափով հնարավոր լինի չափել մինչև  $U_0=75$  Վ պոտենցիալու տարբերություն:

10-37. Մինչև  $U=15$  Վ Ս հոսանք չափելու համար կա  $R_U=5$  Օմ ներքին դիմադրություն ունեցող աճակերաչափ: Ի՞նչ Ռ դիմադրություն պետք է վերցնել և ինչպես այն միացնել, որպեսզի այդ սարքով հնարավոր լինի չափել ա) մինչև  $U_0=150$  Վ Ս հոսանք, բ) մինչև  $U_0=150$  Վ պոտենցիալու տարբերություն:

10-38. Կա 120-վոլտանոց,  $P=120$  Վտ հզրորությամբ էլեկտրական լամպ: Լամպին հաջորդաբար ինչպիսի՞ լրացուցիչ  $R$  դիմադրություն պետք է միացնել, որպեսզի այն ցանցի  $U_0=220$  Վ լարման դեպքում տա նորմալ շիկացում: Ի՞նչ է երկարությամբ,  $d=0,3$  մմ տրամագծով նիշրումն լար պետք է վերցնել, որպեսզի ստացվի այդպիսի դիմադրություն:

10-39. Ունենք երեք 110-վոլտանոց էլեկտրական լամպեր, որոնց հզրորությունները՝  $P_1=P_2=40$  Վտ և  $P_3=80$  Վտ: Ինչպես պետք է միացնել այդ լամպերը, որպեսզի ցանցի  $U_0=220$  Վ լարման դեպքում դրանք նորմալ շիկացան: Գտնել սխեման: Գտնել նորմալ շիկացան դեպքում լամպերով հոսող  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  հոսանքները:

10-40. Գեներատորից  $E=100$  Վ հեռավորության վրա գտնվող լարութառիայում միացրել են  $Ω=10$  Վ հոսանք գործածող էլեկտրական լուսքացուցիչ սարք: Որքանո՞վ ցածրացավ  $U$  լարումը այդ լարութառիայում վառվող լամպի սեղմակներում, եթե նատուցող պղնձե հաղորդականը հատույթը՝  $S=5$  մմ<sup>2</sup>:

10-41. Եներգիան  $E=500$  Վ էլԾՈՒ-Ծ ունեցող մարտկոցից պահանջվում է հաղորդությունը՝  $E=2,5$  կմ եներավորության վրա: Ծախսվող հզրորությունը

P=10 կտ: Գտնել ցանցում  $\Delta$  P հզորության փոքրագույն կորուստները, եթե նատուցող պղնձեն հաղորդավարերի տրամագիծը՝  $d=1,5$  սմ:

10-42. Եներգիան  $E=110$  Վ էլէռու ունեցող գեներատորից պահանջվում է հաղորդել  $E=250$  Ը հեռավորության վրա: Ծախսվող հզորությունը՝  $P=1$  կտ: Գտնել պղնձեն հաղորդավարերի փոքրագույն S հատուքը, եթե ցանցում հզորության կորուստը չափող է գերազանցի 1%-ը:

10-43. Շրբայում հաջորդաբար միացված են միևնույն երկարությամբ և տրամագծով պղնձեն և պողպատե հաղորդալարեր: Գտնել (ա) այդ հաղորդավարերում անջատված շերմության քանակությունների հարաբերությունը, (բ) լարնան անկումների հարաբերությունը այդ հաղորդալարերի վրա:

10-44. Լուծել նախորդ խնդիրը այն դեպքի համար, եթե հաղորդալարեր միացված են գուգահեռ:

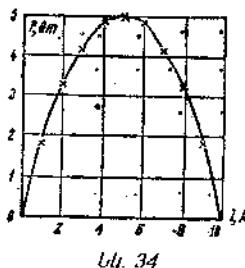
10-45.  $E=6$  Վ էլէռու ունեցող տարրը տալիս է  $I=3$  Ա ահավելագույն հոսանք: Գտնել չերմության այն ամենամեծ Q քանակը, որը կարող է անջատվել արտաքին դիմադրության վրա միավոր ժամանակում:

10-46.  $E=250$  Վ էլէռու և  $r=1$  Օմ ներքին դիմադրությունը ունեցող ճարտկոց փակված է  $R=23$  Օմ դիմադրությունը ունեցող արտաքին դիմադրությամբ: Գտնել մարտկոցի  $P_0$  լրիվ հզորությունը,  $P$  օգտակար հզորությունը և  $\eta$  ՕԳԳ-6:

10-47. Գտնել գեներատորի ըներքին դիմադրությունը, եթե հայտնի է, որ  $R_1=5$  Օմ և  $R_2=0,2$  Օմ արտաքին դիմադրությունների վրա անջատված  $P$  հզորությունը միաժամանակ է: Գտնել գեներատորի  $\eta$  ՕԳԳ-6 դեաքերից յուրաքանչյուրի համար:

10-48. Նկ. 34-ում տրված է  $P$  օգտակար հզորության կախվածությունը շրբայով անցնող  $I$  հոսանքից: Այդ կորի տվյալներով գտնել տարրի ըներքին դիմադրությունը և էլէռուն: Կառուցել տարրի դ ՕԳԳ-ի և արտաքին շրբայում Ս պոտենցիալների ամկան կախվածությունը Յ հոսանքից:

10-49. Օգտվելով Նկ. 34-ում պատկերված կորի տվյալներից՝ կառուցել տարրի դ ՕԳԳ-ի,  $P_0$  լրիվ և  $P$  օգտակար հզորությունների  $R$  արտաքին դիմադրության գրաֆիկը: Կորեր կառուցել  $R$  արտաքին դիմադրության 0-ի,  $r$ -ի,  $2r$ -ի,  $3r$ -ի,  $4r$ -ի և  $5r$ -ի հակասար արժեքների համար, որտեղ  $r$ -ը տարրի ներքին դիմադրությունն է:



հակասար արժեքների համար, որտեղ  $r$ -ը տարրի ներքին դիմադրությունն է:

10-50. Տարրը նախ փակում են  $R_1=2$  Օմ արտաքին դիմադրությամբ, ապա  $R_2=0,5$  Օմ արտաքին դիմադրությամբ: Գտնել տարրի  $E$  էլէռուն և ներքին դիմադրությունը, եթե հայտնի է, որ այդ դեպքերից յուրաքանչյուրի համար արտաքին շրբայում անջատված հզորությունը նույնն է և հակասար՝  $P=2,54$  կտ:

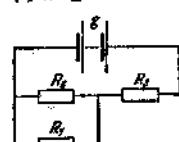
10-51.  $E=2$  Վ էլէռու և  $r=0,5$  Օմ ներքին դիմադրություն ունեցող տարրը փակված է  $R$  արտաքին դիմադրությամբ: Կառուցել շրբայի Յ հոսանքի, արտաքին շրբայի ծայրերում եղած պոտենցիալների Ս անկան,  $P$  օգտակար հզորության,  $R$  դիմադրությունից ունեցած կախման գրաֆիկը:  $R$  դիմադրությունը վերցնել  $0 \leq R \leq 4$  Օմ միջակայքում յուրաքանչյուր 0,5 Օմ-ից հետո:

10-52. Ելէռու և ըներքին դիմադրություն ունեցող տարրը փակված է արտաքին  $R$  դիմադրությամբ: Արտաքին շրբայում անջատված հզորությունը՝  $P=9$  կտ: Կյու դեպքում շրբայում հոսում է  $I=3$  Ա հոսանք: Գտնել տարրի էլէռուն և ըներքին դիմադրությունը:

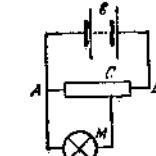
10-53. Մարտկոցի էլէռուն՝  $E=120$  Վ, դիմադրությունները՝  $R_3=30$  Օմ,  $R_2=60$  Օմ (Նկ. 35): Անպերազափր ցույց է տալիս  $\eta=2$  Ա հոսանք: Գտնել  $R_1$  դիմադրության վրա անջատված  $P$  հզորությունը:

10-54. Մարտկոցի էլէռուն՝  $E=100$  Վ, նրա ներքին դիմադրությունը՝  $r=2$  Օմ, դիմադրությունները՝  $R_1=25$  Օմ և  $R_2=78$  Օմ (Նկ. 35):  $R_1$  դիմադրության վրա անջատվում է  $P_1=16$  Կտ հզորություն: Ի՞նչ Յ հոսանք է ցույց տալիս անպերազափր:

10-55. Մարտկոցի էլէռուն՝  $E=120$  Վ, դիմադրությունները՝  $R_1=25$  Օմ,  $R_2=R_3=100$  Օմ (Նկ. 36): Գտնել  $R_1$  դիմադրության վրա անջատվող հզորությունը:



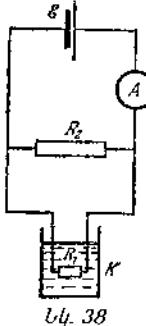
Նկ. 36



Նկ. 37

10-56. Մարտկոցի ՕԳԳ-ն՝  $\eta=80\%$ , դիմադրությունը՝  $R_1=100$  Օմ (Նկ. 36):  $R_1$  դիմադրության վրա անջատվում է  $P_1=16$  Կտ հզորություն: Գտնել մարտկոցի էլէռուն, եթե հայտնի է, որ  $R_3$  դիմադրության վրա ուղարկված է անկումը՝  $U_3=40$  Վ է:

10-57. Մարտկոցի էլէռուն՝  $E=120$  Վ, պոտենցիալների լրիվ դիմադրությունը՝  $R_0=120$  Օմ (Նկ. 37): Լամպի  $R$  դիմադրությունը շիկացան ժա-



64.38

10-58. A և B կետերի միջև պոտենցիալների տարբերությունը՝  $U=9$  V: Ունենք երկու հաղորդիչներ՝  $R_1=5$  Ω և  $R_2=3$  Ω դիմադրություններով: Գտնել հաղորդիչներից յուրաքանչյուրում անջատվող  $Q_1$  շերտության քանակը, եթե հաղորդայարեր A և B կետերի միջև միազգած էն այլ հաօքոպահար ու ուղարկելու:

10-59. Երկու էլեկտրական լամպեր,  $R_1=360$  Ω և  $R_2=240$  Ω դիմացը ուղարկվում է առաջին միացված են զուգահեռ: Լամպերից ո՞րն է ծախսում ավելի մեծ հզորություն: Քանի՞ անցամ:

10-60. Կալորիէաչափն ունի  $R_f=60$  Օմ դիմադրություն, որը նշացված է ցանցին նկ. 38-ում ցուց տրված է լուրունը հավասար է  $300$  Օմ-ի: Անձեռաչափը ցուց է անը: Բանի՞ աստիճանով է տաքանում կալորիէաչափի գ զանգվածով ջուրը  $\tau=5$  ր ժամանակ հոսանք բաց

10-61. Ի՞նչ Վ ծագալով ջուր կարելի է եռացնել՝ ծախտելով  $W=3$  հԿո.Ժ Ենթադրական էներգիա: Ջուր սպառնակի սեղմանը ենթադրություն:

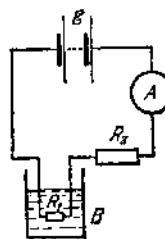
10-62. Ինչպիսի՞ R հզրություն է ձափում Էլեկտրապան թեյնիկի տաքացուցիչը. Եթե  $V=21$  և ավալով ջուրը եռում է  $\tau=5$  ոժանանակ հնարին է տաքացուցիչի R դիմադրությունը, եթե ցանցում լարումը  $U=120$  V. Զրի սկզբանական ջերմաստիճանը՝  $t_0=13.5$  °C.

10-63.  $P=0,5$  կՎտ հզորությամբ սալիկի վրա դրված է թեյնիկ, որի մեջ լցված է  $t_0=160^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի,  $V=1$  լ ծավալով ջուրը: Թեյնիկում ջուրը եռաց սալիկը միացնելուց  $\tau=20$  ր ժամանակ անց: Այդ դեպքում  $Q$  ջերմության ինչ քանակ է կորչում բռն թեյնիկի տաքացնան վրա, ճառագայթման վրա և այլն:

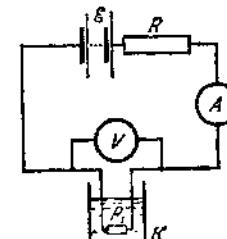
10-64. Եւկտրական կաթսայի տաքացուցիչն ունի երկու միատեսակ, յուրաքանչյուրը  $R=20$  Օմ դիմադրությամբ, հատվածամաս: Որքա՞ն ժամանակ անց կեռա  $V=2,2$  Լ ջուրը, եթե՝ ա) միացված է մեկ հատվածամաս, բ) երկու հատվածամասերը միացված են հաջորդաբար, գ) երկու հատվածամասերը միացված են զուգահեռ: Զրի սկզբնական շերժաստիճանը  $t_0=16^{\circ}\text{C}$ , ցանցում լարումը  $U=110$  Վ, տաքացուցիչը  $0.99-0.985$ :

10-65. Եւեկտրական թեյնիկի տաքացուցիչը ունի երկու հատվածնաս: Նրանցից մեկի միացնան դեպքում թեյնիկում ջուրը կեռա  $\tau_1=15$  ր ժամանակի ընթացքում, մյուսի միացնան դեպքում  $\tau_2=30$  ր ժամանակ անց: Որքա՞ն ժամանակ անց կեռա ջուրը թեյնիկում, եթե երկու հատվածնասերը միացվեմ՝ ա) հաշորդաբար, բ) զուգահեռ:

10-66. Էլեկտրական քեյնիկի  $R_1$  դիմադրությամբ տաքացուցիչը շղթային ճիշացված է նկ. 39-ում ցույց տրված ձևով: Սարտկոցի էլեկտ- $E=120$  Վ, դիմադրությունը  $R=10$  Օմ: Անպերաչափը ցույց է տալիս  $\theta=2$  Ա հոսանք: Որքա՞ն է ժամանակում կեռա  $V=0.5$  և ծավալով ջուրը: Զդի սկզբնական ջերմաստիճանը  $t_0=4^{\circ}\text{C}$ , տաքացուցիչը  $O99\text{-}0$ ,  $\eta=76\%$ :



U. 39



14

10-67. Կալորիխազափն ունի  $R_1$  դիմադրությանը պարույր, որը շրթային նիստվածք է, ինչպես ցուց է տրված նկ. 40-ում: Սարտկոցի էլեկտր. հարաբեկությունը՝  $E=110$  Վ, պարույրի՝  $O44\cdot\pi = 80$  %: Կալորիխազափն նեզ լցված է  $m=500$  գ գանգվածով կերոսին: Անձերազափի ցուց է տակին  $\beta=2$  Ա հոսանք, վոլտաչափի՝  $U=10,8$  Վ լարում: Ինչպիսի՞ն է պարույրի  $R_1$ , դիմադրությունը: Գտնել կերոսինի  $C$  տեսակարար ջերմունակությունը, եթե  $t=5$  Ր ժամանակ հոսանք բաց բռնելիս կերոսինը տաքացավ  $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ -ով: Ինչպիսի՞ն է  $R_2$  դիմադրությունը: Վոլտաչափի դիմադրությունը համապատասխան անվերջ նեն:

10-68.  $V=4,5$  լ ծավալով ջուրը կարելի է եռացնել՝ ծախսելով  $W=0,5$  կՎտ.Ժ էլեկտրական եներգիա: Զի՞ սկզբնական ջերմաստիճանը՝  $t_0=23^{\circ}\text{C}$ : Գտնել տաքացուցիչը՝ ո ՕԳԳ-ն:

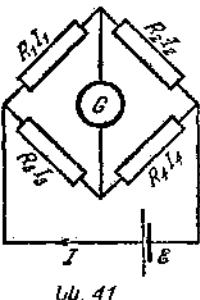
10-69. Սենյակի ջեռուցման համար օգտվում են  $U=120$  Վ լարման ցանցին միացված վառարանից: Միավոր ժամանակում սենյակը կորցնում է  $Q_c=87,08$  ՄԶ/օր ջերմության քանակ: Պահանջվում է սենյակի ջերմաստիճանը պահպանել հաստատուն: Գտնել ա) վառարանի  $R$  դժողորությունը, բ) վառարանի փաթուրի համար անհրաժեշտ  $d=1$  մմ

տրամագծով նիշը լարի է երկարությունը. զ) վառարանի  $P$  հզորությունը:

10-70.  $V=1$  է ծավալով ջրային թերմոստատի ջերմաստիճանը պահպանվում է հաստատում  $P=26$  Վո հզորությամբ տաքացուցիչ օգնությամբ: Զրի տաքացման վրա ծախսվում է այդ հզորության 80 %-ը: Բանի՝ ատմիքանով կնվազի թերմոստատի ջերմաստիճանը  $t=10$  ր-ի ընթացքում, եթե տաքացուցիչը անջատվի:

10-71. Որքա՞ն պետք է վճարել յուրաքանչյուր ամիս (30 օր) էլեկտրական ներդրյալից օգտվելու համար, եթե ամեն օր  $t=6$  ժ-ի ընթացքում վառվում են երկու 120-վոլտանոց լամպեր, որոնք ծախսում են  $\mathcal{I}=0,5$  Ա հոսանք: Բացի այդ, ամեն օր եռացվում է  $V=3$  Լ ջուր: Զրի սկզբնական ջերմաստիճանը՝  $t_0=10^{\circ}\text{C}$ : 1 ԿՎու.ժ-ի արժեքը ընդունել հավասար 4 կոպ.ի: Տաքացուցիչ՝ ՕԳԳ-Ծ՝  $\eta = 80\%$ :

10-72.  $V=600$  սմ<sup>3</sup> ծավալով,  $t_0=9^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի ջուր պարունակող թերմիկ մոռացել են անջատել: Մեյմիկի տաքացուցիչը դիմադրությունը՝  $R=16$  Օմ: Թեմիկը միացնելուց հետո ինչքա՞ն է ծախսակ հետո ջուրը կեռա: Լարումը ցանցում  $\mathcal{U}=120$  Վ, տաքացուցիչ՝ ՕԳԳ-Ծ՝  $\eta = 60\%$ :



Ակ. 41

10-73. Սեղիկային դիֆուզիոն պոմպում միավոր ժամանակում գոլորշիանում է  $m_t=100$  գ/ր զանգվածով սնողիկ: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի պոմպի տաքացուցիչը  $R$  դիմադրությունը, եթե այն միացվում է  $\mathcal{U}=127$  Վ լարման ցանցին: Սնողիկի գոլորշիացման տեսակարար ջերմությունը՝ գ-256 կԶ/կգ:

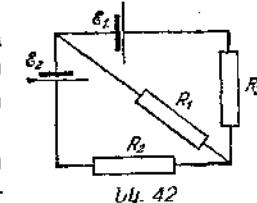
10-74.  $S_1=3$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատվածի նակերև ունեցող պինձե հաղորդալարից բաղկացած շղթայի մեջ մտցված է կապարե ապահովիչ, որի լայնական հատվածի նակերեսը՝  $S_2=1$  մմ<sup>2</sup>. Պինձե հաղորդալարի ջերմաստիճանի ինչպիսի՞ն՝  $t_1$ , բարձրացման համար է հաշվարկված այդ ապահովիչը շղթայի կարճ միացման դեպքում: Ընդունել, որ կարճ միացման ժամանակ անջատված ամրող ջերմությունը, պոտոցեսի կարծառելության հետևանքով, ծախսվում է շղթայի տաքացման վրա: Ապահովիչի սկզբնական ջերմաստիճանը՝  $t_0=17^{\circ}\text{C}$ :

10-75. Գտնել պինձե հաղորդալարի միավոր ծավալում միավոր ժամանակում անջատված  $Q_1$  ջերմության քանակը՝  $j=300$  կՎ/մ<sup>2</sup> հոսանքի խոռության դեպքում:

10-76. Գտնել  $\mathcal{Z}_1$  հոսանքի ուժը Ռուբոստոնի կամրջակի (Ակ. 41) ա-

ռանձին ճյուղերում այն պայմանի դեպքում, եթե գալվանաչափի միջով անցնում է  $\mathcal{Z}_2$  հոսանք: Տարիի էլէմ-Ծ՝  $\varepsilon=2$  Վ, դիմադրությունները՝  $R_1=30$  Օմ,  $R_2=45$  Օմ և  $R_3=300$  Օմ:

10-77. Տարերի էլէմ-Ծ-ը՝  $\varepsilon_1=2,1$  Վ և  $\varepsilon_2=1,9$  Վ, դիմադրությունները՝  $R_1=45$  Օմ,  $R_2=10$  Օմ և  $R_3=10$  Օմ (Ակ. 42): Գտնել շղթայի բոլոր տեղադասերի  $\mathcal{Z}_1$  հոսանքները:



Ակ. 42

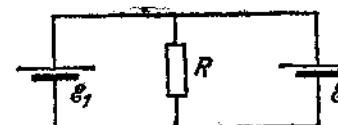
10-78. Ինչպիսի՞ն Ս պոտենցիալիմերի տարրերությունն կառաջանա զուգահեռ նիացված տափիերի սեղմակներում, եթե նրանց էլէմ-Ծ-ները՝  $\varepsilon_1=1,4$  Վ,  $\varepsilon_2=1,2$  Վ և ներքին դիմադրությունները՝  $r_1=0,6$  Օմ,  $r_2=0,4$  Օմ:

10-79. Միկրույն՝  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2$  Վ էլէմ-Ծ-ներով և  $r_1=1$  Օմ ու  $r_2=2$  Օմ ներքին դիմադրություններով տարրերը փակված են  $R$  արտաքին դիմադրության վրա (Ակ. 43):  $\varepsilon_1$  էլէմ-Ծ-ով տարրով հոսում է  $\mathcal{Z}_1=1$  Ա հոսանք: Գտնել  $R$  դիմադրությունը և  $\varepsilon_2$  էլէմ-Ծ-ով տարրով անցնող  $\mathcal{Z}_2$  հոսանքը: Ինչպիսի՞ն հոսանք է անցնում  $R$  դիմադրության միջով:

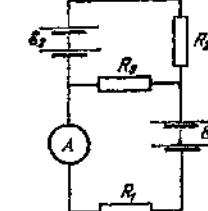
10-80. Լուծել նախորդ խնդիրը, եթե  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=4$  Վ,  $r_1=r_2=0,5$  Օմ և  $\mathcal{Z}_1=2$  Ա:

10-81. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=110$  Վ և  $\varepsilon_2=220$  Վ էլէմ-Ծ-ներ,  $R_1=R_2=100$  Օմ,  $R_3=500$  Օմ դիմադրություններ (Ակ. 44): Գտնել ամպերաչափի ցուցմունքը:

10-82. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=2$  Վ և  $\varepsilon_2=1$  Վ էլէմ-Ծ-ներ,  $R_1=0,5$  Օմ դիմադրություն (Ակ. 44): Պոտենցիալի անկումը  $R_2$  դիմադրության վրա  $\mathcal{U}_2=1$  Վ (հոսանքը  $R_2$ -ով ուղղված է ասցից ծախս): Գտնել ամպերաչափի ցուցմունքը:



Ակ. 43



Ակ. 44

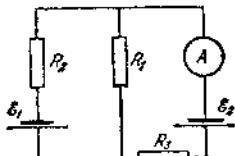
10-83. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=2$  Վ և  $\varepsilon_2=3$  Վ էլէմ-Ծ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=1$  կՕմ,  $R_2=0,5$  կՕմ,  $R_3=0,2$  կՕմ: Ամպերաչափի դիմադրությունը՝  $R_4=0,2$  կՕմ (Ակ. 45): Գտնել ամպերաչափի ցուցմունքը:

10-85. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=2$  Վ և  $\varepsilon_2=3$  Վ էլէմ-Ծ-ներ, դիմադրությունը՝  $R_3=1,5$  կՕմ, ամպերաչափի դիմադրությունը՝  $R_4=0,5$  կՕմ (Ակ. 45):

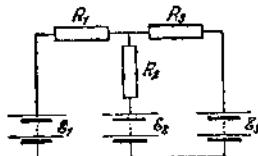
Պոտենցիալի ամպումը  $R_2$  դիմադրության վրա  $U_2=1$  Վ (հոսանքը դիմադրության միջով ուղղված է վերևից դեպի ներքև): Գտնել ամպերաչափի ցուցնումը:

10-86. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=2$  Վ,  $\varepsilon_2=4$  Վ և  $\varepsilon_3=6$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=4$  Օմ,  $R_2=6$  Օմ (նկ. 46),  $R_3=8$  Օմ: Գտնել Տ<sub>1</sub> հոսանքները շղթայի բոլոր տեղամասերում:

10-87. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3=6$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=20$  Օմ,  $R_2=12$  Օմ (նկ. 46): Սխեմայի վերին մարտկոցների բացասական սեղմանական համգույցի կարճ միացման ժամանակ փակող հաղորդայարի միջով հոսում է  $I=1,6$  Ա հոսանք: Գտնել շղթայի բոլոր տեղամասերի Տ<sub>1</sub> հոսանքները և  $R_1$  դիմադրությունը:

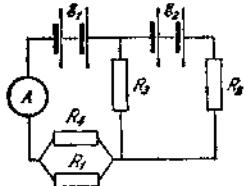


նկ. 45

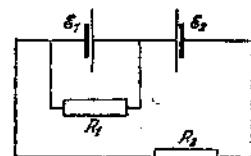


նկ. 46

10-88. Նկ. 46-ում ցույց տրված սխեմայում Տ<sub>1</sub> և Տ<sub>3</sub> հոսանքները ուղղված են աջից դեպի ձախ, Տ<sub>2</sub> հոսանքը՝ վերևից ներքև:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  դիմադրությունների վրա պոտենցիալի ամկումները հավասար են:  $U_1=U_3=2U_2$ : Գտնել  $\varepsilon_2$  և  $\varepsilon_3$  էլէ՛՛Ռ-ները, եթե էլէ՛՛Ռ  $\varepsilon_1=25$  Վ:



նկ. 47



նկ. 48

10-89. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=100$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=20$  Օմ,  $R_2=10$  Օմ,  $R_3=40$  Օմ և  $R_4=30$  Օմ (նկ. 47): Գտնել ամպերաչափի ցուցնումը:

10-90. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=2\varepsilon_2$  էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=R_3=20$  Օմ,  $R_2=15$  Օմ և  $R_4=30$  Օմ (նկ. 47): Ամպերաչափի միջով հոսում է  $I=1,5$  Ա հոսանք՝ ուղղված ներքևից դեպի վերև: Գտնել  $\varepsilon_1$  և  $\varepsilon_2$  էլէ՛՛Ռ-ները, ինչպես նաև  $R_2$ ,  $R_3$  դիմադրություններով հոսող Տ<sub>2</sub> և Տ<sub>3</sub> հոսանքները:

10-91. Երկու միատեսակ տարրեր ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ և  $r_1=r_2=0,5$  Օմ ներքին դիմադրություններ (նկ. 48): Գտնել  $R_1=0,5$  Օմ և

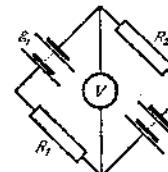
$R_2=1,5$  Օմ դիմադրությունների միջով հոսող Տ<sub>1</sub> և Տ<sub>2</sub> հոսանքները, ինչպես նաև  $\varepsilon_1$  էլէ՛՛Ռ-ով տարրի միջով հոսող Յ հոսանքը:

10-92. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2$  էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_2=2R_1$  (նկ. 49): Բանի՝ անգամ է վոլտաչափով հոսող հոսանքը մեծ  $R_2$  դիմադրության միջով հոսող հոսանքից:

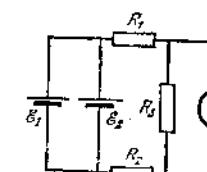
10-93. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=110$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=R_2=0,2$  կօմ, վոլտաչափի դիմադրությունը՝  $R_3=1$  կօմ (նկ. 49): Գտնել վոլտաչափի ցուցնումը:

10-94. Մարտկոցներն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2$  էլէ՛՛Ռ-ներ, դիմադրությունները՝  $R_1=R_2=100$  Օմ, վոլտաչափի դիմադրությունը՝  $R_3=150$  Օմ (նկ. 49): Վոլտաչափի ցուցնումը՝  $U=150$  Վ: Գտնել մարտկոցների  $\varepsilon_1$  և  $\varepsilon_2$  էլէ՛՛Ռ-ները:

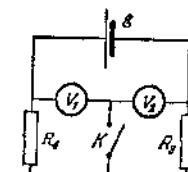
10-95. Տարրերն ունեն  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=1,5$  Վ էլէ՛՛Ռ-ներ և  $r_1=r_2=0,5$  Օմ ներքին դիմադրություններ, դիմադրությունները՝  $R_1=R_2=2$  Օմ և  $R_3=1$  Օմ, ամպերաչափի դիմադրությունը՝  $R_4=3$  Օմ (նկ. 50): Գտնել ամպերաչափի ցուցնումը:



նկ. 49



նկ. 50



նկ. 51

9 10-96. Տարրն ունի  $\varepsilon=200$  Վ էլէ՛՛Ռ, դիմադրությունները՝  $R_1=2$  կօմ և  $R_2=3$  կօմ, վոլտաչափերի դիմադրությունները՝  $R_{V1}=3$  կօմ և  $R_{V2}=2$  կօմ (նկ. 51): Գտնել  $V_1$  և  $V_2$  վոլտաչափերի ցուցնումները, եթե  $K$  բանալին ա) բաց է, բ) փակ է: Խնդիրը լրտես՝ կիրառելով կիրիկինֆի օրենցները:

10-97. Որքա՞ն τ ժամանակում պղնձի ցլորիդի ( $CuCl_2$ ) լուծուրի լիկտրալիզի շնորհիվ կարողի վրա կանչատվի  $m=4,7$  կգ պղինձ, եթե հոսանքը՝  $S=2$  Ա:

10-98. Պղնձարջասափի լիկտրալիզի դեպքում որքա՞ն τ ժամանակի: Ընթացքում պղնձե թիթեղի (կարող) զանգվածը կմեծանա  $\wedge m$  չափով: Խնդիրն անկերտար:  $S=25$  սմ<sup>2</sup>, հոսանքի խտությունը՝  $j=200$  Ա/մ<sup>2</sup>: Գտնել որդին շերտի Ժ հաստությունը, որն առաջացնել է թիթեղի վրա:

10-99. Պղնձարջասափի լիկտրալիզի դեպքում  $\tau=1$  ժ-ի ընթացքում ուղարկվել է  $m=0,5$  գ զանգվածով պղինձ: Յուրաքանչյուր էլեկտրոդի ձայնը կամ պարագաները՝  $S=75$  սմ<sup>2</sup>: Գտնել հոսանքի  $J$  խտությունը:

10-100. Գտնել ջրածնի Կ էլեկտրաքիմիական համարժեքը:

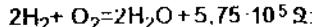
10-101. Ամպերաչափը, որը հաջորդաբար միացված է  $\text{AgNO}_3$  լու ծովառվ լցված էլեկտրայիտիկ տաշտի հետ, ցույց է տալիս  $\eta=0,90$  Ա հո սանք: Ենիշու է, արդյոք, ամպերաչափի ցուցմունքը, եթե  $\tau=5$  ր-ի ընթացքում, հոսանքը անցնելու հետևանքով, անջատվել է  $t=316$  մգ զանգվածով արծար:

10-102.  $\text{AgNO}_3$ -ի և  $\text{CuSO}_4$ -ի լուծույթներով լցված երկու էլեկտրայիտիկ տաշտեր միացված են հաջորդաբար: Պղնձի ի՞նչ ու զանգված կանջատվի այն ժամանակամիջոցում, որի ընթացքում անջատվել է  $t=180$  մգ զանգվածով արծար:

10-103. Դաշված կրիոլիտում  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ի լուծույթի էլեկտրայիդի միջոցով այլումին ստանալու ժամանակ անցնում է  $\eta=20$  կԱ հոսանք՝ էլեկտրոդների վրա  $U=5$  Վ պոտենցիալների տարրերության դեպքում: Ի՞նչ Շ ժամանակի ընթացքում կանջատվի  $t=1$  տ այսումին: Որքա՞ն  $W$  էլեկտրական էներգիա կծախսվի այդ դեպքում:

10-104. Ի՞նչ քանակությամբ էլեկտրական էներգիա պետք է ժախսել, որպեսզի  $\text{AgNO}_3$ -ի լուծույթի էլեկտրայիդի ժամանակ անջատվի  $t=500$  մգ զանգվածով արծար: Էլեկտրոդների վրա պոտենցիալների տարրերությունը՝  $U=4$  Վ:

10-105. Զրանքից և բրիւճնից ջրի առաջացման ռեակցիան տեղի է ունենում ջերմության անջատումով:



Գտնել այն ամենափոքր Ս ալուտնեցիալների տարրերությունը, որի ժամանակ տեղի կունենա ջրի տարրալուծումը էլեկտրայիդի միջոցով:

10-106. Դաշվել  $\lambda$  Ա համարժեք էլեկտրահաղորդականությունը շատ բույ ազոտական թթվի լուծույթի համար:

10-107. Ազոտական թթվի լուծույթի նիզով բաց են թողնում  $\eta=2$  Ա հոսանք: Որքա՞ն գ էլեկտրականության քանակությունը կտեղափոխվի յուրաքանչյուր նշանի իոնների կողմից  $\tau=1$  ր ժամանակամիջոցում:

10-108.  $\text{KC}\ell$ -ի լուծույթի ինչ-որ կոնցենտրացիայի դեպքում նրա համարժեք էլեկտրահաղորդականությունը՝  $\lambda=12,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{Օմ.նոլ}$  է, այդ նույն կոնցենտրացիայի դեպքում նրա տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունը՝  $\sigma=0,122 \text{ Ա/մ}$ , անվերջ նորացման դեպքում համարժեք էլեկտրահաղորդականությունը՝  $\lambda_{\infty}=13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{Օմ.կմոլ}$ : Գտնել ա)  $\text{KC}\ell$ -ի լուծույթի տարրաբաժնման օ աստիճանը տվյալ կոնցենտրացի-այի դեպքում, բ) լուծույթի դ համարժեք կոնցենտրացիան. գ)  $K^+$  և  $\text{Cl}^-$  իոնների ս. և ս. շարժունակությունների գումարը:

10-109. Գտնել  $\ell=8$  սմ երկարությամբ և  $S=5$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատույթի մակերես ունեցող խողովակի մեջ լցված  $\text{AgNO}_3$ -ի լուծույթի  $R$  դի-

տորությունը: Լուծույթի համարժեք կոնցենտրացիան՝  $\eta=0,1 \text{ մոլ/l}$ , տար արտաժանման աստիճանը՝  $\alpha=81 \%$ :

10-110. Գտնել  $\ell=2$  սմ երկարություն և  $S=7$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատույթի մակերես ունեցող խողովակի մեջ  $\text{KNO}_3$ -ի լուծույթի  $R$  դիմադրությունը: Լուծույթի համարժեք կոնցենտրացիան՝  $\eta=0,05 \text{ մոլ/l}$ , համարժեք հաղորդականությունը՝  $\lambda=1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{Օմ.նոլ}$ :

10-111.  $\ell=3$  սմ երկարությամբ և  $S=10$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատույթի մակերեսով խողովակը լցված է  $\text{CuSO}_4$ -ի լուծույթով: Լուծույթի համարժեք կոնցենտրացիան՝  $\eta=0,1 \text{ մոլ/l}$ , դիմադրությունը՝  $R=38 \text{ Օմ}$ : Գտնել լուծույթի դ համարժեք հաղորդականությունը:

10-112. Աղաքրի դեցինորմալ լուծույթի տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունը՝  $\sigma=3,5 \text{ Ա/մ}$ : Գտնել տարրաբաժնման օ աստիճանը:

10-113. Գտնել նախորդ խնդրի լուծույթի միավոր ժավալում գտնվող լուրաքանչյուրը նշանի իոնների ո.թիվը:

10-114. Գպառվ լցված անորը ռենտգենյան ճառագայթներով լուրավորելու դեպքում միավոր ժավալում միավոր ժամանակում իոնացվում են  $N=10^{16} \text{ մ}^{-3} \text{ Վ}^{-1}$  մոլեկուլներ: Վերանացման հետևանքով անորությաստվել է հավասարակշռություն, ըստ որում գագի միավոր ժավալում գտնվում են յուրանքանչյուրը նշանի  $n=10^{14} \text{ մ}^{-3} \text{ թվով}$  իոններ: Գտնել վերանացման գ գործակիցը:

10-115. Պարզման խողովակի իրարից  $d=10$  սմ հեռավորությամբ էլեկտրոդների վրա կիրառված է  $U=5$  Վ պոտենցիալների տարրերություն: Խողովակում գտնվող գագր միապատիկ իոնացվածք է: Ամեն նշանի լիցքի թիվը միավոր ժավալում  $n=10^8 \text{ մ}^{-3} \text{ է}$ , իոնների շարժունակությունները՝  $u_{\perp}=3 \cdot 10^{-2} \text{ մ}^2/\text{Վ.վ}$  և  $u_{\parallel}=3 \cdot 10^{-2} \text{ մ}^2/\text{Վ.վ}$ : Գտնել հոսանքի յ խորությունը խողովակում: Լրիվ հոսանքի ո՞ր մասն է տեղափոխվում դրական իոնների կողմից:

10-116. Իոնացման խցիկի յուրաքանչյուրը էլեկտրոդի մակերես  $S=0,01 \text{ մ}^2$  է, նրանց միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=6,2$  սմ: Գտնել  $S_h$  հագեցման հոսանքն այդ խցիկում, եթե միավոր ժավալում միավոր ժամանակում առաջանաւ են անեն նշանի միավորը  $N=10^{15} \text{ մ}^{-3} \text{ Վ}^{-1}$  թվով իոնները:

10-117. Գտնել ամեն նշանի իոնների հնարավոր ամենամեծ օ թիվը նախորդ խնդրում նկարագրված խցիկի միավոր ժավալում: Եթե վերանացման գործակիցը՝  $y=10^{-12} \text{ մ}^3/\text{Վ}$ :

10-118. Գտնել  $\ell=84$  սմ երկարություն և  $S=5$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատույթի մակերես ունեցող խողովակի մեջ լցված  $\text{AgNO}_3$ -ի լուծույթի  $R$  դի-

միավոր ժամանակ կան ամեն նշանի  $n=10^{13}$  մ<sup>-3</sup> թվով միայիցք իոններ: Իոնների շարժունակությունները՝  $u_+=1,3 \cdot 10^{-4}$  մ<sup>2</sup>/Վ.Վ և  $u_- = 1,8 \cdot 10^{-4}$  մ<sup>2</sup>/Վ.Վ:

10-119. Ինչպիսի՞ Շ հոսանք կանցնի 10-116 խնդրում նկարագրված իոնացման խցիկի էլեկտրոդների միջև, եթե էլեկտրոդների վրա կիրառված է  $U=20$  Վ այսունցիալների տարրերություն: Իոնների շարժունակությունները՝  $u_+=u_- = 10^{-4}$  մ<sup>2</sup>/Վ.Վ. վերամիացման գործակիցը՝  $\gamma=10^{-12}$  մ<sup>3</sup>/Վ. Յագեցման հոսանքի ո՞ր մասն է կազմում գուած հոսանքը:

10-120. Ի՞նչ նվազագույն Վ արագությամբ պետք է օժնված լինի էլեկտրոնը, որպեսզի իոնացմի շրածնի ատոմը Զրածնի ատոմի իոնացման պոտենցիալը՝  $U=13.5$  Վ:

10-121. Ինչպիսի՞ Տ շերմաստիճանում սնդիկի ատոմներն ունեն իոնացման համար քավարար համենիքաց շարժման միջին կինետիկ էներգիա: Սնդիկի ատոմի իոնացման պոտենցիալը՝  $U=10.4$  Վ:

10-122. Յելիումի ատոմի իոնացման պոտենցիալը՝  $U=24.5$  Վ: Գտնել իոնացման **A** աշխատանքը:

10-123. Ինչպիսի՞ Վ ամենափոքր արագությամբ պետք է օժնված լինեն ազատ էլեկտրոնները ցեզիումի և պլատինի մեջ, որպեսզի նրանք կարողանան բռնել-հեռանալ մետաղից:

10-124. Քանի՞ անգամ կփոխվի  $T=2400$  Կ շերմաստիճանի վոլֆրամի տեսակարար ցերմակեմորոնային էնիսիան, եթե վոլֆրամի շերմաստիճանը բարձրացվի  $\wedge T=100$  Կ-ով:

10-125. Քանի՞ անգամ է բորիումացված վոլֆրամի կայունությունը՝  $T=1800$  Կ շերմաստիճանում ավելի մեծ տեսակարար էնիսիա տալիս, քան նույն շերմաստիճանում՝ ճարրու վոլֆրամն կարողը: Մարդու վոլֆրամի էնիսիոն հաստատումը  $B_1=0.6 \cdot 10^{-6}$  Ա/մ<sup>2</sup>կ<sup>2</sup> է, բորիումացված վոլֆրամի համար  $B_2=0.3 \cdot 10^{-7}$  Ա/մ<sup>2</sup>կ<sup>2</sup> է:

10-126. Ո՞ր  $T_2$  շերմաստիճանում բորիումացված վոլֆրամը կտա նույնակարար էնիսիա, ինչպիսին տալիս է մացուր վոլֆրամը՝  $T=2500$  Կ-ում: Անհրաժեշտ տվյալները վերցնել նախորդ խնդրից:

## §11. ԷԼԵԿՏՐԱՍԱԳՆԻՒՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ըստ Բիո-Սավար-Լավլասի օրենքի կոնտուրի մէտարը, որով հոտում է Ց հոսանք, տարրածության որևէ Ա կետում ստեղծուն է մագնիսական դաշտ, որի լարվածությունը՝

$$dH = \frac{\pi sin\alpha}{4\pi r^2} dr,$$

որտեղ  $r$ -ը Ա կետից մինչև հոսանքի մէտարը էրարրեգայի հեռավորությունն է, և ն Շառավիդ-Վեկտորի և հոսանքի մէտարի միջև կազմված անկյունը:

Բիո-Սավար-Լավլասի օրենքը կիրարանը տարբեր տեսքի կոնտուրների նկատմամբ:

Շրջանային հոսանքի կենտրոնում մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = \frac{3}{2R},$$

որտեղ  $R$ -ը հոսանքակիր շրջանային կոնտուրի շառավիդն է:

Անսահման Երկար ուղղագիծ հոսանքակիր հաղորդչի ստեղծած մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = \frac{3}{2\pi a},$$

այսուղ ա-ն հոսանքատար հաղորդչից մինչև այն կետը եղած հեռավորությունն է, որտեղ որոշվում է դաշտի լարվածությունը:

Շրջանային հոսանքի առանցքի վրա մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = \frac{R^2 \beta}{2(R^2 + a^2)^{3/2}},$$

այսուղ Ռ-ը շրջանային հոսանքակիր կոնտուրի շառավիդն է, ա-ն կոնտուրի հարթությունից մինչև այն կետը եղած հեռավորությունն է, որտեղ որոշվում է լարվածությունը:

Տորիոդի և անսահման Երկար սոլենոիդի առանցքի վրա մագնիսական դաշտի լաշտի լարվածությունը՝

$$H = \Omega n,$$

Ռոտեղ ո-ը սոլենոիդի գալարների թիվն է միավոր Երկարության վրա:

Վեռջավոր Երկարությամբ սոլենոիդի առանցքի վրա մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = \frac{\Omega n}{2} (\cos\beta_1 - \cos\beta_2),$$

որտեղ  $\beta_1$ -ը և  $\beta_2$ -ը սոլենոիդի առանցքի և ընարկվող կետից սոլենոիդի ծայրերը տարրած շառավիդ-վեկտորի միջև անկյուններն են:

Մագնիսական **B** ինդուկցիան մագնիսական դաշտի **H** լարվածության հետ կապված է

$$B = \mu_0 H$$

առնչությամբ, որտեղ  $\mu$  -ն միավայրի հարաբերական մագնիսական քայլանցելիությունն է,  $\mu = 2\pi \cdot 10^{-7} \Omega / \text{Օ} = 12,563706144 \cdot 10^{-7} \Omega / \text{Օ}$ -ը՝ մագնիսական հաստատումը:

Տերրումագնիսական ճարմինների համար՝  $\mu = \varphi(H)$ , հետևաբար նաև  $B=f(H)$ : Այն խնդիրների լուծման ժամանակ, որտեղ պահանջվում է գիտենալ  $B=f(H)$  կախումը, անհրաժեշտ է օգտվել հավելված II-ում բերված գրաֆիկից:

Մագնիսական դաշտի էներգիայի ծավալային խտությունը՝

$$W_0 = \frac{HB}{2} :$$

Կոնտուրի միջով մագնիսական հոսքը (մագնիսական ինդուկցիայի հոսք)՝

$$\Phi = BS \cos\varphi,$$

որտեղ  $S$ -ը կոնտուրի լայնական հատույքի մակերեսն է,  $\varphi$ -ն՝ կոնտուրի հարթությանը տարած նորմալի և մագնիսական դաշտի ուղղության միջև անկյունն է:

Տորոիդի միջով մագնիսական հոսքը՝

$$\Phi = \frac{\mu_0 I NS}{\ell},$$

որտեղ  $N$ -ը տորոիդի գալարների ընդհանուր թիվն է,  $I$ -ը՝ նրա երկարությունը,  $S$ -ը՝ նրա լայնական հատույքի մակերեսը,  $\mu_0$ -ն՝ միջավայրի հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը,  $\mu_0$ -ն՝ մագնիսական հաստատունը: Եթե տորոիդը ունի օդային բացականացնելու համար՝

$$\Phi = \frac{IN}{l_1/S\mu_0 + l_2/S\mu_0},$$

որտեղ  $l_1$ -ը երկարյա միջուկի երկարությունն է,  $l_2$ -ը՝ նրա մագնիսական թափանցելիությունը,  $l_2$ -ը՝ օդային բացական երկարությունը,  $\mu_0$ -ը՝ օդի մագնիսական թափանցելիությունը:

Մագնիսական դաշտում գտնվող հոսանքակիր հաղորդչի մեջ տարրի վրա ազդում է Անպերի ուժը.

$$dF = BS d\ell \sin\alpha,$$

որտեղ  $\alpha$ -ն հոսանքի և մագնիսական դաշտի ուղղությունների միջև անկյունն է:

Մագնիսական դաշտում հոսանքակիր լիակ կոնտուրի, ինչպես նաև մագնիսական սլաքի վրա ազդում է ուժագույգ. որի պատող նոմենուր՝

$$M = PB \sin\alpha,$$

որտեղ  $P$ -ն հոսանքակիր կոնտուրի (լիակ մագնիսական սլաքի) մագնիսական մոմենտն է, իսկ  $\alpha$ -ն՝ մագնիսական դաշտի ուղղության և կոնտուրի հարթությանը տարած նորմալի (լիակ սլաքի առանցքի) միջև անկյունը:

Հոսանքակիր կոնտուրի մագնիսական մոմենտը՝

$$P = BS,$$

որտեղ  $S$ -ը կոնտուրի մակերեսն է, այնպես որ

$$M = BS \sin\alpha:$$

Երկու գուգահեռ, անվերջ երկար  $\Omega_1$  և  $\Omega_2$  հոսանքակիր հաղորդիչներ փոխազդում են

$$F = \mu_0 \frac{\Omega_1 \Omega_2 \ell}{2\pi d}$$

ուժով, որտեղ  $\ell$ -ը հաղորդչի տեղամասի երկարությունն է,  $d$ -ն՝ նրանց միջև եղած հեռավորությունը:

Հոսանքակիր հաղորդչի մագնիսական դաշտում տեղափոխման աշխատանքը՝

$$dA = \tilde{M} d\Phi,$$

որտեղ  $d\Phi$ -ն այն մագնիսական հոսանքն է, որը հատում է հաղորդիչն իր շարժման ընթացքում:

Մագնիսական դաշտում  $V$  արագությամբ շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա ազդող ուժը որոշվում է Լորենցի բանաձևով.

$$F = qvB \sin\alpha,$$

որտեղ  $q$ -ն մասնիկի լիցքն է,  $v$ -ն՝ մասնիկի արագության և մագնիսական դաշտի ուղղությունների միջև անկյունը:

Մագնիսական դաշտին ուղղահայաց տեղափորված հաղորդիչ թիթեղի երկանքով  $\Omega$  հոսանք անզներու ուժագույն առաջանութ է լայնական պոտենցիալների տարրերություն.

$$U = K \frac{IB}{a} = \frac{IB}{\pi ea},$$

որտեղ  $a$ -ն թիթեղի հաստությունն է,  $B$ -ն՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և  $K = 1/\pi e$ -ն՝ Շոլլի հաստատումը, որը հակադարձ համեմատական է հոսանքակիրների ո կոնցենտրացիային և նրանց ըլիցքին: Ինանդարձ Շոլլի  $K$  հաստատումը և տեսակարար հաղորդականությունը՝  $\sigma = 1/r = \rho \epsilon u$ , կարելի է որոշել հոսանքակիրների շարժունակությունը:

Էլեկտրանագնիսական ինդուկցիայի երկարությունը կայանում է կոնտուրում  $E_{CFL}$ -ի առաջացնան մեջ՝ կրնառուն ընդգրկող մագնիսական  $\Phi$  հոսքի գամկացած փոփոխության ժամանակ: Ինդուկցիայի  $E_{CFL}$ -ն որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Մագնիսական ինդուկցիայի հոսքի փոփոխության կարելի է հասնել հենց կոնտուրում հոսանքի փոփոխությանը (ինքնինդուկցիայի երևույթ): Այդ դեպքում ինդուկցիայի էլեկտ որոշվում է

$$\varepsilon = -L \frac{d\Phi}{dt}$$

բանաձևով, որտեղ  $L$ -ը կոնտուրի ինդուկտիվությունն է:

Սույենոհի ինդուկտիվությունը՝

$$L = \mu_0 M^2 \cdot S,$$

որտեղ  $\mu_0$  սովորական երկարությունն է,  $S$ -ը՝ նրա լայնական հատույքի մակերեսը,  $M$ -ը՝ միավոր երկարության վրա գալարների թիվը:

Շղբայում էլեկտ անջատվելու ժամանակ հոսանքի ուժը ինքնինդուկցիայի երևույթի հետևանքով նվազում է:

$$\Phi = \Phi_0 \exp \left( -\frac{R}{L} t \right),$$

որենքով, իսկ էլեկտ միացնելու ժամանակ հոսանքի ուժը աճում է

$$\Phi = \Phi_0 \left[ 1 - \exp \left( -\frac{R}{L} t \right) \right],$$

որենքով, որտեղ  $R$ -ը շղբայի դիմադրությունն է:

Հոսանքակիր կոնտուրի մագնիսական էներգիան՝

$$W = \frac{L S^2}{2},$$

Ինդուկցիայի հոսքի փոփոխություն կարելի է առաջացնել նաև հարևան կոնտուրում հոսանքի ուժի փոփոխության միջոցով (փոխադարձ ինդուկցիայի երևույթ): Այդ դեպքում մակածված էլեկտ էներգիան կլինի.

$$\varepsilon = -L_{12} \frac{d\Phi}{dt}.$$

Որտեղ  $L_{12}$ -ը կոնտուրների փոխադարձ ինդուկտիվությունն է:

Ընդհանուր մագնիսական հոսքով ներքափանցվող երկու սովորությունների փոխադարձ ինդուկտիվությունը՝

$$L_{12} = \mu_0 M_1 \cdot M_2 \cdot S \cdot L,$$

որտեղ  $M_1$ -ը և  $M_2$ -ը այդ սովորությունների միավոր երկարության վրա գալարների թիվն է:

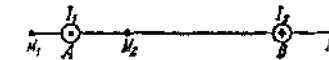
Չափորդչի լայնական հատույթի միջով անցնող էլեկտրականության քանակությունը նրա մեջ ինդուկցիոն հոսանք առաջացնելու դեպքում՝

$$dq = -\frac{1}{R} d\Phi$$

11-1. Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  չարգածությունը անսահման երկար հաղորդչից ա=2 մ հեռավորության վրա գտնվող կետում, եթե հաղորդալարով անցնում է Յ=5 Ա հոսանք:

11-2. Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարգածությունը մետաղալարից պատրաստված  $R=1$  սմ շառավիղով շրջանային գալարի կենտրոնում, եթե նրա միջով հոսում է Յ=2 Ա հոսանք:

11-3. Նկ. 52-ում պատկերված են երկու ուղղագիծ անսահման երկար հոսանքակիր հաղորդիչների հատույթները: Յաղորդիչների միջև ե-

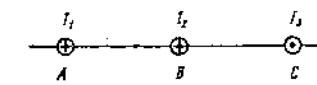


Նկ. 52

դաժ հեռավորությունը  $AB=10$  սմ, հոսանքները՝  $I_1=20$  Ա և  $I_2=30$  Ա: Գտնել  $I_1$  և  $I_2$  հոսանքներով ստեղծված մագնիսական դաշտի  $H$  լարգածությունը  $M_1$ ,  $M_2$  և  $M_3$  կետերում: Յեռավորությունները՝  $M_1A=2$  սմ,  $AM_2=4$  սմ և  $BM_3=3$  սմ:

11-4. Լուծել նախորդ խնդիրը այն պայմանով, որ հոսանքները հոսում են միևնույն ուղղությամբ:

11-5. Նկ. 53-ում պատկերված են երեք ուղղագիծ անսահման երկար հոսանքակիր հաղորդիչների հատույթները: Յեռավորությունները՝  $AB=BC=5$  սմ, հոսանքները՝  $I_1=I_2=3$  և  $I_3=20$ : Գտնել այն կետը  $AC$  ուղղի վրա, որտեղ  $I_1$ ,  $I_2$  և  $I_3$  հոսանքներով ստեղծված մագնիսական դաշտի լարգածությունը հավասար է զրոյի:



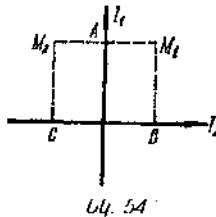
Նկ. 53

11-6. Նախորդ խնդիրը լուծել այն պայմանով, որ հոսանքները հոսում են միևնույն ուղղությամբ:

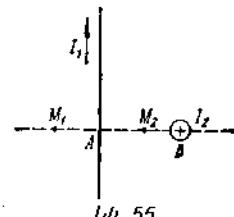
11-7. Երկու ուղղագիծ անսահման երկար հաղորդիչների դաշտավորված են իրար նկատմամբ ուղղահայաց և գտնվում են միևնույն հարթության մեջ (նկ. 54): Գտնել մագնիսական դաշտի լարգածությունը  $M_1$  և  $M_2$  կետերում, եթե  $I_1=2$  Ա,  $I_2=3$  Ա,  $AM_1=AM_2=1$  սմ և  $BM_1=CM_2=2$  սմ:

11-8. Երկու ուղղագիծ անսահման երկար հաղորդիչների դաշտավորված են իրար ուղղահայաց և գտնվում են փոխադարձ ուղղահայաց հարթությունների մեջ (նկ. 55): Գտնել մագնիսական դաշտի լարգածությունը  $M_1$  և  $M_2$  կետերում, եթե  $I_1=2$  Ա,  $AM_1=AM_2=1$  սմ և  $AB=2$  սմ:

11-9. Երկու ուղղագիծ երկար հաղորդիչներ տեղավորված են զուգահեռ իրարից  $d=10$  սմ հեռավորության վրա: Դաղորդիչների միջև՝ հակառակ ուղղություններով, հոսում են  $S_1=S_2=5$  Ա հոսանքներ: Գտնել մագնիսական դաշտի լարվածության մեջությունը ու ուղղությունն այն կետում, որը գտնվում է յուրաքանչյուր հաղորդչից  $a=10$  սմ հեռավորության վրա:



Ակ. 54



Ակ. 55

11-10. Երկար ուղղագիծ հաղորդչի միջով վերևից ներքև հոսում է  $S=8$  Ա հոսանք: Նրանից ի՞նչ և հեռավորության վրա երկորի մագնիսական դաշտի և հոսանքի դաշտի գումարումից ստացված դաշտի լարվածությունը ուղղված կլինի ուղղաձիգ դեպի վեր: Երկրի մագնիսական դաշտի լարվածության հորիզոնական բաղադրիչը  $H_h=16$  Ա/մ:

11-11. Գտնել ուղղագիծ հոսանքակիր հաղորդչի  $AB$  հատվածի ստեղծած մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը  $C$  կետում: Որը գտնվում է այդ հատվածից  $a=5$  սմ հեռավորության վրա, նրա մեջտեղից տարրված ուղղահայացի ուղղությամբ: Դաղորդչով հոսում է  $5-20$  Ա հոսանք: Դաղորդչի  $AB$  հատվածը  $C$  կետից երևում է  $60^{\circ}$  անկյան տակ:

11-12. Լուծել նախորդ խնդիրն այն պայմանով, որ հաղորդչում հոսանքը  $S=30$  Ա և հաղորդչի հատվածը  $C$  կետից երևում է  $90^{\circ}$  անկյան տակ:  $C$  կետը տեղադրության  $a=6$  սմ հեռավորության վրա:

11-13. Ուղղագիծ հոսանքակիր հաղորդչի հատվածն ունի  $\ell=30$  սմ երկարություն: Նրանից ի՞նչ սահմանային և հեռավորության դեպքում հատվածի միջնուղղահայացի վրա գտնվող կետերի հաճար մագնիսական դաշտը կարելի է դիտել որպես անսահման երկար ուղղագիծ հոսանքի դաշտ: Այսպիսի ներարության դեպքում սխալը չպետք է գերազանցի 5 %-ը: Ցուցում: Թույլատրելի միավալը  $\delta=H_2-H_1/H_2$ , որտեղ  $H_1$ -ը հոսանքի հատվածի ստեղծած դաշտն է,  $H_2$ -ը՝ անսահման երկար ուղղագիծ հոսանքի ստեղծած դաշտը:

11-14. Անսահման երկար ուղղագիծ հոսանքակիր հաղորդչից  $a=5$  սմ հեռավորության վրա գտնվող  $C$  կետում մագնիսական դաշտի լարվածությունը  $H=400$  Ա/մ: Դաղորդչի ինչպիսի՞ սահմանային է երկարության

դեպքում դաշտի լարվածության այդ արժեքը կունենա մինչև 2 % ծատություն: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը  $C$  կետում, եթե հոսանքակիր հաղորդչին ունի  $\ell=20$  սմ երկարություն և  $C$  կետը գտնվում է հատվածի միջնուղղահայացի վրա:

11-15.  $S=20$  Ա հոսանքը հոսում է ուղիղ անկյան տակ ծոված երկար հաղորդչով: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը անկյան կենտրոնի վրա այն կետում, որը գտնվում է անկյան գագաթից  $a=10$  սմ հեռավորության վրա:

11-16.  $S=20$  Ա հոսանքը, հոսելով  $S=1$  մմ<sup>2</sup> հատույք ունեցող պղնձալարից պատրաստված օղակով, նրա կենտրոնում ստեղծում է  $H=178$  Ա/մ մագնիսական դաշտի լարվածություն: Խնչպիսի՞ Ս պոտենցիալների տարբերություն է կիրառված օղակը կազմող հաղորդյալարի ծայրերին:

11-17. Գտնել մագնիսական դաշտի լարվածությունը շրջանային կոնտուրի առանցքի ուղղությամբ՝ նրա հարթությունից  $a=3$  սմ հեռավորության վրա: Կոնտուրի շառավիղը՝  $R=4$  սմ, նրանով հոսում է  $S=2$  Ա հոսանք:

11-18. Շրջանային հոսանքի կենտրոնում մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝  $H_0=0,8$  Է: Գալարի շառավիղը՝  $R=11$  սմ: Գտնել մագնիսական դաշտի լարվածությունը գալարի առանցքի ուղղությամբ՝ նրա հարթությունից  $a=10$  սմ հեռավորության վրա:

11-19. Երկու շրջանային գալարներ, յուրաքանչյուրը  $R=4$  սմ շառավիղով, տեղակորված են զուգահեռ հարթություններում, իրարից  $d=10$  սմ հեռավորության վրա: Գալարներով հոսում են  $S_1=S_2=2$  Ա հոսանքներ: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը գալարների առանցքի ուղղությամբ՝ նրանցից հավասար հեռավորության վրա գտնվող կետում: Խնդիրը լուծել, եթե՝ ա) հոսանքները գալարներում հոսում են միևնույն ուղղությամբ, բ) հոսանքները գալարներում հոսում են հակառակ ուղղություններով:

11-20. Երկու շրջանային գալարներ, յուրաքանչյուրը  $R=4$  սմ շառավիղով, տեղակորված են զուգահեռ հարթություններում, իրարից  $d=5$  սմ հեռավորության վրա: Գալարներով հոսում են  $S_1=S_2=4$  Ա հոսանքներ: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը գալարներից մեկի կենտրոնում: Խնդիրը լուծել, եթե՝ ա) հոսանքները գալարներում հոսում են միևնույն ուղղությամբ, բ) հոսանքները գալարներում հոսում են հակառակ ուղղություններով:

11-21. Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածության բաշխումը  $\Theta=10$  սմ տրամագիծ ունեցող շրջանային գալարի առանցքի երկան-

քով, որով հոսում է  $\dot{V}=10$  Ա հոսանք: Կազմել աղյուսակ  $H$ -ի այն արժեքների համար, որոնք հաճապատշախանում են  $0 \leq X \leq 10$  սմ ծիցակայքում վերցրած  $X$ -ի արժեքներին յուրաքանչյուր 2 ան-ից հետո: Կառուցել գրաֆիկ:

11-22. Երկու շրջանային գալարներ տեղավորված են փոխադարձայս հարություններում այնպես, որ այդ գալարիների կենտրոնները համընկում են: Յուրաքանչյուր գալարի շառավիզը՝  $R=2$  սմ, հոսանքները գալարներում  $\dot{V}_1=\dot{V}_2=5$  Ա: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը այդ գալարների կենտրոններում:

11-23.  $\ell=1$  մ երկարություն ունեցող մետաղալարից պատրաստված է քառակուսի շրջանակ: Շրջանակով հոսում է  $\dot{V}=10$  Ա հոսանք: Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը նրա կենտրոնում:

11-24. Մետաղալարից պատրաստված շրջանային գալարի կենտրոնում ստեղծվում է  $H$  մագնիսական դաշտ այն ժամանակ, եթե գալարի ծայրերին կիրառված է  $U_1$  պոտենցիալների տարբերություն: Խցափիք՝  $U_2$  պոտենցիալների տարբերություն պետք է կիրառել, որպեսզի նույն մետաղալարից պատրաստված երկու անգամ ավելի մեծ շառավիզի ունեցող գալարի կենտրոնում ստացվի մագնիսական դաշտի նույնական լարվածություն:

11-25. Մետաղալարից պատրաստված կանոնավոր վեցանկան ծև ունեցող շրջանակի միջով անցնում է  $\dot{V}=2$  Ա հոսանք: Այդ դեպքում շրջանակի կենտրոնում առաջանում է  $H=33$  Ա/մ լարվածությամբ մագնիսական դաշտ: Գտնել մետաղալարի էրկարությունը, որից պատրաստված է շրջանակը:

11-26. Անսահման երկար հաղորդայարք կազմում է շրջանաձև օդակ, որը շոշափում է հաղորդայարքը: Հաղորդայարով հոսում է  $\dot{V}=5$  Ա հոսանք: Գտնել գալարի  $R$  շառավիչը, եթե գալարի կենտրոնում մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝  $H=41$  Ա/մ:

11-27.  $\ell=30$  մմ երկարություն ունեցող կոճի բաղկացած է  $N=1000$  գալարից: Գտնել մագնիսական դաշտի լարվածությունը կոճի ներսում, եթե կոճով անցնող հոսանքը՝  $\dot{V}=2$  Ա: Կոճի տրամագիծը նրա երկարության համեմատ համարել փոքր:

11-28. Կոճի փառությը պատրաստված է  $d=0,8$  մմ տրամագիծով հաղորդայարից: Գալարները կիս հպվում են իրար: Կոճի համարելով բավական երկար, գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածությունը կոճի ներսում՝  $\dot{V}=1$  Ա հոսանքի դեպքում:

11-29.  $d=1$  մմ տրամագիծով հաղորդայարից փառաել են սոլենոիդ, որի ներսում մագնիսական դաշտի լարվածությունը պետք է լինի  $H=24$  Ա/մ: Հաղորդայարով կարելի է բաց բողնել  $\dot{V}=6$  Ա սահմանային հոսանք: Քանի շերտից կիսին բաղկացած սոլենոիդի փառությը, եթե գա-

լորմերը փաթարվեն կիս իրար կպած: Կոճի տրամագիծը, համեմատած ելքու երկարության հետ, համարել փոքր:

11-30.  $\ell=20$  մմ երկարությամբ և  $D=5$  սմ տրամագիծով սոլենոիդով պահանջվում է ստանալ  $H=1$  ԿԱ/մ լարվածությամբ մագնիսական դաշտ: Գտնել այդ սոլենոիդի համար անհրաժեշտ ՏՆ ամպեր-գալարների թիվը և այն Ս պոտենցիալների տարբերությունը, որն անհրաժեշտ է կիրառել փառությի ծայրերին, եթե նրա համար օգտագործվում է  $d=0,5$  մմ տրամագիծով պղնձալար: Սոլենոիդի դաշտը համարել համասեն:

11-31. Ի՞նչ պետք է հավասար լինի կոճի և երկարության հարաբերությունն իր  $D$  տրամագիծին, որպեսզի մագնիսական դաշտի լարվածությունը կոճի կենտրոնում հնարավոր լինի գտնել անսահման երկար կոճի բանաձևի օգնությամբ: Միայլը այդպիսի եթերադրության դեպքում չպետք է գերազանցի 5 %-ը: Ցուցությունը՝  $\theta = H_2 - H_1 / H_2$ , որտեղ  $H_2$ -ը մագնիսական դաշտի լարվածությունն է անսահման երկար կոճի ներսում,  $H_1$ -ը՝ մագնիսական դաշտի լարվածությունը վերաբարձրացնելու դեպքում:

11-32. Ի՞նչ ծ սխալ ենք բոլով տալիս մագնիսական դաշտի լարվածությունը սոլենոիդի կենտրոնում որոշենքս, եթե 11-30 խնդրի սոլենոիդը բնորությունը ենք որպես անսահման երկար սոլենոիդ:

11-33. Գտնել մագնիսական դաշտի  $H$  լարվածության բաշխումը  $\ell=3$  մմ երկարություն և  $D=2$  սմ տրամագիծ ունեցող սոլենոիդի առանցքի երկարությամբ: Սոլենոիդի հոսում է  $\dot{V}=2$  Ա հոսանք: Կոճը ունի  $N=100$  գալար: Կազմել  $H$ -ի այն արժեքների այցուակը, որոնք համապատասխանում են  $x$ -ի արժեքներին  $0 \leq x \leq 3$  մմ ծիցակայքում՝ յուրաքանչյուր 0,5 ան-ից հետո և կառուցել գրաֆիկը:

11-34.  $\ell=100$  մկմ ունակություն ունեցող կոնդենսատորը լիցքավորվում է  $\varepsilon=100$  Վ էլէմի ունեցող մարտկոցից և պարպիվում է կոճի միջուկ, որն ունի  $D=20$  սմ տրամագիծով օղակի ծեռ, ընդ որում օղակի հարրությունը համընկնում է մագնիսական միջօրեականի հարության հետ: Կոճն ունի  $N=32$  գալար: Կոճի կենտրոնում հորիզոնական տեղավորված մագնիսական սլաքը շեղվում է  $\alpha=45^\circ$  անկյունով: Կոնդենսատորի վերամիացնումը շերային, տեղի է ունենում  $n=100$  Վ<sup>-1</sup> հաճախությամբ: Այդ փորձի տվյալներից գտնել երկրի մագնիսական դաշտի լարվածության հորիզոնական  $H_2$  բաղադրիչը:

11-35.  $\ell=10$  մկմ էլեկտրաւունակությամբ կոնդենսատորը պայունաբար լիցքավորվում է  $\varepsilon=100$  Վ էլէմի ունեցող մարտկոցից և լիցքարաբիվում է  $D=20$  սմ երկարությամբ սոլենոիդի միջոցով: Սոլենոիդն ունի  $N=200$  գալար: Սոլենոիդի ներսում մագնիսական դաշտի լարվածության հոսանքը: Քանի շերտից կիսին բաղկացած սոլենոիդի փառությը, եթե

միջին արժեքը  $H=240$  Ա/ճ: Ի՞նչ ո հաճախությամբ է տեղի ունենում կոնդենսատորի վերամիացումը: Սոլենոիդի տրամագիծը նրա երկարության համեմատ համարել փոքր:

11-36.  $H=79,6$  Ա/ճ լարվածությամբ համառեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված է քառակուսի շրջանակ, որի հարթությունը մագնիսական դաշտի հետ կազմում է  $\alpha=45^\circ$  անկյուն: Շրջանակի կողմը՝  $a=4$  սմ: Գտնել շրջանակը թափանցող  $\Phi$  մագնիսական հոսքը:

11-37.  $B=0,05$  ՏՀ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում պատվում է  $\ell=1$  մ երկարությամբ ծող: Պատճան արանցքն անցնում է ծողի ծայրերից մեկով՝ գուգահեռ մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնել յուրաքանչյուր պատվուի ժամանակ ծողի կողմից հատվող  $\Phi$  հոսքը:

11-38.  $S=16$  սմ<sup>2</sup> մակերեսով շրջանակը պատվում է մագնիսական դաշտում  $n=2$  Վ<sup>-1</sup> հաճախությամբ: Պատճան արանցքը գտնվում է շրջանակի հարթության մեջ և ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուժագծերին: Սագնիսական դաշտի լարվածությունը  $H=79,6$  կԱ/ճ: Գտնել շրջանակի մեջ թափանցող  $\Phi$  հոսքի կախվածությունը ժամանակից և  $\Phi$  առ մագնիսական հոսքի առավելագույն արժեքը:

11-39. Երկարենուշը տեղափորված է  $H=796$  Ա/ճ լարվածությամբ մագնիսական դաշտում: Գտնել երկարի և մագնիսական թափանցելիությունը:

11-40. Քանի՝ ամպեր-գալար է պահանջվում, որպեսզի փոքր տրամագիծ ունեցող  $\ell=30$  սմ երկարությամբ սոլենոիդի ներսում մագնիսական դաշտի էներգիայի ծավալային խռովությունը լինի հավասար  $W_0=1,75$  Ջ/մ<sup>3</sup> ի:

11-41. Քանի՝ ամպեր-գալար է պահանջվում երկարյա միջուկով,  $\ell=120$  սմ երկարությամբ և  $S=3$  սմ<sup>2</sup> լայնական հատույթով սոլենոիդում  $\Phi=0,42$  մՎ մագնիսական հոսք ստեղծելու համար:

11-42. Տորոիդի երկարյա միջուկի երկարությունը՝  $\ell_1=2,5$  մ, օդային բացակի երկարությունը՝  $\ell_2=1$  սմ: Տորոիդի փարույթում գալարների թիվը  $N=1000$ :  $B=20$  Ա հոսանքի դեպքում օդային բացակում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան  $B=1,6$  ՏՀ: Գտնել մագնիսական թափանցելիությունը այդ պայմաններում ( $B$ -ի կախումը  $H$ -ից երկարի համար անհայտ է):

11-43. Տորոիդի երկարյա միջուկի երկարությունը՝  $\ell_1=1$  մ, օդային բացակի երկարությունը՝  $\ell_2=1$  սմ: Միջուկի լայնական հատույթի մակերեսը՝  $S=25$  սմ<sup>2</sup>: Քանի՝ ամպեր-գալար է պահանջվում  $\Phi=1,4$  մՎ մագնիսական հոսք ստեղծելու համար, եթե միջուկի նյութի մագնիսական թափանցելիությունը՝  $\mu=800$  ( $B$ -ի կախումը  $H$ -ից երկարի համար անհայտ է):

11-44. Գտնել մագնիսական Յ ինդուկցիան տորոիդի  $E=20,9$  սմ ակտուարությամբ երկարյա միջուկում, եթե ամպեր-գալարների թիվը  $N=1500$  Ա/ճ: Ինչպիսի՞ն է միջուկի նյութի մագնիսական թափանցելիությունը այդ պայմաններում:

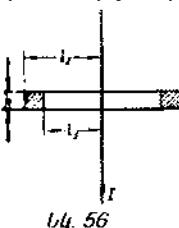
11-45. Տորոիդի երկարք միջուկի երկարությունը՝  $\ell_1=1$  մ, օդային բացակի երկարությունը՝  $\ell_2=3$  մմ: Տորոիդի փարույթում գալարների թիվը  $N=2000$ : Գտնել մագնիսական դաշտի  $H_2$  լարվածությունը օդային բացակում տորոիդի փարույթում  $\Omega=1$  Ա հոսանքի դեպքում:

11-46. Երկարք միջուկի երկարությունը՝  $\ell_1=50$  սմ, օդային բացակի երկարությունը՝  $\ell_2=2$  մմ: Տորոիդի փարույթում ամպեր-գալարների թիվը  $N=2000$  Ա/ճ: Թանի՝ անգամ կփոքրանա մագնիսական դաշտի լուրվածությունը օդային բացակում, եթե ամպեր-գալարների նույն բացակության դեպքում օդային բացակի երկարությունը մեծացվի երկու անգամ:

11-47.  $E=25,1$  սմ երկարություն և  $D=2$  սմ տրամագծով սոլենոիդի ներսում տեղադրված է երկարենուշը միջուկ: Սոլենոիդի ունի  $N=200$  գալար: Ոյսուկով սոլենոիդի համար կառուցել  $\Phi$  մագնիսական հոսքի Յ հոսանքի ունեցած կախման գրաֆիկը  $0 \leq S \leq 5$  Ա միջակայքում յուրաքանչյուր 1 ՈՒ ից հետո: Օրդինատների առանցքով տեղադրել  $\Phi$ -ն ( $10^{-4}$  Վբ-ով):

11-48. Սագնիսական հոսքը սոլենոիդի (առանց միջուկի) միջուկով է մեկքեր: Գտնել սոլենոիդի  $P$  մագնիսական մոմենտը, եթե նրա երկարությունը՝  $\ell=25$  սմ:

11-49. Երկարք օդակի կենտրոնով, նրա հարթության ուղղահարաց, անցնում է երկար, ուղղագիծ հաղորդավար, որով հոսում է  $\dot{S}=25$  Ա հոսանքը. Օդակն ունի բատանկյուն հատվածը (նկ. 56), որի չափերը՝  $\ell_1=18$  սմ,  $\ell_2=18$  սմ և  $h=5$  մմ: Դամարելով, որ օդակի հատույթի յուրաքանչյուրը կետում ինդուկցիան մոտավորապես միկրում է և հավասար է միջին գծի մուանդամենտի ինդուկցիային, գտնել օդակի հատույթի մակերեսով թափանցող  $\Phi$  մագնիսական հոսքը:



Նկ. 56

11-50. Գտնել նախորդ խնդրի օդակի հատույթի մակերեսի միջով թափանցող  $\Phi$  մագնիսական հոսքը, հաշվի առնելով, որ մագնիսական դաշտը օդակի հատույթի տարբեր կետերում տարբեր է: Ա-ի արժեքը համարել հաստատում և այն գտնել  $B=f(H)$  կորից՝  $H$ -ի արժեքի համար՝ օդակի միջին գծի վրա:

11-51.  $\ell_1=50$  սմ երկարությունի վակէ երկարք գորուկի փարույթում  $N=1000$  գալար: Փարույթով հոսում է  $I_1=1$  Ա եռ-

սանց: Ինչպիսի՞ Ս<sub>2</sub> հոսանք պետք է բաց բրդնել փառույթի միջով, որպեսզի միջուկը հեռացնելու դեպքում ինքուլցիան ճնա նույն:

11-52.  $\zeta_1=50,2$  մմ երկարությամբ և  $\zeta_2=0,1$  մմ օդային բացական երկար միջուկի փառույթը ունի  $N=20$  գալաքտ: Ինչպիսի՞ հոսանք պետք է անցնի այդ փառույթով, որպեսզի օդային բացական ստացվի  $B_2=1,2$  Տ<sub>1</sub> հիմունքի:

11-53.  $D=11,4$  սմ տրամագույզ երկարե օղակն ունի  $N=200$  գալաքտ փառույթ, որով հոսում է  $\zeta_1=15$  Ա հոսանք: Ինչպիսի՞ Ս<sub>2</sub> հոսանք պետք է անցնի այդ փառույթի միջով, որպեսզի ինդուկցիան միջուկում ճնա նույնը, եթե օդակառ արվի  $b=1$  մմ լայնությամբ բազվածք: Գնդել միջուկի նյութի բաժանությունը այդ պայմաններում:

11-54. Եթեկտրամագնիսի թևերների միջև պահանջվում է ստեղծել  $B=1,4$  Տ<sub>1</sub> ինդուկցիայով մագնիսական դաշտ: Երկարե միջուկի երկարությունը՝  $\zeta_1=40$  մմ, միջքենուային տարածության երկարությունը՝  $\zeta_2=1$  մմ, միջուկի տրամագիծը՝  $D=5$  սմ: Ինչպիսի՞ Է էլեկտ պետք է վերցնել էթեկտրամագնիսի փառույթը սենյու համար, որպեսզի ստացվի պայմանվություն մագնիսական դաշտը օգտագործենալով  $S=1$  մմ<sup>2</sup> հատույթի նակերեսով պահնձե հաղորդալար: Ինչպիսի՞ն կիխի այդ դեպքում փառույթի ամենավորք հաստությունը, եթե համարենք, որ հոսանքի ստիճանային բույլատելի խոտությունը՝  $j=3$  ՍՍ/Ծ<sup>2</sup>:

11-55. Եթեկտրամագնիսի թևերների միջև ստեղծվում է համաստօ մագնիսական դաշտ՝  $B=0,1$  Տ<sub>1</sub> խուստեկցիայով: Մագնիսական դաշտին ուղղահայաց տեղադրված՝  $\ell=70$  ուն երկարությամբ հաղորդալարով հոսում է  $\zeta=70$  Ա հոսանք: Գտնել հաղորդալարի վրա ազդող  $F$  ուժը:

11-56. Երկու գուգահեռ, ուղղագիծ, երկար հաղորդիչներ գտնվում են իրարից  $d=10$  սմ և հեռավորությամբ վրա: Դարպարփեներով միևնույն ուղղությամբ հոսում են  $\zeta_1=20$  Ա և  $\zeta_2=30$  Ա հոսանքներ: Ինչպիսի՞  $A_e$  աշխատանք պետք է կատարել (հաղորդիչների միավոր երկարության համար), որպեսզի այդ հաղորդիչներն իրարից հեռանան մինչեւ  $d=20$  սմ հեռավորություն:

11-57. Երկու գուգահեռ, ուղղագիծ, երկար հաղորդիչներ գտնվում են իրարից որոշ հեռավորությամբ վրա: Դաղորդիչներով հոսում են միևնույն մեծություն ուղղությունու ունեցող հոսանքներ: Գտնել յուրաքանչյուր հաղորդչով հոսող  $\zeta_1$  և  $\zeta_2$  հոսանքները, եթե հայտնի է, որ այդ հաղորդիչները երկու անգամ մեծ ենուավորությամբ տեղափոխվելու համար անհրաժեշտ է կատարել  $A_e=55$  մկ<sup>2</sup>/մ աշխատանք (հաղորդիչների միավոր երկարության համար):

11-58.  $\ell=20$  սմ երկարությամբ հաղորդալարից պատրաստված են

բարակուսի և շրջանային կոնսուլտատ: Գոյնել յուրաքանչյուր կոնսուլտի վրա ազդող  $M_1$  և  $M_2$  պատող մոմենտները, եթե նրանք տեղավորված են  $B=0,12$  Տ<sub>1</sub> ինդուկցիայով համաստօ մագնիսական դաշտում: Կոնսուլտներով հոսում է  $\zeta=2$  Ա հոսանք: Յուրաքանչյուր կոնսուլտի հաղորդություն մագնիսական դաշտի ուղղության հետ կազմում է  $\alpha=45^{\circ}$  անկյուն:

11-59. Այսուցիմ են հաղորդալարը, որի լայնական հատվածից մակերս՝  $S=1$  մմ<sup>2</sup> է, կախված է հորիզոնական հարթության մեջ՝ ուղղահայաց մագնիսական միջօրեականին, և նրա միջով հոսանք է (արևատրից արևելք)  $\zeta=1,5$  Ա հոսանք: Ծանրության ուժը՝  $p$ ՝ մասն է կազմում այն ուժը, որով երլիք նագնիսական դաշտը ազդում է հաղորդալարի վրա: Որքանո՞ւ կփողը անդադար միավոր երկարության ծանրության ուժը այդ ուժը հետևանքով: Երկարագոյի նագնիսական դաշտի հորիզոնական բաղադրիչը՝  $H_b=15$  Ա/մ:

11-60. Գալվանաչափի կոնք, որը բաղկացած է բարակ հաղորդալարի  $N=400$  գալաքտից, փառաքված է  $\ell=3$  սմ երկարություն և  $b=2$  սմ լայնություն ունեցող ուղղամեյուն կարևոսի վրա ու կախված է թելից  $B=0,12$  Տ<sub>1</sub> ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում: Կոնով հոսում է  $\zeta=0,1$  մկմ հոսանք: Գտնել գալվանաչափի կոնքի վրա ազդող  $M$  պատող մոմենտը, եթե կոնի հաղորդությունը՝ ա) գուգահեռ է մագնիսական դաշտի ուղղությանը, բ) մագնիսական դաշտի ուղղության հետ կազմում է  $\alpha=60^{\circ}$  անկյուն:

11-61. Երկար ուղիղ, ուղղագիծ հաղորդալարից  $a=20$  սմ հեռավորության վրա  $\ell=0,1$  մ երկարությամբ և  $d=0,1$  մմ տրամագիծով բարակ թելից կախված է մագնիսական լիաք, որի մագնիսական մոմենտը՝  $P=0,01$  Ա/մ<sup>2</sup>: Սյաքը գտնվում է հաղորդալարով և թելով անցնող հարթության մեջ: Ի՞նչ ք անկյան տակ կրեթի սլաքը, եթե հաղորդալարով բաց քողնիք՝  $\zeta=30$  Ա հոսանք: Եյութի սահիք մոդուլը՝  $G=5,9$  ԳՊա: Համակարգը երանացված է երկիրի նագնիսական դաշտից:

11-62. Սեռակալարի  $N=600$  գալաքտից բաղկացած գալվանաչափի կոնք կախված է  $\ell=10$  սմ երկարությամբ և  $d=0,1$  մմ տրամագիծով թելից  $H=160$  կԱ/Ծ լարվածություն ունեցող մագնիսական դաշտում այնպես, որ կոնք հարթությունը գուգահեռ է մագնիսական դաշտի ուղղությանը: Կոնի լուսանակի երկարությունը՝  $a=2,2$  սմ, լայնությունը՝  $b=1,9$  սմ: Ի՞նչ Յ հոսանք է հոսում կոնի փառությունը, եթե կոնք պատվել է  $\varphi=0,5^{\circ}$  անկյունով: Անդի նյութի սահիք մոդուլը՝  $G=5,9$  ԳՊա:

11-63. Չառակութի շրջանակը մետաղալարից կախված է այնպես, որ մագնիսական դաշտի ուղղությունը շրջանակի նորմալի հետ կազմում է  $\zeta=90^{\circ}$  անկյուն: Շրջանակի կողմը՝  $a=1$  սմ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիանը՝  $B=13,7$  մՏՀ: Եթե շրջանակով բաց քողնիքի  $\zeta=1$  Ա հոսանք, ապա այն

կարգությունը՝  $\varphi = 10^\circ$  անկյունով: Գտնել մետաղալւարի նյութի սահքի  $G$  մոդուլը: Մետաղալւարի երկարությունը՝  $L=10$  սմ, թերի շառավիղը՝  $r=0,1$  մ:

11-64. Շրջանային կոնսուրը տեղավորված է համասեռ մագնիսական դաշտում այնպես, որ կոնսուրի հարթությունը դողշակայաց է դաշտի ուժագծերին: Մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝  $H=150$  կԱ/մ: Կոնսուրով հոսում է  $I=2$  Ա հոսանք: Կոնսուրի շառավիղը՝  $R=2$  սմ:  $H^2$  աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի կոնսուրը շրջենք նրա տրամագծի հետ հանդիսնող առանցքի շրտքը  $\varphi=90^\circ$  անկյունով:

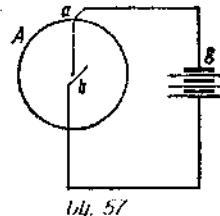
11-65. Համասեռ մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան՝  $B=0,5$  Տէ, հավասարաչափ շարժվում է  $L=10$  սմ երկարությամբ հաղորդիչը: Դադրդչով հոսում է  $I=2$  Ա հոսանք: Դադրդչի շարժման արագությունը՝  $V=20$  սմ/վ է և ուղղված է մագնիսական դաշտի ուղղությանն ուղղահայաց: Գտնել հարդրույթի տեղափոխման  $A$  աշխատանքը  $t=10$  վ-ի ընթացքում և այդ շարժման ժամանակը  $P$  հզրությունը:

11-66.  $R=5$  սմ շառավիղով պրեձի: Ա սկավառակը տեղադրված է  $B=0,2$  Տէ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում այնպես, որ սկավառակի հարթությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությանը (Ակ. 57):  $I=5$  Ա հոսանքն անցնում է սկավառակի ան շառավիղով (ա-ն և ե-ն սահող հափշներ են): Սկավառակը պատվուում է  $t=3$  վ<sup>-1</sup> հաճախությամբ: Գտնել ա) այդպիսի շարժիքի  $P$  հզրությունը բ) սկավառակի պատման ուղղությունը այն պայմանով, որ մագնիսական դաշտի ուղղված է գծագրից դեպի մեզ, գ) սկավառակի վրա ազդող  $M$  մոմենտը:

11-67.  $m=0,35$  կգ գամեկվոծով համասեռ պինձնել Ա սկավառակը տեղադրված  $L=24$  մՏէ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում այնպես, որ սկավառակի հարթությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ (Ակ. 57) առ շրան փակելու ժամանակ սկավառակը սկրտում է պատվել և  $t=30$  վ հետո պատճանան հաճախությունը հասնում է  $n=5$  վ<sup>-1</sup> ի: Գտնել շրբայի  $S$  հոսանքը:

11-68. Գտնել  $\Phi$  մագնիսական ինդուկցիայի այն հոսքը, որը հատվում է  $A$  սկավառակի առ շառավիղի լողմից (Ակ. 57) պատճան  $t=1$  ր ժամանակում: Սկավառակի շառավիղը՝  $R=10$  սմ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,1$  Տէ: Սկավառակը պատվում է  $n=5,3$  վ<sup>-1</sup> հաճախությամբ:

11-69.  $U=1$  կՎ պոտենցիալների տարբերությամբ արագացքած է-լեկտրոնը ներս է թռչում իր շարժման ուղղությանը ուղղահայաց համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1,19$  մՏէ: Գտնել շրջանագծի  $R$  շառավիղը, որով շարժվում է էլեկտրոնը, էլեկտրոնի պոտոնան  $T$  պարբերությունը և էլեկտրոնի ինքուլսի  $M$  մոմենտը:



Ակ. 57

11-70.  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերությամբ արագացքած է լեկտրոնը շարժվում է երկար ուղղագիծ հաղորդչին գուգահեռ՝ նրանից  $a=4$  մն հեռավիժության վրա: Ինչպիսի՞ Է ուժ կազմի էլեկտրոնի վրա, եթե հաղորդչով բաց թղթով  $S=5$  Ա հոսանք:

11-71.  $\alpha$ -մասնիկների (էլեկտրակառաների միջուկներ) հոսքը, արագացքած  $U=1$  ՍԿ պոտենցիալների տարբերությամբ, ներս է թռչում  $H=1,2$  Ա/մ լարվածությամբ համասեռ մագնիսական դաշտ: Յուրաքանչյուր մասնիկի արագությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնել յուրաքանչյուր մասնիկի վրա ազդյող  $F$  ուժը:

11-72. Էլեկտրոնը ներս է թռչում համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ, որի ուղղությունը ուղղահայաց է նրա շարժման ուղղությամբ: Էլեկտրոնի արագությունը՝  $V=4 \cdot 10^7$  մ/վ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1$  մՏէ: Գտնել էլեկտրոնի առ տանգենցիալ և առ նորմալ արագացքածները մագնիսական դաշտում:

11-73. Գտնել պրոտոնի  $W$  կինետիկ էներգիան (էլեկտրոն-վոլտերով), որը շարժվում է  $B=1$  Տէ ինդուկցիա ունեցող մագնիսական դաշտում  $R=60$  սմ շառավիղով շրջանագծի աղեղով:

11-74. Միենույն արագությամբ շարժվող պրոտոնը և էլեկտրոնը ներս են թռչում համասեռ մագնիսական դաշտում: Պրոտոնի հետագծի կորությանը  $R_1$ , շառավիղը՝ քանի՞ անգամ է նեծ էլեկտրոնի հետագծի կորությանը  $R_2$  շառավիղից:

11-75. Միատեսակ պոտենցիալների տարբերությամբ արագացքած պրոտոնը և էլեկտրոնը ներս են թռչում համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ: Պրոտոնի հետագծի կորությանը  $R_1$  շառավիղը՝ քանի՞ անգամ է նեծ էլեկտրոնի հետագծի կորությանը  $R_2$  շառավիղից:

11-76. Վկիսոնի խցիկում ստացված լուսանկարի վրա էլեկտրոնի հետագիքը համասեռ մագնիսական դաշտում իրենց ներկայացնում է  $R=10$  սմ շտավիղով շրջանագծի աղեղով: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=10$  մՏէ: Գտնել էլեկտրոնի  $W$  էներգիան (էլեկտրոն-վոլտերով):

11-77. Լիցքավորված մասնիկը մագնիսական դաշտում շարժվում է շրջանագծով՝  $V=10^6$  մ/վ արագությամբ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,3$  Տէ: Շրջանագծի շառավիղը՝  $R=4$  սմ: Գտնել մասնիկի  $W$  լիցքը: Եթե հայտնի է, որ նրա ներդրիանը  $W=12$  կէՎ:

11-78. Պրոտոնը և  $\alpha$ -մասնիկը ներս են թռչում մագնիսական դաշտի մեջ, որի ուղղությունը ուղղահայաց է նրանց շարժման ուղղությամբ: Պրոտոնի պտուման  $T_1$ , պարբերությունը՝ քանի՞ անգամ է նեծ  $\alpha$ -մասնիկի պտուման  $T_2$  պարբերությունից:

11-79.  $W=500$  էՎ կինետիկ էներգիայով  $\alpha$ -մասնիկը ներս է թռչում

համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ, որի ուղղությունն ուղղահայաց է նրա շարժման ուղղությամբ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,1$  Տլ: Գտնել  $\alpha$ -մասնիկի վրա ազդող  $F$  ուժը, շրջանագծի  $R$  շառավիղը, որով շարժվում է  $\alpha$ -մասնիկը, և  $\alpha$ -մասնիկի պլոտնան  $T$  պարբերությունը:

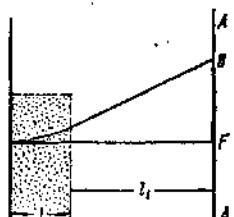
11-80.  $\alpha$ -մասնիկը, որի ինդուկսի մոմենտը՝  $M=1,33 \cdot 10^{-22}$  կգ մ<sup>2</sup>/Վ, ներս է թռչում համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ, որն ուղղահայաց է իր շարժման ուղղությամբ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=25$  մՏլ: Գտնել  $\alpha$ -մասնիկի  $W$  կինետիկ էներգիան:

11-81. Կախումի միայնու ինները, որոնց հարաբերական ատոմական զանգվածները 39 և 41 են, արագացվում են  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերությամբ, այնուհետև նրանք ընկնում են իրենց շարժման ուղղությանը ուղղահայաց համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,08$  Տլ: Գտնել այդ ինների հեռագծերի կորուրյան  $R_1$  և  $R_2$  շառավիղները:

11-82. Գտնել լիցքափորված մասնիկի  $q/m$  հարաբերությունը, եթե այն,  $V=10^6$  մ/վ արագությամբ ներս թռչելով  $H=200$  կԱ/մ լարվածությամբ համասեռ մագնիսական դաշտ, շարժվում է  $R=8,3$  ոն շառավիղով շրջանագիծի աղեղով: Մասնիկի շարժման արագության ուղղությունն ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնիքած արժեքը համեմատել էլեկտրոնի, պրոտոնի և  $\alpha$ -մասնիկի  $q/m$  արժեքի հետ.

11-83.  $U=300$  Վ պոտենցիալների տարբերությամբ արագացված էլեկտրոնը ներս է թռչում համասեռ մագնիսական դաշտի մեջ (նկ. 58), որն ուղղված է գծագիր հարթությունից դեպի ներ Դաշտի լայնությունը՝  $b=2,5$  սմ: Մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում էլեկտրոնների փունջը հետո է թռնում մագնիսի բևեռների ծայրերից  $\ell=5$  սմ հեռավորության վրա գտնվող ֆլուքտուացիոնով Արտանի Ա կետում: Մագնիսական դաշտը ձևավեճույթում է Յ կետը: Գտնել էլեկտրոնների փունջի  $X=AB$  չեղումը, եթե հայտնի է, որ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=14,6$  մՏլ:

11-84.  $H=8$  կԱ/մ լարվածությամբ մագնիսական դաշտը և  $E=14$  Վ/մ լարվածությամբ էլեկտրական դաշտը ուղղված են միասնակի: Էլեկտրոնները ներս է թռչում էլեկտրամագնիսական դաշտ  $V=10^5$  մ/վ արագությամբ: Գտնել էլեկտրոնի առ նորմալ, առ տանգենցիալ և ա լրիվ արագացումները: Խնդիրը լուծել, եթե էլեկտրոնի արագությունը ուղղված է՝ ա) էլեկտրական դաշտի ուղղությամբ գուգահեռ, բ) ուղղահայաց էլեկտրական դաշտի լարվածության ուղղությամբ:



Նկ. 58

11-85.  $B=0,5$  մՏլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտը ուղղված է լուղահայաց է Ե=1 ԿՎ/մ լարվածությամբ էլեկտրական դաշտին: Էլեկտրոնների փունջը ներս է թռչում էլեկտրամագնիսական դաշտի մեջ, որի որում էլեկտրոնների Վ արագությունը ուղղահայաց է այն հարթությամբ, որում գտնվում են Ե և Բ վեկտորները: Գտնել էլեկտրոնների արագությունը, եթե երկու դաշտի միաժամանակյա ազդեցության դեպքում էլեկտրոնների փունջը չի շեղվում: Ինչպիսի՞ն կինհի էլեկտրոնների շարժման հետագծի կորուրյան  $R$  շառավիղը միայն մագնիսական դաշտի միացման դեպքում:

11-86.  $U=6$  կՎ պոտենցիալների տարբերությամբ արագացված էլեկտրոննը  $\alpha=30^\circ$  անկյան տակ և թռչում մագնիսական դաշտի մեջ և շարժվում պտուտակածն հետագծով: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=13$  մՏլ: Գտնել պտուտակածն հետագծի  $R$  կորուրյան շառավիղը և հ քայլը:

11-87. Պրոտոնը ներս է թռչում մագնիսական դաշտի մեջ դաշտի ուղղության մկանանը  $\alpha=30^\circ$  անկյան տակ և շարժվում  $R=1,5$  սմ կորուրյան շառավիղով պտուտակածն գծով: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,1$  Տլ: Գտնել պրոտոնի  $W$  կինետիկ էներգիան:

11-88. Էլեկտրոնը  $V=10^7$  մ/վ արագությամբ ներս է թռչում հարթ հորիզոնական կոնդենսատորի մեջ՝ զուգահետև նրա թիթեղներին: Կոնդենսատորի երկարությունը՝  $\ell=5$  սմ: Կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը՝  $E=10$  կՎ/մ: Կոնդենսատորից դուրս թռչելու էլեկտրոննը ընկնում է մագնիսական դաշտի մեջ, որն ուղղահայաց է էլեկտրական դաշտին: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=10$  մՏլ: Գտնել էլեկտրոնի պտուտակածն հետագծի կորուրյան  $R$  շառավիղը և հ քայլը:

11-89.  $U=3$  կՎ պտենցիալների տարբերությամբ արագացված էլեկտրոննը ներս է թռչում սուենոիդի մագնիսական դաշտի մեջ՝ նրա առանցքի նկատմանը  $\alpha=30^\circ$  անկյան տակ: Սուենոիդի ամպեր-գալարների թիվը՝  $N=5000$  Ա.գալար: Սուենոիդի երկարությունը՝  $\ell=25$  սմ: Գտնել էլեկտրոնի պտուտակածն հետագծի հ քայլը մագնիսական դաշտում:

11-90.  $a=0,5$  մմ հաստություն և  $b=10$  մմ բարձրություն ունեցող պղնձե թիթեղի  $S=ab$  հաստությունը անցնում է  $z=20$  Ա հոսանք: Թիթեղը ելույթի և հոսանքի սուլության ուղղահայաց մագնիսական դաշտի մեջ տեղափոխվում է պատճենական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1$  Տլ: Որոշել հայտնաբերում էլեկտրոնների ո կոնցենտրացիան պղնձի մեջ և այդ պայմաններում նրանց արագությունը:

11-91. Այսօնին թիթեղի  $S=ab$  հաստությունը ( $a$ -ն հաստությունն է,  $b$ -ն թիթեղի բարձրությունը) բաց է թողմվում  $U=5$  Ա հոսանք: Թիթեղը տեղադրված է և կողին և հոսանքի սուլության ուղղահայաց մագնիսական

դաշտում: Որոշել այդ դեպքում առաջացած Ս լայնական պոտենցիալների տարրերությունը: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,5 \text{ S/l}$ : Թիթեղի հաստությունը՝  $a=0,1 \text{ մ}$ : Հաղորդան էլեկտրոնների կոնցենտրացիան համարել հավասար առողմների կոնցենտրացիային:

11-92.  $a=0,2 \text{ մ}$  հաստուրամբ կիսահաղորդչի թիթեղը տեղափոխված է մագնիսական դաշտում ուղղահայաց թիթեղին: Կիսահաղորդչի տեսակարար դիմադրությունը՝  $\rho=10 \text{ մ.կ.օճ.մ}$ : Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1 \text{ S/l}$ : Թիթեղի երկանքով դաշտին ուղղահայաց անցկացվում է  $B=0,1 \text{ ա հոամք}$ : Այդ դեպքում առաջանում է  $U=3,25 \text{ նՎ լայնական պոտենցիալների տարրերությունը: Գտնել կիսահաղորդչում հոամքակիրների Ս շարժունակությունը:$

11-93.  $B=0,1 \text{ S/l}$  ինդուկցիայով համաժամ մագնիսական դաշտում շարժվում է  $\ell=10 \text{ սմ}$  սմ երկարությամբ հոամքությամբ: Հաղորդչի շարժման արագությունը՝  $V=15 \text{ մ/վ}$  է և ուղղահայուց և նազեխական դաշտին: Գտնել հաղորդչում մակածված է էլէ՛՛Ռ-ն:

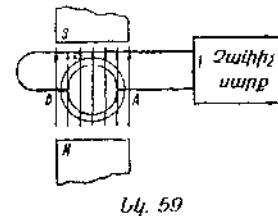
11-94.  $D=10 \text{ սմ}$  տրամագիծ և  $N=500$  գալար ունեցող կոնք գոնքով է մագնիսական դաշտում: Գտնել ինդուկցիայի  $E_{\text{մք}}$  միջին էլէ՛՛Ռ-ն, եթե  $t=0,1 \text{ վ.ի ընթացքում}$  մագնիսական դաշտի ինդուկցիան առում է  $0\text{-ից } 0\text{-ին} 2 \text{ S/l}$ :

11-95. Ռեակտիվ շարժմանը ինքնարդի արագությունը՝  $V=950 \text{ կմ/ժ}$ : Գտնել այդպիսի ինքնարդի բևեկի ծայրերում առաջացած ինդուկցիայի և էլէ՛՛Ռ-ն, եթե երկարագույն ուղղահայուց դաշտի լարվածության ուղղածիքը բաղադրիչը  $H_m=39,8 \text{ Ա/ն}$ , իսկ թիթեղի բացվածքը՝  $\ell=12,5 \text{ մ}$ :

11-96. Մագնիսական լուսառած, որի ինդուկցիան՝  $B=0,05 \text{ S/l}$ , պոտենցիում է  $\ell=1 \text{ մ}$  երկարությամբ ձևով  $\alpha=20 \text{ ռադ/վ}$  անկյունային արագությամբ: “Խոտմամ առանքքը անցնելու է ծովի ծայրով և գուգահեռ է մագնիսական դաշտին: Գտնել ծովի ծայրերում առաջացած ինդուկցիայի և էլէ՛՛Ռ-ն:

11-97. Հեղուկի էլեկտրամագնիսական ծախսաչափի աշխատանքի սկզբունքը պարզաբանող միտման պատկերված է նկ. 59-ում: Խողովակաչարը, որով հոսում է հաղորդիչ հեղուկը, տեղադրված է մագնիսական դաշտում:  $A$  և  $B$  էլեկտրոդների վրա առաջանում է ինդուկցիայի էլէ՛՛Ռ-ն: Գտնել հեղուկի հոսքի  $V$  արագությունը, եթե մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=0,01 \text{ S/l}$ , էլեկտրոդների նիշներում եղած հեռավորությունը (խողովակի ներքին տրամագիծը)՝  $d=50 \text{ մմ}$ , և այդ դեպքում առաջանում է  $\varepsilon=0,25 \text{ նՎ էլէ՛՛Ռ-ն}$ :

11-98. Մետաղալարից շրջանային գալարը, որն ունի  $S=0,01 \text{ մ}^2$  մակերես,



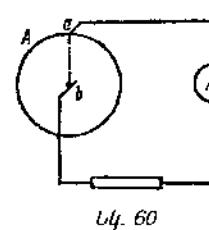
Նկ. 59

գտնվում է  $B=1 \text{ S/l}$  ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում. Գալարի հարթությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնել ինդուկցիայի  $E_{\text{մք}}$  էլէ՛՛Ռ-ի միջին արժեքը, որն առաջանում է գալարում, եթե դաշտը անշատել են  $t=10 \text{ մվ-ի ընթացքում}:$

11-99.  $B=0,1 \text{ S/l}$  ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում հավասարաչափ պոտենցիում է մետաղալարի  $N=100$  գալարից բաղկացած կոճը: Կոճի պոտենցիան հաճախությունը՝  $n=5 \text{ վ}^{-1}$ , կոճի լայնական հաստությի մակերեսը՝  $S=0,01 \text{ մ}^2$ : Պոտենցիան առանցքը ուղղահայաց է կոճի առանցքին և մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնել կոճի պոտենցիան ժամանակ մակածված  $E_{\text{max}} \text{ էլէ՛՛Ռ-ն}:$

11-100. Համասեռ մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան՝  $B=0,8 \text{ S/l}$ ,  $\omega=15 \text{ ռադ/վ}$  անկյունային արագությամբ պոտենցիում է շրջանակը: Շրջանակի մակերեսը՝  $S=150 \text{ մմ}^2$ : Պոտենցիան առանցքը գոնքով է շրջանակի հարթությամբ մեջ և մագնիսական դաշտի ուղղության հետ կազմում է  $\alpha=30^\circ$  անկյուն: Գտնել ինդուկցիայի  $E_{\text{max}} \text{ էլէ՛՛Ռ-ն} \text{ պոտենցիում շրջանակում}:$

11-101.  $R=5 \text{ մ}$  շառավղով համասեռ պղնձե սկավառակը տեղադրված է  $B=0,2 \text{ S/l}$  մագնիսական դաշտում անցնելու, որ սկավառակի հարթությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ (նկ. 60): Տեղայով կարող է անցնել հոսանք (ա-ն և բ-ն սահող կոնտակտներն են): Սկավառակը պոտենցիում է  $n=3 \text{ վ}^{-1}$  հաճախությամբ: Գտնել գեներատորի էլէ՛՛Ռ-ն: Ցույց տալ էլեկտրական հոսանքի ուղղությունը, եթե մագնիսական դաշտն ուղղած է մեզանից դեպի գծագրի հարթությունը, իսկ սկավառակը պոտենցիում է ժամացույցի լրաքի ուղղությամբ:



Նկ. 60

11-102.  $\ell=1 \text{ մ}$  երկարությամբ հորիզոնական ծովը պոտենցիում է իր ծայրերից մեկով անցնող ուղղածիք առանցքի շուրջը: Պոտենցիան առանցքը գուգահեռ է մագնիսական դաշտի ուժգնիքին, որի ինդուկցիան՝  $B=50 \text{ մ.կ.օճ.մ}$ : Պոտույտների ինչպիսի՞ ո հաճախության հեպքում պոտենցիալների տարրերությունը այդ ծովի ծայրերում կլինի  $U=1 \text{ նՎ}:$

11-103.  $\ell=20 \text{ սմ}$  երկարություն և  $S=30 \text{ մմ}^2$  լայնական հատությի մակերես ունեցող սուբենիդի վրա հագցված է մետաղալարից գալարը: Սուբենիդի փարույքն ունի  $N=320$  գալար, և նրանով հոսում է  $I=2 \text{ Ա}$  հոսանք: Ինչպիսի՞ էնչիքին միջին էլէ՛՛Ռ-ի կամակածի սուբենիդի վրա հագցված գալարում, եթե սուբենիդով անցնող հոսանքը անշատ վոլտ է  $t=1 \text{ մվ-ի ընթացքում}:$

11-104. Ինչպիսի՞ էնչիքին միջին էլէ՛՛Ռ-ի կամակածի նախորդ խորի գուլարում, եթե սուբենիդով ունի երկար միջուկ:

11-105.  $\ell=144$  սմ երկարությամբ և  $D=5$  սմ տրամագծով սոլենիդի վրա հագցված է մետաղալարից գալար: Սոլենիդի փառույթն ունի  $N=2000$  գալար, և նրանով հոսում է  $S=2$  Ա հոսանք: Սոլենիդին ունի երկար և միջուկ: Ինչպիսի՞ է միջին էլեկտ կազմաձի սոլենիդի վրա հագցված գալարում, եթե սոլենիդով անցնող հոսանքն անշատվի  $t=2$  մվ-ի ընթացքում:

11-106. Յանաւեռ մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան՝  $B=0,1$  Տլ, պտտվում է կոճ բաղկացած  $N=200$  գալարից: Կոճի պտտման առանցքն ուղարկաց է իր առանցքին և մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Կոճի պտտման պարերությունը՝  $T=0,2$  վ, լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=4$  մ<sup>2</sup>: Գտնել ինդուկցիայի  $E_{\max}$  էլեկտ-Ն պտտվող կոճում:

11-107.  $\ell=20$  սմ երկարությամբ կոճն ունի  $N=400$  գալար: Կոճի լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=1$  մ<sup>2</sup>: Գտնել կոճի  $L_1$  ինդուկտիվությունը: Ինչպիսի՞ է կլինի կոճի  $L_2$  ինդուկտիվությունը, եթե կոճի ներ մտցվում է երկար և միջուկ: Միջուկի նույնի մագնիսական բափանցելիությունը՝  $\mu=400$ :

11-108. Սոլենիդի փառույթը բաղկացած է պինձալարի  $N$  գալարից, որի լայնական կորպվածը՝  $S=1$  մ<sup>2</sup>: Սոլենիդի երկարությունը՝  $\ell=25$  սմ, նրա դիմադրությունը՝  $R=0,2$  Օն: Գտնել սոլենիդի  $L$  ինդուկտիվությունը:

11-109.  $\ell=20$  սմ երկարությամբ և  $D=3$  սմ տրամագծով կոճն ունի  $N=400$  գալար: Կոճով անցնում է  $I=2$  Ա հոսանք: Գտնել կոճի ինդուկտիվությունը և  $\Phi$  մագնիսական հոսքը, որը բափանցում է նրա լայնական հատույքի մակերեսը:

11-110. Մետաղալարի քանի՞ գալարից է բաղկացած կոճի միաշերտ փառույթը, որի ինդուկտիվությունը՝  $L=1$  մ<sup>2</sup> և տրամագիծը՝  $D=4$  սմ: Գալարները կիս հավում են իրար:

11-111. Երկար և միջուկով կոճն ունի  $S=20$  սմ<sup>2</sup> լայնական հատույքի մակերես և  $N=500$  գալար: Միջուկով կոճի ինդուկտիվությունը՝  $L=0,28$  Տն է գալարում  $S=5$  Ա հոսանքի դեպքում: Գտնել երկար և միջուկի մագնիսական բափանցելիությունը:

11-112.  $\ell=50$  սմ երկարություն և  $S=2$  սմ<sup>2</sup> լայնական հատույքի մակերեսով սոլենիդն ունի  $L=0,2$  մկ՛Տ ինդուկտիվություն: Սոլենիդի ներսում ինչպիսի՞ է հոսանքի դեպքում մագնիսական դաշտի էներգիայի ծավալին խտությունը կլինի  $W_0=1$  մԶ/մ<sup>3</sup>:

11-113. Քանի՞ գալար ունի կոճը, որի ինդուկտիվությունը՝  $L=1$  մ<sup>2</sup> է, եթե հոսանքը՝  $I=1$  Ա ուժի դեպքում կոճի միջուկ մագնիսական հոսքը՝  $\Phi=2$  մվ կը:

11-114. Միջուկ ունեցող սոլենիդի լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=10$  սմ<sup>2</sup>, սոլենիդի երկարությունը՝  $\ell=1$  մ: Գտնել սոլենիդի միջուկի մագնիսական բափանցելիությունը, սոլենիդի լայնական հա-

տույթը բափանցող հոսքը՝  $\Phi=1,4$  մվք: Սոլենիդով անցնող լինչպիսի հոսանքի ուժի է համապատասխանում այդ մագնիսական հոսքը, եթե հայտնի է, որ այդ պայմաններում սոլենիդի ինդրուկտիվությունը՝  $L=0,44$  Տն:

11-115.  $\ell=50$  սմ երկարությամբ սոլենիդի մեջ մտցված է միջուկը երկարի այն տեսակից, որի համար  $B=f(H)$  կախումն անհայտ է: Սոլենիդի միավոր երկարությամբ գալարների թիվը՝  $N_e=400$  սմ<sup>-1</sup>, սոլենիդի լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=10$  սմ<sup>2</sup>: Գտնել միջուկի նյութի մագնիսական բափանցելիությունը, եթե սոլենիդի փառույքը անցնող հոսանքը՝  $I=5$  Ա, եթե հայտնի է, որ միջուկով սոլենիդի լայնական հատույքը բափանցող մագնիսական հոսքը՝  $\Phi=1,6$  մվք: Ինչպիսի՞ն է այդ պայմաններում սոլենիդի  $L$  ինդուկտիվությունը:

11-116. Ունենք  $\ell=50$  սմ երկարություն,  $S=10$  սմ<sup>2</sup> լայնական հատույքի մակերեսով և  $N=1000$  գալար ունեցող երկար միջուկով սոլենիդը: Գտնել այդ սոլենիդի  $L$  ինդուկտիվությունը, եթե սոլենիդի փառույքը հոսանք՝  $I=0,1$  Ա, բ)  $I=0,2$  Ա, գ)  $I=2$  Ա հոսանք:

11-117. Երկու կոճեր փառաբված են մեկ օնդիհանուր միջուկի վրա: Առաջին կոճի ինդուկտիվությունը՝  $L_1=0,2$  Տն, երկրորդինը՝  $L_2=0,8$  Տն, երկրորդ կոճի դիմադրությունը՝  $R_2=600$  Օն: Ինչպիսի՞ է հոսանք կանցնի երկրորդ կոճով, եթե առաջին կոճով հոսող է  $I_1=0,3$  Ա հոսանքը անշատենք  $t=1$  մվ-ի ընթացքում:

11-118. Մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան՝  $B=0,1$  Տլ է, տեղադրված է պղնձալարից քառակուսի շրջանակ: Յալորդալարի լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=1$  մ<sup>2</sup>, շրջանակի մակերեսը՝  $S=25$  սմ<sup>2</sup>: Շրջանակի հարթության նորմալը զուգահեռ է մագնիսական դաշտին: Ի՞նչ զ եւելուականության քանակություն կանցնի շրջանակի կրնութրով դաշտն անցատելու դեպքում:

11-119. Մագնիսական դաշտում, որի ինդուկցիան՝  $B=0,05$  Տլ, տեղադրված է կոճ բաղկացած մետաղալարի  $N=200$  գալարից: Կոճի դիմադրությունը՝  $R=40$  Օն է, լայնական հատույքի մակերեսը՝  $S=12$  սմ<sup>2</sup>: Կոճը տեղադրված է այնպիս, որ նրա առանցքը մագնիսական դաշտի հետ կազմում է  $\alpha=60^{\circ}$  անկյուն: Ի՞նչ զ քանակությամբ լիցք կրնցնի կոճի միջուկ մագնիսական դաշտը դեպքում:

11-120.  $R=2$  սմ շառավիկով շրջանակի կոնուուրք տեղադրված է  $B=0,2$  Տլ ինդուկցիայով համաստե մագնիսական դաշտում: Կոնուուրքի հարթությունն ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Կոնուուրքի դիմադրությունը՝  $R=1$  Օն: Լիցքի ի՞նչ զ քանակություն կանցնի կոճի միջուկը, եթե այն պտտենք  $\alpha=90^{\circ}$  անկյունով:

11-121.  $\ell=21$  սմ երկարություն և  $S=10$  սմ<sup>2</sup> լայնական հատույքի մակերեսով սոլենիդի վրա հագցված է  $N_1=50$  գալարից բաղկացած կոճ: Կո-

ճը միացված է բալիստիկ գալվանաչափի հետ, որի դիմադրությունը՝  $R=1$  կՕմ: Սոլենոիդի  $N=200$  գալարից բաղկացած փարությով հոսում է  $I=5$  Ա հոսանք: Գտնել գալվանաչափի բալիստիկ  $G$  հաստությունը, եթե հայտնի է, որ տղենորդամ հոսանքը անջանելու դեպքում գալվանաչափի պաքը տախս է սանդղակի 30 բաժանմունքին հավասար շեղում\*: Կոճի դիմադրությունը բալիստիկ գալվանաչափի դիմադրության համեմատ անտեսել:

11-122. Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան չափելու համար էլեկտրամագնիսի բևեռների միջև տեղափորկած է նետաղալարի  $N=50$  գալարից բաղկացած մի կոճ, որը միացված է բալիստիկ գալվանաչափի հետ: Կոճի առանցքը գորգահեռ է մագնիսական դաշտի ուղղությանը: Կոճի լայնական հաստությունը մակերեսը՝  $S=2$  սմ<sup>2</sup> է: Գալվանաչափի դիմադրությունը՝  $R=2$  կՕմ, նրա բալիստիկ հաստությունը՝  $C=2 \cdot 10^{-8}$  Կլ/թաժ: Մագնիսական դաշտից կոճը արագ դրս քաշելու ժամանակ գալվանաչափը տախս է սանդղակի 50 բաժանմունքի հավասար շեղում: Գտնել մագնիսական դաշտի Յ ինդուկցիան: Կոճի դիմադրությունը բալիստիկ գալվանաչափի դիմադրության համեմատ անտեսել:

11-123. Մագնիսական բալիստիկ գալվանոցելիության կախումը մագնիսական դաշտի Խ լարվածությունից առաջին անգամ ուսումնասիրվել է Ա. Գ. Ստոլետովի կողմանց՝ «Փափուկ էլեկարի մագնիսական ֆունկցիայի հետազոտություն» աշխատության մեջ (1872): Նետազոտման ժամանակ Ստոլետովը փորձարկվող էլեկարի նմուշին տվել է տորոիդի ձև: Էլեկարը մագնիսացվել է տորոիդի վրա փարաբելմա կոճով Յ հոսանք բաց բողնելու միջոցով: Այդ առաջնային կոճում հոսանքի ուղղության փոփոխությունը առաջարել է բալիստիկ գալվանաչափի վլարի ռ շեղում: Գալվանաչափը միացված է եղել տորոիդի էրկրորդային կոճի շղթային:

Տորոիդը, որով աշխատել է Ստոլետովը, ունեցել է հետևյալ պարամետրերը. լայնական հաստությունը մակերեսը՝  $S=1,45$  սմ<sup>2</sup>, էլեկարությունը՝  $\ell =60$  սմ, առաջնային կոճի գալարների թիվը՝  $N_1=800$ , երկրորդային կոճի գալարների թիվը՝  $N_2=100$ : Գալվանաչափի բալիստիկ հաստությունը՝  $C=1,2 \cdot 10^{-5}$  Կլ/թաժ և էլեկրորդային շղթայի դիմադրությունը՝  $R=12$  Օմ: Ստոլետովի փորձերից մեկի արդյունքները բերված են այսուակում:

$\beta, \text{ Ա}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\alpha \text{ (սանդղակի բաժանմունքներով)}$	48,7	148	208	241	256

Այս տվյալներով կազմել այսուակ և կառուցել մագնիսական թա-

\* Գալվանաչափի բախսորիկ հաստատում են այն մեծությունը, որը բիստի հավասար է էլեկտրականության այն քանակությամբ, որը առաջանաւ է սանդղակի շեղում՝ մեկ բաժանմունքով:

փանցելիության Ա մագնիսական դաշտի լարվածությունից ունեցած լավագությունը գրաֆիկը այն երկարի համար, որով աշխատել է Ա. Գ. Ստոլետովը:

11-124. Երկարի մագնիսական բախանցելիությունը չափելու հանար նրանից պարուասովէ է  $\ell=50$  սմ երկարություն և  $S=4$  սմ<sup>2</sup> լայնական հաստություն նակերես ունեցող տորոիդ: Տորոիդի փարույթներից մեկը ունեցել է  $N_1=500$  գալար և միացված է եղել հոսանքի արյուրին, նուար ունեցել է  $N_2=1000$  գալար և միացված է եղել գալվանաչափին: Փոխելով հոսանքի ուղղությունը առաջնային փարույթում, մենք երկրորդային փարույթում կատերենք ինդուկցիոն հոսանք: Գոնել երկարի մագնիսական բախանցելիությունը, եթե հայտնի է, որ առաջնային փարույթում  $\beta=1$  Ա հոսանքի ուղղությունը փոխելիս գալվանաչափով անցնում է  $q=0,05$  Կլ էլեկտրականության քանակություն: Երկրորդային փարույթի դիմադրությունը՝  $R=20$  Օմ:

11-125. Էլեկտրական լամպը, որի դիմադրությունը տաք վիճակում  $R=10$  Օմ է, միացվում է դրուելի միջոցով 12-վլուանոց կուտակչի հետ: Դրուելի ինդուկտիվությունը  $L=2$  Հն է, դիմադրությունը՝  $r=1$  Օմ: Միացնելուց որքա՞ն է ժամանակ հետո լամպը կվառվի, եթե այն սկսում է նկատելի կերպով լուսափորվել, եթե իր լարումը՝  $U=6$  Վ:

11-126. Ունենք  $\ell=20$  սմ երկարությամբ և  $D=2$  սմ տրամագծով կոճ: Կոճի փարույթը բաղկացած է պղնձե լարի  $N=200$  գալարից, որի լայնական հաստությունը մակերեսը՝  $S=1$  սմ<sup>2</sup>: Կոճը միացված է որոշ էլՇՌՈՒ ունեցող շղթային: Փոխարկչի օգնությամբ էլՇՌՈՒ-ն անջատվում է, և կոճը փակվում է կարճ: ԷլՇՌՈՒ-ն անջատելուց որքա՞ն է ժամանակ հետո հոսանքի ուժը շրջայում կնվազի 2 անգամ:

11-127. Կոճն ունի  $L=0,2$  Հն ինդուկտիվություն և  $R=1,64$  Օմ դիմադրություն: Թանի՝ անգամ կնվազի հոսանքի ուժը կոճում էլՇՌՈՒ-ն անջատելուց և կոճը կարծ փակելուց  $t=0,05$  Վ անց:

11-128. Կոճն ունի  $L=0,144$  Հն ինդուկտիվություն և  $R=10$  Օմ դիմադրություն: Միացնելուց որքա՞ն է ժամանակ հետո կոճում կիաստափի կայունացած հոսանքի կեսին հավասար հոսանք:

11-129. Կոճուուրն ունի  $R=2$  Օմ դիմադրություն և  $L=0,2$  Հն ինդուկտիվություն: Կառուցել կոնտուրում Յ հոսանքի ուժի աճման է ժամանակից կախման գրաֆիկը, սկսած էլՇՌՈՒ-ն շղթային միացնելու պահից,  $0 \leq t \leq 0,5$  Վ միջակայշի համար՝ յուրաքանչյուր 0,1 Վ հետո: Օրդինատների առանցքով տեղադրել աճող Յ հոսանքի հարաբերությունը վերջնական Յ<sub>0</sub> հոսանքին:

11-130.  $S=1$  սմ<sup>2</sup> հաստություն ունեցող պղնձալարից պարուասոված քանակությի շրջանակը տեղավիրված է մագնիսական դաշտուն, որի ին-

դուկտիան փոփոխվում  $E = B \sin \omega t$  օրենքով, որտեղ  $B_0 = 0.01 \text{ SI}$ ,  $\omega = 2\pi/T$  և  $T=0.02 \text{ վ.}$  Ծրջանակի ծակերեսը  $S=25 \text{ մմ}^2$ : Ծրջանակի հարթությունը ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ուղղությամբ: Գտնել և ժամանակից ունեցած կախումը և առավելագույն արժեքը՝  
 ա) շրջանակի միջով թափանցող  $\Phi$  հոսքի, բ) շրջանակում ծագող  $E$  ինդուկցիայի  $E_{\text{լուծ}}$ -ի, գ) շրջանակով հոսող  $\dot{m}$  հոսանքի համար:

11-131.  $L=0.021 \text{ մ}$  ինդուկտիվություն ունեցող կոճով անցնում է հոսանք, որը ժամանակից կախված փոփոխվում է  $E=E_0 \sin \omega t$  օրենքով, որտեղ  $E_0=5 \text{ Վ}$ ,  $\omega = 2\pi/T$  և  $T=0.02 \text{ վ.}$  Գտնել է ժամանակից ունեցած կախումը՝  
 ա) կոճում առաջացած ինքնինդուկցիայի  $E_{\text{լուծ}}$ -ի, բ) կոճի մագնիսական դաշտի  $W$  էներգիայի համար:

11-132. Երկու կոճեր ունեն  $L_{12}=5 \text{ մ}$  ճշն փոխադարձ ինդուկտիվություն: Առաջին կոճում հոսանքի ուժը փոփոխվում է  $E=E_0 \sin \omega t$  օրենքով, որտեղ  $E_0=10 \text{ Վ}$ ,  $\omega = 2\pi/T$  և  $T=0.02 \text{ վ.}$  Գտնել երկրորդ կոճում մակածված  $E_2$   $E_{\text{լուծ}}$ -ի կախումը և ժամանակից և այդ  $E_{\text{max}}$   $E_{\text{լուծ}}$ -ի առավելագույն արժեքը:

#### ԳԼՈՒԽ IV

### ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

#### ԱԿՈՒՍՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻԱԿՈՐՆԵՐԸ

Աղ. 14-ում բերված են ակուստիկական ածանցյալ միավորները SI համակարգում: Աղ. 15-16-ում տրված են ակուստիկական միավորները CGC համակարգում և դրանց կապը SI համակարգի հետ, ինչպես նաև արտահամակարգային ակուստիկական միավորները:

Աղյուսակ 14

Մեծությունը	Ս ի ա վ ո ր չ			Մեծության չափայնությունը
	Սահմանումը	անվանումը	նշանակումը	
Չայնային ճնշում	$P=F/S$	Պամբականական	Պա	$L^{-1}MT^{-2}$
Չայնային լենք-գիայի խտություն	$\tau=W/V$	Զոնվազ խորանարդ մետրում	$Վ/Ծ^3$	$L^{-1}MT^{-2}$
Չայնային հզորություն	$P=W/t$	Վատտ	Վտ	$L^2MT^{-3}$
Չայնի ինտենսիվություն	$E=W/St$	Վատտ քառակուսի մետրի վրա	$Վտ/Ծ^3$	$MT^{-3}$

Աղյուսակ 15

Մեծությունը	Միավորը և նրա կապը SI համակարգի միավորների հետ
Չայնային ճնշում	$1 \text{ դին}/\text{մ}^2 = 0.1 \text{ Պա}$
Չայնային լենքգիայի խտություն	$1 \text{ էրգ}/\text{մ}^3 = 0.1 \text{ Վ}/Ծ^3$
Չայնային հզորություն	$1 \text{ էրգ}/\text{վ} = 10^{-7} \text{ Վտ}$
Չայնի ինտենսիվություն	$1 \text{ էրգ}/\text{մ}^2 = 10^{-3} \text{ Վտ}/Ծ^2$

Մեծությունը	Ս ի ա վ ո ր ը		
	անվանումը	նշանակումը	սահմանումը
Զայնային ճնշման մակարդակ	Դեցիբել	ՑԲ	Ղեցիբելը ծայնային ճնշման այնպիսի մակարդակ է, որի հարաբերությունը $2 \cdot 10^{-5}$ Պա ճնշման պայմանական շնչի տասնորդական լոգարիթմի քանակաստիկին հավասար է մեկի
Զայնի ռևզմության մակարդակ	Ֆոն	Ֆոն	Ֆոնը ծայնի ռևզմության այնպիսի մակարդակ է, որի համար նրան հավասար ռևզմությունը ունեցող $10^3$ Ց հաճախության ձայնի ճնշման մակարդակը հավասար է $1$ Դր-ի:

### ԽԵՐԻՑԵՐԻ ԼՈՒԺՄԱՆ ՕՐԻՆԱԿԱԵՐԸ

ԽԵՐԻՑԻ 1. Նյութական կետի ներդաշնակ տատանումների լայնույթն հավասար է 5 սմ-ի: Նյութական կետի զանգվածը հավասար է  $10$  գ-ի, տատանման լրիվ էներգիան հավասար է  $31$  մկ՛շ-ի: Գրել այդ կետի ներդաշնակ տատանումների հավասարումը (թվային գործակիցներով), եթե տատանումների սկզբնական փուլը՝  $\alpha=60^{\circ}$ :

ՀԵՐԻՑԻ: Ներդաշնակ տատանումների ընդհանուր հավասարումն ունի:

$$X=A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right), \quad (1)$$

տեսքը: Տատանումների Տ պարերությունը կարելի է գտնել  $W = 2\pi^2 A^2 m / T^2 = 3,1 \cdot 10^{-5}$  Զ պայմանից, այստեղից

$$T=\sqrt{2\pi^2 A^2 m / W}: \quad (2)$$

Մեզ մոտ  $A=5 \cdot 10^{-2}$  մ,  $m=10^{-2}$  կգ և  $W=3,1 \cdot 10^{-5}$  Զ: Տեղադրելով այդ տվյալները (2)-ի մեջ՝ կստանանք  $T=4$  վ: Այդ դեպքում  $2\pi t / T = 2\pi t / 4 = \pi t / 2$  և (1) հավասարումը կը նշունի հետևյալ տեսքը.

$$X=5 \sin\left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{3}\right) \text{ սմ:}$$

Բանի որ  $\sin\left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{3}\right)=\frac{1}{2}$  չափայնություն չունեցող մեծություն է, ապա A-ն պարտադիր չէ տեղադրել մետրերով: X-ի անվանումը կիամապատասխանի A լայնույթի անվանմանը:

ԽԵՐԻՑԻ 2. Զայնային ճնշման մակարդակը հավասար է  $40$  Դր-ի: Գտնել ձայնային ճնշման լայնույթը և ձայնի ինտենսիվությունը: Զայնի լուսության շենքը՝  $S_0=10^{-12}$  Վո/մ<sup>2</sup>:

ՀԵՐԻՑԻ: Զայնային ճնշման  $L_p$  մակարդակը (պրտահայտված Դեցիբերով) կապված է P ձայնային ճնշման լայնույթի հետ

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Առնչությամբ, որտեղ  $P_0$ -ն ձայնային ճնշման լայնույթն է ռևզմության մակարդակի դեպքում: Տ համակարգում  $P_0=2 \cdot 10^{-5}$  Պա է: Ըստ պայմանի  $L_p = 40$  Դր: (1)-ից ունենք  $\lg P/P_0=2$ , որտեղից  $P/P_0=10^2$ : Այդ դեպքում ձայնային ճնշման որոնելի լայնույթը՝  $P=P_0 \cdot 10^2=2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2$  Պա= $2 \cdot 10^{-3}$  Պա:

Ռևզմության  $L_1$  մակարդակը (ֆոներով) ձայնի ինտենսիվության հետ կապված է

$$L_1 = 10 \lg \frac{S}{S_0} \quad (2)$$

Առնչությամբ: Ըստ ֆոնի սահմանման, եթե  $L_p=40$  Դր, ունենք  $L_1=40$  ֆոն: Որ դեպքում (2)-ից ստանում ենք  $\lg S/S_0=4$ , կամ  $S/S_0=10^4$ , այստեղից ձայնի ինտենսիվությունը՝  $S=S_0 \cdot 10^4=10^{-12} \cdot 10^4$  Վո/մ<sup>2</sup>= $10^{-8}$  Վո/մ<sup>2</sup>:

### §12. ՆԵՐԴԱՇՆԱԿ ՏԱՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ՇԱՐԺՄԻՄ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

Ներդաշնակ տատանողական շարժման հավասարումն ունի

$$X=A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right)=A \sin(2\pi t + \varphi)=A \sin(\omega t + \varphi)$$

տեսքը, որտեղ X-ը կետի շեղումն է հավասարակշռության դիրքից, որը մասնակի տարբեր պահերի համար տարբեր է, A-ն լայնույթն է, φ-ն՝ մկրնական փուլը,  $\omega$  (հց)= $1/T$ -ն՝ տատանումների հաճախությունը,  $\omega [Վ^{-1}] = 2\pi / T$ -ն՝ շրջանային հաճախությունը:

Տատանումներ կատարող կետի արագությունը և արագացումը որոշվում են հետևյալ առնչություններով.

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi}{T} A \cos\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right), \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{T^2} A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right)$$

Այն ուժը, որի ազդեցության տակ, ու գանգվածով կետը կատարում է ներդաշնակ տատանում,

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} X = -KX,$$

որտեղ  $K = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ , այսինքն  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$ : Այստեղ  $T$ -ն  $F = -KX$  ուժի ազդեցության տակ տատանումների կատարող կետի տատանումների պարբեռությունն է, որտեղ  $K$ -ն կոչությունն է, որը բվապես հավասար է ճիշգույն առաջացնող ուժին:

Տատանվող կետի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները ունեն հետևյալ տեսքը:

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\pi^2 m}{T^2} A^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right).$$

$$W_u = \frac{KX^2}{2} = \frac{2\pi^2 m}{T^2} A^2 \sin^2\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right):$$

$$\text{Երիկ էներգիամ՝ } W = \frac{2\pi^2 m}{T^2} A^2 :$$

Ներդաշնակ տատանողական շարժումների օրինակ կարող են ծառայել ճոճանակի փոքր տատանումները: Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Որտեղ  $m$ -ը ճոճանակի երկարությունն է,  $k$ -ն ազատ անկման արագացումը:

Միևնույն ուղղություն ու միևնույն պարբերություն ունեցող երկու ներդաշնակ տատանումների գումարման ժամանակ ստացվում է նույնական պարբերություն ունեցող հարմոնիկ տատանում՝

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

լայնություն և սկզբնական փուլով, որը որոշվում է

$$\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

հավասարումից, որտեղ  $A_1$ -ը և  $A_2$ -ը գումարվող տատանումների լայնությունն են,  $\varphi_1$ -ը և  $\varphi_2$ -ը՝ նրանց սկզբնական փուլերը:

Եթե միևնույն պարբերությամբ փոխուղղահայաց տատանումների գումարման ժամանակ արդյունաբար շարժման հետագծի հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը.

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1):$$

Եթե ու գանգվածով նյութական կետի վրա բացի առածական  $F = -KX$  ուժից ազդում է նաև շփման  $F_{\text{շփ}} = rV$  ուժը, որտեղ  $r$ -ը շփման գործակիցն է, իսկ  $V$ -ն՝ տատանվող կետի արագությունը, ապա կետի տատանումները կլինեն ճարող: Մարդող տատանողական շարժման հավասարումն ունի

$$X = A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

տեսքը, որտեղ  $\delta$  ( $\text{Վ}^{-1}$ )-ն ճարման գործակիցն է: Ըստ որում  $\delta = r/2m$  և  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ , որտեղ  $\omega_0$ -ն սեփական տատանումների շամային հաճախությունն է:  $X = \delta T$  ներկայությունը կոչվում է նարման լրգարիթմական դեքրեմենտ:

Եթե ու կանգվածով նյութական կետի վրա, որի տատանումը տրված է

$$X_1 = A e^{-\delta t} \sin \omega t$$

տեսքով, ազդում է արտաքին պարբերական ուժ  $F = F_0 \sin \omega t$ , ապա կետի տատանումները կլինեն ստիպողական և նրա շարժման հակասարումը կը ընդունի հետևյալ տեսքը:

$$X_2 = A \sin(\omega t + \varphi),$$

որտեղ

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}, \quad \tan \varphi = \frac{2\delta \omega}{\omega^2 - \omega_0^2}$$

Ուզո՞նանու տեղի է ունենում այն դեպքում, եթե ստիպողական տատանումների ու հաճախությունը տարբեր սեփական տատանումների և ճարման գումարման գործակիցի հետ կապված է հետևյալ առնչությամբ:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} :$$

Որևէ ուղղությամբ C արագությամբ տարավլող չմարող տառանումների դեպքում ճառագայթի վրա գունվող և տառանումնան աղյուրից է հեռավորություն ունեցող ցանկացած կետի շեղումը տրվում է:

$$X=A \sin \left( \frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi\ell}{\lambda} \right)$$

հավասարումով, որտեղ A-ն տառանումից կետերի լայնույթն է,  $\lambda$ -ն՝ ալիքի երկարությունը: Այդ դեպքում  $\lambda=CT$ : ճառագայթի վրա գունվող երկու կետեր, որոնց տառանումն աղյուրից գունվում են 1<sub>1</sub> և 1<sub>2</sub> հեռավորությունների վրա, ունեն փուլերի հետևյալ տարրերությունը:

$$\frac{\ell_2 - \ell_1}{\lambda} = 2 \pi \frac{\ell_2 - \ell_1}{\lambda}$$

Տառանումների ինտերֆերենցի դեպքում առավելագույն և նվազագույն լայնույթները ստացվում են

$$\ell_2 - \ell_1 = 2\pi \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, \dots),$$

$$\ell_2 - \ell_1 = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, \dots):$$

պայմանների դեպքում: Այստեղ  $\ell_2 - \ell_1 = 0$  ճառագայթների ընթացքների տարրերությունն է:

12-1. Գրել A=5 սմ լայնույթով ներդաշնակ տառանողական շարժման հավասարումը, եթե t=1 ր-ում կատարվում է N=150 տառանում և տառանումների սկզբնական փուլը  $\varphi=\pi/4$ : Գծել այդ շարժման գուաֆիկը:

12-2. Գրել A=0,1 մ լայնույթով, T=4 վ պարբերությամբ և  $\varphi=0$  սկզբնական փուլով ներդաշնակ տառանողական շարժման հավասարումը:

12-3. Գրել A=50 մն լայնույթով, T=4 վ պարբերությամբ և  $\varphi=\pi/4$  սկզբնական փուլով ներդաշնակ տառանողական շարժման հավասարումը: Գտնել տառանումը կետի X շեղումը հավասարակշռության դիրքից t=0 և t=1,5 վ պահերին: Գծել այդ շարժման գուաֆիկը:

12-4. Գրել A=5 սմ լայնույթով և T=8 վ պարբերությամբ ներդաշնակ տառանողական շարժման հավասարումը, եթե տառանումն սկզբնական փուլը հավասար է ա) 0-ի, բ)  $\pi/2$ -ի, գ)  $\pi$ -ի, դ)  $3\pi/2$ -ի, է)  $2\pi$ -ի: Բոլոր դեպքերի համար գտել տառանումների գրաֆիկը:

12-5. Նույն գրաֆիկի վրա գտել միևնույն  $A_1 = A_2 = 2$  սմ լայնույթով և միևնույն  $T_1 = T_2 = 8$  վ պարբերությամբ, սակայն  $\varphi_2 - \varphi_1$  փուլերի տարրերություն ունեցող երկու ներդաշնակ տառանողական շարժումները, եթե այդ տարբերությունը հավասար է ա)  $\pi/4$ -ի, բ)  $\pi/2$ -ի, գ)  $\pi$ -ի, դ)  $2\pi$ -ի:

12-6. Շարժման սկզբից որքա՞ն ժամանակ հետո ներդաշնակ տառանում կատարող կետը հավասարակշռության դիրքից կշեղվի լայնույթի կետի չափով: Տառանումների պարբերությունը՝ T=24 վ, սկզբնական փուլը  $\varphi=0$ :

12-7. Ներդաշնակ տառանումն սկզբնական փուլը՝  $\varphi=0$ : Պարբերության ո՞ր մասից հետո կետի արագությունը հավասար կլինի նրա առավելագույն արագության կեսին:

12-8. Շարժման սկզբից որքա՞ն ժամանակ հետո  $X=7 \sin 0,5 \pi t$  հավասարումով տառանողական շարժում կատարող կետը կանցնի հավասարակշռության դիրքից մինչևն առավելագույն շեղումը եղած ճանապարհը:

12-9. Ներդաշնակ տառանողական շարժման լայնույթը՝ A=5 սմ, պարբերությունը՝ T=4 վ: Գտնել տառանումից կետի  $V_{max}$  առավելագույն աղագությունը և առաջ առավելագույն արագացումը:

12-10. Կետի շարժման հավասարումը տրված է  $X=2 \sin \left( \frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{4} \right)$  սմ տեսքով: Գտնել տառանումների T պարբերությունը,  $V_{max}$  առավելագույն արագությունը և կետի  $a_{max}$  առավելագույն արագացումը:

12-11. Կետի շարժման հավասարումը տրված է  $x=s \sin \pi/6 t$  տեսքով: Գտնել է ժամանակի այն պահերը, երբ արագությունը և արագացումը համանուն են իրենց առավելագույն արժեքներին:

12-12. Կատոր կատարում է ներդաշնակ տառանում: Տառանում պարբերությունը՝ T=2 վ, լայնույթը՝ A=50 մմ, սկզբնական փուլը՝  $\varphi=0$ : Գտնել կետի արագությունը ժամանակի այն պահին, երբ հավասարակշռությունը դիրքից կետի շեղումը՝ X=25 մմ:

12-13. Գտնել ներդաշնակ տառանողական շարժման հավասարումը, եթե կետի առավելագույն արագացումը  $a_{max}=49,3$  սմ/ $\text{վ}^2$ , տառանումն պարբերությունը՝ T=2 վ և հավասարակշռության դիրքից ժամանակի սկզբնական պահին կետի շեղումը՝ X=25 մմ:

12-14. Ներդաշնակ տառանումն սկզբնական փուլը՝  $\varphi=0$ : Կետը հավասարակշռության դիրքից  $X_1=2,4$  սմ շեղելու դեպքում կետի արագությունը՝  $V_1=3$  սմ/վ, իսկ  $X_2=2,8$  սմ շեղելու դեպքում նրա արագությունը՝  $V_2=3$  սմ/վ: Գտնել այդ տառանումն Ա լայնույթը և T պարբերությունը:

12-15.  $m=1,6$  գ զանգվածով նյութական կետի տառանումն հավասարումը ունի հետևյալ տեսքը:

$$X=0,1 \sin \left( \frac{\pi}{8} t + \frac{\pi}{4} \right) \text{մ:}$$

Կառուցել կետի վրա ազդող F ուժի՝ t ժամանակից ունեցած կախման

գրաֆիկը (մեկ պարբերության տահմաններում): Գտնել  $F_{\max}$  առավելագույն ուժը:

12-16.  $t=10$  գ գանգվածով նյութական կետի տատանման հավասարություն ունի հետևյալ տեսքը.

$$X=5 \sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ սմ:}$$

Գտնել կետի վրա ազդող  $F_{\max}$  առավելագույն ուժը և տատանվող կետի  $W$  տիվ էներգիան:

12-17.  $t=16$  գ գանգվածով նյութական կետի տատանման հավասարություն ունի հետևյալ տեսքը.

$$X=2 \sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ սմ:}$$

Կառուցել կետի կինետիկ, պոտենցիալ և լրիվ էներգիաների՝ ժամանակից ունեցած կախման գրաֆիկը (մեկ պարբերության տահմաններում):

12-18. Գտնել ներդաշնակ տատանում կատարող կետի  $W_q$  կինետիկ էներգիայի հարաբերությունը նրա  $W_{\omega}$  պոտենցիալ էներգիային ժամանակի՝  $w$ )  $t=T/12$ ,  $p)$   $t=T/8$ ,  $q)$   $t=T/6$  պահերի համար: Տատանումների սկզբնական փուլը՝  $\varphi=0$ :

12-19. Գտնել ներդաշնակ տատանում կատարող կետի  $W$  կինետիկ էներգիայի հարաբերությունը նրա  $W_{\omega}$  պոտենցիալ էներգիային ժամանակի այն պահերի համար, եթե կետի շեղամբ հավասարակշռության դիրքից կազմում ( $w$ )  $X=A/4$ ,  $p)$   $X=A/2$ ,  $q)$   $X=A$ , որտեղ  $A$ -ն տատանման լայնույթն է:

12-20. Ներդաշնակ տատանում կատարող նարծինի լրիվ էներգիան՝  $W=30$  մկջ, նարծինի վրա ազդող առավելագույն ուժը՝  $F_{\max}=1,5$  մն: Գրել այդ նարծինի շարժման հավասարությունը, եթե տատանման պարբերությունը՝  $T=2$  վ և սկզբնական փուլը՝  $\varphi=\pi/3$ :

12-21. Նյութական կետի ներդաշնակ տատանումների լայնույթը՝  $A=2$  սմ, տատանումների լրիվ էներգիան՝  $W=0,3$  մկջ: Հավասարակշռության դիրքից ինչպիսի՝  $X$  շեղման դեպքում տատանվող կետի վրա կազմի  $F=22,5$  մկն ուժ:

12-22.  $t=2$  ճ երկարություն ունեցող թելից կախված գնդիկը շեղում են  $\alpha=4^0$  անցյունով և դիտում նրա տատանումները: Յանաբերով տատանումները ներդաշնակ և չճարող, գտնել գնդիկի արագությունը հավասարակշռության դիրքով նրա անցնելու պահին: Ստացված լուծումը ստուգել հավասարակշռության դիրքով անցնելու պահին գնդիկի արագությունը գտնելով մեխանիկայի հավասարումներից:

12-23. Զսպանակից կախված  $t=10$  կգ գանգվածով նարծին: Գրիտենալով, որ զսպանակը  $F=9,8$  և ուժի ազդեցության տակ ձգվում է

$t=1.5$  սմ-ով, որոշել թե՞ի ուղղաձիգ տատանումների Տ պարբերությունը: 12-24. Զսպանակից կախված է թե՞ո: Բերի տատանումների առավելագույն կինետիկ էներգիան  $W_{\max}=1$  Զ: Տատանումների լայնույթը  $A=5$  սմ: Գտնել զսպանակի Կ կոշտությունը:

12-25. Ինչպես կփոխվի երկու միատեսակ զսպանակներից կախված թե՞ի ուղղաձիգ տատանումների պարբերությունը, եթե զսպանակների հաջորդական միացումից անցնենք նրանց զուգահեռ միացման:

12-26. Զսպանակից կախված պինձե գնդիկը կատարում է ուղղաձիգ տատանումներ: Ինչպես կփոխվի տատանումների պարբերությունը, եթե պինձե գնդիկի փոխարեն զսպանակից կախվի նույնայինի շառավիղը ունեցող այլումնեն գնդիկի:

12-27. Զսպանակից կախված է կշեռքի նժար՝ կշռաքարերով: Այդ դեպքում ուղղաձիգ տատանումների պարբերությունը՝  $T_1=0,5$  վ: Այն բանից հետո, եթե կշեռքի նժարների վրա դրեցին լրացնիչ կշռաքարեր, ուղղաձիգ տատանումների պարբերությունը դարձավ  $T_2=0,6$  վ: Որքանո՞վ երկարեց զսպանակը այդ լրացնիչի կշռաքարերի ավելացումից:

12-28.  $t=40$  սմ երկարությամբ և  $r=1$  մմ շառավիղով ռետինեն քուղից կախված է  $t=0,5$  կգ զանգվածով կշռաքար: Գիտենալով, որ ռետինի Յունգի մոդուլը՝  $E=3$  ՄՆ/մ<sup>2</sup>, գտնել կշռաքարի ուղղաձիգ տատանումների Շ պարբերությունը: Ցուցում. հաշվի առնել, որ ռետինի Կ կոշտությունը Յունգի Ե մոդուլի հետ կապված է  $K=SE/\ell$  առնչությամբ, որտեղ  $S$ -ը ռետինի լայնական հատույթի մակերեսն է,  $\ell$ -ը՝ նրա երկարությունը:

12-29. \*  $t=0,2$  կգ զանգվածով արենոմետրը լողում է հեղուկի մեջ: Եթե այն մի քիչ ընկդմենք հեղուկի մեջ և քաց քողնենք, ապա կակսի կատարությունը  $T=3,4$  կ պարբերությամբ տատանումներ: Տատանումները հանարելով չմառող, զուրկ հեղուկի ը խտությունը, որի մեջ լողում է արենոմետրը: Արենոմետրի ուղղաձիգ գլանային խողովակի տրամագիծը՝  $d=1$  սմ:

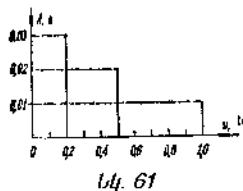
12-30. Գրել միևնույն կողմն ուղղաձիգ երկու ներդաշնակ տատանությամբ շարժումների գումարման հետևանքով ստացված շարժման հավասարությունը, որոնք ունեն միկրոն մոնուպը՝  $T=8$  կ պարբերություն և  $A=0,02$  մ լայնույթ: Այդ տատանումների միջև փուլերի տարբերությունը՝  $\varphi_2-\varphi_1=\pi/4$ : Այդ տատանումներից մեկի սկզբնական փուլը հավասար է զրոյի:

12-31. Գտնել միևնույն կողմն ուղղաձիգ երկու տատանումների գումարությունը ստացված ներդաշնակ տատանման լայնույթը և սկզբնական փուլը, որոնք տրված են  $x_1=0,02 \sin(5\pi t+\pi/2)$  և  $x_2=0,03 \sin(5\pi t+\pi/4)$  ճ հավասարումներով:

\* Առաջնական ուժերին և մաքենատիպիկական ու ֆիզիկական ճոճանակներին վերաբերող խնդիրների մասին տես նաև գլուխ I, §§ 2 և 3:

12-32. Երկու միևնույն կողմն ուղղված, միաննան լայնույթով ու պարբերությամբ ներդաշնակ տատանումների գումարնան հետևանքով ստացվել է նույնպիսի լայնույթ և նույնպիսի պարբերություն ունեցող արդյունարար տատանում: Գտնել գումարվող տատանումների փուլերի գումարությունը:

12-33. Գտնել միևնույն կողմն ուղղված երկու տատանումների գումարումից ստացված ներդաշնակ տատանման Ա լայնույթը և սկզբնական գուլը. Եթե նրանք տրված են  $X_1=4\sin \pi t$  և  $X_2=3 \sin (\pi t+\pi/2)$  սմ հավասարումներով: Գրել արդյունարար տատանման հավասարումը: Տաղ լայնույթների գումարնան վեկտորական դիագրամները:



Ան. 61

12-34. Ակ. 61-ում տրված է բարդ տատանման սպեկտրը: Օգտվելով նկարի տվյալներից՝ գրել այն տատանումների հավասարումները, որոնցից կազմված է բարդ տատանումը: Գծել այդ տատանումների գրաֆիկները: Ընդունել, որ  $t=0$  պահին այդ տատանումների միջև փուլերի տարբերությունը՝  $\phi_2-\phi_1=0$ : Գծել արդյունարար տատանման գրաֆիկը:

12-35. Երկու ներդաշնակ տատանումների հավասարումներն ունեն  $X_1=3 \sin 4\pi t$  սմ և  $X_2=6 \sin 10\pi t$  սմ տեսքը: Կառուցել այդ տատանումների գրաֆիկները: Գրաֆիկորեն գումարելով այդ տատանումները, կառուցել արդյունարար տատանման գրաֆիկը: Գծել արդյունարար տատանման գրաֆիկը:

12-36. Տատանումների հավասարումն ունի  $X=A_1 \sin 2\pi\nu_1 t$  տեսքը. ընդ որում  $A$  լայնույթը մասնակի ընթացքում փոփոխվում է  $A=A_0(1+\cos 2\pi\nu_2 t)$  օրենքով: Ինչպիսի՞ ներդաշնակ տատանումներից է բաղկացած տատանումը: Կառուցել բաղադրիչ և արդյունարար տատանումների գրաֆիկները, եթե  $A_0=4$  սմ,  $\nu_1=2$  Հց,  $\nu_2=1$  Հց: Գծել արդյունարար տատանման սպեկտրը:

12-37. Գրել արդյունարար տատանման հավասարումը, որը ստացվում է միևնույն  $\nu_1=\nu_2=5$  Հց հաճախությամբ և միևնույն  $\phi_1=\phi_2=\pi/3$  սկզբնական փուլով փոխուղղահայաց տատանումների գումարնան հետևանքով: Տատանումների լայնույթները հավասար են  $A_1=0,10$  մ և  $A_2=0,05$  մ:

12-38. Կետը մասնակցում է միևնույն պարբերությունը և միևնույն սկզբնական փուլը ունեցող երկու տատանումների: Տատանումների լայնույթները հավասար են  $A_1=3$  սմ և  $A_2=4$  սմ: Գտնել արդյունարար տատանման  $A$  լայնույթը, եթե տատանումները տեղի են ունենում ա) միևնույն ուղղությամբ, բ) երկու փոխուղղահայաց ուղղություններով:

12-39. Կետը մասնակցում է երկու փոխուղղահայաց  $X_1=2 \sin \pi t$  մ և  $y=2 \cos \pi/2t$  մ տատանումների: Գտնել կետի արդյունարար շարժման հետագիծը:

12-40. Կետը մասնակցում է երկու փոխուղղահայաց  $X_1=2 \cos \pi t$  մ և  $y=2 \cos \pi/2t$  մ տատանումների: Գտնել կետի արդյունարար շարժման հետագիծը:

12-41. Կետը մասնակցում է երկու փոխուղղահայաց  $X=\sin \pi t$  և  $y=2 \sin(\pi t+\pi/2)$  տատանումների: Գտնել կետի արդյունարար շարժման հետագիծը և գծել այն գծանշելով մասշտաբը (չափացուցը):

12-43. Սարող տատանումների պարբերությունը  $T=4$  վ. մարման լոգարիթմական դեքրենալու  $X=1,6$ , սկզբնական փուլը՝  $\varphi=0$ :  $t=T/4$ -ի դեպքում կետի շեղումը  $X=4,5$  սմ: Գրել այդ տատանողական շարժման հավասարումը: Կառուցել տատանման գրաֆիկը երկու պարբերության սահմաններում:

12-44. Կառուցել մարող տատանման գրաֆիկը, որը տրվում է  $X=e^{-0,1t} \sin \pi/4 t$  հավասարումով:

12-45. Սարող տատանումների հավասարումը տրված է  $X=5e^{-0,25t} \sin \pi/2 t$  մ տեսքով: Գտնել տատանվող կետի  $V$  արագությունը ժամանակի 0, T, 2T, 3T և 4T պահերին:

12-46. Մաթեմատիկական ճոճանակի մարման լոգարիթմական դեքրենալու  $X=0,2$ : Բանի՞ անգամ կիրքրանա տատանումների լայնույթը ճոճանակի մեկ լրիվ տատանման ընթացքում:

12-47. Գտնել ճաբանատիկի՞ւշան ճոճանակի  $X$  մարման լոգարիթմական դեքրենալու, եթե  $t=1$  ր-ի ընթացքում տատանման լայնույթը փոքրացավ 2 անգամ: ճոճանակի երկարությունը՝  $\ell=1$  մ:

12-48.  $\ell=24,7$  սմ երկարությամբ ճաբանատիկական ճոճանակը կատարում է մարող տատանումներ: Որքա՞ն է ժամանակի հետո ճոճանակի տատանման լենքրիխան կիրքրանա 9,4 անգամ: Խնդիրը լուծել մարման լոգարիթմական դեքրենալու հետևյալ հետևյալ արժեքների համար՝  $X=0,01$ , թէ  $X=1$ :

12-49. Մաթեմատիկական ճոճանակը կատարում է մարող տատանումներ՝  $X=0,2$  մարման լոգարիթմական դեքրենալու: Բանի՞ անգամ կիրքրամական ճոճանակի լրիվ արագացումը նրա ծայրային դիրքում ճեկ տատանման ընթացքում:

12-50. Մաթեմատիկական ճոճանակի մարող տատանումների լայնույթը  $t=1$  ր-ի ընթացքում փոքրացավ երկու անգամ: Բանի՞ անգամ այն կիրքրամական  $t=3$  ր-ի ընթացքում:

12-51.  $\ell=0,5$  մ երկարությամբ ճաբանատիկական ճոճանակը, որը դուրս է բերված հավասարակշռության դիրքից, առաջին տատանման ժա-

ճանակ շեղվեց  $X_1=5$  սմ-ով, իսկ երկրորդի դեպքում (միևնույն կողման)  $X_2=4$  սմ-ով: Գտնել ռելակսացիայի և ժամանակը, այսինքն այն ժամանակը, որի ընթացքում տատանումների լայնությունը կփոքրանա և անգամ, որտեղ է ռենական լոգարիթմների հիմքն է:

12-52. Ուղղաձիգ ամրացված զսպանակից կախված է բեռ: Այդ դեպքում զսպանակը երկարում է  $\Delta t=9.8$  սմ-ով: Ձգելով այդ բեռը դեսի մերձև և բաց բողնելով՝ ստիպում են կատարել տատանումներ: Ի՞նչիսի՞ն այսուց է լինի մարման գործակիցը, որպեսզի՝ a) տատանումները դադարեն  $t=10$  վ հետո (պայմանականորեն ընդունել, որ տատանումները դադարել են, եթե նրանց լայնությը փոքրացնել է մինչև սկզբնական լայնությի  $1\% \cdot \text{ը}$ , b) բեռը հավասարակշռության դիրքին վերադառնա ոչ պարբերաբար, c) նար-ման լոգարիթմական դերենթենտը՝  $\chi=6$ :

12-53.  $t=10$  գ զանգվածով մարմինը կատարում է մարդող տատա-նումներ A<sub>max</sub> առավելագույն լայնությով,  $\varphi=0$  սկզբնական փրեւով և  $\delta=1.6$  վ<sup>-1</sup> մարման գործակով: Այդ մարմինի վրա սկսեց ազդյել F, արտա-քին պարբերական ուժը, որի հետևանքով հաստատվեցին ստիպութական տատանումներ: Ստիպութական տատանումների հավասարումն ունի  $X=5 \sin(10\pi t - 3\pi/4)$  սմ տեսքը: Գտնել (բվային գործակիցներով) սեփական տատանումների հավասարումը և արտաքին պարբերական ուժի հա-վասարումը:

12-54. Ուղղաձիգ զսպանակից կախված  $t=0.2$  կգ զանգվածով կշ-ռաքար կատարում է մարդող տատանումներ  $\delta=0.75\text{v}^{-1}$  մարման գործակ-ցով: Զսպանակի կոչությունը՝ K=0.5 կՆ/մ: Գծել կշռաքարի ստիպութա-կան տատանումների A լայնույթի կախումն արտաքին պարբերական ուժի և հաճախությունից, եթե հայտնի է, որ արտաքին ուժի առավելագույն ար-ժեքը՝ F<sub>0</sub>=0.98 Ն: Գրաֆիկի կառուցման համար գտնել A-ի արժեքը  $t=0$ ,  $\varphi=0.5\omega_0$ ,  $\omega=0.75\omega_0$ ,  $t=\omega_0$ ,  $\varphi=1.5\omega_0$ ,  $t=2\omega_0$  հաճախությունների հա-մար, որտեղ  $\omega_0=6$  կախված կշռաքարի սեփական տատանումների հաճա-խությունն է:

12-55. Տրակտորն անցնելով բնահողային ճանապարհով բողել է հետքեր մի շարք փոսերի ծնով՝ իրարից  $\ell=30$  սմ հեռավորության վրա: Այդ նոյն ճանապարհով գլորել են մանկական սայլակ: Սայլակն ունի երկու միատեսակ զսպոց (ռեսոր), որոնցից յուրաքանչյուրը  $m_0=1$  կգ զանգվա-ծով քերի ազդեցության տակ մկնում է  $X_0=2$  սմ-ով: Ի՞նչ V արագությամբ են գլորել սայլակը, եթե այն, փոսերի վրա առաջացած ցնցումների հե-տևանքով ընկնելով ուզունանահ ճեղ, սկսել է ուժեղ ճոճվել: Սայլակի զանգվածը՝ M=10 կգ:

12-56. Գտնել տատանման λ ալիքի երկարությունը, որի պարբերու-թյունը՝ T=10<sup>-14</sup> գ: Տատանման մարման արագությունը՝ C=3·10<sup>8</sup> մ/վ:

12-57. Չայնային տատանումները, որոնք ունեն  $v=500$  Նց հաճա-խություն և A=0.25 մմ լայնություն, տարածվում են օդում: Ալիքի երկարությունը՝ λ=70 սմ: Գտնել տատանումների տարածման C արագությունը և օդի ծավանիկների V<sub>max</sub> առավելագույն արագությունը:

12-58. Չնարդ տատանումների հավասարումն ունի  $X=10 \sin(\pi/2 t$  սմ տեսքը: Գրել ալիքի հավասարումը, եթե տատանումների տարածման արագությունը՝ C=300 մ/վ: Գրել և գրաֆիկորեն պատկերել տատանման հավասարումը տատանումների աղբյուրից  $t=600$  մ հեռավորության վրա գտնվող կետի համար: Գրել և գրաֆիկորեն պատկերել տատանման հա-վասարումը ալիքի կետերի համար՝ տատանումները սկսվելու t=4 վ հետո:

12-59. Չնարդ տատանումների հավասարումն ունի  $X=4 \sin(600 \pi t$  սմ տեսքը: Գտնել տատանման աղբյուրից  $t=75$  սմ հեռավորության վրա գտնվող կետի X շեղումը հավասարակշռության դիրքից, V արագությունը և ա արագացումը տատանումները սկսվելու t=1 վ հետո: Տատանումների տարածման արագությունը՝ C=300 մ/վ:

12-60. Չնարդ տատանումների հավասարումն ունի  $X=\sin(2.5\pi t$  սմ տեսքը: Գտնել աղբյուրից  $\ell=20$  մ հեռավորության վրա գտնվող կետի X շե-ղումը հավասարակշռության դիրքից, V արագությունը և ա արագացումը տատանումները սկսվելու t=1 վ հետո: Տատանումների տարածման ա-րագությունը՝ C=100 մ/վ:

12-61. Գտնել երկու կետերի տատանումների փուլերի  $\Delta$  ու տարրե-րությունը, որոնք տատանման աղբյուրից գտնվում են  $\ell_1=10$  մ և  $\ell_2=16$  մ հեռավորության վրա: Տատանումների պարբերությունը՝ T=0.04 վ, տա-րածման արագությունը՝ C=300 մ/վ:

12-62. Գտնել ճառագայթի վրա ընկած և միջամցից  $\ell=2$  մ հեռավո-րության վրա գտնվող երկու կետերի տատանումների փուլերի  $\Delta$  ու տար-բերությունը, եթե ալիքի երկարությունը՝ λ=1 մ:

12-63. Գտնել տատանման աղբյուրից  $\ell=\lambda/12$  հեռավորության վրա գտնվող կետի շեղումը հավասարակշռության դիրքից t=T/6 պահի հա-մար: Տատանման լայնությը՝ A=0.05 մ:

12-64. Տատանման աղբյուրից  $\ell=4$  մ հեռավորության վրա գտնվող կետի շեղումը հավասարակշռության դիրքից t=T/6 պահին հավասար է լայնությի կետին: Գտնել վագոն ալիքի λ երկարությունը:

12-65. Գտնել հանգույցների և ուռուցների դիրքը ու գծել կանգուն ալիքի գրաֆիկը հետևալ երկու դեպքերի համար՝ a) անդրադարձումը տե-ղի է ունենալի ավելի նոր միջավարից, b) անդրադարձումը տեղի է ու-նենալ ավելի խիտ միջավարից: Վազող ալիքի երկարությունը՝ λ=12 սմ:

12-66. Որոշել տատանումների ալիքի երկարությունը, եթե կանգուն ալիքում առաջին չորրորդ ուռուցների միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell=15$  սմ:

## §13. ԱԿՈՒՍՏԻԿԱ

Որևէ միջավայրում ճայնային տատանումների տարածման արագությունը որոշվում է:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

բանաձևով, որտեղ  $E$ -ն միջավայրի Յունգի մոդուլն է,  $\rho$ -ն՝ միջավայրի խտությունը:

Գագերում ճայնի տարածման արագությունը՝

$$C = \sqrt{\frac{\chi RT}{\mu}},$$

որտեղ  $\mu$ -ն գազի մոլային գանգվածն է,  $T$ -ը՝ գազի ջերմադինամիկական ջերմաստիճանը,  $R$ -ը՝ գազային հաստատումը,  $\chi = C_p/C_v$  ( $C_p$ -ն գազի ջերմունակությունն է հաստատում ճնշման դեպքում և  $C_v$ -ն՝ գազի ջերմունակությունը հաստատում ժավալի դեպքում):

Ճայնային ճնշման  $L_p$  մակարդակը (դեցիբելներով) կապված է ճայնային ճնշման  $P$  լայնույթի հետ

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

առնչությամբ, որտեղ  $P_0$ -ն ճայնային ճնշման լայնույթն է ուժգնության գրոյական մակարդակի դեպքում: Ուժգնության  $L_1$  մակարդակը (ֆոներով) կապված է ճայնի ինտենսիվության հետ

$$L_1 = 10 \log \frac{\Psi}{\Psi_0}$$

առնչությամբ, որտեղ  $\Psi_0$ -ն ծայրին լսելիության շենքն է (ուժգնության գրոյական մակարդակն է): Պայմանականորեն ընդունվում է, որ  $\Psi_0 = 10^{-12} \text{Վո/մ}^2$  և  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{Պա}$ :

Ըստ Դայների սկզբունքի դիտողի կողմից ընկալվող ճայնի հաճախությունը որոշվում է:

$$V' = \frac{C + V}{C - U} V$$

բանաձևով, որտեղ  $V$ -ն ճայնի աղբյուրի առաքած ճայնի հաճախությունն է,  $U$ -ն՝ ճայնի աղբյուրի շարժման արագությունն է,  $V'$ -ն՝ դիտողի շարժման արագությունն է,  $C$ -ն՝ ճայնի տարածման արագությունը: Արագությունը՝  $V' > 0$ , եթե դիտողը շարժվում է դեպի ճայնի աղբյուրը,  $U > 0$ , եթե ճայնի աղբյուրը շարժվում է դեպի դիտողը:

Հարի հիմնական տոնի հաճախությունը որոշվում է

$$V = \frac{1}{2U} \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

բանաձևով, որտեղ  $F$ -ը լարի երկարությունն է,  $F$ -ը՝ նրա ծգման ուժը,  $S$ -ը՝ նրա լայնական հատույքի մակերեսը,  $\rho$ -ն՝ միջավայրի նյութի խտությունը:

13-1. Գտնել լայնական տոնի չափը երկարությունը (հաճախությունը՝  $= 435 \text{ Հց}$ ): Օղում ճայնի տարածման արագությունը՝  $C = 340 \text{ մ/վ}$ :

13-2. Սարդկային ականջը կարող է ընկալել մոտավորապես  $U_1 = 20 \text{ Հց}$ -ից մինչև  $U_2 = 20000 \text{ Հց}$  հաճախությամբ ճայներ: Ալիքների ինչպիսի՞ն երկարությունների միջև է ընկած ճայնային տատանումների լսելիության միջավայրը: Օղում ճայնի տարածման արագությունը՝  $C = 340 \text{ մ/վ}$ :

13-3. Գտնել ճայնի տարածման արագությունը պուլաստի մեջ:

13-4. Գտնել ճայնի տարածման արագությունը պղնձի մեջ:

13-5. Կերոսինում ճայնի տարածման արագությունը՝  $C = 1330 \text{ մ/վ}$ : Գտնել կերայինի թերմելիությունը:

13-6. Զայնախտաշափի (Էսոլոտ) օգնությամբ չափին և ժողովածությունը: Խնչափին էր ծովի խորությունը, եթե ճայնի արձակման և նրա զնորումնան միջև ընկած ժամանակամիջոցը հավասար էր  $t = 2.5 \text{ վի}$ : Զրի սեղմելիությունը՝  $\beta = 4.6 \cdot 10^{-10} \text{Պա}^{-1}$ , ծովի ջրի խտությունը՝  $\rho = 1.03 \cdot 10^3 \text{ կգ/մ}^3$ :

13-7. Գտնել օղում ճայնի տարածման  $C$  արագությունը  $t = 0$  հավասար է  $-20^\circ, 0^\circ$  և  $20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանների դեպքում:

13-8. Բանի անգամ է ճայնի տարածման  $C_1$  արագությունը օղում անուանը ( $t = 27^\circ\text{C}$ ) մեծ ծմբանը ( $t = -33^\circ\text{C}$ ) ճայնի տարածման  $C_2$  արագությունից:

13-9. Գիտենալով, որ փորձի պայմաններում երկատող գազի մոլեկուլների միջին քառակուսային արագությունը՝  $V = 461 \text{ մ/վ}$ , գտնել ճայնի տարածման  $C$  արագությունը գազում:

13-10. Գտնել երկատող գազուն ճայնի տարածման  $C$  արագությունը, եթե հայտնի է, որ  $P = 1.1 \cdot 10^{-5} \text{Պա}$  ճնշման դեպքում գազի խտությունը՝  $\rho = 1.29 \text{ կգ/մ}^3$ :

13-11. Գիտենալով, որ ազոտի մոլեկուլի համբուքաց շարժման միջին մոլային կինետիկ եներգիան՝  $W = 3.4 \text{ կՋ/մոլ}$  է, գտնել ճայնի տարածման  $C$  արագությունը այդ պայմաններում:

13-12. Մրնոլորտի վերին շերտերի ջերմաստիճանը որոշելու համար չի կարելի օգտվել ջերմաշափից, քանի որ գազի փոքր խտության

պատճառով ջերմաչափը շրջապատի հետ չի կարող գտնվել ջերմային հավասարակշռության մեջ: Այլ նպատակով բաց են բողոքամ հրթիռ նոնակների հետ, որոնք պայթում են որոշակի բարձրության հասնելուց հետո: Գտնել երկրի նակերևույթից  $t=20$  կմ բարձրության վրա է ջերմաստիճանը, եթե հայտնի է, որ  $h_1=21$  կմ բարձրության վրա առաջացած պայմանը ձայնը եկավ  $\Delta t=6.78$  վ ավելի ուշ, քան  $h_2=19$  կմ բարձրության վրա առաջացած պայմանը ձայնը:

13-13. Գտնել ձայնային ալիքների ո բեկման ցուցիչը օդ-ապակի սահմանի վրա: Ապակու համար Յունգի մոդուլը  $E=6.9 \cdot 10^{10}$  Պա է, ապակու խոռությունը՝  $r=2.6 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>, օդի ջերմաստիճանը  $t=20$  0C: >

13-14. Գտնել ձայնային ալիքների լրիվ ներքին անդրնային մասնակի սահմանային և անվյունը օդ-ապակի սահմանի վրա: Օգտվել անհրաժեշտ տվյալներից նախորդ խորից:

13-15. Երկու ձայների ուժգնության նակարդակները տարբերվում են  $\Delta L_s=1$  ֆոնով: Գտնել այդ ձայների ինտենսիվությունների  $I_1/I_2$ , հարաբերությունը:

13-16. Երկու ձայների ձայնային ճնշման նակարդակները տարբերվում են  $\Delta L_p=1$  Պ-ով: Գտնել այդ ձայնային ճնշումների չափությունների  $P_2/P_1$  հարաբերությունը:

13-17.  $L_{s1}=70$  ֆոն ուժգնություն ունեցող փողոցի աղմուկը սենյակում է որպես  $L_{s2}=40$  ֆոն ուժգնություն ունեցող աղմուկ: Գտնել փողոցի և սենյակի ձայնի ինտենսիվությունների  $I_1/I_2$  հարաբերությունը:

13-18. Զայնի ինտենսիվությունը մեծացավ 1000 անգամ: Որքանո՞վ մեծացավ ձայնային ճնշման նակարդակը. Բանի՝ անգամ մեծացավ ձայնային ճնշման լայնությը:

13-19. Զայնի ինտենսիվությունը  $N=10$  մՎտ/մ<sup>2</sup> է: Գտնել ուժգնության  $L_s$  մակարդակը և ձայնային ճնշման  $P$  լայնությը:

13-20. Որքանո՞վ ավելացավ ձայնի ուժգնության  $L_s$  մակարդակը, եթե ձայնի ինտենսիվությունը աճեց ա) 3000 անգամ, բ) 30000 անգամ:

13-21. Գտնել գրամֆոնի ձայնասկավառակի ձայնային ակոսի հարևան ատամիկների միջև եղած  $\ell$  հեռավորությունը յա տոնի համար (հաճախությունը՝  $v=435$  Հց) ա) ձայնագրման սկզբում, կենտրոնից  $r=12$  սմ հեռավորության վրա, բ) ձայնագրման վերջում, կենտրոնից  $r=4$  սմ հեռավորության վրա: Զայնասկավառակի պտտման հաճախությունը՝  $n=78$  ր<sup>-1</sup>:

13-22. Գտնել գրամֆոնի ձայնասկավառակի պտտման հաճախությունը՝ ա)  $v=100$  Հց, բ)  $v=2000$  Հց հաճախությունների համար: Զայնասկավառակի կենտրոնից

նոյած միջին հեռավորությունը՝  $r=10$  սմ: Զայնասկավառակի պտտման համախությունը՝  $n=78$  ր<sup>-1</sup>:

13-23. Կունդի խողովակում կանգուն ալիքի առաջացման ժամանակ օդային սյան մեջ դիտվեց 6 ուռուցք: Ինչպիսի՞ն է եղել օդային սյան  $\ell_2$  երկարությունը, եթե պողպատյա ծողը ամրացված է՝ ա) մեջտեղում, բ) վերջում: Չորսի երկարությունը՝  $\ell_1=1$  մ: Զայնի տարածման արագությունը պողպատում  $C_1=5250$  մ/վ, որում  $C_2=343$  մ/վ:

13-24. Ինչպիսի՞ն էր ապակե ծողի և երկարությունը Կունդի խողովակում, եթե այն մեջտեղում ամրացնելու դեպքում օդային սյան մեջ դիտվեց  $n=5$  ուռուցք: Օդային սյան երկարությունը՝  $\ell_2=0.25$  մ: Ապակու համար Յունգի մոդուլը՝  $E=6.9 \cdot 10^{10}$  Պա, ապակու խոռությունը՝  $r=2.5 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Օդում ձայնի տարածման արագությունը՝  $C=340$  մ/վ:

13-25. Ինչպիսի՞ աճենաճեծ հաճախությունների համար է կիրառելի ձայնի արագության որոշման Կունդի մեթոդը, եթե ընդունենք, որ ուռուցքների միջև նշանակությունը հեռավորությունը՝  $\ell=4$  մ: Զայնի արագությունը օդում՝  $C=340$  մ/վ:

13-26. Երկու գնացքներ շարժվում են իրար ընդառաջ  $V_1=72$  կմ/ժ և  $V_2=54$  կմ/ժ արագություններով: Առաջին գնացքը արձակում է սուլոց  $n=600$  Հց հաճախությամբ: Գտնել, թե ինչպիսի և հաճախությամբ ձայն կլիսի երկրորդ գնացքի ուղեկործ՝ ա) գնացքների համեմիտելուց առաջ, բ) գնացքների հանդիպելուց հետո: Զայնի տարածման արագությունը օդում՝  $C=340$  մ/վ:

13-27. Եթե գնացքը անցնում է անշարժ դիտողի մոտով, շոգեքարշի շաքի ձայնի բարձրությունը փոփոխվում է թոփչովք: Զայնի իրական հաճախության ո՞ր տոկոսն է կազմում թոփչի մեծությունը, եթե գնացքը շարժվում է  $V=60$  կմ/ժ արագությամբ:

13-28. Ծովի ավին կանգնած դիտողը լսում է շոգենավի շշակի ձայնը: Եթե դիտողը և շոգենավը գտնվում են դադարի վիճակում, դիտողի կրողից բնկալված ձայնը համապատասխանում է  $v=420$  Հց հաճախությամբ: Եթե շոգենավը շարժվում է դեպի դիտողը, ընկալվող ձայնի հաճախությանը՝  $v_1=430$  Հց, եթե շոգենավը հեռանում է՝  $v_2=415$  Հց: Գտնել շոգենավի արագությունը առաջին և երկրորդ դեպքերում, եթե օդում ձայնի տարածման արագությունը՝  $C=338$  մ/վ:

13-29. Հրացանի գնացքը թռչում է  $V=200$  մ/վ արագությամբ: Քանի՝ անգամ կիրակի գեղակի սուլոցի բարձրությունը անշարժ դիտողի համար, որի մոտով թռչում է գնացքը: Զայնի տարածման արագությունը օդում՝  $C=333$  մ/վ:

13-30. Երկու գնացք շարժվում են իրար ընդառաջ նույն արագությամբ: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի նրանց V արագությունը, որպեսզի նրանցից մեկի սուլոցի բարձրությունը, որը ընկալվում է երկրորդի կողմից, փոխվի 9/8 անգամ: Զայնի տարածման արագությունը օդում C=335 մ/վ:

13-31. Չղիկը բռչում է պատին ուղղահայաց V=60 մ/վ արագությամբ՝ արձակելով  $v=4.5 \cdot 10^4$  Նշ հաճախությամբ ուլտրաձայն: Զայնի ինչպիսի՞ն  $v_1$  և  $v_2$  երկու հաճախություններ է լսում չղիկը: Զայնի տարածման արագությունը օդում C=340 մ/վ:

13-32. Ինչպիսի՞ն է երկարություն պետք է ունենա  $c=0,05$  սմ շառավղով պողպատ լարը, որպեսզի ծագման F=0,49 կն ուժի դեպքում այն արձակի  $v=320$  Նշ հաճախության ձայն:

13-33. Ինչպիսի՞ն F ուժով պետք է ծգել  $\ell=20$  սմ երկարություն և  $d=0,2$  մմ տրամագիծ ունեցող պողպատն լարը, որպեսզի այն արձակի ցա տոնը (հաճախությունը՝  $v=435$  Նշ):

13-34. Ինձանալով պողպատի ամրության սահմանը, գտնել այն անհամենք հաճախությունը, որով կարելի է լարել  $\ell=1$  մ երկարությամբ լար:

13-35. Լարը, որը ծգված է  $F_1=447$  Ն ուժով, կամերտունի հետ տալիս է  $v_p=8$  Նշ հաճախությամբ բախումներ: Այն բանից հետո, երբ այդ լարը ծգեցին  $F_2=156,8$  Ն ուժով, այն դարձավ համալրաված կամերտունի հետ ներդաշնակ: Գտնել կամերտունի տառամուլների  $v_2$  հաճախությունը:

13-36. Նախորդ խնդրի կամերտունը մեկ ուրիշ կամերտունի հետ տալիս է  $v_p=2$  Նշ հաճախությամբ բախումներ: Գտնել երկրորդ կամերտունի տառամուլների  $v$  հաճախությունը:

13-37. Գտնել F=6 կն ուժով ծգված լարի իիմնական տոնի և հաճախությունը: Լարի երկարությունը  $\ell=0,8$  մ, նրա զանգվածը՝  $m=30$  գ:

13-38. Գտնել իիմնական տոնի և հաճախությունը՝ ա) բաց խողովակի, բ) փակ խողովակի համար:

13-39. Փակ խողովակը արձակում է դո (հաճախությունը՝  $v_1=130,5$  Նշ) իիմնական տոնը: Խողովակը բացեցին: Ինչպիսի՞ն իիմնական տոնի  $v_2$  հաճախություն նա ունի այժմ: Ինչպիսի՞ն է խողովակի է երկարությունը: Օդում ձայնի տարածման արագությունը C=340 մ/վ:

## §14. ԷԼԵԿՏՐԱՍՍՎԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

Էլեկտրամագնիսական տառամուլների Ե պարբերությունը C ունակությունից, L խնդրված կամ R դիմադրությունից բաղկացած կոռուպում որոշվում է

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{1/LC - (R/2L)^2}}$$

բանաձևով: Եթե կոնտուրի R դիմադրությունը այնքան փոքր է, որ  $(R/2L)^2 \ll 1/LC$ , ապա տառամուլների պարբերությունը՝

$$T = 2\pi \sqrt{LC} :$$

Եթե կոնտուրի R դիմադրությունը հավասար չէ գրոյի, ապա տառամուլները կլինեն ճարող: Այդ դեպքում պատենցիալների տարրերությունը կոնդենսատորի շրջադիրների վրա ժամանակից կախված փոխվում է

$$U=U_0 e^{-\alpha t} \cos \omega t$$

օրենքով, եթե ժամանակը հաշվենք այն պահից, որը համապատասխանում է կոնդենսատորի շրջադիրների վրա ամենամեծ պատենցիալների տարրերությանը: Այստեղ  $\alpha = R/2L$ -ը մարման գործակիցն է:  $\omega = \delta T$  մեծությունը կոչվում է մարման լոգարիթմական դեքրենենություն: Եթե  $\delta=0$ , ապա տառամուլները կլինեն չճարող, և այդ դեպքում կարելի է գրել

$$U=U_0 \cos \omega t:$$

Եթե ժամանակը հաշվենք այն պահից, երբ պատենցիալների տարրերությունը կոնդենսատորի շրջադիրների վրա հավասար չէ գրոյի, ապա իրավացի կլինի հետևալ առնչությունը:

$$U=U_0 \sin \omega t:$$

Օհմի օրենքը փոփոխական հոսանքի համար գրվում է

$$\mathcal{I}_{գործ} = \frac{U_{գործ}}{R}$$

տեսքով, որտեղ  $\mathcal{I}_{գործ}$ -ը և  $U_{գործ}$ -ը հոսանքի և լարման գործող արժեքներն են, որոնք կապված են  $\mathcal{I}_0$  և  $U_0$  լայնությունների հետ

$$\mathcal{I}_{գործ} = \mathcal{I}_0 / \sqrt{2} , \quad U_{գործ} = U_0 / \sqrt{2}$$

առնչություններով, իսկ Z-ը շղթայի լոիվ դիմադրությունն է: Եթե շղթան պարունակում է հաջորդաբար միացված R դիմադրություն, C ունակություն և L ինդուկտիվություն, ապա

$$Z=\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}:$$

Այդ դեպքում լարման և հոսանքի ուժի միջև փոփոխի տարրերությունը կորոշվի

$$tg \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$

բանաձևով: Շղրայի  $Z$  լրիվ դիմադրության և փուլերի գումարության բանաձևը  $R, C$  և  $L$  տարրերի միացման տարրեր դեպքերի համար տրված են 14-23 խնդրի լուծման մեջ:

Կոճը, որը օժտված է  $R$  դիմադրությամբ և  $L$  ինդուկտիվությամբ, փոփոխական հոսանքի շրջայում համապատասխանում է հաջորդաբար միացված  $R$ -ի և  $L$ -ի: Հոսակորուստ կրոնդենսատորը, այսինքն  $C$  ունակությամբ և  $R$  դիմադրությամբ օժտված կրոնդենսատորը, համապատասխանում է զուգահեռ միացված  $R$ -ի և  $C$ -ի:

Փոփոխական հոսանքի հզրությունը՝

$$P = \mathcal{E}_{\text{գործ}} U_{\text{գործ}} \cos \varphi:$$

14-1. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=888$  պֆ ունակությամբ կրոնդենսատորից և  $L=2$  մշն ինդուկտիվությամբ կոնդից: Ինչպիսի՞ և ալիքի վրա է համարված կրոնտուրը:

14-2. Ավելաների ինչպիսի՞ միջակայքի համար կարելի է համարաել տառանոդական կրոնտուրը, եթե նրա ինդուկտիվությունը  $L=2$  մշն է, իսկ ունակությունը կարող է փոխվել  $C_1=69$  պֆ-ից մինչև  $C_2=533$  պֆ:

14-3. Ինչպիսի՞ Լ ինդուկտիվությունը պետք է միացնել տառանոդական կրոնտուրին, որպեսզի  $C=2$  մկֆ ունակության դեպքում ստացվի  $\nu=1000$  Ց հաճախություն:

14-4.  $L=30$  մկշն ինդուկտիվությամբ կոճը միացված է հարք կրոնդենսատորին, որի թիթեղների մակերեսը  $S=0,01$  մ<sup>2</sup> է և նրանց միջև եղած հեռավորությունը 0,1 մ է: Գտնել թիթեղների միջև եղած տարածությունը լցոնող միջավայրի և դիէլեկտրիկ քափանցելիությունը, եթե կրոնտուրը համարված է  $\lambda=750$  մ ալիքի երկարության վրա:

14-5. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=25$  մկֆ ունակությամբ կրոնդենսատորից և  $L=1,015$  Ց ինդուկտիվությամբ կոնդից: Կրոնդենսատորի շրջադիրների վրա կա  $q=2,5$  մկլ լիցք: Գրել շղրայի կրոնդենսատորի վրա  $U$  լարման և  $\mathcal{E}$  հոսանքի (թվային գործակիցներով) փոփոխման հավասարությունը: Գտնել կրոնդենսատորի թիթեղների վրա պոտենցիալների շրջադիրների վրա պոտենցիալների և տարրերությունը  $t=1$  մվ-ի ընթացքում կիրարանա երեք անգամ: Այդ դեպքում ինչպիսի՞ն է կրոնտուրի  $R$  դիմադրությունը:

14-6. Նախորդ խնդրի տառանոդական կրոնտուրի համար գրել (թվային գործակիցներով) էլեկտրական դաշտի  $W_L$  էներգիայի, մագնիսական դաշտի  $W_B$  էներգիայի և դաշտի լրիվ  $W$  էներգիայի ժամանակից

ունեցած կախման հավասարությունը: Գտնել էլեկտրական դաշտի էներգիան, մագնիսական դաշտի էներգիան և դաշտի լրիվ էներգիան ժամանակից  $T/8, T/4$  և  $T/2$  պահերին: Կառուցել այդ կախումների գրաֆիկները մեկ պարբերության սահմաններուու:

14-7. Տառանոդական կրոնտուրում կրոնդենսատորի շրջադիրների վրա եղած պոտենցիալների տարրերությամբ փոփոխման հավասարությը ժամանակից կախված տրված է  $U=50 \cos 10^4 t$  Վ Կ տեսքով: Կրոնդենսատորի ունակությունը՝  $C=0,1$  մկֆ: Գտնել տառանձնան  $T$  պարբերությունը, կրոնտուրի  $L$  ինդուկտիվությունը, շրջայում  $\mathcal{E}$  հոսանքի ժամանակից կախված փոփոխման օրենքը և այդ կրոնտուրին համապատասխանող  $\lambda$  ալիքի երկարությունը:

14-8. Տառանոդական կրոնտուրում հոսանքի ժամանակից կախված փոփոխման հավասարությունը ունի  $U=0,02 \sin 400 t$  Վ Մ տեսքը: Կրոնտուրի ինդուկտիվությունը՝  $L=1$  Ց: Գտնել տառանումների  $T$  պարբերությունը, կրոնտուրի  $C$  ունակությունը, մագնիսական դաշտի  $W_B$  առավելագույն էներգիան և էլեկտրական դաշտի  $W_L$  արավելագույն էներգիան:

14-9. Գտնել տառանոդական կրոնտուրի մագնիսական դաշտի  $E$  էներգիայի հարաբերությունը էլեկտրական դաշտի էներգիային՝  $W_B/W_L$  ժամանակի  $T/8$  պահին:

14-10. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=7$  մկֆ ունակությամբ կրոնդենսատորից,  $L=0,23$  Ց ինդուկտիվությամբ ու  $R=40$  Օմ դիմադրությամբ կոնդից: Կրոնդենսատորի շրջադիրներից յուրաքանչյուրի վրա կա  $q=0,56$  կը մնանական լիցք: Գտնել կրոնտուրի տառանումների  $T$  պարբերությունը և մարման լոգարիթմական  $x$  գործակիցը: Գրել կրոնդենսատորի շրջադիրների վրա պոտենցիալների Մ տարրերության ժամանակից ունեցած կախումը: Գտնել պոտենցիալների տարրերությունը ժամանակի  $T/2, T, 3T/2$  և  $2T$  պահերին: Կառուցել  $U=f(t)$  գրաֆիկը երկու պարբերության սահմաններուու:

14-11. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=0,2$  մկֆ ունակությամբ կրոնդենսատորից և  $L=5,07$  մշն ինդուկտիվությամբ կոնդից: Ինչպիսի՞ չ մարման լոգարիթմական դեքտեմենտի դեպքում կրոնդենսատորի շրջադիրների միջև եղած պոտենցիալների տարրերությունը  $t=1$  մվ-ի ընթացքում կիրարանա երեք անգամ: Այդ դեպքում ինչպիսի՞ն է կրոնտուրի  $R$  դիմադրությունը:

14-12. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=405$  մկֆ ունակությամբ կրոնդենսատորից,  $L=10$  մշն ինդուկտիվությամբ և  $R=2$  Օմ դիմադրությամբ կոնդից: Քանի՞ անգամ կիրարանա կրոնդենսատորի շրջադիրների միջև եղած պոտենցիալների տարրերությունը տառանումնան մեկ պարբերության ընթացքում:

14-13. Տառանոդական կրոնտուրը բաղկացած է  $C=2,22$  մկֆ ունա-

կուրյամբ կոնդենսատորից և  $d=0.5$  մմ տրամագծով պղնձել լարից փաթաքաված  $\ell=20$  սմ երկարությամբ կոճից: Գտնել տատանումների չ մարման լոգարիթմական դեքրեննետը:

14-14. Տառանողական կոնդուկտն ունի  $C=1.1$  նմ ունակություն և  $L=5$  մԵն ինդուկտիվություն: Մարման լոգարիթմական դեքրեննետը՝  $\chi=0.005$ : Որքա՞ն ժամանակում կոնտուրը նարման հետևանքով կպորզնի իր եներգիայի 90 %-ը:

14-15. Տառանողական կոնդուկտն բաղկացած է կոնդենսատորից և  $S=0.1$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատուքի մակերես ունեցող և  $\ell=40$  սմ երկարությամբ պղնձել լարից պատրաստված կոճից: Գտնել կոնդենսատորի  $C$  ունակությունը, եթե, կոնդուկտի պարերությունը  $T=2\pi\sqrt{LC}$  մոտավոր բանաձևով հաշվելով, բույլ ենք տալիս  $\varepsilon=1\%$  սխալ: Ցուցում. հաշվի առել, որ սխալը  $\varepsilon=T_2-T_1/T_1$ , որտեղ  $T_1$ -ը տատանումների պարերությունն է, գուած նույտով բանաձևով, իսկ  $T_2$ -ը՝ տատանումների պարերությունը՝ գտած ճիշտ բանաձևով:

14-16.  $\ell=50$  սմ երկարություն և  $S=10$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատուքի մակերես ունեցող կոճը միացված է  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրային: Կոճի գավարների թիվը՝  $N=3000$ : Գտնել կոճի  $R$  դիմադրությունը, եթե լարման և հոսանքի միջև փուլերի շեղումը՝  $\varphi=60^{\circ}$ :

14-17. Կոճի փարույթը բաղկացած է պղնձել լարի  $N=500$  գալարներից, որի լայնական հատուքի մակերեսը՝  $S=1$  մմ<sup>2</sup>: Կոճի երկարությունը՝  $\ell=50$  սմ, նրա տրամագիծը՝  $D=5$  մմ: Փոփոխական հոսանքի ինչպիսի՞ և հաճախությամբ դեպքում կոճի  $Z$  լրիվ դիմադրությունը երկու անգամ մեծ կլինի նրա  $R$  ակտիվ դիմադրությունից:

14-18.  $C_1=0.2$  մկֆ և  $C_2=0.1$  մկֆ ունակությանը երկու կոնդենսատորին հաջորդաբար միացված են փոփոխական հոսանքի շրային, որի լարումը՝  $U=220$  Վ և հաճախությունը՝  $\nu=50$  Հց: Գտնել Յ հոսանքը շրայում և լարման  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$  անկումները առաջին և երկրորդ կոնդենսատորների վրա:

14-19.  $\ell=25$  սմ երկարությամբ և  $r=2$  սմ տրամագծով կոճն ունի  $S=1$  մմ<sup>2</sup> լայնական հատուքի մակերեսով պղնձել լարի  $N=1000$  գալար: Կոճը միացված է  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրային: Կոճի  $Z$  լրիվ դիմադրության ո՞ր մասն է կազմում  $R$  ակտիվ դիմադրությունը և  $X$  ինդուկտիվ դիմադրությունը:

14-20.  $C=20$  մկֆ ունակությամբ կոնդենսատորը և  $R=150$  Օմ դիմադրությամբ ռեզիստորը հաջորդաբար միացված են  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրային: Ծրբայի ծայրերին կիրառված Ս լարման ո՞ր մասն են կազմում կոնդենսատորի վրա  $U_c$  լարումը և ռեզիստորի վրա  $U_R$  լարումը:

14-21. Կոնդենսատորը և լէնկուրումկան շամսց միացված են հաջոր-

դաբար ու մուցված  $U=440$  Վ լարման և  $\nu=50$  Հց հաճախության փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ: Ինչպիսի՞ Շ ունակությունը ավելոր է ունենա կոնդենսատորը, որպեսզի լամպի միջով հոսի  $I=0.5$  Ա հոսանք և լարման ամկումը նրա վրա լինի  $U_2=110$  Վ:

14-22.  $R=10$  Օմ ակտիվ դիմադրությամբ և  $L$  ինդուկտիվությամբ կոճը մուցված է  $U=127$  Վ լարման,  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ: Գտնել կոճի  $L$  ինդուկտիվությունը, եթե հայտնի է, որ կոճը կլանում է  $P=400$  Վտ հզրություն և լարման ու հոսանքի միջև փուլերի շեղումը՝  $\varphi=60^{\circ}$ :

14-23. Ծրբայի  $Z$  լրիվ դիմադրության, լարման և հոսանքի փուլերի ք շեղման համար գտնել բանաձևեր  $R$  դիմադրության,  $C$  ունակության և  $L$  ինդուկտիվության տարրեր միացումների համար: Դիտարկել (ա)  $R$ -ը և  $C$ -ն միացված են և հաջորդաբար, (բ)  $R$ -ը և  $C$ -ն միացված են գուգահեռ, (գ)  $R$ -ը և  $L$ -ը միացված են և հաջորդաբար, (դ)  $R$ -ը և  $L$ -ը միացված են գուգահեռ, (ե)  $R$ -ը,  $L$ -ը և  $C$ -ն միացված են հաջորդաբար դեպքերը:

14-24.  $C=1$  մկֆ ունակությամբ կոնդենսատորը և  $R=3$  կՕմ դիմադրությամբ ռեզիստորը մուցված են  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ: Գտնել շրայի  $Z$  լրիվ դիմադրությունը, եթե կոնդենսատորը և ռեզիստորը միացված են (ա) հաջորդաբար, (բ) գուգահեռ:

14-25.  $U=220$  Վ լարում և  $\nu=50$  Հց հաճախություն ունեցող փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ մուցված են հաջորդաբար միացված  $C=35.4$  մկֆ ունակություն,  $R=100$  Օմ դիմադրություն և  $L=0.7$  Հն ինդուկտիվություն: Գտնել շրայի Յ հոսանքը և լարման  $U_C$ ,  $U_R$ ,  $U_L$  անկումները կոնդենսատորի, դիմադրության և ինդուկտիվության վեա:

14-26.  $L=22.6$  Հն ինդուկտիվությունը և  $R$  դիմադրությունը հաջորդաբար նույնական են  $\nu=50$  Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ: Գտնել  $R$  դիմադրությունը, եթե հայտնի է, որ լարման և հոսանքի միջև փուլերի շեղումը՝  $\varphi=60^{\circ}$ :

14-27.  $R$  ակտիվ դիմադրությունը և  $L$  ինդուկտիվությունը միացված են գուգահեռ ու մուցված  $U=127$  Վ լարում և  $\nu=50$  Հց հաճախություն ունեցող փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ: Գտնել  $R$  դիմադրությունը և  $L$  ինդուկտիվությունը, եթե հայտնի է, որ շրաբն կլանում է  $P=404$  Վտ հզրությունը, իսկ լարման և հոսանքի միջև փուլերի շեղումը՝  $\varphi=60^{\circ}$ :

14-28.  $U=220$  Վ լարման փոփոխական հոսանքի շրայի մեջ հաջորդաբար նույնական են  $C$  ունակությունը,  $R$  դիմադրությունը և  $L$  ինդուկտիվությունը: Գտնել  $U_R$  լարման անկումը դիմադրության վրա, եթե հայտնի է, որ լարման անկումը կոնդենսատորի վրա՝  $U_C=2U_R$ , ինդուկտիվության վրա՝  $U_L=3U_R$ :

## ԳԼՈՒԽ V

### ՕՊՏԻԿԱ

#### ԼՈՒՍԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

Այսուակ 17-ում բերված են լուսային մեծությունների մի քանի ածանցյալ միավորներ ՏԻ հաճակարգում:

Որպես լուսային հոսքի միավոր ընդունված է լումենը (լմ)՝ այն լուսային հոսքը, որը առաջում է մեկ կանոնական լուսի ուժ ունեցող լուսի կետային աղբյուրը մեկ ստեռադիան նարմանային անկյան մեջ.

$$1 \text{ լմ} = 1 \text{ կդ} \cdot 1 \text{ ստեռ.}$$

Որպես լուսավորվածության միավոր ընդունված է լուքսը (լք)՝ մեկ լումենի լուսային հոսքը հավասարաչափ մեկ քառակուսի մետրի վրա բաշխման հետևանքով տուացված լուսավորվածությունը.

$$1 \text{ լք} = 1 \text{ լմ}/\text{մ}^2$$

Լուսի աղբյուրի լուսատվության միավորը հանդիսանում է լումենը մեկ քառակուսի մետրի վրա ( $\text{լմ}/\text{մ}^2$ )՝ այն լուսատվությունը, որը հաճապատականում է մեկ քառակուսի մետր մակերեսի կողմից մեկ լումեն լուսային հոսքին:

Այսուակ 17

Մեծությունը	Ս ի ա վ ո ր ը			Մեծության չափայինիք
	սահմանություն	անվանումը	նշանակումը	
Լուսային հոսք	$d\Phi=3d\omega$	լումեն	լմ	լ
Լուսային էներգիա	$dW=\Phi dt$	լուսավորված էներգիա	$\text{լմ}\cdot\text{կ}$	Տ.կ
Լուսավորվածություն	$E=d\Phi/dS$	լուքս	լք	$\text{լ}^{-2}\text{յ}$
Լուսատվություն	$R=d\Phi/dS$	լումենը մեկ քառակուսի մետրի վրա	$\text{լմ}/\text{մ}^2$	$\text{լ}^{-2}\text{յ}$
Պայմանական պատճենագիր	$B=d\Phi/dScos(\theta)$	կանոնական մեկ քառակուսի մետրի վրա	$\text{կդ}/\text{մ}^2$	$\text{լ}^{-2}\text{յ}$
Լուսային պահաժամ (էքսպոզիցիա)	$dH_t=Edt$	լուքս-վայրկան	լք.կ	$\text{լ}^{-2}\text{Տ.յ}$

Որպես պայմանական միավոր ծառայում է կանոնական մեկ մետր քառակուսու վրա ( $\text{կդ}/\text{մ}^2$ )՝ այն հավասարաչափ լուսավորվող հարք մակերեսից նրա նորմալի պայմանակարգությունը, որը մեկ քառակուսի մետր մակերեսից նրա նորմալի լուսությունը կամագի պարագաներու մեջ:

Խնդիրների լուծման օրինակներ

**Խնդիր 1.** 1000 կդ լուսի ուժ ունեցող էլեկտրական լամպի պարույրը գտնվում է 20 սմ տրամագիծ ունեցող փայլառ գնդային կոլբայի մեջ: Գտնել լուսի այդ աղբյուրից առաքված լուսային հոսքը. լուսի այդ աղբյուրի լուսատվությունը և պայմանական պատճենագիրը, որի վրա ընկել է աղբյուրի կողմից առաքված լուսային հոսքի 10 %-ը: Էկրանի մակերեսությունը լուսի անդրադարձան գործակիցը՝  $\beta=0.8$ : Էկրանի մակերեսը հավասար է  $0.25 \text{ մ}^2$ -ու: Հաճարել, որ էկրանի մակերեսությը լուսը գրում է Լամպերտի օրենքով:

**Հուծում:** Լուսի  $\Phi$  հոսքը, որը առաքվում է լուսի աղբյուրի կողմից բռնոր ուղղություններով, կապված է այդ աղբյուրի լուսի  $S$  ուժի հետ

$$\Phi=4\pi S$$

առմջությանը: Մեզ նույն  $S=10^3 \text{ կդ}$ , հետևաբար  $\Phi=1,26 \cdot 10^4 \text{ լմ}$ :

Լուսի աղբյուրի լուսատվությունը՝

$$R=\frac{\Phi}{S}=\frac{4\pi S}{4\pi r^2}=\frac{S}{r^2},$$

որտեղ  $r$ -ը կոլբայի շառավիղն է: Տեղադրելով թվային արժեքները, կգտնենք

$$R=\frac{1000}{(0,1)^2}=10^5 \text{ լմ}/\text{մ}^2:$$

Լուսի աղբյուրի պայմանական պատճենագիրը՝

$$B=\frac{S}{\wedge S},$$

որտեղ  $\wedge S$ -ը լուսատու մակերեսությի տեսանելի մակերեսն է: Մեզ նույն  $\wedge S=\pi r^2$ , որտեղ  $r$ -ը կոլբայի շառավիղն է, այդ դեպքում

$$B=\frac{S}{\pi r^2}=\frac{1000}{\pi (0,1)^2}=3,18 \cdot 10^4 \text{ կդ}/\text{մ}^2:$$

Ըստ պայմանի էկրանի վրա ըմկնում է  $\Phi_t=0,1\Phi=1,26 \cdot 10^3 \text{ լմ}$ : Այդ դեպքում էկրանի լուսավորվածությունը՝

$$E=\frac{\Phi_t}{S_t}=\frac{1,26 \cdot 10^3}{0,25} \text{ լմ}/\text{մ}^2 \approx 5 \cdot 10^3 \text{ լք}: \quad$$

Ելքանի լուսատվությունը՝

$$R = \rho \frac{\Phi_t}{S_t} = \rho E = 0.8 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ լմ}/\text{մ}^2 = 4 \cdot 10^3 \text{ լմ}/\text{մ}^2.$$

Ելքանի պայմանությունը՝

$$B = \frac{R}{\pi} = 1.3 \cdot 10^3 \text{ կո}/\text{մ}^2:$$

**Խնդիր 2.** Բացարձակ սև մարմնը պահպօք է 1000 Կ հաստատում շերճաստիճանում: Մարմնի ճակերեսը 250 սմ<sup>2</sup> է: Գտնել այդ մարմնի ճառագայթման հզորությունը:

**Լուծում:** Ստեփան-Բոլցմանի օրենքի համաձայն էներգետիկ լուսատվությունը, այսինքն բացարձակ սև մարմնի միավոր մակերեսից միավոր ժամանակում առաջարկած էներգիան՝

$$R_t = \sigma T^4,$$

իսկ ճառագայթված ամբողջ էներգիան՝

$$W = St R_t = St \sigma T^4,$$

որտեղ  $S$ -ը բացարձակ սև մարմնի մակերևույթի ճակերեսն է,  $\sigma$ -ն ճառագայթման ժամանակը,  $St$ -ը Ստեփան-Բոլցմանի հաստատումը և  $T$ -ն մարմնի ջերմադիրնամիկական ջերմաստիճանը: ճառագայթման հզորությունը՝

$$W = \frac{St}{\tau} = St \sigma T^4;$$

Սեղ մոտ  $S=250$  սմ<sup>2</sup>= $2.5 \cdot 10^{-2}$  մ<sup>2</sup>,  $\sigma=5.67 \cdot 10^{-8}$  Վտ/մ<sup>2</sup>·Կ<sup>4</sup> և  $T=1000$  Կ:  $St$ -դադրելով այդ տվյալները, կստանանք  $N=1.42 \cdot 10^3$  Վտ=1.42 կՎտ:

## §15. ԵՐԿՐԱՎԱՓԱԿԱՆ ՕՊՏԻԿԱ ԵՎ ՖՈՏՈՍԵՏՐԻԿ

Գնդածն հայելու օպտիկական ուժը որոշվում է

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{F} = D$$

բանաձևով, որտեղ  $a_1$ -ը և  $a_2$ -ը առարկայի և պատկերի հեռավորություններն են հայելուց,  $R$ -ը հայելու կորության շառավիղն է,  $F$ -ը նրա կիզակետային հեռավորությունը:

Հայելուց ճառագայթի ուղղությամբ հաշված հեռավորությունները համարվում են դրական, իսկ հակառակը՝ բացասական: Եթե  $F$ -ը արտահայտված է մետրերով, ապա  $D$ -ն կարտահայտվի դիօպտրիաներով ( $դաստր$ )՝  $1 \text{ դաստր}=1 \text{ մ}^{-1}$ :

Ճառագայթը մեկ միջավայրից նյութը անցնելիս տեղի ունի լուսի բեկման օրենքը:

$$\frac{\sin i}{\sin \beta} = n = \frac{V_1}{V_2},$$

որտեղ  $i$ -ն անկման անկյունն է,  $\beta$ -ն՝ բեկման անկյունը,  $n$ -ը երկրորդ միջավայրի բեկման ցուցիչն է առաջինի նկատմամբ,  $V_1$ -ը և  $V_2$ -ը լուսի տարածման արագություններն են առաջին և երկրորդ միջավայրերում:

Յամանու միջավայրում տեղակիրկած բարակ ոսպնյակի օպտիկական  $D$  ուժը որոշվում է

$$-\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{F} = D$$

բանաձևով, որտեղ  $a_1$ -ը և  $a_2$ -ը առարկայի և պատկերի հեռավորություններն են ոսպնյակից,  $n$ -ը ոսպնյակի նյութի հարաբերական բեկման ցուցիչն է,  $R_1$ -ը և  $R_2$ -ը ոսպնյակի կորության շառավիղներն են: Նշանների կանոնը ոսպնյակի համար նույն է, ինչ որ հայելիների համար: Միասին մեղադրված երկու բարակ ոսպնյակների օպտիկական ուժը՝

$$D = D_1 + D_2,$$

որտեղ  $D_1$ -ը և  $D_2$ -ը ոսպնյակների օպտիկական ուժերն են:

Հայելիների և ոսպնյակների լայնական խոշորացումը որոշվում է

$$K = \frac{y_2}{y_1} = \frac{a_2}{a_1}$$

բանաձևով, որտեղ  $y_1$ -ը առարկայի բարձրությունն է,  $y_2$ -ը՝ պատկերի բարձրությունը:

Խոշորացույցի խոշորացումը՝

$$K = \frac{L}{F},$$

որտեղ  $L$ -ը լավագույն տեսողության հեռավորությունն է,  $F$ -ը՝ խոշորացույցի կիզակետային հեռավորությունը:

Մանրադիտակի խոշորացումը՝

$$K = LdD_1 D_2,$$

որտեղ  $L$ -ը լավագույն տեսողության հեռավորությունն է,  $d$ -ն՝ օբյեկտիվի և օկուլյարի կիզակետերի միջև հեռավորությունն է,  $D_1$ -ը և  $D_2$ -ը օբյեկտիվի և օկուլյարի օպտիկական ուժերն են:

Աստղադիտակի խոշորացումը՝

$$K = \frac{F_1}{F_2},$$

որտեղ  $F_1$ -ը և  $F_2$ -ը օբյեկտիվի և օկուլյարի կիզակետային հեռավորություններն են:

Լուսային  $\Phi$  հոսքը որոշվում է էներգիայի այն քանակով, որը տեղափոխվում է լուսային ալիքների միջոցով տվյալ մակերեսով միավոր ժամանակում:

$$\Phi = \frac{dW}{dt},$$

Լուսի Յ ուժը թվապես հավասար է միավոր ճարմնային անկյան միջոցով անցնող լուսային հոսքին.

$$S = \frac{d\Phi}{d\omega};$$

Ելուսավորվածությունը բնութագրվում է միավոր մակերեսով անցնող լուսային հոսքով.

$$E = \frac{d\Phi}{dS};$$

Յ լուսի ուժ ունեցող կետային աղբյուրը իրենից բ հեռավորություն ունեցող մակերեսի վրա առաջանում է

$$E = \frac{S \cos \alpha}{r^2}$$

Լուսավորվածություն, որտեղ  $\alpha$  ն լուսի անկյան անկյունն է:

Բ լուսատվությունը թվապես հավասար է այն լուսային հոսքին, որն արձակվում է լուսավորող ճարմնի միավոր մակերեսից.

$$R = \frac{d\Phi}{dS};$$

Եթե ճարմնի լուսատվությունը պայմանավորված է նրա լուսավորվածությամբ, ապա

$$R = \rho E,$$

որտեղ  $\rho$ -ն անդրադանա գործակիցն է:

Լուսավորվող մակերևույթի Յ պայմանությունը թվապես հավասար է ճառագայթող մակերևույթի տարրի լուսի ուժի հարաբերությամբ այդ տարրի պրոյեկցիայի մակերեսին՝ դիտման ուղղությունը ուղղահայաց հարթության վրա (այսինքն տարրի տեսանելի մակերևույթին).

$$B = \frac{d\Phi}{dS \cos(\theta)},$$

որտեղ 0-90 տարրի մակերևույթին տարած ուղղահայացի կազմած անկյունն է դիտման ուղղության հետ:

Եթե ճարմնինը ճառագայթում է Լամբերտի օրենքով, այսինքն եթե պայմանությունը կախում չունի ուղղությունից, ապա  $R$  լուսատվությունը և  $B$  պայմանությունը կապված են հետևյալ առնչությամբ.

$$R = \pi B;$$

**15-1.** Լուսի հորիզոնական ճառագայթը ընկնում է ուղղաձիգ դրված հայելու վրա: Յայելին պտտվում է ուղղաձիգ պահանջը շուրջը ու պահանջում: Ի՞նչ ՞ անկյունով կպտտվի անդրադանա ճառագայթը:

**15-2.** Գոգավոր գնդածն հայելու կորության շառավիղը  $R=20$  սմ:

Յայելուց  $\alpha_1=30$  սմ հեռավորության վրա տեղադրված է  $y_1=1$  սմ բարձրությամբ առարկա: Գտնել պատկերի դիրքը և  $y_2$  բարձրությունը: Տայ գծագիրը:

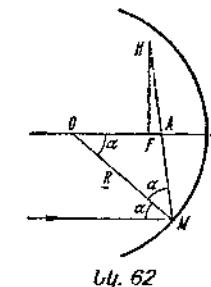
**15-3.** Ինչպիսի՞ աշխատավորության վրա կտացվի առարկայի պատկերը  $R=40$  սմ կորության շառավիղի ունեցող ուժուցիկ գնդածն հայելում, եթե առարկան տեղավորված է հայելուց  $\alpha_1=30$  սմ հեռավորության վրա: Ինչպիսի՞ կլինի պատկերի  $y_2$  բարձրությունը: Եթե առարկան ունի  $y_1=2$  սմ բարձրություն: Ստուգել հաշվարկը՝ գծագիրը կատարելով միլիմետրական թղթի վրա:

**15-4.** Ուղուցիկ հայելին ունի  $R=60$  սմ կորության շառավիղը: Յայելուց  $\alpha_1=10$  սմ հեռավորության վրա տեղադրված է  $y_1=2$  սմ բարձրությամբ առարկա: Գտնել պատկերի տեղը և  $y_2$  բարձրությունը: Տայ գծագիրը:

**15-5.**  $R=40$  սմ կորության շառավիղի ունեցող գոգավոր գնդածն հայելու օգնությամբ ցանկանում են ստանալ պատկեր, որի բարձրությունը երկու անգամ փոքր է առարկայի բարձրությունից: Որտե՞ղ պետք է դնել առարկան և որտե՞ղ կտացվի պատկերը:

**15-6.** Գոգավոր գնդածն հայելու մեջ ստացված առարկայի պատկերի բարձրությունը երկու անգամ մեծ է առարկայի բարձրությունից: Առարկայի և պատկերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $\alpha_1+\alpha_2=15$  սմ: Գտնել հայելու կիզակետային  $F$  հեռավորությունը և օպտիկական  $D$  ուժը:

**15-7.** Գոգավոր գնդածն հայելու առաջ, գլխավոր օպտիկական առանցքի վրա, հայելուց  $\alpha_1=4/3 F$  հեռավորությամբ, առանցքին ուղղահայաց դրված է վառվող նոն: Գոգավոր հայելուն ստացված նոնի պատկերը ընկնում է  $F=2F$  կիզակետային հեռավորություն ունեցող գնդածն հայելու վրա: Յայելին միջև հեռավորությունը  $d=3F$ , նրանց առանցքները համանակութ են: Առաջին հայելու մեջ ստացված նոնի պատկերը երկրորդ հայելու համար կատարում է կեղծ առարկայի դեր և տալիս է իրական պատկեր, որը տեղավորված է երկու հայելիների միջև: Կառուցել այդ պատկերը և հաշվել համակարգի ընդհանուր  $K$  խորացումը:



Աղ. 62

**15-8.** Որտե՞ղ կգտնվի և ի՞նչ  $y_2$  չափ կունենա Արեգակի պատկերը, որը ստացվում է  $R=16$  սմ կորության շառավիղի ունեցող ցոլարձակութ (ռեֆլեկտոր):

**15-9.** Եթե գնդածն հայելու վրա ընկնում է լուսի փունջ, որի լայնությունը որոշվում է  $\alpha$  անկյունով (Աղ. 62), ապա օպտիկական առանցքին գոգահեռ և հայելու եզրին ընկնող ճառագայթը նրանից անդրադանա լուց հետո օպտիկական առանցքը կիսատ արդեն ոչ թե կիզակետում, այլ

կիզակետից ինչ-որ AF հեռավորության վրա:  $X=AF$  հեռավորությունը կոչվում է երկայնական գնդային խոտորում (աբերացիա), իսկ  $y=FH$  հեռավորությունը՝ լայնական գնդային խոտորում: Արտածելք բանաձև, որը այդ խոտորումները և ա անկյունը կապում է հայելու կորության R շատավին հետ:

15-10.  $d=40$  սմ տրամագծով անցը ունեցող գոգավոր հայելու կորության շատավինը՝  $R=60$  սմ: Գտնել գլխավոր օպտիկական առանցքին զուգահեռ եզրային ճառագայթների  $X$  երկայնական և  $y$  լայնական խոտորումները:

15-11. Ունենք  $F=20$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող գոգավոր գնդաձևն հայելի: Օպտիկական առանցքից ինչպիսի՞ ամենանեչ հեռավորության վրա պետք է գտնվի առարկան, որպեսզի  $X$  երկայնական գնդային խոտորումը կազմի կիզակետային F հեռավորության 2 %-ից ոչ ավելին:

15-12. Լույսի ճառագայթը  $i=30^{\circ}$  անելյան տակ ընկնում է հարթութափական ապակյա թիթեղի վրա և նրանից դուրս է գալիս սկզբնական ուղղությամբ գուգահեռ: Ապակու բեկման ցուցիչը  $n=1.5$ : Ինչպիսի՞ն է թիթեղի Ժամատությունը, եթե ճառագայթների միջև հեռավորությունը՝  $\ell=1.94$  սմ:

15-13.  $d=1$  սմ հաստություն ունեցող հարթութափական ապակյա թիթեղի վրա լույսի ճառագայթը ընկնում է և  $60^{\circ}$  անկյան տակ: Ապակու բեկման ցուցիչը՝  $n=1.73$ : Լույսի մի մասը անդրականում է, իսկ մյուս մասը, բեկվելով, անցնում է ապակու մեջ, անդրականում թիթեղի ներքին մակերևություն և, երկրորդ անգամ բեկվելով, նորից դուրս է գալիս օդ՝ գուգահեռ անդրադարձ առաջին ճառագայթին: Բրոշել ճառագայթների միջև եղած է հեռավորությունը:

15-14. Լույսի ճառագայթը և անելյան տակ ընկնում է ո բեկման ցուցիչ ունեցող մարմնի վրա: Ինչպե՞ս պետք է կապված լինեն իրար ին և ո-ը, որպեսզի անդրադարձ ճառագայթը լինի ուղղահայաց թեկվածին:

15-15. Ապակու բեկման ցուցիչը՝  $n=1.52$ : Գտնել լրիվ ներքին անդրադարձն ( $\beta$  սահմանային անկյունը՝ ա) ապակի-օդ, բ) ջուր-օդ, գ) ապակի-ջուր բաժանման սահմանի համար:

15-16. Ի՞նչ ուղղությամբ կտեսնի ջրի մեջ սուզված լողորդը մայր մտնող պրեզալյ:

15-17. Լույսի ճառագայթը դուրս է գալիս բեկմայուղից օդ: Այդ ճառագայթի համար լրիվ ներքին անդրադարձնան սահմանային անկյունը՝  $\beta=42^{\circ} 23'$ : Գտնել լույսի տարածման V<sub>1</sub> արագությունը բեկմայուղի մեջ:

15-18. Զրով լցված բաժանման վրա դրված է ապակի թիթեղ: Ինչպիսի՞ և անելյան տակ պետք է ընկնի լույսի ճառագայթը թիթեղի վրա, որպեսզի ջրի և ապակու բաժանման մակերևությունը տեղի ունենա լրիվ ներքին անդրադարձն: Ապակու բեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ :

15-19. Մինչև  $h=10$  սմ բարձրությամբ ջրով լցված անորի հատակին տեղավորված է լույսի կետային աղբյուր: Ջրի նակերևույթին լրողում է կլոր ու թափանցիկ թիթեղ այնպէս, որ նրա կենտրոնը գտնվում է լույսի աղբյուրի վերևուն: Ինչպիսի՞ ամենափոքր շառավակի պետք է ունենա այդ թիթեղը, որպեսզի ոչ մի ճառագայթ չկարողանա դրւու գալ ջրի նակերևույթով:

15-20. Ապակե թիթեղի վրա  $i=45^{\circ}$  անկյան տակ սպիտակ լույս ընկնում ժամանակ տարբեր երկարության ալիքների համար ստացվել են հետևյալ թիզման անկյունները.

$\lambda, \text{nm}$	759	687	589	486	397
$\beta$	24°02'	23°057'	23°047'	23°027'	22°057'

Կառուցել թիթեղի նյութի բեկման ո ցուցիչի և ալիքի երկարությունից ունեցած կախման գրաֆիկը:

15-21. Ինչ-որ տեսակի ապակու բեկման ցուցիչները կարմիր և նանուչակագույն ճառագաբանների համար համապատասխանաբար հավասար են՝  $\eta_{\text{կ}}=1.51$  և  $\eta_{\text{ց}}=1.53$ : Գտնել լրիվ ներքին անդրադարձնան սահմանային  $\beta$  կը և  $\beta$  անկյունները այդ ճառագայթների դեպքում՝ ապակի-օդ բաժանման սահմանի համար:

15-22. Ի՞նչ տեղի կունենա, եթե ապակի-օդ սահմանի բաժանման մակերևույթի վրա  $i=41^{\circ}$  անկյան տակ ընկնի սպիտակ լույսի ճառագայթը, եթե վերցնենք նախորդ խմորի ապակին: (Օգտվել նախորդ խմորի լուծման արդյունքներից):

15-23. Մոնոքրոնատիկ ճառագայթը ուղղահայաց ընկնում է պրիզմայի կողմանային մակերևույթի վրա, որի բեկող անկյունը՝  $\gamma=40^{\circ}$ : Այդ ճառագաբարի համար պրիզմայի նյութի բեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ : Գտնել պրիզմայից դուրս եկող ճառագայթի շեղումը սկզբնական ուղղությունից:

15-24. Մոնոքրոնատիկ ճառագայթը ուղղահայաց ընկնում է պրիզմայի կողմանային մակերևույթի վրա և նրանից դուրս գայիս շեղված  $\delta=250^{\circ}$  անկյունունու: Պրիզմայի նյութի բեկման ցուցիչը այդ ճառագայթի համար՝  $n=1.7$ : Գտնել պրիզմայի բեկող կանունը:

15-25. Յավասարաարուն պրիզմայի բեկող անկյունը՝  $\gamma=10^{\circ}$ : Մոնոքրոնատիկ ճառագայթը ընկնում է այդ պրիզմայի կողմանային նիստի վրա  $i=10^{\circ}$  անկյան տակ: Պրիզմայի նյութի բեկման ցուցիչը այդ ճառագայթի համար՝  $n=1.6$ : Գտնել ճառագայթի շեղման և անկյունը սկզբնական ուղղությունից:

15-26. Պրիզմայի բեկող անկյունը՝  $\gamma=45^{\circ}$ : Պրիզմայի նյութի բեկման ցուցիչը ինչ-որ մոնոքրոնատիկ ճառագայթի համար՝  $n=1.6$ : Ինչպիսի՞ պետք է լինի պրիզմայի վրա այդ ճառագայթի անկյան անդրադարձն ուղղությունը, որպեսզի նրա միջից ճառագայթի դուրս գալու ժամանակ տեղի չլունա լրիվ ներքին անդրադարձնը:

15-27. Լուսի փունջը սահում է հավասարապուն պրիզմայի կողմանային նիստի երկայնքով: Պրիզմայի ինչպիսի՞ սահմանային բեկոր չ անկյան դեպքում թեկված ճառագայթները երկրորդ կողմնային նիստի վրա կտան լրիվ ներքին անդրադարձում: Պրիզմայի նյութի թեկման ցուցիչը այդ ճառագայթների համար՝  $n=1.6$ :

15-28. Սոնոքորմատիկ ճառագայթն ընկնում է հաստատուն ուղղանկյուն պրիզմայի նիստի վրա: Մտնելով պրիզմայի մեջ՝ ճառագայթը կրում է լրիվ ներքին անդրադարձում ներքնածդին համապատասխանող նիստի վրա և դուրս է գալիս նյութ էջին հանապատասխանող նիստի միջուկ: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի պրիզմայի վրա ընկնող ճառագայթի ամենափոքր և անկյան անկյունը, որպեսզի էլի տեղի ունենա լրիվ ներքին անդրադարձում: Պրիզմայի նյութի թեկման ցուցիչը ճառագայթի համար՝  $n=1.5$ :

15-29. Սոնոքորմատիկ ճառագայթն ընկնում է հավասարապուն պրիզմայի կողմնային ճակերնույթի վրա և թեկվելուց հետո գնում պրիզմայի միջով՝ զուգահեռ նրա իմպեքտին: Դուրս գալով պրիզմայից, նա թերված է լինում իր սկզբնական ուղղությունից ծ անկյունով Գտնել կապ պրիզմայի թեկող չ անկյան, ճառագայթի ծ շեղման և այդ ճառագայթի համար ո թեկման ցուցիչը միջեւ:

15-30. Սպիտակ լուսի ճառագայթն ընկնում է հավասարապուն պրիզմայի կողմնային ճակերնույթի վրա այնպիսի անկյան տակ, որ կարմիր ճառագայթը նրա միջից դուրս է գալիս էլիլլուստ նիստին ուղղահայաց: Գտնել կարմիր և մանուշակագույն ճառագայթների ծկը և ծ շեղումը սկզբնական ուղղությունից, եթե պրիզմայի թեկող տանըունը՝  $\gamma=45^{\circ}$ : Պրիզմայի նյութի թեկման ցուցիչները կարծիք և նևեռու սպազումն ճառագայթների համար հավասար են՝  $n_1=1.37$  և  $n_2=1.42$

15-31. Գտնել կվարցից պատրաստված ոսպնյակի  $F_1$  կիզակետային հեռավորությունը սննդիկի սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն գծի համար ( $\lambda_1=259$  նմ), եթե օւաստիումի դեկիլ գծի ( $\lambda_2=589$  նմ) համար կիզակետային հեռավորությունը  $F_1$ , 16 մմ Կետարգի թեկման ցուցիչները այդ ալիքների երկարությունների համար համեստ են՝  $n_1=1.504$  և  $n_2=1.458$ :

15-32. Գտնել հետևյալ ոսպնյակների կիզակետային հեռավորությունները՝ ա) երկուուղիկ ոսպնյակի  $R_1$ , 15 մմ և  $R_2=25$  մմ. բ) հարթ ուղղիկ ոսպնյակի  $R_1=15$  մմ և  $R_2=\infty$ . գ) գլուխվոր ուղղուցիկ ոսպնյակ (դրական մենիսկ)  $R_1=15$  մմ և  $R_2=25$  մմ. դ) երկարությունը ոսպնյակ՝  $R_1=\infty$ ,  $R_2=-15$  մմ. ե) հարթ գլուխվոր ոսպնյակ՝  $R_1=-15$  մմ,  $R_2=25$  մմ. զ) ուռուցիկ-գլուխվոր ոսպնյակ (քացանական մենիսկ)՝  $R_1=25$  մմ,  $R_2=15$  մմ: Ոսպնյակի նյութի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ :

15-33.  $n_1=1.5$  և  $n_2=1.7$  թեկման ցուցիչը ունեցող ապակիներից պատրաստված են երկու միատեսակ երկուուղիկ ոսպնյակները: Գտնել

նրանց կիզակետային հեռավորությունների  $F_1/F_2$  հարաբերությունը: Է՞՞նչ ազդեցություն կդրուի այդ ոսպնյակներից յուրաքանչյուրը օպտիկական առանցքին գուգահեռ ճառագայթի վրա, եթե ոսպնյակներն ընկրնվեն  $n=1.6$  թեկման ցուցիչը ունեցող բափանցիկ հեղուկի մեջ:

15-34. Երկուուղիկ ոսպնյակի ճակերնույթիների կորության շառավիղները  $R_1=R_2=50$  մմ: Ոսպնյակի նյութի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ ; Գտնել ոսպնյակի Ծ օպտիկական ուժը:

15-35.  $D=10$  դպրոց օպտիկական ուժը ունեցող երկուուղիկ ոսպնյակից  $a_1=15$  մմ հեռավորության վրա, օպտիկական առանցքին ուղղահայաց որված է  $y_1=2$  մմ բարձրությամբ առարկա: Գտնել պատկերի դիրքը և  $y_2$  բարձրությունը: Տալ գծագիրը:

15-36. Ապացուցել, որ հավասար կորության շառավիղներ և  $n=1.5$  թեկման ցուցիչը ունեցող երկուուղիկ ոսպնյակի կիզակետները համընկնում են կորության կենտրոնների հետ:

15-37.  $F=16$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող ոսպնյակը առարկայի պարզորոշ պատկերը տալիս է երկու դիրքերում, որոնց միջև հեռավորությունը՝  $d=6$  մմ: Գտնել առարկայից մինչև էկրանը եղած  $a_1+a_2$  հեռավորությունը: Եթե՝ ա)  $k=1$ , բ)  $k=20$ , գ)  $k=0.2$ : Ոսպնյակի նյութի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ :

15-38. Միևնույն  $R_1=R_2=12$  մմ կորության շառավիղի ունեցող գնդային ճակերնույթի սահմանափակված երկուուղիկ ոսպնյակը դրված է առարկայից այնպիսի հեռավորության վրա, որ նրա պատկերը էլքրանի վրա ստացվեց առարկայից  $K$  անգամ մեծ: Գտնել առարկայից մինչև էկրանը եղած  $a_1+a_2$  հեռավորությունը, եթե՝ ա)  $k=1$ , բ)  $k=20$ , գ)  $k=0.2$ : Ոսպնյակի նյութի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ :

15-39. Նախորդ խնդիրի ոսպնյակը տեղադրված է ջրի մեջ: Գտնել նրա  $F$  կիզակետային հեռավորությունը:

15-40. Լուծել նախորդ խնդիրը պայմանով, որ ոսպնյակը ընկրնված է ծծմբածխածնի մեջ:

15-41. Գտնել ջրի մեջ ընկրնված ոսպնյակի  $F_2$  կիզակետային հեռավորությունները, եթե օդում նրա կիզակետային հեռավորությունը  $F_1=20$  սմ: Ոսպնյակի նյութի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.6$ :

15-42.  $R=30$  սմ կորության շառավիղը և  $n=1.5$  թեկման ցուցիչը ունեցող հարթ-ուղղուցիկ ոսպնյակը տալիս է առարկայի պատկերի  $K=2$  խոշորացում: Գտնել առարկայի պատկերի  $a_1$  և  $a_2$  հեռավորությունները ոսպնյակից: Տալ գծագիրը:

15-43. Գտնել կապարապակուց պատրաստված  $R_1=R_2=8$  սմ կորության շառավիղներ ունեցող երկուուղիկ ոսպնյակի երկայնական քրոնատիկ խոտորումը: Կապարապակու թեկման ցուցիչները կարծիք

( $\lambda_{\text{լր}}=760$  նմ) և ճանուշակագույն ( $\lambda_{\text{ց}}=430$  նմ) ճառագայթների համար հաճախատախանաքար հավասար են՝  $n_{\text{լր}}=1,5$  և  $n_{\text{ց}}=1,5$ :

15-44. Նախորդ խնդրի ոսպնյակի օպտիկական առանցքի վրա գտնվում է լուսավոր կետ, որի հեռավորությունը ոսպնյակից՝  $a_1=40$  սմ: Գտնել այդ կետի պատկերի դիրքը, եթե նա արձակում է ա)  $\lambda_1=760$  նմ, բ)  $\lambda_2=430$  նմ ալիքի երկարությամբ մոնոքրոնատիկ լույս:

15-45. Երկուուղղիկ ոսպնյակի կիզակետային հարթության մեջ գետեղված է հարթ հայելի: Առարկան գտնվում է ոսպնյակի դիմաց՝ կիզակետի և կրկնակի կիզակետային հեռավորության միջև: Կառուցել առարկայի պատկերը:

15-46. Գտնել  $F=2$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող խոշորացումը՝ ա) նորմալ աչքի համար, որի լավագույն տեսողության հեռավորությունը՝  $L=25$  սմ, բ) կարճատև աչքի համար, որի լավագույն տեսողության հեռավորությունը՝  $L=15$  սմ:

15-47. Ինչպիսի՞ն պետք է լինեն խոշորացույցը սահմանափակող մակերևույթների կորության  $R_1=R_2$  շառավիղները, որպեսզի այն նորմալ աչքի համար տա  $K=10$  խոշորացում: Ապակու թևական ցուցիչը, որից պատրաստված է խոշորացույցը,  $n=1,5$ :

15-48.  $F=50$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող դիտակը ուղղված է անվերջության վրա: Այն բամից հետո, եթե օկուլյարը տեղաշարժեցին որոշ հեռավորության վրա, սկսեցին պարզ երևալ օբյեկտիվից  $a=50$  մ հեռավորության վրա գտնելով առարկաները, հետև հեռավորության վրա տեղաշարժեցին օկուլյարը դիտակը առարկային ուղղելիս:

15-49. Սանրադիտակը լուսվեցած  $1 \frac{1}{2} \cdot 2$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող օբյեկտիվում և  $1 \frac{1}{2} \cdot 40$  սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող օկուլյարից: Օբյեկտիվի և օկուլյարի կիզակետային հեռավորությունների նիշն նշան հեռավորությունը՝  $d=18$  սմ: Գտնել մանրադիտակի տվածք  $K$  խոշորացումը:

15-50.  $S=2 \times 2$  մ<sup>2</sup> մակերեսով նկարը լուսանկարում են նրանից  $a=4,5$  մ հեռավորության վրա գտնվող լուսանկարչական ապարատով: Պատկերը ստացվեց  $S=5 \times 5$  սմ<sup>2</sup> չափսի: Ինչի՞ն է հավասար ապարատի օբյեկտիվի  $F$  կիզակետային հեռավորությունը: Նկարից մինչև օբյեկտիվը եղած հեռավորությունը կիզակետային հեռավորության հետ համեմատած համարել մեծ:

15-51. Հեռադիտակը ունի  $F_1=150$  սմ կիզակետային հեռավորությամբ օբյեկտիվ և  $F_2=10$  սմ կիզակետային հեռավորությամբ օկուլյար: Ինչպիսի՞ն տեսողության և անկյան տակ է լրիվ երևում լուսինը հեռադիտակի մեջ, եթե զինված աչքով այն երևում է  $\theta=31^\circ$  անկյան տակ:

15-52.  $D=9$  սմ տրամագիծ և  $F=50$  սմ կիզակետային հեռավորու-

թյուն ունեցող երկուուղիկ ոսպնյակի օգնությամբ Արեգակի պատկերը պրոյեկտվում է եկրանի վրա: Ինչպիսի՞ն է սուացվում Արեգակի պատկերը դ տրամագիծը, եթե Արեգակի անկյունային տրամագիծը՝  $\alpha=320^\circ$ : Քանի՞ անգամ Արեգակի պատկերի ստեղծած լուսավորվածությունը մեծ կլինի անմիջականորեն Արեգակի առաջացրած լուսավորվածությունից:

15-53.  $S=200$  կդ լույսի ուժ ունեցող էլեկտրական լամպից լույսն ընկնում է աշխատատեղի վրա  $\alpha=45^\circ$  անկյան տակ՝ ստեղծելով  $E=141$  լք լուսավորվածություն: Աշխատատեղից ինչպիսի՞ բեռավորության վրա է գտնվում լամպը: Աշխատատեղից ի՞նչ է բարձրության վրա է կախված լամպը:

15-54. Առաստաղից կախված լամպը հորիզոնական ուղղությամբ տալիս է  $S=60$  կդ լույսի ուժ: Ինչպիսի՞ լուսային  $\Phi$  հոսք է շնկնում  $S=0,5$  մ<sup>2</sup> մակերես ունեցող նկարի վրա, որը կախված է պատից ուղղաձիգ դիրքով, լամպից  $r=2$  մ հեռավորության վրա, եթե հակադիր պատին, լամպից  $a=2$  մ հեռավորության վրա, գտնվում է մեծ հայելի:

15-55. Մեծ գծագրը լուսանկարում են նախ աճբողջությամբ, այնուհետև նրա առանձին մանրակերը (դետալները) բնական մեծությամբ: Զանի՞ անգամ պետք է մեծացնել լուսանկարնան պահաժանակը գծագրի առանձին մանրակերը լուսանկարելիս:

15-56. Մարտի 21-ին, գարնանային գիշերահավասարի ժամանակ, Յոյսիսային երկրում Արեգակը կանգնում է հորիզոնի նկատմամբ  $\alpha=10^\circ$  անկյան տակ: Քանի՞ անգամ ուղղաձիգ դրվագ հարթակի լուսավորվածությունը մեծ կլինի հորիզոնական հարթակի լուսավորվածությունից:

15-57. Գարնանային և աշնամային գիշերահավասարի ժամանակ Արեգակը հասարակածում կանգնում է գենիթում: Այդ ժամանակ երկրի մակերևույթի լուսավորվածությունը հասարակածում քանի՞ անգամ է մեծ երկրի մակերևույթի լուսավորվածությունից Լենինգրադում: Լենինգրադի լայնությունը՝  $\varphi=60^\circ$ :

15-58.  $S=25$  մ<sup>2</sup> մեծություն ունեցող քառակուսի սենյակի կենտրոնում կախված է լամպ: Յատակից ի՞նչ է բարձրության վրա պետք է գտնվի լամպը, որպեսզի լուսավորվածությունը սենյակի անկյուններում լինի առավելագույնը:

15-59.  $D=2$  մ տրամագիծ ունեցող կլոր սեղանի կենտրոնի վերևում կախված է լամպ, որի լույսի ուժը՝  $S=100$  կդ: Յաշվել սեղանի եզրի լուսավորվածության փոփոխությունը լամպի աստիճանական բարձրացնան ժամանակ  $0,5 \leq h \leq 0,9$  մ միջակայքում լուսաբանյութ  $0,1$  մ-ից հետո: Կառուցել  $E=f(h)$  գրաֆիկը:

15-60.  $D=1,2$  մ տրամագիծ ունեցող կլոր սեղանի կենտրոնում դրվագ է սեղանի լամպ՝ բաղկացած մեկ էլեկտրական լամպից, որը

տեղակայված է սեղանի մակերևույթից  $h_1=40$  սմ բարձրության վրա: Սեղանի կենտրոնում, նրա մակերևույթից  $h_2=2$  մ բարձրության վրա, կախված է ջահ, որը բաղկացած է շրջա այդպիսի լածպերից: Այդ դեպքում կուտացվի ավելի մեծ լուսավորվածություն սեղանի եզրում (և ջահի՝ անգամ)՝ երբ վառվում է սեղանի յա՞մալ, թե՛ երբ վառվում է ջահը:

15-61. Լուսանկարելու ժամանակ առարկան լուսավորվում է իրենից  $r_1=2$  մ հեռավորության վրա գտնվող էլեկտրական լամպով: Ջահի՝ անգամ պետք է մեծացնել լուսակայան պահաժամը, եթե լամպը տեղափոխենք առարկայից  $r_2=3$  մ հեռավորության վրա:

15-62. Գտնել Արեգակից ուղղահայաց ընկնող ճառագյուղերի առաջարկած Ե լուսավորվածությունը Երկրի մակերևույթի վրա: Արեգակի պայմանությունը՝  $B=1,2 \cdot 10^9$  կղ/մ<sup>2</sup>:

15-63.  $S=100$  կղ լուսի ուժ ունեցող էլեկտրական լամպի պարույրը գտնվում է փայլաւու գնդան անորի մեջ, որի տրամագիծը՝ ա)  $d=5$  սմ, բ)  $d=10$  սմ: Գտնել լամպի  $R$  լուսատվությունը և  $E$  պայմանությունը: Լուսի կորուստը անորի թաղանքի մեջ հաշվի չափնել:

15-64. Լամպը, որում որպես լուսառու մարդին ծառայում է  $d=3$  մմ տրամագիծ ունեցող շիկացած գնդիկը, տայիս է  $S=85$  կղ լուսի ուժ: Գտնել լամպի  $B$  պայմանությունը, եթե լամպի գնդային անորը պատրաստված է՝ ա) բափանցիկ ապակուց, բ) փայլաւու ապակուց: Անորի տրամագիծը՝  $d=6$  սմ:

15-65. Ինչպիսի՞ Ե լուսավորվածություն է տայիս նախորդ խնդրի լամպը  $r=5$  մ հեռավորության վրա՝ լուսի ուղղահայաց անկնոն ժամանակ:

15-66.  $S=20x30$  սմ<sup>2</sup> մակերեսով սպիտակ թղթի վրա, նրա մակերեսությն ուղղահայաց ընկնում է  $\Phi=120$  լմ լուսային հոսք: Գտնել Ե լուսավորվածությունը,  $R$  լուսատվությունը և թղթի թերթի  $B$  պայմանությունը, եթե ցրման գործակիցը՝  $r=0,75$ :

15-67. Ինչպիսի՞ պետք է լինի թղթի թերթի Ե լուսավորվածությունը նախորդ խնդրում, որպեսզի նրա պայմանությունը լինի հավասար՝  $B=104$  կղ/մ<sup>2</sup>:

15-68.  $S=10x30$  սմ<sup>2</sup> մակերես ունեցող թերթը լուսավորվում է  $S=100$  կղ լուսի ուժ ունեցող լամպի լուսով, ընդ որում նրա վրա ընկնում է լամպի ուղարկած ամրող լուսի 0,5 %-ը: Գտնել թղթի թերթի Ե լուսավորվածությունը:

15-69.  $S=100$  կղ լուսի ուժ ունեցող էլեկտրական լամպը բոլոր ուղղություններով միավոր ժամանակում ուղարկում է  $W_t=122$  Զ/ր լուսային ևներգիա: Գտնել լուսի  $K$  մեխանիկական համարժեքը և լուսատվության  $\eta$  ՕԳԳ-ն, եթե լամպը ժամանում է  $N=100$  Վռ հզրություն:

## § 16. ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՕՊՏԻԿԱ

Ըստ Դուքերի սկզբունքի գոանցող գործիքի ընկալած լուսի  $V$  համախույնը լուսի աղբյուրի ուղղակած և համախույն հետ կապված է

$$V' = V \sqrt{\frac{1-V/C}{1+V/C}}$$

առնչությամբ, որտեղ  $V$ -ն գրանցող գործիքի արագությունն է լուսի աղբյուրի նկատմամբ,  $C$ -ն լուսի տարածման արագությունն է,  $V$ -ի դրական արժեքը համապատասխանում է լուսի աղբյուրի հեռանալուն: Եթե  $V \ll C$ , բանաձևը ճշտավախախտ կարելի է ներկայացնել ենթևակած տեսքով.

$$V' \approx V \frac{1}{1+V/C} = \frac{VC}{C+V}$$

Ինտերֆերենցիոն շերտերի մեջև եղած հեռավորությունը եկրանի վրա, որը տեղադրված է լուսի երկու կողերենտ աղբյուրներին գուգահեռ,

$$\ell = \frac{L}{d} \lambda,$$

որտեղ  $\lambda$ -ն լուսի ալիքի երկարությունն է,  $L$ -ը եկրանի և լուսի աղբյուրների միջև եղած հեռավորությունն է, որոնց գտնվում են իրարից Ժ հեռավորության վրա (ընդ որում  $L \gg d$ ):

Հարթզուգահեռ թիթեղներում լուսի ինտերֆերենցի արդյունքը (անցնող լուսի համար) որոշվում է հետևյալ բանաձևերով.

Լուսի ուժեղացում

$$2hn \cos \beta = 2K \frac{\lambda}{2} \quad (K=0, 1, 2, \dots),$$

Լուսի թուլացում

$$2hn \cos \beta = (2K+1) \frac{\lambda}{2} \quad (K=0, 1, 2, \dots),$$

որտեղ  $h$ -ը թիթեղի հաստությունն է,  $n$ -ը՝ թեկման ցուցիչը,  $\beta$ -ը՝ թեկման անկյունը,  $\lambda$ -ն՝ լուսի ալիքի երկարությունը: Անդրադարձած լուսի մեջ լուսի թափանցման և ուժեղացման պայմանները հակառակ են անցնող լուսի համար եղած պայմաններին:

Սյուտոնի լուսավոր օղակների շառավիղները (անցնող լուսի համար) որոշվում են հետևյալ բանաձևով.

$$r_k = \sqrt{KR\lambda} \quad (K=1, 2, \dots),$$

մութ օղակի շառավիղները

$$r_k = \sqrt{(2K-1)R\lambda/2} \quad (K=1, 2, \dots)$$

բանաձևով, որտեղ  $R$ -ը ոսպնյակի կորության շառավիղը է: Անդրադարձած լուսի մեջ նյուտոնի լուսավոր և մութ օդակների դասավորությունը հակառակ է անցնող ճառագայթների մեջ նրանց դասավորությունը:

Լուսավորվածության միջնումների դիրքը մեկ ճեղքից դիֆրակցիայի ժամանակ, եթե ճեղքի վրա գուգակու ճառագայթների փունջը ընկնում է ուղղահայաց, որոշվում է

$$a \sin \phi = \pm K\lambda \quad (K=1, 2, 3, \dots)$$

պայմանով, որտեղ  $a$ -ն ճեղքի լայնությունն է,  $\phi$ -ն դիֆրակցիայի անկյունն է,  $\lambda$ -ն ընկնող լուսի ալիքի երկարությունն է:

Դիֆրակցիոն ցանցում լուսի նարմանումները դիմում են ցանցի նորմալի հետ Փ անկյուն կազմող այն ուղղություններով, որոնք բավարարում են

$$d \sin \phi = \pm K\lambda \quad (K=0, 1, 2, \dots)$$

առնչությամբ (պայմանով, որ լուսը ցանցի վրա է ընկնում և ուղղահայաց). որտեղ  $d$ -ն ցանցի հաստատումն է,  $\phi$ -մ դիֆրակցիայի անկյունը,  $\lambda$ -ն ընկնող լուսի ալիքի երկարությունը և  $K$ -ն սպեկտրի կարգը: Ցանցի հաստատումը  $d=1/N_0$ , որտեղ  $N_0$ -ն ցանցի միավոր երկարությանը բաժին ընկնող ճեղքերի թիվն է:

Դիֆրակցիոն ցանցի լուծող ունակությունը որոշվում է

$$\frac{\lambda}{\Delta \lambda} = KN$$

բանաձևով, որտեղ  $N$ -ը ցանցի ճեղքերի ընդհանուր թիվն է,  $K$ -ն՝ սպեկտրի կարգը,  $\lambda$ -ն և  $\Delta \lambda$ -ն՝ ցանցի կողմից դեռևս լուծվող երկու մոտ սպեկտրալ ճեղքերի ալիքի երկարությունները:

Դիֆրակցիոն ցանցի անկյունային դիսպերսիա անվանում էն

$$\frac{d\phi}{d\lambda} \quad \text{ճեղքություն:}$$

Դիֆրակցիոն ցանցի գծային դիսպերսիա կոչվում է

$$D = F \frac{d\phi}{d\lambda}$$

ճեղքությունը, որտեղ  $F$ -ը այն ոսպնյակի կիզակետային հեռավորությունն է, որը սպեկտրը պրոյեկտում է էլեկտրանի վրա:

Դիէլեկտրիկ հայելուց բնական լուսի անդրադարձան դեպքում տեղի ունեն Ֆրենելի բանաձևերը.

$$S_x = 0,5 \cdot S_0 \left[ \frac{\sin(i - \beta)}{\sin(i + \beta)} \right]^2, \quad S_{II} = 0,5 \cdot S_0 \left[ \frac{\tan(i - \beta)}{\tan(i + \beta)} \right]^2$$

որտեղ  $S_{I-II}$ -ը լուսի տատանումների ինտենսիվությունն է անդրադարձած ճառագայթում, որոնք տեղի են ունենալ լուսի անկման հարթությանը ուղղահայաց ուղղությամբ,  $S_{II}$ -ը՝ անդրադարձող լուսի ճառագայթի տատա-

նումների ինտենսիվությունը, որոնք տեղի են ունենալ լուսի անկման հարթությամբ գուգակի ուղղությանը.  $S_0$ -ն բնական լուսի ինտենսիվությունն է,  $i-\beta$ ՝ անկման անկյունը,  $\beta-\beta'$ ՝ բնեկան անկյունը:

Եթե  $i+\beta=90^\circ$ , ապա  $S_{II}=0$ : Այդ դեպքում անկման և անկյունը և դիէլեկտրիկ հայելու ո բնեկան ցուցիչը կապված են հետևյալ առնչությամբ.

Եթե  $i=\pi$  (Բյուտստերի օրենք):

Բնեացուցիչով և վերլուծիչով (անալիզատորով) անցած լուսի ինտենսիվությունը:

$$S = S_0 \cos^2 \phi \quad (\text{Մայուսի օրենք}).$$

որտեղ  $\phi$ -ն բնեացուցիչի և վերլուծիչի գիշավոր հարթություններով կազմված անկյունն է,  $S_0$ -ն բնեացուցիչով անցնող լուսի ինտենսիվությունը:

16-1. Արեգակի սպեկտրը լուսանկարելու ժամանակ հայտնաբերել են, որ դեղին սպեկտրալ գիծը ( $\lambda=589$  նմ) Արեգակի ծախս և աջ եզրերից ստացված սպեկտրներում շեղվել է  $\Delta \lambda = 0,008$  նմ-ով: Գտնել Արեգակի սկավառակի պտուման V արագությունը:

16-2. Ինչպիսի՞ Սպուտենցիալների տարեկություն է կիրառված հելիումային պարպան յուղովակի էլեկտրոդների միջև, եթե  $\alpha$ -նասիների փոշի երկայնքով դիտելիս հելիումի գծի ( $\lambda=492,2$  նմ) առավելագույն դոպւթյան շեղումը ստացվեց հավասար:  $\lambda=0,8$  նմ:

16-3. Ալմորմերա համաստեղության Ը աստղի սպեկտրը լուսանկարելու ժամանակ հայտնաբերվել է, որ տիտանի գիծը ( $\lambda=495,4$  նմ) շեղված է դեպի սպեկտրի մանուշակագույն տիրուպը  $\Delta \lambda=0,17$  նմ-ով: Ինչպես շարժվում աստղը Երկրի նկատմամբ:

16-4. Քանի՞ անգամ կմեծանա էլեկտրանի երկու հարևան ինտերֆերենցիոն շերտերի միջև եղած հեռավորությունը Յունգի փորձում, եթե կանաչ լուսագույն ( $\lambda_1=500$  նմ) փոխարինենք կարմիրով ( $\lambda_2=650$  նմ):

16-5. Յունգի փորձում անցքերը լուսավորվում էին մոնոքրոնատիկ լուսով ( $\lambda=600$  նմ): Անցքերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $d=1$  մ, անցքերից մինչև էլեկտրան եղած հեռավորությունը  $L=3$  մ: Գտնել առաջին երեք լուսավոր շերտերի դիրքերը:

16-6. Ֆրենելի հայելիներով փորձում լուսի աղբյուրի կեղծ պատկերների միջև եղած հեռավորությունը  $d=0,5$  մ, մինչև էլեկտրան եղած հեռավորությունը՝  $L=5$  մ: Կանաչ լուսի համար ստացված ինտերֆերենցիոն շերտերի հեռավորությունը՝  $L=5$  մ: Գտնել կանաչ լուսի ալիքի երկարությունը:

16-7. Յունգի փորձում ինտերֆերենցվող ճառագայթներից մեջի ճառագայթին տեղադրվել է բարակ ապակե թիթեղ, ինչի հետևանքով կենտրոնական լուսավոր շերտը շեղվել է և գրավել այն դիրքը, որը

սկզբում գրադեցրել էր հինգերորդ լուսավոր շերտը (չհաշված կենտրոնականը): ճառագայթը ընկնում է թիթեղի հարթության ուղղահայաց: Թիթեղի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ : Ալիքի երկարությունը՝  $\lambda = 600$  նմ: Ինչպիսի՞ն է թիթեղի և հաստությունը:

16-8. Յունգի փորձում  $h=12$  սմ հաստությամբ ապակե թիթեղը տեղակորպում է ինտերֆերենցվող ճառագայթներից մեկի ճանապարհին ուղղահայաց ճառագայթին: Որքանո՞վ կ կարող են տարրերվել իրարից թեկման ցուցիչի արժեքները թիթեղի տարրեր տեղամասերում, որպեսզի այդ անհամասեռության պատճառով առաջացած ճանապարհների տարրերության փոփոխությունը չգերազանցի  $D=1$  մէմ-ից:

16-9. Օճառաքաղաքի նակերևույթի վրա  $i = 45^\circ$  անկյան տակ ընկնում է սպիտակ լույս: Թաղանքի ինչպիսի՞ ամենափոքր հաստության դեպքում անդրադարձ ճառագայթները կլինեն գունավորված դեղինով ( $\lambda = 600$  նմ): Օճառաքի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.33$ :

16-10. Ուղղաձիգ տեղադրված օճառաքաղաքը հեղուկի հոսելու հետևանքով առաջացնում է սեպ: Մնիկի աղեղի ( $\lambda = 546,1$  նմ) անդրադարձած լույսում ինտերֆերենցիոն շերտերը դիտելիս պարզվեց, որ ինգ շերտերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell_1=2$  սմ: Լույսն ընկնում է բաղանքի նակերևույթին ուղղահայաց: Գտնել մեպի շամկունը: Օճառաքի թեկման ցուցիչը՝  $n=1.33$ :

16-11. Ուղղաձիգ տեղադրված օճառաքաղաքը հեղուկի հոսելու հետևանքով առաջացնում է սեպ: Դնուեթերենցը դիտվում է անդրադարձած լույսի մեջ կարմիր ապակու միջով ( $\lambda_1=631$  նմ): Այդ դեպքում հարևան կարմիր շերտերի միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell_2=3$  մմ: Այսուհետև արդ քաղանքը դիտվում է կապույտ ապակու միջով ( $\lambda_2=400$  նմ): Գտնել հարևան կապույտ շերտերի միջև եղած հեռավորությունը: Դաշտարել, որ չափումների ժամանակ թաղանքի ծեր չի փոխվում և լույսը ընկնում է բաղանքի նակերևույթին ուղղահայաց:

16-12. Լույսի փունջը ( $\lambda=582$  նմ) ուղղահայաց ընկնում է ապակե սեպի վրա: Սեպի անկյունը՝  $\phi=20^\circ$ : Քանի՞ մուր ինտերֆերենցիոն շերտ կլինի սեպի միավոր երկարության վրա: Ապակու թեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ :

16-13. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ուղղահայաց ընկնում է թիթեղի նակերևույթի վրա: Դիտումը կատարվում է անդրադարձած լույսի մեջ: Երկորդ և քառերրորդ մուր օղակների միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell_1=4.8$  մմ: Գտնել նյուտոնի երրորդ և տասնեցերրորդ մուր օղակների միջև եղած  $\ell_2$  հեռավորությունը:

16-14. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ուղղահայաց ընկնում է թիթեղի նակերևույթի

վրա: Ոսպնյակի կորուբրյան շառավիղը՝  $R=8.6$  մ: Դիտումը կատարվում է անդրադարձած լույսի մեջ: Չափումներով ստացվել է, որ չորրորդ մուր օղակի շառավիղը (կենտրոնական մուր թիթեղ համարելով որպես գրուական)՝  $r=4.5$  մմ: Գտնել ընկնող լույսի և ալիքի երկարությունը:

16-15. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ուղղահայաց ընկնում է թիթեղի նակերևույթի վրա: Ոսպնյակի կորուբրյան շառավիղը՝  $R=5$  մ: Դիտումը կատարվում է անցնող լույսի մեջ: Գտնել չորրորդ կապույտ օղակի ( $\lambda_{\text{կա}}=400$  նմ) և երկրորդ կարմիր օղակի ( $\lambda_{\text{կա}}=400$  նմ)  $r_{\text{կա}}$  և  $r_{\text{կա}}$  շառավիղները:

16-16. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ուղղահայաց ընկնում է թիթեղի նակերևույթի վրա: Ոսպնյակի կորուբրյան շառավիղը՝  $R=15$  մ: Դիտումը կատարվում է անդրադարձած լույսի մեջ: Նյուտոնի հինգերորդ և քսամինզերորդ լուսավոր օղակների միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell=9$  մմ: Գտնել մոնոքրոմատիկ լույսի և ալիքի երկարությունը:

16-17. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ուղղահայաց ընկնում է թիթեղի նակերևույթի վրա: Դիտումը կատարվում է անդրադարձած լույսի մեջ: Երկրորդ և քսաներորդ մուր օղակների միջև եղած հեռավորությունը՝  $\ell_1=4.8$  մմ: Գտնել նյուտոնի երրորդ և տասնեցերրորդ մուր օղակների միջև եղած  $\ell_2$  հեռավորությունը:

16-18. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է սնդիկի աղեղի լույսով, որն ընկնում է թիթեղի նակերևույթին ուղղահայաց: Դիտումը կատարվում է անցնող լույսի մեջ:  $\lambda_1=579,1$  նմ գծին համապատասխանող  $n^{\text{ր}}$  լուսավոր օղակը ըստ կարգի կամընկնի  $\lambda_2=577$  նմ գծին համապատասխանող հաջորդ լուսավոր օղակի հետ:

16-19. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է թիթեղի նակերևույթին ուղղահայաց ընկնուող  $\lambda=589$  նմ ալիքի երկարությամբ լույսով: Ոսպնյակի կորուբրյան շառավիղը՝  $R=10$  մ: Ոսպնյակի և թիթեղի միջև եղած տարածությունը լցված է հեղուկով: Որոշել հեղուկի ո թեկման ցուցիչը, եթե անցնող լույսի մեջ երրորդ լուսավոր օղակի շառավիղը՝  $r_3=3.65$  մմ:

16-20. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է  $\lambda=600$  նմ ալիքի երկարությամբ լույսով, որն ընկնում է թիթեղի նակերևույթին ուղղահայաց: Գտնել ոսպնյակի և ապակե թիթեղի միջև եղած օղային շերտի համարությունն այն տեղամասում, որտեղ դիտվում է չորրորդ մուր օղակը անդրադարձած լույսի մեջ:

16-21. Նյուտոնի օղակներ ստանալու սարքը լուսավորվում է  $\lambda=500$  նմ ալիքի երկարությամբ մոնոքրոմատիկ լույսով, որն ընկնում է թիթեղի նու-

կերևույթին ուղղահայաց: Ոսպնյակի և ապակե թիթեղի միջև եղած տարրու ծույթունը լցված է ջրով: Գտնել ոսպնյակի և ապակե թիթեղի միջև եղունքի շերտի հ հաստությունը այն տեղամասում, որտեղ դիտվում է երդուր լուսավոր օդակը անդրադառձած լուսի նեզ:

16-22. Եղանակի օդակներ ստանալու սարք լուսավորվում է նո նոքրունատիկ լուսով, որն ընկնում է թիթեղի հարրության ուղղահայաց Ան բանից հետո, եթե ոսպնյակի և թիթեղի միջև եղած տարրածությունը լց վեց հերուկով, մուռ օդակների շառավիղները փոքրացան 1.25 անգամ. Գտնել հերուկի ո բեկման ցուցիչը:

16-23. Սայրելապոնի ինտերֆերաչափով կառարված փորձում ին-տերֆերենցիոն պատկերը  $K=500$  շերտով տեղաշարժելու համար պա-հանջվեց հայելին տեղափոխվել  $L=0,161$  մ: Գտնել ընկնող լուսի λ ա-լիքի երկարությունը:

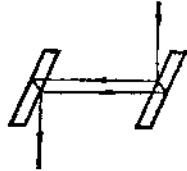
16-24. Անոնիակի բեկման ցուցիչը չափելու համար Սայրելապոնի ին-տերֆերաչափի բազուկներից մեկում տեղափորեցին  $\ell=14$ , սմ երկարու-թյուն ունեցող, ոոց հանված խողովակ: Խողովակի ծայրերը փակված են հարթութափառ պակախներով: Այդ խողովակը ամոնիակով լցնելու դեպ-քում ինտերֆերենցիոն պատկերը  $\lambda=590$  նմ ալիքի երկարության համար տեղափոխվեց  $K=180$  շերտով: Գտնել ամոնիակի ո բեկման ցուցիչը:

16-25. Ժամենի ինտերֆերաչափում (նկ. 63) լուսի ճառագայթնե-րից մեկի ճանապարհին տեղափորեցին  $\ell=10$  սմ երկարություն ունեցող, ո-դը հանված խողովակ: Խողովակը ըլորով լցնելու դեպքում ինտերֆերեն-ցիոն պատկերը  $\lambda=590$  նմ ալիքի երկարության համար տեղափոխվեց  $K=131$  շերտով: Գտնել ըլորի ո բեկման ցուցիչը:

16-26. Սախտակ լուսի փունջը ուղղահայաց ընկնում է  $d=0,4$  մկմ հաստությամբ ապակե թիթեղի վրա: Ապակու բեկման ցուցիչը՝  $n=1.5$ : Տեսանելի սպեկտրի (400 նմ-ից մինչև 700 նմ) ո՞ր λ ալիքի եր-կարություններն են ուժեղանում անդրադառձ լու-սի նեզ:

նկ. 63 16-27. Ապակե օբյեկտիվի ( $n_1=1.5$ ) նակերեսը պատված է բարակ թաղամթով, որի բեկման ցուցիչը՝  $n_2=1.2$  («պայծառաց-նող» թաղանթ): Այդ թաղանթի հինչպիսի նվազագույն մ հաստության դեպ-քում տեղի կունենա անդրադառձ ճառագայթի առավելագույն բուլա-ցում տեսանելի սպեկտրի միջին մասի համար:

16-28. Սոնոքրունատիկ աղբյուրից ( $\lambda=600$  նմ) լուսը ուղղահայաց ընկնում է  $d=6$  մմ տրամագծով անցը ունեցող դիաֆրագմայի վրա: Դիաֆ-րագմայի հետևում  $\ell=3$  մ հեռավորության վրա գտնվում է կրան: Քանի ներենից գտնի է տեղափորվում դիաֆրագմայի անցքում: Ինչպիսի ն կիրա-կայի դիաֆրագմին պատկերի կենտրոնը կրանի վրա նո՞ւր, թէ՞ լուսավոր:



16-29. Գտնել Ֆրեմելի առաջին կինգ գոտիների ր շառավիղները, եթե ալիքների աղբյուրից մինչև ալիքային նակերևույթը եղած հեռավորու-թյունը՝  $a=1$  մ, ալիքային նակերևույթից մինչև դիտնան կետը եղած հեռա-վորությունը՝  $b=1$  մ: Լուսի ալիքի երկարությունը՝  $\lambda=500$  նմ:

16-30. Գտնել Ֆրեմելի հինգ գոտիները հարք ալի-քի համար, եթե ալիքային նակերևույթից մինչև դիտնան կետը եղած հեռա-վորությունը՝  $b=1$  մ: Լուսի ալիքի երկարությունը՝  $\lambda=500$  նմ:

16-31. Դիֆրակցիոն պատկերը դիտվում է լուսի մոնոքրունատիկ ( $\lambda=600$  նմ) կետային աղբյուրից  $\ell$  հեռավորության վրա: Աղբյուրից  $a=0.5$  է հեռավորությամ վրա տեղադրված  $\ell=1$  սմ տրամագծով կլոր, ոչ բախմ-ցիկ արգելու: Գտնել  $\ell$  հեռավորությունը, եթե աղքնը ըստ ծածկում է միայն Ֆրեմելի կենտրոնական գոտին:

16-32. Դիֆրակցիոն պատկերը դիտվում է լուսի մոնոքրունատիկ ( $\lambda=500$  նմ) կետային աղբյուրից  $\ell=4$  մ հեռավորության վրա: Էկրանի և լուս-ի աղբյուրի միջև, նեշտեղում, տեղափորված է կլոր անցք ունեցող դիաֆ-րագմա: Անցքի հինչպիսի՝  $R$  շառավիղի դեպքում կրանի վրա դիտվող դիֆ-րակցիոն օդակների կենտրոնը կիրանի ավելի նուր:

16-33.  $D=1,965$  մ տրամագծով կլոր անցք ունեցող դիաֆրագմայի վրա ուղղահայաց ընկնում է մոնոքրունատիկ լուսի փունք ( $\lambda=600$  նմ): Դիաֆ-րագմայի և կրանի միջև ինչպիսի՝ ամենամեծ  $\ell$  հեռավորության դեպքում դիֆրակցիոն պատկերի կենտրոնում դեռևս կդիտվի նուր բիչ:

16-34. Սոնոքրունատիկ լուսի ( $\lambda=589$  նմ) գուգահեռ փունքը ուղղա-հայաց ընկնում է  $a=20$  մկմ լայնությամբ ճեղքի վրա: Ինչպիսի՝ ք անկյան տակ կդիտվեն լուսի դիֆրակցիոն մինիմումները:

16-35. Սոնոքրունատիկ լուսի ( $\lambda=500$  նմ) գուգահեռ փունքը ուղղա-հայաց ընկնում է  $a=20$  մկմ լայնություն ունեցող ճեղքի վրա: Գտնել  $A$  ճեղ-քի պատկերի լայնությունը երանից  $\ell=1$  մ հեռավորություն ունեցող կրանի վրա: Որպես պատկերի լայնություն ընդունել լուսափորվածության գիշա-վոր մաքսիմումն երկու կողմերում դասավորված առաջին դիֆրակցիոն մինիմունների միջև եղած հեռավորությունը:

16-36. Սոնոքրունատիկ,  $\lambda$  ալիքի երկարությամբ գուգահեռ փունքը ուղղահայաց ընկնում է  $a=6$  լայնությամբ ճեղքի վրա: Ինչպիսի՝ ք ան-կյան տակ է դիտվում լուսի երրորդ դիֆրակցիոն մինիմումը:

16-37. Դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունք: Որպեսզի դիտվի կարմիր գիծը ( $\lambda=700$  նմ) սպեկտրի այլ կարգում, անհրաժեշտ եղած դիտակը դեռևս կլոիճատորի առանցքը նկատմամբ  $\varphi=30^{\circ}$  անկյան տակ: Գտնել դիֆրակցիոն ցանցի ժ հաստությունը: Քանի  $N_0$  ճեղք է արված այլ ցանցի միավոր երկարության վրա:

16-38. Քանի  $N_0$  գիծ ունի դիֆրակցիոն ցանցը միավոր երկարու-

թյան վրա, եթե սնդիկի կանաչ գիծը ( $\lambda=546,1$  նմ) սպեկտրի առաջին կարգում դիտվում է  $\phi=19^{\circ}8'$  անկյան տակ:

16-39. Դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Նատրիումի գիծը ( $\lambda_1=589$  նմ) սպեկտրի առաջին կարգում տալիս է  $\phi_1=17^{\circ}8'$  դիֆրակցիայի անկյուն: Սի այլ գիծ սպեկտրի երկրորդ կարգում տալիս է  $\phi_2=24^{\circ}012'$  դիֆրակցիայի անկյուն: Գտնել այդ գիծ  $\lambda_2$  երկարությունը և մաքսվոր երկարության վրա ճեղքերի Նո թիվը:

16-40. Պարապունային խորովակից դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Ինչպիսի՞ն պետք է լինի դիֆրակցիոն ցանցի Ժ հաստությունը, որպեսզի  $\phi=41^{\circ}$  ուղղությամբ համընկնեն  $\lambda_1=656,3$  նմ և  $\lambda_2=410,2$  նմ գծերի մաքսիմունները:

16-41. Դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Անկյունաչափը գ անկյան տակ պատճեխիս տեսադաշտում երևում է  $\lambda_1=440$  նմ գիծ երրորդ կարգի սպեկտրում: Կերևան արդյո՞ք այդ նույն գ անկյան տակ այլ  $\lambda_2$  սպեկտրալ գծեր, որոնք համապատասխանեն ալիքների երկարություններին սպեկտրի տեսանելի տիրույքի (400-ից մինչև 700 նմ) ակնաններում:

16-42. Յելիումով լցված պարապման խորովակից դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց կերպով ընկնում է լուսի փունջ: Երրորդ կարգի սպեկտրի ո՞ր  $\lambda_2$  գծի հետ է համընկնում երրորդ կարգի սպեկտրի հելիումի կարմիր գիծը ( $\lambda_1=440$  նմ):

16-43. Յելիումով լցված պարապման խորովակից դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Ալգրում դիտակը ուղղում է կենտրոնական շերտի երկու կողմերում գտնվող առաջին կարգի սպեկտրների նախուակագույն գծերի ( $\lambda_1=440$  նմ) վրա: Լիմրով հաշվումները, նրա գրուական բաժանմունքից դեպի աջ, տվյալները՝  $\varphi_{\text{Ճ}}=27^{\circ}33'$  և  $\varphi_{\text{Ճ2}}=36^{\circ}27'$ : Դրանից հետո դիտակը ուղղվում է կենտրոնական շերտի երկու կողմերում գտնվող առաջին կարգի սպեկտրի կարմիր գծերի վրա: Լիմրով հաշվումները, նրա գրուական բաժանմունքից դեպի աջ, տվյալները՝  $\varphi_{\text{Ճ}}=23^{\circ}054'$  և  $\varphi_{\text{Ճ2}}=40^{\circ}06'$ : Գտնել հելիումի սպեկտրի կարմիր գծի  $\lambda_{\text{լ}}$  ալիքի երկարությունը:

16-44. Գտնել սպեկտրի ամենամեծ կարգը նատրիումի դեղին գծի ( $\lambda=589$  նմ) համար, եթե դիֆրակցիոն ցանցի հաստատունը՝  $d=2$  մկմ:

16-45. Դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է նոնցրումափեկ լուսի փունջ: Երրորդ կարգի մաքսիմում դիտվում է ուղղահայացի նկատմամբ  $\phi=36^{\circ}48'$  անկյան տակ: Գտնել ցանցի Ժ հաստատունը՝ արտահայտված ընկնող լուսի ալիքի երկարությամբ:

16-46. Քանի՞ Կ մաքսիմում է տակիս (չհաշված կենտրոնականը) նախորդ խնդրի դիֆրակցիոն ցանցը:

16-47. Դիֆրակցիոն ցանց ունեցող անկյունաչափի դիտակը տեսլավորված է կոլիմատորի առանցքի նկատմամբ  $\phi=20^{\circ}$  անկյան տակ: Այդ դիրքում դիտակի տեսադաշտում երևում է հելիումի սպեկտրի կարմիր գիծը ( $\lambda_{\text{լ}}=668$  նմ): Ինչպիսի՞ն է դիֆրակցիոն ցանցի Ժ հաստատունը, եթե նույն անկյան տակ երևում է հելիումի կապույտ գիծը ավելի բարձր կարգում ( $\lambda_{\text{լ}}=447$  նմ): Սպեկտրի առավելագույն կարգը, որը կարենի է դիտել տվյալ ցանցի ծիչոցով,  $K=5$ : Լույս ընկնում է ցանցի վրա ուղղահայաց:

16-48. Ինչպիսի՞ն պետք է լինի դիֆրակցիոն ցանցի Ժ հաստատունը, եթե այդ ցանցը առաջին կարգում է լուծել կարիումի սպեկտրի  $\lambda_1=404,4$  նմ և  $\lambda_2=404,7$  նմ գծերը: Ցանցի լայնությունը՝  $a=3$  սմ:

16-49. Ինչպիսի՞ն պետք է լինի դիֆրակցիոն ցանցի Ժ հաստատունը, որպեսզի առաջին կարգի սպեկտրում լուծվեն նատրիումի  $\lambda_1=589$  նմ և  $\lambda_2=589,6$  նմ կրկնագծերը: Ցանցի լայնությունը՝  $a=2,5$  սմ:

16-50. Դիֆրակցիոն ցանցի հաստատունը՝  $d=2$  մկմ: Այդընքի երկարությունների ինչպիսի՞ն  $\Delta\lambda$  տարրերություն կարող է լուծել այդ ցանցը երրորդ կարգի սպեկտրի դեղին ճառագայթների ( $a=600$  նմ) տիրույքում: Ցանցի լայնությունը՝  $a=2,5$  սմ:

16-51. Դիֆրակցիոն ցանցի հաստատունը՝  $d=2,5$  մկմ: Գտնել ցանցի  $d\phi/d\lambda$  անկյունային դիսպերսիան  $\lambda=589$  նմ ալիքի համար՝ առաջին կարգի սպեկտրում:

16-52.  $\lambda=668$  նմ գծի համար, առաջին կարգի սպեկտրում, դիֆրակցիոն ցանցի անկյունային դիսպերսիան  $d\phi/d\lambda=2,02 \cdot 10^{-5}$  ռադ./ն: Գտնել դիֆրակցիոն ցանցի Ժ հաստատունը:

16-53. Գտնել նախորդ խնդրի դիֆրակցիոն ցանցի Ժ գծային դիսպերսիան, եթե սպեկտրը կրամի վրա պրոյեկտող ուսպնյակի կիզակետային հեռավորությունը՝  $F=40$  սմ:

16-54. Էկրանի վրա իրարից հիմաքիսի՞ն հեռավորություն կունենան սնդիկի աղեղի երկու գծերը ( $\lambda_1=577$  նմ և  $\lambda_2=579,1$  նմ) սպեկտրի առաջին կագում, որը ստացվում է դիֆրակցիոն ցանցի օգնությամբ: Սպեկտրը էկրանի վրա պրոյեկտող ոսպնյակի կիզակետային հեռավորությունը՝  $F=0,6$  մ: Ցանցի հաստատունը՝  $d=2$  մկմ:

16-55. Դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Երրորդ կարգի սպեկտրում կարմիր գիծը ( $\lambda_1=630$  նմ) երևում է  $\phi=60^{\circ}$  անկյան տակ: Ինչպիսի՞ն  $\lambda_2$  սպեկտրալ գիծը է երևում նույն անկյան տակ չորրորդ կարգի սպեկտրում: Սիավոր երկարության վրա քանի՞ Կ գտնել այդ ցանցի  $d\phi/d\lambda$  անկյունային դիսպերսիան  $\lambda_1=630$  նմ ալիքի երկարության համար՝ սպեկտրի երրորդ կարգում:

16-56. Ինչպիսի՞ն  $\lambda$  ալիքի երկարության համար դիֆրակցիոն ցան-

ցն ունի ձր/ $d\lambda = 6.3 \cdot 10^{-5}$  ռադ/մ անկյունային դիսպերսիա սպեկտրի երրորդ կարգում: Ցանցի հաստատունը՝  $d=5$  մկմ:

16-57. Ինչպիսի՞ Բ կիզակետային հեռավորություն պետք է ունենա դիֆրակցիոն ցանցի միջոցով ստացված սպեկտրը էլեկտրանի վրա պրոյեկտող ոսպնյակը, որպեսզի կալիումի  $\lambda_1 = 404.4$  նմ և  $\lambda_2 = 404.7$  նմ երկու գծերի միջև եղած հեռավորությունը առաջին կարգի սպեկտրում լինի՝  $\approx 0.1$  մ: Ցանցի հաստատունը՝  $d=2$  մկմ:

16-58. Գտնել ապակուց անդրադարձման ժամանակ լրիվ բևեռացման ի անկյունը, եթե ապակու բեկման ցուցիչը՝  $n=1.57$ :

16-59. Ինչ-որ նյութի համար լրիվ ներքին ամորտադարձման սահմանային անկյունը՝  $i=45^\circ$ : Գտնել լրիվ բևեռացման ի ակյունը այդ նյութի համար:

16-60. Յորիգոնի նկատմամբ  $h^{\circ}n_z$  ի անկյան տակ պետք է գտնվի Արեգակը, որպեսզի լինի մակերևույթից անդրադարձ նրա ճառագայթնոր լինեն առավել լրիվ բևեռացված:

16-61. Ինչի՞ է հավասար ապակու ո բեկման ցուցիչը, եթե նրանից անդրադարձ ճառագայթը լրիվ բևեռացված կլինի  $\beta=30^\circ$  բեկման անկյան դեպքում:

16-62. Լուսի ճառագայթն անցնում է ապակե ( $n=1.5$ ) անորի մեջ լցված հեղուկի միջով և անդրադարձում է անորի հատակից: Անդրադարձ ճառագայթը լրիվ բևեռացման է անորի հատակին  $i_c = 42^\circ 37'$  անկյան տակ ընկնելու դեպքում: Գտնել հեղուկի ո բեկման ցուցիչը: Ինչպիսի՞ անկյան տակ պետք է ընկնի անորի հատակին հեղուկի միջով անցնող ճառագայթը, որպեսզի տեղի ունենա լրիվ ներքին անդրադարձում:

16-63. Նարբ-բևեռացված լուսի փունքը ( $\lambda = 589$  նմ) ընկնում է խլանդական շպատի թիթեղի վրա՝ նրա օպտիկական առանցքին ուղահայաց: Գտնել սովորական և անսովոր ճառագայթների  $\lambda_0$  և  $\lambda_e$  ալիքների երկարությունները բյուրեղում, եթե խլանդական շպատի բեկման ցուցիչները սովորական և անսովոր ճառագայթների համար հավասար են՝  $n_0=1.66$  և  $n_e=1.49$ :

16-64. Գտնել բևեռացուցիչի և վերլուծիչի գլխավոր հարթություններով կազմված գ անկյունը, եթե բևեռացուցիչի և վերլուծիչի միջով անցնող բնական լուսի ինտենսիվությունը փոքրանում է 4 անգամ:

16-65. Բնական լուսն անցնում է բևեռացուցիչի և վերլուծիչի միջով, որոնք դասավորված են այնպես, որ նրանց գլխավոր հարթությունների միջև ընկած անկյունը հավասար է գ-ի: Ինչպես բևեռացուցիչը, այնպես էլ վերլուծիչը կազմում և անդրադարձում են իրենց վրա ընկնող լուսի ինտենսիվության 8 %-ը: Պարզվեց, որ վերլուծիչից դուրս եկած ճառագայթն ունի բևեռացուցիչի վրա ընկնող բնական լուսի ինտենսիվության 9 %-ը: Գտնել գ անկյունը:

16-66. Գտնել ապակու ( $n=1.54$ ) վրա լրիվ բևեռացման ի, անկյան տակ ընկնող բնական լուսի ո անդրադարձման գործակիցը: Գտնել ապակու միջով անցնող լուսի բևեռացման  $P$  պատիճանը:

16-67. Բնական լուսն անցնում է հարթության վերին ապակե ( $n=1.54$ ) թիթեղի միջով՝ նրա վրա ընկնելով լրիվ բևեռացման ի անկյան տակ: Գտնել թիթեղի միջով անցնող ճառագայթների  $P$  բևեռացման աստիճանը:

16-68. Գտնել անդրադարձած ճառագայթների ո անդրադարձման գործակիցը և բևեռացման  $P_1$  աստիճանը, եթե բնական լուսը ապակու ( $n=1.5$ ) վրա ընկել է  $i=45^\circ$  անկյան տակ: Ինչպիսի՞ն է բեկման ճառագայթների բևեռացման  $P_2$  աստիճանը:

## §17. ՅԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԺԱՐԴԵՐԸ

Որևէ հաշվանքի համակարգի նկատմամբ  $V$  արագությամբ շարժվող մարմնի է երկարությունը կապված է այդ համակարգում անշարժ մարմնի  $\ell_0$  երկարության հետ:

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

առնչությամբ, որտեղ՝  $\beta = V/C$ ,  $C$ -ն լուսի տարածման արագությունն է:

Ժամանակի,  $\Delta t$ ՝ միջակայքը դիտողի նկատմամբ  $V$  արագությամբ շարժվող համակարգում կապված է դիտողի համար անշարժ համակարգության մասնակի ժամանակի  $\tau_0$  միջակայքի հետ հետևյալ առնչությամբ.

$$\Delta t = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Մարմնի ո զանգվածի կախումը նրա շարժման  $V$  արագությունից տրվում է

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

հավասարություն, որին ո ց-ն այդ մարմնի դադարի զանգվածն է:

Մարմնի կիմենտիկ էներգիայի կախումը նրա շարժման  $V$  արագությունից տրվում է հետևյալ հավասարությունը:

$$W_q = m_0 C^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

Համակարգի զանգվածի  $\Delta$ -ով փոփոխությունը համապատասխանում է համակարգի էներգիայի հետևյալ փոփոխությամբ.

$$\Delta W = \Delta m C^2$$

17-1. Շարժման ինչպիսի՞ Յ հարաբերական արագությամ դեպքում է շարժվող մարմնի երկարության ընվատիվածության կարճացումը կազմում 25 %:

17-2. Ինչպիսի՞ Վ արագություն պետք է ունենա շարժվող մարմինը, որպեսզի նրա երկայնական չափերը փոփռանան 2 անգամ:

17-3. Տիեզերական ճառագայթների մեղոնները հասնում են Երկրի մակերևույթին ամենատարերե արագություններով: Գտնել այն մեղոնի չափերի ռելյատիվական կարծացումը, որի արագությունը հավասար է լուսի արագության 95 %-ին:

17-4. Չափի անգամ է մեծանում անկայուն մասնիկի կյանքի տևողությունը անշարժ դիտողի ժամացույցով, եթե այն սկսում է շարժվել լուսի արագության 99 %-ը կազմող արագությամբ:

17-5. Մեղոնը, որը մտնում է տիեզերական ճառագայթների բաղադրությամբ մեջ, շարժվում է լուսի արագության 95 %-ին հավասար արագությամբ: Անշարժ դիտողի ժամացույցով ինչպիսի՞ և ժամանակամիջոց է համապատասխանում մեղոնի «սեփական ժամանակի» մեկ վայրկյանին:

17-6. Որքանո՞վ կմեծանա ու մասնիկի գանգվածը, եթե այն արագանա գրոյի հավասար սկզբնական արագությունից մինչև լուսի արագության 0,9 մասին հավասար արագություն:

17-7. Գտնել էլեկտրոնի լիցքի և նրա գանգվածի ը/թ հարաբերությունը՝ ա)  $V \ll C$ , բ)  $V = 2 \cdot 10^8$  մ/վ, գ)  $V = 2,2 \cdot 10^8$  մ/վ, դ)  $V = 2,4 \cdot 10^8$  մ/վ, ե)  $V = 2,6 \cdot 10^8$  մ/վ, զ)  $V = 2,8 \cdot 10^8$  մ/վ արագությունների համար: Կազմել աղյուսակ և կառուցել թ-ի և ը/թ-ի կախվածության գրաֆիկները նշված արագությունների համար:

17-8. Ինչպիսի՞ Վ արագության նեպում է շարժմող էլեկտրոնի գանգվածը կրկնակի անգամ միշ նրա դաշտի գանգվածից:

17-9. Մինչև ո՞ր  $W_0$  էներգիան կարելի է արագացնել մասնիկները ցիկլոտրոնի մեջ, եթե նաև նիկելի գանգվածի հարաբերական մեծացումը չպետք է գերազանցի 5 %-ը: Խնդիրը լուծել՝ ա) էլեկտրոնների, բ) պրոտոնների, գ) դեյտոնների համար:

17-10. Ինչպիսի՞ արագագույն Ս պոտենցիալների տարրերություն պետք է ամրացնի էլեկտրոնը, որպեսզի նրա արագությունը կազմի լուսի արագության 95 %-ը.

17-11. Ինչպիսի՞ արագացնող Ս պոտենցիալների տարրերություն պետք է ամրացնի պրոտոնը, որպեսզի նրա երկայնական չափերը դառնան 2 անգամ փոքր:

17-12. Գտնել մեղոնի Վ արագությունը, եթե նրա լրիվ էներգիան 10 անգամ մեծ է դաշտի էներգիայից:

17-13. Լուսի արագության ո՞ր Յ մասը պետք է կազմի մասնիկի արագությունը, որպեսզի նրա կինետիկ էներգիան հավասար լինի դաշտի էներգիային:

17-14. Մինքո՞քազարդումը տալիս է  $W_k=10$  գէկ կինետիկ էներգիայով պրոտոնների փունք: Լուսի արագության ո՞ր Յ մասն է կազմում պրոտոնների արագությունը այդ փունքում:

17-15. Գտնել պրոտոնի չափերի ռելյատիվիտական էլուստրացումը նախորդ խողոքի պայմաններում:

17-16. Տիեզերուն տալիս է  $W_k=0,67$  ՄէՎ կինետիկ էներգիայով է լեկտրոնների փունք: Լուսի արագության ո՞ր Յ մասն է կազմում էլեկտրոնների արագությունը այդ փունքում:

17-17. Կազմել էլեկտրոնների և պրոտոնների համար նիանց  $W_0$  կի նետիկ էներգիայի Վ արագությունից ունեցած կախման աղյուսակը (լուսի արագության մասերով)  $\beta = 0,1, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 0,95, 0,999$  արժեքների համար:

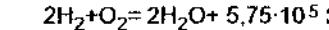
17-18. Շարժվող էլեկտրոնի գանգվածը երկու անգամ մեծ է նրա դաշտի գանգվածից: Գտնել էլեկտրոնի  $W_k$  կինետիկ էներգիան:

17-19. Զանգվածի ինչպիսի՞ և տոփիտություն է հանապատասխանում էներգիայի  $\Delta W=4,19$  Զ փոփոխությանը:

17-20. Գտնել էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը, որը համապատասխանում է զանգվածի  $\Delta m = 1$  գ.ա.ձ. փոփոխությանը:

17-21. Գտնել էներգիայի  $\Delta W$  փոփոխությունը, որը համապատասխանում է զանգվածի  $\Delta m = m_0$  փոփոխությանը:

17-22. Գտնել  $v=1$  մոլ ջրի առաջացման ժամանակ տեղի ունեցող զանգվածի  $\Delta m$  փոփոխությունը, եթե ջրի առաջացման ռեակցիան այսպիսին է:



17-23. ց<sub>2</sub>U<sup>235</sup> ուրանի միջուկի տրոհման ժամանակ անջատվում է  $W=200$  ՄէՎ էներգիա: Գտնել զանգվածի  $\Delta m_{\mu\mu}$  փոփոխությունը  $v=1$  մոլ ուրանի տրոհման ժամանակ:

17-24. Արև ճառագայթում  $E=3,9 \cdot 10^{26}$  Վտ էներգիայի հոսք: Որքա՞ն և ժամանակի ընթացքում Արևը կփոքրանա 2 անգամ: Արևի ճառագայթումը համարել հաստատում:

## §18. ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՑԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄ

Բացարձակ և մարմնի էներգետիկ լուսատվությունը (ճառագայթելիությունը), այսինքն բացարձակ և մարմնի միավոր մակերեսից միավոր ժամանակում առաջիկա էներգիան որոշվում է Ստեֆան-Բոլցմանի բանաձևով.

$R_t = \sigma T^4$ ,  
որտեղ  $T$ -ն ջերմադիրների կական ջերմաստիճանն է,  $\sigma = 5,67 \text{ Վտ}/\text{մ}^2\text{K}^4$ -ը Ստեֆան-Բոլցմանի համապատուն է:

Եթե ճառագայթու մարմնին բացարձակ և մարմնին չէ, ապա

$$R_t = K \sigma T^4,$$

որտեղ  $K$  գործակիցը միշտ փոքր է մեկից:

Եներգետիկ  $R_t$  լուսատվությունը բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվության սպեկտրալ խտության հետ կապված է հետևյալ առնչությամբ.

$$R_t = \int_{\lambda}^{\infty} f_{\lambda} d\lambda :$$

Բացարձակ սև մարմնի ջերմադինամիկական ջերմաստիճանի և այդ մարմնի էներգետիկ լուսատվության առավելագույն սպեկտրալ խտությանը համապատասխանող ալիքի երկարության արտադրյալը հաստատում մեծություն է (Վիճի առաջին օրենք).

$$\lambda_m T = C_1 = 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ մԿ:}$$

Բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվության առավելագույն սպեկտրալ խտությունը աճում է ջերմաստիճանի ինքնարորդ աստիճանին համեմատական (Վիճի երկրորդ օրենք).

$$r_{\lambda_{max}} = C_2 T^5, \text{ որտեղ } C_2 = 1.29 \cdot 10^{-5} \text{ Վտ/մ}^3 \text{ Կ:}$$

18-1. Գտնել վառարանի  $T$  ջերմաստիճանը, եթե հայտնի է, որ  $S=6,1$  մմ<sup>2</sup> մակերեսով նեղից ճառագայթումն ունի  $N=34,6$  Վտ հզորություն: ճառագայթումը համարել նույն բացարձակ սև մարմնի ճառագայթմանը:

18-2. ճառագայթման ինչպիսի՞ Ն հզորություն ունի Արևի: Արևի ճառագայթումը համարել նույն բացարձակ սև մարմնի ճառագայթմանը: Արևի մակերեսույթի ջերմաստիճանը՝  $T=5800$  Կ:

18-3. Ինչպիսի՞  $R_t$  ճառագայթման լուսատվություն ունի անհացող կապարը: Տվյալ ջերմաստիճանում կապարի էներգետիկ լուսատվության հարաբերությունը բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվությանը՝  $K=0,6$ :

18-4. Բացարձակ սև մարմնի ճառագայթման հզորությունը՝  $N=34$  Վտ: Գտնել այդ մարմնի  $T$  ջերմաստիճանը, եթե հայտնի է, որ նրա մակերեսույթի մակերեսը  $S=0,6$  մ<sup>2</sup>:

18-5. Շիկացած մետաղյա մակերեսույթի ճառագայթման հզորությունը՝  $N=0,67$  Վկլ: Մակերեսույթի ջերմաստիճանը՝  $T=2500$  Կ, նրա մակերեսը՝  $S=10$  մմ<sup>2</sup>: ճառագայթման ինչպիսի՞ Ն հզորություն կունենա այդ մակերեսույթը, եթե այն լիներ բացարձակ սև: Գտնել այդ մակերեսույթի և բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվության  $K$  հարաբերությունը տվյալ ջերմաստիճանում:

18-6. Էլեկտրական լամպի վոլֆրամն պարույրի տրամագիծը՝  $d=0,3$  մմ, պարույրի երկարությունը՝  $L=5$  սմ: Լամպը  $U=127$  Վ լարման շրջային միացնելու հետքում նրանով անցնում է  $\beta=0,31$  Ա հոսանք: Գտնել պարույրի  $T$  ջերմաստիճանը: Համարել, որ հավասարակշռություն հաստատվելուց հետո թելիկում անջատվող ամբողջ ջերմությունը ժախսվում է ճառա-

գայթման վրա: Վոլֆրամի և բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվությունների հարաբերությունը այդ ջերաստիճանում՝  $K=0,31$ :

18-7. 25-վատուանոց լամպի վոլֆրամից պատրաստված պյարույրի ջերմաստիճանը՝  $T=2450$  Կ: Նրա էներգետիկ լուսատվության հարաբերությունը բացարձակ սև մարմնի էներգետիկ լուսատվությանը տվյալ ջերմաստիճանում՝  $K=0,3$ : Գտնել պարույրի ճառագայթող մակերեսույթի  $S$  մակերեսը:

18-8. Գտնել արեգակնային և հաստատումը, այսինքն ճառագայթային էներգիայի այն քանակությունը, որն ուղարկվում է Արեգակի կողմից ծիավոր ժամանակում միավոր մակերեսով, որը ճառագայթներին ուղղահայաց է և գտնվում է նրանից նոյն հեռավորության վրա, ինչ որ երկիրը: Արևի մակերեսույթի ջերմաստիճանը՝  $T=5800$  Կ: Արևի ճառագայթումը համարել մոտ բացարձակ սև մարմնի ճառագայթմանը:

18-9. Համարելով, որ մինույուրը կլանում է Արեգակի կողմից ուղարկվող ճառագայթային էներգիայի 10 %-ը, գտնել  $S=0,5$  հա մակերես ունեցող հորիզոնական տեղամասի Արեգակից ստացվող ճառագայթման  $N$  հզորությունը: Արեգակի բարձրությունը հորիզոնի նկատմամբ՝  $\phi=30^\circ$ : Արեգակի ճառագայթումը ընդունել մոտ բացարձակ սև մարմնի ճառագայթմանը:

18-10. Գիտենալով արեգակնային հաստատումի արժեքը երկրի համար (ունի խնդիր 18-8)՝ գտնել արեգակնային հաստատումի արժեքը Մարսի համար:

18-11. Էներգետիկ լուսատվության ինչպիսի՞  $R_t$  արժեք ունի բացարձակ սև մարմնը, եթե էներգետիկ լուսատվության սպեկտրալ խտության առավելագույն արժեքը համարել նույն արժեքը:

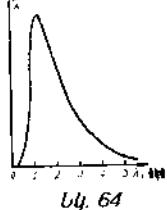
18-12. Բացարձակ սև մարմնի ճառագայթման հզորությունը՝  $N=10$  Վկլ: Գտնել մարմնի ճառագայթող մակերեսույթի  $S$  մակերեսը, եթե էներգետիկ լուսատվության սպեկտրալ խտության առավելագույն արժեքը համապատասխանում է  $\lambda=700$  նմ ալիքի երկարությունը:

18-13. Սպեկտրի ո՞ր տիրույթներում են ընկած էներգետիկ լուսատվության սպեկտրալ խտության սպավելագույն արժեքին համապատասխանող ալիքի երկարությունները, եթե որպես լուսի աղբյուր ժառայում են: ա) էլեկտրական լամպի պարույրը ( $T=3000$  Կ), բ) Արևի մակերեսույթը ( $T=6000$  Կ), գ) ատոմային ռումբը, որում պայմանավորված է  $T=10^7$  Կ ջերմաստիճան: ճառագայթումը համարել նույն բացարձակ սև մարմնի ճառագայթմանը:

18-14. 64-րդ նկարում տրված է բացարձակ սև մարմնի  $R_t$  էներգետիկ լուսատվության սպեկտրալ խտության  $\lambda$  ալիքի երկարությունից ու նեցած կախվածության կորը մի որոշ ջերմաստիճանի համար: Ո՞ր է ուր-

ճառադանի է վերաբերում այդ կորը: Այդ ջերմաստիճանում ճառագայթվող էներգիաի քանի՝ տոկոսն է ընկնում տեսանելի սպեկտրին:

18-15. Բացարձակ սև ճարծինը տաքացնելիս էներգիակ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքին համապատասխանող λ ալիքի երկարությունը փոխվեց 690-ից մինչև 500 նմ: Այդ դեպքում քանի՝ անգամ մեծացավ մարմնի էներգետիկ լուսառվությունը:



Ակ. 64

18-16. Ո՞ր λ ալիքի երկարությանը է համապատաճանում բացարձակ սև ճարծինի էներգետիկ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքը. Եթե այն ունի մարդու նարմնի ջերմաստիճանին հավասար ջերմաստիճան՝  $t=37^{\circ}$ , այսինքն  $T=310$  Կ:

18-17. Բացարձակ սև ճարծինի ջերմաստիճանը տաքացնելուց փոխվեց 1000 Կ-ից մինչև 3000 Կ: Այդ դեպքում քանի՝ անգամ մեծացավ  $R_t$  էներգետիկ լուսառվությունը: Որքանո՞վ փոխվեց էներգետիկ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքին համապատասխանող ալիքի երկարությունը: Քանի՝ անգամ մեծացավ նրա էներգետիկ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքը:

18-18. Բացարձակ սև ճարծինն ունի  $T_1=2900$  Կ ջերմաստիճան: Սարձին հովացման հետևանքով էներգետիկ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքին համապատասխանող ալիքի երկարությունը փոխվեց  $\lambda\lambda=9$  մկմ-ով: Մինչև ո՞ր  $T_2$  ջերմաստիճանը հովացավ մարմինը:

18-19. Մարմնի մակերեսույթը տաքացվել է մինչև  $T=1000$  Կ: Այնուետև մարմնի մակերեսույթի մի կեսը տաքացվում է  $\Delta T=100$  Կ-ով, նյութը սառեցվում է  $\Delta T=100$  Կ-ով: Քանի՝ անգամ կփոխվի այդ մարմնի մակերեսույթի  $R_t$  էներգետիկ լուսառվությունը:

18-20. Ինչպիսի՞ Ն հզորություն պետք է հաղորդվի  $r=2$  սմ շառավղով սևացրած մետաղական գնդիկին, որպեսզի նրա ջերմաստիճանը պահպանվի շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանից  $\Delta T=27$  Կ-ով բարձր: Շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանը  $T=293$  Կ: Դամարել, որ ջերմությունը կորչում է միայն ճառագայթման հետևանքով:

18-21. Սևացրած զնիվը սառչում է  $T_1=300$  Կ-ից մինչև  $T_2=293$  Կ ջերմաստիճան: Որքանո՞վ փոխվեց էներգետիկ լուսառվության սպեկտրալ խոռոչքան առավելագույն արժեքին համապատասխանող  $\lambda$  ալիքի երկարությունը:

18-22. Որքանո՞վ կփոքրանա Արկի գանգվածը ճառագայթման հետևանքով նեկ տարիսա ընթացքում: Որքա՞ն է ժամանակի ընթացքում Արկի գանգվածը կփոքրանա Երկու անգամ: Արկի մակերեսույթի ջերմաստիճանը  $T=5800$  Կ: Արկի ճառագայթումը համարեն հաստատուն:

## ԳԼՈՒԽ VI

### ԱՏՈՄԻ ԵՎ ԱՏՈՄԻ ՄԻՋՈՒԿԻ ՖԻԶԻԿԱ

ՌԱՊԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԷՌԱՑԱՑՆՈՂ  
ԲԱՌԱԳԱՅՑՑՈՒՄՆԵՐԻ ՄԻԱՎՈՐՆԵՐԸ

Աղ. 18-ում և 19-ում բերված են քայլուակտիվության և խոնացնող ճառագայթումների բնագավառում Տ և համակարգում ֆիզիկական մեծությունների ածանցյալ միավորները:

#### Աղյուսակ 18

Մեծությունը	Միավորը			Մեծության չափանիքը
	սպիտակումը	անվանումը	նշանակումը	
Ուղիղությունը աղբյուրում հզոտության ակտիվ վույրում	$a=dN/dt$	թեկներել	Բկ.	$T^{-1}$
ճառագայթման ինտենսիվություն	$I=W/S$	վատոր քառակության մետրի վրա	Վտ/ $\text{մ}^2$	$MT^{-3}$
ճառագայթման կանվածքը բաժնում	$D_{\perp}=W/m$	գրեյ	Գր	$L^2T^{-2}$
ճառագայթման կանվածքի բաժնություն	$P_{\perp}=D_{\perp}/I$	գրեյ մեկ վարկանութ	Գր/ $\text{Վ}$	$L^2T^{-3}$
Ունտգենյան և զանան-ճառագայթումների լուսակայման բաժնում	$D_{\parallel}=q/m$	կուլոնը բաժան կիլոգրամի	Կվ/կգ	$M^{-1}T^3$
Ունտգենյան և զանան-ճառագայթումների լուսակայման բաժնույթի հզորություն	$P_{\parallel}=D_{\parallel}/I$	անգեր մեկ կիլոգրամի վրա	Ա/կգ	$M^{-1}S$

### Աղյուսակ 19

Մեծությունը	Մեծությունը և նրա կապը $S_1$ -ի միավորների հետ
Էլեկտրական ակտիվությունը ռադիոակտիվ աղբյուրում	$14\beta=3,7 \cdot 10^{10}$ Բկ
ճառագայթման կրանչափ բաժնաչափ	$1 \text{ ռադ}=10^{-2} \text{ Գր}$
Ունտղենյան և գամմա-ճառագայթում-ների լուսակայման բաժնաչափ	$1 \text{ Ռ}=2,57976 \cdot 10^{-4} \text{ ԿՎ/Կգ}$

**Ծանոթություն.** Ունտղենյան և գամմա-ճառագայթումների լուսակայման բաժնաչափի միավորը՝ կուլոնը բաժանած կիլոգրամի, ինչպես նաև արտահանակարգային միավոր ունտղենը էարելի է կիրառել միայն այնպիսի ճառագայթումների համար, որոնց քանակը տեսքիան չի գերազանցում  $5 \cdot 10^{-13}$  Զ-ը (նույնական 3 ՄԵՎ):

#### Խնդիրների լուծման օրինակներ

**Խնդիր 1.** Նորմալ պայմաններում գտնվող օդը ճառագայթարվում է ռեմտղենյան ճառագայթմերով: ճառագայթման բաժնաչափը 1 Ռ է Գոնել տվյալ ճառագայթմանը առաջացած գույգ իոնների թիվը 1մմ<sup>3</sup>-ում:

**Լուծում:** Ունտղենյան ճառագայթման Ըէ լուսակայման բաժնաչափով օդի ո գանգիստում առաջացած իոնները տեղափոխում են

$$q=D_L t \quad (1)$$

**Ժառ:**

Օդի գանգիստը և V ծավալը կապված են

$$m = \frac{VP\mu}{RT} \quad (2)$$

առնչությամբ, որտեղ P-ն օդի ճնշումն է, T-ն նրա ջերմադինամիկական ջերմաստիճանը, μ-ն նոյային գանգիստը, R-ը՝ գազային հաստատումը:

Որոթելի գույգ իոնների թիվը կլինի

$$N = \frac{q}{e}, \quad (3)$$

որտեղ e-ն յուրաքանչյուր իոնի լիցքը է: (1)-(3)-ից կունենանք

$$N = \frac{D_L VP\mu}{eRT} \quad (4)$$

Ըստ պայմանի  $D_L = 1 \text{ Ռ}=2,58 \cdot 10^{-4} \text{ ԿՎ/Կգ}$ ,  $V=1 \text{ սմ}^3=10^{-6} \text{ մ}^3$ ,  $P \approx 10^5 \text{ Պա}$ ,  $\mu=0,029 \text{ կգ/մոլ}$ ,  $R=8,31 \text{ Ջ/մոլ Կ}$ ,  $T=273 \text{ Կ}$  և  $e=1,60 \cdot 10^{-19} \text{ ԿՎ}$ : Տեղադրելով այդ տվյալները (4)-ի մեջ, կստանանք  $N=2,1 \cdot 10^9$  գույգ իոններ:

**Խնդիր 2.** Արիեստական կերպով ստացված կալցիումի  $^{20}\text{Ca}^{45}$  ռադիոակտիվ իգուտումը ունի  $T_{1/2}=164$  օր կիսատրոհման պարբերություն: Գտնել այդ պատրաստուկի 1 մկգ-ի ակտիվությունը:

**Լուծում:** Ըէ ժամանակում ռադիոակտիվ նյութի տրոհված ատոմների  $\Delta N$  քանակը որոշվում է

$$|\Delta N| = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N \Delta t$$

բանաձևով, որտեղ  $T_{1/2}$ -ը իգուտուի կիսատրոհման պարբերությունն է,  $N$ -ը՝ նրա ատոմների թիվը տվյալ գանգիստում: Ասումների  $N$  թիվը պատրաստուկի ո գանգիստի հետ կապված է

$$N = \frac{m}{\mu} N_0$$

առնչությամբ, որտեղ  $N_0$ -ն Ավոգադրովի հաստատումն է,  $\mu$ -ն՝ նոյային գանգիստը: Ըստ խնդրի պայմանի  $T_{1/2}=164 \cdot 24 \cdot 3600$  վ,  $m=10^{-9}$  կգ,  $N_0=6,02 \cdot 10^{23}$  մոլ<sup>-1</sup>,  $\mu=0,045$  կգ/մոլ: Տեղադրելով այս տվյալները կստանանք ակտիվությունը:

$$a = \frac{\Delta N}{\Delta t} = 6,53 \cdot 10^8 \text{ Բկ:}$$

### § 19. ԼՈՒՅՍԻ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ԲՆՈՒՅԹԸ ԵՎ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ֆոտոնի էներգիան (լույսի քվանտ) որոշվում է

$$\varepsilon = h\nu$$

բանաձևով, որտեղ  $\hbar=6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Զ.Վ-ը}$  Պլանկի հաստատումն է, ν (Ցց)-ն՝ տատանումների հաճախությունը:

Ֆոտոնի ինպուլսը և գանգիստը՝

$$P = \frac{\hbar v}{C}, \quad m = \frac{\hbar v}{C^2}$$

որտեղ  $C=2,99792458 \cdot 10^8 \text{ մ/վ-ը}$  վակուումում լույսի տարածման արագությունն է:

Արտաքին լուսաէֆեկտ առաջացնող ֆոտոնի էներգիայի և դուրս բռնող էլեկտրոնների առավելագույն կինետիկ էներգիայի միջև եղած կապը որոշվում է էնշտենի բանաձևով:

$$\hbar v = A + \frac{mv^2}{2}$$

որտեղ A-ն մետաղի էլեկտրոնի ելքի աշխատանքն է, ո-ը՝ էլեկտրոնի գանգվածը: Եթե  $V=0$ , ապա հաջո՞ւ սց՞ո՞ն լուսաէֆեկտի կարմիր սահմանին հաճապատասխանող հաճախությունն է:

Լուսի ճնշումը:

$$P = \frac{E}{C} (1+\rho),$$

որտեղ E-ն միավոր ճակերեսի վրա միավոր ժամանակում ընկնող էներգիան է,  $\rho$ -ն լուսի անդրադարձման գործակիցն է:

Աննոդենյան ճառագայթների ալիքի երկարության փոփոխությունը կոնպունյան ցրման ժամանակ որոշվում է

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \phi)$$

բանաձևով, որտեղ  $\phi$ -ն ցրման անկյունն է, ո-ը՝ էլեկտրոնի գանգվածը:

Տարրական ճասմիկների փունջը օժուված է ճասմիկների արագության ուղղությամբ տարածվող հարթ ալիքի հատկությամբ: Այդ փնծին հաճապատասխանող  $\lambda$  ալիքի երկարությունը որոշվում է դեռոյի առնչությունից:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2Wm}}$$

որտեղ V-ն ճասմիկների արագությունն է, ո-ը՝ ճասմիկի գանգվածը, W-ը՝ նրանց կինետիկ էներգիան: Եթե ճասմիկի V արագությունը հաճաշափելի է լուսի C արագության հետ, ապա այդ բանաձևը ընդունում է

$$\lambda = \frac{h}{mv} \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{h}{\sqrt{2Wm_0 + W^2/C^2}}$$

տեսքը, որտեղ  $\beta = V/C$ ,  $m_0$ -ն ճասմիկի դադարի գանգվածն է:

19-1. Գտնել ֆուտոնի ո զանգվածը՝ ա) լուսի կարմիր ( $\lambda=700$  նմ) ճառագայթների, բ) ռենտգենյան ճառագայթների ( $\lambda=25$  պմ). գ) գամմաճառագայթների ( $\lambda=1,24$  պմ) համար:

19-2. Գտնել ֆուտոնի է էներգիան, P ինպուլսը, եթե նրան հաճապատասխանող ալիքի երկարությունը  $\lambda=1,6$  պմ:

19-3. Սնդիկի աղեղն ունի  $N=125$  Վո հզրություն: Լուսի քանի ֆուտոն է առաջին միավոր ժամանակում ճառագայթների  $\lambda=6$  հավասար 612,3, 579,1, 546,1, 404,7, 365,5, 253,7 նմ ալիքի երկարությունների համար:

\* 19-4. Ինչպիսի՞ Վ արագությամբ պետք է շարժվի էլեկտրոնը, որպեսզի նրա կինետիկ էներգիան լինի հավասար  $\lambda=520$  նմ ալիքի երկարությամբ ֆուտոնի էներգիային:

19-5. Ինչպիսի՞ Վ արագությամբ պետք է շարժվի էլեկտրոնը, որ-

պեսզի նրա ինպուլսը լինի հավասար  $\lambda=520$  նմ ալիքի երկարությամբ ֆուտոնի ինպուլսին:

19-6. Ինչպիսի՞ Վ էներգիա պետք է ունենա ֆուտոնը, որպեսզի նրա գանգվածը հավասար լինի էլեկտրոնի դադարի զանգվածին:

19-7. S=2 սմ<sup>2</sup> մակերեսի միջով  $t=0,5$  ր-ի ընթացքում ֆուտոնների մոնոքրոմատիկ փնջի տեղափոխության միավայրը հավասար է  $P=3 \cdot 10^{-9}$  կմ<sup>2</sup>/վ: Գտնել միավոր ժամանակում միավոր ճակերեսի վրա ընկնող էներգիան այդ փնջի համար:

19-8. Ինչպիսի՞ Վ չերմաստիճանի ինպուլս երկարությունը գազի մոլեկուլի կինետիկ էներգիան հավասար կինի  $\lambda=520$  նմ ալիքի երկարությունը ունեցող ֆուտոնի էներգիային:

19-9. Բարձր էներգիաների ինպուլս դժվար է ստեղծել պամաներ ռենտգենյան և զամնա-ճառագայթումների լուսակայման բաժնաչափը ռենտգեներով չափելու համար, դրա համար ռենտգենի կիրառումը որպես ճառագայթման բաժնաչափ բռյալատրում է  $\varepsilon = 3$  ՄՎ էներգիա ունեցող քվանտների ճառագայթումների համար: Մինչև  $n^{\circ}$  և սահմանային ալիքի երկարության ռենտգենյան ճառագայթման համար ռենտգենը դեռ կարելի է կիրառել:

19-10. Գտնել այն ֆուտոնի ո զանգվածը, որի ինպուլսը հավասար  $t=20^{\circ}\text{C}$  չերմաստիճանում գտնվող ջրածնի մոլեկուլի ինպուլսին: Մոլեկուլի արագությունը հանարել հավասար միջին քայլակուսային արագությամբ:

19-11. Ա. Գ. Ստոլեսովի «Ակտինո-էլեկտրական հետազոտություններ» (1888 թ.) աշխատության մեջ առաջին անգամ սահմանվել են լուսաէֆեկտի հիմնական օրենքները: Նրա փորձերի պայունընթերից մեկը ծևակերպված է այսպես. «Պարզող ազդեցությամբ ժամանակը են ամենամեծը բեկորականություն ունեցող  $\lambda=295$  նմ ալիքի երկարությունից փոքր երկարություն ունեցող ճառագայթները»: Գտնել էլեկտրոնի ելքի A աշխատանքը այն մետաղի համար, որով աշխատում էր Ա. Գ. Ստոլեսովը:

19-12. Գտնել լուսի այն  $\lambda_0$  ալիքի երկարությունը, որը հաճապատասխանում է լիրիումի, նատրիումի, կալիումի և ցեզիումի լուսաէֆեկտի կարմիր սահմանին:

19-13. Ինչորպմետաղի համար լուսաէֆեկտի կարմիր սահմանին հաճապատասխանող ալիքի երկարությունը  $\lambda_0=275$  նմ: Գտնել լուսաէֆեկտ առաջացնող ֆուտոնի նվազագույն էներգիան:

19-14. Ինչոր մետաղի համար լուսաէֆեկտի կարմիր սահմանին հաճապատասխանող ալիքի երկարությունը  $\lambda_0=275$  նմ: Գտնել մետաղի էլեկտրոնի ելքի A աշխատանքը, էլեկտրոնների  $V_{max}$  առավելագույն արագությունը, որոնք պոկվում են մետաղից  $\lambda=180$  նմ ալիքի երկարությամբ լուսի կողմից և էլեկտրոնների  $W_{max}$  առավելագույն կինետիկ էներգիան:

19-15. Գտնել մետաղից էլեկտրոններ պոկող լուսի և հաճախուրականը, եթե նրանք ամբողջությամբ արգելակվում են  $U=3$  Վ կասեցնող պոտենցիալիների տարրերության միջոցով: Լուսաէֆեկտը սկսիւմ է լուսի  $U_0 = 6 \cdot 10^{14}$  Վ հաճախության դեպքում: Գտնել մետաղից էլեկտրոննի ելքի A աշխատանքը:

19-16. Գտնել արգելակող Ս պոտենցիալների տարրությունը այն էլեկտրոնների հաճար, որոնք պոկում են կալիումից  $\lambda=330$  նմ երկարությամբ լուսով լուսավորելու դեպքում:

19-17. Պլատինի մակերևույթից լուսաէֆեկտի դեպքում էլեկտրոնները ամբողջությամբ արգելակվում են  $U=0.8$  Վ պոտենցիալների տարրերությամբ: Գտնել կիրառվող ճառագայթնան λ ալիքի երկարությունը և այն առավելագույն  $\lambda_0$  ալիքի երկարությունը, որի դեպքում դժուար կարող է տեղի ունենալ լուսաէֆեկտ:

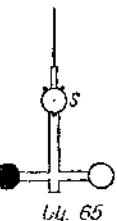
19-18.  $E = 4.9$  էՎ էներգիա ունեցող ֆոտոնները պոկում են էլեկտրոններ  $A=4.5$  էՎ ելքի աշխատանք ունեցող մետաղից: Գտնել այն  $P_{\max}$  առավելագույն ինպուլսը, որը հաղորդվում է մետաղի մակերևույթին յուրաքանչյուր էլեկտրոնի դրւության քայլականի:

19-19. Գտնել Պլանկի և հաստատումը, եթե հայտնի է, որ  $U_1=2.2 \cdot 10^{15}$  Վ հաճախությամբ լուսի կողմից պոկած էլեկտրոնները ամեղջությամբ արգելակվում են  $U_2=6.6$  Վ պոտենցիալների տարրերությամբ, իսկ  $U_2=4.6 \cdot 10^{15}$  Վ հաճախությամբ լուսով պոկած էլեկտրոնները  $U_2=16.5$  Վ պոտենցիալների տարրերությամբ:

19-20. Կակուումային ֆոտոտարրը բաղկացած է կենտրոնական կարություն (վոլֆրամ գնդիկից) և անորիջ (առծարքապատված կոլբայի ներքին մակերևույթից): Էլեկտրոնների միջև եղած կոնտակտային պոտենցիալների տարրերությամբ, որն արագացնում է դրւությունը էլեկտրոններին,  $U_0=0.6$  Վ: Ֆոտոտարրը լուսավորվում է  $\lambda=230$  նմ ալիքի երկարությամբ լուսով: Խնչախի՞ կամեցնող Ս պոտենցիալների տարրերությունը պետք է կիրառել էլեկտրոդների միջև, որպեսզի ֆոտոհոսանքն ընկնի մինչև գրությունը: Խնչախի՞ Վ արագությունը ծեղութեանը կամեցնող էլեկտրոնների անորիջն հասնելու պահին, եթե անորիջ և կարությունը միջև չփառակի պոտենցիալների տարրերությունը:

19-21. Նախորդ խնդրում ֆոտոտարրի էլեկտրոդների միջև կիրառված է  $U=1$  Վ կասեցնող պոտենցիալների տարրերությունը: Կարողի վրա ընկնող լուսի  $\lambda$  ալիքի երկարության ինչպիսի՞ սահմանային արժեքի դեպքում կսկսի լուսաէֆեկտը:

19-22. Ակ. 65-ում ցուց է տրված այն տարբանվորման մի նասը, որով Պ. Ն. Երենիկ կատարել է լուսի ճնշումը չա-



- 240 -

փելու իր փորձերը: Բարակ թելից կախված ապակյա խաչկապ սեղանը ված է օդը հանած անորի մեջ և իր ծայրերին կրում է պատին փայլաթի թելի երկու շղանեների: Այս շղանը մեացված է, իսկ մուսը թողնված է փայլու: Լուսը ուղեցվով շղանեներից մեկի վրա չափելով թելի պտույտի անկյունը (հայելային հաշվարկման համար ծառայում է S հայելին) կարելի է որոշել լուսի ճնշումը: Գտնել լուսային P ճնշումը և լուսային E էներգիան, որն ընկնում է աղեղնային լամպից շղանեների միավոր մակերեսի վրա միավոր ժամանակի ընթացքում: Փայլուն շղանի լուսավորման ժամանակ հայելուց  $t=1200$  մն հեռավորությամբ սանդղակի վրա լուսի շղողի շեղունը  $a=76$  մմ: Շղանեների տրամագիծը  $d=75$  մմ: Շրջանի կենտրոնից մինչև պոտենց առանցքն եղած հեռավորությունը՝  $L=9.2$  մմ: Լուսի անդրադանան գործակիցը փայլուն շղանակի համար՝  $r=0.5$ ; թելի ոլորնան մոմենտի ( $M=Kx$ ) հաստատումը  $K=2.2 \cdot 10^{-11}$  Նմ/ռադ:

19-23. Պ. Ն. Երենիկի փորձերից մեկում մեացրած շղանի ( $r=0$ ) վրա լուսի անկնան ժամանակ թելի պտույտան անկյունը եղել է հավասար՝  $\alpha=10^\circ$ : Գտնել ընկնում լուսի լուսային P ճնշումը և N կգրությունը: Սարքի տվյալները վերցնել 19-22 խնդրի պայմանից:

19-24. Պ. Ն. Երենիկի փորձերից մեկում շղանեների վրա ընկնած մոնուրումատիկ լուսի ( $\lambda=560$  նմ) հգրությունը հավասար է  $N=8.33$  նՎտ: Գտնել միավոր ժամանակում շղանեների միավոր մակերեսի վրա ընկնու ֆոտոնների Ծ թիվը և շրջանների միավոր մակերեսին միավոր ժամանակում հաղորդված F Էտ ուժի ինպուլսը թի 0, 0.5, 1 արժեքների համար: Սարքի տվյալները վերցնել 19-22 խնդրի պայմանից:

19-25. Ուս աստղագետ Ֆ. Ա. Բրենիխինը գիսավոր աստղերի պոչերի ձեր բացատրեց արեգակնային ճառագայթների ճնշմանը: Գտնել արեգակնային ճառագայթների լուսային P ճնշումը այն բացարձակ սև մարմնի վրա, որը տեղավորված է Արեգակից նույն հեռավորության վրա, ինչ որ Երկիրը: Խնչախի՞ ու գանգված պնտը և ունենա այդ հեռավորության վրա գտնվող գիսավոր աստղի պոչի մեջ գտնվող մասնիկը, որպեսզի նրա վրա ազդող լուսային ճնշման ուժը հավասարակշռվի Արեգակի կողմից մասնիկի գործականության ուժի հետ: Մասնիկի մակերեսը, որն անդրադանում է իր վրա ընկնած բոլոր ճառագայթները, ընդունել համար  $S=0.5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ : Արեգակնային հաստատումը  $K=1.37$  Վտ/նմ<sup>2</sup>:

19-26. Գտնել լուսի P ճնշումը 100-վատուանոց էլեկտրական լամպի պատերի վրա: Լամպի անորոշ իրենից ներկայացնում է  $r=5$  մմ շառավելով գնդանձն անոր: Լամպի պատերը անդրադանում են իրենց վրա ընկնու լուսի  $4\%-ը$  և բաց են բոլում 6%: Համարել, որ օգտագործվող անդրությունը ծախսվում է ճառագայթնան վրա:

19-27.  $S=0.01 \text{ m}^2$  մակերես ունեցող ճառականությի վրա միավոր ժամանակում առաջարկած առաջարկան վրա:

նաւուկում բնկնում է  $E=1,05$  Ձ/վ լուսային էներգիա: Գտնել լուսային  $P$  ճշգույքը այս լրեպերում, եթե մակերևույթը լրիվ անդրադարձնում և լրիվ կանուն է իր վրա ընկնող բոլոր ճառագայթները:

19-28. Լուսի նոնքորումատիկ փունջը ( $\lambda=490$  նմ), ուղղահայաց լինկելով մակերևույթի վրա, առաջացնում է  $P=4,9$  մկԴա լուսային ճշշում: Լուսի քանի՞ Դ ֆուտոն է ընկնում այդ մակերևույթի միավոր մակերեսի վրա միավոր ժամանակում: Լուսի անդրադարձն գործակիցը՝  $\rho=0,25$ :

19-29.  $\lambda_0=70,8$  պմ ալիքի երկարությամբ ռենտգենյան ճառագայթները պարագինի վրա ենթակվում են կոնպտոնյան ցրման: Գտնել այն ռենտգենյան ճառագայթների ալիքի երկարությունները, որոնք ցրվել են՝ ա)  $\varphi=\pi/2$ , բ)  $\varphi=\pi$  ռենտգենյան բառերով:

19-30. Ինչպիսի՞ն էր ռենտգենյան ճառագայթն ալիքի երկարությունը, եթե գրաֆիտի վրա  $\varphi=60^0$  անկյան տակ այդ ճառագայթն ալիքում ցրման ժամանակ ցրված ճառագայթն ալիքի երկարությունը  $\lambda=25,4$  պմ:

19-31.  $\lambda_0=20$  պմ ալիքի երկարությամբ ռենտգենյան ճառագայթները ենթակվում են ցրման  $\varphi=90^0$  անկյան տակ: Գտնել ռենտգենյան ճառագայթների ալիքի երկարության  $\lambda$  փոփոխությունը ցրման ժամանակ, ինչպես նաև հետիրման էլեկտրոնի  $W_e$  էներգիան և իմպուլսը:

19-32. Կոնդոնի երկույթի ժամանակ ընկնող ֆուտոնի էներգիան հավասարապես բաշխվում է ցրվող ֆուտոնի և հետիրման էլեկտրոնի միջև: Ցրման անկյունը՝  $\varphi=\pi/2$ : Գտնել ցրվող ֆուտոնի  $W$  էներգիան և  $P$  իմպուլսը:

19-33. Ռենտգենյան ճառագայթների էներգիան՝  $E=0,64$  ՄէՎ: Գտնել հետիրման էլեկտրոնի  $W_e$  էներգիան, եթե կոնդոնյան ցրումից հետո ռենտգենյան ճառագայթների ալիքի երկարությունը փոփոխվել է 20 %-ով:

19-34. Գտնել դե Բրոյլի ալիքի  $\lambda$  երկարությունը այն էլեկտրոնների համար, որոնք անցել են  $U_1=1$  Վ և  $U_2=100$  Վ պոտենցիալների տարրերությունը:

19-35. Լուծել նախորդ խնդիրը պրոտոնների փոփոխ համար:

19-36. Գտնել դե Բրոյլի ալիքի  $\lambda$  երկարությունը՝ ա)  $V=10^6$  Ծ/վ արագությամբ շարժման էլեկտրոնի համար, բ) ցրածնի ալումինի համար, որի շարժման արագությունը հավասար է  $T=300$  Կ ջերմաստիճանում նրա ունեցած միջին քառակուսային արագությանը. գ)  $m=1$  գ զանգվածով և  $V=1$  մ/վ արագությամբ շարժվող գնդիկի համար:

19-37. Գտնել՝ ա)  $W_1=10$  կԵՎ, բ)  $W_2=1$  ՄէՎ կիմետրիկ էներգիայով շարժվող էլեկտրոնի դե Բրոյլի ալիքի  $\lambda$  երկարությունը:

19-38.  $U=200$  Վ պոտենցիալների տարրերությամբ արագացված մեքանիկական ունի  $\lambda=2,02$  պմ դե Բրոյլի ալիքի երկարություն: Գտնել մասնիկի ու զանգվածը, եթե նրա լիցքը բվապես հավասար է էլեկտրոնի լիցքին:

19-39. Կազմնել դե Բրոյլի ալիքների աղյուսակ էլեկտրոնի համար, որը շարժվում է  $V$  արագությամբ հավասար  $2 \cdot 10^8$ ,  $2,2 \cdot 10^8$ ,  $2,4 \cdot 10^8$ ,  $2,6 \cdot 10^8$ ,  $2,8 \cdot 10^8$  Ծ/վ-ի:

19-40.  $\alpha$ -մասնիկը շարժվում է  $t=0,83$  մն շառավղով շրջանագծով համասեռ մագնիսական դաշտում, որի լարվածությունը՝  $H=18,9$  ԿԱ/մ: Գտնել դե Բրոյլի ալիքի  $\lambda$  երկարությունը  $\alpha$ -մասնիկի համար:

19-41. Գտնել  $T=293$  Կ ջերմաստիճանում ամենահավանական արագությամբ շարժվող շրածնի ատոմի դե Բրոյլի ալիքի  $\lambda$  երկարությունը:

## § 20. ԲՈՐԻ ԱՏՈՄԸ: ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ԲԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐ

Բորի առաջին պատուկատի (կանխաղրուպի) համաձայն էլեկտրոնի շարժումը միջուկի շուրջը հնարավոր է միայն որոշակի ուղեծքներով, որոնց շառավիղները բավարարուն են:

$$mV_k r_k = K \frac{h}{2\pi}$$

առնչությանը, որտեղ  $m$ -ը էլեկտրոնի զանգվածն է,  $V_k$ -ն նրա արագությունը  $k$ -րդ ուղեծքում,  $r_k$ -ն՝ այդ ուղեծքի շառավիղը,  $K$ -ը՝ Պլանկի հաստատումը,  $K$ -ն կամայական ամրող թիվ է (բվանուային թիվ):

Ըստ Բորի երկրորդ պատուկատի ճառագայթն ահաճախտությունը, որը համապատասխանում է էլեկտրոնի մի ուղեծքից նյութին անցնելուն, որոշվում է

$$h = W_n \cdot W_k$$

բանաձևով, որտեղ  $k$ -ն և  $n$ -ը ուղեծքի համարներն են ( $n>k$ ),  $W_k$ -ն և  $W_n$ -ը էլեկտրոնի այդ մակարդակներին համապատասխանող էներգիայի արժեքներն են:

Ս հաճախությունները կան ։ ալիքի երկարությունները, որոնք համապատասխանուն են ջրածնի սպեկտրի գծերին, որոշվուն են

$$v = \frac{C}{\lambda} = RC \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

բանաձևով, որտեղ  $k$ -ն և  $n$ -ը ուղեծքերի համարներն են,  $C$ -ն լուսի տարրածնան արագությունը վակուումուն,  $R$ -ը՝ Ոկտերոգի հատուտունը, որը հավասար է

$$R = \frac{e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^3 C} = 1,097373177 \cdot 10^{-7} \text{ Ծ}^{-1}$$

Այստեղ են էլեկտրոնի լիցքն է, որը նրա զանգվածը, ի՞ւ Պլանկի հաստատունը, չ ո՞նչ էլեկտրական հաստատունը:

Զրածնանան իոնների համար և հաճախությունները և λ ալիքի երկարությունները հնարավորություն է տալիս գտնել

$$U = \frac{C}{\lambda} = RCZ^2 \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

բանաձեռ, որտեղ  $Z$ -ը տարրի կարգարիվն է Մենդելեևի աղյուսակում:

Ունտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի դեպքում տեղի ունի Վուֆ-Բրեգգի հավասարումը.

$$2d \sin\phi = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

որտեղ  $d$ -ն բյուրեղի ցանցի հաստատունն է (բյուրեղի ատոմային հարթություններ՝ միջև եղած հեռավորությունն է),  $\phi$ -ն ունտգենյան ճառագայթների փոփ և բյուրեղի մակերևույթի միջև կազմված անկյունը:

Անընդհատ ունտգենյան սպեկտրի կարգալիքային սահմանին հաճախատափախանող  $u_0$  հաճախությունը կարելի է գտնել

$h_u = eU$

առնչությունից, որտեղ  $U$ -ն ունտգենյան խողովակի էլեկտրոդների նկատմամբ կիրաված պոտենցիալների տարբերությունն է:

Ունտգենյան բնութագրական ճառագայթների ալիքի երկարությունը կարելի է գտնել Մոզիի բանաձեռով.

$$u = \frac{C}{\lambda} = RC(Z-b) \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

որտեղ  $Z$ -ը այն տարրի կարգարիվն է, որից պատրաստված է հակակարողը,  $b$ -ն էլեկտրագայթների հաստատունն է: Վերջին բանաձեռ կարելի է արտագրել այսպես:

$$\sqrt{u=a(Z-b)}, \text{ որտեղ } a=\sqrt{RC \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)} :$$

Հ հաստությամբ թիթեղի միջով անցնող ունտգենյան ճառագայթների ինտենսիվությունը որոշվում է

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

բանաձևով, որտեղ  $I_0$ -ն թիթեղի վրա ընկնող փոքրի ինտենսիվությունն է,  $\mu$  [մ<sup>-1</sup>]-ն կանանան գծային գործակիցն է: Կանանան  $\mu$  գործակիցը կախված է ունտգենյան ճառագայթների ալիքի երկարությունից և նյութի խտությունից: Ազկանան զանգվածային գործակիցը մականան գծային գործակիցի հետ կապված է  $\mu_q = [m^2/q]^{1/2}/\rho$  անոչությամբ, որտեղ  $m$  նյութի խտությունն է:

Ունտգենյան ճառագայթների կանոնը տարրեր նյութերի կողմանից կարելի է բնութագրել այսպես կոչված «կիսաթուլացման չերտով»: այսինքն շերտի  $X_{1/2}$  հաստությամբ, որը ընկնող ճառագայթների ինտենսիվությունը փոքրացնում է երկու անգամ:

20-1. Գտնել Բորի առաջին երեք էլեկտրոնային ուղեծրերի  $r_k$  շառավիղները ջրածնի ատոմում և էլեկտրոնի  $V_k$  արագությունը նրանց վրա:

20-2. Գտնել Բորի առաջին ուղեծրով շարժվող էլեկտրոնի  $W_k$  կինետիկ,  $W_w$  պոտենցիալ և  $W$  լրիվ էներգիաները:

20-3. Գտնել ջրածնի ատոմի ո-րդ ուղեծրի վրա գտնվող էլեկտրոնի  $W_k$  կինետիկ էներգիան ո-ի 1, 2, 3 և  $\infty$  արժեքների համար:

20-4. Գտնել ջրածնի ատոմում Բորի առաջին ուղեծրի վրա գտնվող էլեկտրոնի պոտոման  $T$  պարերությունը և նրա ո անկյունային արագությունը:

20-5. Գտնել սպեկտրի տեսանելի տիրույթի ջրածնի սպեկտրալ գծերի  $\lambda_{max}$  ամենամեծ և  $\lambda_{min}$  ամենափոքր ալիքների երկարությունները:

20-6. Գտնել ալիքի  $\lambda_{max}$  ամենամեծ երկարությունը ջրածնի սպեկտրի ուղղամատուշելվագույն տիրույթը: Ինչպիսի  $V_{min}$  ամենափոքր արագությունը պետք է ունենան էլեկտրոնները, որպեսզի ջրածնի ատոմները էլեկտրոնների հարվածներով գրգռելու ժամանակ այդ գիծը երևան գա:

20-7. Գտնել ջրածնի ատոմի  $U_h$  իոնացման պոտենցիալը:

20-8. Գտնել ջրածնի ատոմի գրգռման  $U_1$  պոտենցիալը:

20-9. Ինչպիսի  $W_{min}$  ամենափոքր էներգիա (էլեկտրոն-վլուտերով) պետք է ունենա էլեկտրոնը, որպեսզի այդ էլեկտրոնների հարվածներով ջրածնի ատոմների գրգռման ժամանակ առաջաման սպեկտրի բոլոր սերիաների բոլոր գծերը: Ինչպիսի  $V_{min}$  ամենափոքր արագությունը պետք է ունենան այդ էլեկտրոնները:

20-10. Ինչպիսի սահմաններում պետք է ընկած լինի ոմբակրծող էլեկտրոնների էներգիան, որպեսզի այդ էլեկտրոնների հարվածներով ջրածնի ատոմների գրգռման ժամանակ ջրածնի սպեկտրն ունենա ճիայն մեկ սպեկտրալ գիծ:

20-11. Ինչպիսի  $W_{min}$  ամենափոքր էներգիա (էլեկտրոն-վլուտերով) պետք է ունենա էլեկտրոնները, որպեսզի այդ էլեկտրոնների հարվածներով ջրածնի ատոմների գրգռման ժամանակ սպեկտրն ունենա երեք սպեկտրալ գծեր: Գտնել այդ գծերի  $\lambda$  ալիքների երկարությունները:

20-12. Ինչպիսի սահմաններում պետք է ընկած լինեն մոնուրումատիկ լուսի և ալիքների երկարությունները, որպեսզի այդ լուսի քվանությունը ջրածնի ատոմների գրգռման ժամանակ դիտվեն երեք սպեկտրալ գծեր:

20-13. Որքանո՞վ կփոխվի ջրածնի ատոմում գտնվող էլեկտրոնի

կինետիկ էներգիան, եթե ատոմը նառագայթի  $\lambda=486$  նմ ալիքի երկարությամբ ֆոտոն:

20-14. Ինչպիսի՞ սահմաներում պետք է գտնվեն մոնոքրոմատիկ լուսի և ալիքների երկարությունները, որպեսզի այդ լուսի քվանտներով ջրածնի ատոմների գրգռման ժամանակ էլեկտրոնի ուղեծրի րե շառավիղը մեծանալ 9 անգամ:

20-15. Ալորմական ջրածնով լցված պարզման խողովակից դիֆրակցիոն ցանցի վրա ուղղահայաց ընկնում է լուսի փունջ: Ցանցի հաստատունը  $d=5$  մկմ: Էլեկտրոնի  $n=1$  անցմանն է հաճապատասխանում այն սպեկտրալ գիծը, որը դիտվում է այդ ցանցի օգնությամբ ստացված հինգնորորդ կարգի սպեկտրում  $\varphi=41^{\circ}$  անկյան տակ:

20-16. Գտնել դե Բրոյլի և ալիքի երկարությունը ջրածնի ատոմում Բորի առաջին էլեկտրոնի համար:

20-17. Գտնել Բորի առաջին էլեկտրոնային ուղեծրի  $r_1$  շառավիղը մեկ անգամ իրնացված հելիումի ատոմի համար և էլեկտրոնի  $V_1$  արագությունը նրա վրա:

20-18. Գտնել գրգռման առաջին  $U_1$  պոտենցիալը՝ ա) մեկ անգամ իրնացված հելիումի համար. բ) կրկնակի իրնացված լիթիումի համար:

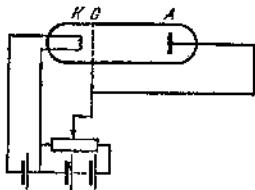
20-19. Գտնել  $U_2$  իրնացման պոտենցիալը՝ ա) մեկ անգամ իրնացված. բ) կրկնակի իրնացմած լիթիումի համար:

20-20. Գտնել ֆոտոնի և ալիքի երկարությունը, որը հաճապատասխանում է հելիումի մեկ անգամ իրնացված ատոմում էլեկտրոնի անցմանը Բորի երկրորդ ուղեծրից առաջին վրա:

20-21. Լուծել նախորդ խնդիրը լիթիումի կրկնակի իրնացմած ատոմի համար:

20-22. Եատրիումի D-գիծը առաքվում է ատոմի մեկ ուղեծրից մյուսի վրա էլեկտրոնի այնպիսի անցման ժամանակ, որի դեպքում ատոմի էներգիան փոքրանում է  $\Delta W = 3,37 \cdot 10^{-19}$  Ջ.ով: Գտնել նատրիումի D-գիծի և ալիքի երկարությունը:

20-23. Նկ. 66-ում պատկերված է նատրիումի ռեզոնանսային պոտենցիալը որոշելու սարքի սխեման: Խողովակը պարունակում է նատրիումի գոլորշիներ: G և A էլեկտրոդներն ունեն նույն պոտենցիալը: K կարողի և G ցանցի միջև արագացնող պոտենցիալների Ս տարբերության ինչպիսի՞ նվազագույն արժեքի դեպքում կրիտվի  $\lambda = 589$  նմ ալիքի երկարություն ունեցող սպեկտրալ գիծը:

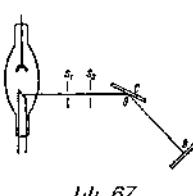


Նկ. 66

20-24. Էլեկտրոնը, անցնելով  $U=4,9$  Վ պոտենցիալների տարբերություն, բախվում է

սնդիկի ատոմի հետ և այն փոխադրում առաջին գրգռված վիճակին: Ի՞նչ և ալիքի երկարություն ունի այն ֆոտոնը, որը հաճապատասխանում է սնդիկի ատոմի նորմալ վիճակին անցնելուն:

20-25. Նկ. 67-ում պատկերված է ռենտգենյան ճառագայթյունների դիֆրակցիան դիտելու սարքը: Ը բյուրեղի պտտման ժամանակ միայն այն ճառագայթը կանորադարձան Յ լուսանկարչական թիթեղի վրա, որի ալիքի երկարությունը բավարարում է Կուլֆ-Բրեգգի հավասարանը: Բյուրեղի հարթության և ռենտգենյան ճառագայթյունների փոփ կազմած ինչպիսի՞ նվազագույն գ անկյան դեպքում են անդրադարձն  $\lambda=20$  պմ ալիքի երկարությունը ունեցող ռենտգենյան ճառագայթյունները:



Նկ. 67

Բյուրեղի ցանցի հաստատունը  $d=303$  պմ:

20-26. Գտնել քարաղի ցանցի Ժ հաստատունը, գիտենալով քարաղի մոլային զանգվածը՝  $\mu=0,058$  կգ/մոլ և նրա խորությունը՝  $\rho=2,2 \cdot 10^3$  կգ/մ<sup>3</sup>: Քարաղի բյուրեղները ունեն պարզ խորանարդային կառուցվածք:

20-27. Ռենտգենյան ճառագայթյունների օգնությամբ  $\Psi$  լամփի հ հաստատունը փորձնականորեն որոշվելու բյուրեղը տեղադրվում է որոշ գ անկյան տակ, իսկ ռենտգենյան խողովակի էլեկտրոդների վրա կիրառված Ս պոտենցիալների տարբերությունը մեծացնում են այնքան, մինչև երևա այդ անկյանը հաճապատասխանող գիծը: Գտնել  $\Psi$  լամփի հ հաստատունը հետևյալ տվյալներից: Քարաղի բյուրեղը տեղադրված է  $\varphi=41^{\circ}$  անկյան տակ, այն պոտենցիալների տարբերությունը, որի դեպքում առաջին անգամ երևում է այդ անկյանը հաճապատասխանող գիծը՝  $U=9,1$  կվ. բյուրեղի ցանցի հաստատունը  $d=281$  պմ:

20-28. Ռենտգենյան խողովակի էլեկտրոդներին կիրառված է  $U=60$  կվ պոտենցիալների տարբերություն: Այդ խողովակից ստացվող ռենտգենյան ճառագայթյունների ալիքի նվազագույն երկարությունը՝  $\lambda=20,6$  պմ: Այդ տվյալներից գտնել  $\Psi$  լամփի հ հաստատունը:

20-29. Գտնել ռենտգենյան անընդհատ սպեկտրի կարճալիքային սահմանի ալիքի և երկարությունը, եթե ռենտգենյան խողովակի նկատմամբ կիրառված  $\varepsilon$  Ս լարումը փոքրացնելու դեպքում որոնելի ալիքի երկարությունը մեծանում է 2 անգամ:

20-30. Գտնել ռենտգենյան անընդհատ սպեկտրի կարճալիքային սահմանի ալիքի և երկարությունը, եթե հայտնի է, որ ռենտգենյան խողովակի նկատմամբ կիրառված  $\varepsilon$  Ս լարումը փոքրացնելու դեպքում որոնելի ալիքի երկարությունը մեծանում է 2 անգամ:

20-31. Ռադիումի գամմա-ճառագայթման ալիքի երկարությունը՝  $\lambda=1,6$  նմ: Ինչպիսի՞ Ս պոտենցիալների տարբերություն պետք է լինի ունեցող

այդ ալիքի երկարությունն ունեցող ունտգենյան ճառագայթներ ստանալու համար:

20-32. Ինչպիսի՞ նվազագույն Ս պոտենցիալների տարբերություն պետք է կիրառել ունտգենյան խողովակի նկատմանը, որպեսզի ստացվեն K-սերիայի բոլոր գծերը, եթե որպես հակակառողի նյութ վերցվի՝ ա) պլիտն, բ) արծար, գ) վլոֆրամ, դ) պլատին:

20-33. Դամարելով, որ Սովորի բանաձևը բավարար ճշտությամբ է ներկայացնում բնութագրական ունտգենյան ճառագայթների և ալիքի երկարությունների և այն տարրի, որից պատրաստված է հակակառողը. Հ կարգարվի կապը, գտնել ունտգենյան ճառագայթների K-սերիայի առաջելագույն և ալիքի երկարությունը, որը տալիս է խողովակը՝ ա) երկարից, բ) պլիտնից, գ) մոլիբդենից, դ) արծարից, ե) տանտալից, գ) Վլոֆրամից, ի) պլատինից պատրաստված հակակառողի դեպքում: K-սերիայի համար նկարանցման հաստատունը՝  $b=1$ :

20-34. Գտնել էլեկտրանան և հաստատունը ունտգենյան ճառագայթների L-սերիայի համար, եթե հայտնի է, որ ատոմում էլեկտրոնը M-շերտից L-շերտ թռչելու ժամանակ արծակվում էն  $\lambda=143$  պմ երկարությամբ ունտգենյան ճառագայթներ:

20-35. Ատոմում էլեկտրոնը L-շերտից K-շերտ թռչելու ժամանակ առաքվում էն  $\lambda=78,8$  պմ ալիքի երկարությամբ ունտգենյան ճառագայթներ: Ի՞նչ ատոմ է դա: K-սերիայի համար էլեկտրանան հաստատունը՝  $b=1$ :

20-36. Մի որոշ V ծավալով օդը ճառագայթահարվում է ունտգենյան ճառագայթներով: ճառագայթման լուսակայման չափարաժինը՝  $D_1=4,5$  Ռ: Տվյալ ծավալում գտնվող ատոմների ո՞ր մասը իրնացվեց այդ ճառագայթման հետևանքով:

20-37. Ունտգենյան խողովակը որոշ հեռավորության վրա ստեղծում է  $P_1=2,58 \cdot 10^{-5}$  Ա/կգ լուսակայման բաժնաշահի հզորություն: Տվյալ հեռավորության վրա գտնվող միավոր գանգվածով օդում միավոր ժամանակում  $\bar{h}^n$  N թվով իրնացներ կառաջացնի խողովակը:

20-38. Նորմալ պայմաններում իրնացնան խցիկուն գտնվող  $V=6$  սմ<sup>3</sup> ծավալով օդը ճառագայթահարվում է ունտգենյան ճառագայթներով: Ունտգենյան ճառագայթների ճառագայթման լուսակայման բաժնաշահի հզորությունը՝  $P_1=0,48$  մՌ/դ: Գտնել իրնացնան  $\bar{h}_1$  հագեցնան հոսանքը:

20-39. Գտնել այսունինի կիսարուկացման շերտի  $X_{1/2}$  հաստությունը ունտգենյան ճառագայթների ալիքի որոշ նրկարության համար: Այդ երկարության ալիքի համար այսունինի կլանման գանգվածային գործակից՝  $\mu_g=5,3$  մ<sup>2</sup>/կգ:

20-40. Քանի՞ անգամ կիոքրանա լ=20 պմ ալիքի երկարություն ունեցող ունտգենյան ճառագայթների ինտենսիվությունը  $d=0,15$  մմ հաս-

տուրյամբ երկարէն շերտի միջով անցնելիս: Այդ ալիքի երկարության համար երկարի կլանման գանգվածային գործակիցը՝  $\mu_g=1,1$  մ<sup>2</sup>/կգ:

20-41. Գտնել երկարի համար կիսարուկացման շերտի  $X_{1/2}$  հաստությունը նախորդ խնդրի պայմաններում:

20-42. Նետեալ աղյուսակում բերված են W=1 ՄէՎ էներգիա ունեցող ունտգենյան ճառագայթների կիսարուկացման շերտի  $X_{1/2}$  հաստության արժեքները որոշ նյութերի համար: Գտնել այդ նյութերի մ գծային և  $\mu_g$  գանգվածային կլանման գործակիցները ունտգենյան ճառագայթների տվյալ էներգիայի համար: Ունտգենյան ճառագայթների ինչպիսի՞ և ալիքի երկարության համար են ստացվել այդ տվյալները:

Նյութ	Չուր	Այլումին	Երկար	Կապար
$X_{1/2}$ , սմ	10,2	4,5	1,56	0,87

20-43. Քանի՞ կիսարուկացման շերտ է անհրաժեշտ ունտգենյան ճառագայթների ինտենսիվությունը 80 անգամ փոքրացնելու համար:

## § 21. ՌԱՊԻՌԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ

Ռադիոալյուտիվ նյութի ատոմների dN թիվը, որը տրոհվում է ձ ժամանակում, համամանական է եղած ատոմների թվին և որոշվում է

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

առնցությամբ, որտեղ  $\lambda$ -ն ռադիոալյուտիվ տրոհման հաստատունն է: Ինտեգրելով կատանանք

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

որտեղ  $N_0$ -ն  $t=0$  պահին ատոմների թվն է,  $N$ -ը՝ նրանց թիվը և ժամանակ անցնելուց հետո:

Ռադիոալյուտիվ պատրաստուկում միավոր ժամանակում տեղի ունեցող տրոհումների թիվը կոչվում է ռադիոալյուտիվ պատրաստուկի ակտիվություն (1 Բկ=1 տրոհ/վ):

$$a \text{ [Բկ]} = \frac{dN}{dt} = -\lambda N;$$

Կիսատրոհման  $T_{1/2}$  պարբերությունը և տրոհման  $\lambda$  հաստատունը կապված են հետևյալ առնչությամբ:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda};$$

Տրոհման հաստատունի հակադարձ  $\tau = 1/\lambda$  մեծությունը կոչվում է ռադիոալյուտիվ պատոնի կյանքի միջին տևողություն:

Եթե ռադիոակտիվ A իզոտոպը տեղափոխված է փակ անորի մեջ և նրա տրոհման ժամանակ առաջանում է ռադիոակտիվ B իզոտոպը, ապա B իզոտոպի միջուկների քանակը այդ անորում է ժամանակից հետո որոշվում է

$$N_B = N_{0A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} = (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$$

բառաձևով: Այստեղ  $N_{0A}$ -ը  $t=0$  պահին A իզոտոպի միջուկների թիվն է,  $\lambda_A$ -ն և  $\lambda_B$ -ն A և B իզոտոպների տրոհման հաստատուններն են: Եթե A իզոտոպի կիսատրոհման պարբերությունը գգալիորեն մեծ է B իզոտոպի կիսատրոհման պարբերությունից, ապա

$$N_B = N_{0A} \frac{\lambda_A}{\lambda_B} (1 - e^{-\lambda_B t})$$

Ռադիոակտիվ հավասարակշռության դեպքում

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$$

Ռադիոակտիվ իզոտոպի տեսակարար ակտիվությունը որոշվում է տրոհվող նյութի միավոր զանգվածին միավոր ժամանակում բաժին ընկերությունը տրոհման գրությունների (ակտերի) թվով:

21-1. Քանի՞ ատոմներ են տրոհվում  $\Delta t=1$  օրվա ընթացքում պոլոնիում  $N=10^6$  ատոմներից:

21-2. Քանի՞ ատոմներ են տրոհվում  $\Delta t=1$  օրվա ընթացքում ռադումի  $N=10^6$  ատոմներից:

21-3. Գտնել  $m=1$  գ զանգվածով ռադիումի և ակտիվությունը:

21-4. Գտնել ռադումի ո զանգվածը, որի ակտիվությունը՝  $a=3,7 \cdot 10^{10}$  Բկ:

21-5. Գտնել  ${}_84Pb^{210}$  պոլոնիումի ո զանգվածը, որի ակտիվությունը՝  $a=3,7 \cdot 10^{10}$  Բկ:

21-6. Գտնել ռադումի տրոհման λ հաստատումը, եթե հայտնի է, որ  $t=1$  օրվա ընթացքում ռադում ատոմների թիվը փոքրանում է 18,2 %-ով:

21-7. Գտնել՝ ա)  ${}_{92}U^{235}$  ուրանի, բ)  ${}_{88}Rn^{222}$  ռադումի տեսակարար ակտիվությունները:

21-8. Գեյգեր-Մյուլերի ինոնացման հաշվիչները ռադիոակտիվ պատրաստուկների բացակայության դեպքում ունեն որոշակի «ֆոն»: Ֆոնի առկայությունը կարող է պայմանավորված լինել տիեզերական ճառագայթմամբ կամ ռադիոակտիվ աղտոտվածությամբ: Ռադումի ինչպիսի՞ ո զանգվածի է համապատասխանում ֆոնը, որը  $t=5$  գ ժամանակում տալիս է հաշվիչի 1 շեղում:

21-9. Իննացման հաշվիչի օգնությամբ հետազոտվում է ինչ-որ պատրաստուկի տրոհման աարգությունը: Ժամանակի սկզբնական պահին հաշվիչը  $t=10$  գ-ի ընթացքում տալիս է 75 շեղում: Քանի՞ շեղում է տալիս  $t=10$  գ-ի ընթացքում հաշվիչը  $t=T_{1/2}/2$  ժամանակի անցնելուց հետո: Դանարել  $T_{1/2} \gg 10$  վ:

21-10. Ինչ-որ ռադիոակտիվ պատրաստուկ ունի  $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$  գ<sup>-1</sup> տրոհման հաստատում: Ի՞նչ է ժամանակից հետո կտրոհվի սկզբնական ո զանգվածի 75 %-ը:

21-11. Բնական ուրանը իրենից ներկայացնում է երեք իզոտոպների՝  ${}_{92}U^{234}$ ,  ${}_{92}U^{235}$ ,  ${}_{92}U^{238}$ , խառնուրը՝  ${}_{92}U^{234}$ -ի պարունակությունը ամենաշատ է (0,006 %),  ${}_{92}U^{235}$ -ի բաժինը կազմում է 0,71 %, իսկ մնացած զանգվածը կազմում է  ${}_{92}U^{238}$ -ը (99,28 %): Այդ իզոտոպների կիսատրոհման  $T_{1/2}$  պարբերությունները համապատասխանաբար հավասար են  $2,5 \cdot 10^5$  տարվա,  $7,1 \cdot 10^8$  տարվա,  $4,5 \cdot 10^9$  տարվա: Գտնել բնական ուրանի ընդհանուր ռադիոակտիվության մեջ իզոտոպներից յուրաքանչյուրի առաջարած ռադիոակտիվության տոկոսային բաժինը:

21-12. Ռադիոակտիվ տրոհման ժամանակ ռադիումի ասունի միջուկից դուրս թռած  $\alpha$ -մասնիկի կիմետրիկ էներգիան՝  $W_1=4,78$  ՄէՎ: Գտնել  $\alpha$ -մասնիկի Վ արագությունը և  $\alpha$ -մասնիկի դուրս թռչելու ժամանակ անցատվող W լիրվ էներգիան:

21-13. Զերմությամբ նշ Օ բանակություն է անջատվում  $a=3,7 \cdot 10^{10}$  Բկ ակտիվությամբ ռադումի տրոհման ժամանակ՝ ա)  $t=1$  ժ-ի ընթացքում, բ)  $\tau$  կյանքի միջին տևողության ընթացքում: Ռադումից դուրս թռած  $\alpha$ -մասնիկի կիմետրիկ էներգիան  $W=5,5$  ՄէՎ:

21-14.  $t=1$  գ զանգվածով  ${}_{92}U^{238}$  ուրանը իր տրոհման արգասիքների հետ, հավասարակշռության պայմաններում, անջատվում է  $1,07 \cdot 10^{-7}$  Վո հզորություն: Գտնել ուրանի  $\tau$  կյանքի միջին տևողության ընթացքում անջատված Q լլ մոլային ցերմությունը:

21-15. Գտնել  $t=1$  գ զանգվածով ռադիումից  $t=1$  ժ-ի ընթացքում անջատված ռադումի և ակտիվությունը:

21-16. Մեկ տարվա ընթացքում տո 1 գ ռադիումի տրոհվելու հետևանքով առաջացնել է հելիումի որոշ քանակություն, որը նորմալ պայմաններում գրադեցնում է  $V=43$  մ<sup>3</sup> ծավալ: Այդ տվյալներից որոշել Ավոգադրոյի  $N_A$  թիվը:

21-17. Փակ սրվակի մեջ տելյալիքած է  $t=1,5$  գ զանգվածով ռադիում պարունակող պատրաստուկ: Ի՞նչ բանակությամբ ռադում կկուտակվի այդ սրվակում  $t=T_{1/2}/2$  ժամանակուի ընթացքում, որտեղ  $T_{1/2}=5$  ը ռադումի կիսատրոհման պարբերությունն է:

21-18. Ռադիումի որոշ քանակություն տեղափորված է փակ անորի

ներքանության մեջ կամացակի հետո ռադիոնի ատոմների N քանակությունը այդ անորում 10 %-ով. Կտարբերվի ռադիոնի ատոմների այն N' քանակությունը, որը հաճախաբարախանում է ռադիումի ռադիոակտիվ հավասարակշուրջանը ռադիոնի հետ այդ անորում: Կառուցել N/N'-ի և ժամանակից ունեցած կախման կոր 0 ≤ t ≤ 6T<sub>1/2</sub> միջակաքրում որպես ժամանակի ճիշտ գործ ընդունելով ռադիոնի կիսատրոհման T<sub>1/2</sub> պարբերությունը:

21-19. Ռադիոնի որոշ N' թվով ատոմներ տեղափոխված են փակ անորում: Կառուցել անորում ատոմների N/N' թվի փոփոխության ժամանակից ունեցած կախման կոր 0 ≤ t ≤ 20 օր միջակաքրում յուրաքանչյուր 2 օրից հետո: Ռադիոնի տրոհման հաստատունը՝ λ=0,181 օր<sup>-1</sup>: N/N' կորից գոտնել ռադիոնի կիսատրոհման պարբերությունը:

21-20. Եթե այս այցուակում թերված են ինչ-որ ռադիոակտիվ տարրի և ակտիվության և ժամանակից ունեցած կախման արդյունքները:

t, ժ	0	3	6	9	12	15
a, 3,7·10 <sup>7</sup> Բկ	21,6	12,6	7,6	4,2	2,4	1,8

Գոտնել տարրի կիսատրոհման T<sub>1/2</sub> պարբերությունը:

21-21. Արվակում տեղափոխված է ռաբրում, որի ակտիվությունը՝ a<sub>0</sub>=14,8·10<sup>9</sup> Բկ: Արվակը լցնելուց որքան ժամանակ հետո ռադիոնի ակտիվությունը կլինի a=2,22·10<sup>9</sup> Բկ:

21-22. Ուրանի հանքում պարունակվող կապարծ հանդիսանում է ուրանային շարժի տրթինան վերջնական արդյունքը, որա համար հանքում ուրանի քանակության և կապարծ քանակության հարաբերությունից կարելի է որոշել հանքի տարիքը: Որոշելու ուրանի հանքի տարիքը, եթե հայտնի է, որ t<sub>1/2</sub>=1 կգ զ2U<sup>238</sup> ուրանին այդ հանքում քածին է ընկնում ուկայացած Յ=320 գ զանգվածով զ2Pb<sup>206</sup> կապարծ:

21-23. Իմանալիվ ուրանի և ռադիումի կիսատրոհման T<sub>1/2</sub> պարբերությունները, գոտնել բնական ուրանի հանքում ռադիումի մեկ ատոմին քածին ընկնուուրանի ատոմների թիվը: Ցուցում. հաշվի առնել, որ բնական ուրանի ռադիումի փոփոխությունը հիմնականում պայմանավորված է զ2U<sup>238</sup> ուրանի իզոտոպով:

21-24. 42 % նարուր ուրան պարունակող հանքի ինչպիսի նվազագույն քանակից կարելի է ստանալ t<sub>0</sub>=1 գ ռադիում:

21-25. Ռադիումի իզոտոպից ա-մասնիկները դուրս են թռչում V=1,5·10<sup>7</sup> մ/վ արագությամբ և հարվածում ֆլուտրեսցենտոդ էկրանին: Նամարելով, որ էկրանը լույսի ուժի յուրաքանչյուր մեկ նիավորից ծախսում է P<sub>3</sub>=0,25 Վտ/լույսի հզորություն, գոտնել էկրանի լույսի ուժը, եթե նրա վրա ընկնում են t=1 մկդ ռադիումից արձակված բոլոր ա-մասնիկները:

21-26. Ռադիումի իզոտոպի վեգենական զանգվածի ո՞ր մասը կտրոհի այդ իզոտոպի կյանքի տևողության ընթացքում:

21-27. Գոտնել t=1 մկդ 84Po<sup>210</sup> պոլումիումի և ակտիվությունը:

21-28. Գոտնել արիեստակամորեն ստացված 38Sr<sup>90</sup> ստրոնցիումի ռադիոակտիվ իզոտոպի առ տեսակարար ակտիվությունը:

21-29. t<sub>1</sub>=10 մգ զանգվածով 20Ca<sup>45</sup>-ի ռադիոակտիվ իզոտոպին խառնվել է t<sub>2</sub>=10 մգ ոչ ռադիոակտիվ 20Ca<sup>45</sup>-ի իզոտոպը: Որքանո՞վ փոքրացավ ռադիոակտիվ արյուրի առ տեսակարար ակտիվությունը:

21-30. 83Bi<sup>210</sup>-ի ռադիոակտիվ իզոտոպի h<sup>+</sup> չ տ<sub>2</sub> զանգվածը պետք է ավելացնել t<sub>1</sub>=5 մգ զանգվածով 83Bi<sup>209</sup>-ի ոչ ռադիոակտիվ իզոտոպին, որպեսզի t=10 օր հետո տրոհված ատոմների թվի և չտրոհված ատոմների թվի հարաբերությունը լինի հավասար 50 %-ի: 83Bi<sup>210</sup>-ի իզոտոպի տրոհման հաստատունը՝ λ=0,14 օր<sup>-1</sup>:

21-31. Ինչպիսի իզոտոպ կառաջանա 90Th<sup>232</sup>-ից չորս α-և երկու β-տրոհումներից հետո:

21-32. Ինչպիսի իզոտոպ կառաջանա 92U<sup>239</sup>-ից երեք α-և երկու β-տրոհումներից հետո:

21-33. Ինչպիսի իզոտոպ կառաջանա 92U<sup>239</sup>-ից երկու β-և մեկ α-տրոհումներից հետո:

21-34. Ինչպիսի իզոտոպ կառաջանա 3Li<sup>8</sup>-ից մեկ β-և մեկ α-տրոհումներից հետո:

21-35. Ինչպիսի իզոտոպ կառաջանա 57Sb<sup>133</sup>-ից չորս β-տրոհումներից հետո:

21-36. Ռադիումի տրոհման ժամանակ 84Po<sup>214</sup> պոլումիումի ատոմի միջուկից դուրս թռած ա-մասնիկի կինետիկ էներգիան՝ W<sub>1</sub>=7,68 ՄԵՎ: Գոտնել ա) α-մասնիկի V արագությունը, բ) α-մասնիկի դուրս թռչելու ժամանակ անցատված W լինվ էներգիան, գ) α-մասնիկի առաջացրած գույք ինների Ն թիվը, եթե օդում մեկ գույք ինների առաջացման համար պահանջվում է W<sub>0</sub>=34 ԷՎ էներգիա: Դ) իննացնոր լոցիկում պոլունիումից արձակված բոլոր α-մասնիկների առաջացրած Ծ<sub>1</sub> հագեցնան հոսանքը: Պոլունիումի ակտիվությունը՝ a=3,7·10<sup>4</sup> Բկ:

## §22. ՄԻԶՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻՎՆԵՐ

Ցանկացած իզոտոպի միջուկի կատվի էներգիան որոշվում է

$$W=C^2 \Delta m$$

առնչությամբ, որտեղ  $\Delta m$  -ը միջուկը կազմող մասնիկների զանգվածի և միջուկի զանգվածի տարբերությունն է: Ակնհայտ է

$$\Delta m = Zm_{\text{պ}} + (A-Z)m_0 - m_{\text{միջ}}$$
 (1)

որունք Z-ը իզոտոպի կարգարիվն է, A-ն զանգվածի թիվը, m<sub>պ</sub>-ը՝ պոլունիումի զանգվածը, m<sub>0</sub>-ը՝ նեյտրոնի զանգվածը, m<sub>միջ</sub>-ը՝ իզոտոպի միջուկի զանգ-

Վածը: Բանի որ  $m_{\text{իջ}} = m_A - Zm_e$ . որտեղ  $m_A$ -ն իզոտոպի գանգվածն է և  $m_e$ -ն էլեկտրոնի գանգվածը, ապա

$$\Delta m = Zm_e + (A-Z)m_e - m_A \quad (2)$$

Այսուեղանի տարրի չ $H^1$  իզոտոպի գանգվածն է,  $m_A$ -ն տվյալ իզոտոպի գանգվածն է:

Միջուկային ռեակցիայի ժամանակ էներգիայի փոփոխությունը՝

$$Q = C^2(\Sigma m_1 - \Sigma m_2), \quad (3)$$

որտեղ  $\Sigma m_1$ -ը մասնիկների գումարյաին գանգվածն է մինչև ռեակցիան,  $\Sigma m_2$ -ը մասնիկների գումարյաին գանգվածն է ռեակցիայից հետո: Եթե  $\Sigma m_1 > \Sigma m_2$ , ապա ռեակցիան ընթանում է էներգիայի անջատումով, իսկ եթե  $\Sigma m_1 < \Sigma m_2$ , ապա ռեակցիան ընթանում է էներգիայի կլանումով: Նշենք, որ (3) բանաձևի մեջ, ինչպես և միջուկի կապի էներգիան հաշվելու ժամանակ մենք կարող ենք միջուկների գանգվածների փոխարեն տեղադրել իզոտոպների գանգվածները, քանի որ բարակարի էլեկտրոնների գանգվածի համար մտցվող ուղղումները ունեն տարրեր նշաններ և կրծառվում են:

22-1. Գտնել մագնեզիումի երեք իզոտոպների՝ ա)  $^{12}Mg^{24}$ , բ)  $^{12}Mg^{25}$ , գ)  $^{12}Mg^{26}$ , միջուկների կազմի մեջ մտնող պրոտոնների և նեյտրոնների քանակը:

22-2. Գտնել լիթիումի  $^{3}Li^7$  իզոտոպի միջուկի կապի  $W$  էներգիան:

22-3. Գտնել հելիումի  $^{2}He^4$  իզոտոպի միջուկի կապի  $W$  էներգիան:

22-4. Գտնել այլումինի  $^{13}Al^{27}$  իզոտոպի միջուկի կապի  $W$  էներգիան:

22-5. Գտնել՝ ա)  $^{1}H^3$ , բ)  $^{2}He^3$  միջուկների կապի  $W$  էներգիան: Այդ միջուկներից ո՞րն է ավելի կայուն:

22-6. Գտնել քրվածնի  $^{8}O^{16}$  ատոմի միջուկում մեկ նուկլոնին բաժին ընկնող կապի  $W_0$  էներգիան:

22-7. Գտնել դեյտերիումի  $^{1}H^2$  միջուկի կապի  $W$  էներգիան:

22-8. Գտնել՝ ա)  $^{3}Li^7$ , բ)  $^{7}N^{14}$ , գ)  $^{13}Al^{27}$ , դ)  $^{20}Ca^{40}$ , ե)  $^{29}Cu^{63}$ ,

գ)  $^{48}Cd^{113}$ , ի)  $^{80}Hg^{200}$ , ը)  $^{92}U^{238}$  միջուկներում մեկ նուկլոնին բաժին ընկնող կապի  $W_0$  էներգիան: Կառուցել  $W_0 = f(A)$  կախումն կորլ, որտեղ  $A$ -ն գանգվածի թիվն է:

22-9. Գտնել անջատված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիայի ժամանակ.

$$^{3}Li^7 + ^{1}H^1 \rightarrow ^{2}He^4 + ^{2}H^4$$

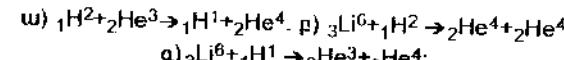
22-10. Գտնել կլանված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիայի ժամանակ.

$$^{7}N^{14} + ^{2}He^4 \rightarrow ^{1}H^1 + ^{8}O^{17}$$

22-11. Գտնել կլանված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիաների ժամանակ.

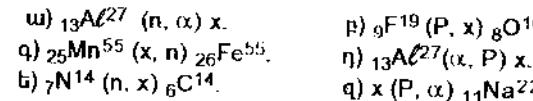
ա)  $^{1}H^2 + ^{1}H^2 \rightarrow ^{1}H^1 + ^{1}H^3$ , բ)  $^{1}H^2 + ^{1}H^2 \rightarrow ^{2}He^3 + ^{0}p^1$ :

22-12. Գտնել անջատված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիաների ժամանակ.



22-13. Է՞նչ Մ գանգվածով ջուր կարելի է տարացմել  $0-0$ -ից մինչև եռալու, եթե օգտագործեն  $^{3}Li^7$  ( $P, \alpha$ ) ռեակցիայի ժամանակ  $t=1$  գ լիրիումի լիիկ քայլայան ժամանակ անջատված ամբողջ չերմությունը:

22-14. Գրել հետևյալ միջուկային ռեակցիաներում բաց բողնված նշանակումները.



22-15. Գտնել անջատված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիայի ժամանակ.

$$^{3}Li^7 + ^{1}H^2 \rightarrow ^{4}Be^8 + ^{0}p^1$$

22-16. Գտնել անջատված  $Q$  էներգիան հետևյալ ռեակցիայի ժամանակ.

$$^{4}Be^9 + ^{1}H^2 \rightarrow ^{5}B^{10} + ^{0}p^1$$

22-17. Ազոտի  $^{7}N^{14}$  իզոտոպը նեյտրոններով ոմբակոծելիս ստացվում է ածխաբթիվ  $^{6}C^{14}$  իզոտոպ, որը հանդիսանում է  $\beta$ -ռադիոակտիվ: Գրել այդ երկու ռեակցիաների հավասարումները:

22-18. Այսումինի  $^{13}Al^{27}$  իզոտոպը  $\alpha$ -մասնիկներով ոմբակոծելիս ստացվում է ֆուֆորի  $^{15}P^{30}$  ռադիոակտիվ իզոտոպը, որն այնուեւն տրոհվում է անջատելով պոզիտրոն: Գրել այդ երկու ռեակցիաների հավասարումները: Գտնել  $^{15}P^{30}$  իզոտոպի տեսակարար առավելագույնը, եթե նրա կիսաարողիման պարբերությունը  $T_{1/2}=130$  վ:

22-19.  $^{11}Na^{23}$  իզոտոպը դեյտոններով ոմբակոծելիս առաջանում է  $\beta$ -ռադիոակտիվ  $^{11}Na^{24}$  իզոտոպը:  $\beta$ -մասնիկների հաշվից տեղափորված  $\pm ^{11}Na^{24}$  ռադիոակտիվ իզոտոպ պարունակող պատրաստումի մուտ: Առաջին չափանակ ժամանակ հաշվիչ 1 րում տվեց 170 շնորհ, իսկ մեկ օր հետո՝ 1 ր-ում 56 շնորհ: Գրել այդ երկու ռեակցիաների հավասարումները: Գտնել  $^{11}Na^{24}$  իզոտոպի կիսաարողիման  $T_{1/2}$  պարբերությունը:

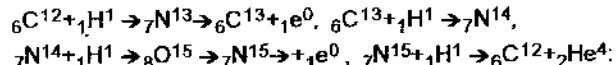
22-20. Ինչպիսի՞  $Q_1$  էներգիա կախատվի, եթե

$^{13}Al^{27} + ^{2}He^4 \rightarrow ^{14}Si^{30} + ^{1}H$

ռեակցիայի ժամանակ  $t=1$  գ այսմինում եղած բոլոր միջուկները ենթարկվեն փոխարկման: Ինչպիսի՞  $Q_2$  էներգիա առեսք է ծախսել, որպեսզի իրականացվի այդ փոխարկումը, եթե հայտնի է, որ  $W=8$  ՄէՎ էներգիա ունեցող  $\alpha$ -մասնիկներով այսումինի միջուկը ոմբակոծելիս  $n=2 \cdot 10^6$  թվով  $\alpha$ -մասնիկներից միայն մեկն է փոխարկում առաջանում:

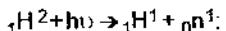
22-21. Լիրիումի  $^{3}Li^6$  իզոտոպը դեյտոններով ( $^{1}H^2$  նեյտրոնիումի միջուկներով) ոմբակոծելիս առաջանում է երկու  $\alpha$ -մասնիկ: Այդ երեքում առաջանում է  $Q=22.3$  ՄէՎ էներգիա: Գիտենալով  $\epsilon$  դեյտոնի և  $\alpha$ -մասնիկի գանգվածները, գտնել  $^{3}Li^6$  իզոտոպի գանգվածը:

22-22. Արեգակնայիկ ճառագայթման էներգիայի ալիքուրը հանդիպում է ցածրնի հելիումի առաջացման էներգիան ըստ հետևյալ ցիկլային ռեակցիայի:



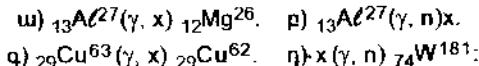
Չրածնի ինչպիսի՞ ու զանգված պետք է միավոր ժամանակում փոխարկվի հելիումի: Արեգակնային հաստատում՝  $K=1,37$  կՎտ/մ<sup>2</sup>: Ընդունելով, որ ցրածնի զանգվածը կազմում է Արեգակի զանգվածի 35 %-ը, հաշվել, թե ինքը ան է ժամանակ կրաքարակի ջրածնի պաշարը, եթե Արեգակի ճառագայթումը համարենք հաստատում:

22-23. Դեյտոնի  $\gamma$ -ճառագայթներով քայլայման ռեակցիան է:



Գտնել նեյտրոնի ու զանգվածը, եթե հայտնի է, որ  $\gamma$ -քվանտների էներգիան  $W_1=2,66$  ՄՎ, իսկ դուրս թռչող պրոտոնների էներգիան, հաշված նրանց կատարած ինացման հիման վրա, ստացվել է հավասար՝  $W_2=0,22$  ՄՎ: Նեյտրոնի էներգիան համարել հավասար պրոտոնի էներգիային: Դեյտոնի և պրոտոնի զանգվածները համարել հայտնի:

22-24. Գրել հետևյալ ռեակցիաներով բաց բողոքած նշանակումները.



22-25. Ուղիղակտիվ իգուսուպների առաջացման ռեակցիաների ելք կարելի է բնութագրել կամ  $K_1$  թվով, որը նշուկային փոխարկմանը իրացված ակտերի թվի և ոմբակոծող նասնիկների թվի հարաբերությունն է, կամ  $K_2$  (թվ), որը ստացված արգասիքի ակտիվության և թիրախի ոմբակոծող մասնիկների թվի հարաբերությունն է: Ինչպես են կապված իրար հետ  $K_1$  և  $K_2$  մեծությունները:

22-26.  ${}_3\text{Li}^7$ -ը պրոտոններով ոմբակոծելիս առաջանում է բերիլիումի  ${}_4\text{Be}^{7}$  իգուսուպը, որի կիսատրոհման արժեքությունը՝  $T_{1/2}=4,67 \cdot 10^6$  վ: Գտնել ռեակցիայի  $K_1$  ելքը (տես 22-25-ի պայմանը), եթե հայտնի է, որ  $q=1$  մկԱ.ժ ընդհանուր լիցք ունեցող ոմբակոծող պրոտոնների առաջարած ակտիվությունը ուղիղակտիվ պատրաստուկում  $a=6,51 \cdot 10^8$  թվ:

22-27.  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  (ρ, n) միջուկային ռեակցիայի հետևանքով առաջանում է կորալտի  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  ուղիղակտիվ իգուսուպ  $T_{1/2}=80$  օր կիսատրոհման պարբերությամբ: Գտնել ռեակցիայի  $K_1$ , ելքը (տես 22-25-ի պայմանը), եթե հայտնի է, որ ընդհանուր  $q=20$  մկԱ.ժ լիցք ունեցող ոմբակոծող պրոտոնները առաջացնում են պատրաստուկում  $a=5,2 \cdot 10^8$  թվ ակտիվություն:

22-28. Նեյտրոնների արբյուրը հանդիսանում է բերիլիումի  ${}_4\text{Be}^9$  փոշի և ռադոն պարունակող խողովակը: Բերիլիումի հետ ռադոնի  $\alpha$ -մասնիկների ռեակցիայի ժամանակ առաջանում է և նեյտրոններ: Գրել նեյտրոնների ստացման ռեակցիան: Գտնել արբյուրը պատրաստուելիս նրա մեջ

նացված ռադոնի ու գանգվածը, եթե հայտնի է, որ այդ արբյուրը պատրաստելու  $t=5$  օր հետո, միավոր ժամանակում արձակում  $\dot{a}_2=1,2 \cdot 10^{-6}$  լ<sup>-1</sup> նեյտրոն: Անակցիայի ելքը  $K_1=1/4000$ , այսինքն  $n=4000$ ,  $\alpha$ -մասնիկներից միայն մեկ մասնիկն է առաջացնում ռեակցիա:

22-29. Նեյտրոնների արբյուր է հանդիսանում 22-28 խնդրում նկարագրած խողովակը: Միավոր ժամանակում ինչպիսի՞  $\alpha_2$  թվով նեյտրոններ են առաջացնում օպարոնի  $a_1=3,7 \cdot 10^{10}$  թվ ակտիվությամբ ճառագայթած  $\alpha$ -մասնիկները, ընկերուվ բերիլիումի փոշու վրա: Ռեակցիայի ելքը  $K_1=1/4000$ :

22-30. Աժիսածնի  ${}_6\text{C}^{11}$  ռադիոակտիվ իգուսուպի առջացման ռեակցիոն ունի  ${}_5\text{B}^{10}$  (d, n) տեսքը, որտեղ  $d$ -ն դեյտոնն է ( ${}_1\text{H}^2$  դեյտերիումի միջուկն է):  ${}_6\text{C}^{11}$  իգուսուպի կիսատրոհման պարբերությունը՝  $T_{1/2}=20$  ր: Ինչպիսի՞  $Q$  էներգիա է անջատվում այդ ռեակցիայի ժամանակ: Գտնել ռեակցիայի  $K_2$  ելքը, եթե  $K_1=10^{-8}$  (տես 22-25-ի պայմանը):

22-31.  ${}_7\text{N}^{14}$  (α, p) ռեակցիայում  $\alpha$ -մասնիկի կիմետրիկ էներգիան  $W_1=7,7$  ՄՎ:  $\alpha$ -մասնիկի շարժման ուղղության նկատմամբ  $\beta^+$  անկյամբ է դուրս թռչում պրոտոնը, եթե հայտնի է, որ նրա կիմետրիկ էներգիան  $W_2=8,5$  ՄՎ:

22-32. Նեյտոններով լիբրումի  ${}_3\text{Li}^6$  իգուսուպ ոմբակոծելիս առաջանում են երկու  $\alpha$ -մասնիկներ, որոնք գրիմս են սիմետրիկորեն և թռչում ոմբակոծող դեյտոնների արագության ուղղության նկատմամբ գ անկյամբ տակ: Ինչպիսի՞  $W_2$  կիմետրիկ էներգիա ունեն առաջացած  $\alpha$ -մասնիկները, եթե հայտնի է, որ ոմբակոծող դեյտոնների էներգիան  $W_1=0,2$  ՄՎ: Գտնել գ անկյունը:

22-33. Յելիումի  ${}_2\text{He}^3$  իգուսուպը ստացվում է  ${}_1\text{H}^3$  տրիտիումի միջուկը պրոտոններով ոմբակոծելիս: Գրել ռեակցիայի հավասարությունը: Ինչպիսի՞  $Q$  էներգիա է անջատվում այդ ռեակցիայի ժամանակ: Գտնել ռեակցիայի շենքը, այսինքն ոմբակոծող մասնիկների նվազագույն էներգիան, որի դեպքում ռեակցիան տեղի է ունենալ: Ցուցուի: Խաչվի առնել, որ ոմբակոծող մասնիկի կիմետրիկ էներգիայի շենքին արժեքը դեպքում ռեակցիայի հետևանքով առաջացած մասնիկների հարաբերական արագությունը հավասար է զրոյի:

22-34. Գտնել  ${}_7\text{N}^{14}$  (α, p) միջուկային ռեակցիայի  $W$  շենքը:

22-35. Գտնել  ${}_3\text{Li}^7$  (p, n) միջուկային ռեակցիայի  $W$  շենքը:

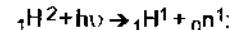
22-36. Ազոտի  ${}_7\text{N}^{13}$  արենիստական իգուսուպն ստացվում է  ${}_6\text{C}^{12}$  ածխածնի միջուկը դեյտոններով ոմբակոծելիս: Գրել ռեակցիայի հավասարությունը: Գտնել այդ ռեակցիայի ժամանակ կիսամված շերտության  $Q$  քանակը և այդ ռեակցիայի  $W$  շենքը: Ինչպիսի՞ն է այդ ռեակցիայի արգամիքների գումարային  $W$  էներգիան դեյտոնների կիմետրիկ էներգիայի շենքը: Անակցիայի միջուկները հետևանքով առաջացած մասնիկների հարաբերական արագությունը հավաքած:

22-37.  ${}_5\text{B}^{10}$  (p, α) ռեակցիան ընթանում է շատ փոքր արագություն

ունեալով Ակտորներով (չերմային ննջորններ) բորբ սմբակոծելիս: Ինչ-պիսի Ակտօքիան է անցառվում այդ ռեալիզիայի ժամանակ: Անտեսելով Ակտորների արագությունը, գիտել ա-մասնիկների V արագությունը և Վ ինիսափի Ենթօքիան: Բորբ ննջուկները համարել անշարժ:

22-38. Լիթուանի ՅԼ<sup>7</sup> հզոտուր պրոտոններով ռմբակոծելիս առաջանաւ են  $\alpha$ -մասնիկներ: Ցույգաքանչյուր  $\alpha$ -մասնիկի եներգիա նրանց ստացածան պահին  $W_2=9,15$  ՄէՎ: Ինչպիսի՞ն է ռմբակոծող պրոտոնների  $W_1$  եներգիան:

22-39. Գտնել ց-քվանտի էներգիայի նվազագույն արժեքը, որն անհրաժեշտ է ց-ճառագայթներով դեյտոնի քայլայնան ռեակցիան իրագործելու համար.



22-40. Գտնել  $\gamma$ -քվանտի փոթրագույն էներգիան. որը բավական է  $^{24}\text{Mg}$  ( $\gamma, n$ ) ռեակցիան իրականացնելու համար:

22-41. Էներգիայի ինչպիսի՞ զ քանակություն (կիլովատտ-ժամերով) կարելի է ստանալ  $t=1$  գ զանգվածով  $92\text{U}^{235}$  ուրանի տրոհման ժամանակ, եթե տրոհման յուրաքանչյուր ակտի դեպքում անջատվի է  $Q=200$  ՄՎէ էներգիա:

22-42.  $\text{H}^{\circ}\text{N}$  თ განაპიორებამ  $_{92}\text{U}^{235}$  იცავს է ბაქტიური  $t=10$  წ-ის  
 $P=5000$  კვს ჰელიუმამ ასთომაშინ ტენციურალურის: ცნობილი იყდნობ  
 ჰასავაში 17 %-ს: ზამარტებ, იყ თორმებამ յուტაფანგის აკეთი მაბა-  
 ნის ანგაურის  $t = Q=200$  სტკ ჩნერდის:

22-43. Զրածնային ռումբի պայըրունի ժամանակ տեղի է ունենում դեյտերիումից և տրիտիումից հելիումի առաջացնան շերմամիջուկային ռեակցիա: Գտնել այդ ռեակցիայի ժամանակ անցառված Q Ենթագիտ: Ինչպիսի՞ օքներիակարելի է ստուգա՝  $m = 1$  գ հելիում առաջանառու ժամանակ:

### § 23. ՏԱՐՐԱԿԱՆ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԸ: ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՎՐԱԳԱՑՈՒՑԵՐՆԵՐԸ

Այս պարագափաթի խնդիրների լուծումը հիմնված է «Խնդիրների ժողովածու»-ի նախորդ բաժիններում քննարկված օրինաչափությունների վրա, օրինակ՝ նաև նիկենի բախտումը, նաև նիկենի շարժումը կենտրոնական և մագնիսական դաշտերում և այլն: Մի շարք խնդիրների լուծման հաճար անհրաժեշտ է օգտագործել հարաբերականության տեսության բանաձևեր:

23-1. Սիցուկային ֆիզիկայում ընդունված է թիրախը ոմբակոծող լիցքափորված մասնիկների թիվը բնորոշել ընդհանուր լիցքով. արտահայտելով՝ ան միկրոամպեր-ժամերով (մկԱ.ժ): Լիցքափորված մասնիկների հինգ թիվը է հաճապատասխանում  $q=1$  մկԱ.ժ-ին: Խնդիրը (ուժեւ ա) էլեկտրոնների, թ ա) մասնիկների հաճար:

23-2. Դանդաղեցնող նյութի անշարժ միջուկի հետ նեյտրոնի առաձգական կենտրոնական հարվածի հետևանքով նրա կինետիկ էներգիան փոփոքացվ 1,4 անգամ: Գտնել դանդաղեցնող նյութի ու զանգվածը:

23-3. Նեյտրոնի արագությունը իր ակզբանական արագության ո՞ր նաև կազմի  $\frac{1}{2}$ <sup>23</sup> հզուտությ անշարժ միջուկի հետ առաձգական կենսունական բախտումից հետո:

**23-4.** Ղանդաղ նեյտրոններ ստանալու համար դրանք բաց են թող-նում ջրածին պարունակող նյուիր միջով (օրինակ՝ պարաֆինի): Թողանգ-ված ունեցող նեյտրոն իր կինետիկ էներգիայի ինչպիսի՞ ամենամեծ մասը է հաղորդում՝ ա) պիտունին (զանգվածը՝  $m_0$ ). բ) կապարի ատոմի միջու-կին (զանգվածը՝  $207m_0$ ): Դալորդվող էներգիայի առավելագույն չափը հա-ճասարականության մեջ կ նենուոնական առաձգական հարվածին:

23-5. Գունել նախորդ խնդրում էներգիայի բաշխութը նեյտրոնի և պրոտոնի միջև, եթե հարվածը կենտրոնական է: Յուրաքանչյուր բախման ժամանակ նեյտրոնը միջին հաշվով չեղզում է  $\phi = 45^\circ$  անկյունով:

23-6.  $W_0=4,6$  Մեկ էներգիայով օժտված նեյտրոնի հետ բախվելու հետևանքով դանդաղում է: Բանի՝ հարվածի այն պետք է ենթարկվի, որպեսզի նրա էներգիան փոքրանա մինչև  $W_0=0,23$  էՎ: Յուրաքանչյուր հարվածի ժամանակ նեյտրոնը միշտին հաշվով շեղված է  $\varphi=45^{\circ}$  անկյունով:

23-7. Էլեկտրոված մասնիկների հոսքը ներս է թռչում  $V=3$  Տ ինդուկցիա ունեցող հաճախեր մագնիսական դաշտի մեջ: Մասնիկների արագությունը՝  $V=1,52 \cdot 10^7$  մ/վ և ուղղված է դաշտի ուղղությանը ուղղահայց: Գտնել յուրաքանչյուր մասնիկի գլուխքը, եթե հայտնի է, որ նրա վրա ազդում է  $F=1,46 \cdot 10^{-11}$  Ն ուժ:

23-8. Լիցքավորված ճամփիկը ներս է թռչող  $B=0,5$  Sl ինդուկցիա ունեցող ճագնիսական դաշտի մեջ և շարժմում  $R=10$  սմ շառավողով շրջանագծով: Մասնիկի արագությունը՝  $V=2,4 \cdot 10^{-6}$  մ/վ: Այդ ճամփիկի համար գտնել նրա լիզերի հարաբերությունը զանգվածին:

**23-9.** Եթեկտրոնը արագացված է  $U=180$  կՎ պոտենցիալների տարբերությամբ: Դաշվի առնելով հարաբերականության տեսության ուղղութեաց, գտնել այդ էթեկտրոնի հաճար ու զանգվածը, Վ արագությունը, Ո կինետիկ էներգիան և նրա լիցքի հարաբերությունը զանգվածին: Ինչպիսի՞ն է այդ էթեկտրոնի Վ՝ արագությունը առանց հաշվի առնելու ռեզատիվստական ուղղությը:

23-10. Տիեզերական ճառագայթների մեզոն ունի  $W=30$  ԳԵՎ և ներգիս: Մեզոնի դաշտակի էներգիան  $W_0=100$  ՍԵՎ. Որքա՞ն է հեռավիրություն կարողանա անցնել այդ մեզոն ճբնուրություն իր կյանքի Դ տևողության ընթացքում ըստ լաբորատոր ժամացույցի: Մեզոնի կյանքի սեփական տևողությունը՝  $\tau=2$  մկվ:

23-11. Տիեզերական ճառագայթների մեզոնց ունի  $W=7\pi n C^2$  կինետիկ էներգիա, որտեղ  $n$ -ն մեզոնի դադարի գանգվածն է: Բանի՞ անգամ է այդ մեզոնի կյանքի  $\tau_0$  սեփական տևողությունը փոքր նրա կյանքի  $\tau$  տևողությունից բայց լարուատոր ժամանցուցի:

23-12. Պոզիտրոնը և էլեկտրոնը միանում են առաջացնելով երկու խոռնելով լուսաբանցուր ֆոտոնի հաներգիամ, հաճարելով, որ նաև պոզիտրոնի սկզբանական էներգիան աննշան փոքր է: Ինչպիսի՞ն է այդ ֆոտոնը պարունակությունը:

23-13. Էլեկտրոնը և պոզիտրոնը առաջանում են  $h\nu=2,62$  ՄէՎ էներգիայով: Ինչպիսի՞ն է եղել էլեկտրոնի և պոզիտրոնի առաջանական պահին  $W_1+W_2$  կիմենիկ էներգիան:

23-14.  $h\nu=5,7$  ՄէՎ էներգիա ունեցող քվանտից առաջացած էլեկտրոնը և պոզիտրոնը նագնիսական դաշտում տեղավորված վիլունի խցիկում տալիս են  $R=3$  սմ կորուքան շառավիղի ունեցող հետագծեր: Գտնել նագնիսական դաշտի Յ ինդուկցիան:

23-15. Անշարժ չեղոք  $\pi-$  մեզոնը տրոհվելով վեր է ածվում երկու միատեսակ ֆոտոնների: Գտնել յուրաքանչյուր ֆոտոնի հաներգիան:  $\pi-$  մեզոնի հանգստի գանգվածը՝  $m_0(\pi)=264,2$  տօ, որտեղ  $m_0$ -ն էլեկտրոնի դաշտայի գանգվածն է:

23-16. Նեյտրոնը և հականեյտրոնը միանում են՝ առաջացնելով երկու ֆոտոն: Գտնել առաջացած ֆոտոններից յուրաքանչյուրի հաներգիան, ընդունելով, որ նագնիսների սկզբանական էներգիան աննշան է:

23-17. Անշարժ  $K^0$ - մեզոնը տրոհվում է երկու լիցքավորված  $\pi-$  մեզոնների:  $K^0-$  մեզոնի դաշտայի գանգվածը՝  $m_0(K^0)=965$  տօ, որտեղ  $m_0$ -ն էլեկտրոնի դաշտայի գանգվածն է, յուրաքանչյուր  $\pi-$  մեզոնի գանգվածը՝  $m_0(\pi)=1,77m_0(\pi)$ , որտեղ  $m_0(\pi)$ -ն նրա դաշտայի գանգվածն է: Գտնել  $\pi-$  մեզոնների  $m_0(\pi)$  դաշտայի գանգվածը և նրանց V արագությունը՝ առաջացնան պահիս:

23-18. Արտածել ցիկլոտրոնի նագնիսական դաշտի Յ ինդուկցիան և որևանտների նկատմամբ կիրառված առուենցիաների տարրերության և հաճախությունն իրար հետ կապող բանաձևը: Գտնել դուանունների նկատմամբ կիրառված առուենցիաների տարրերության հաճախությունը դեռունների, պրոտոնների և  $\alpha$ -նագնիկների համար: Սագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1,26$  ՏԼ:

23-19. Արտածել ցիկլոտրոնից դուրս թռչող նասնիկների W էներգիան և նասնիկների հետագծերի կորուքան առավելագույն R շառավիղը իրար հետ կապող բանաձևը: Գտնել ցիկլոտրոնից դուրս թռչող դեյտոնների, պրոտոնների և  $\alpha$ -նագնիկների W էներգիան, եթե կորուքան առավելագույն շառավիղը՝  $R=48,3$  սմ: Դուանունների նկատմամբ կիրառված պոտենցիալի տարրերության հաճախությունը՝  $\nu=12$  ՄՇց:

23-20. Ցիկլոտրոնում նասնիկների հետագծի առավելագույն կորուքան շառավիղը՝  $R=5$  սմ, դուանունների նկատմամբ կիրառված պոտենցիալի տարրերության հաճախությունը՝  $\nu=13,8$  ՄՇց: Գտնել նագնիսական դաշտի Յ ինդուկցիան ցիկլոտրոնի սինէնիքոն աշխատանքի համար և դուրս թռչող պրոտոնների W առավելագույն էներգիան:

23-21. Լուծել նախորդ ինդիքը՝ ա) դեյտոնների, բ)  $\alpha$ -նագնիկների համար:

23-22. Ա նասնիկներով աշխատելու դեպքում ցիկլոտրոնում ստացված ինային հոսանքը՝  $\Omega=15$  մկԱ: Բանի՝ անգամ է այդպիսի ցիկլոտրոնը ավելի արդյունավետ ու 1 գ զանգվածով ռադիումից:

23-23. Ցիկլոտրոնում նասնիկների հետագծի կորուքան առավելագույն շառավիղը՝  $R=50$  սմ, նագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1$  ՏԼ: Ինչպիսի՞ հաստատում Ս պոտենցիալի տարրերությունը պետք է անցնեն պրոտոնները, որպեսզի ստացվի այնպիսի արագացում, ինչպիսին տվյալ ցիկլոտրոնում է:

23-24. Ցիկլոտրոնը տալիս է  $W=7$  ՄէՎ էներգիայով դեյտոններ: Ցիկլոտրոնի նագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝  $B=1,5$  ՏԼ: Գտնել դեյտոնի հետագծի կորուքան R առավելագույն շառավիղը:

23-25.  $R=50$  սմ շառավիղով ունեցող ցիկլոտրոնի դուանունների միջև կիրառված է  $\nu=10$  ՄՇց հաճախությամբ  $\Omega=75$  կՎ փոփոխական պոտենցիալների տարրերություն: Գտնել ցիկլոտրոնի նագնիսական դաշտի Յ ինդուկցիան, ցիկլոտրոնից դուրս թռչող նասնիկների V արագությունը և W էներգիան: Ի՞նչ ո թվով պոտումներ է կատարում լիցքավորված նասնիկը մինչև ցիկլոտրոնից դուրս թռչնը: Խնդիրը լուծել դեյտոնների, պրոտոնների և  $\alpha$ -նագնիկների համար:

23-26. Մինչև ինչպիսի՞ Յ էներգիա կարելի է արագացնել  $\alpha$ -նագնիկները ցիկլոտրոնում, եթե զանգվածի հարաբերական K=( $m-m_0$ )/ $m_0$  մեծացումը չպետք է գերազանցի 5%-ը:

23-27. Մինչիս դուանունների արագացված դեյտոնների էներգիան՝  $W=200$  ՄէՎ: Այդ դեյտոնների հաճար գտնել  $m/m_0$  հարաբերությունը (որտեղ  $m$ -ը շարժվող դեյտոնի զանգվածն է,  $m_0$ -ն՝ դաշտի գանգվածը) և V արագությունը:

23-28. Ֆազոտրոնում նասնիկի զանգվածի մեծացումը արագության մեծացման հետևանքով հավասարակշռվում է արագացնող դաշտի պարբերության մեծացումով: Դուանուններին մասուցվող պոտենցիալների տարրերության հաճախությունը յուրաքանչյուր արագացնող ցիկլի հաճար փոխելի է  $\nu_0=25$  ՄՇց-ից մինչև  $\nu_2=25$  ՄՇց: Գտնել ֆազոտրոնի դաշտի Յ նագնիսական ինդուկցիան և դուրս թռչող պրոտոնների W կիմենիկի էներգիան:

23-29. Ֆազոտրոնում պրոտոնները արագացվում են մինչև  $W=660$  ՄէՎ էներգիա,  $\alpha$ -նագնիկները՝ մինչև  $W=840$  ՄէՎ էներգիա: Որպեսզի փոխհատուցվի զանգվածի մեծացումը, փոխելի է ֆազոտրոնի արագացնող դաշտի պարբերությունը: Բանի՝ անգամ է անհրաժեշտ փոխել արագացնող դաշտի պարբերությունը ֆազոտրոնում (արագացնող յուրաքանչյուր ցիկլի համար) այ) պրոտոնների հետ աշխատելիս՝ բ)  $\alpha$ -նագնիկների հետ աշխատելիս:

# ՊԱՏԱՍԽԱՆԱՆԵՐ ԵՎ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐ

ԳԼՈՒԽ 1

## ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՅԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

### § 1. ԿԻՆԵՏԱՏԻԿԱ

1-1. Ավտոմեքենայի շարժման միջին արագությունը՝  $\bar{V}=\ell/t$ , որտեղ  $\ell=\ell_1+\ell_2=V_1t_1+V_2t_2$ : Ըստ պայմանի  $t_1=t_2=t/2$ : Այսպիսով՝

$$\bar{V} = \frac{V_1t/2 + V_2t/2}{t} = \frac{V_1 + V_2}{2} = 60 \text{ կմ/ժ:}$$

1-2.  $\bar{V}=\ell/t$ , որտեղ  $t=t_1+t_2=\ell_1/V_1+\ell_2/V_2$ : Ըստ պայմանի  $\ell_1=\ell_2=\ell/2$ :

Այսպիսով՝

$$\bar{V} = \frac{\ell}{\ell/2V_1 + \ell/2V_2} = \frac{2V_1V_2}{V_1 + V_2} = 53,3 \text{ կմ/ժ:}$$

1-3.  $\bar{V}=12,3 \text{ կմ/ժ}, \bar{U}=0,83 \text{ մ/վ:}$

1-4. ա)  $V=3 \text{ մ/վ}, \text{ բ) } V=1 \text{ մ/վ}, \text{ գ) } V=2,24 \text{ մ/վ:}$

1-5. ա) Ինքնարիոց պետք է պահպանի արագությունը  $V=798 \text{ կմ/ժ}$ , թույնի միջօրեալականի նկատմամբ  $\varphi=3^{\circ}52'$  անկյան տակ դեպի հարավ-արևմուտք, բ) դեպի հյուսիս-արևմուտք,  $\alpha=3^{\circ}52'$ ,  $V=798 \text{ կմ/ժ}, \text{ գ) դեպի արևմուտք, } V=746 \text{ կմ/ժ, դ) դեպի արևելք, } V=854 \text{ կմ/ժ:}$

1-6. ա)  $t=30 \text{ ր}, \text{ բ) } t=30,2 \text{ ր}, \text{ գ) } t=26,8 \text{ ր:}$

1-7.  $U=0,60 \text{ մ/վ}, t=250 \text{ վ:}$

1-8.  $V_0=14,7 \text{ մ/վ}, h=11 \text{ մ:}$

1-9.  $t=2,9 \text{ վ}, h=4h_0=40 \text{ մ:}$

1-10. ա)  $t=8,4 \text{ վ}, \text{ բ) } t=7,3 \text{ վ}, \text{ գ) } t=7,8 \text{ վ:}$

1-11. Մարմնի հ բարձրության և  $V$  արագության և ժամանակից ունեցած կախման բնույթը պատկերված է նկ. 68-ում:

1-12. Մարմնը իր շարժման առաջին 0,1 վում կանցնի  $h_1=gt_1^2/2=0,049 \text{ մ}$  ճամապարհ: Ան-

բողջ ճամապարհը նարմինը կանցնի  $t=\sqrt{2h/g}=2 \text{ վում:}$  Մարմինը իր շարժման վերջին 0,1 վում կանցնի  $h_3=h-h_2$  ճամապարհ, որտեղ  $h_2=t_2 \cdot t_2=(2-0,1) \cdot 1,9=1,7 \text{ մ, ապա ճամապարհը } h_3=(19,6-17,7) \text{ մ}=1,9 \text{ մ:}$

1-13. Մարմինը իր ճամապարհի առաջին 1 մ-ը կանցնի  $t_1=\sqrt{2h_1/g}=0,45 \text{ վ:}$  Ժամանակում՝ Անկման ընդհանուր ժամանակը՝  $t=\sqrt{2h/g}=2 \text{ վ:}$  Իր ճամապարհի վերջին 1 մ-ը կանցնի  $t_3=t-t_2$  ժամանակում, որտեղ  $t_2 \text{ որ } h_2=gt_2^2/2=18,6 \text{ մ, ճամապարհի անցնելու ժամանակն } t: \text{ Բանի որ } t_2=\sqrt{2h_2/g}=1,95 \text{ վ, ապա } t_3=(2-1,95) \text{ վ}=0,05 \text{ վ:}$

1-14.  $h=57 \text{ մ}, t=3,4 \text{ վ:}$

1-15. 1 մարմինը անցել է  $h_1=V_0t-gt^2/2$  ճամապարհ, 2 մարմինը՝  $h_2=gt_2^2/2$  ճամապարհ: Մարմինների միջև եղած հեռավորությունը  $\ell=h-(h_1+h_2)=V_0t$ , ապա  $\ell=h-V_0t$ : Մարմինները կիանոյինեն, եթե  $\ell=0$ , այսինքն ժամանակի  $t=h/V_0$  պահին:

1-16.  $a=0,13 \text{ մ/վ}^2, t=3,6 \text{ ր:}$

1-17. Դավասարացչափ փոփոխական շարժման դեպքում տեղի ունեն հետևյալ երկու հավասարությունները՝

$$S=V_0t+at^2/2, \quad (1)$$

$$V=V_0+at: \quad (2)$$

Ըստ պայմանի  $V=0$ : Ուստի (2)-ից ունենք

$$a=-V_0/t=-0,5 \text{ մ/վ}^2: \quad (3)$$

(3)-ը տեղադրելով (1)-ի մեջ, կգտնենք  $S=V_0t/2=100 \text{ մ:}$

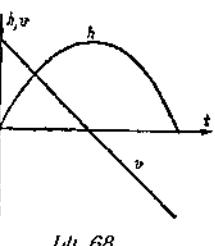
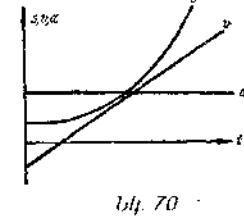
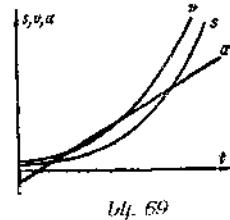
1-18.  $a=-0,055 \text{ մ/վ}^2, S=566 \text{ մ:}$

1-19.  $t=30 \text{ վ}, S=225 \text{ մ:}$

1-20.  $t=(V_{20}-V_{10})/(a_1+a_2)$ : Բանի որ ժամանակը՝  $t>0$ , ապա խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է, որ  $V_{20}>V_{10}$ :

1-21.  $a=(V_{20}-V_{10})/t=1 \text{ մ/վ}^2:$

1-22. ա)  $V=(2-6t+12t^2) \text{ մ/վ}, a=(-6+24t) \text{ մ/վ}^2, \text{ բ) } S=24 \text{ մ}, V=38 \text{ մ/վ}, a=42 \text{ մ/վ}^2: \text{ Մարմնի անցած } S \text{ ժամանակամիջին } V \text{ արագության և } a \text{ արագացման } t \text{ ժամանակից կախման բնույթը պատկերված է նկ. 69-ում:}$





գոնական ուղղությամբ  $V_x = V_0 \cos \alpha$  արագությամբ նետված մարմնի շարժումը: Մարմնի վերելքի բարձրությունը՝  $S_y = AC = h_0 + h = h_0 + V_0^2 \sin^2 \alpha / 2g$ :

Քարի շարժման ընթանուր ժամանակը՝  $t = t_1 + t_2$ , որտեղ  $t_1 = V_0 \sin \alpha / g$ -ն քարի և բարձրությամբ հասնելու տևողությունն է և  $t_2 = \sqrt{2S_y/g}$ -ն քարի անկանությունը: Տեղադրելով խնդրի տվյալները՝ կստանանք  $S_y = 27,9$  մ,  $t_1 = 0,77$  վ,  $t_2 = 2,39$  վ, այսուղից  $t = 3,16$  վ:

Աշտարակի հիմքից մինչև քարի գետնին ընկնելու տեղի հեռավորությունը՝  $\ell = OD = OC + CD$ , որտեղ  $OC = OE / 2 = V_0^2 \sin^2 \alpha / 2g \approx 10$  մ,  $CD = V_x t_2 = V_0 t_2 \cos \alpha = 31,1$  մ, որտեղից  $\ell = 41,1$  մ:

Արագությունը՝  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ , որտեղ  $V_x = V_0 \cos \alpha = 13,0$  մ/վ,  $V_y = gt_2 = 23,4$  մ/վ, այսուղից  $V = 26,7$  մ/վ:

Քարի հետագածի հորիզոնի հետ կազմած անկյունը գետնի վրա քարի անկանությունը որոշվում է  $V_y = V_x \tan \varphi$  բանաձևից, որտեղից  $\tan \varphi = V_y / V_x = 1,8$  և  $\varphi = 61^\circ$ :

1-40. Գնդակի հարվածը պատին տեղի է ունենաւը գնդակի վերելքի ժամանակ: Գնդակը պատին կիարվածի  $h = 2,1$  մ բարձրության վրա: Քարվածի պահին արագության բաղադրիչները՝  $V_x = V_0 \cos \alpha = 7,07$  մ/վ և  $V_y = V_0 \sin \alpha - gt = 2,91$  մ/վ, այսուղից  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 7,6$  մ/վ:

1-41. ա)  $\omega = 7,26 \cdot 10^{-5}$  ռադ/վ, բ)  $\omega = 14,5 \cdot 10^{-5}$  ռադ/վ, գ)  $\omega = 1,74 \cdot 10^{-3}$  ռադ/վ, դ)  $\omega = 1,19 \cdot 10^{-3}$  ռադ/վ, ե)  $V = 7,8$  կմ/վ:

1-42.  $V = 231$  մ/վ:

1-43.  $V = 1660$  կմ/ժ:

1-44.  $V = 400$  մ/վ:

1-45.  $K = 8,33$  սմ:

1-46. Քավասարաչափ փոփոխական պատուկան շարժման ժամանակ տեղի ունեն շարժման հետևյալ երկու հավասարությունները:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \omega_0 + \varepsilon t. \quad (1)$$

Ըստ պայմանի  $\omega_0 = 0$ : Այդ դեպքում (1)-ի հավասարությունները կընդունեն հետևյալ տեսքը:

$$\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \varepsilon t. \quad (2)$$

Հաճատեղ լուծելով (2)-ը և հաշվի առնելով, որ  $\varphi = 2\pi N$ , կստանանք

$$\varepsilon = \frac{\omega^2}{4\pi N} = 3,2 \text{ ռադ/վ}^2$$

1-47.  $\varepsilon = 1,26$  ռադ/վ $^2$ ,  $N = 360$  պտ:

1-48.  $\varepsilon = -0,21$  ռադ/վ $^2$ ,  $N = 240$  պտ:

1-49.  $t = 10$  վ:

1-50.  $t = 6,3$  վ,  $N = 9,4$  պտ:

1-51. Ըստ պայմանի  $a_r = \text{const}$ : Եթե  $t$ -ն հաշվենք շարժման սկզբից, ապա  $a_r = V/t$ ,  $a_n = V^2/R$ , այսուեղից  $t = \sqrt{a_n R / a_r}$ : ա) Եթե  $a_n = a_r$ , ապա  $t = \sqrt{R/a_r} = 2$  վ, բ) Եթե  $a_n = 2a_r$ , ապա  $t = \sqrt{2R/a_r} = 2,8$  վ:

1-52.  $a_r = V^2/4\pi NR = 0,1$  մ/վ $^2$ :

1-53.  $a_n = V^4 t^2 / 16\pi^2 N^2 R^3 = 0,01$  մ/վ $^2$ :

1-54.  $\omega = 4,4 \cdot 10^{16}$  ռադ/վ,  $a_n = 9,7 \cdot 10^{22}$  մ/վ $^2$ :

1-55. ա) Քավասարաչափ փոփոխական պատուկան շարժման ժամանակ ու անկյունային արագությունը և ժամանակի հետ կապված է  $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$  հավասարությունով: Ըստ պայմանի  $\omega_0 = 0$  և այդ դեպքում  $\omega = \varepsilon t$ , այսինքն անկյունային արագությունը աճում է ժամանակին համապահագործում ունենք ուժ = 3,14 ռադ/վ:

բ) Քանի որ  $V = \omega R$ , ապա գծային արագությունը նույնպես համապահագործում է ժամանակին,  $t = 1$  վ-ի դեպքում ունենք  $V = 0,314$  մ/վ:

գ) Տանգենցիալ արագացումը՝  $a_r = \varepsilon R$  կախված չէ ժամանակից, այսինքն հաստատում է անքորդ շարժման ընթացքում,  $t = 1$  վ-ի դեպքում ունենք  $a_r = 0,314$  մ/վ $^2$ :

դ) Նորմալ արագացումը՝  $a_n = \omega^2 R = \varepsilon^2 R$ , այսինքն աճում է ժամանակի քառակուսում համապահագործում,  $t = 1$  վ-ի դեպքում ունենք  $a_n = 0,986$  մ/վ $^2$ :

ե) Լրիվ արագացումը ժամանակի ընթացքում աճում է  $a = \sqrt{a_n^2 + a_r^2} = a_r \sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}$  օրենքով,  $t = 1$  վ-ի դեպքում ունենք  $a = 1,03$  մ/վ $^2$ :

զ) Ունենք  $\sin \alpha = a_r / a = 1 / \sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4}$ , որտեղ  $\alpha$ -ն լրիվ արագացման կազմած անկյունն է անհիմ շառավակի հետ: Ժամանակի  $t = 0$  սկզբնական պահին ունենք  $a = a_r$ , լրիվ արագացումն ուղղված է շոշափողով: Եթե  $t = \infty$ , ունենք  $a = a_n$  (քանի որ  $a_r = \text{const}$  և  $a_n - a_r$  համապահագործում է ժամանակի քառակուսում) լրիվ արագացումը ուղղված է նորմալով: Առաջին վայրկյանի վերջում  $\sin \alpha = a_r / a_n = 0,314 / 1,03 = 0,305$  և  $\alpha = 17^\circ 46'$ :

1-56.  $a_n = 4,50$  մ/վ $^2$ ,  $a_r = 0,06$  մ/վ $^2$ :

1-57.  $V = 4$  մ/վ,  $a_r = 2$  մ/վ $^2$ ,  $a_n = 2$  մ/վ $^2$ ,  $a = 2,83$  մ/վ $^2$ :

1-58.  $\varepsilon = 0,43$  ռադ/վ $^2$ :

1-59.  $R = a / \sqrt{1 + \varepsilon^2 t^4} = 6,1$  մ:

1-60. ա)  $\omega = 14$  ռադ/վ, բ)  $V = 1,4$  մ/վ, գ)  $\varepsilon = 12$  ռադ/վ $^2$ , դ)  $a_r = 1,2$  մ/վ $^2$ ,  $a_n = 19,6$  մ/վ $^2$ :

1-61.  $\wedge a_r = 0,3$  մ/վ $^2$ :

1-62.  $\alpha$  անկյունը որոշվում է  $\tan \alpha = a_r / a_n$  հավասարությունով, որտեղ  $a_r$ -ն տանգենցիալ և  $a_n$ -ը նորմալ արագացումներն են: Բայց  $a_r = dV/dt$ ,  $a_n = V^2/R$ , հետևաբար ներ խնդրի պայմաններում  $\tan \alpha = (3+2t)R/(3t+t^2)^{1/2}$ :

Տեղադրելով այդ բանաձևի մեջ  $t=0, 1, 2, 3, 4$  և  $5$  կ արժեքները, կստանանք  $t=0$ ,  $tg \alpha=\infty$ , այսինքն  $\alpha=90^\circ$  - լրիվ արագացումն ուղղված է շոշափողվ,  $t=1$  կ,  $tg \alpha=3,13$  և  $\alpha=72^\circ 17'$ ,  $t=2$  կ,  $tg \alpha=0,7$  և  $\alpha=35^\circ 0'$ ,  $t=3$  կ,  $tg \alpha=0,278$  և  $\alpha=15^\circ 0' 32''$ ,  $t=4$  կ,  $tg \alpha=0,14$  և  $\alpha=7^\circ 58'$ ,  $t=5$  կ,  $tg \alpha=0,081$  և  $\alpha=4^\circ 0' 38''$ : Եթե  $t=\infty$ ,  $tg \alpha=0$ , այսինքն  $\alpha=0$  - լրիվ արագացումն ուղղված է նորմալով:

$$1-63. R=1,2 \text{ մ:}$$

$$1-64. a_n/a_\tau=0,58:$$

## § 2. ԴԻՆԱՄԻԿԱ

2-1. Վայր իջնող խճավազով օդապարիկի վրա ազդում են  $F$  վերամբարձ ուժը (դեպի վեր), որի  $F_{\eta\eta}$  դիմադրության ուժը (դեպի վեր), որը ծանրության ուժը (դեպի վար): Քանի որ օդապարիկը շարժվում է համարաշափ, ապա ըստ նյուտոնի առաջին օրենքի համագոր ուժը հակասար է զրոյի:

$$F+F_{\eta\eta}=mg: \quad (1)$$

Եթե խճավազը նետված է և օդապարիկը սկսում է բարձրանալ, (1) համարական փոխարեն կրնենանք

$$F=F_{\eta\eta}+(m-m_x)g: \quad (2)$$

Համատեղ լուծելով (1)-ը և (2)-ը, կստանանք  $m_x=2(m-F/g)=800$  կգ:

2-2. ա) Դեպի վեր բարձրացող թեղի վրա ազդում են ծանրության (դեպի ներքև) ուժը և թելի է ծգման ուժը (դեպի վեր): Կիրառելով նյուտոնի երկրորդ օրենքը, կստանանք

$$ma=T-mg, \text{ որտեղից } T=m(a+g)=14,8 \text{ Ն:}$$

բ) Ցած իջնող թեղի վրա ազդում է որ ծանրության ուժը (դեպի ցած) և թելի է ծգման ուժը (դեպի վեր): Այդ պատճառով

$$ma=mg-T, \text{ այստեղից } T=m(g-a)=4,8 \text{ Ն:}$$

Եթե թեղը ցած է իջնում ց արագացումով (ալատ անկում), այսինքն եթե  $a=g$ , ապա, ինչպես և պետք է սպասել, թելի է ծգման ուժը  $T=0$ :

$$2-3. a=1,25 \text{ մ/վ}^2:$$

$$2-4. \text{ ա) } a=4,9 \text{ մ/վ}^2 \text{ (դեպի վեր), բ) } a=2,45 \text{ մ/վ}^2 \text{ (դեպի ցած):}$$

$$2-5. a_2=13,8 \text{ մ/վ}^2:$$

2-6. Խնդիրը կարեցի լուծել երկու եղանակով:

1. Ըստ նյուտոնի երկրորդ օրենքի

$$F=ma, \quad (1)$$

որտեղ  $F$ -ը արգելակման ուժն է,  $m$ -ը ավտոմեքենայի զանգվածն է,  $a$ -ն նրա արագացումն է (ներ դեպքում բացառական է): Քանի որ ավտոմեքենան շարժվում է հավասարաշափ դանդադարությունուն: Հավասարաշափ փոփոխական շարժման առաջին օրենքը կարող է նշանակված լինել:

Խական շարժման կիմեմատիկայի հավասարումներից կստանանք

$$a=2S/t^2, \quad (2)$$

$$V_0=2S/t=36 \text{ կմ/ժ} \quad (3)$$

(տես 1-17-ի լուծումը): Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ՝ կունանանք

$$F=2Sm/t^2=2,04 \text{ կՆ:} \quad (4)$$

II. Օգտագործում ենք ներգիշայի պահպանան օրենքը: Ավտոմեքենայի արգելակման ժամանակ նրա կիմետրի էներգիան ծախսվում է արգելակման ուժերի դեմ կատարված աշխատանքի վրա, այսինքն

$$\frac{mV_0^2}{2}=FS: \quad (5)$$

Բայց կիմեմատիկայի հավասարումներից ունենք

$$V_0=2S/t: \quad (3)$$

Տեղադրելով (3)-ը (5)-ի մեջ՝ կստանանք, ինչպես և նախկինում,

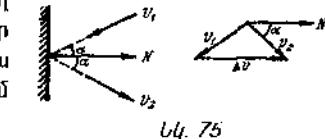
$$F=2Sm/t^2: \quad (4)$$

$$2-7. F=27,7 \text{ կՆ:}$$

$$2-8. \text{ ա) } \bar{F}=3 \text{ կՆ, բ) } \bar{F}=30 \text{ կՆ, գ) } \bar{F}=300 \text{ կՆ:}$$

2-9. Այն ուժը, որը պետք է կիրառել վագնին նկատմամբ, ժախսվում է շիման հաղթահարման և վագնին արագացում հաղորդելու վրա, այսինքն  $F=F_{\gamma\phi}+ma$ : Բայց  $F_{\gamma\phi}=kmg$ , որտեղ  $k=0,05$ -ը շիման գործակիցն է: Քանի որ վագնը շարժվում է արագացումով, ապա  $S=a t^2/2$ , այստեղից  $a=2S/t^2$ , և այդ դեպքում

$$F=kmg+2mS/t^2=8,2 \text{ կՆ:}$$



Ակ. 75

$$2-10. V_0=11,75 \text{ մ/վ:}$$

$$2-11. F=6 \text{ կՆ, } t=50 \text{ վ, } S=375 \text{ մ:}$$

2-12. Ըստ նյուտոնի երկրորդ օրենքի  $F=ma$ , որտեղ  $a=dV/dt$ : Մեզ մոտ  $V=dS/dt=-B+2Ct-3Dt^2$ , հետևաբար  $a=dV/dt=2C-6Dt$ : Այդ ժամանակ  $F=ma=m(2C-6Dt)=0,5 (10-6t) \text{ Ն:}$

Այս հավասարումը տալիս է  $F$  ուժի կախումը ժամանակից: Առաջին վայրկանի վերջում  $F=2 \text{ Ն:}$

$$2-13. m=4,9 \text{ կգ:}$$

$$2-14. F=0,123 \text{ Ն:}$$

$$2-15. F, t=5,6 \cdot 10^{-23} \text{ Ն.վ:}$$

2-16. Ըստ նյուտոնի երկրորդ օրենքի ունենք  $F \propto t=m \wedge V$ , որտեղ  $\wedge V$ -ը արագությունների վեկտորական տարրերությունն է: Դրական համարելով պատի արտաքին նորմալի ուղղությունը (Ակ. 75), կստանանք

$$\wedge V=V_2 \cos \alpha - (-V_1) \cos \alpha = V_2 \cos \alpha + V_1 \cos \alpha:$$

Քանի որ ըստ պայմանի  $V_1=V_2=V$ , ապա  $\wedge V=2V \cos \alpha$ : Այսպիսով  $F \propto t=2mV \cos \alpha=2,8 \cdot 10^{-23} \text{ Ն.վ:}$

2-17.  $t=0,51$  վ:

2-18.  $F=86$  Ն: Ցուցում. հաշվի առնել, որ  $\wedge t$  ժամանակում պատին հարվածում է ջրի այն զանգվածը, որը գտնվում է  $\ell = V \wedge t$  երկարություն և  $S$  լայնական հատուքի մակերես ունեցող գլանի մեջ, այսինքն  $m=\rho SV \wedge t$ , որտեղ  $\rho$ -ն ջրի խտությունն է:

2-19.  $V=21,6$  կմ/ $\sigma$ ,  $t=73$  վ,  $a=-0,098$  մ/ $\psi^2$ ,  $S=218$  մ:

2-20. ա)  $F=980$  Ն, բ)  $F=3$  կԵ:

2-21.  $\alpha=140^\circ$ : Ցուցում. հաշվի առնել, որ ծանրության ուժի և իներցիայի ուժի համազորը պետք է լինի ուղղահայաց հեղուկի մակերևույթին:

2-22.  $\alpha=60^\circ$ :

2-23.  $K \leq 0,15$ :

2-24. ճոպանի միավոր երկարության վրա

ազդող ծանրության ուժը նշանակենք  $m$ ,  $g$ -ով:

Այդ ժամանակ ճոպանի կախված մասի ծանրության ուժը կլինի  $m$ ,  $g\ell/4$ : Այդ ծանրության ուժը հավասարակշռվում է ճոպանի այն մասի վրա գործող  $F_{z\phi}$  ուժով, որն ընկած է սեղանի վրա.

$F_{z\phi}=3km$ ,  $g\ell/4$ : Այսիսով՝  $m$ ,  $g\ell/4=3Km$ ,  $g\ell/4$ , որտեղից  $k=0,33$ :

2-25. ա) Սարն ի վեր բարձրացող ավտոմեքենայի շարժիչի զարգացրած քարշի ուժը ծախավում է շփնան ուժի և ծանրության ուժի ճանապարհին զուգահեռ բարդարիչի հաղորդարման վրա (նկ.76).  $F=F_{z\phi}+mg \sin \alpha$ , ընդ որում  $F_{z\phi}=kmg \cos \alpha$ : Այսիսով, քարշի ուժը՝

$$F=mg (\cos \alpha + \sin \alpha)=1,37 \text{ կԵ:}$$

բ) Սարից ցած իշխող ավտոմեքենայի համար քարշի ուժը

$$F=mg (\cos \alpha - \sin \alpha)=590 \text{ Ն:}$$

Եթե շփնան ուժը փոքր է ծանրության ուժի ճանապարհին զուգահեռ բարդարիչից, այսինքն, եթե  $kmg \cos \alpha < mg \sin \alpha$ , ապա  $F<0$ : Այդ դեպքում, որպեսզի ինչանացվի ավտոմեքենայի հավասարչափ շարժումը սարն ի վար, անհրաժեշտ է կիրառել արգելակող ուժ: Այս ուժի բացակայության դեպքում ավտոմեքենան կշարժվի սարն ի վար  $a=g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$  արագացումով:

2-26.  $F=2,37$  կԵ:

2-27.  $K \leq 0,07$ ,  $a=0,39$  մ/ $\psi^2$ ,  $t=22,7$  վ,  $V=8,85$  մ/վ:

2-28.  $K=tga - V^2/2gS \cos \alpha=0,2$ :

2-29.  $K=0,5$ :

2-30.  $mg_1 - mg_2$  ուժը երկու կշռաքարերին հաղորդում է հետևյալ արագացումը.

$$a=g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = 3,27 \text{ մ/ $\psi^2$ :} \quad (1)$$

մ<sub>1</sub> և մ<sub>2</sub> զանգվածներով կշռաքարերի շարժման հավասարությունները կգրվեն հետևյալ կերպ:

$$m_1 a = m_1 g - T_1, \quad m_2 a = T_2 - m_2 g \quad (2)$$

(տես 2.2-ի լուծումը): (1) և (2) հավասարություններից կստանանք

$$T_1 = T_2 = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g = 13,0 \text{ Ն:}$$

2-31.

$$a = g \frac{m_1 - k m_2}{m_1 + m_2} = 4,4 \text{ մ/ $\psi^2$ :$$

$$T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 (1+k)}{m_1 + m_2} g = 5,4 \text{ Ն:}$$

2-32.

$$a = g \frac{m_1 - m_2 \sin \alpha}{m_1 + m_2} = 2,45 \text{ մ/ $\psi^2$ :$$

$$T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 (1+\sin \alpha)}{m_1 + m_2} g = 7,35 \text{ Ն:}$$

2-33.

$$a = g \frac{m_1 - m_2 (\sin \alpha + k \cos \alpha)}{m_1 + m_2} = 2,02 \text{ մ/ $\psi^2$ :$$

$$T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 [1+(\sin \alpha + k \cos \alpha)]}{m_1 + m_2} g = 7,77 \text{ Ն:}$$

2-34.

$$a = g \frac{m_1 \sin \beta - m_2 \sin \alpha}{m_1 + m_2} = 1,02 \text{ մ/ $\psi^2$ :$$

$$T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 (\sin \alpha + \sin \beta)}{m_1 + m_2} g = 5,9 \text{ Ն:}$$

2-35.

$$a = g \frac{m_1 (\sin \beta - k \cos \beta) - m_2 (\sin \alpha + k \cos \alpha)}{m_1 + m_2} = 0,244 \text{ մ/ $\psi^2$ ,$$

$$T_1 = T_2 = \frac{m_1 m_2 [\sin \alpha + \sin \beta + k(\cos \alpha - \cos \beta)]}{m_1 + m_2} g = 6,0 \text{ Ն:}$$

2-36. A աշխատանքը ծախսվեմ է բերի պոտենցիալ էներգիայի աճման և նրան առաջացում հաղորդելու վրա, այսինքն

$$A = mgh + mgh = mh(g+a), \text{ որտեղից } a=(A-mgh)/mh=29,4\text{մ/վ}^2.$$

2-37.  $A_1/A_2=10:$

2-38. ա)  $A=21,0 \text{ Զ}, \text{ բ) } A=64,0 \text{ Զ}:$

2-39.  $m \cdot V = -3,5 \text{ կգմ/վ:}$

2-40.  $K=0,01:$

2-41.  $A=2,25 \text{ ՄԶ}, S=375 \text{ մ}^2:$

2-42.  $V \leq 50 \text{ կմ/ժ:}$

2-43.  $K=0,05:$

2-44.  $A=35,6 \text{ Զ:}$

2-45.  $m=0,06 \text{ կգ:}$

2-46. Հարժիչ N հզորության և շարժման V արագության դեպքում շարժիչի աշխատանքը, որը կատարվում է ավտոմեքենամ S հեռավորությամբ տեղափոխելու ժամանակ  $A=Nt/\eta=NS/\eta V$ : Այդ դեպքում ծախսված բենզինի զանգվածը՝  $t=A/\eta=NS/\eta V=13 \text{ կգ:}$

2-47.  $\eta = 0,22:$

2-48. Նկ. 77-ում տրված է ուղղագիծ դեպի վեր նետված քարի  $W_{\text{լ}}$  կինետիկ,  $W_{\text{պ}}$  պոտենցիալ և  $W_{\text{լ}}$  լրիվ էներգիաների ժամանակից ունեցած կախման բնույթը:

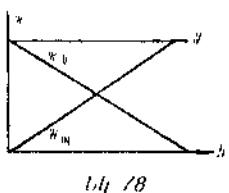
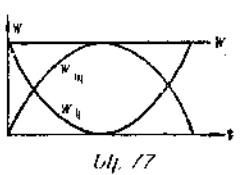
2-49. Նկ. 78-ի վրա տրված է ուղղագիծ դեպի վեր նետված քարի  $W_{\text{լ}}$  կինետիկ,  $W_{\text{պ}}$  պոտենցիալ և  $W_{\text{լ}}$  լրիվ էներգիաների հարձությունից ունեցած կախման բնույթը:

2-50.  $W_{\text{լ}}=W_{\text{պ}}=98,1 \text{ Զ:}$

2-51.  $W_{\text{լ}}=32,2 \text{ Զ}, W_{\text{պ}}=39,4 \text{ Զ:}$

2-52. ա)  $W_{\text{լ}}=6,6 \text{ Զ}, W_{\text{պ}}=15,9 \text{ Զ}, W=22,5 \text{ Զ}, \text{ բ) } W_{\text{լ}}=5,7 \text{ Զ}, W_{\text{պ}}=16,8 \text{ Զ}, W=22,5 \text{ Զ:}$  Նշենք, որ համաձայն էներգիայի պահպաննան օրենքի լրիվ էներգիան ա) և բ) դեպքերում  $W=22,5 \text{ Զ:}$

2-53.  $t=1,5 \text{ վ}, S_x=19,1 \text{ մ:}$



2-54.  $a=0,1 \text{ մ/վ}^2:$

2-55. Մարմնի պոտենցիալ էներգիան թեք հարթությամբ նրան սահե-

լու դեպքում փոխարկվում է կինետիկ էներգիայի և շփման ուժերի դեմ կատարած աշխատանքի, այսինքն  $mgh=mv^2/2+F_{\text{լ}}\ell:$  Բայց  $h=esin\alpha, F_{\text{լ}}\ell=kmg \cos \alpha,$  որտեղ  $\alpha-\text{ն } \text{հարթության } \text{թեքության } \text{անկյունն:}$

$$\text{ա) } W_{\text{լ}}=m V^2/2=mgh - F_{\text{լ}}\ell = mg\ell (\sin \alpha - k \cos \alpha)=4,9 \text{ Զ:}$$

$$\text{բ) } V=\sqrt{2 W_{\text{լ}}/m}=3,1 \text{ մ/վ:}$$

գ) Այն կինետիկ էներգիան, որն ունի նարմինը թեք հարթության հիմքի նոտ, ծախսվում է ճանապարհի հորիզոնական մասում շփման ուժերի դեմ կատարած աշխատանքի վրա, այսինքն  $W_{\text{լ}}=F_{\text{լ}}\ell S=kmgS,$  որտեղից  $S=W_{\text{լ}}/kmg=10 \text{ մ:}$

2-56.  $K=0,07:$

2-57.  $K=0,22, Q=5,7 \text{ Զ:}$

2-58.  $A=7 \text{ ՄԶ}, N=29,4 \text{ կՎո:}$

2-59. Ավտոմեքենայի գարգարքած հզորությունը որոշվում է  $N=V=kmgV$  բանաձևով, որտեղ  $m$ -ն ավտոմեքենայի վրա ազդող ծանրության ուժն է:

ա) Դորիզոնական ճանապարհով շարժվելիս ավտոմեքենայի հզորությունը  $N=kmgV=6,9 \text{ կՎո:}$

բ) Սարն ի վեր շարժվելիս ավտոմեքենան պետք է հաղթահարի շփման ուժը և ծանրության ուժի ճանապարհին գուգահեռ բաղադրիչը (տես 2-25-ի լուծումը), այսինքն  $F=mg(k \cos \alpha + \sin \alpha),$  հետևաբար հզորությունը  $N=mgV(k \cos \alpha + \sin \alpha)=11,8 \text{ կՎո:}$

գ) Սարն ի վար շարժվելիս ավտոմեքենայի շարժիչի գարգարքած հզորությունը  $N=mgV(k \cos \alpha - \sin \alpha)=1,98 \text{ կՎո:}$

2-60. Որպեսզի ավտոմեքենան անցածված շարժիչով շարժվի սարն ի վար հաստատում արագությամբ, անհրաժեշտ է, որ շիման ուժը հավասար լինի ծանրության ուժի ճանապարհին գուգահեռ բաղադրիչին, այսինքն  $kmg \cos \alpha = mg \sin \alpha,$  որտեղից  $k=tg \alpha:$  Սարն ի վեր շարժվելիս ավտոմեքենայի շարժիչի գարգարքած հզորությունը որոշվում է  $N=V=mgV(k \cos \alpha + \sin \alpha)$  բանաձևով: Տեղադրելով այդ բանաձևի մեջ  $k=tg \alpha,$  կստանանք  $N=2mgV \sin \alpha=11,8 \text{ կՎո:}$

2-61. ա) Անշարժ հենահարթակի դեպքում արկի սկզբնական արագությունը գետնի նկատմամբ հավասար է նրա արագությամբ թնդանոթի նկատմամբ: Ինպուլսի պահպաննան օրենքի հիման վրա ունենք  $(m_1+m_2+m_3)V = m_3V_0+(m_1+m_2)U:$  (1)

Դիտարկվող դեպքում  $V=0:$  Այդ դեպքում (1) հավասարությունը ունենք

$$U = -m_3V_0/(m_1+m_2) = -12 \text{ կմ/ժ:}$$

«Բացասական» նշանը ցույց է տալիս, որ եթե արկի շարժման ուղղությունն ընդունենք դրական, այսինքն, եթե ընդունենք  $V_0>0,$  ապա և  $U<0,$  հենահարթակը կշարժվի արկի շարժման հակառակ ուղղությամբ:



$$W_{q1} - W_q = \frac{m_1 V^2}{2} - \frac{m_1^2 V^2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{m_1 V^2}{2} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right);$$

Որոնելի հարաբերությունը՝

$$\frac{W_{q1} - W_q}{W_{q1}} = 1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2};$$

ա) Եթե  $m_1 = m_2$ , ապա  $(W_{q1} - W_q)/W_{q1} = 0.5$ ,

բ) Եթե  $m_1 = 9m_2$ , ապա  $(W_{q1} - W_q)/W_{q1} = 0.1$ :

2-90. Առաջին մարմնի կինետիկ էներգիան մինչև հարվածը  $W_{q1} = m_1 V^2/2$ , երկրորդ մարմնի կինետիկ էներգիան մինչև հարվածը  $W_{q2} = 0$ : Հարվածից հետո երկրորդ մարմնը ձեռք է բերում  $W_{q2} = m_2 u^2/2$  կինետիկ էներգիա: Որտեղ  $u = 2m_1 V / m_1 + m_2$ : Այսպիսով, առաջին մարմնը երկրորդ մարմնին հաղորդել է

$$W_{q2} = \frac{m_2}{2} \left( \frac{2m_1 V}{m_1 + m_2} \right)^2 \quad \text{կինետիկ էներգիա:}$$

$$\text{Որոնելի հարաբերությունը } \frac{W_{q2}}{W_{q1}} = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2};$$

ա) Եթե  $m_1 = m_2$ , ապա  $\frac{W_{q2}}{W_{q1}} = 1$ , բ) Եթե  $m_1 = 9m_2$ , ապա  $\frac{W_{q2}}{W_{q1}} = 0.36$ :

2-91.  $m_1/m_2 = 5$ ,  $W_{q2} = (5/9) W_{q1}$ :

2-92.  $W_{q1}/W_{q2} = 1.4$ :

2-93. ա)  $\Delta V/V = 2/13$ , բ)  $\Delta V/V = 2/236$ :

$$2-94. X = \frac{m V^2 / R}{mg} = \frac{V^2}{Rg} = \frac{m^2 R}{g} = 0.34\%;$$

2-95.  $T = 1 \text{ ժ} 25 \text{ ր:$

2-96.  $F = 245 \text{ Ն:$

2-97.  $V = 2.43 \text{ մ/վ}$ ,  $T = 0$  (ամենաբարձր կետում),  $T = 39.2 \text{ Ն}$  (ամենացածր կետում):

$$2-98. n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9g}{\ell}} = 2.1 \text{ պտ/վ:}$$

2-99.  $m = 0.5 \text{ կգ:}$

2-100.  $n = 59 \text{ պտ/վ:}$

2-101.  $T = 1.96 \text{ Ն:}$

2-102.  $K=0.2$ .

2-103. ա)  $R=1600 \text{ մ}$ , բ)  $R=711 \text{ մ:}$

2-104.  $\alpha = 220^\circ$ :

2-105.  $\alpha = 10^\circ$ :

2-106. ա)  $n = 2 \text{ պտ/վ}$ , բ)  $n = 1.5 \text{ պտ/վ:}$

2-107.  $V = 47 \text{ կմ/ժ:}$

2-108. Դավասարակշռության դիրքով ճոճանակի անցնան պահին թելի ծգման ուժը՝  $T = mg + mV^2/\ell$ , որտեղ  $\ell$ ՝ թելի երկարությունն է: Բացի դրամից որի  $= mV^2/2$ , որտեղից  $V = \sqrt{2gh}$ : Սակայն (նկ. 79)  $h = \ell - \ell \cos \alpha = \ell(1 - \cos \alpha)$ : Այս դեպքում

$$\frac{mV^2}{\ell} = \frac{m}{\ell} 2gh = \frac{m}{\ell} 2g\ell(1 - \cos \alpha) = 2mg(1 - \cos \alpha)$$

և թելի ծգման ուժը՝  $T = mg[1 + 2(1 - \cos \alpha)] = 12.4 \text{ Ն:}$

2-109.  $\alpha = 45^\circ 34'$ ,  $T = 632 \text{ Ն}$ ,  $V = 6 \text{ մ/վ:}$

2-110.  $\alpha = 60^\circ$ ,  $T_1/T_2 = 2.3$ :

2-111.  $T = 3mg$ :

2-112.  $\alpha = 60^\circ$ :

2-113.  $h = 2 \text{ մ:}$

2-114. Զրի կողային ճնշումը

$$P = F/\ell d, \quad (1)$$

որտեղ  $F$ -ը կենտրոնախուս ուժն է,  $\ell$ -ը խողովակի այն մասի երկարությունն է, որի վրա ազդում է ճնշումը,  $d$ -ը խողովակի տրամագիծը: Այնուհետև՝

$$F = mV^2/R, \quad (2)$$

$$m = \rho \ell S - p \quad (3)$$

շրի զանգվածն է  $S \ell$  ծավալում,  $S$ -ը խողովակի լայնական հատույքի մակերեսն է,  $p$ -ը շրի խոտությունը: Զրի հոսքի արագությունը

$$V = \frac{m_1}{\rho S}, \quad (4)$$

Տեղադրենք (2)-(4)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք  $P = m_1^2 / R \rho dS = 56.0 \text{ Պա:}$

2-115.  $P = 1.25 \text{ կՊա:}$

2-116. Զապահակի սեղմանակ ժամանակ կատարված աշխատանքը որոշվում է

$$A = - \int_0^{\ell} FM \quad (5)$$

բանաձևով, որտեղ  $\ell$ -ը սելմումն է: Ըստ պայմանի ուժը համեմատական է սեղմանը, այսինքն

$$F = -k\ell \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք

$$A = \int_0^\ell k\ell d\ell = k\ell^2/2 = 58,8 \text{ Զ:}$$

2-117. Աստաիկ ծովան դեպքում  $m = K h_0$ , որտեղից  $K = mg/h_0$ : Ի բարձրությունից այդ բեր անկման դեպքում ուժնենք

$$mg(H+h) = Kh^2/2 = mg^2/2h_0, \text{ կամ } h^2 = 2h_0h + 2h_0H = 0:$$

Լուծելով այս հավասարումը, գտնում ենք  $h = h_0 \pm \sqrt{h_0^2 + 2h_0H}$ : Եթե  $H = 0$ , ապա  $h = 2h_0 = 4$  մ, եթե  $H = 1$  մ, ապա  $h = 22,1$  մ:

2-118.  $h = 1,23$  մ:

2-119. 10 բաժանմունք:

2-120.  $F = 72,5$  Ն:

2-121.  $V = 3,6$  կմ/ժ:

2-122.  $V = 22,1$  մ/վ:

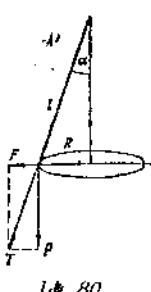
2-123.  $W_{\text{պ}1}/W_{\text{պ}2} = K_2/K_1$ :

2-124. Առաջին զսպանակից  $\ell = K_2L/K_1 + K_2 = 6$  սմ հեռավորության

վրա:

$$2-125. F = m\cdot\ell/(\pi t)^2 = 13,7 \text{ Ն:}$$

2-126. Բույսի ծգման ուժը (նկ. 80):  $T = mg/\cos \alpha = 5,7$  Ն-ը, առաջ է բերում բույսի ծգման աշխատով, ընդ որում  $T = K\cdot\ell$ , այստեղից  $\ell = T/K = 9,5$  մմ. Նկ. 80-ից երևում է, որ



$$\text{Բայց } \ell/R = T/F \quad (1)$$

$$F = T \sin \alpha = mV^2/R = 4\pi^2 n^2 mR \quad (2)$$

(1)-ից և (2)-ից ուժենք  $\ell = T/4\pi^2 n^2 m = 7,25$  սմ:

Այսպիսով, չծգված օտարինե բույսի երկարությունը

$$\ell_0 = \ell - r = 6,3 \text{ սմ:}$$

2-127.  $\ell = 10,8$  սմ: Առացու հաշվի առնել, որ բարձրացված բերի պոտենցիալ էներգիան փոխարկվում է բույսի ծգման աշխատանքի և բերի կինետիկ էներգիայի:

2-128. Գնդակը լողում է, եթե նրա վրա ազդող ժամրության ուժը հավասարակշռվում է Արքիմեդի ուժով, այսինքն

$$mg = F_{\text{Արք}}, \text{ կամ } mg = \rho_0 V_0 g. \quad (1)$$

որտեղ  $V_0$ -ն ի բարձրությամբ գնդային սեգմենտի ծավալն է,  $\rho_0$ -ն ջրի խառնությունը,  $m$ -ը գնդի զանգվածը: Ակնհայտ է, որ  $H+h=R$ , այսինքն գնդի շառավիճակը: Եթե այժմ գնդակը ընկնդենք ջրի մեջ  $X$  խորությամբ, ապա Արքիմեդի ուժը կգերազանցի գնդակի վրա ազդող ծանրության ուժին, և գնդակը ջրից դուրս մղող համազոր ուժը կլինի

$$F_x = F_{\text{Արք}} - mg \quad (2)$$

Այդ  $F(x)$  ուժի դեմ էլ պետք է կատարվի աշխատանքը: Արքիմեդի ուժը

$$F_{\text{Արք}} = \rho_0 V g. \quad (3)$$

որտեղ  $V$ -ն ( $h+x$ ) բարձրությամբ գնդային սեգմենտի ծավալն է: (1)-(3)-ից ունենք

$$F_x = \rho_0 V g - \rho_0 V_0 g = \rho_0 g (V - V_0) = \rho_0 g V_x.$$

որտեղ  $V_x$ -ը  $X$  բարձրությամբ գնդային շերտի ծավալն է: Հ բարձրությամբ գնդային սեգմենտն ունի  $V_x = \pi \ell^2 (3R - \ell)/3$  ծավալ, որտեղ  $R$ -ը գնդի շառավիճակն է, այստեղից գնդային շերտի ծավալը

$$V_x = V - V_0 = 1/3\pi (x+h)^2 [3R - (x+h)] - 1/3\pi h^2 (3R - h):$$

Այդ դեպքում

$$F_x = \rho_0 g V_x = \rho_0 g \pi /3 [3R(x+h)^2 - (x+h)^3 - h^2(3R-h)]. \quad (4)$$

Սյն աշխատանքը, որը պետք է կատարել այդ ուժի դեմ գնդակը մինչև տրամագծային հարթությունը ընկնդելու համար, կլինի

$$A = \int_0^R F_x dx \quad (5)$$

Տեղադրելով (4)-ը (5)-ի մեջ, ինտեգրելով և հաշվի առնելով, որ  $H+h=R$ , խնդրի բավարար աշխատանքը տեղադրելուց հետո կատարանք  $A=0,74$  Զ:

2-129.  $A=0,17$  Զ (տես 2-128-ի լուծումը):

2-130.  $A=0,84$  Զ (տես 2-128-ի լուծումը):

2-131.  $A=Sgh^2(\rho_0 - \rho)^2/2\rho_0 = 7,84$  Զ, որտեղ  $\rho_0$  ն ջրի խառնությունն է,  $\rho$ -ն սառույցի խառնությունը:

2-132.  $F=1,86 \cdot 10^{-14}$  Ն

2-133.  $W_{\text{պ}} = -3,8 \cdot 10^{-10}$  Զ

2-134.  $G=3g/4\rho R = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ նմ}^2/\text{կմ}^2$

2-135.

Մոլորակ	$\rho, 10^3 \text{ կգ}/\text{մ}^3$	Մոլորակ	$\rho, 10^3 \text{ կգ}/\text{մ}^3$
Մերկուրի	5,50	Ցուպիտեր	1,32
Վեներա	4,80	Սատուրն	0,71
Երկիր	5,50	Ուրան	1,26
Մարս	3,90	Նեպտուն	1,6

2-136. Երկրի մակերևույթից  $r=3,4 \cdot 10^5$  կմ հեռավորության վրա:

2-137.  $g_1 = 0.165$  գ/տ:

2-138.  $T_1 = 2,46 T_E$ :

2-139. Սարմնի և Երկրի միջև գրավիտացիոն փոխազդեցության ուժը  $F = GmM/R^2$ , որտեղ  $m$ -ը մարմնի զանգվածն է,  $M$ -ը՝ Երկրի զանգվածը և  $R$ -ը նրանց միջև եղած հեռավորությունը: Երկրի մակերևույթին մոտ  $R$ -ը հավասար է Երկրի շառավիղին և  $F=mg$ : Այդ դեպքում

$$F=mg = GmM/R^2: \quad (1)$$

Եթե մարմինը շրջանային ուղեծրով շարժվում է Երկրի շուրջը, ձգողականության ուժը հանդես է գալիս որպես կենտրոնաձիգ ուժ: Այսպիսով

$$F=mV^2/R, \quad (2)$$

որտեղից առաջին տիեզերական արագությունը

$$V_1 = \sqrt{Gm/R} = \sqrt{gR} = 7.9 \text{ կմ/վ:}$$

2-140. Որպեսզի մարմինը հեռանա Երկրից, անհրաժեշտ է, որ մարմնի կինետիկ էներգիան բավարար լինի ձգողականության ուժի արտենցիալ էներգիան հատրահարելու համար, այսինքն

$$mV^2/2 \geq GmM/R: \quad (1)$$

Երկրի մակերևույթի մոտ  $Gm/R^2 = g$  (տես՝ նախորդ խնդրի լուծման (1) հավասարություն), դրա համար էլ  $mV^2/2 \geq mgR$ . որտեղից Երկրորդ տիեզերական արագությունը՝  $V_2 \geq \sqrt{2gR} = 11.2 \text{ կմ/վ:}$

2-141.

Մոլորակ	$V_1$ , կմ/վ	$V_2$ , կմ/վ	Մոլորակ	$V_1$ , կմ/վ	$V_2$ , կմ/վ
Սերկուրի	3,0	4,25	Յուպիտեր	42,6	60,4
Վեներա	7,2	10,2	Սատուրն	25,7	36,4
Երկիր	7,9	11,2	Ուրան	15,2	21,5
Սարս	3,57	5,05	Նեպտուն	16,6	23,5

2-142.  $V = 30 \text{ կմ/վ:}$

2-143.

$h$ , կմ	$V$ , կմ/վ	$T$
0	7,91	$1 \pm 25 \text{ ր}$
200	7,79	$1 \pm 28 \text{ ր}$
7000	5,46	$4 \pm 16 \text{ ր}$

2-144.  $T = \sqrt{3\pi/G\rho}$ :

Մոլորակ	$T$ , ժ	Մոլորակ	$T$ , ժ
Սերկուրի	1,41	Յուպիտեր	2,86
Վեներա	1,50	Սատուրն	3,90
Երկիր	1,41	Ուրան	2,94
Սարս	1,66	Նեպտուն	2,61

2-145.  $a_h = 9,20 \text{ մ/վ}^2$ :

2-146.  $T_1 = 7,8 \text{ ժ}, T_2 = 31,2 \text{ ժ:}$

2-147.  $h = 35800 \text{ կմ:}$

2-148.  $V = 1,7 \text{ կմ/վ}, T = 1 \pm 50 \text{ ր:}$

2-149.  $V_1 = 1,7 \text{ կմ/վ}, V_2 = 2,4 \text{ կմ/վ:}$

2-150. Երկրի մակերևույթի մոտ ունենք

$$F = mg = GmM/R^2, \quad (1)$$

որտեղ  $R$ -ը Երկրի շառավիղն է, Երկրի մակերևույթից հարձրության վրա

$$mg_h = GmM/(R+h)^2: \quad (2)$$

(1)-ից և (2)-ից կստանանք

$$g_h/g = R^2/(R+h)^2: \quad (3)$$

(3) հավասարությունը տալիս է  $g_h/g = h/(R+h)$  կախումը ի բարձրությունից: Նշանակենք  $g_h/g = n$ , այդ ժամանակ (3)-ից կրնենանք  $h^2 + 2Rh + (R^2 - R^2/n) = 0$  հավասարությունը: Լուծենով այդ հավասարությունը գտնում ենք  $h = -R \pm R/\sqrt{n}$ : Քանի որ  $h$ -ը պետք է մեծ լինի 0-ից, ապա պետք է վերցնել դրական նշանով լուծումը, այսինքն  $h = -R + R/\sqrt{n}$ : Այդ դեպքում  $h \gg R$ , այսինքն  $g_h = 0,25 \text{ գ} \text{ Երկրի շառավիղին համապատասխան բարձրության վրա նկատենք, որ } h \ll R$ , ապա (3) հավասարությունը կարելի է գրել այսպես:

$$g_h/g = R^2/(R+h)^2 \approx 1 - 2h/R$$

2-151.  $h = 13600 \text{ կմ:}$

2-152.  $W_M/W_h = 2:$

2-153. Դիցուք տ-ը այն ծարմեի գամօգլածն է, որը գտնվում է Երկրի մակերևույթից ի հեռավորության և նրա զանգվածների կենտրոնից ի հեռավորության վրա: Դաշվի առնելով խնդրի պարզաբանում տրված ցուցումը, կարող ենք գրել.

$$F_h = mg_h = GmM/r^2. \quad (1)$$

որտեղ  $M_r$ -ը ը շառավիղը և Երկրի ր խտությանը հավասար խոռոչամբ զնդի զանգվածն է: Քանի որ  $M_r = 4\pi r^3/3$ , ապա  $mg_h = 4Gm\pi r^2/3$ : Երկրի մակերևույթի մոտ

$$F = mg = GmM/R^2 = 4Gm\pi R\rho/3: \quad (2)$$

(1)-ից և (2)-ից կստանանք

$$g_h/g = r/R = (r-R)/R; \quad (3)$$

$\ell_1$ -անակենք  $g_h/g = n$ , այդ դեպքում (3)-ից կունենանք  $h = R(1-n)$ : Եթե  $n=0,25$ , ապա  $h=0,75R$ :

2-154.  $h=2H$ :

2-155. Կեպէրի երրորդ օրենքի հաճածայն

$$T_1^2/T_2^2 = R_1^3/R_2^3; \quad (1)$$

Քանի որ մեզ հետաքրքրում է Արեգակնային հաճակարգի մոլորակի պատուան ապրբերությունը, ապա նպատակահարմաք է որպես  $T_2$  և  $R_2$  հայտնի արժեքներով մոլորակ վերցնել երկիրը (նեստենք, որ Կեպէրի օրենքը երկրի արիեստական արբանյակների ընկառմանը կիրառելիս որպես  $T_2$  և  $R_2$  հայտնի արժեքներով արբանյակ բնական է վերցնել Լուսինը): Մեր դեպքի հաճար  $T_2=12$  ամիս,  $R_2=1,5 \cdot 10^8$  կմ: Ըստ պայմանի  $R_1=(1,5 \cdot 10^8 + 0,24 \cdot 10)$  կմ  $= 1,74 \cdot 10^8$  կմ: Այդ դեպքում (1)-ից ունենք  $T_1=T_2 \sqrt{(R_1/R_2)^3}=15$  ամիս=450 օր:

2-156.  $V=27,6$  կմ/վ,  $T=450$  օր:

2-157.  $R_2=1,46 \cdot 10^4$  կմ,  $T_2=104$  ր:

2-158.  $T=88$  ր:

2-159. Վերցնենք օղակի ձեղ տարրը (նկ. 81): Օղակի ձեղ տարրի և A կետում տեղադրված որ գանգվածի միջև գրավիտացիոն փոխագործության ուժը կլինի:

$$dF = G \frac{\pi \rho \pi r^2}{X^2} d\ell;$$

$dF$  ուժն ուղղված է օղակի ձեղ տարրը որ գանգվածի հետ միացնող գծով: Ամբողջ օղակի և որ գանգվածի գրավիտացիոն գողության ուժը գտնելու համար անոր է վեկտորապես գումարել բոլոր  $dF$  ուժերը:  $dF$  ուժը կարելի է վերածել  $dF_n$  և  $dF_r$ , բաղադրիչների: Տրամագծորեն հակադիր տարրերի  $dF_n$  բաղադրիչները փոխադարձաբար ոչնչանում են, ուստի

$$F = \int dF_r;$$

Բայց  $dF_r = dF \cos \alpha = dFL/X$  և

$$F = \int \frac{L}{X} dF = G \frac{\pi \rho \pi r^2 L}{X^3} \int_0^{2\pi R} d\ell = G \frac{\pi \rho \pi r^2 L 2\pi R}{X^3}; \quad (1)$$

Հաշվի առնելով, որ  $X = \sqrt{R^2 + L^2}$ , ունենք

$$F = \frac{2\pi^2 G \pi \rho r^2 RL}{(R^2 + L^2)^{3/2}}. \quad (2)$$

2-160. Նախորդ խնդրի, լրացման (2) բանաձևից երևում է, որ եթե  $L=0$ , ապա  $F=0$ : Դժվար չէ հանոգվել, որ  $F$  ֆունկցիան  $L$ -ի մեջացման հետ սկզբում աճում է, իսկ հետո՝ նվազում: Գտնենք  $F$  ֆունկցիայի առավելագույն արժեքը: X և L փոփոխական մեջություններն արտահայտենք անկյան միջոցով:

$$X = \frac{R}{\sin \alpha}, \quad L = X \cos \alpha = \frac{R}{\sin \alpha} \cos \alpha;$$

Այդ դեպքում նախորդ խնդրի լրացման (2) բանաձևը ընդունում է

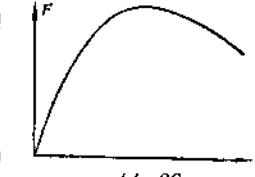
$$F = \frac{2\pi^2 G \pi \rho r^2}{R} \cos \alpha \sin^2 \alpha = B \cos \alpha \sin^2 \alpha$$

տեսքը:  $F$  ֆունկցիայի առավելագույն արժեքը գտնելու համար վերցնենք  $dF/d\alpha$ -ի ածանցյալը և հավասարեցնենք այն զրոյի:

$$dF/d\alpha = B (2\cos^2 \alpha \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0, \quad \text{կամ } \tan^2 \alpha = 2:$$

Այդ ժամանակ L հեռավորությունը, որի վրա F-ը ունի առավելագույն արժեք, հավասար է:

$$L = \frac{R}{\sin \alpha} \cos \alpha = \frac{R}{\tan \alpha} = \frac{R}{\sqrt{2}}:$$



նկ. 82

նկ. 82-ում պատկերված է  $F=f(L)$  կախման բռնությունը (աբսցիսների առանցքով հարմայի է տեղադրյալ L-ը սմ-ով, օրդինատների առանցքով F-ը 10^-11 N-ով).  $L_{max}=14,1$  սմ,  $F_{max}=4,33 \cdot 10^{-11}$  Ն:

2-161.  $F_{max}/F=1/3$ :

### § 3. ՊԻՆԴ ՄԱՐՍԻՆ ՆԵՐԻ ՊՏՏԱԿԱՆ ՇԱՐԺՈՒՄ

3-1.  $\Omega=9,7 \cdot 10^{37}$  կգ.մ²,  $L=7 \cdot 10^{33}$  կգ.մ²/վ:

3-2. ա)  $\Omega_1=63,5 \cdot 10^{-3}$  կգ.մ²/վ,  $\Omega_2=62,5 \cdot 10^{-3}$  կգ.մ², գ)  $\delta=1,6\%$ :

3-3. Գաճազոր ուժերի մոմենտը, որի ազդեցության տակ սկավառակը պատվիր է,

$$M=FR - M_{2\phi}; \quad (1)$$

Ըստ դիմանիկայի հիմնական օրենքի ուժերի այդ մոմենտը մարմնի անկյունային արագացման հետ կապված է

$$M=\dot{\theta}\varepsilon, \quad (2)$$

հակասարություն, որտեղ  $\dot{\theta}=mR^2/2$ -ը սկավառակի իներցիայի մոմենտն է: (1)-ից և (2)-ից կստանանք  $m=2(FR - M_{2\phi})/\varepsilon R^2=7,36$  կգ:

3-4.  $c=2,35 \text{ սադ}/\text{լ}^2$

3-5.  $F=4,0 \text{ Ն}$

3-6.  $M=100 \text{ Ն.մ}$

3-7.  $\varepsilon=7,8 \text{ սադ}/\text{վ}^2$ ,  $t=1 \text{ ր } 20 \text{ վ}$

3-8.  $n=23,4 \text{ պո}/\text{վ}$

3-9.  $M_{2\phi}=513 \text{ Ն.մ}$ ,  $N=600 \text{ պտ}$

3-10.  $m_1$  կշռաքարը և արագացումով շարժվում է դեպի ներքև  $m_2$  ծանրության ուժի (դեպի ներքև) և թելի  $T_1$  ծգման (դեպի վերև) ազդեցության տակ: Ուստի  $m_1$  կշռաքարի հաճար ունենք

$$m_1a=m_1g - T_1 \quad (1)$$

$m_2$  կշռաքարը նույն արագացումով շարժվում է դեպի վեր մեց (դեպի ներքև) ծանրության ուժի և թելի  $T_2$  ծգման (դեպի վերև) ուժի ազդեցության տակ: Ուստի  $m_2$  կշռաքարի հաճար ունենք

$$m_2a=T_2 - m_2g \quad (2)$$

Թելը ճախարակի երկու կողմերում ծգված է տարբեր չափերով և ծգման ուժերի  $T_1 - T_2$  տարբերությունը կատարելի ճախարակի պտտող մոմենտ: Կիրառելով դինամիկայի հիմնական օրենքը, կստանանք

$$(T_1 - T_2) R = \Delta E = \Delta a/R, \quad (3)$$

որտեղ  $\Delta = mR^2/2$ -ը ճախարակի հիմքայի մոմենտն է,  $m$ -ը՝ սկավառակի զանգվածը: Համատեղ լուծենով (1)-(3)-ը, կգտնենք

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2 + \Delta/R^2} = \frac{\Delta(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2 + \Delta/2} = 2,8 \text{ մ}/\text{վ}^2 \quad (4)$$

Եթե (4) հավասարման մեջ տեղադրենք  $m=0$ , այսինքն անտեսներ ճախարակի զանգվածը, ապա մենք կստանանք 2-30-ի լուծումը: Տեղադրելով (4)-ը (1)-ի և (2)-ի մեջ, կստանանք

$$T_1 = \frac{m_1g(2m_2 + \Delta/R^2)}{m_1 + m_2 + \Delta/R^2} = 14,0 \text{ Ն}, \quad T_2 = \frac{m_2g(2m_1 + \Delta/R^2)}{m_1 + m_2 + \Delta/R^2} = 12,6 \text{ Ն}: \quad (5)$$

Եթե (5) հավասարման մեջ տեղադրենք  $\Delta=0$  ( $m=0$ ), ապա մենք նորից կստանանք 2-30-ի լուծումը:

3-11. Խնդիրը կարելի է լուծել երկու եղանակով կիրառելով պտտական շարժման դինամիկայի հիմնական օրենքը (տես 3-10-ի լուծումը). Կիրառելով էներգիայի պահպանան օրենքը: Սովորողներին առաջարկում է խնդրի լուծումը առաջին եղանակով գտնել ինքնուրույն և ստանալ  $a=2mg/(m_0+2m)=3 \text{ մ}/\text{վ}^2$  պատասխանը:

Երկրորդ եղանակով խնդիրը լուծենիս դասում ենք այսպես: Բեռն ի-

ցեցնելու ժամանակ նրա պոտենցիալ էներգիան նվազում է փոխարկվելով բնի առաջընթաց շարժման կիմետրիկ էներգիայի և թմբուկի պտտման կինետիկ էներգիայի: Այսպիսով,

$$mg h = \frac{mV^2}{2} + \frac{\pi m^2}{2}, \quad (1)$$

որտեղ  $V$ -ը թմբուկի իներցիայի մոմենտն է: Բանի որ  $V=m_0R^2/2$  և  $\omega=V/R$ , որտեղ  $R$ -ը թմբուկի շատավիղն է, ապա (1) հավասարությունը կարելի է գրել հետևյալ կերպ:

$$mg h = \frac{mV^2}{2} + \frac{m_0V^2}{2 \cdot 2} = \frac{V^2}{2} (m + m_0/2): \quad (2)$$

Բեռն իշնելը տեղի է ունենում հաստատում ուժի ազդեցության տակ, այսինքն բեռն իշնելը հավասարաչափ արագացող է, ուստի

$$h = \frac{at^2}{2}, \quad V = at: \quad (3)$$

Տեղադրելով (3)-ը (2)-ի մեջ, կստանանք  $a=2mg/(m_0 + 2m)=3 \text{ մ}/\text{վ}^2$ :

3-12.  $\beta=9,5 \text{ կգ.մ}^2$ :

3-13.  $t=1,1 \text{ վ}$ .  $W_{\text{կ}}=0,81 \text{ Ջ}$ ,  $T=4,1 \text{ Ն}$ :

3-14.  $T_1-T_2=(\Delta E+M_{2\phi})/R=1,08 \text{ կՆ}$ :

3-15.  $a=3,53 \text{ մ}/\text{վ}^2$ ,  $T_1=6,3 \text{ Ն}$ ,  $T_2=4,5 \text{ Ն}$ : Սովորողներին առաջարկում է ստուգել, որ այս խնդրի լուծման ժամանակ ստացված հավասարումներից կարելի է ստանալ 2-31 խնդրի լուծումը:

3-16. Ակավառակի կիմետրիկ էներգիան կազմավորվում է որպես համընթաց շարժման կիմետրիկ էներգիայի և պտույտի կիմետրիկ էներգիայի գումար:

$$W_{\text{կ}} = \frac{mV^2}{2} + \frac{\pi m^2}{2}$$

Բանի որ  $V=mR^2/2$  և  $\omega=V/R$ , որտեղ  $m$ -ը՝ սկավառակի զանգվածն է,  $R$ -ը՝ նրա շատավիղը, ապա  $W_{\text{կ}}=3mV^2/4=24,0 \text{ Ջ}$ :

3-17.  $W_{\text{կ}}=0,1 \text{ Ջ}$ :

3-18.  $W_{\text{կ}2}=29,4 \text{ Ջ}$ :

3-19.  $Q=2,51 \text{ մ}^2$ :

3-20.  $\delta=(W_{\text{կ}1}-W_{\text{կ}2})/W_{\text{կ}2}=40\%$ , որտեղ  $W_{\text{կ}1}=W_{\text{համ}}+W_{\text{պտ}}$ ,  $W_{\text{կ}2}=W_{\text{համ}}$ :

3-21.  $A=355 \text{ Ջ}$ :

3-22.  $L=3,8 \text{ կգ.մ}^2/\text{վ}$ :

3-23.  $W_{\text{կ}}=253 \text{ Ջ}$ :

3-24.  $S=4,1 \text{ մ}$ :

$$3-25. h = 2R + R/2(1+m_0/m) = 7,56 \text{ м}$$

$$3-26. A = 3,2 \pi^3 R^5 \rho n^2 = 34,1 \Omega, \text{որտեղ } \rho - \text{ն պլանետի խոսքայունն է:}$$

3-27. Թեք հարթությամբ մարմնի գործան ժամանակ նրա պոտենցիալ էներգիան փոխարկվում է կինետիկի: Այսպիսով,

$$mgh = \frac{mV^2}{2} + \frac{\mathcal{J}\omega^2}{2}, \quad (1)$$

$$\text{որտեղ } \mathcal{J} - \text{ն մարմնի իներգիայի մոմենտն է, } \omega = V/R: \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք

$$mg \ell \sin \alpha = \frac{V^2}{2} (m + \frac{\mathcal{J}}{R^2}): \quad (3)$$

Բանի որ մարմինների շարժումը տեղի է ունենում հաստատուն ուժի ազդեցության տակ, ապա մարմինների շարժումը հավասարացնակի արագացող է, ուստի

$$\ell = at^2/2, \quad V = at: \quad (4)$$

Դամատեղ լուծելով (3)-ը և (4)-ը, կստանանք

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + \mathcal{J}/R^2}: \quad (5)$$

Տեղադրելով (5)-ում տարրեր մարմինների իներգիայի մոմենտների արտահայտությունները, գնդի, սկավառակի և օղակի համար համապատասխանաբար կգտնենք

$$a_1 = 3,50 \text{ м/վ}^2, \quad a_2 = 3,27 \text{ м/վ}^2, \quad a_3 = 2,44 \text{ м/վ}^2:$$

Թեք հարթությունից առանց շփման սահող մարմնի հաճար ռւենք  $a = g \sin \alpha = 4,9 \text{ մ/վ}^2$ :

$$3-28. V = \sqrt{\frac{2mgh}{m + \mathcal{J}/R^2}}, \quad V_1 = 2,65 \text{ м/վ}, \quad V_2 = 2,56 \text{ м/վ}, \quad V_3 = 2,21 \text{ м/վ},$$

$$V = 3,13 \text{ м/վ:}$$

3-29. 1) Գլանների համընթաց շարժման արագությունը թեք հարթության հիմքի մոտ որոշվում է

$$V = \sqrt{\frac{2mgh}{m + \mathcal{J}/R^2}} \quad (1)$$

բանաձևով (տես նախորդ խնդիրը): Այսումինե գլանը, որի իներգիայի մոմենտը ավելի փոքր է, քան կապարե գլանինը. թեք հարթության հիմքի մոտ կհասնի ավելի մեծ արագության, ինչնարա նրանից ավելի արագ ցած. Կգրովի:

2) Այսումինե գլանի (հոք) իներգիայի մոմենտը

$$\mathcal{J}_1 = \frac{m R^2}{2}: \quad (2)$$

Կապարե գլանի (սնամեց) իներգիայի մոմենտը՝

$$\mathcal{J}_2 = m (R^2 + R_0^2)/2:$$

Գտնենք կապարե գնդի ներքին  $R_0$  շառավիղը: Ըստ պայմանի երկու գլանների զանգվածները հավասար են.  $\rho_1 \pi R^2 = \rho_2 \pi (R^2 + R_0^2)$ , որտեղ  $R$ -ը գլանների երկարությունն է,  $\rho_1$ -ը այսումինի,  $\rho_2$  կապարի խոտություններն են: Այսուելից  $R_0^2 = R^2 (\rho_2 - \rho_1)/\rho_2$ : Այս դեպքում կապարե գլանի իներգիայի մոմենտը՝

$$\mathcal{J}_2 = \frac{m R^2}{2} + \frac{2 \rho_2 - \rho_1}{\rho_2}: \quad (3)$$

Տեղադրելով բվային արժեքները (տես աղ. 11), կստանանք  $\mathcal{J}_1 = 9 \cdot 10^{-4}$  կգ.մ<sup>2</sup>,  $\mathcal{J}_2 = 15,9 \cdot 10^{-4}$  կգ.մ<sup>2</sup>:

Բանի որ գլանների գյորումը տեղի ունի հաստատուն ուժի ազդեցության տակ, ապա  $V = at$  և  $\ell = h/\sin \alpha = at^2/2$ , այստեղից  $h/\sin \alpha = Vt/2$  և

$$t = \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \frac{2h}{V}: \quad (4)$$

Տեղադրելով (1) հավասարումը (4)-ում, կստանանք

$$t = \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{2h (m + \mathcal{J}/R^2)}{mg}}: \quad (5)$$

Դաշվի առնելով (5)-ում (2) և (3) բանաձևները, այսումինե և կապարե գլանների հաճար համապատասխանաբար կստանանք

$$t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{3h}{g}} = 0,78 \text{ վ}, \quad t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h}{g} \left( 1 + \frac{2(\rho_2 - \rho_1)}{2\rho_2} \right)} = 0,88 \text{ վ:}$$

$$3-30. \varepsilon = -0,21 \text{ ռադ/վ}^2, \quad M = 0,42 \text{ Ն.մ}, \quad A = 630 \Omega, \quad N = 240 \text{ պլ:}$$

$$3-31. \mathcal{J} = 0,01 \text{ կգ.մ}^2, \quad M = 94 \cdot 10^{-3} \text{ Ն.մ}$$

$$3-32. M_{\text{շփ}} = 308 \text{ Ն.մ}, \quad t = 100 \text{ վ:}$$

$$3-33. h = 86,5 \text{ մ:}$$

$$3-34. W_{\text{լ}} = \varepsilon L t_2^2 / 2t_1 = 490 \Omega:$$

$$3-35. t = W_{\text{լ}} / \pi n M = 5 \text{ վ:}$$

$$3-36. W_{\text{լ}} = F^2 t^2 / m = 1,92 \text{ կԶ:}$$

$$3-37. \alpha = 81^{\circ} 22':$$

$$3-38. V = 7,1 \text{ մ/վ:}$$

$$3-39. \omega_1 = \omega_2 = 14 \text{ ռադ/վ}, \quad V_1 = 1,05 \text{ մ/վ}, \quad V_2 = 2,10 \text{ մ/վ:}$$

$$3-40. \text{Ինպուլսի մոմենտի պահպանամ օրենքի հիման վրա ունենք}$$

$$\Omega_1 \omega_1 = \Omega_2 \omega_2, \quad (1)$$

պրտեղ  $\Omega_1$  լի հենահարթակի իներցիայի մոմենտն է մարդու հետ, որը լրացմած է նրա եզրին,  $\Omega_2$  ը հենահարթակի իներցիայի մոմենտն է մարդու հետ, որը կանգնած է հենահարթակի կենտրոնում, առ և  $\omega_2$ -ը հենահարթակի անկյունային արագություններն են մարդու առաջին և երկրորդ լիրքերում: Այդ դեպքում

$$\Omega_1 = mR^2/2 + m_0R^2, \quad \Omega_2 = mR^2/2, \quad (2)$$

որտեղ  $R$ -ը հենահարթակի շառավիղն է: Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ և հաշվի առնելով, որ  $m=2\pi r$ , որտեղ  $r$ -ը հենահարթակի պտտման հաճախությունն է, կստանանք

$$(mR^2/2 + m_0R^2)2\pi r_1 = 2\pi r_2 mR^2/2,$$

որտեղից

$$r_2 = r_1 \frac{mR^2 + 2m_0R^2}{mR^2} = r_1 \frac{m + 2m_0}{m} = 22 \text{ պտ/ր:}$$

3-41.  $A=162 \text{ մ}^2$ :

3-42.  $n_2=21 \text{ պտ/ր:}$

3-43.  $W_{l2}/W_{l1} = 1,05:$

3-44.  $n=0,49 \text{ պտ/ր:}$

3-45.  $T=1,16 \text{ վ:}$

3-46.  $T=1,07 \text{ վ:}$

3-47.  $\ell=T\sqrt{gd/\pi}=0,446 \text{ մ:}$

3-48.  $T=1,5 \text{ վ:}$

3-49. Սարենատիկական ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\ell/g}. \quad (1)$$

Ֆիզիկական ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը

$$T_2 = 2\pi \sqrt{3/mg\ell}.$$

որտեղ  $\Omega$ -ն գնդիկի իներցիայի մոմենտն է պտտման առանցքի նկատմամբ,  $m$ -ը գնդիկի զանգվածն է,  $\ell$ -ը՝ գնդիկի զանգվածների կենտրոնից մինչև կախման կետը եղած հեռավորությունը: Մեր դեպքում

$$\Omega = \frac{2}{5} mR^2 + m\ell^2 = m\ell^2 \left[ 1 + \frac{2}{5} \left( \frac{R}{\ell} \right)^2 \right] = m\ell^2 x:$$

Հաշվի առնելով այդ, կստանանք

$$T_2 = 2\pi \sqrt{x/g}: \quad (2)$$

(1)-ից և (2)-ից ունենք  $T_2/T_1 = \sqrt{x}$ : Այս սխալը, որը մենք կատարում ենք, թելիք կախված գնդիկը ընդունելով որպես մարենատիկական ճոճանակ, կլինի.

$$\delta = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{T_2}{T_1} - 1 \approx \sqrt{x} - 1,$$

այստեղից

$$x = \left[ 1 + \frac{2}{5} \left( \frac{R}{\ell} \right)^2 \right] = (1 + \delta)^2, \text{ կամ } \frac{R}{\ell} = \sqrt{\frac{5}{2} \left[ (1 + \delta)^2 - 1 \right]}: \quad (3)$$

Մեզ մտն է  $\delta \leq 0,01$ : Տեղադրելով (3)-ի մեջ, կստանանք  $R/\ell \leq 0,0224$ : Քանի որ  $R=D/2=0,02 \text{ մ}$ , ապա գնդիկի զանգվածների կենտրոնից մինչև կախման կետը եղած սահմանային հեռավորությունը՝  $\ell \geq 0,089 \text{ մ}$ , իսկ թեյլի սահմանային երկարությունը՝  $L=\ell - R=0,069 \text{ մ}$ :

$$3-50. T_1/T_2=1,05:$$

#### § 4. ՅԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ԵՎ ԳԱԶԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

$$4-1. V=0,12 \text{ մ/վ:}$$

4-2. Նշանակենք.  $S_1$ ՝ անորի լայնական հատությի մակերես,  $V_1$ ՝ ջրի շարժման արագությունը նրանում (ջրի մակարդակի իջեցման արագությունը անօրություն է),  $S_2$ ՝ անցքի լայնական հատությի մակերես,  $V_2$ ՝ անցքից ջրի արտահոսման արագությունը: Ըստ Բենուլիի թեորեմի

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho V_2^2}{2}, \text{ կամ } V_1^2 + 2gh = V_2^2: \quad (1)$$

Շիրի ամխանելիության հետևանքով  $V_1 S_1 = V_2 S_2$ , կամ

$$V_2 = V_1 \frac{S_1}{S_2}: \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք

$$V_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}:$$

Յաշվի առնելով, որ  $S_1 = \pi D^2/4$  և  $S_2 = \pi d^2/4$ , կունենանք

$$V_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^4 - d^4}}: \text{ Քանի որ } d^4 \ll D^4, \text{ ապա ճոտավորապես}$$

$$V_1 = (d^2/D^2) \sqrt{2gh}: \quad (3)$$

Նշենք, որ եթե  $d=D$ , ապա  $V_1 = \sqrt{2gh}$ : Եթե  $h=0,2 \text{ մ}$ , արագությունը  $V_1=0,8 \text{ մ/վ:}$

4-3. Երկու դեպքում էլ շիբը սեղանին է ընկնում անորից  $\ell = 0,4$  մ հեռավորության վրա:

4-4. ա)  $V=0$ , բ)  $V=1,04$  մ/վ, գ)  $V=1,25$  մ/վ:

4-5. Բաքի մեջ ջրի մակարդակի իջնման արագությունը՝

$$V = \frac{S_2 \sqrt{2gy}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}}$$

(տես 4-2-ի լուծումը): Այստեղ յ-ը ջրի մակարդակն է բաքի մեջ (իդոֆոխական է): Ժ ժամանակում ջրի մակարդակը բաքի մեջ կիջնի

$$dy = Vdt = A\sqrt{y} dt$$

$$\text{չափով, որտեղ } A = \frac{S_2 \sqrt{2g}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}} : \quad (1)$$

(1)-ից կունենանք  $dt = dy/A\sqrt{y}$ , այստեղից  $t = 1/A \int_0^h dy/\sqrt{y}$ :

Սովորողներին առաջարկվում է ինտեգրումը հասցնել մինչև վերջ և ստանալ պատասխանը՝

$$t = \frac{2\sqrt{h} \sqrt{S_1^2 - S_2^2}}{S_2 \sqrt{2g}} = \sqrt{\frac{2h |(S_1/S_2)^2 - 1|}{g}} = 3 \text{ ր:}$$

Դժվար չէ համոզվել, որ եթե ջրի մակարդակը բաքի մեջ պահպանվեր անցըից  $h=1$  մ հաստատում բարձրության վրա, ապա նույն բանակությամբ ջրի արտահոսման ժամանակը երկու անգամ պակաս կլիներ:

4-6.  $d=1,4$  սմ:

4-7.  $P=250$  կՊա:

4-8.  $V=1,4$  մ/վ:

4-9.  $\gamma h=1,6$  մմ:

4-10.  $F_{2\phi}/m\varphi=3$ :

4-11.  $V=4,1$  մ/վ:

4-12.  $\eta=2$  Պա.վ:

4-13.  $\Delta t=4$  ր:

4-14.  $\eta=1,09$  Պա.վ,  $\nu=12,1$  սմ<sup>2</sup>/վ:

4-15. Գերշակի յուղի մակարդակի իջնելու արագությունը կախված է մազանորի միջով յուղի արտահոսման արագությունից: Մազանորի միջուկ է ժամանակում արտահոսվող յուղի ծավալը որոշվում է Պուազեյի բանաձևով:

$$V = \frac{\pi r^4 t}{8\ell\eta} p \quad (1)$$

Մազանորի ծայրերի ճնշումների տարբերությունը պայմանավորված է հեղուկի շերտի հիդրոստատիկ ճնշումով, այսինքն

$$\Delta p = \rho g h: \quad (2)$$

Սյուս կողմից

$$V = S' v' t = \pi r^2 v' t, \quad (3)$$

որտեղ  $v'$ -ը մազանորի միջով յուղի արտահոսման արագությունն է: (1)-(3)-ից ունենք  $v' = r^2 \rho gh / 8\ell\eta$ : Բայց քանի որ  $v' S' = v S$ , որտեղ  $v$ -ն յուղի մակարդակի իջնելու արագությունն է անորում և  $S$ -ը անորի լայնական հաստությի մակերեսը, ապա վերջնականապես կունենանք  $v = r^4 \rho gh / 8\ell\eta R^2$ : Եթե  $h=0,36$  մ, արագությունը  $V=3 \cdot 10^{-5}$  մ/վ:

4-16.  $t=1,5$  ր:

4-17.  $\ell=1,1$  սմ:

4-18.  $D=4,6$  մմ:

4-19. Ույնողսի թիվը  $Re=1800$ , այսինքն  $Re < 3000$ -ից - շարժումը լամինար է:

4-20.  $D \leq 0,085$  մ:

## ԳԼՈՒԽ II

### ՍՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ ԵՎ ԶԵՐՄԱՂԻՆԱՄԻԿԱ

#### § 5. ՍՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԻՆԵՏԻԿ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԶԵՐՄԱՂԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

5-1.  $t = 7^{\circ}\text{C}$ :

5-2.  $V=7,6$  լ:

5-3.  $m = 1,13$  կգ:

5-4.  $t_2 = 91^{\circ}\text{C}$ :

5-5.  $V=31$  լ:

5-6.  $\gamma m = m_1 / P/P_1 = 7,5$  կգ:

5-7.  $m = 65$  գ:

5-8.  $m = 1,2$  տ:

5-9. 1,1 անգամ:

5-10. ա)  $PV = \frac{m}{\mu} RT_1 = 567$  Զ, բ)  $PV = \frac{m}{\mu} RT_2 = 775$  Զ: Վ-ին տալով տարբեր արժեքներ, կստանանք  $P$ -ի համապատասխան արժեքները:

5.11. Տես 5 10-ի խնդրի լուծումը:

$$5.12. \rho = m/\mu = 0.4 \text{ կգ/լ:}$$

$$5.13. P_1 = 108 \text{ կՊա, } P_2 = 116 \text{ կՊա:}$$

5.14. Սագական խողովակի հիբրիդ ժամանակ նրա յուրաքանչյուր կեսում գտնվում է  $V_0=S$  ծավալ և  $P_0$  ճնշում ունեցող օդ որունեղ  $S$ -ը մագական խողովակի լայնական հատույթի ճակերեսն է: Ուղղաձիգ դիրքում նրա վերին կեսում օդի ծավալը՝  $V_1=S(h+\Delta\ell)$  և ճնշումը՝  $P_1$ : Ըստ Բոյլ-Մարիուտի օրենքի  $V_0P_0=V_1P_1$ , կամ

$$hP_0 = (h + \Delta\ell)P_1 \quad (1)$$

Նամանման ձևով խողովակի ներքեկի կեսի համար:

$$hP_0 = (h - \Delta\ell)P_2 \quad (2)$$

Մագական խողովակի ներքեկի մասում  $P_2$  ճնշումը առաջանում է օդի  $P_1$  ճնշման և սնդիկի պահին  $P$  ճնշումից:

$$P_2 = P_1 + P \quad (3)$$

Նամատեղ լուծելով (1) - (3) հավասարությունները, կստանանք

$$P_0 = \frac{P(h - \Delta\ell)(h + \Delta\ell)}{2h\Delta\ell} \quad (4)$$

Սեղ մոտ  $P=200$  մմ սնդ. պահ.  $h=(L - \ell)/2 = 0.4$  մ և  $\Delta\ell = 0.1$  մ: Տեղադրելով այդ տվյալները (4)-ի մեջ, կստանանք  $P_0 = 375$  մմ սնդ. պահ:

5.15. Ըստ Արքիմեդի օրենքի գազի մեջ ընկողված մարմնի կշռի կորուսոր հավասար է այդ մարմնի ծավալով գազի կշռին: ու զանգվածով կապարի ծավալը՝  $V_1=m/\rho_1$ , որտեղ  $\rho_1$ -ը կապարի խոռոչունն է: Այդ ծավալով օդը կշռում է  $m_{1g}=\mu PV_{1g}/RT=\mu Pm_1/\rho_1 RT$ : ու զանգվածով խցանի ծավալը՝  $V_2=m/\rho_2$ , որտեղ  $\rho_2$ -ը խցանի խոռոչունն է: Այդ ծավալով օդը կշռում է  $m_{2g}=\mu Pm_2/\rho_2 RT$ : Կապարի իրական նշիռը՝  $P_1=g(m_1+m_2)$ , խցանի իրական կշռը՝  $P_2=g(m_1+m_2)$  և

$$\Delta P=P_2-P_1=g(m_2-m_1)=\mu Pm_2/RT(1/\rho_2-1/\rho_1)=58.6 \text{ Ա:}$$

5.16. Օրյակին գնդիկի արդյունաբար վերամբարձ ուժը հավասար է գնդիկի ծավալով օդի կշռի և իր գնդիկի կշռի (նրա քաշանքի  $P$  և նրանում գտնվող շրածնի կշռին) տարեբերությանը: Այսպիսով՝  $F=m_2g \cdot (m_1g+P)$ , որտեղ  $m_2$ -ը գնդիկի ծավալում գտնվող օդի զանգվածն է: Ըստ պայմանի  $F=0$ , հետևաբար

$$P=g(m_2-m_1)=g \frac{PV}{RT} (\mu_2-\mu_1)=\frac{4\pi r^3}{3} \frac{Pg}{RT} (\mu_2-\mu_1)=96 \text{ Ա:}$$

$$5.17. \rho = m/V = P\mu/RT = 0.083 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$5.18. \rho = 0.084 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$5.19. \mu = 0.004 \text{ կգ/մոլ:}$$

$$5.20. \rho = 1.6 \cdot 10^{-14} \text{ կգ/մ}^3:$$

$$5.21. T_2 = 1400 \text{ Կ:}$$

5.22. Գազի վիճակի հավասարությունները տարածվելուց առաջ և հետո ունեն հետևյալ տեսքը:

$$P_1V_1=\frac{m}{\mu}RT_1, \quad P_2V_2=\frac{m}{\mu}RT_2:$$

Ըստ պայմանի  $P_1=P_2=P$ , որտեղից՝ կարենի է գտնել որ ունենի մեժությունները՝

$$V_1=\frac{mRT_1}{\mu P}=2.4 \text{ Լ}, \quad T_2=\frac{\mu PV_2}{mR}=1170 \text{ Կ:}$$

$$\rho_1=\frac{\mu P}{RT_1}=4.14 \text{ կգ/մ}^3, \quad \rho_2=\frac{\mu P}{RT_2}=1 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$5.23. P = 155 \text{ ՄՊա, } \rho = 0.5 \cdot 10^3 \text{ կգ/մ}^3:$$

5.24.  $\rho = P\mu/RT$ : ա) Եթե  $T = \text{const}$ , խոռոչունը՝  $\rho = A P$ , այսինքն  $\rho$ -ն ուղղի համեմատական է  $P$ -ին: բ) Եթե  $P = \text{const}$ , խոռոչունը  $\rho = B/T$ , այսինքն  $\rho$ -ն հակադարձ համեմատական է  $T$ -ին:

5.25. Համաձայն Դալտոնի օրենքի ջրի գոլորշացումից հետո անդրում կիաստատի  $P = P_1 + P_2$  ճնշում, որտեղ  $P_1$ -ը բրածինի ճնշումն է,  $P_2$ -ը՝ ջրային գոլորշիների ճնշումը: Ըստ Սենդելեն-Կլապեյրոնի հավասարման

$$P_1=\frac{m_1RT}{\mu_1V}=320 \text{ կՊա,} \quad P_2=\frac{m_2RT}{\mu_2V}=320 \text{ կՊա,}$$

որտեղից  $P = 640 \text{ կՊա:}$

5.26. Ըստ Դալտոնի օրենքի  $P = P_1 + P_2 + \text{որտեղ } P_1\text{-ը և } P_2\text{-ը գազի չափաբաժն ճնշումներն են 1 և 2 անդրները միացնելուց հետո: Բանի որ } T = \text{const}, \text{ ապա:}$

$$P_1(V_1+V_2)=P_1V_1,$$

$$P_2(V_1+V_2)=P_2V_2:$$

Այսպիսով,

$$P_1=\frac{P_1V_1}{V_1+V_2}, \quad P_2=\frac{P_2V_2}{V_1+V_2}, \quad P=\frac{P_1V_1+P_2V_2}{V_1+V_2}=140 \text{ կՊա:}$$

$$5.27. P = 415 \text{ կՊա:}$$

$$5.28. \mu=\frac{m_1+m_2}{m_1/\mu_1+m_2/\mu_2}=0.0046 \text{ կգ/մոլ, } V=11.7 \text{ Լ:}$$

5-29.  $m=2,5$  գ

5-30. Եթի յոդի մոլեկուլները տարանջատված չլինեին, ապա ճնշումը անորում կլիներ

$$P = \frac{mRT}{\mu V} = 83,3 \text{ կՊա:}$$

Տարանջատված հետևի անորում գտնվում է  $v_1=2\alpha m/\mu$  քանակությամբ առողմական յոդ (J) և  $v_2=(1-\alpha) m/\mu$  քանակությամբ մոլեկուլային յոդ (J<sub>2</sub>): Նրանց կողմից ստեղծված ճնշումները հավասար են:

$$P_1 = \frac{2\alpha mRT}{\mu V}, \quad P_2 = \frac{(1-\alpha)mRT}{\mu V};$$

Խառնուրդի ճնշումը

$$P_{ju} = P_1 + P_2 = \frac{mRT}{\mu V} (2\alpha + 1 - \alpha) = \frac{mRT}{\mu V} (\alpha + 1) = P (1 + \alpha),$$

այսինքն  $1 + \alpha = P_{ju}/P = 1,12$  և  $\alpha = 0,12$ :

$$5-31. P_{ju}/P = 1,25;$$

$$5-32. \rho = 1,2 \text{ կգ/մ}^3, \quad P_1 = 21 \text{ կՊա}, \quad P_2 = 79 \text{ կՊա:}$$

$$5-33. \rho = 1,98 \text{ կգ/մ}^3;$$

$$5-34. \text{ա) } m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ կգ, \beta) } m_0 = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ կգ:}$$

$$5-35. F \cdot t = 5,6 \cdot 10^{-23} \text{ Ն.վ:}$$

$$5-36. F \cdot t = 3,3 \cdot 10^{-23} \text{ Ն.վ:}$$

$$5-37. mv = 2 \cdot 10^{-23} \text{ կգ.մ/վ:}$$

$$5-38. n = 3,3 \cdot 10^{25} \text{ կգ}^{-1};$$

$$5-39. n = 7,5 \cdot 10^{25} \text{ մ}^{-3};$$

$$5-40. N = 2 \cdot 10^{27};$$

$$5-41. n = 3,4 \cdot 10^{11} \text{ մ}^{-3};$$

5-42. Գազի P ճնշումը անորում կապված է այդ անորի միավոր ծավալում եղած մոլեկուլների ընդհանուր թիվով է: Քանի որ այդ N մոլեկուլները անորի պատին առաջացնում են միամոլեկուլային շերտ, ապա  $N=S/S_0$ , որտեղ  $S=4\pi r^2$ -ն անորի նակերևույթի մակերեսն է: Անորի ծավալը  $V=4\pi r^3/3$ : Տեղադրելով N-ի և V-ի արժեքները P-ի բանաձևի մեջ, կստանամք

$$P=nkT=NkT/V,$$

որտեղ N-ը V ծավալում եղած մոլեկուլների ընդհանուր թիվն է: Քանի որ այդ N մոլեկուլները անորի պատին առաջացնում են միամոլեկուլային շերտ, ապա  $N=S/S_0$ , որտեղ  $S=4\pi r^2$ -ն անորի նակերևույթի մակերեսն է: Անորի ծավալը  $V=4\pi r^3/3$ : Տեղադրելով N-ի և V-ի արժեքները P-ի բանաձևի մեջ, կստանամք

$$P=\frac{3KT}{S_0R}=2,4 \text{ Պա:}$$

5-43. Անորում գտնվում է  $v_1=2\alpha m/\mu$  քանակությամբ առողմական

յոդ (J) և  $v_2=(1-\alpha)m/\mu$  քանակությամբ մոլեկուլային յոդ (J<sub>2</sub>): Յոդի ընդհանուր քանակությունը  $n=2\alpha m/\mu + (1-\alpha)m/\mu$ , և այդ ոճակառում գոյորժականացնելու համար կոչվում է ճասանիկների որոնելի թիվը:

$$n=N_A [2\alpha/\mu + (1-\alpha)/\mu] = 3,56 \cdot 10^{24} \text{ կգ}^{-1};$$

$$5-44. N=4,5 \cdot 10^{23};$$

$$5-45. V=3,2 \text{ լ, } P_1=98 \text{ մՊա, } P_2=35 \text{ մՊա, } n=2,6 \cdot 10^{19} \text{ մ}^{-3};$$

$$5-46. \sqrt{v^2}=500 \text{ մ/վ:}$$

$$5-47. \sqrt{v_1^2}/\sqrt{v_2^2}=2,65;$$

$$5-48. \sqrt{v_2^2}=5 \cdot 10^5 \text{ մ/վ:}$$

$$5-49. n = 4,2 \cdot 10^{24} \text{ մ}^{-3};$$

$$5-50. P=\rho V^2/3=5 \text{ կՊա:}$$

$$5-51. 1,44 \cdot 10^7 \text{ մ}^{-3} \text{ մ}^3 \text{ մ}^{-3};$$

$$5-52. m\sqrt{v^2}=\sqrt{3KTm}=6,3 \cdot 10^{-24} \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ:}$$

$$5-53. \sqrt{v^2}=230 \text{ մ/վ, } N=1,9 \cdot 10^{23}, \quad \rho=5,0 \text{ կգ/մ}^3;$$

$$5-54. \sqrt{v^2}=4,6 \text{ մմ/վ:}$$

$$5-55. \rho=0,74 \text{ կգ/մ}^3;$$

$$5-56. \sqrt{v^2}=1,9 \text{ կմ/վ, } \mu=0,002 \text{ կգ/մոլ:}$$

$$5-57. n = 1,88 \cdot 10^{25} \text{ կգ}^{-1};$$

$$5-58. Գազի ներքին էներգիան որոշվում է W = \frac{1}{2} \frac{m}{\mu} RT բանաձևով:$$

Երկատում գազի համար i=5, ընդ որում մոլեկուլների համբութաց շարժմանը բաժին է ընկնում i=3 և պոտուական շարժմանը i=2: Տեղադրելով բավային տվյալները, կստանանք  $W=3,7 \text{ կԶ, ընդ որում } W_{համ}=2,2 \text{ կԶ, } W_{պոլ}=1,5 \text{ կԶ:}$

$$5-59. W=210 \Omega:$$

$$5-60. W_{պոլ}=83 \text{ կԶ:}$$

$$5-61. W=750 \Omega:$$

$$5-62. m=2W/V^2=2,5 \text{ գ, } P=2W/3V=167 \text{ կ'Պա:}$$

$$5-63. T_1=2 \cdot 10^4 \text{ Կ, } T_2=900 \text{ Կ:}$$

$$5-64. W=imp/2\rho=50 \text{ կԶ:}$$

$$5-65. N=1,3 \cdot 10^{19}, \quad W=0,133 \Omega$$

$$5-66. C_v=650 \Omega/\text{կգ.Կ, } C_p=910 \Omega/\text{կգ.Կ:}$$

$$5-67. \text{ա) } C_p=800 \Omega/\text{կգ.Կ, \beta) } C_p=1025 \Omega/\text{կգ.Կ, \gamma) } C_p=970 \Omega/\text{կգ.Կ:}$$

$$\eta) C_p=1040 \Omega/\text{կգ.Կ, \delta) } C_p=103 \Omega/\text{կգ.Կ:}$$

$$5-68. C_p/C_v=1,4:$$

$$5-69. \mu=0,002 \text{ կգ/մոլ:}$$

5-70.  $C_v = 650 \Omega/\text{կգ.Կ}, C_p = 910 \Omega/\text{կգ.Կ}$ :

5-71.  $C_v = 693 \Omega/\text{կգ.Կ}, C_p = 970 \Omega/\text{կգ.Կ}$ :

5-72.  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$  հավասարությունից երևում է, որ  $\nu=3$  մոլ բանակությամբ երկատոմ գազից ունեցիչայից հետո ստացվում է  $\nu'=2$  մոլ բանակությամբ եռատոմ գազ: Դրա համար էլ մինչև այրվելը  $C_v = 3.5R/2$  և  $C_p = 3.7R/2$ , այրությամբ  $C_v = 3.6R/2$  և  $C_p = 3.8R/2$ , որը տախի է ա)  $C_v/C_v' = 1.25$ , բ)  $C_p/C_p' = 1.31$ :

5-73.  $\nu=2\alpha m/\mu$  քանակությամբ ատոմական թթվածնի և  $\nu'=(1-\alpha)m/\mu$  քանակությամբ մոլեկուլային թթվածնի  $P=\text{const}$  պայմաններում տաքացման համար անհրաժեշտ ջերմության քանակը:

$$Q = 2\alpha m/\mu C_p \Delta t + (1-\alpha) m/\mu C_p' \Delta t = m/\mu C_p \Delta t, \quad (1)$$

որտեղ  $C_p$ -ն և  $C_p'$ -ն ատոմական և մոլեկուլային թթվածնի մոլային ջերմունակություններն են,  $C_p$ -ն խառնուրդի մոլային ջերմունակությունն է: Այստեղից կատարած  $2\alpha C_p + (1-\alpha) C_p' = C_p$ , այսինքն

$$\alpha = (C_p - C_p')/(2C_p - C_p'): \quad (2)$$

Այստեղ  $C_p = c_p \cdot \mu = 1.05 \text{ կգ}/\text{կգ.Կ} \cdot 0.032 \text{ կգ}/\text{մոլ} = 33.6 \Omega/\text{մոլ.Կ}, C_p' = 20.8 \Omega/\text{մոլ.Կ}, C_p' = 29.1 \Omega/\text{մոլ.Կ}$ : Տեղադրելով այդ տվյալները (2)-ի մեջ, կստանանք  $\alpha=0.36$ :

5-74.  $C_v = 90 \Omega/\text{կգ.Կ}, C_p = 139 \Omega/\text{կգ.Կ}$ :

5-75.  $\alpha = 0.23$ :

5-76.  $C_p = 685 \Omega/\text{կգ.Կ}$ :

5-77.  $C_p/C_v = 1.59$ :

5-78.  $m=60 \text{ կգ}$ :

5-79. Գազի կողման ստացված ջերմության քանակը  $Q=m/\mu C_p(T_2 - T_1)$ , որտեղ  $C_p=29.1 \Omega/\text{մոլ.Կ}$ -ը թթվածնի մոլային ջերմունակությունն է:  $T_2$  ջերմաստիճանը գտնում ենք գազի վիճակի հավասարություն՝ տաքացմանց առաջ և հետո:

$$PV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1, \quad PV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2, \quad \text{որտեղից} \quad T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} :$$

Բայց  $V_1 = m RT_1 / \mu P$  և, հետևաբար,

$$T_2 = \mu V_2 P / m R = 1156 \text{ Կ}$$

Այսպիսով,  $T_2 - T_1 = 873 \text{ Կ}$

$$Q = m/\mu C_p(T_2 - T_1) = 7.9 \text{ կգ}$$

Գազի էներգիան նախքան տաքացնելը կարելի է որոշել

$$W_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = 1.8 \text{ կԶ}$$

Քանականությունը, որտեղ  $i=5$ , քանի որ թթվածինը երկատոմ գազ է:

### Տաքացնելուց հետո գազի էներգիան

$$W_2 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_2 = 7.6 \text{ կԶ}$$

5-80.  $Q=4.15 \text{ կԶ}$ :

5-81. ա) Եթե  $P=\text{const}$ , ունենք  $Q=mC_p \Delta T/\mu$ : Բայց  $PV_1 = m RT_1/\mu$  և  $PV_2 = m RT_2/\mu$ , որտեղից

$$P \wedge V = \frac{m}{\mu} R \wedge T, \quad \text{կամ} \quad \frac{m}{\mu} \wedge T = \frac{P \wedge V}{R}$$

Ջետևաբար  $Q=C_p P \wedge V / R = 700 \Omega$ :

բ) Եթե  $V=\text{const}$ , ունենք  $Q=(m/\mu)C_v \Delta T$ : Բայց  $P_1 V = m RT_1/\mu$  և  $P_2 V = m RT_2/\mu$ , որտեղից

$$V \wedge P = \frac{m}{\mu} R \wedge T, \quad \text{կամ} \quad \frac{m}{\mu} \wedge T = \frac{V \wedge P}{R} :$$

Ջետևաբար  $Q=C_v V \wedge P / R = 500 \Omega$ :

5-82.  $T_2 = 1500 \text{ Կ}, V=12.4 \text{ լ}, Q=12.4 \text{ կԶ}$ :

5-83.  $Q=545 \text{ կԶ}$ :

5-84.  $Q=m C_x \Delta T/\mu$ , այստեղից  $C_x = \mu Q / m \Delta T = 20.82 \Omega / \text{մոլ.Կ}$ : Բանի որ թթվածինը երկատոմ զազ է, ապա  $C_x$ -ի ստացված արժեքը սառում է այն նաև, որ տաքացումը տեղի է ունեցել համատառ ժամանակում:

5-85. Օդին հաղորդվելիք ջերմության քանակը

$$Q=m/\mu C_v \Delta T: \quad (1)$$

$\wedge T$ -ն գտնելու համար գրենք գազի վիճակի հավասարությը տաքացնելուց առաջ և հետո:

$$P_1 V = \frac{m}{\mu} RT_1, \quad P_2 V = \frac{m}{\mu} RT_2, \quad \text{այստեղից} \quad V \wedge P = \frac{m}{\mu} R \wedge T,$$

կամ

$$\wedge T = \frac{\mu V \wedge P}{m R} : \quad (2)$$

$$Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք  $Q = C_v \frac{V \wedge P}{R} = \frac{i}{2} V \wedge P = 10 \text{ կԶ}$ :$$

5-86.  $m=3.7 \text{ գ}, W_0=3.3 \cdot 10^{-21} \Omega$ :

5-87.  $Q = C_v V \wedge T / \mu = 208 \Omega$ :

5-88.  $T_2=2500 \text{ Կ}, Q = C_v V \wedge P / R = 16.5 \text{ կԶ}$ :

5-89.  $i=6$ :

5-90.  $Q=6.25 \text{ կԶ}, T_2=4T_1, P_2=4P_1$ :

$$5-91. Q=102 \text{ A}, \sqrt{v^2}=1,57 \text{ կմ/վ}, P_2=133 \text{ կՎա}, r_1=r_2=0,164 \text{ կգ/մ}^3, W=400 \text{ Զ:}$$

$$5-92. Q=155 \text{ Զ:}$$

$$5-93. \bar{v}=579 \text{ մ/վ}, \sqrt{v^2}=628 \text{ մ/վ}, V_h=513 \text{ մ/վ:}$$

$$5-94. T=83 \text{ Կ:}$$

5-95. Մոլեկուլների բաշխումը ըստ արագությունների տրվում է

$$\Delta N/\Delta v = 4/\sqrt{\pi} e^{-v^2/2\Delta U} \quad (1)$$

բանաձևով, որտեղ  $U=0$  հարաբերական արագությունն է: Մեր դեպքում  $V=100 \text{ մ/վ}$  և  $\Delta V=10 \text{ մ/վ:}$  Ամենահավանական արագությունը՝  $V_h=\sqrt{2RT}/\mu=376 \text{ մ/վ:}$  Եթեաբար  $U=V/V_h=100/376, U^2=0,071, e^{-U}=0,93$  և  $\Delta U=10/376:$  Այդ դեպքում (1) բանաձեռ տալիս է

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot 0,93 \cdot 0,071 \cdot 10/376 = 0,004 = 0,4\%:$$

Այսիսով, այն մոլեկուլների թիվը, որոնց արագություններն ընկած են նշված միջակայքում, հավասար է նոյեկուլների ընդհանուր թիվ  $0,4\%$ -ին: Այդ խնդրի լուծման համար կարելի է օգտվել նաև  $\Delta N/N \Delta U = f(U)$  գրաֆիկից կառուցված ըստ էջ 63-ի աղ. 10-ի տվյալների (Ակ. 83): Մեզ նույն էլ է 0,27: Այդ Ս արժեքի համար գրաֆիկից գտնում ենք  $\Delta N/N \Delta U \approx 0,16 \cdot 0,027 = 0,004 = 0,4\%:$

$$5-96. \Delta N/N = 2,8\%:$$

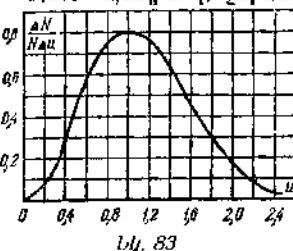
$$5-97. \Delta N/N = 4,5\%:$$

5-98.  $\Delta N_1/\Delta N_2 = 1,1$  ցանկացած գազի համար ցանկացած ջերմաստիճանում:

5-99. ա)  $V_h=487 \text{ մ/վ}$  և  $\Delta N/N = 3,4\%,$  բ)  $V_h=731 \text{ մ/վ}$  և  $\Delta N/N = 2,2\%:$  Այսիսով, ջերմաստիճանի բարձրացնան դեպքում բաշխման

կորի մաքսիմումը տեղափոխվում է դեպի աջ և առավելացնում նետությունը նվազում է:

5-100. Քանի որ նշված խնդրում արագությունների միջակայքը նեծ է, ապա չի կարելի օգտվել Մաքսվելի բանաձևից: Այդ խնդրի լուծման համար պարզում ենք այսպես: Գտնում ենք մոլեկուլների այն  $N_1$  և  $N_2$  թվերը, որոնց արագությունները համապատասխանաբար նեծ են  $V_1$ -ից և  $V_2$ -ից: Այդ դեպքում մոլեկուլների որոնելի թիվը  $N_x = N_1 - N_2, N_1$  և  $N_2$  թվերը գտնելու համար օգտվում ենք  $N_x/N = f(U)$  գրաֆիկից, որը կառուցված է ըստ էջ 63-ի աղ. 11-ի տվյալների (Ակ. 84): Մեզ նույն  $V_h=\sqrt{2RT}/\mu=500 \text{ մ/վ:}$  Եթեաբար  $U_1=300/500=0,6$  և  $U_2=800/500=1,6:$  Գրաֆիկից  $U$ -ի այդ արժեքների համար



Ակ. 83

տալիս է նշված համապատասխանաբար նշենի թիվը  $N_x = N_1 - N_2, N_1$  և  $N_2$  թվերը գտնելու համար օգտվում ենք  $N_x/N = f(U)$  գրաֆիկից, որը կառուցված է ըստ էջ 63-ի աղ. 11-ի տվյալների (Ակ. 84): Մեզ նույն  $V_h=\sqrt{2RT}/\mu=500 \text{ մ/վ:}$  Եթեաբար  $U_1=300/500=0,6$  և  $U_2=800/500=1,6:$  Գրաֆիկից  $U$ -ի այդ արժեքների համար

համապատասխանաբար գտնում ենք  $N_1/N = 0,87 = 87\%$  և  $N_2/N = 0,17 = 17\%:$  Ստացված տվյալները նշանակում են, որ բոլոր մոլեկուլները շարժվում են  $300 \text{ մ/վ}$  արագությունից մեծ արագություններով, և միայն մոլեկուլների  $17\% -ը$  ունեն  $800 \text{ մ/վ:}$  Այդ մոլեկուլների հարաբերական թիվը, որոնց արագություններն ընկած են մինչև  $800 \text{ մ/վ}$  արագությունների միջակայքում, հավասար է  $N_x/N = 87\% - 17\% = 70\%:$

5-101. ա)  $N_1/N = 57\%,$  բ)  $N_2/N = 43\%:$  Այստեղից երևում է, որ մոլեկուլների ըստ արագությունների բաշխման կորը սիմետրիկ չէ:

$$5-102. N_x = 1,9 \cdot 10^{22}:$$

5-103. Որպեսզի մոլեկուլը ունենա

$W_0$ -ին հավասար համընթաց շարժման կինետիկ էներգիա, այն պետք է օժտված լինի  $V_0$  արագությամբ, որը բավարարում է  $T_0 V_0^2/2=W_0$  հավասարմանը, այստեղից  $V_0=\sqrt{2W_0/\mu_0}:$  Բամբ որ ամենահավանական արագությունը  $U=V_0/V_h=\sqrt{W_0/KT}=1,73:$  Օգտվելով Ակ. 84-ի գրաֆիկից գտնում ենք մոլեկուլների այն հարաբերական  $N_x/N$  թիվը, որոնց հարաբերական արագությունը նեծ է  $U=1,73:$  Իցից գրաֆիկը մոլեկուլների  $12\%-ը$  տվյալ չերածատիճանում ունեն  $W_0$  էներգիային գերազանցող կինետիկ էներգիա: Անորում թվածին մոլեկուլների ընդհանուր թիվը  $N=m/\mu N_A=1,5 \cdot 10^{23}:$  Դեռևսաբար, մոլեկուլների որոնելի թիվը  $N_x=0,12N=1,8 \cdot 10^{22}:$

5-104.  $T_0=7730 \text{ Կ:}$  Ըստ պայմանի  $N_x/N = 0,5:$  Ակ. 84-ի գրաֆիկը տալիս է, որ  $N_x/N = 0,5$  արժեքին համապատասխանում է  $U=1,1$  արժեքը: Բայց  $U=\sqrt{W_0/KT}$  (տես 5-103-ի լուծումը), այստեղից  $T=W_0/KU^2=9600 \text{ Կ:}$

$$5-105. T=1,57 \cdot 10^4 \text{ Կ:}$$

5-106. Գազի  $P$  ճնշումը, կախված ի բարձրությունից, նվազում է ըստ  $P=P_0 \exp(-\mu gh/RT)$  օրենքի: Տվյալ խնդրի պայմաններում  $P=67,2 \text{ կՊա:}$

$$5-107. h=2,3 \text{ կմ:}$$

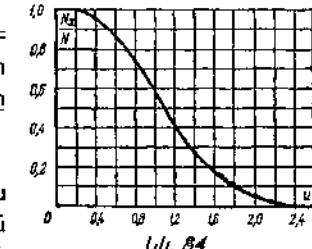
$$5-108. P_1=35,8 \text{ կՊա, } P_2=72,5 \text{ կՊա, } \Delta P=36,3 \text{ կՊա:}$$

$$5-109. 1,7 \text{ ամգամ:}$$

$$5-110. \text{ա) } \rho=1,28 \text{ կգ/մ}^3, \text{ բ) } \rho=0,78 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$5-111. \text{ա) } h=5,5 \text{ կմ, բ) } h=80 \text{ կմ:}$$

$$5-112. \text{Ունենք ճնշաչափական (բարոմետրիկ) բանաձեռ:}$$



$$P = P_0 \exp(-\mu gh/RT). \quad (1)$$

Կանոնադրության (ճամփակմերի թիվը նիավոր ծավալում)  $n = P/RT$ ,  
որտեղից

$$P = nKT. \quad (2)$$

(2) ը տեղադրելով (1)-ի մեջ,  $h_1$  և  $h_2$  բարձրությունների համար համապատասխանաբար կստանանք.

$$n_1 = n_0 \exp(-\mu gh_1/RT), \quad n_2 = n_0 \exp(-\mu gh_2/RT).$$

որտեղից

$$\frac{n_1}{n_2} = \exp\left(-\frac{\mu g (h_1 - h_2)}{RT}\right) = \exp\left(\frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT}\right),$$

կամ

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu g (h_2 - h_1)}{RT} \quad (3)$$

Քանի որ ճամփակի զանգվածը՝  $m = \mu/N_A$ , ապա (3) բանաձեռ կարելի է գրել այսպես.

$$\ln \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_A m g (h_2 - h_1)}{RT},$$

որտեղից, հաշվի առնելով Արքիմեդի օրենքի համար ուղղունքը, կստանանք

$$N_A = \frac{RT \ln (n_1/n_2)}{gV (\rho - \rho_0) (h_2 - h_1)} = 6.1 \cdot 10^{23} \text{ մոլ}^{-1},$$

որտեղ  $\rho$ -ն դեղնախեժի խոռությունն է,  $\rho_0$ -ն՝ հեղուկի խոռությունը:

$$5-113. \bar{\lambda} = 850 \text{ մկմ:}$$

$$5-114. \bar{\lambda} = 50 \text{ կմ:}$$

$$5-115. \bar{\lambda} = 93 \text{ նմ:}$$

$$5-116. \bar{z} = 4.9 \cdot 10^5 \text{ վ}^{-1}: \quad (1)$$

$$5-117. \bar{z} = 2.47 \cdot 10^9 \text{ վ}^{-1}: \quad (2)$$

$$5-118. Z = 3 \cdot 10^{31}: \quad (3)$$

$$5-119. 2.3 \text{ անգամ:}$$

$$5-120. \bar{\lambda} = 1 \text{ մկմ:}$$

$$5-121. \bar{\lambda} = \mu / (\sqrt{2\pi\sigma^2 N_A} \rho) = 1.8 \text{ մկմ:}$$

$$5-122. \bar{\lambda} = 14.2 \text{ մմ:}$$

5-123. Նիավոր ժամանակում թթվածնի մոլեկուլների բախտաների միջին թիվը՝  $\bar{z} = \bar{v}/\bar{\lambda}$ , որտեղ  $\bar{v} = \sqrt{8RT/\pi\mu}$  և  $\bar{\lambda}_2 = \bar{\lambda}_1 P_1/P_2$ , որտեղ  $P_1/P_2 = 100$ :

Այսպիսով՝

$$\bar{z} = \sqrt{\frac{8RT/\pi\mu}{\bar{\lambda}_1 P_1/P_2}} = 4.5 \cdot 10^7 \text{ վ}^{-1}.$$

$$5-124. \bar{z} = 9.6 \cdot 10^9 \text{ վ}^{-1}: \quad (1)$$

$$5-125. \bar{\lambda} = 23 \text{ նմ:}$$

$$5-126. \sigma = \sqrt{\mu} / \sqrt{2N_A \pi \bar{\lambda} \bar{P}} = 0.35 \text{ նմ:}$$

$$5-127. \bar{\tau} = 1.6 \cdot 10^{-7} \text{ վ:}$$

$$5-128. \rho = 1.6 \cdot 10^{-9} \text{ կգ / մ}^3, \quad n = 3.3 \cdot 10^{16} \text{ մ}^{-3}, \quad \bar{\lambda} = 76.0 \text{ նմ:}$$

5-129. Որպեսզի մոլեկուլները իրար չըախավեն, ազատ վազքի միջին երկարությունը պետք է լինի ոչ պակաս, քան անորի տրամագիծը, այսինքն  $\bar{\lambda} \geq 1/\sqrt{2\pi\sigma^2 n}$ , այսուղից՝  $n \leq 1/\sqrt{2\pi\sigma^2 D} = 1.7 \cdot 10^{19} \text{ մ}^{-3}$ .

$$5-130. \text{ա) } P = 931 \text{ մՊա, բ) } P = 93.1 \text{ մՊա, գ) } P = 9.31 \text{ մՊա:}$$

$$5-131. P \leq 399 \text{ մՊա:}$$

$$5-132. \rho \leq 9.4 \cdot 10^{-7} \text{ կգ / մ}^3:$$

$$5-133. \bar{z} = \frac{\sqrt{v^2}}{\bar{\lambda}} = \sqrt{\frac{8}{3\pi}} = 9.2 \cdot 10^7 \text{ վ}^{-1}:$$

$$5-134. D = 9.1 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^2/\text{վ:}$$

$$5-135. D = 8.4 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^2/\text{վ:}$$

$$5-136. D = \frac{1}{3} V \bar{\lambda} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \cdot \frac{KT}{\sqrt{2\pi\sigma^2 \rho}} :$$

Եթե  $P = \text{const}$ , կունենանք  $D = AT^{3/2}$ , որտեղ  $A$ -ն ինչ-որ հաստատում է: Նկ. 85-ում տրված է դիֆլուզիայի  $D$  գործակցի Տ ջերմաստիճանից ունեցած կախման բնույթը, եթե  $P = \text{const}$ :

$$5-137. m = 2 \text{ մգ:}$$

$$5-138. P = 39.9 \text{ կՊա:}$$

$$5-139. \bar{\lambda} = 184 \text{ նմ:}$$

$$5-140. \eta = 17.8 \text{ մկՊա.վ:}$$

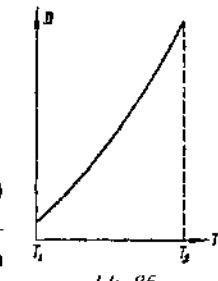
$$5-141. \text{Ունենք}$$

$$\eta = \bar{V} \bar{\lambda} / 3,$$

որտեղ  $\bar{V} = \sqrt{8RT/\pi\mu}$  մոլեկուլների միջին թվաքանակը արգությունն է,  $\bar{\lambda} = kT\sqrt{2\pi\sigma^2\rho}$ -ն ազատ վազքի միջին երկարությունն է և  $\rho = P\mu/RT$ -ն գազի խոռությունը: Տեղադրելով այդ մեծությունները (1)-ի մեջ, կստանանք

$\eta = 2k/3\pi\sigma^2\sqrt{\mu T/R\pi}$ , որտեղից  $\sigma^2 = 2k/3\pi\eta\sqrt{\mu T/R\pi} = 9 \cdot 10^{-20} \text{ մ}^2$ , այսինքն  $\sigma = 0.3 \text{ նմ:}$

5-142.  $\eta = \bar{V} \bar{\lambda} / 3$ : Տեղադրելով  $\bar{V}$ -ի,  $\bar{\lambda}$ -ի և  $\rho$ -ի արժեքները,



Նկ. 85

կրտսեամբ  $\eta = A\sqrt{T}$ , որտեղ  $A$ -ն ինչ-որ հաստատում է: Նկ. 86-ում տրված է ու նաժուցիկության  $T$  շերմաստիճանից ունեցած կախման բնույթը:

$$5-143. D = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Վ}, \eta = 18,5 \text{ մկՊա.Վ:}$$

5-144. 1,07 անգամ:

$$5-145. n = N_A \eta / \mu D = 1,8 \cdot 10^{25} \text{ մ}^{-3}$$

$$5-146. \rho = 1,6 \text{ կգ}/\text{մ}^3, \lambda = 83,5 \text{ նմ}, V = 440 \text{ Ծ}/\text{Վ:}$$

$$5-147. V = 2,72 \text{ Ծ}/\text{Վ:}$$

$$5-148. F_s = 45 \text{ Ծ} \cdot \text{մ}^2:$$

$$5-149. \eta = F(R-r)/(4\pi^2 n h R r) = 18 \text{ մկՊա.Վ:}$$

$$5-150. K = 90 \text{ մՎտ}/(\text{մ.Կ:})$$

$$5-151. K = 13,2 \text{ մՎտ}/(\text{մ.Կ:})$$

5-152.  $K = V \lambda C_v \rho / 3$ : Տեղադրելով  $V$ -ի,  $\lambda$ -ի և  $\rho$ -ի արժեքները, գտնում ենք  $K = A\sqrt{T}$ , որտեղ  $A$ -ն ինչ-որ հաստատում է: Նկ. 87-ում տրված է  $K$  շերմաստիճանից ունեցած կախման բնույթը:

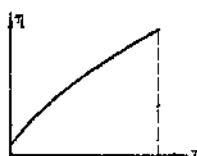
$$5-153. D = KV N_A / C_v N = 2 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^2/\text{Վ:}$$

$$5-154. \text{ա)} D_1/D_2 = 0,8, \text{ բ)} \eta_1/\eta_2 = 1,25, \text{ գ)} K_1/K_2 = 0,96:$$

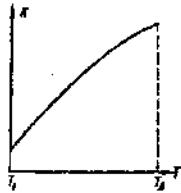
$$5-155. P = 1,26 \text{ Պա:}$$

5-156. Օյի շերմաստրդականությունը ճնշումից սկսում է կախում ունենալ, եթե  $\lambda = d$ , որտեղ  $d$ -ն շերմակայի (թերմոսի) պատերի միջև եղած հեռավորությունն է: Ունենք  $\lambda = KT/\sqrt{2\pi\sigma^2 P}$ , որտեղից, եթե  $\lambda = d$ , կտանամք  $P = KT/\sqrt{2\pi\sigma^2 d} = 980 \text{ մՊա: } K_1 = 13,1 \text{ մՎտ}/\text{մ.Կ: } \text{Եթե } P = 13,3 \text{ մՊա, ապա ազատ վազքի } \lambda \text{ միջին երկարությունը նե՞տ է շերմակայի պատերի միջև եղած ձ հեռավորությունից: Այդ դեպքում}$

$$K_2 = 1/3 \text{ մ} \bar{V} / C_v = \frac{1}{3} d \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \cdot \frac{P\mu}{RT} \cdot \frac{1R}{2\mu} = \frac{1}{6} \text{ մ} \bar{V} \sqrt{\frac{8R}{\pi\mu T}} = \\ = 17,8 \cdot 10^{-5} \text{ Վտ}/\text{մ.Կ:}$$



Ակ. 86



Ակ. 87

Ունենք  $Q = K \Delta T / \Delta X \Delta S \Delta t$ : Բայց  $\Delta S = 2\pi rh$ , որտեղ  $r = r_1 + r_2/2$ : Այդ դեպքում

$$Q = K \Delta T / \Delta X \cdot 2\pi rh \Delta t:$$

Տեղադրելով բվային արժեքները, կտանամք  $Q_1 = 188 \text{ Վ}$  և  $Q_2 = 2,55 \text{ Վ: } \text{Իրական կորուստները կոնվեկցիայի պատճառով ավելի մեծ կլինեն:}$

$$5-157. Q = 23,9 \text{ Վ:}$$

$$5-158. Q = 78 \text{ Վ:}$$

$$5-159. Q = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = 7,92 \text{ Վ, } \Delta W = \frac{i}{2} P \Delta V = 5,66 \text{ Վ, } A = P \Delta V = \\ = 2,26 \text{ Վ: Այսպիսով, ինչպես և սպասվում եր, շերմաստիճանիկայի առաջին օրենքի հիման վրա } Q = \Delta W + A:$$

$$5-160. A = 8,1 \text{ Վ, } \Delta W = 20,2 \text{ Վ, } Q = 28,3 \text{ Վ:}$$

$$5-161. \Delta W = 1 \text{ Վ:}$$

$$5-162. \Delta W = 2,5 \text{ ՍՎ, } A = 0,83 \text{ ՍՎ, } Q = 3,33 \text{ ՍՎ:}$$

$$5-163. A = 600 \text{ Վ:}$$

$$5-164. Q = A (i/2 + 1) = 550 \text{ Վ:}$$

$$5-165. \Delta T = 57 \text{ Կ:}$$

$$5-166. A = 13,2 \text{ Վ, } \Delta W = 39,6 \text{ Վ:}$$

$$5-167. Q = 3,32 \text{ ՍՎ, } \Delta W = 2,49 \text{ ՍՎ, } A = 0,83 \text{ ՍՎ:}$$

$$5-168. Q = 10,4 \text{ Վ, } \Delta h = 2,8 \text{ մՎ:}$$

$$5-169. Q = 360 \text{ Վ:}$$

$$5-170. A = 714 \text{ Վ:}$$

$$5-171. 2,72 \text{ անգամ:}$$

$$5-172. \sqrt{v^2} = 500 \text{ մ/Վ:}$$

$$5-173. A = 70 \text{ Վ, } Q = A = 70 \text{ Վ:}$$

$$5-174. A = 223 \text{ Վ:}$$

$$5-175. T_2 = 207 \text{ Կ:}$$

$$5-176. P_1 = 95 \text{ ԿՊա:}$$

$$5-177. T_2 = 865 \text{ Կ:}$$

$$5-178. i = 5:$$

$$5-179. t_2 = 123^{\circ}\text{C}, P_2 = 5,28 \text{ ՍՊա:}$$

$$5-180. T = 780 \text{ Կ:}$$

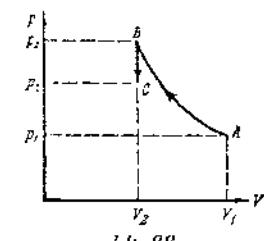
$$5-181. C_p / C_v = 1,4:$$

$$5-182. \text{Ակ. 88-ում պատկերված է պրո-} \text{ցեսի գրաֆիկը: } V_2 = 0,25 \text{ լ, } P_2 = 132 \text{ ԿՊա:}$$

$$5-183. C_p / C_v = 1,4:$$

$$5-184. \text{Այդաբան պրոցեսի դեպքում } \Delta W = -A, \Delta W =$$

$$= \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1): T_2 \text{ շերմաստիճանը կարելի է գտնել՝ օգտվելով}$$



Ակ. 88

Հավասարությունը՝ հավասարությունը՝ Կառարելով անհրաժեշտ հաշվումները. կիրանք՝  $W = -2,69 \text{ ԱԶ}$ ,  $A = -\lambda W = -2,69 \text{ ԱԶ}$ :

5-185. Աղիաբատ սեղման ժամանակ կատարված աշխատանքը՝

$$A_{\text{աղ}} = \frac{RT_1}{x-1} \frac{m}{\mu} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{x-1} \right],$$

որտեղ  $x=C_p/C_v$ : Իզոբրում սեղման ժամանակ աշխատանքը՝

$$A_{\text{իզ}} = RT \frac{m}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1}, \text{ այստեղից}$$

$$\frac{A_{\text{աղ}}}{A_{\text{իզ}}} = \frac{1 - (V_1/V_2)^{x-1}}{(x-1) \ln (V_2/V_1)} = 1,4;$$

Այսպիսով, իզոբրում սեղմելը շահավետ է:

5-186.  $\lambda T = 7 \text{ կ}$ :

5-187. 1,15 անգամ:

5-188. ա)  $P_2 = 510 \text{ կՊա}$ ,  $T_2 = 273 \text{ Կ}$ ,  $A = -1140 \text{ Զ}$ , բ)  $P_2 = 960 \text{ կՊա}$ ,  $T_2 = 520 \text{ Կ}$ ,  $A = -1590 \text{ Զ}$ :

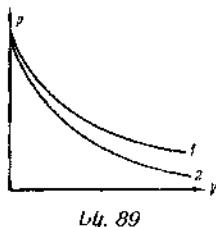
5-189. ա)  $T_2 = T_1 = 313 \text{ Կ}$ ,  $P_2 = 0,20 \text{ ՄՊա}$ ,  $A = -1,80 \text{ կԶ}$ , բ)  $T_2 = 413 \text{ Կ}$ ,  $P_2 = 0,26 \text{ ՄՊա}$ ,  $A = -2,08 \text{ կԶ}$ :

5-190. ա) 2 անգամ, բ) 1,64 անգամ:

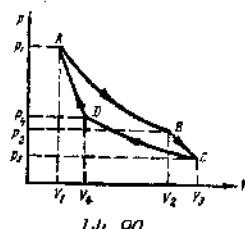
5-191. Սիւատոն գազը 1,2 անգամ ավելի է տաքանում:

5-192.  $V_2/V_1 = 1,33$ ,  $T_2 = 270 \text{ Կ}$ ,  $A = 23 \text{ կԶ}$ :

5-193. ա)  $P = A/V$ , բ)  $P = B/V^2$ , որտեղ  $x = C_p/C_v$ ,  $A$  և  $B$  նիշոր հաստատումներ են: Ակ. 89-ում պատկերված է գազի  $P$  ճնշման  $V$  ծավալից ունեցած կախման բնույթը իզոբրում (1 կորը) և աղիաբատ (2 կորը) ընդարձակման դեպքում:



Ակ. 89



Ակ. 90

5-194. ա)  $Q = 1,55 \text{ կԶ}$ ,  $A = 0,92 \text{ կԶ}$ ,  $\lambda W = 0,63 \text{ կԶ}$ , բ)  $Q = 1,88 \text{ կԶ}$ ,  $A = 1,25 \text{ կԶ}$ ,  $\lambda W = 0,63 \text{ կԶ}$ :

5-195. Կարբոնի ցիկլով աշխատող ջերմային մեքենան կառայում է

$A = Q_1 + Q_2 = Q_1$  աշխատանք, որտեղ  $Q_1$ -ը չեղաւցչից մեքենայի ստացված ջերմության քանուկն է,  $Q_2$ -ը սահմարդանին հաղորդված ջերմության քանակն է,  $\eta = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$  է: Ունենք  $\eta = T_1/T_2 = 0,25$ : Այդ դեպքում  $A = \eta Q_1 = 630 \text{ Զ}$ : Աղմուկան  $Q_2 = Q_1 - A = 1,88 \text{ կԶ}$ :

5-196.  $\eta = 18\%$ :

5-197.  $\eta = 26,8\%$ ,  $Q_1 = 274 \text{ կԶ}$ ,  $Q_2 = 200 \text{ կԶ}$ :

5-198.  $\eta = 20\%$ ,  $A = 1,26 \text{ կԶ}$ :

5-199. AB իզոբրում (Ակ. 90) հավասարություն ունի հետևյալ տեսքը.

$$PV = \frac{m}{\mu} RT_1; \quad (1)$$

Ա կետի կոորդինատները բավարարում են այդ հավասարմանը, այսինքն

$$\frac{m}{\mu} RT_1, \text{ որտեղից } \frac{m}{\mu} = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = 0,427 \text{ մոլ},$$

և այդ դեպքում (1)-ը բնութագրվում է հետևյալ տեսքը.

$$PV = 0,427 RT_1 = 1,42 \text{ կԶ}: \quad (2)$$

Յ կետի համար ունենք

$$P_2 = PV_2/V_1 = 284 \text{ կՊա}:$$

Քանի որ B և C կետերի կոորդինատները բավարարում են BC աղիա:

այնին, ապա  $P_2 V_2^x = P_3 V_3^x$ , ուղարկեց  $P_3 = P_2 (V_2/V_3)^x = 146 \text{ կՊա}$ :

CD իզոբրում ունի հետևյալ տեսքը.

$$PV = m/\mu RT = P_3 V_3 = 1,17 \text{ կԶ},$$

այստեղից  $T_2 = 330 \text{ Կ}$ : Քանի որ D և A կետերի կոորդինատները պետք է բավարարեն ԾԱ աղիաբատի հավասարմանը, ապա  $(V_4/V_1)^{x-1} = T_1/T_2$ , պատեղից  $V_4 = 3,22 \text{ լ}$  և  $P_4 = 365 \text{ կՊա}$ :

ա)  $V_1 = 2 \text{ լ}$ ,  $P_1 = 708 \text{ կՊա}$ ,  $V_2 = 5 \text{ լ}$ ,  $P_2 = 284 \text{ կՊա}$ ,  $V_3 = 8 \text{ լ}$ ,  $P_3 = 146 \text{ կՊա}$ ,  $V_4 = 3,22 \text{ լ}$ ,  $P_4 = 365 \text{ կՊա}$ :

բ) AB իզոբրում պրոցեսի ժամանակ աշխատանքը՝

$$A_1 = RT_1 \frac{m}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1} = 1300 \text{ Զ},$$

BC աղիաբատ պրոցեսի ժամանակ աշխատանքը՝

$$A_2 = \frac{RT_1}{x-1} \frac{m}{\mu} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{x-1} \right] = \frac{RT_1}{x-1} \frac{m}{\mu} \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = 620 \text{ Զ}:$$

Ըլ) խորերը պրոցեսի ժամանակ աշխատանքը

$$A_3 = \frac{m}{RT_2} \ln \frac{V_4}{V_3} = -1070 \Omega$$

DA աղիաբատ պրոցեսի ժամանակ աշխատանքը

$$A_4 = \frac{RT_2}{z-1} \frac{m}{\mu} \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = -620 \Omega$$

գ) Ամբողջ ցիկլի ժամանակ աշխատանքը  $A = \sum A_i = 230 \Omega$ :

դ) Ցիկլի O99-ն՝  $\eta = (T_1 - T_2)/T_1 = 0.175$ :

Ե) Զեռուցչից մեկ ցիկլի ընթացքում ստացված ջերմության քանակությունը՝

$$Q_1 = A/\eta = 1300 \Omega$$

զ) Սառնարանին մեկ ցիկլի ընթացքում տրված ջերմության քանակությունը՝

$$Q_2 = Q_1 - A = 1070 \Omega$$

5-200. 2,1 անգամ:

5-201. Դակառակ ցիկլի ժամանակ արտաքին ուժերը գագի վրա կատարում են A աշխատանք: Այս դեպքում սարը մարմնից խլված  $Q_2$  ջերմության քանակը, ծախսված A աշխատանքի հետ միասին, հավասար է ավելի տաք մարմնին հաղորդված,  $Q_1$  ջերմության քանակին: Այս դեպքում  $\eta = (T_1 - T_2)/T_1 = 0.093$ ,

$$Q_2 = Q_1 - A = \frac{A}{\eta} - A = \frac{1-\eta}{\eta} A = 360 \text{ կՋ}, \quad Q_1 = Q_2 + A = 397 \text{ կՋ};$$

Այսպիսով, սառնարանը յուրաքանչյուր ցիկլի ընթացքում ավելի տաք մարմնին կիաղորի 397 կՋ ջերմություն, որից 37 կՋ-ը մեխանիկական աշխատանքի հաշվին, իսկ 360 կՋ-ը՝ սարը մարմնից:

5-202.  $\eta_1, \eta_2$  և  $\eta_3$  գործակիցները իրար հետ կապված են  $\eta_1 = 1/(1-\eta_3)$ ,  $\eta_2 = 1-\eta_3/\eta_3$  առնչություններով: Խնդրի պայմաններում  $\eta_1 = 1.09$ ,  $\eta_2 = 1.10$ ,  $\eta_3 = 0.083$ :

5-203.  $m_2 = 4.94$  կգ:

5-204. Q ջերմության քանակի հաշվին կարելի է կատարել աշխատանք, որտեղ  $\eta$ -ն ջերմային մերենայի O99-ն է, ընդ որում  $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ : Սառնարանի կողմից բնակարանին կիաղորդվելով  $Q' = A/\eta$ , որտեղ  $\eta$ -ը սառնարանի O99-ն է, ընդ որում  $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ : Այդ դեպքում

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{\eta A}{\eta' A} = \frac{\eta}{\eta'} = \frac{(T_1 - T_2)/T_1}{(T_1 - T_2)/T_1} = 3,$$

այսինքն վառարանում փայտի այրումից բնակարանը ստանում է երեք անգամ ավելի քիչ ջերմության քանակ, քան սառնարանի միջոցով ջեռուցումից:

5-205. Նկ. 9-ից երևում է, որ

$$A = P_1(V_1 - V_0) + \frac{P_1 V_1}{z-1} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{z-1} \right] - P_0(V_2 - V_0) = 1.92 \text{ կՋ}:$$

5-206.  $\eta = 0.2$ ,  $\eta' = 0.3$ :

5-207. 104 ցիկլ:

5-208. Ունենք  $\eta = A/Q$ , որտեղ A-ն լրիվ աշխատանքն է ցիկլի ընթացքում, իսկ Q-ն՝ վառելանութիւն այրման ժամանակ անջատված ջերմության քանակը: Բանի որ  $A_{AB} = A_{BA}$  և  $A_{CD} = A_{EB} = 0$ , ապա

$$A = A_{BC} - A_{DE} = \frac{m}{\mu} \frac{R(T_0 - T_3)}{z-1} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{z-1} \right]:$$

Բայց  $R(z-1) = C_V$  և  $(V_1/V_2)^{z-1} = T_1/T_0 = T_2/T_3$ , ուստի

$$A = \frac{m}{\mu} C_V (T_0 - T_3) (1 - T_2/T_3):$$

Բանի որ  $Q = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$ , ապա

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{(T_0 - T_3)(1 - T_2/T_3)}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_3}{T_2} = 1 - \frac{T_3}{T_2} = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{z-1}} = 0.412 = 41.2\%: \quad T$$

5-209.  $P_2 = 930 \text{ կՊա}$ ,  $T_2 = 686 \text{ Կ}$ :

5-210.  $n = 1.3$ :

5-211. Ունենք  $V_1 - V_2 = Sh$ , որտեղ S-ը գլանի հաստութիւն մակերեսն է: Սյու կողմից՝  $(V_1/V_2)^{z-1} = P_2/P_1$ : Լուծելով այս երկու հավասարությունը  $V_2$  ի մկանմամբ և տեղադրելով թվային արժեքները, կատանանք  $V_2 = 176$  սմ<sup>3</sup>: Բանի որ  $T_1/T_2 = (P_1/P_2)^{z-1}/z$ , ապա  $T_2 = 680 \text{ Կ}$ :

$$A = \frac{P_1 V_1}{z-1} \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 243 \Omega, \quad \text{որտեղ } V_1 = Sh + V_2 = 1040 \text{ սմ}^3:$$

5-212. а)  $\eta = 36,7\%$ , б)  $\eta = 44,6\%$ , в)  $\eta = 49,6\%$ .

5-213. Խմանալով բենզինի ծախսը և նրա արժման տևականությունը քերմությունը, կգումանը փաստացի ՕԳԳ-ը,  $\eta_{\text{Ք}} = 0,216 \approx 22\%$ : Տեսաքառ օգգ-ը:

$$\eta = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{\alpha-1}} = 0,3 = 30\%:$$

Այսիսով, մեխանիզմի շարժական մասերում շփորչ պլաս և քրոհանուր առամձ բենզինի կորուսող կազմում է  $30\% - 22\% = 8\%$ :

5-214. Լրիվ ցիկլի ժամանակ կատարված աշխատանքը (նկ. 11):

$$A = Q_1 - Q_2, \quad (1)$$

որտեղ  $Q_1$ -ը վառելայուրի այրման ժամանակ անջատվութ շերմության քանակն է (CD տեղանառութ), իսկ  $Q_2$ -ը՝ միջավայրին տրվող շերմության քանակը (EB տեղանառութ): Բայց քանի որ CD տեղանառը իգրար է, ապա

$$Q_1 = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1), \quad (2)$$

որտեղ  $T_1$ -ը իգրար ընդարձակման սկզբուն ենած ջերմաստիճանն է,  $T_2$ -ը՝ վերջում ունեցած ջերմաստիճանը: Բանի որ ED տեղանառը իգրար է, ապա

$$Q_2 = \frac{m}{\mu} C_v (T_3 - T_0), \quad (3)$$

որտեղ  $T_3$ -ը իգրար արողանի սկզբուն ենած ջերմաստիճանն է,  $T_0$ -ն՝ վերջում ունեցած ջերմաստիճանը: Տեղադրելով (2)-ը և (3)-ը (1) բանաձևի մեջ, կունենանք

$$A = \frac{m}{\mu} C_v [x (T_2 - T_1) - (T_3 - T_0)], \quad (4)$$

որտեղ  $x$ -ը աղիաբատի ցուցիչն է, և այդ դեպքում ՕԳԳ-ը:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{1}{x} \frac{T_3 - T_0}{T_2 - T_1}. \quad (5)$$

(5) հավասարությ կարելի է ներկայացնել այլ տեսքով:  $T_0$ ,  $T_1$  և  $T_3$  ջերմաստիճանները կարելի ե արագակալու էլ ՏՀով: CD իգրարի համար  $T_2/T_1 = V_3/V_1 = \beta$  - իգրար ընդարձակման աստիճանն է, հետևաբար  $T_1 = T_2/\beta$ : DE աղիաբատի համար ունենք  $T_2/T_3 = (V_2/V_3)^{\alpha-1} = \delta^{\alpha-1}$ , որտեղ  $\delta$ -ն աղիաբատ ընդարձակնան աստիճանն է,  $\delta = T_2/T_1 = \beta^{\alpha-1}$ : BC աղիաբատի համար ունենք  $T_1/T_0 = (V_2/V_0)^{\alpha-1} = \varepsilon^{\alpha-1}$ , որտեղ  $\varepsilon$ -ը աղիաբատ սեղման աստիճանն է, հետևաբար  $T_0 = T_1/\varepsilon^{\alpha-1} = T_2/\beta\varepsilon^{\alpha-1}$ : Տեղադրելով  $T_0$ -ի,  $T_1$ -ի,  $T_3$ -ի ստացված պահեները (5)-ի մեջ և նկատի առնելով, որ  $\beta = \varepsilon/\delta$ , կունենանք

$$\eta = 1 - \frac{\beta^{\alpha-1}}{x \varepsilon^{\alpha-1} (\beta - 1)}:$$

5-215. Ունենք

$$\eta = A/Q = Pt/mg: \quad (1)$$

Մյուս կողմից՝

$$\eta = 1 - \frac{\beta^{\alpha-1}}{x \varepsilon^{\alpha-1} (\beta - 1)} \quad (2)$$

(տես 5-214-ի լուծումը): Սեղ մոտ  $\beta = \varepsilon/\delta = 16/6,4 = 2,5$ ,  $x = 1,3$ ,  $\beta^{\alpha-1} = 3,29$ ,  $\beta - 1 = 2,29$ ,  $\varepsilon^{\alpha-1} = 2,30$ ,  $\beta - 1 = 1,5$ : Այս տվյալները տեղադրելով (2) բանաձևի մեջ՝ կստանանք  $\eta = 0,49 = 49\%$ : Այդ դեպքում  $m = 5,9$  կգ:

5-216. Էնտրոպիայի փոփոխությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$S = S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T},$$

որտեղ  $S_A$ -ն և  $S_B$ -ն էնտրոպիաներն են առաջին և երկրորդ վիճակներում: Էնտրոպիայի ընդհանուր փոփոխությունը այս դեպքում ստացվում է որպես առանձին պրոցեսների ժամանակ նրա փոփոխությունների գումար:

որ զանգվածով սառույցը  $T$  ջերմաստիճանից մինչև  $T_0 = 273$  Կ ջերմաստիճան տաքացնելու դեպքում ունենք  $dQ = mC_v dT$ , որտեղ  $C_v = 2,1$  կԶ/կգ·Կ-ը սառույցի տեսակարար ջերմունակությունն է, և

$$\Delta S_1 = mC_v \ln(T_0/T):$$

$T_0$  ջերմաստիճանում որ զանգվածով սառույցի հայման ժամանակ ունենք  $f/dQ = m\lambda$ , որտեղ  $\lambda = 0,33$  ՍԶ/կգ·Կ-ը հայման տեսակարար ջերմությունն է, և

$$\Delta S_2 = m\lambda/T_0;$$

որ զանգվածով ջուրը  $T_0$  ջերմաստիճանից մինչև  $T_q$  տաքացնելու դեպքում ունենք

$$\Delta S_3 = mC \ln(T_q/T_0),$$

որտեղ  $C = 4,19$  կԶ/կգ·Կ-ը ջուրի տեսակարար ջերմունակությունն է:  $T_q$  ջերմաստիճանում որ զանգվածով ջուրի գոլորշիացման ժամանակ ունենք

$$\Delta S_4 = \frac{m\tau}{T_q},$$

որունը՝  $T = 220$  ԱՅ/կգ·ս գոլորշիացման տեսակարար ջերմությունն է: Էնտրոպիայի ընդհանուր փոփոխությունը

$$\Delta S = m \left( C_v \ln \frac{T_0}{T} + \frac{\lambda}{T_0} + C_p \ln \frac{T_0}{T_q} + \frac{r}{T_q} \right) = 88,2 \text{ Ջ/Կ:}$$

5-217.  $\Delta S = 7,4 \text{ Ջ/Կ:}$

5-218.  $\Delta S = 1230 \text{ Ջ/Կ:}$

5-219.  $\Delta S = 63 \text{ Ջ/Կ:}$

$$5-220. \text{Ունենք } \Delta S = \int_{1}^{2} \frac{dQ}{T} : \rho w_j g dQ = \frac{m}{\mu} C_v dT + P dV,$$

և բացի որամից,  $PV = \frac{m}{\mu} RT$ , այդ դեպքում

$$\Delta S = \int_{1}^{2} \frac{m}{\mu} C_v \frac{dT}{T} + \int_{1}^{2} \frac{m}{\mu} R \frac{dV}{V},$$

կամ

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = 5,4 \text{ Ջ/Կ:}$$

5-221. Նախորդ խնդրում մենք գտանք էնտրոպիան որպես  $T$  և  $V$  պարամետրերի ֆունկցիա: Այս խնդրում մեզանից պահանջվում է էնտրոպիան արտահայտել  $V$  և  $P$  պարամետրերով: Ունենք

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} : \quad (1)$$

Սենդելեա-Կապեյրոնի հավասարություն տալիս է

$$(T_2/T_1) \cdot (P_2 V_2 / P_1 V_1): \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ՝ կստանանք

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1} = -C_v \ln \frac{P_2}{P_1} + -C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = 71 \text{ Ջ/Կ:}$$

Սովորողմերին առաջարկվում է արտահայտել էնտրոպիան  $P$  և  $T$  պարմետրով և ստանալ հետևյալ բանաձևը.

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{m}{\mu} R \ln \frac{P_2}{P_1} :$$

5-222. Ունենք (տես 5-221-ի լուծումը)

$$\Delta S = -C_v \ln \frac{P_2}{P_1} + \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

իզոբար պրոցեսի ժամանակ  $P_1 = P_2$  և

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = 66,3 \text{ Ջ/Կ:}$$

5-223.  $\Delta S = 38,1 \text{ Ջ/Կ:}$

5-224. Ունենք (տես 5-221-ի լուծումը)

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{m}{\mu} R \ln \frac{P_2}{P_1},$$

իզոբերմ պրոցեսի ժամանակ  $T_1 = T_2$  և

$$\Delta S = -\frac{m}{\mu} R \ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{m}{\mu} R \ln \frac{P_1}{P_2} = 17,3 \text{ Ջ/Կ:}$$

5-225.  $\Delta S = 2,9 \text{ Ջ/Կ:}$

5-226. ա)  $\Delta S = 1,76 \text{ Ջ/Կ, } \beta) \Delta S = 2,46 \text{ Ջ/Կ:}$

5-227. ա)  $\Delta S = 8,5 \text{ կՋ/Կ, } \beta) \Delta S = 11,8 \text{ կՋ/Կ:}$

5-228. Տաքացում կատարվել է հաստատում ճնշման դեպքում:

5-229. Սովորողմերին առաջարկվում է համոգիչ, որ էնտրոպիայի

$\Delta S$  փոփոխությունը կախված չէ այն բանից, թե ինչ ճանապարհով է կատարվում գագի անցումը մի վիճակից մյուսին: Եթեու դեպքում է էնտրոպիայի փոփոխությունը կլինի  $\Delta S = 5,45 \text{ Ջ/Կ:}$

5-230.  $\Delta S = 500 \text{ Ջ/Կ:}$

5-231.  $Q = 420 \text{ կՋ:}$

## § 6. ԻՐԱԿԱՆ ԳԱԶԵՐ

6-1. Յ մեծությունը արտահայտվում է Պա.մ<sup>6</sup>/մոլ<sup>2</sup>-ով, և մեծությունը՝ մ<sup>3</sup>/մոլ-ով:

6-2.

Նյութ	a. Պա.մ <sup>6</sup> /մոլ <sup>2</sup>	b. մ <sup>3</sup> /մոլ
Ջրային գոլորշի	0,556	3,06
Ածխաբրու գազ	0,364	4,26
Թթվածին	0,136	3,16
Արգոն	0,136	3,22
Ազոտ	0,136	3,85
Ջրածին	0,0244	2,63
Հելիում	0,00343	2,43

6-3. ա) Լուծելով Սենդելեն-Կլապեյրոնի հավասարումը ջերմաստիճանի նկատմամբ՝ կգտնենք

$$T = \frac{\mu PV}{mR} = 280 \text{ Կ:}$$

բ) Լուծելով Վան-դեր-Վալսի հավասարումը ջերմաստիճանի նկատմամբ, կգտնենք

$$T = \frac{\mu}{mR} \left( P + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} \right) \left( V - \frac{m}{\mu} b \right) = 280 \text{ Կ:}$$

Մյուսիսով, ցածր ճնշումների ժամանակ գազը՝ իրեն, պահում է ինչպես իդեալական գազ: Բարձր ճնշումների դեպքում գազի պարամետրերը արդեն չեն ենթարկվում Սենդելեն-Կլապեյրոնի հավասարմանը: (տես 6-4 խնդիրը):

6-4. ա) T=281 Կ, բ) T=289 Կ:

6-5. ա) T=482 Կ, բ) T=204 Կ:

6-6. ա) P<sub>1</sub>=2,87 ՄՊա, P<sub>2</sub>=273 ՄՊա, բ) P<sub>1</sub>=3,09 ՄՊա, P<sub>2</sub>=61,8 ՄՊա: Ստացված արդյունքների համեմատումից կարելի է նկատել, որ ոչ մեծ ճնշումների դեպքում իրական գազերն առավել սեղմելի են, քան իդեալականները (ճնշելու միջև եղած ծգողության ուժերի ազդեցությունը). Մեծ ճնշումների դեպքում իրական գազերը պակաս սեղմելի են, քան իդեալականները (ճնշելու մեջմական ծավալների ազդեցությունը):

6-7. T<sub>2</sub>/T<sub>1</sub>=(2P+P<sub>j</sub>)/(P+P<sub>j</sub>)=1,85, որտեղ P<sub>j</sub>=առ<sup>2</sup>/V<sup>2</sup>: Եթե գազը ենթարկվեր Սենդելեն-Կլապեյրոնի հավասարմանը, ապա կլիներ T<sub>2</sub>/T<sub>1</sub>=2:

6-8. Ներկեր-համար յանաձևով ծավալը գտնելու համար պահանջվում է լուծել երրորդ աստիճանի հավասարումը: Այդ հավասարման երեք արմատներից մեկը, որը համապատասխանում է նյութի գազանման վիճակին, կարելի է գտնել աստիճանական մոտեցման եղանակով: Վան-դեր-Վալսի հավասարումից թթվածնի ցանկացած ս=π/μ քանակի համար ունենք

$$V = \frac{vRT}{P + v^2 a/V^2} + vb = \frac{vRT}{P + Pv_1} + vb: \quad (1)$$

Որպես առաջին մոտավորություն վերցնում ենք V=V<sub>1</sub>, այն ժամանակ, որը ստացվում է Սենդելեն-Կլապեյրոնի հավասարումից:

$$V_1 = vRT/P = 0,24 \text{ մ}^3:$$

$$\text{Այդ դեպքում } P_1 = \frac{v^2 a}{V_1^2} = \frac{10^6 \cdot 0,136}{(0,24)^2} = 2,4 \text{ ՄՊա:}$$

Տեղադրելով P<sub>1</sub>-ն (1)-ի մեջ կստանանք երրորդ մոտավորությունը.

$$V_2 = \left( \frac{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300}{1,24 \cdot 10^7} + 10^3 \cdot 3,16 \cdot 10^{-5} \right) \text{ մ}^3 = 0,232 \text{ մ}^3:$$

$$\text{Այդ դեպքում } P_2 = \frac{v^2 a}{V_2^2} = \frac{10^6 \cdot 0,136}{(0,232)^2} = 2,53 \text{ ՄՊա,}$$

$$V_3 = \left( \frac{10^3 \cdot 8,31 \cdot 300}{1,253 \cdot 10^7} + 10^3 \cdot 3,16 \cdot 10^{-5} \right) \text{ մ}^3 = 0,231 \text{ մ}^3:$$

Նման ձևով գազերով կարելի է ստանալ չորրորդ և այլ մոտավորություններ: Դժվար չէ համոզվել, որ արդեն չորրորդ մոտավորությունը գործնականում համընկնում է երրորդի հետ: Այսիսով, որոնելի ծավալը՝ V=231 լ:

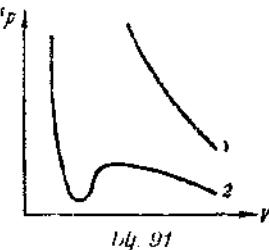
6-9. V=0,49 մ<sup>3</sup> (տես 6-8-ի լուծումը):

6-10. Վան-դեր-Վալսի հավասարման մեջ նշողոյ և հաստատունը մոտավորապես հավասար է նույնական սեփական ծավալի քառապատիկին: Մյուս կողմից, b=T<sub>l</sub>R/8P<sub>k</sub> Այստեղից մեկ նոյնական ծավալը

$$V = \frac{T_l R}{32 N_A P_k} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi \sigma^3:$$

Նկատի առնելով, որ R/N<sub>A</sub>=K-ն Բոլցմանի հաստատունն է, կստանանք σ =  $\sqrt[3]{3KT_l/16\pi P_k} = 294$  պմ: Այս արժեքը չափ համընկնում է ուրիշ եղանակներով ստացված սարմերի հետ (տես 5-141-ի լուծումը):

6-11. ա) σ=297 պմ, բ) σ=313 պմ: Այսպիսով, երկու տոքրերի մեթոդներով ստացված արդյունքները բավականին լավ համընկնուն են:



6-12.  $\bar{\lambda}=79$  մն:

6-13.  $D=3.5 \cdot 10^{-5} \text{ д}^2/\text{վ}$ :

6-14. Նկ. 91-ում տրված է  $P=f(V)$  գրաֆիկը. որը կառուցված է  $v=1$  կմոլ ածխարթ գազի համար  $T=0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում:

1 կորդ համապատասխանում է իդեալական գազի, 2 կորդ՝ իրական գազի հավասարմանը:

6-15.  $P_i = 27 T_k^2 P^2 / 64 P_k T^2 = 1.31$  կՊա:

$$6-16. \frac{m}{\mu} (V - b) = \frac{m}{RT}, \quad X = \frac{(v - v')}{v'} = \frac{Pb}{RT} = 33\%.$$

որտեղ  $v$ -ն և  $v'$ -ը շրամնի քանակություններն են՝ մոլեկուլի սեփական ծավալի անտեսումով և առանց անտեսման:

6-17.  $P_i/P = 4.95\%$ ,  $V_i/V = 0.86\%$ :

6-18. Սոլեկումների փոխադրեցուրբան ուժերի դեմ կառարված աշխատանքը

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P_i dV, \quad \text{որտեղ } P_i = m^2 a / \mu^2 V^2.$$

Այսպիսով,

$$A = \frac{m^2 a}{\mu^2} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} = \frac{m^2 a}{\mu^2} \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = \frac{m^2 a (V_2 - V_1)}{\mu^2 V_1 V_2},$$

որտեղից

$$a = \frac{A \mu^2 V_1 V_2}{m^2 (V_2 - V_1)} = \frac{A V_1 V_2}{v^2 (V_2 - V_1)} = 0.136 \text{ Պա.մ}^6/\text{մոլ}^2.$$

6-19.  $\Delta T = a(v(V_2 - V_1))^2 / V_1 V_2$  և  $R=2.33$  Կ, որտեղ  $i$ -ն գազի մոլեկուլի ազատության աստիճանների թիվն է,  $v$ -ն ազուրի քանակը:

6-20.  $a=0.364$  Պա.մ<sup>6</sup>/մոլ<sup>2</sup>:

6-21. Քանի որ  $t_1=310^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանը ածխասթրու գազի կրիտիկական ջերմաստիճանն է, ապա անհրաժեշտ ճնշումը  $P=P_k=7.38$  ՄՊա: Քանի որ  $t_2=50^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանը մեծ է կրիտիկականից, ապա ոչ մի ճնշման տակ ածխարթու գազը այդ ջերմաստիճանուն չի կարելի փոխարկել հեղուկ ածխարթի: Առավելագույն ծավալը  $V_{max} = 3b/\mu=2.9$  լ: Առօվելագույն ճնշումը  $P_{max} = P_k=7.38$  ՄՊա:

6-22.  $\rho_k = \mu/3b = 196$  կգ/մ<sup>3</sup>:

6-23.  $\rho_k = 8\mu P_k / 3T_k R = 57$  կգ/մ<sup>3</sup>:

6-24. Վան-դեր-Վալսի հավասարություն, արտադրայտված բերված մեծություններով, ունենք

$$\tau = (\pi + 3/v^2) (3v - 1)/8: \quad (1)$$

Մեզ մոտ  $\pi = P/P_k = 93/5.07 = 18.4$ ,  $V_{0k} = 3b = 3T_k R / 8P_k = 9.5 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3$ ,  $v = V_0/V_{0k} = 0.056/0.095 = 0.59$ : Տեղադրելով այս արժեքները (1)-ում, կստանանք  $\tau = 2.6$ , և հետևաբար  $T = \tau T_k = 2.6 \cdot 154$  Կ = 400 Կ:

6-25.  $P=2.7$  ՄՊա:

6-26.  $\pi = P/P_k = 2.45$ :

## § 7. ՀԱԳԵՑՎԱԾ ԳՈԼՈՐԾԻՆԵՐ ԵՎ ՀԵՂՈՒԿՆԵՐ

7-1. Վ ծավալով օդում ջրային գոլորշու ո զանգվածը կարելի է գտնել Մենդելեև կյապեյրոնի բանաձևով՝

$$m = PV\mu/RT: \quad (1)$$

$T=323$  Կ-ի դեպքում հագեցած գոլորշու ճնշումը  $P_h=12.3$  կՊա: Քանի որ  $\mu=0.018$  կգ/մոլ, ապա (1)-ից կստանանք  $m=82$  գ:

7-2.  $\rho_h = 0.082$  կգ/մ<sup>3</sup>:

7-3. 74000 անգամ:

7-4. 12 անգամ:

7-5. Յարաբերական խոնավությունը որոշվում է  $\omega = P/P_h$  բանաձևով. որտեղ  $P$ -ն օդում գտնվող ջրային գոլորշու ճնշումն է,  $P_h$ -ը ջրային գոլորշու այն ճնշումն է, որը հագեցնում է տարածությունը մվյալ ջերմաստիճանում: Վ ծավալով օդում ջրային գոլորշու ո զանգվածը՝

$$m = PV\mu/RT = \omega P_h V\mu/RT: \quad (1)$$

$T=303$  Կ-ի դեպքում հագեցած գոլորշու ճնշումը  $P_h=4.23$  կՊա: Քանի որ  $\mu=0.018$  կգ/մոլ, ապա (1)-ից կստանանք  $m=22.5$  գ:

7-6.  $\omega = 6.9$  գ:

7-7.  $t_2 = 7^\circ\text{C}$ :

7-8.  $n=10^{24}$  մ<sup>-3</sup>

7-9.  $\omega = 60.4\%$ ,  $\omega m = 86$  մգ:

7-10. ա) Մինչև ընդարձակումը հագեցած ջրային գոլորշին գտնվում է,  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում, հետևապես (տես աղ. VIII) այլ գոլորշու ճնշումը  $P_1=2.33$  ԿՊա: բ) Մինչև ընդարձակումը խցիկում ջրային գոլորշու գտնվելու ժամանակը՝  $t_1 = P_1 V_1 \mu / RT_1 = 17.2$  նկ: գ)  $\tau_1 = P_1 \mu / RT_1 = 17.2 \cdot 10^{-3}$  կգ/մ<sup>3</sup>, դ)  $T_2 = T_1 / (V_2/V_1)^{1/3} = 268$  Կ: ե)  $t_2 = -5^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանի մասն:

Յանդ հագեցած պրային գոլորշու ճնշումը  $P_2=399$  Պա: Խցիկում այդ ճնշմանը հաճախաբառությամբ գոլորշու զամփվածը  $m_2=P_2V_2\mu/RT_2=4$  մգ: Շետնաբար խորացված գոլորշու զանգվածը՝  $m=m_1-m_2=(17,2-4)$  մգ  $=13,2$  մգ: զ)  $\rho_2=P_2\mu/RT_2=3,2 \cdot 10^{-3}$  կգ/մ<sup>3</sup>: է) Բանի որ ընդարձակվելուց հետո ջրային գոլորշու խորությունը (բայց մինչև խորացումը):

$$\rho_3=m_1/V_2=17,2 \cdot 10^{-6}/1,25 \cdot 10^{-3}=13,7 \cdot 10^{-3} \text{ կգ/մ}^3.$$

ապա գերիացեցման աստիճանը՝  $S=\rho_3/\rho_2=4,3$ :

$$7-11. V_h=0,001 \text{ մ}^3/\text{կգ}, V_{oh}=1,25 \text{ մ}^3/\text{կգ}:$$

7-12. Գոլորշիացման պրոցեսում ջերմությունը ծախսվում է ճողեկումների փոխագեցության ուժերի հարդարանքան վրա և ընդարձակման աշխատանքի վրա՝ արտաքին ճնշման դեմ: Այսպիսով, համաձայն ջերմադինամիկայի առաջին օրենքի ունենք

$$r_0=\Delta W+A, \quad (1)$$

որտեղ  $r_0$ -ն գոլորշիացման մոլային ջերմությունն է,  $\Delta W$ -ն գոլորշիացման ժամանակ փոխագեցության ուժերի մոլային ներքին էներգիայի փոփոխությունն է,  $A$ -ն մոլային աշխատանքն է կատարված արտաքին ուժերի դեմ: Այդ դեպքում

$$A=P_h(V_{oh}-V_{oh}), \quad (2)$$

որտեղ  $P_h$ -ը գոլորշիացման ջերմաստիճանում հագեցած գոլորշու ճնշումն է,  $V_{oh}$ -ը հեղուկի մոլային ծավալն է և  $V_{oh}$ -ն գոլորշու մոլային ծավալը: Ունենք

$$V_{oh}=\mu/r=0,018 \text{ կգ/մոլ}/1000 \text{ կգ/մ}^3=18 \cdot 10^{-6} \text{ մ}^3/\text{մոլ},$$

որտեղ  $\mu$  - ն մոլային զանգվածն է,  $r$  - ն ջրի խորությունը: Բանի որ ըստ պայմանի  $v=m/\mu=1$  կմոլ, ապա ըստ Մենդելեև-Կվապերոնին հավասարման  $V_{oh}=RT/P_h$ : Եթե  $T=473$  Կ, ունենք (տես աղ. VIII)  $P_h=1,55$  ՄՊա և  $V_{oh}=RT/P_h=2,5$  լ/մոլ:

Դամարելով, որ գոլորշիացման դեպքում մոլեկուլների փոխագեցության ներքին էներգիայի փոփոխությունը համապատասխանում է Վան-դեր-Վալսի հավասարմանը (տես 6-18 խնդիրը), կարող ենք գրել

$$\Delta W=\frac{a(V_{oh}-V_{oh})}{V_{oh}\cdot V_{oh}}, \quad (3)$$

որտեղ  $a=27 T_h^2 R^2 / 64 P_h = 5,56 \cdot 10^2 \text{ Պա.մ}^6/\text{մոլ}^2$ : Նկատելով, որ  $V_{oh} \ll V_{oh}$ , (1)- (3)-ից կստանանք

$$r_0=\frac{a}{V_{oh}}+P_h V_{oh}=\frac{a\rho}{\mu}+RT=35 \text{ կԶ/մոլ:}$$

Այդ դեպքում գոլորշիացման տեսակարար ջերմությունը՝

$$T=r_0/\mu=1,95 \text{ ՄԶ/կգ:}$$

Համարելով  $\text{IX}$  արյուսակի  $t=200^\circ\text{C}$  ջերմությունի համար  $r=194 \text{ ՄԶ/կգ}$  միաժամկետ, չնայած Վան-դեր-Վալսի հավասարմանը, հետևաբար և (3) բանսածությունը ուղարկում է արյունքների համընկնության վեհականությանը:

$$7-13. \Delta W/r_0=(r_0-A)/r_0=1-RT/r_0=92,4\%:$$

$$7-14. \Delta W=7,22 \text{ կԶ:}$$

7-15. Ունենք կառուցիուս-Կվապերոնի հավասարումը՝

$$\frac{dP}{dT}=\frac{r_0}{T(V_{oh}-V_{oh})}; \quad (1)$$

Դամարելով, որ հագեցած գոլորշիացմանը ենթարկվում են Մենդելեև-Կվապերոնին հավասարմանը, կունենանք ( $v=1$  մոլի համար)  $V_{oh}=RT/P$ :

Բանի որ (տես աղ. VIII)  $t=50^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում հագեցած գոլորշու ճնշումը  $P_h=370$  Պա, ապա դժվար չեն գտնել, որ  $V_{oh}=2,65 \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ : Բացի այդ,  $V_{oh}=\mu/r \leq 18 \cdot 10^{-6} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ : Այսպիսով, մենք տեսնում ենք, որ  $V_{oh} \ll V_{oh}$ , և այդ դեպքում (1) հավասարումը կարելի է գրել այսպես:

$$\frac{dP}{dT}=\frac{r_0 P}{RT^2}, \text{ կամ } \frac{dP}{P}=\frac{r_0}{R} \frac{dT}{T^2}; \quad (2)$$

Գոլորշիացման  $r_0$  մոլային ջերմությունը կարելի է համարել հաստառում  $T_2-T_1$  ջերմաստիճանների ոչ միայն միջակայքի համար և այդ ժամանակը (2) հավասարումը ինտեգրելով կստանանք

$$\ln \frac{P_2}{P_1}=\frac{r_0(T_2-T_1)}{RT_1T_2}. \quad (3)$$

Որտեղից

$$r_0=\frac{RT_1T_2 \ln(P_2/P_1)}{(T_2-T_1)}; \quad (4)$$

Կյանքի  $P_1$  և  $P_2$  ը համեստ գոլորշիացմանը ճնշումներն են  $T_1$  և  $T_2$  ջերմաստիճանները: Խնդրում է պահանջվում է գտնել գոլորշիացման  $r$  տեսակարար ջերմությունը  $t=50^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Դրա համար  $T_1$  և  $T_2$  ներկայացնենք համար կարելի է վերցնել  $t_1=40^\circ\text{C}$  և  $t_2=50^\circ\text{C}$  արժեքները: Այդ դեպքում աղ. VIII-ի տվյալները հիման վրա կրնենանք  $P_1=811$  Պա,  $P_2=932$  Պա և  $P_2/P_1=1,15$ : Տեղադրությունը բավական լավ է արտապահպանական տեսակարար ջերմությունը  $r=t_0/\mu=2,43 \text{ ՄԶ/կգ}$ : Կառուցիուսը  $r=f(t)$  գրաֆիկը աղ. IX-ի տվյալների համաձայն դժվար չեն համուլտոն, որ  $t=50^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում  $r=2,43 \text{ ՄԶ/կգ}$ , որը բավ համընկնությունը է գրաֆիկ արժեքի հետ:

$$7-16. r=0,302 \text{ ՄԶ/կգ:}$$

$$7-17. P_n=86,46 \text{ կՊա:}$$

$$7-18. \Delta S = 2,86 \text{ J/C}$$

$$7-19. \Delta P = 599 \text{ Pa}$$

7-20. Այնչեւ  $P=93$  մՊա ճնշումը, այսինքն մինչև սնդիկի հագեցնող գոլորշմերի ճնշումը  $t=15^{\circ}\text{C}$ -ում:

7-21. Ունենք  $\rho = m/V_0$  և  $\rho = m/V$ : Բայց քանի որ  $V=V_0(1+\beta t)$ , ապա  $\rho=\rho_0/(1+\beta t)=12,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ :

$$7-22. t_2 = 222^{\circ}\text{C}$$

$$7-23. \rho = 1,055 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$7-24. \Delta P = \beta \Delta t / K = 1,4 \text{ UPa}$$

$$7-25. K = 3,96 \cdot 10^{-11} \text{ Pa s}^{-1}$$

$$7-26. \Delta h = 16,4 \text{ mm}$$

$$7-27. \Delta t = h(1+\beta t)/(L-h) \cdot \beta = 56^{\circ}\text{C}$$

$$7-28. m = 884 \text{ g}$$

7-29. Տարացնելու ժամանակ առողի ծավալը ճեծացավ և դարձավ  $V=V_0(1+\beta t)$ : Սնդիկի խտությունը տարացնելիս դարձավ

$$\frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1+\beta t)} \quad (1)$$

Մյուս կողմից (տես 7-21 սնդիկի լուծումը)

$$\rho = \rho_0/(1+\beta t) = m_0/V_0(1+\beta t) \quad (2)$$

Համեմատելով (1)-ը և (2)-ը, գտնում ենք

$$m = \frac{m_0(1+\beta t)}{1+\beta t} = 887 \text{ g}$$

$$7-30. \beta = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Կ}^{-1}$$

7-31.  $X = \beta - \beta_0 / \beta = 5\%$ , որտեղ  $\beta$ -ն և  $\beta_0$ -ն յուրի ծավալային զնդարձակման գործակիցներն են, որոնք ստուգվել են ապակու ընդարձակումը համապատասխանաբար հաշվի առնելով և առանց հաշվի առնելով:

$$7-32. P = 102 \text{ Pa}$$

7-33. Զիր ճակերտաւորից օդակը հեռացնելու համար անհրաժեշտ ուժը կազմակրովում է օդակի վրա ազդող ծանրության ուժից և մակարդակության վրա ազդող առաջակա ուժից:

$$F_1 = \rho h \pi / 4 (d_2^2 - d_1^2) g = 40,0 \text{ N}$$

Օդակը հեռացնելիս ճակերտաւորից բարանքը պատրավում է օդակի ներքին և արտաքին շրջագծերով, ուստի ճակերտաւորից լարման ուժից, այսինքն  $F = F_1 + F_2$ : Ծանրության ուժը՝

$$F_2 = \pi \alpha (d_1 + d_2) = 23,5 \text{ N}$$

Այսպիսով,  $F_2 = 23,5 \text{ N}$ : Այդ դեպքում  $X = F_1 / F = 37\%$ :

$$7-34. \alpha = 0,032 \text{ Ն/Ը}$$

$$7-35. d = 1,2 \text{ մմ}, \ell = 5 \text{ սմ}$$

7-36. Կարիլի վրա ազդող ծանրության ուժը նրա պիկվելու պահին պետք է պատրի մակերտաւորից բաղանքը  $\ell = 2\pi r$  երկարության վրա, որտեղ  $r$ -ը կարիլի վզիկի շառավիղն է: Այստեղից ծանրության ուժը  $P = 2\pi r \alpha = \pi d \alpha$ : ու գանգվածով սպիրու պարունակում է  $N$  կարիլ, ըստ որում  $N = mg / P = mg / \pi d \alpha = 780$  կարիլ: Քանի որ ըստ պայմանի կարիլները պոկվում են մեկը մյուսից  $\Delta t = 1$  վ հետո, ապա ամբողջ սպիրու դուրս կիռու  $T = 780 \text{ վ} = 13 \text{ ր հետո}$ :

$$7-37. \alpha = 0,059 \text{ Ն/Ը}$$

$$7-38. \Delta \ell = 34 \text{ սմ}$$

$$7-39. R = \sqrt[3]{3\pi \alpha / 2\rho g} = 2,2 \text{ մմ}$$

7-40. Մնջիկի երկու կարիլների միացման ժամանակ անջատված էներգիան  $\Delta W = \alpha \Delta S$ , որտեղ ճակերտաւորի մակերեսի փոփոխությունը  $\Delta S = 4\pi r^2 \cdot 2 - 4\pi R^2$ , որտեղ  $R$ -ը նեծ կարիլի շառավիղն է:  $R$  շառավիղը գտնում ենք մեծ կարիլի ծավալը հավասարեցնելով միացվող կարիլների ծավալների գումարին.  $2 \cdot 4\pi r^3 / 3 = 4\pi R^3 / 3$ , որտեղ  $R = \sqrt[3]{2}$ : Այդ ժամանակ  $\Delta S = 4\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4})$  և

$$\Delta W = \alpha \Delta S = \alpha 4\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4}) \quad (1)$$

Անջատված էներգիան կծախսվի սնդիկի կարիլի տարացման վրա, հետևաբար

$$\Delta W = c m \Delta t = c \rho (4/3)\pi R^3 \Delta t = c \rho (8/3)\pi r^3 \Delta t \quad (2)$$

Համեմատելով (1)-ը և (2)-ը, կգտնենք

$$\Delta t = 3\alpha (2 - \sqrt[3]{4}) / c \rho 2r = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ Կ}$$

$$7-41. A = 14,7 \text{ մկմ}^2$$

$$7-42. A = 64 \text{ մկմ}^2$$

$$7-43. A = 432 \text{ մկմ}^2$$

7-44. Բշխիկի մեջ  $P$  ճնշումը ստացվեմ է մքնողորտաւորի  $P_0$  ճնշումից, ջրի հիդրոստատիկ  $P_1 = \rho gh$  ճնշումից և մակերտաւորի կորության հետևանքով արտաքածած լուսուցիչ  $P_2 = 2\alpha / r = 4\alpha / d$  ճնշումից: Այսպիսով,  $P = P_0 + \rho gh + 2\alpha / r = 132,9 \text{ ԿՊա}$



սկ. 92

$$7-45. d = 8\alpha / \Delta P = 2,6 \text{ մմ}$$

$$7-46. h = 4,9 \text{ մ}$$

$$7-47. 4,4 \text{ անգամ}$$

7-48. Մենիսկի  $R$  շառավիղը կապված է խողովակի բարանքի հետ հետևյալ կերպով (տես նկ. 92):

$$r = R \cos \varphi = R \cos (180 - \theta) = -R \cos \theta,$$

որում; Հետո այս տևելունք է: Մենիկի կորության հետևանքով առաջացնելու ընդունությունը՝  $P = -2\alpha \cos \theta / r$ : Քանի որ սնդիկի համար  $0 > \pi / 2$ , այսինքն  $\cos \theta < 0$ , ապա այդ լրացուցիչ ճնշումը դրական է, և սնդիկի մակարդակը մազանորում կլինի ավելի ցածր, քան անորում: Սակարգակների տարրերությունը՝

$$\Delta h = -4\alpha \cos \theta / \rho gd, \text{ այստեղից } -\cos \theta = \Delta h / gd / 4\alpha = 0,740:$$

Դետևաբար սնդիկի մենիկի կորության շաբավիղը  $R = -r / \cos \theta = 2$  մմ:

$$7-49. R=0,53 \text{ մմ}, \Delta h=2,98 \text{ սմ}:$$

$$7-50. h=13,9 \text{ մմ}:$$

$$7-51. \text{ա) } d=1,5 \text{ մմ}, \text{ բ) } d=8,8 \text{ մմ}:$$

$$7-52. \Delta h=7,5 \text{ մմ}:$$

$$7-53. d=0,15 \text{ մմ}:$$

$$7-54. \alpha=0,07 \text{ Ն/մ}:$$

$$7-55. P=P_0+2\alpha/r=102,2 \text{ ԿՊա:}$$

7-56. Նշանակենք  $P_0$ -ով և  $P$ -ով մազանորում եղած օդի ճնշումը մինչև այն ջրի մեջ ընկղությունը և ընկղությունը,  $V_0$ -ով և  $V$ -ով մազանորում եղած օդի ծավաները մինչև ընկղությունը ենուու: Ըստ Բոյլ-Մարիուտի օրենքի

$$P_0 V_0 = PV: \quad (1)$$

Այստեղ  $P=P_0+2\alpha/r$ ,  $V_0=S h_0$ , որտեղ  $S$ -ը մազանորի հատույթի մակերեսն է,  $h_0$ -ը նրա երկարությունը,  $V=S h$ , որտեղ  $h$ -ը խողովակի՝ ընկղությունը ենու հեղուկից դուրս մնացած մասի երկարությունն է: Յաշվի առնելով այս ամենը, ունենք

$$P_0 h_0 = \left( P_0 + \frac{2\alpha}{r} \right) h, \quad \text{որտեղից} \quad r = \frac{2\alpha h}{P_0 (h_0 - h)}: \quad (2)$$

Ըստ պայմանի ( $h_0 - h$ )/ $h_0 = 0,015$ , կամ  $h/h_0 - h = 65,7$ : Տեղադրելով թվային տվյալները (2)-ի մեջ, կստանանք  $r = 0,1$  մմ:

7-57. ա)  $h=755$  մմ, բ)  $h=757$  մմ: Այսպիսով, եթե խողովակը ներ է, ապա նընուրսային ճնշումը չի կարող որոշվել անմիջապես սեղիկի սյան և բարձրությանը, քանի որ սյան ճնշմանը ավելանում է նաև խողովակում սնդիկի ուղղուցիկ մենիկի ճնշումը:

$$7-58. \text{Սնդիկի սյան բարձրությանը պետք է ավելացնել 2 մմ:}$$

$$7-59. \text{ա) } X=H-h/h=0,4\%, \text{ բ) } X=H-h/h=0,2\%:$$

7-60. Որպեսզի ամենը կարողանան ճնակ չըր վրա, անհրաժեշտ է, որ ասելի լույսի հետևանքով առաջացած ճնշումը նրա կորվածքի մակերեսի վրա չգերազանցի դեպի վեր ուղղված այն ճնշմանը, որն առաջանում է պատի առաջացրած խորության մեջ ջրի մակերեսույթի կորության հե-

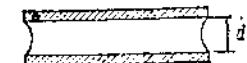
տևանքով (Արքիմեդի օրենքով առաջացած կշի կորության անհետված է): Ասեղի ճնշումը ջրի վրա՝  $P_1 = mg/\ell d = \rho Vg/\ell d = \rho \pi dg/4$ , որտեղ  $\ell$ -ը ասեղի երկարությունն է,  $V$ -ն նրա ծավալը: Յեղուկի մակերեսույթի կորության հետևանքով առաջացած ճնշումը որոշվում է Լազարի բանաձևով  $P_2 = \pi \alpha (1/R_1 + 1/R_2)$ : Սեր դեպքում հեղուկի մակերեսույթը գլանային է, այսինքն  $R_1 = \infty$  և  $R_2 = r$  - ասեղի շառավիղն է: Այդ դեպքում  $P_2 = \alpha/r = 2\alpha/d$ : Քանի որ անհրաժեշտ է, որ  $P_1 \leq P_2$ , ապա  $\rho \pi dg/4 \leq 2\alpha/d$ , որտեղից  $d \leq \sqrt{8\alpha/\rho \pi g} = 1,6$  մմ:

$$7-61. \Omega:$$

$$7-62. d=0,5 \text{ մմ}:$$

$$7-63. m=1,22 \text{ կգ:}$$

$$7-64. m=27,5 \text{ մգ:}$$



Ակ. 93

7-65. Թրթող հեղուկի մակերեսույթը թիթեղմերի միջև ունի  $R = d/2$  կորության շառավիղով գլանի տեսք (Ակ. 93): Այդ դեպքում լրացուցիչ բացասական ճնշումը գլանային գոգավոր մակերեսույթի տակ  $P = \alpha / R = 2\alpha / d$ :  $P$  մեծությունը թիթեղմերի  $S$  մակերեսի վրա ազդող արտաքին հավելյալ ճնշումն է: Դետևապես, այն ուժը, որը պետք է կիրառել, որպեսզի թիթեղմերն իրարից անջատվեն,

$$F = PS = \frac{2\alpha}{d} \cdot S = 31,5 \text{ Ն:}$$

$$7-66. \rho = 0,79 \cdot 10^3 \text{ կգ/մ}^3:$$

$$7-67. \alpha = 0,5 \text{ Ն/մ:}$$

7-68. Մազանորի ուղղածիք դիրքի դեպքում վերին մենիսկը գոգավոր է և այդ մենիսկի կորությանը առաջացած ճնշումը միշտ ուղղված է դեպի վեր ու հավասար է  $P_1 = 2\alpha / R_1$ , որտեղ  $R_1$ -ը վերին մենիսկի կորության շառավիղն է: Լրիվ թքանա դեպքում  $P_1 = 2\alpha / r$ , որտեղ  $r$ -ը մազանորի շառավիղն է: Յեղուկի սյան հիդրոստատիկ ճնշումը միշտ ուղղված է դեպի ներքև և հավասար է  $P_2 = \rho gh$ : Եթե  $P_1 > P_2$ , ապա համազոր ճնշումը ուղղված է դեպի վերև, որը և ստիպում է ներքևի մենիսկի դառնալ գոգավոր: Այդ դեպքում ներքևի մենիսկի կորության պատճառով առաջացած ճնշումը ուղղված է դեպի ներքև և հավասար է  $P_3 = 2\alpha / R_2$ , որտեղ  $R_2$ -ը ներքևի մենիսկի կորության շառավիղն է: Յավասարակշռության դեպքում  $P_1 = P_2 + P_3$ : Եթե  $P_1 < P_2$ , ապա արդյունաբար ճնշումը ուղղված է դեպի ներքև և ներքևի մենիսկը կլինի հարք և  $P_3 = 0$ :

Օգտվելով թվային տվյալներից, կստանանք՝ ա)  $R_1 = 0,5$  մմ,  $R_2 = -1,52$  մմ, բ)  $R_1 = 0,5$  մմ,  $R_2 = 1,46$  մմ, գ)  $R_1 = 0,5$  մմ,  $R_2 = \infty$ :

$$7-69. \alpha = 0,22 \text{ գ:}$$

7-70. ա)  $h=11,5$  մմ, բ)  $h=12,9$  նմ, գ)  $h=17,2$  մմ (տես 7-68.ի լուծումը):

7-71. ա)  $\Delta h=6,8$  մմ, բ)  $\Delta h=8,5$  մմ, գ)  $\Delta h=17$  մմ, դ)  $\Delta h=23,8$  մմ: Երբ

$\Delta h > 23,8$  մմ-ից, հեղուկը կամփի դրվու հրատել 1 խողովակից:

7-72. Եթե ճագանոթը լիներ բավականաչափ երկար, ինչպես դժվար չէ համոզվել, ջուրը նրանում կրածրանար  $h=2,98$  սմ բարձրության վրա: Բայց ճագանոթի բարձրությունը ջրի վրա  $h < h$ : Մենակի վրա կիրառված են նրա կորության հետևանքով առաջացած  $P_0=2\alpha/R$  ճնշումը՝ ուղղված դեպի վերև, և  $P=P_0 + \rho gh$  հիդրոստատիկ ճնշումը: Ցանկացած է բարձրության համար ունենք  $\rho gh=2\alpha/R$ , որտեղից  $R=2\alpha/\rho gh=0,75$  մմ:

7-73. Հեղուկի նեց լողացող արենմետրի վրա ազդում են հետևյալ ուժերը. արենմետրի  $P$  կշիռը ուղղված դեպի ներք, մակերևութային լարվածության ուժը  $F=2\pi r\alpha=\pi d\alpha$ , որը լինվ թրչան դեպքում ուղղված է դեպի ներք (լրիվ անթրծելիության դեպքում՝ դեպի վերև), և  $F_A=\rho g(V+Sh)$  Արքիմեդի ուժը, որն ուղղված է դեպի վերև, որտեղ  $V$ -ն արենմետրի ոչ գլանային նասի ծավակն է,  $S$ -ը՝ արենմետրի խողովակի լայնական հատույքի մակերեսն է,  $h$ -ը գլանային խողովակի այն նասի երկարությունն է, որը գտնվում է ջրի մեջ: Հավասարակշռության դեպքում

$$P+F=F_A:$$

Համարելով, որ սպիրտի մի քանի կարիլներից ջրի խողությունը չի փոխվել, մենք կարող ենք գրել համապատասխանաբար ջրի և սպիրտի համար

$$P+\pi d\alpha_1=\rho g(V+Sh_1), \quad P+\pi d\alpha_2=\rho g(V+Sh_2).$$

որտեղից  $\Delta h=4\Delta\alpha/\rho gd=2,4$  մմ:

7-74.  $\Delta h=3,5$  մմ:

7-75.  $T=313$  Կ:

7-76.  $N=1000$ :

7-77.  $P=290$  ԿՊա:

7-78.  $m=2$  գ:

7-79.  $\alpha=0,55$ ,  $n=4 \cdot 10^{25}$  ֆ-3:

7-80.  $P=12,4$  ԿՊա:

7-81.  $P_2=19,6$  ԿՊա:

7-82.  $N=50$ :

7-83. Ուսուվի օրենքը կարելի է կիրառել նյութի մոլային գանգվածը որոշելու համար: Իրոք, Ուսուվի օրենքը կարելի է գրել այսպիս:

$$\frac{P_0}{P_0-P} = \frac{v}{v'} + 1, \quad \text{կամ} \quad \frac{P_0}{P_0-P} - 1 = \frac{P}{P_0-P} = \frac{v}{v'}, \quad (1)$$

Նկատի առնելով, որ  $v=m/\mu$  և  $v'=m'/\mu$ , դժվար չէ (1)-ից ստանալ

$$\mu' = \mu \cdot \frac{m}{m'} \cdot \frac{P}{P_0-P}, \quad (2)$$

որտեղ ու-ը լուժիչի գանգվածն է, մ-ն լուժիչի մոլային գանգվածն է, ու-ը լուժված նյութի գանգվածն է և  $\mu'$ -ը նյութի մոլային գանգվածն է: Տեղադրելով խնդրի բայցին տվյալները, կստանանք  $\mu'=0,092$  կգ/մոլ:

7-84.  $P_0=925$  ԿՊա:

## § 8. ՊԻՆԴ ՍԱՐՍԻՆԵՐ

8-1. Կլաուզիուա-Կրապեյրոնի հավասարումից գտնում ենք

$$\Delta PT(V_{հեղ}-V_{պինդ}) \\ \Delta T = \frac{\mu_0 \lambda_0}{q_0} : \quad (1)$$

Մյուս կողմից, ենտրոպիայի փոփոխությունը

$$\Delta S = \frac{m \lambda_0}{T} = \frac{v q_0}{T}, \quad (2)$$

որտեղ  $\lambda_0$ -ն հայդան տեսակարար ջերմությունն է,  $q_0$ -ն՝ հայդան մոլային ջերմությունը, ու-ը՝ գանգվածը: (1)-ից և (2)-ից ունենք

$$\Delta T = \Delta P(V_{հեղ}-V_{պինդ}) \cdot v / \Delta S = 0,009 \text{ Կ:} \quad (3)$$

8-2.  $\Delta S=15,8$  ԿԶ/Կ:

8-3.  $\Delta V=1,03$  լ:

8-4. ա)  $C=390 \Omega/(Կգ·Կ)$ , բ)  $C=450 \Omega/(Կգ·Կ)$ , գ)  $C=930 \Omega/(Կգ·Կ)$ :

8-5. Գնդիկի նյութի մոլային գանգվածը՝  $\mu=0,107$  կգ/մոլ: Տեսաբար, գնդիկը պատրաստված է արծաթից:

8-6. 7,2 անգամ:

8-7.  $\Delta T=66 \text{ Կ:}$

8-8. Երար վրա դրված պղնձեն և երկար բիբելների միջով անցնող ջերմության քանակը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$Q = \lambda_1 \frac{t_1 - t}{d_1} St = \lambda_2 \frac{t - t_2}{d_2} St,$$

որտեղից

$$t = \frac{\lambda_1 t_1 d_2 + \lambda_2 t_2 d_1}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 d_1} = 34,5^{\circ}\text{C:}$$

8-9.  $\lambda=1,28 \text{ Վոլ}/(մ·Կ)$ :

$$8-10. Q = 190 \text{ կ}:\$$

$$8-11. Q_t = 8,38 \text{ գ/վ, } m = 60 \text{ գ:}$$

$$8-12. Q_t = 11,7 \text{ գ/վ:}$$

$$8-13. t = 106^\circ C:$$

$$8-14. \tau = 28,6 \text{ ժ:}$$

$$8-15. t_0 = 0^\circ C - \text{ից } \Delta t = 30^\circ C \text{ տաքացնելիս } \Delta t_0 \text{ կերկարի}$$

$$\Delta t = t - t_0 = t_0 \alpha t: \quad (1)$$

Համով: Որպեսզի ծողը չերկարի, նրա մկանամբ պետք է կիրառել  $F = \Delta t ES / t_0$  ուժ, որտեղից

$$\Delta t = t_0 F / ES, \quad (2)$$

որտեղ  $E$ -ն ծողի նյութի Յունգի մոդուլն է: (1)-ից և (2)-ից գտնում ենք  $F = ES \alpha t = 71 \text{ կ}:$

$$8-16. m = 15,2 \text{ կ}:$$

$$8-17. t_2 = 20^\circ C:$$

$$8-18. a = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Կ}^{-1}:$$

$$8-19. \text{Պողպատե և պղնձե ծողերի համար ունենք}$$

$$\ell_1 = \ell_{01}(1+a_1 t) = \ell_{01} + \ell_{01} a_1 t, \quad (1)$$

$$\ell_2 = \ell_{02}(1+a_2 t) = \ell_{02} + \ell_{02} a_2 t. \quad (2)$$

Ըստ պայմանի

$$\ell_1 - \ell_2 = \Delta t, \quad \ell_{01} - \ell_{02} = \Delta t: \quad (3)$$

(1)-ից համելով (2)-ը և նկատի ունենալով (3)-ի պայմանները, կստանանք

$$a_1 \ell_{01} = a_2 \ell_{02}: \quad (4)$$

(3) և (4) հավասարություններից դժվար չէ գտնել ծողերի երկարությունները  $t_0 = 0^\circ C$ -ի դեպքում.

$$\ell_{02} = L a_1 / (a_2 - a_1) = 11 \text{ սմ}, \quad \ell_{01} = \ell_{02} + L = 16 \text{ սմ:}$$

$$8-20. 1,02 \text{ անգամ:}$$

$$8-21. P = 29,4 \text{ ՄՊա:}$$

$$8-22. d = 4,0 \text{ մմ:}$$

$$8-23. \ell = 2,9 \text{ կմ:}$$

$$8-24. \ell = 180 \text{ մ:}$$

$$8-25. \ell = 11,9 \text{ կմ:}$$

8-26.  $F = 2,45 \text{ կ}:$ ,  $\Delta t = 4 \text{ սմ}$ : Ոչ, քանի որ տեսակարար բեռնավորությունը է առաջականության սահմանից:

$$8-27. \alpha = 75^\circ 30':$$

$$8-28. n = 3,4 \text{ Վ}^{-1}:$$

$$8-29. \text{Տվյալ դեպքում } \Delta t = \text{վրա ազդող կենուրունախույս ուժը}$$

$$F = f \pi r^2 dm,$$

որտեղ  $f$ -ն պատուման անկյունային արտագությունն է,  $r$ -ը՝ լուսացուցչի միավական առանցքը մուգանականը,  $m$ -ն մեջած հեռավորությունն է: Յանա սեղ ծողի համար  $f = \rho S dr$ , որտեղ  $\rho$ -ն ծողի նյութի խոռոչությունն է,  $S$ -ը՝ նրա հատույթը: Կատարելով ինտեգրումը, կստանանք

$$F = \rho S \omega^2 \ell^2 / 2,$$

որտեղից պատումների սահմանային հաճախականությունը՝

$$n = \frac{1}{\pi \ell} \sqrt{\frac{F}{2\rho S}} = 38 \text{ պտ/Վ:}$$

$$8-30. P = 570 \text{ ՄՊա:}$$

$$8-31. \text{Ըստ Հուկի օրենքի}$$

$$\frac{\Delta t}{\ell} = \frac{1}{E} P_h = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}, \text{ որտեղից } F = \frac{SE}{\ell} \Delta t. \quad (1)$$

Առաջգականության ուժերի համար՝

$$F = K \Delta t: \quad (2)$$

Դամենառնելով (1)-ը և (2)-ը, տեսառում ենք, որ  $K = SE / \ell$ : Այդ դեպքում

$$A = K (\Delta t)^2 / 2 = SE (\Delta t)^2 / 2\ell: \quad (3)$$

Դանելով  $\Delta t$  մեծությունը (1)-ից և տեղադրելով մնացած բվային տվյալները (3)-ի մեջ, կստանանք  $A = 0,706 \text{ Զ:}$

$$8-32. E = 2,94 \text{ ՄՊա:}$$

$$8-33. \text{Փողակը } \Delta t \text{-ով ձգելու համար պահանջվում է կիրառել}$$

$$F = \frac{1}{\alpha} S \frac{\Delta t}{\ell} \quad (1)$$

ուժ: Այդ դեպքում փողակի ներքին տրամագիծը կփոքրանա  $\Delta d = \beta d_1 F / S$  չափով: Բայց (1)-ից ունենք  $F/S = \Delta t / \alpha \ell$ , հետևաբար

$$\alpha \Delta d = \beta d_1 \frac{1}{\ell} \frac{\Delta t}{\ell} = \frac{\sigma d_1 \Delta t}{\ell},$$

որտեղ  $\sigma = \beta / \alpha$  - Պուասսոնի գործակիցն է: Տեղադրելով բվային տվյալները, կգտնենք  $\Delta d = 1 \text{ մմ}$ , հետևաբար  $d_2 = d_1 - \Delta d = 9 \text{ մմ}$ :

$$8-34. X = 0,3 \text{ մ:}$$

$$8-35. M = 2,26 \cdot 10^{-7} \text{ Ն.մ:}$$

8-36. Թեղի ոլորող մոմենտը  $M = \pi Nd^4 \varphi / (2\ell \cdot 16)$ , ըստ որում  $\varphi^2 \varphi = a/L$ : Փոքր անկյունների դեպքում կարենի է ընդունել  $\varphi \approx \varphi_0$  և այս ժամանակ  $\varphi = a/2L = 32\ell/M/\pi Nd^4$ : Կատարեցին  $M = \alpha \pi Nd^4 / 64L \ell = 1,96 \cdot 10^{-13} \text{ ն.մ}$

8-37. Լարը  $a$  անկյունով պատելու համար անհրաժեշտ է կատարել

$$dA = M d\varphi$$

աշխատանքը, որտեղ  $M$ -ը պատող մոմենտն է: Քանի որ  $M=\pi N r^4 \varphi / 2\ell$ , ապա

$$A = \int_0^\varphi \frac{\pi N r^4 \varphi}{2\ell} d\varphi = \frac{\pi N r^4 \varphi^2}{4\ell} = 1,25 \cdot 10^{-12} \text{ մ}^2$$

Այդ աշխատանքը կփոխարկվի ոլորված լարի պատեմցիալ էներգիայի:

8-38. 1,74 մէ:

$$8-39. \text{Պուասոնի գործակիցը } \sigma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\Delta r/r}{\Delta \ell/\ell},$$

որտեղ  $r$ -ը լարի շառավիղն է, իսկ  $\ell$ -ը՝ նրա երկարությունը: Լարի ծավալները մինչև ձգումը և ձգումից հետո.

$$V_1 = \pi r^2 \ell, \quad V_2 = \pi(r + \Delta r)^2(\ell + \Delta \ell)$$

Եթե ձգման ժամանակ ծավալը չի փոխվել, ապա

$$\Delta r^2 = \pi(r + \Delta r)^2(\ell + \Delta \ell)$$

Անտեսելով  $\Delta r$  և  $\Delta \ell$  մեծությունների քառակուսիները, կգտնենք  $\Delta r^2/\ell = 2\pi r/\ell \Delta \ell$ , որտեղից  $\sigma = 0,5$ :

8-40. Չսեղմված ծողի խոռությունը  $\rho_1 = m/V_1$ , որտեղ  $V_1 = \pi r^2 \ell$ : Սեղմված ծողի խոռությունը՝  $\rho_2 = m/V_2$ , որտեղ  $V_2 = \pi(r + \Delta r)^2(\ell + \Delta \ell)$ : Դեմուբար, խոռության փոփոխությունը

$$\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1 = m \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) = \frac{m \cdot \Delta V}{V_2 V_1}$$

Քանի որ սեղմումը մեծ չէ, ապա նոտավորապես կարելի է ընդունել  $V_2 V_1 = V_1^2$ , այսիմբն ընդունել  $\Delta \rho = m/V_1^2$ : Այդ ժամանակ խոռության հարաբերական փոփոխությունը՝  $\Delta \rho / \rho_1 = \Delta V / V_1$ :

Գտնենք ծավալի փոփոխությունը.

$$\Delta V = \pi r^2 \ell - \pi(r + \Delta r)^2(\ell - \Delta \ell)$$

Անտեսելով  $\Delta r$  և  $\Delta \ell$  մեծությունների քառակուսիները, կստանանք

$$\Delta V = V_1 \frac{\Delta \ell}{\ell} (1 - 2\sigma), \text{ որտեղից } \frac{\Delta \rho}{\rho_1} = \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta \ell}{\ell} (1 - 2\sigma),$$

որտեղ  $\sigma$ -ն Պուասոնի գործակիցն է: Ըստ Յուկի օրենքի  $\Delta \ell / \ell = P_{\text{ծ}} / E$ : Այդ ժամանակ

$$\Delta \rho / \rho_1 = P_{\text{ծ}} / E (1 - 2\sigma);$$

Մեզ մոտ  $P_{\text{ծ}} = 9,81 \cdot 10^7 \text{ Պա}$ ,  $E = 1,18 \cdot 10^{11} \text{ Պա}$  և  $\sigma = 0,34$ : Տեղադրելով այս տվյալները, կստանանք  $\Delta \rho / \rho_1 = 0,027\%$ :

$$8-41. \Delta V = 1 \text{ մմ}^3$$

### ԳԼՈՒԽ III

## ԵԼԵԿՏՐԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍՏՐԱՏԻԿԱ

### § 9. ԵԼԵԿՏՐԱՍԱՏԻԿԱ

9-1.  $F=92,3 \text{ մՆ}$ :

9-2.  $r_2=8,94 \text{ մ}$ :

9-4.  $B=1,25 \cdot 10^{-36} \text{ անգամ}$ :

9-5.  $F=0,7 \text{ Ն}$ :

9-6. Գնդիկների էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիան՝  $W_{\text{Էլ}} = q^2 / 4\pi \varepsilon_0 \epsilon r$ , նրանց փոխազդեցության գրավիտացիոն էներգիան՝  $W_{\text{գր}} = G m_1 m_2 / r$ , ըստ պայմանի՝  $q^2 / 4\pi \varepsilon_0 \epsilon r = G m_1 m_2 / r$ ,

որտեղ  $n=10^6$ , այստեղից  $q = \sqrt{n \varepsilon \epsilon_0} 4\pi G m_1 m_2 = 17 \text{ մԿ}$ :

9-7. ա)  $W_{\text{Էլ}} / W_{\text{գր}} = 4,17 \cdot 10^{42}$ , բ)  $W_{\text{Էլ}} / W_{\text{գր}} = 1,24 \cdot 10^{36}$ :

9-8. Նկ. 94-ում տրված է երկու կետային լիցքերի  $W_{\text{Էլ}}$  էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիայի կախման բնույթը նրանց միջև եղած  $r$  հեռավորությունից:

9-9.  $E=50,4 \text{ կՎ/մ}$ :

9-10.  $g_0 = -2,23 \text{ մՎ}$ :

9-11. Լիցքերի դասավորվածությունից կախված ա)  $E=0$ , բ)  $E=60 \text{ կՎ/մ}$ , գ)  $E=30 \text{ կՎ/մ}$ :

9-12.  $E=0$ :

9-13.  $E=112 \text{ կՎ/մ}$ :

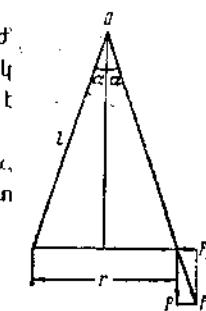
9-14. Անեն մի գնդիկի վրա ազդում է երկու ուժ՝ (նկ. 95) ոց ծանրության ուժը և  $F_{\text{Էլ}}$  էլեկտրաստատիկ վանդության ուժը: Այդ ուժերի համագործ հավասար է  $F_{\text{ի}}$ : Բայց

$F_{\text{Էլ}} = m g \tan \alpha = q^2 / 4\pi \varepsilon_0 \epsilon r^2$ ,  $r/2 = \ell \sin \alpha$ , որտեղ  $\alpha = \pi/2 - \theta$  անեն մի գնդիկի լիցքը  $\ell$ ,  $q$ -ն ազատ անկման արագացումն է, այստեղից ունենք

$$F_{\text{Էլ}} = \frac{q^2}{4\pi \varepsilon_0 \epsilon / 2 \sin^2 \alpha \tan \alpha} = 15,6 \text{ գ:$$

9-15.  $q=1,1 \text{ մկ.Կ}$ :

9-16. Օդում գտնվող գնդիկի համար տեղի ունի հետևյալ հավասարություն (տես 9-14 խնդիրը):



նկ. 95

$$mg = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 4\ell^2 \sin^2 \alpha \tan \alpha} \quad (1)$$

Գնդիկները կերոսինի մեջ ընկողմելու դեպքում նրանցից յուրաքանչյուրի վրա ազդում է  $F_{\text{Ար}}$  Արքիմեդի ուժը: Կերոսինի մեջ գտնվող գնդիկի համար ունենք

$$mg - F_{\text{Ար}} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 4\ell^2 \sin^2 \alpha \tan \alpha} \quad (2)$$

որտեղ

$$mg - F_{\text{Ար}} = (\rho - \rho_0) Vg \quad (3)$$

որտեղ  $\rho$ -ն գնդիկի նույնագույն է,  $\rho_0$ -ը՝ կերոսինի խոռոչայինը,  $V$ -ն՝ գնդիկի ծավալը,  $g$ -ն՝ ազգային արթագույնը: (1) - (3)-ից ունենք

$$\frac{mg - F_{\text{Ար}}}{mg} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{\epsilon \sin^2 \alpha \tan \alpha}{\epsilon_0 \sin^2 \alpha \tan \alpha} \quad (4)$$

որտեղից

$$\rho = \rho_0 \frac{\epsilon \sin^2 \alpha \tan \alpha}{\epsilon_0 \sin^2 \alpha \tan \alpha - \epsilon \sin^2 \alpha \tan \alpha} = 2,55 \cdot 10^3 \text{կգ}/\text{մ}^3$$

$$9-17. \rho_0 = \epsilon \rho / (\epsilon - 1)$$

$$9-18. \alpha = 130^\circ$$

$$9-19. \sigma = 2\epsilon_0 \epsilon \sqrt{T^2 - (mg)^2/q} = 7,8 \text{ մկՎ}/\text{մ}^2$$

$$9-20. \text{ա) } F = 20 \text{ մկՆ}, \text{ բ) } F = 126 \text{ մկՆ}, \text{ զ) } F = 62,8 \text{ մկՆ}$$

$$9-22. E = 36 \text{ ԳՎ}/\text{մ}$$

$$9-23. F_t = 3,4 \text{ Ն}/\text{մ}$$

$$9-24. F_x = 0,1 \text{ Ն}/\text{մ}, A_t = 0,112 \text{ Զ}/\text{մ}$$

9-25.  $E = 3,12 \text{ ՄՎ}/\text{մ}$ , դաշտու ուղղված է երկու թելերով անցնող հարթության ուղղահայաց:

$$9-26. F_S = 5,1 \text{ կՆ}/\text{մ}^2$$

9-27. Գնդիկի վրա ազդում են երեք ուժեր՝ էլեկտրական դաշտի  $F$  ուժը (դեպի վեր),  $mg$  ծանրության ուժը (դեպի վար) և  $F_{\text{Ար}}$  Արքիմեդի ուժը (դեպի վեր): Դավասարակշռության դեպքում

$$mg = F + F_{\text{Ար}}, \quad (1)$$

ընդ որում

$$mg = 4\pi R^3 g \rho / 3, F = Eq, F_{\text{Ար}} = 4\pi R^3 g \rho_j / 3, \quad (2)$$

որտեղ  $\rho$ -ն և  $\rho_j$ -ը պղնձի և յուղի խոռոչայիններն են: (1)-ից և (2)-ից ունենք

$$q = 4\pi R^3 g (\rho - \rho_j) / 3E = 11 \text{ Օկ}$$

$$9-28. R = 0,44 \text{ միլ}$$

### 9-29. Ունենք

$$E = \frac{\tau \sin \alpha}{2\pi\epsilon_0 a} : \quad (1)$$

Կատարելով գնագիրը դժվար չէ համոզվել, որ

$$\sin \alpha = \frac{\ell/2}{\sqrt{a^2 + (\ell/2)^2}} : \quad (2)$$

որտեղ  $\ell$ -ը թելի երկարությունն է, ա-ն դիտարկվող կետի հեռավորությունը թելից: Տեղադրելով (2)-ը (1)-ում, կստանանք

$$E = \frac{\tau \ell}{4\pi\epsilon_0 a \sqrt{a^2 + (\ell/2)^2}} : \quad (3)$$

ա) Եթե  $a \ll \ell$ , ապա  $\sqrt{a^2 + (\ell/2)^2} \approx \ell/2$ : Այս դեպքում (3) բանաձևը

տալիս է անվերջ երկար թելի դաշտի լարվածությունը՝  $E = \tau / 2\pi\epsilon_0 a$ :

բ) Եթե  $a \gg \ell$ , ապա  $\sqrt{a^2 + (\ell/2)^2} \approx a$ : Բամի որ  $\tau \ell = q$ , ապա (3) բանաձևը տալիս է կետային լիցքի դաշտի լարվածությունը՝  $E = q / 4\pi\epsilon_0 a^2$ :

$$9-30. \frac{a}{\ell} = \frac{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}}{2(1 - \delta)} \approx \frac{1}{1 - \delta} \sqrt{\delta/2} :$$

Եթե  $\delta = 0,05$  և  $\ell = 0,25$  մ, սահմանային հեռավորությունը՝  $a = 4,18$  սմ:

$$9-31. \ell = 0,49 \text{ մ}, E = 135 \text{ կՎ}/\text{մ}, \tau = 0,41 \text{ մկՎ}/\text{մ}$$

$$9-32. \text{Այս խնդիրը համանան է 2-159 խնդիրին:}$$

Վեցնենք օղակի մէ տարրը (նկ. 81): Այդ տարրը ունի գծ լիցք: Ա կետում այդ տարրի ստեղծած էնէկտրուկան դաշտի լարվածությունը՝  $dE = -dq / 4\pi\epsilon_0 x^2$ : Այն ուղղված է օղակի մէ տարրը Ա կետին նիշացնող  $X$  ուղղությունը: Ակնհայտ է, որ ամբողջ օղակի ստեղծած  $dE$ -երի վեկտորական գումարը տալիս է լինված լարվածությունը:  $dE$  վեկտորը կարելի է վերածել երկու բաղադրիչների՝  $dE_x$  և  $dE_y$ ,  $dE_z$  բաղադրիչները ամեն երկու տրամագործեն հակառակ տարրերի համար իրար վերացնում են, և այդ ժամանակ

$$E = \int dE_x$$

Դետակալ բարադրիչը՝

$$dE_x = dE \cos \alpha = dE \frac{L}{X} = \frac{L dq}{4\pi\epsilon_0 x^2},$$

որը տալիս է

$$E = \frac{L}{4\pi\epsilon_0\varepsilon^3} \int dq = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0\varepsilon^3}$$

Բայց  $X=\sqrt{R^2+L^2}$  և վերջնականապես օղակի առանցքի վրա էլեկտրական դաշտի լարվածությունը

$$E = \frac{Lq}{4\pi\epsilon_0(R^2+L^2)^{3/2}} : \quad (1)$$

Եթե  $L \gg R$ , ապա  $E = q / 4\pi\epsilon_0 L^2$ , այսինքն նեծ հեռավորություն-ների վրա լիցքավորված օղակը կարելի է դիմել ինչպես կետային լիցք: Տեղադրելով թվային արժեքները (1)-ում կստանանք  $E$  լարվածության արժեքները հավասար  $0, 1,60, 1,71, 1,60$  և  $1,15$  կՎ/մ:

$X \ll L$  մեջույնները արտահայտենք  $\alpha$  անկյան միջոցով: Ունենք  $R = x \sin \alpha$  և  $L = x \cos \alpha$ , այժմ (1) բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha :$$

Ե լարվածության առավելագույն արժեքը գտնելու համար վերցնենք  $dE/d\alpha$  աժանցյալը և հավասարեցնենք 0-ի:

$$\frac{dE}{d\alpha} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} (\cos^2 \alpha \cdot 2 \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0, \text{ կամ } \operatorname{tg}^2 \alpha = 2:$$

Այդ դեպքում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը առավելագույն արժեքը ունի օղակի կենտրոնից  $L = R/\operatorname{tg} \alpha = R/\sqrt{2} = 7,1$  սմ հեռավորության վրա:

9-33. 1,3 ամպամ (համեմատել 2-161 խնդրի հետ):

9-34. ա) Եթե  $a \ll R$ , ապա  $R/a$  շատ մեծ է և

$$1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (R/a)^2}} \approx 1:$$

Այս դեպքում  $E = \sigma / 2\epsilon_0$ , այսինքն սկավառակին նոտ գտնվող կետերի համար սկավառակը կարելի է նմանեցնել անվերջ ձգված հարթության:

բ) Եթե  $a \gg R$ , ապա  $R/a$  շատ փոքր է և  $\sqrt{1 + (R/a)^2} \approx 1 - R^2/2a^2$ . Այս դեպքում  $E = \sigma / 2\epsilon_0 \cdot R^2 / 2a^2$ : Բանի որ  $\sigma = q/\pi R^2$ , ապա  $E = q / 4\pi\epsilon_0 a^2$ , այսինքն սկավառակից մեծ հեռավորության վրա գտնվող կետերի համար այն կարելի է նմանեցնել կետային լիցքի:

9-35.  $a/R = \delta / \sqrt{1 - \delta^2} \approx \delta$ , եթե  $\delta = 0,05$  և  $R = 0,25$  մ սահմանային հեռավորությունը  $a = 1,2$  սմ:

9-36.  $R = 2,5$  մ,  $E = 113$  կՎ / մ, 1,1 անգամ:

9-37.  $R = 0,2$  մ,  $\delta = 10\%$ :

9-38.  $mV^2/2 = qq_0/4\pi\epsilon_0\varepsilon r$ : Թվային արժեքները տեղադրելով կգտնենք  $r = 6$  սմ:

9-39.  $r = 5,1 \cdot 10^{-10}$  մ:

9-40.  $r = 6,1 \cdot 10^{-14}$  մ:

9-41.  $r \approx 6 \cdot 10^{-15}$  մ,  $V = 1,6 \cdot 10^7$  մ/վ:

9-42.  $A = 1,2$  մկմ:

9-43. ա)  $\varphi = 11,3$  Վ, բ)  $\varphi = 30$  Վ:

9-45.  $A = 113$  մկմ:

9-46.  $V_1 = 16,7$  մմ/վ:

9-47. Պատասխանը հարմար է ներկայացնել այսուսակի տեսքով:

$U, \text{ Վ}$	1	5	10	100	1000
$V, \text{ մ/վ}$	$5,93 \cdot 10^5$	$1,33 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^6$	$5,93 \cdot 10^6$	$1,87 \cdot 10^7$

9-48.  $W_1 = 8,5 \cdot 10^{-13}$  Ջ:  $U = 2,56$  ՄՎ:

9-49. Ունենք  $dA = g dU$ , բայց  $dU = -Edr = \tau dr / 2\pi\epsilon_0\varepsilon r$  և

$$A = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{qr}{2\pi\epsilon_0\varepsilon r} dr = \frac{qr}{2\pi\epsilon_0\varepsilon} \ln \frac{r_1}{r_2}, \text{ որտեղից } \tau = \frac{2\pi\epsilon_0\varepsilon A}{qr \ln(r_1/r_2)}$$

Տեղադրելով թվային տվյալները, կստանանք  $\tau = 0,6$  մկ ԿՎ/մ:

9-50.  $\tau = 3,7$  մկՎ/մ:

9-51.  $V = 2,97 \cdot 10^7$  մ/վ:

9-52.  $\sigma = 2 A \varepsilon_0 \varepsilon / q \cdot r = 6,6$  մկՎ/մ:

9-53.  $d = 4,8$  մմ:

9-54.  $m = 5,1 \cdot 10^{-16}$  կգ:

9-55. Դաշտի բացակայության դեպքում

$$mg = 6\pi\eta r V_1 : \quad (1)$$

Դաշտի առկայության դեպքում

$$mg - qE = 6\pi\eta r V_2 : \quad (2)$$

(1)-ից և (2)-ից գտնում ենք՝  $mg - qE = mgV_2/V_1$ , կամ

$$q = \frac{mg}{E} (1 - V_2/V_1) = \frac{mgd}{U} (1 - V_2/V_1) = 4,1 \cdot 10^{-18} \text{ ԿՎ:}$$

9-56. Էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում

$$mg = 6\pi\eta r V_1:$$

Դաշտի առկայության դեպքում փոշեհատիկի վրա ազդում է

հորիզոնական լուծության մասեւ վոշենիամիկը ստանում է արագացում. բայց չիման հենեամբով շարժումը հորիզոնական ուղղությամբ և կանոացվի մի որոշ  $V_2$  հաստատուն արագությամբ, ընդ որում  $qE = 6\pi \eta r V_2$ . (2)

$V_1$  և  $V_2$  արագությունների համապոր ուղղված է ու անկյան տակ, ընդ որում  $\alpha = V_2/V_1 = qE/mg$ : Ակնհայտ է, որ  $V_2/V_1 = 0,5 d/\ell$ , որտեղից  $\ell = 0,5V_1d/V_2 = 0,5mgd/qE = 2$  սմ: Այնուեւսն,  $V_2 = V_1d/2\ell = 1$  սմ/վ: Որունելի ժամանակը հրոշվում է  $t = d/2V_2$  կամ  $t = \ell/V_1$  բանաձեկից: Խնդիրի բայցին տվյալները տեղադրելով պահ դանաձներից ցանկացածի մեջ, կստանանք  $t=1$  վ:

$$9-57. \ell = 2 \text{ սմ}, t = 64 \text{ մվ}:$$

$$9-58. r=10^{-6} \text{ մ}, q=7,3 \cdot 10^{-18} \text{ ԿՎ}:$$

$$9-59. q=1,73 \text{ մկվ}:$$

$$9-60. U=22 \text{ կՎ}:$$

$$9-61. \ell = 22 \text{ մկմ}:$$

$$9-62. \ell=0,5 \text{ սմ}:$$

$$9-63. U=2,8 \text{ Վ}, E=530 \text{ Վ/մ}, \sigma=4,7 \text{ մկվ}/\text{մ}^2:$$

$$9-64. V=\sqrt{2eU} \wedge r/md=2,53 \cdot 10^{-6} \text{ մ/վ}:$$

$$9-65. E=5,7 \text{ Վ/մ}, V=10^{-6} \text{ մ/վ}, A=4,5 \cdot 10^{-19} \text{ Օ}, U=2,8 \text{ Վ}:$$

$$9-66. F=9,6 \cdot 10^{-14} \text{ Ն}, a=1,05 \cdot 10^{-17} \text{ մ/վ}^2, V=3,24 \cdot 10^{-6} \text{ մ/վ}, \sigma=5,3 \text{ մկվ}/\text{մ}^2:$$

9-67. Էլեկտրոնը հարթ կոնդենսատորի մեջ կշարժվի պարապուլ, հման հորիզոնական ուղղությամբ նետված նարմնի ժամրության ուժի դաշտում շարժմանը: Իրոք էլեկտրոնի վրա կոնդենսատորի մեջ ազդում է հաստատուն  $F=eE$  ուժը, որի ազդեցության տակ նա ծնուց կը դիմի  $a=eE/m$  առավացում և, կոնդենսատորի երկարությունը աճնենալով  $t=\ell/V$  ժամանակամիջոցում, կշեղվի

$$y=at^2/2=eEt^2/2mV^2$$

հեռավորությամբ: Որպեսզի էլեկտրոնը դուրս ըրջի կոնդենսատորից, պետք է  $y \geq d/2$ , որտեղ  $d$ -ն կոնդենսատորի թիթեների միջև եղած հեռավորությունն է: Այսուղից  $V \leq \ell \sqrt{eE/m}$ : Տեղադրելով բայցին տվյալները, էլեկտրոնի համար կստանանք  $V_0=3,64 \cdot 10^{-7} \text{ մ/վ}$ , մասնիկի համար՝  $V_0=6 \cdot 10^{-5} \text{ մ/վ}$ :

$$9-68. t=480 \text{ նվ}, S=22 \text{ սմ}:$$

$$9-69. a_r=15,7 \cdot 10^{-14} \text{ մ/վ}^2, a_\theta=8 \cdot 10^{-14} \text{ մ/վ}^2, a=17,6 \cdot 10^{-14} \text{ մ/վ}^2:$$

$$9-70. 2 \text{ ամգամ}:$$

$$9-71. Պրոտոնի և  $\alpha$ -մասնիկի շեղումը կլինի: միանույնը:$$

$$9-72. V=1,33 \cdot 10^{-7} \text{ մ/վ}, \alpha=41920^\circ$$

$$9-73. U=\frac{2U_0yd}{\ell(x+t/2)}=28 \text{ Վ}:$$

$$9-74. y=1 \text{ սմ}:$$

$$9-75. 2,24 \text{ անգամ}:$$

$$9-76. E_1=E_2U/(d_1\varepsilon_2+d_2\varepsilon_1)=60 \text{ կՎ/մ}, E_2=\varepsilon_1E_1/\varepsilon_2=10 \text{ կՎ/մ}:$$

$$9-77. C=710 \text{ նկֆ}, \Delta\phi=1400 \text{ Վ}:$$

$$9-78. m=2,5 \cdot 10^{-20} \text{ կգ}:$$

9-79. ու կարիների լիցքը՝  $q_h=q_n$ : Այդ լիցքը կգտնվի մեծ կարինի վրա: Մեծ կարինի շառավիղը կորուզվի  $n=4/3 \pi r^3 \rho=4/3 \pi R^3 \rho$  պայմանից, որտեղից  $R=r\sqrt[3]{n}$ : Այդ ժամանակ կարինի պոտենցիալը

$$\varphi_p = \frac{q_n}{C} = \frac{nq}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} = \frac{nq}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} \sqrt[3]{n} = 3,64 \text{ կՎ}:$$

$$9-80. \varphi=19,5 \text{ կՎ}:$$

$$9-81. r=2,1 \text{ սմ}:$$

$$9-82. \varphi=E_0R-\rho \text{ գծային կախում է}, \varphi=1,5 \text{ ՄՎ}:$$

$$9-83. W_t=2,66 \cdot 10^{-6} \text{ Ջ}:$$

$$9-84. C=5,9 \text{ նՖ}:$$

$$9-85. \sigma=1,77 \text{ մկվ}/\text{մ}^2:$$

$$9-86. D=3 \text{ սմ}:$$

9-87. Տվյալ դեպքում  $q_1=q_2$ , որտեղ  $q_1$ -ը և  $q_2$ -ը կոնդենսատորի թիթեների վրա եղած լիցքերն են՝ երոնիտով և առանց երոնիտի: Այսպիսով,  $q=const$ : Յետևաբար, թիթեների վրա լիցքի մակերևության խտությունը՝  $\sigma=q/S=const$ : Բանի որ  $E=\sigma/\varepsilon_0\varepsilon=U/d$ , ապա երոնիտ լցնելուց առաջ և հետո կոնդենսատը

$$\sigma d=U_1\varepsilon_1\varepsilon_1, \sigma d=U_2\varepsilon_2\varepsilon_2:$$

Դաշվի առնելով, որ  $\sigma=const$  և  $d=const$ , կստանանք  $U_1\varepsilon_1=U_2\varepsilon_2$ , որտեղից  $U_2=U_1\varepsilon_1/\varepsilon_2=115 \text{ Վ}$ :

$$Այնուեւս երոնիտ լցնելուց առաջ և հետո ունենք$$

$$C_1=\varepsilon_0\varepsilon_1S/d=17,7 \text{ պՖ}, C_2=\varepsilon_0\varepsilon_2S/d=46 \text{ պՖ},$$

$$\sigma_1=\sigma_2=q/S=CU/S=531 \text{ մկվ}/\text{մ}^2:$$

9-88. Տվյալ դեպքում  $U_1=U_2=U=300 \text{ Վ}$ ,  $C_1=17,7 \text{ պՖ}$ ,  $C_2=46 \text{ պՖ}$ ,  $\sigma_1=531 \text{ մկվ}/\text{մ}^2$ ,  $\sigma_2=1,38 \text{ մկվ}/\text{մ}^2$ :

9-89. Եթե  $E_1$ -ը և  $E_2$ -ը էլեկտրուկան դաշտի լարվածություններն են,  $U_1$ -ը և  $U_2$ -ը՝ լարման անկումները յուրաքանչյուր շերտում, ապա

$$\varepsilon_1E_1=\varepsilon_2E_2,$$

$$U_1+U_2=U$$

(1) հավասարումը կարելի է գրել այսպիս:

$$E_1d_1+E_2d_2=U:$$

(1)-ից և (3)-ից ունենք



ժուրյան հոսքը փոքրացել է  $\propto N_E = 750$  Վ.մ-ով. Եներգիայի ծավալային խտությունը փոքրացել է  $\propto W_0 = 48 \text{ ՋԶ}/\text{մ}^3$  -ով: բ) Ունակությունը, ինչպես ա) դեպքում, փոքրացել է  $\propto \ell = 1,1$  պֆ-ով. լարվածության հոսքը չի փոխվել ( $\propto N_E = 0$ ). Եներգիայի ծավալային խտությունը նույնպես չի փոխվել ( $\propto W_0 = 0$ ):

$$9-121. \text{ ա) } W_0 = \sigma^2 R^4 / 2 \varepsilon_0 \varepsilon (R + X)^4 = 97 \text{ ՋԶ}/\text{մ}^3, \text{ բ) } W_0 = \sigma^2 / 8 \varepsilon_0 \varepsilon = 1,97 \text{ Ջ}/\text{մ}^3, \text{ գ) } W_0 = T^2 / 8 \pi^2 \varepsilon_0 \varepsilon \times 2 = 50 \text{ ՋԶ}/\text{մ}:$$

9-122. Նշանակենք  $\sigma$ -ով լիցքի ճակերևության խտությունը կոնդենսատորի թիթեղների վրա դիէլեկտրիկի բացակայության դեպքում,  $\sigma_{\eta}$ -ով՝ լիցքի ճակերևության խտությունը կոնդենսատորի թիթեղների վրա դիէլեկտրիկի առկայության դեպքում,  $\sigma_{\text{կապ}}$ -ով՝ կապված (քեռացված) լիցքերի ճակերևության խտությունը դիէլեկտրիկում:  $\sigma_{\eta}$  և  $\sigma_{\text{կապ}}$  լիցքերի հաճատեղ ազդեցությունն այնպիսին է, որ կարծես թե հաղորդչի և դիէլեկտրիկի սահմանի վրա գոյություն ունի:

$$\sigma = \sigma_{\eta} - \sigma_{\text{կապ}} \quad (1)$$

Խտությամբ բաշխված լիցք: Այսպիսով, ուն «արդյունավետ» լիցքերի ճակերևության խտությունն է, այսինքն այն լիցքերի, որոնցով որոշվում է գումարային հաճազոր դաշտը դիէլեկտրիկում: Ակնհայտ է, որ  $\sigma_0$ ,  $\sigma_{\eta}$  օներությունները կապված են դաշտի հաճապատճախան լարվածությունների հետ հետևյալ առնչություններով.

Դիէլեկտրիկի բացակայության դեպքում

$$E_1 = \sigma_0 / \varepsilon_0 = U_1 / d. \quad (2)$$

Դիէլեկտրիկի առկայության դեպքում

$$E_2 = \sigma_{\eta} / \varepsilon_0 \varepsilon = \sigma / \varepsilon_0 = U_2 / d. \quad (3)$$

$$(1)-ից ունենք  $\sigma_{\text{կապ}} = \sigma_{\eta} - \sigma$ , կամ (3)-ի հիման վրա$$

$$\sigma_{\text{կապ}} = \varepsilon_0 \varepsilon E_2 - \varepsilon_0 E_2 = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) E_2 = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) U_2 / d:$$

ա) Սինէլ լարվածության աղբյուրից կոնդենսատորի անջատելը

$$U_1 = U_2 = U \text{ և } \sigma_{\text{կապ}} = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) U / d = 17,7 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2:$$

Կոնդենսատորը դիէլեկտրիկով լցնելիս նրա լիցքի ճակերևության փոփոխությունը՝  $\sigma_{\eta} - \sigma_0 = \varepsilon_0 \varepsilon E_2 - \varepsilon_0 E_1$ : Բանի որ այս դեպքում  $E_2 = E_1 = U/d$ , ապա

$$\sigma_{\eta} - \sigma_0 = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) U / d = \sigma_{\text{կապ}} = 17,7 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2:$$

Այսպիսով, լարման աղբյուրի շնորհիվ կոնդենսատորի թիթեղների վրա կհայտնվեն լրացուցիչ լիցքեր, որոնք չեզոքացնում են դիէլեկտրիկի քեռացման հետևանքով լիցքի նվազումը:

բ) Կոնդենսատորը լարման աղբյուրից անջատելուց հետո  $\sigma = \text{const}$  և

$$U_2 = \varepsilon_1 U_1 / \varepsilon_2 \text{ (տես 9-87-ի յուծումը) և}$$

$$\sigma_{\text{կապ}} = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) U_2 / d = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \varepsilon_1 U_1 / \varepsilon_2 d = 2,37 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2:$$

Բանի որ  $\sigma = \text{const}$ , ապա  $\sigma_{\text{կապ}} = \sigma_0$ , այսին չեն կոնդենսատորի թիթեղների վրա լիցքի ճակերևության խտությունը մնում է անփոփոխ:

9-123. Պ թեռացման վեկտորը, որը բվապես հավասար է  $\sigma_{\text{կապ}}$  կապված լիցքերի ճակերևության խտությամբ, համեմատական է դաշտի լարվածությամբ դիէլեկտրիկում, այսինքն  $P = \sigma_{\text{կապ}} = \chi / E$ : Տե համեկարգում  $\chi'$  դիէլեկտրիկ ընկալման չափայնությունը ֆարադ բաժնամաժնություն: Կարելի է ցույց տալ, որ  $\chi = 4\pi \varepsilon_0 \chi'$ , որտեղ  $\chi'$  առանց չափայնության մեծությունը (դիէլեկտրիկ ընկալման աղյուսակային արժեքն է): Այդ ժամանակ դիէլեկտրիկում կապված լիցքերի ճակերևության խտությունը՝  $\sigma_{\text{կապ}} = 4\pi \varepsilon_0 \chi E = 4\pi \varepsilon_0 \chi U / d = 7,1 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2$ :

Գտնենք դիէլեկտրիկի դիէլեկտրիկ բավանցելիությունը: Բանի որ  $\sigma_{\text{կապ}} = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) E$  (տես 9-122-ի յուծումը), ապա  $\sigma_{\text{կապ}} = 4\pi \varepsilon_0 \chi E = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) E$ , որտեղից  $(\varepsilon - 1) = 4\pi \chi$ , կամ  $\varepsilon = 1 + 4\pi \chi = 1 + 4\pi \cdot 0,08 = 2$ : Այդ դեպքում  $E = U/d = \sigma_{\eta} / \varepsilon_0 \varepsilon$ : Այսուղից թիթեղների վրա լիցքի ճակերևության խտությունը՝

$$\sigma_{\text{կապ}} = U \varepsilon_0 \varepsilon / d = 14 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2:$$

$$9-124. \text{ ա) } E = 300 \text{ Կլ}/\text{մ}, \text{ բ) } \sigma_{\eta} = 15,9 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ գ) } \sigma_{\text{կապ}} = 13,3 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ դ) } \chi' = \sigma_{\text{կապ}} / E = 44,4 \text{ պֆ}/\text{մ}, \text{ չ) } \chi = \chi' / 4\pi = 0,4:$$

$$9-125. \text{ } U = 1,75 \text{ Կլ:}$$

$$9-126. \text{ } \sigma_{\text{կապ}} = 1 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2:$$

$$9-127. \text{ ա) } E = 752 \text{ Կլ}/\text{մ}, \text{ օ) } \varepsilon_0 = 13,3 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ բ) } \sigma_{\text{կապ}} = 6,7 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ գ) } \sigma_{\eta} = 13,3 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ դ) } W_0 = 5 \text{ ՋԶ}/\text{մ}^3, \text{ ե) } \chi' = 8,9 \text{ պֆ}/\text{մ}, \text{ չ) } \chi = 0,08:$$

$$9-128. \text{ } \sigma_{\text{կապ}} = 5,3 \text{ մկ Կլ}/\text{մ}^2, \text{ չ) } \chi' = 17,7 \text{ պֆ}/\text{մ}, \text{ չ) } \chi = 0,159:$$

$$9-129. \text{ ա) } A = 19,7 \text{ մկմ}, \text{ բ) } A = 98 \text{ մկմ:}$$

## §10. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՑ

$$10-1. \text{ } q = \int_{t_1}^{t_2} I dt = \int_{t_1}^{t_2} (4 + 2t) dt = 48 \text{ Կլ}, \text{ } S_0 = 12 \text{ Ա:}$$

$$10-2. \text{ ա) } R = 70 \text{ Օմ}, \text{ բ) } R_1 = 37,5 \text{ Օմ}, \text{ } R_2 = 116,7 \text{ Օմ}, \text{ } R_3 = 175 \text{ Օմ}, \text{ } R_4 = 350 \text{ Օմ:}$$

$$10-3. \text{ } N = 200:$$

$$10-4. \text{ } \ell = 500 \text{ մ}, d = 1 \text{ մմ:}$$

$$10-5. \text{ } R = 1,8 \text{ մՕմ:}$$

$$10-6. \text{ } 2,22 \text{ անգամ:}$$

$$10-7. \text{ Ունենք } R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1), \text{ որտեղ } R_0 \text{ մ թվայի դիմադրությունն է } t=0^\circ\text{C} \text{ դեպքում, այսուղից } R_0 = R_1 / (1 + \alpha t_1) = 32,8 \text{ Օմ: Այնուեւ,}$$

Ս/Ը 364 Օմ, և բանի որ  $R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2)$ , ապա  $t_2 = (R_2 - R_0)/R_0 \alpha = 2200^{\circ}\text{C}$ :

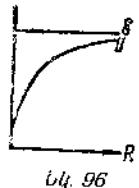
10-8.  $\mathfrak{I} = 17,5 \text{ մԱ}$ :

10-9.  $t_2 = 70^{\circ}\text{C}$ :

10-10.  $U = 5,4 \text{ Վ}$ :

10-11.  $U_1 = 12 \text{ Վ}$ ,  $U_2 = U_3 = 4 \text{ Վ}$ ,  $\mathfrak{I}_2 = 2 \text{ Ա}$ ,  $\mathfrak{I}_3 = 1 \text{ Ա}$ :

10-12.  $\mathfrak{I} = 0,11 \text{ Ա}$ ,  $U = 0,99 \text{ Վ}$ ,  $U_r = 0,11 \text{ Վ}$ ,  $\eta = 0,9$ :



նկ. 96

$$10-13. U = \frac{\varepsilon}{R+r} R = \frac{1,1}{1+R} R: \text{ Նկ. 96-ում պատկեր-}$$

ված կորը տայիս է արտաքին շղթայում Ս պլոտենցիալի ամենա կայտանան բնույթը արտաքին R դիմադրությունից: Կորը ասինպոտորեն մոտենում է  $U = \varepsilon = 1,1 \text{ Վ}$  ուղղին:

$$10-14. U_r = 0,125 \text{ Վ}, R = 7,5 \text{ Օմ}$$

10-15.  $\eta = 25\%$ :

10-16.  $U_r = 2,7 \text{ Վ}$ ,  $r = 0,9 \text{ Օմ}$ :

10-17.  $x = U/\varepsilon = n/(1+n)$ , ա)  $x = 9,1\%$ , բ)  $x = 50\%$ , գ)  $x = 91\%$ :

10-18.  $\eta = 80\%$ :

10-19. Տարրերի հաջորդական միացման դեպքում  $\mathfrak{I}_1 = 2\varepsilon / (2r + R)$ , գուգահեռ միացման դեպքում  $\mathfrak{I}_2 = \varepsilon / (0,5 r + R)$ :

ա)  $\mathfrak{I}_1 = 5 \text{ Ա}$ ,  $\mathfrak{I}_2 = 5,7 \text{ Ա}$ , բ)  $\mathfrak{I}_1 = 0,24 \text{ Ա}$ ,  $\mathfrak{I}_2 = 0,124 \text{ Ա}$ : Այսպիսով, R փոքր արտաքին դիմադրության դեպքում ավելի ծեռնոտու է տարրերը միացմեն գուգահեռ, իսկ մեծ արտաքին դիմադրության դեպքում հաջորդացը:

10-20. ա)  $\Delta R/R = 1\%$ , բ)  $\Delta R/R = 10\%$ , գ)  $\Delta R/R = 100\%$ :

10-21. ա)  $\Delta R/R = 20\%$ , բ)  $\Delta R/R = 2\%$ , գ)  $\Delta R/R = 0,2\%$ :

10-22.  $\mathfrak{I}_1 = 0,6 \text{ Ա}$ ,  $\mathfrak{I}_2 = 0,4 \text{ Ա}$ ,  $\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_1 + \mathfrak{I}_2 = 1 \text{ Ա}$ :

10-23. Շղթայում հոսանքը  $\mathfrak{I} = 2\varepsilon / (R + r_1 + r_2) = 1,33 \text{ Ա}$ : Առաջին

մարտկոցի տարրի մեղմակների վրա պլոտենցիալների տարրերությունը՝  $U_1 = \varepsilon - \mathfrak{I} r_1 = 0,66 \text{ Վ}$ : Երկրորդ մարտկոցի տարրի մեղմակների վրա պլոտենցիալների տարրերությունը՝  $U_2 = \varepsilon - \mathfrak{I} r_2 = 0$ : Սովորողներին առաջարկվում է ընդհանուր ձևով ուսումնասիրել, թե  $R$ -ի,  $r_1$ -ի և  $r_2$ -ի միջև ինչպիսի հարաբերակցության դեպքում պլոտենցիալների տարրերությունը տարրերից մեջի մեղմակների վրա հավասար կլինի զրոյի:

10-24.  $R_1 = 1,5 \text{ Օմ}$ ,  $R_2 = 2,5 \text{ Օմ}$ ,  $U_1 = 7,5 \text{ Վ}$ ,  $U_2 = 12,5 \text{ Վ}$ :

10-25.  $\varepsilon = 2 \text{ Վ}$ ,  $r = 0,5 \text{ Օմ}$ :

10-26.  $\mathfrak{I} = 0,2 \text{ Ա}$ :

10-27.  $R_1 = 60 \text{ Օմ}$ :

10-28.  $\Omega_2 = 0,4 \text{ Օ}$ ,  $U_2 = 32 \text{ Վ}$ :

10-29.  $R_2 = 60 \text{ Օմ}$ :

10-30.  $\mathfrak{I} = 2 \text{ Ա}$ ,  $\Omega_2 = 2,4 \text{ Օ}$ :

10-31.  $U = 80 \text{ Վ}$ :

10-32.  $\varepsilon = 170 \text{ Վ}$ :

10-33. ա)  $\mathfrak{I} = 0,22 \text{ Ա}$ ,  $U = 110 \text{ Վ}$ , բ)  $\mathfrak{I} = 0,142 \text{ Ա}$ ,  $U = 53,2 \text{ Վ}$ , գ)  $\mathfrak{I} = 0,57 \text{ Ա}$ ,  $U = 110 \text{ Վ}$ , դ)  $\mathfrak{I} = 0,089 \text{ Ա}$ ,  $U = 35,6 \text{ Վ}$ :

10-34.  $\mathfrak{I} = 40 \text{ Ա}$ :

10-35. Անպերազափին գուգահեռ պետք է միացնել  $R = 0,02 \text{ Օմ}$  դիմադրություն: Անպերազափի բաժանմունքի արժեքը կփոխվի և  $0,1 \text{ Ա}/\text{բաժ}-ի$  փոխարեն կլինի  $1 \text{ Ա}/\text{բաժ}$ :

10-36. Վոլտաչափի հետ հաջորդաբար պետք է միացնել  $R = 3 \text{ կօմ}$  դիմադրություն: Վոլտաչափի բաժանմունքի արժեքը կփոխվի և  $0,2 \text{ Վ}/\text{բաժ}-ի$  փոխարեն կլինի  $0,5 \text{ Վ}/\text{բաժ}$ :

10-37. ա) Սարքին գուգահեռ պետք է միացնել  $R = 0,555 \text{ Օմ}$  դիմադրություն: բ) Սարքի հետ հաջորդաբար պետք է միացնել  $R = 9,95 \text{ կօմ}$  դիմադրություն:

10-38.  $R = 300 \text{ Օմ}$ ,  $\ell = 21,2 \text{ մ}$ :

10-39. Տես. նկ. 97:  $\mathfrak{I}_1 = \mathfrak{I}_2 = 0,365 \text{ Ա}$ ,

$\mathfrak{I}_3 = 0,73 \text{ Ա}$ :

10-40.  $\Delta U = 6,8 \text{ Վ}$ :

10-41.  $\Delta P = 212 \text{ Վտ}$ :

10-42.  $S = 78 \text{ մմ}^2$ :

10-43. ա)  $Q_1/Q_2 = 0,17$ , բ)  $U_1/U_2 = 0,17$ :

10-44. ա)  $Q_1/Q_2 = 5,9$ , բ)  $U_1/U_2 = 1$ :

10-45.  $Q_1 = 18 \text{ Զ}/\text{Վ}$ :

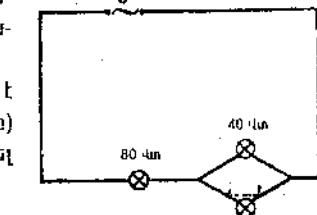
10-46.  $P_0 = 2,4 \text{ կՎտ}$ ,  $P = 2,3 \text{ կՎտ}$ ,  $\eta = 96\%$ :

10-47.  $r = 1 \text{ Օմ}$ ,  $\eta_1 = 83,3\%$ ,  $\eta_2 = 16,7\%$ :

10-48.Կորի կետերով կազմենք աղյուսակ (նկ. 34):

$\mathfrak{I}, \text{ Ա}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P, \text{ Վտ}$	0	1,8	3,2	4,2	4,8	5	4,8	4,2	3,2	1,8	0

Արտաքին շղթայում անջաւղղող հզորությունը (օգտակար հզորությունը) հասնում է առավելագույնի, եթե արտաքին դիմադրությունը հավասարվում է տարրի ներքին դիմադրությանը: Այդ դեպքում արտաքին շղթայում պլոտենցիալների տարրերությունը տարրերից մեջի մեղմակների վրա հավասար կլինի զրոյի:



նկ. 97

$\eta=0,5$ : Մեր դեպքում  $P_{max}=3U=5$  Վտ: Հետևաբար  $U=P_{max}/3=1$  Վ: Այստեղից տարրի էլեկտ. Շ=2U=2 Վ: Քանի որ այս դեպքում  $\beta=\varepsilon/2r$ , ապա հոսանքի տարրի ներքին դիմացրությունը՝  $r=\varepsilon/2\beta=0,2$  Օմ: Այստարքին շրայլում պատճենցիալի անկումը՝  $U=P/3$ , հոսանքի տարրի 0,44 Օմ՝  $\eta=U/\varepsilon=P/\varepsilon\beta$ :

10-49. Կորի կետերով (նկ. 34) կատուններ (տես 10-48 խնդիրը)  $\varepsilon=2$  Վ,  $r=0,2$  Օմ: Իմանալով  $\varepsilon$ -ըև  $r$ -ը, կատուններ դ-ն,  $R_1$  և  $R_2$ -ն:

10-50.  $\varepsilon=4$  Վ,  $r=1$  Օմ:

10-51. Ս-ի,  $R_1$  և  $R_2$ -ի R-ից կախվածության մասին տես 10-48 և 10-49 խնդիրների լուծումներում:

10-52.  $\varepsilon=6$  Վ,  $r=1$  Օմ:

10-53.  $P=60$  Վտ:

10-54.  $\beta=1$  Ա:

10-55.  $P_1=16$  Վտ:

10-56.  $\varepsilon=100$  Վ:

10-57. Ս պատճենցիալների տարրերությունը լամպի ծայրերում փոփոխվում է 30-ից 54,5 Վ: Լամպի կողմից ծախսվող հզորությունը այդ փոփոխվում է 30-ից մինչև 9,9 Վու:

10-58. ա)  $Q_1=6,37$  Ջ/Վ,  $Q_2=3,82$  Ջ/Վ, բ)  $Q_1=16,2$  Ջ/Վ,  $Q_2=27,2$  Ջ/Վ:

10-59. Ավելի շատ (1,5 անգամ) հզորություն ծախսում է փոքր դիմացրություն ունեցող լամպը:

10-60.  $\Delta t=36^{\circ}\text{C}$ :

10-61.  $V=2,9$  Վ:

10-62.  $P=1,2$  կՎտ,  $R=12$  Օմ:

10-63.  $Q=250$  կՋ:

10-64. ա)  $\tau=25$  ր, բ)  $\tau=50$  ր, գ)  $\tau=12,5$  ր:

10-65. ա)  $\tau=45$  ր, բ)  $\tau=10$  ր:

10-66. ա)  $\tau=22$  ր:

10-67.  $R_1=5,4$  Օմ,  $C=2,1$  կԳ/(կգ. Կ),  $R_2=49,6$  Օմ:

10-68.  $\eta=80\%$ :

10-69. ա)  $R=14,4$  Օմ, բ)  $\beta=11,3$  Օ, գ)  $P=1$  կՎտ:

10-70.  $\Delta t=3^{\circ}\text{C}$ :

10-71. Մեկ ամսում ծախսված էնեկտրաէներգիայի արժեքը 1 ռ. 33 կուգ. է:

10-72.  $\tau=49$  ր:

10-73.  $R=33$  Օմ:

10-74. Պղնձե լարի և կապարե ապահովիչի վրա անջատված քեր- մության քանակը՝

$$C_1 = \mu_1 C_1 \wedge t = \mu_1 \ell_1 S_1 C_1 \wedge t_1, \quad Q_2 = \delta_2 \ell_2 S_2 (C_2 \wedge t_2 + r), \quad (1)$$

որտեղ  $\delta_1$ -ը և  $\delta_2$ -ը պղնձի և կապարի խոտերություններն են,  $\ell_1$ -ը և  $\ell_2$ -ը լարի և ապահովիչի երկարություններն են,  $C_1$ -ը և  $C_2$ -ը պղնձի և կապարի տեսակարար շերմանակություններն են,  $\wedge t_1$ -ը և  $\wedge t_2 = t_{hw} - t_0$ -ը լարի և ապահովիչի շերմաստիճանների անց է,  $r$ -ը կապարի համան տեսակարար շերմանակությունն է: Քանի որ երկու լարերն են շրային հաջորդա- բար, ապա

$$S_1=S_2, \quad Q_1/Q_2 = R_1/R_2 = \ell_1 S_1 R_1 / \ell_2 S_2 R_2, \quad (2)$$

որտեղ  $R_1$ -ը և  $R_2$ -ը պղնձի և կապարի տեսակարար դիմացրություններն են: (1)-ից և (2)-ից ունենք

$$\frac{\delta_1 \ell_1 S_1 C_1 \wedge t_1}{\delta_2 \ell_2 S_2 (C_2 \wedge t_2 + r)} = \frac{\mu_1 \ell_1 S_2}{\mu_2 \ell_2 S_1}.$$

որտեղից շերմաստիճանների տարբերությունը

$$\wedge t_1 = \frac{\mu_1 \delta_2 S_2^2 (C_2 \wedge t_2 + r)}{\mu_2 \delta_1 S_1^2 C_1}.$$

Մեզ մոտ (տես աղ. XI և XV)  $\mu_1=0,017$  մկՕմ.մ,  $\mu_2=0,22$  մկՕմ.մ,  $\delta_1=8,6 \cdot 10^3$  կգ/մ³,  $\delta_2=11,3 \cdot 10^3$  կգ/մ³,  $C_1=395$  Հ/(կգ. Կ),  $C_2=126$  Հ/(կգ. Կ),  $t_{hw}=327^{\circ}\text{C}$ ,  $r=22,6$  կԶ/կգ,  $\wedge t_2=t_{hw} - t_0 = 310^{\circ}\text{C}$ : Տեղադրիկ այս տվյալները՝ կստանանք՝  $\wedge t=1,8^{\circ}\text{C}$ :

$$10-75. Q_t = 1,55 \text{ կԶ/(Վ.մ}^3\text{)}$$

$$10-76. S_1=S_2=26,7 \text{ մԱ}, \quad \mathcal{I}_3=\mathcal{I}_4=4 \text{ մԱ}:$$

10-77. Կիրառենք Կիրխոնֆի օրենքը տվյալ ճյուղավորված շղ- թայի համար: Անենից առաջ մկ. 98-ում պարներով նշենք հոսանքների ուղղությունները: Ենքաղենք թե հոսանքները կիսեն մեր դրան ալաքների ուղղությամբ: Ըստ Կիրխոնֆի առաջին օրենքի Ծ հանգույցում

$$\mathcal{I}_3=\mathcal{I}_4+\mathcal{I}_5: \quad (1)$$

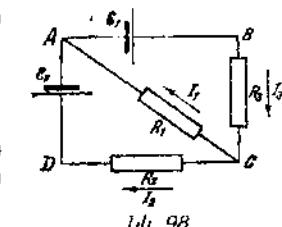
(Ա հանգույցի համար մենք կստանանք նոս- նանան հավասարում): Կիրխոնֆի երկրորդ օրենքի համաձայն ABC և ACD կոնտուրների համար

$$\mathcal{I}_3 R_3 + \mathcal{I}_1 R_1 = \mathcal{E}_1, \quad (2)$$

$$\mathcal{I}_1 R_1 - \mathcal{I}_2 R_2 = \mathcal{E}_2: \quad (3)$$

(ACD կամ ABC կոնտուրների փոխարեն կարելի եր վերցնել ABCD կոնտուրը):

Ունենք երեք հավասարում երեք անհայտներով  $\mathcal{I}_1$ ,  $\mathcal{I}_2$ ,  $\mathcal{I}_3$ :



Նիրականական գործությամբ խնդիրները լուծելիս հարցար է (1)-(3) հավասարությունները գործ թվային տեսքով:

$$3_3=3_1+3_2, \quad 103_3+453_1=2.1, \quad 453_1-103_2=1.9;$$

Լուծելով այս հավասարությունները, կստանանք  $3_1=0.04$  Ա,  $3_2=-0.01$  Ա,  $3_3=0.03$  Ա:  $3_2$ -ի բացասական նշանը ցույց է տալիս, որ հոսանքի ուղղությունը թենք չենք ընտրել:  $3_2$  հոսանքի ուղղությունը իրականում կլինի D-ից C, ոչ թե հակառակ ուղղությամբ, ինչպես մենք ընդունել ենք հավասարությունները կազմելուց առաջ:

$$10-78. U=1.28 Վ:$$

$$10-79. R=0.66 Օմ, \quad 3_2=0.5 Ա, \quad 3=1.5 Ա:$$

$$10-80. R=0.75 Օմ, \quad 3_2=2 Ա, \quad 3=4 Ա:$$

$$10-81. 3=0.4 Ա:$$

$$10-82. 3=2 Ա:$$

$$10-83. R_1=20 Օմ:$$

$$10-84. 3=0.45 Ա:$$

$$10-85. 3=1 Ա:$$

$$10-86. 3_1=385 Ա, \quad 3_2=77 մԱ, \quad 3_3=308 ՑԱ:$$

$$10-87. 3_1=0.3 Ա, \quad 3_2=0.5 Ա, \quad 3_3=0.8 Ա, \quad R_3=7.5 Օմ:$$

$$10-88. \varepsilon_2=30 Վ, \quad \varepsilon_3=45 Վ:$$

$$10-89. 3=9 Ա:$$

$$10-90. \varepsilon_1=24 Վ, \quad \varepsilon_2=12 Վ, \quad 3_2=1.2 Ա, \quad 3_3=0.3 Ա:$$

$$10-91. 3_1=2.28 Ա, \quad 3_2=0.56 Ա, \quad 3=1.72 Ա:$$

$$10-92. 3 \text{ անգամ:}$$

$$10-93. U=100 Վ:$$

$$10-94. \varepsilon_1=\varepsilon_2=200 Վ:$$

$$10-95. 3=75 մԱ:$$

$$10-96. \text{ա) } U_1=120 Վ, \quad U_2=80 Վ, \quad \text{բ) } U_1=U_2=100 Վ:$$

$$10-97. \tau=2 ժ:$$

$$10-98. \tau=10 ր, \quad d=4.6 միլ:$$

$$10-99. j=56 Ա/մ²:$$

$$10-100. K=1.04 \cdot 10^{-8} Կգ Ա/Կ:$$

$$10-101. Անպիրազափ ցույց է տալիս 0.04 Ա/ու վոլտ պոտու:$$

$$10-102. m_2=53 նգ:$$

$$10-103. \tau=149 ժ, \quad W=53.7 Ջ:$$

$$10-104. W=1.8 Ջ:$$

10-105. Էլեկտրալիզի ժամանակ նյութի ու գունդված անքանություն հաճար անիրածելու էներգիան:

$$W=3 Ut=mUZF/A, \quad (1)$$

որտեղ՝ F-ը Ֆարադեյի հակոռակությունն է, A-ն մոլային զանգվածը, Z-ը վալենտականությունը և U-ն էլեկտրական պոտենցիալների տարրերությունը: Որպեսով քայլականը  $n=2$  մոլ դրու, այսինքն որպեսով անդատենք  $m=4$  գ. քայլին, պահանջվում է  $5.75 \cdot 10^{-6}$  Չ էներգիա: Այսպիսով, մեզ մոտ  $m=4$  գ.  $W=5.75 \cdot 10^{-6}$  Ջ: Տեղադրելով թվային արժեքները (1)-ում, կստանանք  $U=1.5$  Վ:

10-106. Թույլ լուծույթներում  $\alpha \approx 1$ , այսինքն բոլոր մոլեկուլները տարրաբաժանված են: Յետևաբար, համարձեք հաղորդականությունը՝

$$\Delta_{\infty}=F(U_++U_-):$$

Տեղադրելով թվային տվյալները  $F=90.5 \cdot 10^3$  Կլ/մոլ,  $U_+=3.26 \cdot 10^{-7}$  Ծ<sup>2</sup>/Վ.Վ և  $U_-=0.64 \cdot 10^{-7}$  Ծ<sup>2</sup>/Վ.Վ, կստանանք  $\Delta_{\infty}=37.6 \cdot 10^{-3}$  Ծ<sup>2</sup>/(Օմ.մոլ):

$$10-107. q_+=100 Կլ, \quad q_-=20 Կլ:$$

$$10-108. \text{ա) } \alpha=94\%, \quad \text{բ) } \eta=0.1 \text{ մոլ/լ.} \quad \text{գ) } U_++U_-=1.35 \cdot 10^{-7} \text{ Ծ}^2/\text{Վ.Վ}:$$

$$10-109. R=180 կՕմ:$$

$$10-110. R=520 կՕմ:$$

$$10-111. \Delta_{\infty}=3.9 \cdot 10^{-3} \text{ Ծ}^2/(Օմ.մոլ):$$

$$10-112. \alpha=92\%:$$

$$10-113. n=5.5 \cdot 10^{25} ծ^{-3}:$$

$$10-114. \gamma=10^{-12} Ծ^3/Վ:$$

$$10-115. j=0.24 Ա/մ/Ծ<sup>2</sup>, \quad \dot{\gamma}/\dot{\gamma}=0.01\%:$$

$$10-116. \beta_h=0.1 մԱ:$$

10-117. Դրական կամ բացասական նշանով իրոների անենամեռ թիվը խցիկի միավոր ծակալուն ստացվում է այն պայմանի դեպքում, եթե իրոների քանակի նվազումը տեղի է ունենում միայն վերամիավորման հաշվին: Այդ դեպքում  $N=\gamma n^2$  և  $n=\sqrt{N/\gamma}=3.2 \cdot 10^{13} ծ^{-3}$ :

$$10-118. R=3.4 \cdot 10^{14} Օմ:$$

$$10-119. \dot{\gamma}=3.3 նԱ, \quad \dot{\gamma}/\dot{\gamma}_h=3.3\%:$$

10-120. Ստոմի իրացման պոտենցիալ կոչվում է պոտենցիալների այն տարրերությունը, որը պետք է անցնի էլեկտրոնը, որպեսով առօնմին հարվածելին այն իրացմի: Անհ ինչու այն արագությունը, որը պետք է ունենա էլեկտրոնը, կարելի է գտնել ու  $V^2/2=eU$  հավասարությունից, կամ  $V=\sqrt{2eU/m}=2.2 \cdot 10^{-6} Ծ/վ:$

$$10-121. T=8 \cdot 10^{-4} Կ:$$

$$10-122. A=39.2 \cdot 10^{-19} Ջ:$$

$$10-123. V_1=8.3 \cdot 10^5 մ/վ, \quad U=1.4 \cdot 10^{-6} Ծ/վ:$$

10-124.  $T_1$  և  $T_2$  ցերմաստիճաններում վոլտակի տեսամբրությանը կերպարելելուրունակին է ճիշխան:

$$j_1=BT_1^2 \exp(-A/KT_1), \quad j_2=BT_2^2 \exp(-A/KT_2):$$

Բաժանելով երկրորդ հավասարությունը առաջինի վրա, կստանանք՝

$$\frac{j_2}{j_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^2 \exp \left\{ - \frac{A}{K} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right\} = 2,6:$$

$$10-125. j_2/j_1 = 1,1 \cdot 10^4.$$

10-126. Մաքուր վոլֆրամի տեսակարար էնիսիան  $T_1=2500$  Կ-ի դեպքում և բրիլումացված վոլֆրամի տեսակարար էնիսիան  $T_2$  ջերմաստիճանում:

$$j_1=B_1 T_1^2 \exp(-A_1/KT_1)=2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2, \quad j_2=B_2 T_2^2 \exp(-A_2/KT_2);$$

Հաստ պայմանի  $j_1=j_2$ , այսինքն

$$B_2 T_2^2 \exp(-A_2/KT_2)=2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2;$$

$$(1) \text{ հավասարումը կարելի է լրացնել երկու եղանակով.}$$

ա) Գրաֆիկական եղանակ: Արցիմենի առանցքի վրա  $\frac{B_2 T_2^2}{B_1 T_1^2} \exp(-A_2/A_1) = \frac{T_2^2}{T_1^2} \exp(-A_2/A_1)$  մեջությունը, իսկ օրդինատների առանցքի վրա՝  $y = 10^3 B_2 T_2^2 \exp(-A_2/KT_2)$  մեջությունը (նկ. 99): Յորիգունական ուղղի և այդ կորի հատման կետի արագիքը՝  $y = 2,84 \cdot 10^3$ , հենց կլինի ջերմաստիճանի դրույթի արժեքը: Յաշվումների արդյունքները հարձար են ներկայացնել արյուսակի տեսքով.

$T_2, \text{ Կ},$	$Z=A_2/KT_2$	$\exp(-Z)$	$y$
1500	20,3	$0,16 \cdot 10^{-8}$	$0,11 \cdot 10^{-3}$
1700	17,7	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,38 \cdot 10^{-3}$
1750	17,1	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$2,54 \cdot 10^{-3}$
1800	16,7	$5,6 \cdot 10^{-8}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$

Նկ. 99-ից երևում է, որ (1) հավասարման լուծումը  $T_2 \approx 1760$  Կ արժեքն է:

բ) Հաջորդական մոտավորությունների եղանակ: Քանի որ տեսակարար էնիսիայի կախումը հիմնականում որոշվում է  $\exp(-A/KT)$  էքսպոնենցիալ բազմապատկիշով, ապա առաջին մոտավորությամբ կարող ենք ընդունել

$$B_2 T_1^2 \exp(-A_2/KT_2) = B_2 (2500)^2 \exp(-A_2/KT_2) = 2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2,$$

այստեղից  $\exp(-A_2/KT_2) = 2,84 \cdot 10^3 / B_2 T_1^2 = 1,86 \cdot 10^{-8}$  և  $T_2 = 1690$  Կ - առաջին մոտավորություն: Երկրորդ մոտավորությամբ

$$B_2 (1690)^2 \exp(-A_2/KT_2) = 2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2,$$

այստեղից  $T_2 = 1770$  Կ - երկրորդ մոտավորություն:

բույրուն: Այնուհետև,

$B_2 (1770)^2 \exp(-A_2/KT_2) = 2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2,$   
այստեղից  $T_2 = 1750$  Կ - երրորդ մոտավորություն: Յամանման ծևով

$$B_2 (1750)^2 \exp(-A_2/KT_2) = 2,84 \cdot 10^3 \text{ Ա/մ}^2,$$

այստեղից  $T_2 = 1760$  Կ - չորրորդ մոտավորություն: Յեշտ է համոզվել, որ ինձներորդ մոտավորությունը երրորդ բանշամի ծշությամբ համընկնում է չորրորդ մոտավորության հետ: Այսիսկ որոնելի լուծում՝  $T_2 = 1760$  Կ:

## § 11. ԷԼԵԿՏՐԱՍԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

$$11-1. H=39,8 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-2. H=50 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-3. H_1=120 \text{ Ա/մ}, H_2=159 \text{ Ա/մ}, H_3=155 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-4. H_1=199 \text{ Ա/մ}, H_2=0, H_3=183 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-5. \beta_1 \text{ և } \beta_2 \text{ կետերի միջև } A \text{ կետից } a=3,3 \text{ սմ}$$

հեռավորության վրա:

$$11-6. A \text{ կետից } a \text{ աջ, նրանից } a_1=1,8 \text{ սմ} \text{ և} \\ a_2=6,96 \text{ սմ} \text{ հեռավորությունների վրա:$$

$$11-7. H_1=8 \text{ Ա/մ}, H_2=55,8 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-8. H_1=35,6 \text{ Ա/մ}, H_2=57,4 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-9. H=8 \text{ Ա/մ}: \text{ Սագնիսական դաշտի լարվածությունն ուղղված է երկու հաղորդականներով,} \\ \text{ամենող հարթությանն ուղղահայաց:}$$

$$11-10. \text{ Կրյումարար դաշտը ուղղված կլինի ուղղածից դեպի վեր,} \\ \text{նքանի առաջարած դաշտի } H \text{ լարվածությունը համակշռի երկրի} \\ \text{մագնիսական դաշտի } H_h \text{ լարվածության հորիզոնական բաղադրիչին:} \\ \text{Քանի որ } H=H_h = 3/2\pi a, \text{ ապա } a=3/2\pi H_h = 0,08 \text{ մ:}$$

$$11-11. \text{ Սագնիսական դաշտի լարվածությունը } C \text{ կետում հավասար} \\ \text{կլինի (նկ. 100):}$$

$$H = \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \frac{f}{r} \sin \alpha d\ell / 4\pi r^2:$$

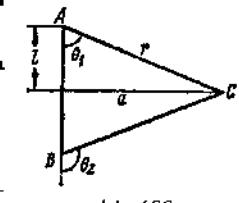
$$\text{Բայց } \ell = a \operatorname{tg} \alpha \text{ և } d\ell = -a d\alpha / \sin^2 \alpha, \text{ այնուհետև } r = a / \sin \alpha: \text{ Յետևարք}$$

$$H = - \frac{S}{4\pi a} \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \sin \alpha d\alpha = \frac{S}{4\pi a} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) = 31,8 \text{ Ա/մ},$$

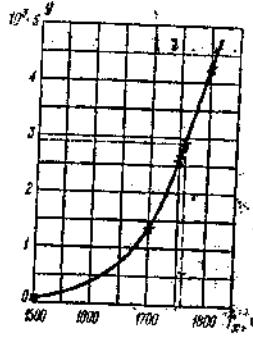
$$\text{որտեղ } \alpha_2 = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ:$$

$$11-12. H=56,5 \text{ Ա/մ}:$$

$$11-13. a \leq 5 \text{ սմ:}$$



նկ. 100



նկ. 99

11-14.  $\ell = 0,245 \text{ m}$ ,  $H = 358 \text{ A/m}$ :

11-15.  $H = 7,3 \text{ A/m}$ :

11-16.  $U = \pi \rho B^2 / SH = 0,12 \text{ V}$ :

11-17.  $H = 12,7 \text{ A/m}$ :

11-18.  $H = 25,7 \text{ A/m}$ :

11-19. a)  $H = 12,2 \text{ A/m}$ , b)  $H = 0$ :

11-20. a)  $H = 62,2 \text{ A/m}$ , b)  $H = 38,2 \text{ A/m}$ :

11-22.  $H = 177 \text{ A/m}$ :

11-23.  $H = 35,8 \text{ A/m}$ :

11-24.  $U_2 = 4U_1$ :

11-25.  $\ell = 0,2 \text{ m}$ :



Աղ. 101

11-26.  $R = 8 \text{ mΩ}$ :

11-27.  $H = 6,67 \text{ kA/m}$ :

11-28.  $H = 1,25 \text{ kA/m}$ :

11-29. 4 շերտից:

11-30.  $\Im N = 200 \text{ A. q.}, U = 2,7 \text{ V}$ :

11-31.  $\ell / D = (1 - \delta) / \sqrt{1 - (1 - \delta)^2} \approx (1 - \delta) / \sqrt{2 \delta}$ , եթե  $\delta \leq 0,05$ ,

կատանանք  $\ell / D \geq 3$ :

11-32.  $\delta = 3\%$ :

11-33. Աղ. 101-ում պատկերված է  $H=f(x)$  կախման բնույթը:

11-34.  $H_h = 16 \text{ A/m}$ :

11-35.  $n = 100 \text{ p}^{-1}$ :

11-36.  $\Phi = 113 \text{ mVb}$ :

11-37.  $\Phi = 157 \text{ mVb}$ :

11-38.  $\Phi = 1,6 \cdot 10^{-4} \cos(4\pi t + \alpha) \text{ Vb}$ , որտեղ  $\alpha$ -ն շրջանակի նորմայի կազմած անկյունն է մագնիսական դաշտի ուղղության հետ ժամանակի սկզբնական պահին:  $\Phi_{\max} = 160 \text{ mVb}$ :

11-39. Ուժենք

$$\mu = B / H \mu_0 \quad (1)$$

Ըստ պայմանի  $H = 796 \text{ A/m} \approx 0,8 \text{ kA/m}$ : II հավելվածում տրված  $B=f(H)$  գրաֆիկից գտնում ենք, որ  $H=0,8 \text{ kA/m}$  արժեքին համապատասխանում է  $B = 1,4 \text{ Sl}$ : Տեղաբեկով  $\mu_0 = 1$ ,  $H = 1$ ,  $B = 1$  արժեքները (1)-ի մեջ՝ կատանանք  $\mu = 1400$ :

11-40.  $\Im N = 500 \text{ A. q.}$ :

11-41.  $\Im N = 855 \text{ A. q.}$ :

11-42.  $\mu = 440$ :

11-43.  $\Im N = 5000 \text{ A. q.}$ :

11-44.  $B = 1,8 \text{ Sl}$ ,  $\mu = 200$ :

11-45. Մագնիսական ինդուկցիան հաջուկում և օդային թռչակում միենալուն է, այսինքն

$$B_1 = B_2 = \Phi / S = \frac{\Im N \mu_0}{\ell_1 / \mu_1 + \ell_2 / \mu_2} \quad (1)$$

Բանի որ  $B_1 = \mu_0 \mu_1 H_1$ , ապա (1)-ից ունենք

$$B_2 \frac{\ell_2}{\mu_2} + \mu_0 H_1 \ell_1 = \Im N \mu_0 \quad (2)$$

Այս հավասարումը ուղիղ գծի իավասարումն է կոորդինատային  $H$  և  $B$  առանցքներով: Բայց  $H$  և  $B$  մետրույունները, բայց (2) հավասարումից, կապված են նաև  $B=f(H)$  գրաֆիկով: (2) ուղիղ և  $B=f(H)$  կախմանը համապատասխանող կորի հատման կետի օրինատը տպիս  $\ell = B_1 = B_2$  նագմիսական ինդուկցիայի արժեքը: Ըստ (2) հավասարման ուղիղ գիծ կառուցելու հաճար գտնում ենք

$$B = \frac{\Im N \mu_0 \mu_2}{\ell_2} = 0,84 \text{ Sl}, \text{ եթե } H=0:$$

Եթե  $B=0$ ,  $H=\Im N / \ell_1 = 2 \text{ kA/m}$ : Հատման որոնելի կետը տպիս  $\ell = B_1=B_2=0,78 \text{ Sl}$ :

Այդ ժամանակ օդային բացակի համար  $H_2 = B_2 / \mu_0 \mu_2 = 620 \text{ kA/m}$ :

11-46. 1,9 անգամ (տես 11-45-ի լուծումը):

11-48.  $P = 1 \text{ A. m}^2$ :

11-49.  $\Phi = 18 \text{ mVb}$ :

11-50. Ուժենք  $H = 3 / 2\pi x$ : Գերցեններ օդակի լայնական հատույթի մակերեսի  $dS = h dx$  տարրը: Այդ դեպքում մագնիսական ինդուկցիայի հոսքը այդ տարրի միջով կլինի

$$d\Phi = BdS = \mu_0 \mu \frac{3}{2\pi x} h dx:$$

Օդակի ամբողջ լայնական հատույթի միջով մագնիսական հոսքը

$$\Phi = \frac{\mu_0 \mu \Im h}{2\pi} \int_{\ell_1}^{\ell_2} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 \mu \Im h}{2\pi} \ell \ln \frac{\ell_2}{\ell_1}.$$

Գտնելով  $\mu = 1$  և տեղաբեկով մնացած տվյալները, կատանանք  $\Phi = 18 \text{ mVb}$ :

11-51.  $\Im h = 620 \text{ A.}$ :

11-52.  $\Im = 60 \text{ A.}$ :

11-53.  $\Im h = 11,3 \text{ A.}, \mu = 457$ :

11-54. Ուժենք

$$B = \frac{\Im N \mu_0}{\ell_1 / \mu_1 + \ell_2 / \mu_2}.$$

այսեղից սնիրաժշտած ամպեր-գալարմերի թիվը՝

$$\frac{B}{\mu_0} = \frac{B\ell}{(\ell_1/\mu_1 + \ell_2/\mu_2)} = \frac{B\ell_1}{\mu_0 \mu_1} + H\ell_2$$

$B=f(H)$  Կորից գտնում ենք, որ  $B=1,4$  Տլ արժեքին համապատասխանում է  $H=0,8$  Այլ/Ծ արժեքը: Եթևաբար  $\mathcal{H}=1,14 \cdot 10^{-4}$  Ա.գ: Այսուհետև,

$$S = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon S}{\rho \pi D N}, \text{ որտեղից } \varepsilon = \mathcal{H} N \rho \pi D / S = 31 \text{ Վ:}$$

Քանի որ մետաղալարի տրամագիծը՝  $d=\sqrt{4S/\pi}=1,13$  մմ, ապա ստենոիդի Հ<sub>1</sub> երկարությամբ կտեղավորվի  $N_1=(40 \cdot 10^{-2})/(1,13 \cdot 10^{-3})=354$  գալար: Քանի որ  $\Im=jS=3$  Ա,  $N=3830$  գալար, ապա անհրաժեշտ շերտերի թիվը կլինի  $3830/354 \approx 11$ : Մետաղալարի տրամագիծը՝  $d=1,13$  մմ, ահա ինչու 11 շերտի զրադեցրած հաստությունը՝  $b=1,2$  ամ:

11-55.  $F=4,9$  Ն:

11-56.

$$A = \int_{d_1}^{d_2} F dx = \int_{d_1}^{d_2} \frac{\mu_0 \mu \Im_1 \Im_2 \ell}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 \mu \Im_1 \Im_2 \ell}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

Դադորդիչների միավոր երկարության ընկանող աշխատանքը՝

$$A_f = \frac{A}{\ell} = \frac{\mu_0 \mu \Im_1 \Im_2}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1} = 83 \text{ մկԶ/մ:}$$

11-57.  $\Im_1=\Im_2=20$  Ա:

11-58.  $M_1=3,53 \cdot 10^{-4}$  Ն.մ,  $M_2=4,5 \cdot 10^{-4}$  Ն.մ:

11-59. 0,125%,  $3,2 \cdot 10^{-5}$  Ն-ով:

11-60. ա)  $M=2,4 \cdot 10^{-9}$  Ն.մ, բ)  $M=1,2 \cdot 10^{-9}$  Ն.մ:

11-61. Մագնիսական ալարի վրա ազդում է  $M=P B \sin \alpha$  պտտող մոմենտը, որտեղ  $P$ -ն սկարի մագնիսական մոմենտն է,  $B=\mu_0 \mu H = \Im \mu_0 \mu / 2\pi \alpha$ -ն հոսանքի ճագնիսական դաշտի ինդուկցիան է:  $M$  պտտող մոմենտը առաջացնում է թելի պտույտ  $\varphi=2\ell M / \pi G r^4$  ամելյունով, որտեղ  $\ell$ -ը թելի երկարությունն է,  $r$ -ը թելի շառավիղն է,  $G$ -ն թելի նյութի սահքը մոլորվն է: Քանի որ  $\sin \alpha=1$ , ապա  $M=PB=\Im \mu_0 \mu / 2\pi \alpha$ : Այդ ժամանակ

$$\varphi = \mu_0 \mu \Im \ell P / \alpha \pi^2 G r^4 = 0,52 \text{ ռադ, կամ } \varphi=30^\circ:$$

11-62.  $\Im=0,1$  մկԱ:

11-63.  $G=50$  ԳՊա:

11-64.  $A=0,5$  մ<sup>2</sup>:

11-65.  $A=0,2$  Ծ,  $P=20$  նԿտ:

11-66. ա) ան շառավիղի վրա (նի. 57) ազդում է  $F=B\Im R$  ուժը: Սկավառավի նեկ պատվածի դապրում աշխատանքը՝  $A=B\Im S$ , որտեղ  $S$ -ը նեկ պատվածի ժամանակ շառավիղի գծած ճամփերեան է, այսինքն մետաղալի

նակերեսը: Այդպիսի շարժման հեղությունը՝  $P=A/t= nB\Im \pi r^2 = 23,6$  մՎտ: բ) Սկավառավի պտտումն է ժամագույշի պլարի հակառակ ուղղությամբ: գ) Ետառակի  $dx$  տարրի վրա ազդում է  $dF=B\Im dx$  ուժը և  $dM=XdF=B\Im x dx$  պտտող մոմենտը, որտեղ  $x$ -ը  $dx$  տարրի հեռավորությունն է պտտման առանցքից: Ամբողջ սկավառավի վրա ազդող պտտման մոմենտը

$$M = \int_0^R B\Im x dx = \frac{B\Im R^2}{2} = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ն.մ:}$$

11-67.  $\Im=15,3$  Ա:

11-68.  $\Phi=1$  Վբ:

11-69.  $R=9$  մ: Ունենք  $T=2\pi R/V$ , ընդ որում  $R=mV/eB$ : Եթևաբար  $T=2\pi m/eB$ , այսինքն պարբերությունը կախված չէ էլեկտրոնի արագությունից: Տեղադրելով բվային տվյալները՝ կգտնենք  $T=30$  նկ:  $M=1,5 \cdot 10^{-24} \text{ կգ.մ}^2/\text{Վ}^2$ :

11-70.  $F=4 \cdot 10^{-16}$  Ն:

11-71.  $F=4,7 \cdot 10^{-12}$  Ն:

11-72.  $a_t=0$  շարժման ամբողջ ընթացքում,  $a_n=\text{const}=7 \cdot 10^{15} \text{ մ}/\text{s}^2$ :

11-73.  $W=17,3$  Նկ:

11-74.  $R_1/R_2 = m_1/m_2 = 1840$ :

11-75.  $R_1/R_2 = \sqrt{m_1/m_2} = \sqrt{1840} = 42,9$ :

11-76.  $W=88$  Նկ:

11-77.  $q=3,2 \cdot 10^{-19}$  Վլ:

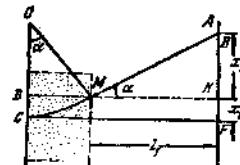
11-78.  $T_1/T_2=2$ :

11-79.  $F=5 \cdot 10^{-15}$  Ն,  $R=3,2$  սմ,  $T=1,3$  նկվ:

11-80.  $W=500$  Նկ:

11-81.  $R_1=19,5$  սմ,  $R_2=20,0$  սմ:

11-82.  $q/m=4,8 \cdot 10^{-7}$  Կլ/Կգ: Էլեկտրոնի համար  $q/m=1,76 \cdot 10^{11}$  Կլ/Կգ, պրոտոնի համար  $q/m=9,6 \cdot 10^{-7}$  Կլ/Կգ,  $\alpha$ -մասնիկի համար  $q/m=4,8 \cdot 10^{-7}$  Կլ/Կգ:



Նկ. 102

11-83. Էլեկտրոնի ընդիհանուր շեղումը՝  $X=X_1+X_2$ , որտեղ  $X_1$ -ը էլեկտրոնի շեղումն է մագնիսական դաշտում (նկ. 102): Էլեկտրոնը մագնիսական դաշտում շարժվում է  $R=mV/eB$  շարավողով շրջանագծով:  $X_1$  շեղումը կարելի է գտնել  $X_1=DC=OC-OD$  պտտահայտությունից: Բայց  $OC=R$  և  $OD=\sqrt{OM^2+DM^2}=\sqrt{R^2+b^2}$ : Այսինով,  $X_1=R-\sqrt{R^2-b^2}$ :  $X_2$  շեղումը կարելի է գտնել  $X_2/\ell=DM/DO$  համանանությունից, որտեղից  $X_2=b\ell/\sqrt{R^2+b^2}$ : Այդ դեպքում ընդհանուր շեղումը՝

$$X=R-\sqrt{R^2-b^2}+b\ell\sqrt{R^2+b^2}:$$

$$R = \frac{mv}{eB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{e}}$$

Տեղադրելով թվային տվյալները՝ կստանանք՝  $R=4$  մմ,  $X=4,9$  սմ:

$$11-84. \text{ա) } a_n = 0; \text{ բ) } a = a_0 \sin \theta / \pi n^2, \text{ Ա6. } 10^{14} \text{ Վ/վ? ի) } a_0 \neq 0, \text{ ձ) } a_n = \sqrt{(evB/m)^2 + (eE/m)^2} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ մ/վ}^2;$$

$$11-85. V = 2 \cdot 10^6 \text{ Վ/վ} \text{ և } R = 2,3 \text{ սմ};$$

11-86. Ելեկտրոնը ճագնիսական դաշտ ներս է. թօշում  $V = \sqrt{2eU/m}$  արագությամբ:  $V$  արագությունը վերածենք երկու բաղադրիչների՝ դաշտի ուժագծերի ուղղությամբ ուղղված:  $V$  բաղադրիչի և ուժագծերին ուղղահայաց ուղղված  $V$  բաղադրիչի: Ելեկտրոնի անցած ճանապահի պրոեկցիան  $B$ -ին ուղղահայաց հարթության վրա ներկայացնենք և շրջանագիծ: Որի շառավիճակը հավասար է պարունակած նետագիծ որոշմանը շառավիճակ և կորուզվի հետևյալ բանաձևից:

$$R = mV_n/eB = m(V \sin \alpha)/eB; \quad (1)$$

Քանի որ Ելեկտրոնի պստան պարբռությունը  $T = 2\pi R/V \sin \alpha = 2\pi m/eB$ , ապա Ելեկտրոնի պարբռութածն հնագիծի քայլը

$$h = V_t T = 2\pi m (V \cos \alpha)/eB;$$

Տեղադրելով թվային տվյալները՝ կստանանք  $R=1$  մ,  $h=11$  սմ:

$$11-87. W=433 \text{ ԷՎ:}$$

$$11-88. R=5 \text{ մմ}, h=3,6 \text{ սմ:}$$

$$11-89. h=3,94 \text{ սմ:}$$

$$11-90. n=3B/Ue = 8,1 \cdot 10^{28} \text{ մ}^{-3}, V=j/n e = 3/Sne = 0,31 \text{ Վմ/վ:}$$

$$11-91. U=2,7 \text{ մՎ:}$$

$$11-92. U=0,65 \text{ Վ}^2/\text{Վ.Վ:}$$

$$11-93. \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -B/dX/dt = -B/V = -0,15 \text{ Վ:}$$

$$11-94. \varepsilon_{\text{նիշ}} = 78,5 \text{ Վ:}$$

$$11-95. \varepsilon = 165 \text{ Վ:}$$

11-96. Զորի յուրաքանչյուր պսուսի ընթացքում նրա կիղմից հատված յագնիսական հոսքը՝  $\Phi = BS = B\pi r^2$ : Եթե ո՞ք ծողի պսունան հաճախությունն է, պայմանագիրը՝

$$\varepsilon = B\pi r^2 \omega = B\pi \ell^2 \omega / 2\pi^2 B\ell^2 \omega / 2,$$

որտեղ  $\omega$ -ն պսունակ անկյունային պարագությունն է: Տեղադրելով թվային արժեքները՝ կարածանք  $\varepsilon = 0,5 \text{ Վ:}$

$$11-97. V=0,5 \text{ Վ:}$$

$$11-98. \varepsilon_{\text{նիշ}} = 1 \text{ Վ:}$$

$$11-99. \varepsilon_{\text{մաք}} = \Phi_0 \omega = BSN2\pi n = 3,14 \text{ Վ:}$$

$$11-100. \varepsilon_{\text{մաք}} = 0,09 \text{ Վ:}$$

$$11-101. \varepsilon = 4,7 \text{ մՎ:}$$

$$11-102. n = 6,4 \text{ Վ}^{-1}: \quad (1)$$

$$11-103. \varepsilon_{\text{նիշ}} = 18 \text{ մՎ:}$$

$$11-104. \varepsilon_{\text{նիշ}} = 5,1 \text{ Վ:}$$

$$11-105. \varepsilon_{\text{նիշ}} = 1,57 \text{ Վ:}$$

$$11-106. \varepsilon_{\text{մաք}} = 250 \text{ մՎ:}$$

$$11-107. L_1 = 0,9 \text{ մՋ}, L_2 = 0,36 \text{ մՋ:}$$

$$11-108. L = 55 \text{ մկՋ:}$$

$$11-109. L = 0,71 \text{ մՋ}, \Phi = 3,55 \text{ մկՎ:}$$

$$11-110. N = 380:$$

$$11-111. \mu = 1400:$$

$$11-112. \beta = 1 \text{ Ս:}$$

$$11-113. N = 500:$$

$$11-114. \mu = 1400, \beta = 1,6 \text{ Ս:}$$

$$11-115. \mu = 640, L = 64 \text{ մՋ:}$$

$$11-116. \text{ա) } L = 9,0 \text{ Ջ, բ) } L = 5,8 \text{ Ջ, գ) } L = 0,83 \text{ Ջ:}$$

$$11-117. Ռնենք$$

$$L_1 = \mu_0 \mu_1 \ell S, \quad L_2 = \mu_0 \mu_2 \ell S: \quad (1)$$

Ընդհանուր միջուկ ունեցող կամքի փոխադարձ ինրուկտիվությունը

$$L_{12} = \mu_0 \mu_1 \ell S: \quad (2)$$

(1)-ի արտահայտությունները իրար հետ բազմապատճելով կստանանք

$$L_1 L_2 = (\mu_0 \mu \ell S)^2 \mu_1^2 \mu_2^2, \text{ որտեղից } \mu_1 \mu_2 = \sqrt{L_1 L_2 / \mu_0 \mu \ell S}: \quad (3)$$

(3)-ը տեղադրելով (2)-ում, կգտնենք  $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2} / \mu_0 \mu \ell S$ ՝ քանի որ

$$\varepsilon_2 = -L_{12} \frac{d\beta_1}{dt}, \quad \text{եռկորդը վորի վրա միջին հռանքը}$$

$$\beta_2 = \frac{L_{12}}{R} \frac{d\beta_1}{dt} = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{R} \frac{d\beta_1}{dt} = 0,2 \text{ Ս:}$$

11-118. Շրջանակում ինդուկտված էլեկտրականության քանակը

$$q = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -\frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1), \quad (1)$$

որտեղ  $\Phi_1$ -ը շրջանակի միջով ճագնիսական հոսքն է առաջին դիրքում,  $\Phi_2$ -ը՝ շրջանակի միջով ճագնիսական հոսքը երկրորդ դիրքում: Մեզ  $\Phi_2 = 0$ , բայց այդ.

ՏԱՏԱՍՈՂՄԱՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

§12. ՆԵՐԴԱՇՆԱԿ ՏԱՏԱՍՈՂԱԿԱՆ ՇԱՐԺՈՒՄ ԵՎ  
ԱԼԻՔՆԵՐ

$$12-1. X = 5 \sin(5\pi t + \pi/4) \text{ սմ:}$$

$$12-2. X = 0.1 \sin 0.5\pi t \text{ մ:}$$

$$12-3. X = 50 \sin(\pi/2 t + \pi/4) \text{ մմ, } X_1 = 35.2 \text{ մմ, } X_2 = 0:$$

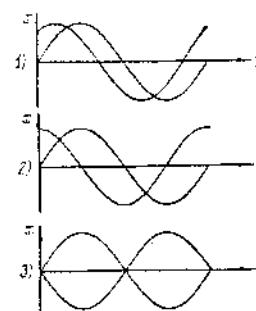
$$12-4. \text{ա) } X = 5 \sin \frac{\pi}{4} t \text{ սմ, բ) } X = 5 \sin \left( \frac{\pi}{4} t + \frac{\pi}{2} \right) \text{ սմ:}$$

$$\text{զ) } X = 5 \sin \left( \frac{\pi}{4} t + \pi \right) \text{ սմ, դ) } X = 5 \sin \left( \frac{\pi}{4} t + \frac{3\pi}{2} \right) \text{ սմ, ե) } X = 5 \sin \frac{\pi}{4} t \text{ սմ:}$$

$$12-5. \text{Տես նկ. 103:}$$

$$12-6. \text{Ուժենք } X = A \sin \left( \frac{2\pi}{T} t + \varphi \right): \text{Ըստ պայմանի } X = A/2: \text{ Յետևաբար}$$

$$0.5 = \sin \pi t / 12, \text{ այսինքն } \pi t / 12 = \pi / 6, \text{ այստեղից } t = 2 \text{ վ:}$$



Երկու տիպունիկ համարկությունները  
համարկությունները  
նկ. 103

$$12-7. t = T/6:$$

$$12-8. t = 1 \text{ վ:}$$

$$12-9. V_{\max} = 7.85 \text{ սմ/վ, } a_{\max} = 12.3 \text{ սմ/վ}^2:$$

$$12-10. T = 4 \text{ վ, } V_{\max} = 3.14 \text{ սմ/վ, } a_{\max} = 4.93 \text{ սմ/վ}^2:$$

$$12-11. \text{Արագությունը } V = dx/dt = (\pi/6) \cos(\pi t/6):$$

Արագությունը կիմի առավելագույն  $\cos(\pi t/6) = 1$   
դեպքում, այսինքն  $\pi t/6 = \pi n, n=0, 1, 2, \dots$

Այսինուն, առավելագույն արագություն ծերը է  
բերվուած ժամանակի  $t = 0, 6, 12, \dots$  վ պահերին:  
Արագացումը կիմի առավելագույն, երբ  
 $\sin(\pi t/6) = 1, \text{ այսինքն } \pi t/6 = (2n+1)\pi/2: \text{ Այս-}  
պիսով, առավելագույն արագություն ծերը է բեր-  
վուած ժամանակի  $t = 3, 9, 15, \dots$  վ պահերին:$

$$12-12. V = 13.6 \text{ սմ/վ:}$$

$$12-13. X = 5 \sin(\pi t + \pi/6) \text{ սմ:}$$

$$12-14. A = 3.1 \text{ սմ, } T = 4.1 \text{ վ:}$$

$$12-15. F_{\max} = 246 \text{ նկն:}$$

$$12-16. F_{\max} = 197 \text{ նկն, } W = 4.93 \text{ մկվ:}$$

12-17. Տես նկ. 104: Գրաֆիկից երևում է, որ ենթադիայի տատա-  
նումների պարերությունը երկու անգամ փոքր է տատանողական շարժ-  
ման պարերությունից:

$$R = \rho \ell / s = \rho 4a / s = \rho 4 \sqrt{s / s}:$$

(2)

Իրուեղ ձև շրջանակի կողմն է: Բանի որ  $\Phi_1 = BS$ , ապա  
 $q = Bs \sqrt{s / 4\rho} = 74 \text{ մկվ:}$

11-119.  $q = 0.15 \text{ մկվ:}$

11-120.  $q = 0.25 \text{ մկվ:}$

11-121.  $C = 10^{-8} \text{ ԿՎ/բաժ:}$

11-122.  $B = 0.2 \text{ Տ:}$

11-123. Տորիում մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = SN_1 / \ell:$$

(1)

Եթե հոսանքի ուղղությունը առաջնային կոճում փոխենք հակառակ ուղղությամբ, ապա գալվանաչափի միջով կանցնի  $q = 2\Phi N / R$  էլեկտրականության քանակություն, որտեղ  $\Phi$ -ն տարրիում լայնական հասույթի մակերեսը բահանգու ճագնիսական ինդուկցիայի հոսքն է: Բայց  $\Phi = BS = \mu_0 \mu HS = \mu_0 \mu S N_1 / \ell$ , և առաջարար

$$q = 2N_1 \mu_0 \mu S N_1 / R \ell, \text{ որտեղից } \mu = qR / 2\mu_0 N_1 N_2 S \Omega:$$

Բանի որ  $q = Ca$ , ապա

$$\mu = CaR / 2\mu_0 N_1 N_2 S \Omega:$$

(2)

(1)-ի և (2)-ի մեջ տեղադրելով 3-ի տարրեր արժեքները և  $\alpha$ -ի համապատասխան արժեքները, տրված խնդիրի պայմանում, կստանանք հանույալ աղյուսակը.

Ֆ. Ա	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
H, Ա/մ	133	266	400	533	667
$\mu$	1440	2190	2050	1790	1530

11-124.  $\mu = 1200:$

11-125.  $t = 126 \text{ մկվ:}$

11-126.  $t = 0.25 \text{ մկվ:}$

11-127. 1,5 անգամ:

11-128.  $t = 10 \text{ մկվ:}$

11-130. ա)  $\Phi = B_0 S \sin \omega t = 2.5 \cdot 10^{-5} \sin 100 \pi t \text{ ԿՎ, } \Phi_{\max} = 25 \text{ մկվ:}$

բ)  $\varepsilon = -7.85 \cdot 10^{-3} \cos 100 \pi t \text{ Վ, } \varepsilon_{\max} = 7.85 \text{ մՎ, } \text{ զ) } \Im = -2.3 \cos 100 \pi t \text{ Ա, } \Im_{\max} = 2.3 \text{ Ա:}$

11-131. ա)  $\varepsilon = -33 \cos 100 \pi t \text{ Վ, } \text{ բ) } W = L \dot{\theta}^2 / 2 = 0.263 \sin^2 100 \pi t \text{ Ջ:}$

11-132. բ)  $\varepsilon_2 = -L_{12} d\Im / dt = -L_{12} \Im_0 \omega \cos \omega t = -15.7 \cos 100 \pi t \text{ Վ, } \varepsilon_{2\max} = 15.7 \text{ Վ:}$

$$12-18. \text{ a) } W_0/W_{\text{up}} = 3, \text{ b) } W_0/W_{\text{up}} = 1, \text{ c) } W_0/W_{\text{up}} = 1/3$$

$$12-19. \text{ a) } W_0/W_{\text{up}} = 15, \text{ b) } W_0/W_{\text{up}} = 3, \text{ c) } W_0/W_{\text{up}} = 0$$

$$12-20. X=0.04 \sin(\pi t + \pi/3) \text{ մ:}$$

$$12-21. X=F A^2/2W=1.5 \text{ սմ:}$$

$$12-22. \text{Գնդիկի տատանումների պարբեռությունը՝ } T=2\pi\sqrt{\ell/g}=2.8 \text{ վ:}$$

Դավաարակշուրջան դիրքից գնդիկի փոքր շեղումների դեպքում տատանումների լայնությունը՝  $A=6\sin(\omega t+0.698)$  մ≈0.14 մ: Այդ դեպքում գնդիկի շարժման հավասարության գարմի այսպիս:

$$X=A \sin \frac{2\pi}{T} t = 0.14 \sin \frac{2\pi}{2.8} t \text{ մ,}$$

Եթե ժամանակը հաշվենք հավասարակշուրջան դիրքից: Եթե գնդիկը անցնի հավասարակշուրջան դիրքով: Եթա արագությունը կիանի իր ամենամեծ արժեքին: Բայց որ

$$V=\frac{0.14 \cdot 2\pi}{2.8} \cos \frac{2\pi}{2.8} t \text{ մ/վ. ապա } V_{\text{max}}=\frac{0.14 \cdot 2\pi}{2.8} \text{ մ/վ}=0.31 \text{ մ/վ:}$$

Նոյն արագությունը կարող ենք գտնել որի  $\approx mV^2/2$  առնչությունից, որտեղ  $h$ -ը գնդիկի վերելքի բարձրությունն է: Այստեղից  $V=\sqrt{2gh}$ : Դժվար չէ տեսնել, որ  $h=\ell(1-\cos\alpha)$ : Այդ դեպքում  $V=\sqrt{2g\ell(1-\cos\alpha)}=0.31 \text{ մ/վ:}$  Հավաարակշուրջան դիրքից ճնշանակի մեջ շեղումների դեպքում եթա տատանումները արդեն ներաշխամ չեն լինի:

$$12-23. T=0.78 \text{ վ:}$$

$$12-24. K=805 \text{ Ն/մ:}$$

$$12-25. \text{Կփոքրանա 2 ուժ: բամ:}$$

$$12-26. \text{Կփոքրանա 1,8 ուժամ:}$$

$$12-27. \text{Ունենք:}$$

$$T_1=2\pi\sqrt{m/K}, \text{ կամ } T_1^2=4\pi^2m/K: (1)$$

Համ բառն այլելացնելուց հետո կունենանք

$$T_2=2\pi\sqrt{(m+m)/K}, \text{ կամ } T_2^2=4\pi^2(m+m)/K. (2)$$

(2)-ից (1)-ը համեմզ կառանանք  $T_2^2-T_1^2=4\pi^2 \cdot m/K$ : Բայց  $K=F/l=mg/l$  է որտեղ  $F$ -ը այն ուժն է, որն առաջացնում է ցարմանմի և երկարացնում: Այսպիսում,

$$\frac{\ell}{g} T_2^2 - T_1^2 = \frac{g}{4\pi^2}, \text{ կամ } \frac{\ell}{g} = \frac{9}{4\pi^2} (T_2^2 - T_1^2) = 2.7 \text{ սմ.}$$

$$12-28. T=0.93 \text{ վ}$$

12-29. Ըստցող սպեոնետրի վրա ազդում են ծանրության ուժը (դեպի ներք) և Արքիմենի ուժը (դեպի վերև): Այդ պատճառով հավասա-

րակշուրջան մեջ  $m g = mg (\text{Sh}+V)$ , որտեղ  $(\text{Sh}+V)$  և արենաները ծավանի այն մասն է, որն ընկղության մեջ է եթե արենաները ընկղությանք  $X$  խորության վրա, ապա արդյունարար դարս մոլոր ուժը

$$F = \rho g [V+S(h+X)] - mg = \rho g [V+S(h+X)] - \rho g (V+Sh) = \rho g Sx = kx, \\ \text{որտեղ } k = \rho g S: \text{ Բանի որ } T=2\pi\sqrt{m/K}, \text{ ապա}$$

$$T = \frac{4}{d} \sqrt{\frac{m\pi}{\rho g}}, \text{ որտեղից } \rho = \frac{16\pi m}{T^2 d^2 g} = 0.89 \cdot 10^{-3} \text{ կգ/մ}^3:$$

$$12-30. X=3.7 \sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{8}\right) \text{ սմ:}$$

$$12-31. A=4.6 \text{ սմ, } \varphi=62^\circ 46':$$

$$12-32. \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi/3:$$

$$12-33. A=5 \text{ սմ, } \varphi=36^\circ 52' \approx 0.2\pi, X=5 \sin(\pi t + \pi/5) \text{ սմ:}$$

12-34. Բարյ տատանման սպեկտրից (տեսն նկ. 61) երևամ է, որ առաջին տատանումն ունի  $A=0.03$  մ լայնություն և  $\omega_1=0.2 \text{ Ց/շ}$  հաճախություն, երկրորդը՝  $A_2=0.02$  մ և  $\omega_2=0.5 \text{ Ց/շ}$ , իսկ երրորդը՝  $A_3=0.01$  մ և  $\omega_3=1 \text{ Ց/շ}$ : Այսպիսով, այդ տատանումների հավասարումները կլինեն հետևյալը:

$$X=0.03 \sin(2\pi/5 t) \text{ մ, } X=0.02 \sin \pi t \text{ մ, } X=0.01 \sin 2\pi t \text{ մ:}$$

Նկ. 105-ում պատկերված են այդ տատանումների որակական գրաֆիկները: Սովորողներին առաջարկվում է այդ բոլոր տատանումների համար կազմել  $X=f(t)$  այցուսկաներ և գտնել արյունաբար տատանման գրաֆիկը՝ արցիսների սուսնեցք պիշտաց կետերի համար գումարելով սինուսիների օրինանությունը:

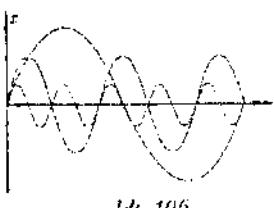
12-35. Նկ. 106 ում պատկերված է արյունաբար տատանման սպեկտրը:

$$12-36. \text{Ունենք:}$$

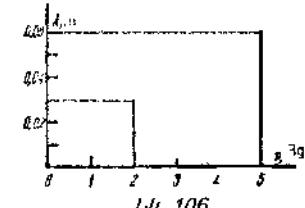
$$X=A \sin 2\pi\omega_1 t, \quad A=A_0(1+\cos 2\pi\omega_2 t):$$

Տեղադրելով երկրորդ հավասարումը առաջինի մեջ, կրտսենք

$$X=A_0(1+\cos 2\pi\omega_2 t) \sin 2\pi\omega_1 t = A_0 \sin 2\pi\omega_1 t + A_0 \cos 2\pi\omega_2 t \sin 2\pi\omega_1 t = \\ = A_0 \sin 2\pi\omega_1 t + A_0/2 \sin[2\pi(\omega_1 - \omega_2)t] + A_0/2 \sin[2\pi(\omega_1 + \omega_2)t]:$$



Նկ. 105



Նկ. 106

Այսպիսով, քենարկվող տառանումը կարելի է վերածնել իրենք ներդաշնակ տառանուղական շարժումների գումարի, որոնց հաճախություններն են  $\omega_1$ ,  $(\omega_1 - \omega_2)$ ,  $(\omega_1 + \omega_2)$ . իսկ լայնութեներն են  $A_0$ ,  $A_0/2$ ,  $A_0/2$ : Արյունարար տառանուղական լայնութեք ժամանակի ընթացքում փոխվում է: Այդ տեսակի տառանուղակ արդեն իրենց ներդաշնակ տառանուղական շարժում չի ներկայացնում և կոչվում է մոդուլավորված տառանուղակ:

12-37. Միևնույն պարբերությունն ունեցող երկու փոխուղահայաց տառանուղակների գումարնան ժամանակ արյունարար տառանուղակ հետագի հավասարությունը ունի հետևյալ տեսքը.

$$\frac{X^2}{A_1^2} + \frac{Y^2}{A_2^2} - \frac{2XY}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1): \quad (1)$$

Քանի որ մեզ մոտ  $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$ , ապա (1) հավասարումը կը ներդնի հետևյալ տեսքը.

$$\frac{X^2}{A_1^2} + \frac{Y^2}{A_2^2} - \frac{2XY}{A_1 A_2} = 0,$$

կամ

$$\left( \frac{X}{A_1} - \frac{Y}{A_2} \right)^2 = 0, \text{ որտեղից } Y = \frac{A_2}{A_1} X - \underline{\underline{0}}$$

ուղիղ գծի հավասարումն է: Այսպիսով, արյունարար տառանուղակ կունենա ուղիղ գծով: Ուղիղ թեքանան անկյունը որոշվում է  $\operatorname{tg}\alpha = A_2/A_1 = 0,5$  հավասարումից, այսինքն  $\alpha = 26^\circ 34'$ : Արյունարար տառանուղակ պարբերությունը հավասար է գումարվող տառանուղակների պարբերությանը, իսկ նրա լայնությը  $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$ : Յնուկաբար արյունարար տառանուղակ հավասարումը ունի  $S = 11,2 \sin(10\pi t + \pi/3)$  մմ տեսքը:

12-38. ա)  $A=7$  մմ, բ)  $A=5$  մմ:

12-39.  $x^{2/4} + y^{2/4} = 1 - \underline{\underline{0}}$   $R=2$  մ շառավիղով շրջանագծի հավասարումն է:

12-40. Ունենք

$x = \cos \omega t$ ,  $y = \cos \pi/2 t = \sqrt{1 + \cos \pi t/2}$ , կամ  $2y^2 - 1 = \cos \pi t$ : Այստեղի  $(2y^2 - 1)/x = 1$ , կամ  $(2y^2 - x) = 1$  - պարաբոլի հավասարումն է:

12-41.  $x^{2/1} + y^{2/4} = 1$  - էլիպսի հավասարումն է:

12-42.  $y = -0,75 x$  - ուղիղի հավասարումն է:

12-43. Սարող տառանուղակների հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը.

$$X = A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi): \quad (1)$$

Սեր դեպքում  $\omega = 2\pi/T = \pi/2$ ,  $\varphi = 0$  և  $\delta = \pi/T = 1,6/4 = 0,4 \text{ վ}^{-1}$ : Ա լայնությը գտնվում է  $X = 4,5$  մմ պայմանից, եթե  $t = T/4 = 1$  վ: Դժվար չէ (1)-ից գտնել, որ

$A = 6,7$  մմ: Այսպիսուհետեւ (1) հավասարումը կը ներդնի հետևյալ տեսքը:

$$X = 6,7 e^{-0,4t} \sin(\pi t/2) \text{ մմ:} \quad (2)$$

Տառանուղակ գրաֆիկը կառուցելու համար գտնենք  $X$  շեղման առավելագույն արժեքներին համապատասխանող ժամանակի  $t_1, t_2, t_3, \dots$  պահերը:  $X$  առավելագույնը կամուկի  $V = dx/dt = 0$  պայմանից: (1) հավասարումից գտնում ենք ( $\varphi = 0$  դեպքում)

$$V = A_0 e^{-\delta t} \cos \omega t - A_0 \delta e^{-\delta t} \sin \omega t = 0, \text{ որտեղից } \operatorname{tg} \omega t = \omega / \delta = 2\pi/\pi: \quad (3)$$

(3) հավասարումից երկում է, որ միայն չճարտրող տառանուղակների դեպքում (եթե  $x = 0$ )  $\operatorname{tg} \omega t = \infty$ , կամ  $\omega t = \pi/2$ , այսինքն  $2\pi t/T = \pi/2$ , կամ  $t = T/4$ : Իսկ մեր դեպքում  $\operatorname{tg} \omega t = 2\pi/\pi = 3,925$ , այսինքն  $\omega t = 75^\circ 42' \approx 0,421\pi$ , որտեղից  $t = 0,421\pi/\omega = 0,842$  վ: Այսպիսով,  $X = X_{\max}$ . Եթե  $t_1 = 0,842$  վ,  $t_2 = t_1 + T/2 = 2,842$  վ,  $t_3 = t_1 + T = 4,842$  վ և  $t_4 = t_1 + 3T/2 = 6,842$  վ և այլն: Տեղադրելով  $t$ -ի գտնված արժեքները (2) հավասարման մեջ, դժվար չէ գտնել  $X_1$  ի,  $X_2$  ի,  $X_3$  ի, ... համապատասխան արժեքները:

12-44. Տես 12-43-ի լուծումը:

12-45.  $V_1 = 7,85$  մ/վ,  $V_2 = 2,88$  մ/վ,  $V_3 = 1,06$  մ/վ,  $V_4 = 0,39$  մ/վ,  $V_5 = 0,14$  մ/վ:

12-46. Ըստ մարդող տառանուղակների բանաձևերի ունենք

$$A_1 = A_0 \exp(-\pi t/T), \quad A_2 = A_0 \exp(-\pi t+T/T).$$

Որտեղից  $A_1/A_2 = e^{-2\pi}$ : Ըստ պայմանի  $\pi = 0,2$ , այստեղից  $A_1/A_2 = 1,22$ :

12-47.  $\pi = 0,023$ :

12-48. ա)  $t = 120$  վ, բ)  $t = 1,22$  վ:

12-49. 1,22 անգամ:

12-50. 8 անգամ:

12-51.  $t = 6,4$  վ:

12-52. ա)  $\delta = 0,46 \text{ վ}^{-1}$ , բ)  $\delta = 10 \text{ վ}^{-1}$ , զ)  $\delta = \pi/T = \pi \omega_0 / \sqrt{4\pi^2 + \pi^2} = 7,2 \text{ վ}^{-1}$ :

12-53. Սեփական տառանուղակների հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը.

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin \omega t \varphi: \quad (1)$$

Ըստ պայմանի սեփական և ստիպուղական տառանուղակների միջև փուլերի տեղաշարժը հավասար է  $-3\pi/4$ -ի, հետևաբար

$$\operatorname{tg} \varphi = 2\delta \omega / (\omega_0^2 - \omega^2) = \operatorname{tg}(-3\pi/4) = 1,$$

որտեղից

$$\omega_0 = \sqrt{\omega^2 + 2\delta \omega}: \quad (2)$$

Մեզ մոտ  $\omega = 10\pi$  և  $\delta = 1,6 \text{ վ}^{-1}$ : Տեղադրելով այդ արժեքները (2)-ի մեջ, կստանանք  $\omega_0 = 10,5 \pi$ , և այդ դեպքում սեփական տառանուղակների հավասարումը կը ներդնի այսպիսի տեսքը.

$$x = 7e^{-1,6t} \sin 10,5 \pi t \text{ սմ:}$$

Արտաքին պարբերական ուժի հավասարումն ունի այսպիսի տեսք:

$$F = F_0 \sin \omega t;$$

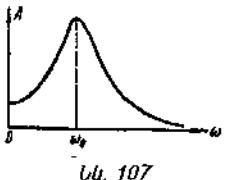
Արտաքին պարբերական ուժի առավելագույն արժեքը՝

$$F_0 = A\omega \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2} = 72 \text{ Ն:}$$

և այդ դեպքում արտաքին պարբերական ուժի հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը.

$$F = 72 \sin 10\pi t \text{ Ն:}$$

12-54. Ակ. 107-ում տրված է ստիպողական տատանումների Ա լայնությի և արտաքին պարբերական ուժի հաճախությունը կունենա հետևյալ տեսքը:



12-55. Սայլակը կակսի ուժեղ ճոճվել, եթե փոսերի վրա երկու հաջորդական ցնցումների միջև ընկած ժամանակամիջոցը հավասար լինի սայլակի սեփական տատանումների պարբերությանը: Սայլակի սեփական տատանումների պարբերությունը գտնում ենք  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$  բանաձևից: Մեզ ճոշ յուրաքանչյուր զսպանին բաժին հասնող զանգվածը՝  $m = 10 \text{ կգ}/2 = 5 \text{ կգ}$ ,  $K = m\omega/X_0 = (9,8/2) \text{ Ն}/\text{սմ} = 490 \text{ Ն}/\text{սմ}$ , հետևաբար,  $T = 0,63 \text{ վ}$ : Երկու հաջորդական ցնցումների միջև ընկած ժամանակը՝  $t = \ell/V = T$ , այսուղից կստանանք  $V = \ell/T = (0,3/0,63) \text{ մ}/\text{վ} = 1,7 \text{ կմ}/\text{ժ}$ .

$$12-56. \lambda = 3 \text{ մկմ:}$$

$$12-57. C = 350 \text{ մ}/\text{Վ}, V_{max} = 0,785 \text{ մ}/\text{վ:}$$

12-58. Այլիքի հավասարումը ունի հետևյալ տեսքը.

$$X = 10 \sin \left( \frac{\pi}{2} t - \frac{\pi \ell}{6 \cdot 10^4} \right) \text{ սմ:} \quad (1)$$

Այսպիսով,  $X = f(t, \ell)$ , այսինքն ճառագայթի վրա գտնվող կետերի տեղաշարժը կախված է է ժամանակից և կետի տատանման աղբյուրից ունեցած է հեռավորությունից:

Տատանումների աղբյուրից  $\ell = 600 \text{ մ}$  հեռավորության վրա գտնվող կետի հաճար (1) հավասարումը կընդունի  $X = 10 \sin(0,5\pi t - \pi)$  սմ տեսքը. այսինքն  $\ell = \text{const}$  դեպքում մեր կստանանք  $X = f(t) -$  ճառագայթի վրա գտնվող նշված կետի տեղաշարժը փոխվում է ժամանակի հետ:

$$\text{Եթե } t = 4 \text{ վ, (1) հավասարումը կընդունի } X = 10 \sin(2\pi - \frac{\pi \ell}{6 \cdot 10^4}) \text{ սմ տեսքը:}$$

Այդ դեպքում  $t = \text{const}$  և  $X = f(\ell)$ , այսինքն ճառագայթի վրա գտնվող

տարրեր կետեր ժամանակի տվյալ պահին ունեն տարրեր շեղումներ:

$$12-59. X = 0,04 \text{ մ:}$$

$$12-60. X = 0, V = 7,85 \text{ սմ}/\text{վ}, \alpha = 0:$$

$$12-61. \Delta\phi = \pi - \text{կետերը տատանվում են հակադիր փուլերում:}$$

$$12-62. \Delta\phi = 4\pi - \text{կետերը տատանվում են միատեսակ փուլերում:}$$

$$12-63. X = 2,5 \text{ սմ:}$$

$$12-64. \lambda = 0,48 \text{ մ:}$$

12-65. ա) Հանգույցների դիրքերը՝  $X = 3, 9, 15, \dots$  սմ. ուռուցքների դիրքերը՝  $X = 0, 6, 12, 18, \dots$  սմ: բ) Հանգույցների դիրքերը՝  $X = 0, 6, 12, 18, \dots$  սմ. ուռուցքների դիրքերը՝  $X = 3, 9, 15, \dots$  սմ:

$$12-66. \lambda = 0,1 \text{ մ:}$$

### §13. ԱԿՈՒՍԻՏԻԿԱ

$$13-1. \lambda = 0,78 \text{ մ:}$$

$$13-2. \lambda_1 = 17 \text{ մ}-ից մինչև } \lambda_2 = 17 \text{ մ:}$$

$$13-3. C = 5300 \text{ մ}/\text{վ:}$$

$$13-4. C = 3700 \text{ մ}/\text{վ:}$$

13-5. Բանի որ Յունգի Է մոդուլը կապված է  $\beta$  սեղմելիության հետ  $\beta = 1/E$  առնչությամբ, ապա  $\beta = 1/\rho C^2 = 7,1 \cdot 10^{-10} \text{Պա}^{-1}$ :

$$13-6. \ell = 1810 \text{ մ:}$$

$$13-7. C_1 = 318 \text{ մ}/\text{վ}, C_2 = 330 \text{ մ}/\text{վ}, C_3 = 343 \text{ մ}/\text{վ:}$$

$$13-8. 1,12 \text{ անգամ:}$$

$$13-9. C = 315 \text{ մ}/\text{վ:}$$

$$13-10. C = 330 \text{ մ}/\text{վ:}$$

$$13-11. C = 336 \text{ մ}/\text{վ:}$$

$$13-12. t = -54^\circ\text{C:}$$

$$13-13. n = C_1/C_2 = 0,067:$$

$$13-14. \alpha = 3^\circ 51':$$

$$13-15. \mathfrak{U}_1/\mathfrak{U}_2 = 1,26 \text{ (տես այս գլուխ նախաբանի խնդիր 2):}$$

$$13-16. P_2/P_1 = 1,12:$$

$$13-17. \mathfrak{U}_1/\mathfrak{U}_2 = 1000:$$

$$13-18. \Delta L_p = 30 \text{ դԲ}, P_2/P_1 = 31,6:$$

$$13-19. L_i = 100 \text{ ֆոն}, P = 2 \text{ Պա:}$$

$$13-20. \text{ա) } L_j = 34,8 \text{ ֆոն, բ) } \Delta L_j = 44,8 \text{ ֆոն:}$$

13-21. Գրամոֆոնի ծայնապնակի վրա ծայնային ակրոսիկի հարևան ատամների միջև եղած հեռավորությունը հաշվում է  $\ell = \pi r/v$  բանաձևով, որտեղ  $r$  - ն ծայնապնակի արտօնանակ անկյունային արագությունն է:

## Տեղադրելով խնդրի թվային տվյալները կստանանք՝

$$a) \ell=2,25 \text{ մմ}, \quad b) \ell=0,75 \text{ մմ}:$$

$$13-22. a) \ell=8,15 \text{ մմ}, \quad b) \ell=0,41 \text{ մմ}:$$

13-23. Պողպատե ծողում տատանումներ հարուցելիս նրանում կհաստատվի կանգուն ալիք, որի հանգույցները կզունվեն սեղմակներում, իսկ ուռուցները՝ ազատ ծայրերում: Օդային պան կանգուն ալիքում հարևան ուռուցների միջև եղած հեռավորությունը հավասար է հարուցված ծայնային ալիքի երկարության կեսին: Ունենք

$$\lambda_1/\lambda_2 = C_1/C_2; \quad (1)$$

Օդային պան  $\ell_2$  երկարությունը ասվածի հիման վրա կզտնենք հետևյալ պայմանից:

$$n\lambda_2/2 = \ell_2; \quad (2)$$

(1)ից և (2)-ից ունենք  $\ell_2 = n\lambda_1 C_2 / 2C_1$ : Այդ դեպքում ա)  $\lambda_1 = 2\ell_1$ ,  $\ell_2 = 0,392 \text{ մ}$ , բ)  $\lambda_1 = 4\ell_1$ ,  $\ell_2 = 0,784 \text{ մ}$ :

$$13-24. \ell_1 = 0,715 \text{ մ}:$$

13-25.  $v=43 \text{ կ}^2\text{մ-ը}$  ուլտրաձայնային հաճախություն է:

$$13-26. a) v = 666 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}, \quad b) v = 542 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}:$$

13-27. 10%:

$$13-28. V_1 = 28,3 \text{ կմ/ժ}, \quad V_2 = 14,7 \text{ կմ/ժ}:$$

13-29. 4 անգամ:

$$13-30. V = 71 \text{ կմ/ժ}:$$

$$13-31. v_1 = 45 \text{ կ}^2\text{մ-ը}, \quad v_2 = 46,6 \text{ կ}^2\text{մ-ը}:$$

$$13-32. \ell = 0,45 \text{ մ}:$$

$$13-33. F = 7,3 \text{ Ն}:$$

$$13-34. v_{\max} = 158 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}:$$

$$13-35. \text{Ունենք}$$

$$v_1/v_2 = \sqrt{F_1/F_2} \approx \sqrt{15/16}, \quad v_p = v_2 - v_1 = 8 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}:$$

Համատեղ լուժելով այս հավասարումները կստանանք  $v_2 = 252 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}$ :

$$13-36. v = 250 \text{ Հ}^{\circ}\text{g} \text{ կամ } v = 254 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}:$$

$$13-37. v = 250 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}:$$

13-38. a) Բաց խողովակի մեջ առաջանում է կանգության ծայնային ալիք, որի երկու ծայրերին գտնվում են ուռուցքներ: Պարզ է, որ այդ դեպքում խողովակի  $\ell$  երկարության վրա կտեղավորվի ո կիսալիք, որտեղ  $n=1, 2, 3, \dots$ , այսինքն  $\ell = n\lambda/2$  և  $v=C/\lambda = nC/2\ell$ : Եթե  $n=1$ , կստանանք հիմնական տոնի հաճախությունը՝  $v=C/2\ell$ : բ) Փակ խողովակի մեջ կանգուն ալիքը մի ծայրում ունի հանգույց, իսկ մյուսում՝ ուռուցք: Ակնհայտ է, որ այդ դեպքում  $\ell = n\lambda/4$  և  $v=C/\lambda = nC/4\ell$ : Եթե  $n=1$ , կստանանք հիմնական տոնի հաճախությունը՝  $v=C/4\ell$ :

$$13-39. v = 261 \text{ Հ}^{\circ}\text{g}, \quad \ell = 0,65 \text{ մ}:$$

## §14. ԷԼԵԿՏՐԱՍԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՏԱՍԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

$$14-1. \lambda = 2500 \text{ մ}:$$

$$14-2. \lambda_1 = 700 \text{ մ} - ից մինչև \lambda_2 = 1950 \text{ մ}:$$

$$14-3. L = 12,7 \text{ մ}^2:$$

$$14-4. \varepsilon = 6:$$

$$14-5. U = 100 \cos(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ Վ}, \quad \dot{U} = -15,7 \sin(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ մԱ}, \quad U_1 = 70,7 \text{ Վ},$$

$$S_1 = -11,1 \text{ մԱ}, \quad U_2 = 0, \quad S_2 = -15,7 \text{ մԱ}, \quad U_3 = -100 \text{ Վ}, \quad S_3 = 0:$$

$$14-6. W_L = 125 \cos^2(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{\dot{m}aq} = 125 \sin^2(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ մ}^2\text{Զ},$$

$$W = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{L1} = 62,5 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{\dot{m}aq1} = 62,5 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_1 = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{L2} = 0,$$

$$W_{\dot{m}aq2} = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_2 = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{L3} = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_{\dot{m}aq3} = 0, \quad W_3 = 125 \text{ մ}^2\text{Զ}: \quad$$

$$14-7. T = 0,2 \text{ մվ}, \quad L = 10,15 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad \dot{S} = -157 \sin 10^4 \pi t \text{ մԱ}, \quad \lambda = 60 \text{ կմ}:$$

$$14-8. T = 5 \text{ մվ}, \quad C = 0,63 \text{ մ}^2\text{ֆ}, \quad U = 25,2 \text{ Վ}, \quad W_{\dot{m}aq} = 0,2 \text{ մ}^2\text{Զ}, \quad W_L = 0,2 \text{ մ}^2\text{Զ}:$$

$$14-9. \text{Ունենք } U = U_0 \cos \omega t \text{ և } \dot{S} = C dU/dt = -CU_0 \omega \sin \omega t, \text{ հետևաբար}$$

$$W_{\dot{m}aq} = \frac{L \dot{S}^2}{2} = \frac{LC^2 U_0^2 \omega^2}{2} \sin^2 \omega t, \quad W_L = \frac{CU^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} \cos^2 \omega t:$$

### Այստեղից

$$W_{\dot{m}aq}/W_L = LC\omega^2 \sin^2 \omega t / \cos^2 \omega t = LC\omega^2 \tan^2 \omega t:$$

Եթե  $t=T/8$ , ունենք  $\sin \omega t = \sqrt{2}/2$  և  $\cos \omega t = \sqrt{2}/2$ : Բայց որ  $LC=T^2/4\pi^2=1/\omega^2$ , ուզա՞մ

$$W_{\dot{m}aq}/W_L = \sin^2 \omega t / \cos^2 \omega t = 1:$$

$$14-10. T = 8 \text{ մվ}, \quad \omega = 0,7, \quad U = 80 e^{-87t} \cos 250 \pi t \text{ Վ}, \quad U_1 = -56,5 \text{ Վ}, \quad U_2 = 40 \text{ Վ}, \quad U_3 = -28 \text{ Վ}, \quad U_4 = 20 \text{ Վ}:$$

14-11. Ենթադրելով, որ դիմադրությունը բավականաչափ փոքր է, տատանման պարբերությունը գտնում ենք  $T=2\pi/\sqrt{LC}=0,2 \text{ վ}$  բանաձևով: Այսուհետև ունենք

$$U_1 = U_0 \exp(-\omega t/T), \quad \text{որտեղից } \omega t/T = \ell \ln(U_0/U_1):$$

Ըստ պայմանի  $t=1$  մվ դեպքում  $U_0/U_1=3$ : Ենթաբար

$$\ell \ln(U_0/U_1) = \frac{T \ln(U_0/U_1)}{t} = 0,22:$$

Կոնտուրի դիմադրությունը՝  $R=11,1 \text{ օմ}$ : Դժվար չէ համոզվել, որ  $R$ -ի այս արժեքը բավարարում է  $T=2\pi/\sqrt{LC}$  բանաձևի կիրառման պայմանին:

$$14-12. 1,04 \text{ անգամ}:$$

$$14-13. \omega = 8\sqrt{\pi \ell C/d^2} \sqrt{\mu \mu_0} = 0,018:$$

$$14-14. t = (T \ell \ln 100)/2\omega = 6,8 \text{ մվ}:$$

$$14-15. C = 0,7 \text{ մ}^2\text{ֆ}:$$

14-16. R=4,1 Օմ:

14-17. u=300 Տգ:

14-18. Յ=4,6 ԾԱ, U<sub>C1</sub>=73,4 Վ, U<sub>C2</sub>=146,6 Վ:

14-19. 74%, 68%:

14-20. 72,5%, 68,5%:

14-21. C=3,74 մկֆ:

14-22. L=55 մՀԲ:

14-23. ա) Z=√R<sup>2</sup>+1/(ωC)<sup>2</sup>, tgφ=1/RωC, բ) Z=R/√R<sup>2</sup>+ω<sup>2</sup>C<sup>2</sup>+1,

tgφ=-RωC, զ) Z=√R<sup>2</sup>+(ωL)<sup>2</sup>, tgφ=ωL/R, դ) Z=RωL/√R<sup>2</sup>+(ωL)<sup>2</sup>,

tgφ=R/ωL, ե) Z=√R<sup>2</sup>+(ωL-1/ωC)<sup>2</sup>, tgφ=ωL-1/ωC/R:

14-24. ա) Z=4,38 կՕմ, բ) Z=2,18 կՕմ:

14-25. Յ=1,34 Ա, U<sub>c</sub>=121 Վ, U<sub>R</sub>=134 Վ, U<sub>L</sub>=295 Վ:

14-26. R=12,3 Օմ:

14-27. R=40 Օմ, L=74 մՀԲ:

14-28. U<sub>R</sub>=156 Վ:

## ԳԼՈՒԽ V

### ՕՊՏԻԿԱ

## §15. ԵՐԿՐԱՉԱՓԱԿԱՆ ՕՊՏԻԿԱ ԵՎ ՖՈՏՈՄԵՏՐԻԱ

15-1. θ=2α:

15-2. a<sub>2</sub>=-15 սմ, y<sub>2</sub>=5 մմ: Պատկերը իրական է, շրջված և փոքրացված:

15-3. a<sub>2</sub>=0,12 մ, y<sub>2</sub>=-8 մմ: Պատկերը կեղծ է, ուղիղ և փոքրացված:

15-4. a<sub>2</sub>=7,5 սմ, y<sub>2</sub>=-1,5 սմ: Պատկերը կեղծ է, ուղիղ և փոքրացված:

15-5. a<sub>1</sub>=-0,6 մ, a<sub>2</sub>=-0,3 մ:

15-6. F=-10 սմ, D=-10 դպտր:

15-7. K=6:

15-8. a<sub>2</sub>=R/2 - պատկերը կգտնվի հայելու ֆոկուսում, y<sub>2</sub>=7,5 սմ:

15-9. OAM հակասարակորմ եռանկյունուց (նկ. 62) ունենք OA=R/2 cos α. Բայց X=AF=OA - OF=OA - R/2, այսինքն

$$X=R/2(1/\cos \alpha - 1).$$

Եթե α=0, ապա cos α=1 և X=0: Այնուհետև, γ=FH=x tg < HAF: Բայց

< HAF-ը, որպես AOM եռանկյան արտաքին անկյուն, հավասար է 2α-ի, և  
այդ ժամանակ՝

$$y=R/2(1/\cos \alpha - 1)\tg 2\alpha:$$

Եթե α=0, ապա cos α=1, tg 2α=0 և y=0:

15-10. X=1,8 սմ, y=1,5 սմ:

15-11. h=8 սմ:

15-12. d=0,1 մ:

15-13. ℓ=5,8 մմ:

15-14. tg i=n:

15-15. ա) β=41°08', բ) β=48°45', զ) β=61°10':

15-16. Զրի մակերևույթի նկատմամբ β=41°15' անկյան տակ:

15-17. V<sub>1</sub>=2,02 · 10<sup>8</sup> ձ/լ:

15-18. Ունենք sin i/sin β=n: Զուրու ապակուց բաժանող մակերևույթից լրիվ ներքին անդրադարձումը տեղի կունենա, եթե բավարարված է sin β=n<sub>2</sub>/n<sub>1</sub> պայմանը, որտեղ n<sub>2</sub>-ը զրի բեկման ցուցիչն է: Այդ դեպքում sin i=n<sub>1</sub>sinβ=n<sub>1</sub>n<sub>2</sub>/n<sub>1</sub>=1,33, այսինքն sin i>1 - խնդրի պայմանը անդրագործելի է:

15-19. r=0,114 մ:

15-21. β<sub>լր</sub>=41°28', β<sub>զ</sub>=40°49':

15-22. Մամուչակագույն ճառագայթները ենթարկվում են լրիվ ներքին անդրադարձման, իսկ կարմիր ճառագայթները դուրս են գալիս ապակու միջից օդ:

15-23. δ=34°37':

15-24. γ=28°:

15-25. δ=6°2':

15-26. i=10°08':

15-27. γ=77°22':

15-28. i=4°047':

15-29. sin δ+γ/2=n sin γ/2: Այդ դեպքում ստացվում է ճառագայթի ամենափոքր շեղում իր մկգրնական ուղղությունից:

15-30. δ<sub>լր</sub>=30°37', δ<sub>զ</sub>=33°27':

15-31. F<sub>1</sub>=0,146 մ:

15-32. ա) F=0,188 մ, բ) F=0,30 մ, զ) F=0,75 մ, դ) F=-0,188 մ,  
ե) F=-0,30 մ, զ) F=-0,75 մ:

15-33. F<sub>1</sub>/F<sub>2</sub>=1,4: Ենդուկում առաջին ոսպնյակը կգործի որսիու ցրող ոսպնյակ, իսկ երկրորդը որպես հավաքող:

15-34. D=2 դպտր:

15-35. a<sub>2</sub>=0,3 մ, y<sub>2</sub>=4 սմ:

15-38. ա)  $a_1+a_2=0,48$  մ, բ)  $a_1+a_2=2,65$  մ, զ)  $a_1+a_2=0,864$  մ:

15-39.  $F=0,47$  ն:

15-40.  $F=-0,75$  ն: Ռասնյակը կլինի գոռող:

15-41.  $F_2=0,59$  ն:

15-42.  $a_1=-90$  սմ,  $a_2=180$  սմ:

15-43.  $F_{\text{կր}}-F_{\text{ճ}}=3$  սմ:

15-44. ա)  $a_1=10$  սմ, բ)  $a_2=5,7$  սմ:

15-46. ա)  $K=12,5$ , բ)  $K=7,5$ :

15-47.  $R_1=R_2=25$  օմ:

15-48.  $d=5$  մ:

15-49.  $K=562$ :

15-50.  $F=0,112$  ն:

15-51.  $\alpha=7^{\circ}45'$ :

15-52. Պատկերի տրամագիծը  $d=2Etg(\alpha/2)=4,6$  մմ:  $\pi D^2/4$  մակերես ունեցող ռասնյակի մակերևույթի վրա ընկնող ճառագայթների հոսքը խտացվում է Արեգակի  $\pi d^2/4$  մակերեսով պատկերի մեջ: Այդ դեպքում  $E_2/E_1=\pi D^2/4\pi d^2=D^2/d^2=383$ :

15-53.  $r=1$  մ,  $h=0,71$  մ:

15-54.  $\Phi=8,34$  լբ:

15-55. Անքողը գծագիրը լուսանկարելիս, որի չափերը լուսանկարչական թիթեղից բավականին մեծ են, պատկերը նոտավորացնելու ստացվում է օբյեկտիվի զիսավոր ֆոկուսում: Առանձին մասերը լուսանկարչելու ժամանակ պատկերը ստացվում է բնական մեծությամբ, երբ առարկան դրվում է օբյեկտիվից կրկնակի ֆոկուսային հեռավորության վրա (պատկերը լուսանկարչական թիթեղի վրա ստացվում է նույնական հեռագործությանք): Պատկերի մակերեսը այդ դեպքում կմեծանա ( $2F/F)^2=4$  անգամ: Նույնքան անգամ կիրարանա լուսանկարչական թիթեղի լուսավորվածությունը, հետևաբար լուսակայման ժամանակը պետք է մեծացնել 4 անգամ:

15-56. 5,7 անգամ: Այսպիսով, չյուրաքային երկրում ավելի լավ է արևակեզ լինել կանգնած, քան պառկած:

15-57. 2 անգամ:

15-58. Սենյակի անկյուններում լուսավորվածությունը:

$$E = \frac{\Omega}{r^2} \cos \alpha \quad (1)$$

Համայնք մինչև սենյակի անկյունը եղած  $r^2$  էռավորությունը, ա մեջությունը նենյակի քառակուսի հատակի անկյունը (մի համար), քառակուսի:

հատակի և կողմը և հատակից չաճպի հ բարձրությունը կապված են  $a=r \sin \alpha = b / \sqrt{2} = h \tan \alpha$  (2)

հավասարությունը: (2)-ի հիման վրա լուսավորվածության արտահայտությունը կարելի է գրել այսպես:

$$E=(\Omega/a^2)(\cos \alpha \sin^2 \alpha):$$

Ե-ի առավելագույն արժեքը գտնելու համար վերցնենք  $dE/d\alpha$  ածանցյալը և այն հավասարեցնենք 0-ի:

$$dE/d\alpha = 1/a^2(2\cos^2 \alpha \sin \alpha - \sin^3 \alpha) = 0, \text{ որտեղից } \tan^2 \alpha = 2:$$

Այդ ժամանակ

$$h = \frac{a}{\tan \alpha} = \frac{b}{\sqrt{2 \tan \alpha}} = \frac{b}{2} = 2,5 \text{ մ:}$$

15-60. Եթե վառվուն է լամպը, սեղանի եղրի լուսավորվածությունը ստացվում է 1,2 անգամ ավելի մեծ:

15-61. 2,25 անգամ:

15-62.  $E \approx 8 \cdot 10^{-4}$  լբ:

15-63. ա)  $R=1,6 \cdot 10^{-5}$  լմ/մ<sup>2</sup>,  $B=5,1 \cdot 10^{-4}$  կղ/մ<sup>2</sup>, բ)  $R=4 \cdot 10^{-4}$  լմ/մ<sup>2</sup>,  $B=1,27 \cdot 10^{-4}$  կղ/մ<sup>2</sup>:

15-64. ա)  $B=1,2 \cdot 10^{-7}$  կղ/մ<sup>2</sup>, բ)  $B=3 \cdot 10^{-4}$  կղ/մ<sup>2</sup>:

15-65. Լուսավորվածությունը կլինի նույնը ինչպես թափանցիկ, այնպես էլ փայլած կոլբայի դեպքում,  $E_1=E_2=3,4$  լբ:

15-66.  $E=2 \cdot 10^{-3}$  լբ,  $R=1,5 \cdot 10^{-3}$  լմ/մ<sup>2</sup>,  $B=480$  կղ/մ<sup>2</sup>:

15-67.  $E=4,2 \cdot 10^{-4}$  լբ:

15-68.  $E=210$  լբ:

15-69.  $K=1,61 \cdot 10^{-3}$  Վտ/լմ,  $\eta \approx 2\%$ :

## § 16. ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՕՊՏԻԿԱ

16-1. Արեգակի սկավառակի մի եղրը լուսանկարելու ժամանակ (լուսի աղբյուրը շտումուն է դեպի մեզ)

$$\nu = c/(c - v): \quad (1)$$

Որևէ այլ սկավառակի մյուս եղրը նկարահանելիս (լուսի աղբյուրը հեռանուն և մեզանից)

$$\nu' = c/(c + v): \quad (2)$$

Նկատի ունենալով, որ  $v=c/\lambda$ , (1)-ից և (2)-ից զտմում ենք  $c/\lambda=2v\lambda/c$ , այսուղև  $V=c\lambda/2\lambda=2$  կմ/վ:

$$16-2. U = mc^2/(\lambda\lambda)^2/2\lambda^2q=2,5 \text{ կՎ:}$$

16-3. Մագնիտալ գծերի շեղումը դեպի կարճակիք սփրուր երա

նախում է, որ աստղը մուտքում է մեզ. Նույն շարժման շառավղային արագությունը (այսինքն արագությունը երկիրը և աստղը միացնող ուղի երկայնքով) որոշվում է  $V=c/\lambda = 103$  կմ/վ աօնչությունից:

16-4. 1,3 մեգամ:

16-5.  $y_1=1,8$  մմ,  $y_2=3,6$  մմ,  $y_3=5,4$  մմ:

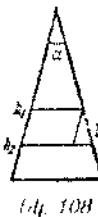
16-6.  $\lambda=0,5$  մկմ:

16-7. Ապակե թիթեղը գետեղելու հետևանքով ինտերֆերենցիլով ճառագայթքների ճանապարհների տարրերությունը կիսված  $\lambda = n - h = \hbar/(n-1)$  մեջությամբ: Մյուս կողմից, թիթեղի գետեղման հետևանքով պառկերը կտեղաշարժվի  $K$  չերտով: Յնուաքար թիթեղով պայմանավորված լրացուցիչ ճանապարհների տարրերությունը հավասար կլինի  $K\lambda - h$ : Այսպիսով,  $h/(n-1)=K\lambda$ , որտեղից  $h=K\lambda/(n-1)=6$  մկմ:

16-8.  $n \leq 5 \cdot 10^{-5}$ :

16-9.  $h=0,13$  մկմ:

16-10. Յարեան շերտերին հաճապատասխանող քաղաքի հաստությունները նշանակենք  $h_1$ -ով և  $h_2$ -ով: Առ դեպքում  $\lambda_1=h_2$ ,  $\lambda_2=h_1/2n$  (նկ. 108): Յաշվի առնելով, որ սեպի ց անցունը փոքր է, կարեի է համարել, որ  $\lambda/h=\ell \operatorname{tg} \gamma$ , այստեղից  $\gamma=K\lambda/2n \approx 5,13 \cdot 10^{-5}$  և  $\gamma=11^\circ$ :



16-11.  $\ell \gamma=1,9$  մմ:

16-12.  $K\lambda=5$  մմ  $^{-1}$ :

16-13.  $K=5$ ,  $K+1=6$ ,  $\lambda=0,5$  մկմ:

16-14.  $\lambda=589$  նմ:

16-15.  $r_{\text{լիք}}=\sqrt{4R\lambda_{\text{լիք}}} \approx 2,8$  մմ,  $r_{\text{լիք}}=\sqrt{3R\lambda_{\text{լիք}}} \approx 3,1$  մմ:

Այսպիսով, մենք տեսնում ենք, որ Երրորդ կարմիր օդակը քննած է ավելի հեռու, քան չորրորդ կապուտը: Դրանով է բացատրվում, թե ինչու սպիտակ լույսի տակ նշուտնի օդակներ կարեի է ոդիտել միայն օդային շերտի ոչ մեծ հաստությունների դեպքում: Յաստ շերտերի դեպքում առաջ է գալիս տարրեր գույների վերադրում:

16-16.  $\lambda=675$  նմ:

16-17.  $\ell_2=3,66$  մմ:

16-18.  $K=275$ :

16-19. Անցնող լույսում եյուսոնի օդակներ դիտելիս լուսի մաքսիմումի պայմանը կորոշվի հետևյալ իերաբ:

$$2hn=K\lambda: \quad (1)$$

Ուսպնակի և թիթեղի միջև եղած շերտի հ հաստությունը կուպաման  $\tau_K$  դիտվող օդակի հաճապատասխան  $\tau_K$  շառավիքի հետ հետևյալ կերպ:

$$h=r^2 K / 2R: \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ով՝ կատարանք  $nr^2 K / R = K \lambda$ , որտեղից  $n = K \lambda / R / r^2 K = 1/33$ :

16-20.  $h=1,2$  մկմ:

16-21.  $h=470$  նմ:

16-22.  $n=1,56$ :

16-23. Յայելու և տեղաշարժը  $\lambda/2$  հեռավիրության վրա համապատասխանում է ճանապարհների տարրերությունը կիսված  $\lambda - h = \hbar/(n-1)$  մեջությամբ: Մյուս կողմից, թիթեղի գետեղման հետևանքով պառկերը կտեղաշարժվի  $K$  չերտով: Յնուաքար թիթեղով պայմանավորված լրացուցիչ ճանապարհների տարրերությունը հավասար կլինի  $K\lambda - h$ : Այսպիսով,  $L=K\lambda/2$ , որտեղ  $K$ -ն տեսակաշտը անցած շերտերի թիվն է, որտեղից  $\lambda=2L/R=644$  նմ:

16-24.  $n=1$ ;  $K\lambda/2\ell=3,8 \cdot 10^{-4}$ , որտեղից  $n=1,00038$ :

16-25. Ի տարրերություն Մայքելսոնի ինտերֆերաչափի, տվյալ դնարձում ճառագայթը թլրով լցված խողովակով անցնում է միայն մի անգամ (նկ. 63): Այդ պատճառով թլրի և անոյ տարածության միջով անցած ճառագայթների ճանապարհների տարրերությունը հավասար է  $\ell(n-\ell)=\ell(n-1)=K\lambda$ , այստեղից  $(n-1)=K\lambda/\ell=7,73 \cdot 10^{-4}$ , իսկ  $n=1,000773$ :

16-26.  $\lambda=480$  նմ:

16-27.  $d=115$  նմ:

16-28.  $K=5$ : Դիֆրակցիոն պատկերի կենտրոնը լուսավոր է:

16-29. Կ թ գուռու շառավիղը  $r_K=\sqrt{Kab\lambda/(a+b)}$ : Տեղադրելով թվային արժեքները, կրտմենք  $r_1=0,50$  մմ,  $r_2=0,71$  մմ,  $r_3=0,86$  մմ,  $r_4=1$  մմ,  $r_5=1,12$  մմ:

16-30.  $r_1=0,71$  մմ,  $r_2=1,0$  մմ,  $r_3=1,22$  մմ,  $r_4=1,41$  մմ,  $r_5=1,58$  մմ:

16-31.  $\ell=157$  մ:

16-32. Շիզոք կրամի անցքը բաց է թղթում Ֆրենելի Կ գումինքը. Այդ դեպքում Կ թ գուռու շառավիղը միաժամանակ կլինի նաև անցքի շտամպիղը  $R=r_K=\sqrt{Kab\lambda/(a+b)}$ : Երրունիս դիտվող օդակների կենտրոնի նիտումայում լուսավորվածությունը մասնաւությանը է երկու գույնու ( $K=2$ ): Տեղադրելով թվային արժեքները կրտմենք  $R=1$  մմ:

16-33.  $\ell=0,8$  մ:

16-34.  $\varphi_1=17^\circ 08'$ ,  $\varphi_2=36^\circ 05'$ ,  $\varphi_3=62^\circ 0$ :

16-35.  $A=5$  մմ:

16-36.  $\varphi=30^\circ$ :

16-37.  $d=2,8$  մկմ,  $N_0=3570$  մմ  $^{-1}$ :

16-38.  $N_0=600$  մմ  $^{-1}$ :

16-39.  $\lambda_2=409,9$  նմ,  $N_0=500$  մմ  $^{-1}$ :

16-40. Ունենք սինք  $= K_1 \lambda_1 / d = K_2 \lambda_2 / d$ . Կամ  $K_1 \lambda_1 = K_2 \lambda_2$ , որտեղից  $K_2/K_1 = \lambda_1/\lambda_2 = 656,3/410,2 = 1,6$ : Բայց որ  $K_1$  և  $K_2$  թվերը պետք է ունենալ

մաս լինելու աճքող, ապա  $K_2/K_1=1,6$  պայմանին կարող են բավարարել  $K_1=5$  և  $K_2=8$  սրտեցները: Այդ ժամանակ ձ =  $K_1\lambda_1/\sin\varphi=5$  մկմ:

$$16-41. \lambda_2=660 \text{ նմ} \quad \text{Երկրորդ կարգի սպեկտրում:}$$

$$16-42. \lambda_2=447 \text{ նմ} - \text{հելիումի սպեկտրի կապույտ գիծը:}$$

$$16-43. \lambda_{\text{լր}}=705 \text{ նմ:}$$

$$16-44. K=3:$$

$$16-45. d=5\lambda:$$

$$16-46. K=10:$$

$$16-47. d=3,9 \text{ մկմ:}$$

$$16-48. d=22 \text{ մկմ:}$$

$$16-49. d=25,4 \text{ մկմ:}$$

$$16-50. \lambda=24 \text{ պն:}$$

$$16-51. \text{Ունենք } d \sin\varphi=K\lambda: \text{Դիֆերենցելով, կտանանք}$$

$$\text{ճառագույն } \frac{\text{ճառագույն}}{\text{ճառագույն}} = K/d \cos \varphi:$$

Տեղադրելով թվային տվյալները, գտնում ենք  $\sin \varphi=0,236$ , որտեղից  $\varphi=13^{\circ}38'$ : Այդ ժամանակ  $\cos \varphi=0,972$  և  $d\varphi/d\lambda=4,1 \cdot 10^{-5}$  ռադ/մ:

$$16-52. d=5 \text{ մկմ:}$$

$$16-53. D=81 \text{ մկմ/նմ:}$$

$$16-54. \ell = 0,65 \text{ մմ:}$$

$$16-55. \lambda_2=475 \text{ նմ}, N_0=460 \text{ մմ}^{-1}, d\varphi/d\lambda=2,76 \cdot 10^{-4} \text{ ռադ/սմ:}$$

$$16-56. \lambda=510 \text{ նմ:}$$

$$16-57. F=0,65 \text{ Ծ:}$$

$$16-58. i_p=57^{\circ}30':$$

$$16-59. i_p=54^{\circ}44':$$

$$16-60. i_p=37^{\circ}:$$

$$16-61. n=1,73:$$

$$16-62. n=1,63, i=66^{\circ}56':$$

$$16-63. \lambda_0=355 \text{ նմ}, \lambda_p=395 \text{ նմ:}$$

16-64. Բնական լուսի ինտենսիվությունը նշանակենք  $I_0$ -ով: Բներացուցիչն անցնելուց հետո ճառագույնը կունենա  $I_1=0,5 I_0$  ինտենսիվություն: Անալիզապորն անցնելուց հետո երա ինտենսիվությունը կլինի  $I_2=I_1 \cos^2 \varphi=0,5 I_0 \cos^2 \varphi$ : Ըստ պայմանի  $I_2/I_0=0,25$ , այդ դեպքում  $\cos^2 \varphi=0,25/0,50=1/2$  և  $\varphi=45^{\circ}$ :

$$16-65. \varphi=62^{\circ}32':$$

16-66. Ընկույլ լուսի անդրադարձան գործակիցը՝  $R=I/I_0$ , որտեղ  $I=I_0+I_1$ , ընդ որում

$$R=0,5 I_0 \frac{\sin^2(i-\beta)}{\sin^2(i+\beta)}, \quad I_1=0,5 I_0 \frac{\tg^2(\alpha-\beta)}{\tg^2(\alpha+\beta)}$$

Մեր դժուգով, եթե ճառագույնը ընկույտն է լրիվ բներացման անկյան տուակ,  $\tg i_p=n=1,54$ , հետևաբար  $i_p=57^{\circ}$  թանի որ  $i_p+\beta=90^{\circ}$ , ապա բեկան անկյունը՝  $\beta=33^{\circ}$  և  $i_p-\beta=24^{\circ}$ . Այդ պատճառով

$$R=0,5 I_0 \frac{\sin^2 24^{\circ}}{\sin^2 90^{\circ}}=0,083 I_0, \quad I_1=0,5 I_0 \frac{\tg^2 24^{\circ}}{\tg^2 90^{\circ}}=0,$$

այսինքն եթե անկման անկյունը հավասար է լրիվ բներացման անկյան, անդրադարձած լույսում տատանումները տեղի են ունենում միայն անկման հարթությանը ուղղահայց հարթության մեջ: Այդ դեպքում

$$R=\frac{I_0-I_1}{I_0+I_1}=\frac{0,083}{0,917}=0,083,$$

այսինքն ապակուց անդրադարնում է ընկնող բնական ճառագույնների եներգիայի միայն 8,3%-ը: Դրանք կլինեն այն ճառագույնները, որոնց տատանումները ուղղահայց են անկման հարթությանը: Եթե լարացը անկման հարթությանն ուղղահայց և երկրորդ միջավայրը անցած տատանումների եներգիան կկազմի միջավայրերի քածանծան սահմանի վրա ընկած ճառագարների ընդիանուր էներգիայի 41,7% -ը, իսկ անկման հարթության մեջ ընկած տատանումների եներգիան հալվասար է 50% -ի: Երկրորդ միջավայրը անցած ճառագարների բներացման աստիճանը

$$R=\frac{I_0-I_1}{I_0+I_1}=\frac{0,083}{0,917}=0,091=9,1\%:$$

16-67. Եթե բնական լույսը ապակի թիթեղի վրա ընկնում է լրիվ բներացման անկյան տակ, բեկված ճառագայրն ունի  $I_1=0,917 I_0$  ինտենսիվություն (տես 16-6-ի լուծում): Այդ բեկված լույսի մեջ  $0,417 I_0$  կազմում են անկման հարթությանն ուղղահայց տատանումները, իսկ  $0,5 I_0$  անկման հարթությանը գուգակեռ տատանումները: Թիթեղի երկրորդ միստից անդրադարձած լույսի ինտենսիվությունը՝  $I_2=0,083 \cdot 0,0917 I_0=0,076 I_0$ : Թիթեղից օդ դրւու եկած լույսի ինտենսիվությունը՝  $I_3=0,917 I_0-0,076 I_0=0,841 I_0$ , ընդ որում  $0,5 I_0$  կազմում են անկման հարթությանը ուղղահայց տատանումները: Այդ դեպքում բներացման աստիճանը

$$R=\frac{I_0-I_1}{I_0+I_1}=\frac{0,159}{0,841}=18,9\%,$$

այսինքն բներացման աստիճանը մեծացել է: Սրա հիման վրա որպես բներացուցիչ օգտագործվում է հարթության ապակյա թիթեղների «կլոս» («Ստոլետովի կլոս»):

$$16-68. R=I/I_0=5,06\%, R_1=83\%, R_2=4,42\%:$$

## §17. ՅԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐՐԵՐԸ

17-1. Ռւնենք

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \beta^2} : \quad (1)$$

Բայց պայմանի  $\ell_0 - \ell / \ell_0 = 1 - \ell / \ell_0 = 0.25$ , այստեղից

$$\ell / \ell_0 = 0.75, \text{ կամ } \ell = 0.75 \ell_0 : \quad (2)$$

Տեղադրելով (2)-ը (1)-ի մեջ, կստանանք  $\sqrt{1 - \beta^2} = 0.75$ , կամ  $1 - \beta^2 = (0.75)^2 = 0.5625$  և  $\beta^2 = 4375$ : Այսիսով,  $\beta = V/C = \sqrt{0.4375} = 0.6615$  և վերջնականապես  $V = \beta C = 0.662 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ մ/վ} = 1.96 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}$ :

17-2.  $V = 2.6 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}$ :

$$17-3. (\ell_0 - \ell) / \ell_0 \leq 68.8\%:$$

17-4. 7.1 անգամ:

$$17-5. \gamma \tau = 3.2 \text{ վ}:$$

$$17-6. \Delta m = 8.6 \cdot 10^{-27} \text{ կգ}:$$

17-7. Ակ. 109-ում սրված է էլեկտրոնի ու զանգվածի և  $e/m$  հարաբերության  $\beta = V/C$  մեջությունից ուժեցած կախվածության բնույթը:

$$17-8. V = 2.6 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}:$$

17-9. Ռւնենք

$$W_{\mu} = m_0 C^2 (1 / \sqrt{1 - \beta^2} - 1) = C^2 (m_0 / \sqrt{1 - \beta^2} - m_0) = (m - m_0) C^2,$$

որտեղից

$$W_{\mu} / m_0 = C^2 (m - m_0) / m :$$

Նշանակենք  $(m - m_0) / m_0 = K$ , այդ դեպքում  $W_{\mu} = m_0 C^2 K$ : Բայց պայմանի  $K = 0.05$ : ա)  $W_{\mu} = 25.6 \text{ կԵՎ}$ , բ)  $W_{\mu} = 47 \text{ ՄԵՎ}$ , գ)  $W_{\mu} = 94 \text{ ՄԵՎ}$ :

17-10.  $U = 1.1 \text{ ՄՎ}$ :

17-11.  $U = 510 \text{ կՎ}$ :

17-12. Մեզոնի  $W_{\mu}$  լրիվ լներգիան կազմավորվում է մեզոնի  $W$  կինետիկ էներգիայից և մեզոնի  $W_0$  սեփական էներգիայից (հաճախ էներգիա): Այդ դեմքում

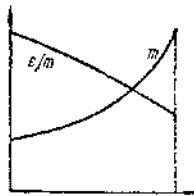
$$W = m_0 C^2 (1 / \sqrt{1 - \beta^2} - 1), W_0 = m_0 C^2,$$

պայմանը

$$W_{\mu} = W + W_0 = m_0 C^2 / (\sqrt{1 - \beta^2} :$$

Բայց պայմանի  $W_{\mu} / W_0 = 10$ , այսինքն  $1 / \sqrt{1 - \beta^2} = 10$ , այստեղից  $\beta = V/C = 0.995$  և  $V = 2.985 \cdot 10^8 \text{ մ/վ}$ :

17-13.  $\beta = 86.6\%$ :



Ակ. 109

$$17-14. \beta = 99.5\%:$$

$$17-15. (\ell_0 - \ell) / \ell_0 = 91.5\%:$$

$$17-16. \beta = 0.9:$$

$$17-18. W_{\mu} = 8.2 \cdot 10^{-14} \text{ Ջ}:$$

$$17-19. \Delta m = 4.6 \cdot 10^{-17} \text{ կգ}:$$

$$17-20. \Delta W = 931 \text{ ՄԵՎ}:$$

$$17-21. \Delta W = 8.2 \cdot 10^{-14} \text{ Ջ}:$$

17-22.  $\Delta m_{\mu} = 3.2 \cdot 10^{-9} \text{ գ/նոյ}$ : Այսպիսով, ռեակցիայի հետևանքով ստացվում է ոչ թե 18 գ զուր, այլ 3.2  $\cdot 10^{-9}$  գովագակաս: Այդ մեծությունը ընկած է ամենաճշգրիտ կշեռքի գգայության սահմաններից դուրս: Զանգվածի փոփոխությունը նման կարգի է նաև նյութ քիմիական ռեակցիաների դեպքում: Միշտուկային ռեակցիաների ժամանակ զանգվածի փոփոխությունը արդեն զգայի է (տես հաջորդ խոդիրը):

$$17-23. \Delta m_{\mu} = 0.217 \text{ գ/նոյ}:$$

$$17-24. \tau = 7 \cdot 10^{-12} \text{ տարում}:$$

## §18. ԶԵՐՍԱՅԻՆ ԾԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄ

$$18-1. T = 1000 \text{ Կ}:$$

$$18-2. N = 3.9 \cdot 10^{26} \text{ Վոլ}:$$

$$18-3. R_t = 4.6 \text{ կՎոլ/մ}^2:$$

$$18-4. T = 1000 \text{ Կ}:$$

$$18-5. N = 2.22 \text{ կՎոլ}, K = 0.3:$$

$$18-6. T = 2500 \text{ Կ}:$$

$$18-7. S = 0.4 \text{ մմ}^2:$$

$$18-8. K = 1.37 \text{ կՎոլ/մ}^2:$$

$$18-9. N = 3.1 \text{ ՄՎոլ}:$$

$$18-10. K = 595 \text{ Վոլ/մ}^2:$$

$$18-11. R_t = 73.5 \text{ ՄՎոլ/մ}^2:$$

$$18-12. S = 6 \text{ մմ}^2:$$

18-13. ա)  $\lambda_m = 1 \text{ մկմ} - \text{ինֆրակարմիր տիրույթ}$ , բ)  $\lambda_m = 500 \text{ նմ} - \text{տեսանելի լույսի տիրույթ}$ , գ)  $\lambda_m \approx 300 \text{ պմ} - \text{ռենտգենյան ճառագայթմերի տիրույթ}$ :

18-14. Ըստ գրաֆիկի (նկ. 64) գտնում ենք, որ նարմնի լուսատվության առավելագույն սպեկտրալ խոռությանը բաժին ընկնող ալիքի երկարությունը  $\lambda_m \approx 1.2 \text{ մկմ}$ : Այդ դեպքում համաձայն Վինի օրենքի կատանանք  $T = 2400 \text{ Կ}$ :

Տեսանելի սպեկտրին բաժին ընկնող ճառագարձան է ներգիայի տոկոսը կորոշվի  $r_{\lambda} = f(\lambda)$  կորով սահմանափակված ճակերեսի այն ճասով, որը անջատվում է մեզ հետաքրքրող միջակայքի եզրերից տարված օրդինատներով: Տեսանելի սպեկտրը տարածվում է մոտավորապես 400-ից մինչև 700 նմ: Նկ. 64-ի կոր պատկերելով միջիմետրական թրի վրա, գտնում ենք, որ տվյալ ջերմաստիճանում տեսանելի ճառագայթնանը բաժին է ընկնում ամբողջ ճառագայթնան մոտ 3-5%-ը:

18-15. 3,6 ամգամ:

18-16.  $\lambda=9,3$  մկմ:

18-17. 81 ամգամ:  $\lambda_1=2,9$  մկմից մինչև  $\lambda_2=0,97$  մկմ: 243 ամգամ:

18-18.  $T_2=C_1 T_1 / (\Delta \lambda T_1 + C_1) = 290$  Կ:

18-19. Կմեծանա 1,06 ամգամ:

18-20.  $N=0,84$  Կո:

18-21.  $\Delta \lambda=0,24$  մկմ:

18-22.  $\Delta m=\Delta W/C^2 = 1,4 \cdot 10^{-1}$  կգ,  $\tau=7 \cdot 10^{-12}$  տարի:

## ԳԼՈՒԽ VI

### ԱՏՈՄԻ ԵՎ ԱՏՈՄԻ ՄԻՋՈՒԿԻ ՖԻԶԻԿԱ

#### § 19. ԼՈՒՅՍԻ ԲՎԱՆՏԱՅԻՆ ԲՆՈՒՅԹԸ ԵՎ ՍԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԱԼԻՔԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

19-1. ա)  $m=3,2 \cdot 10^{-36}$  կգ, բ)  $m=8,8 \cdot 10^{-32}$  կգ, գ)  $m=1,8 \cdot 10^{-30}$  կգ:

19-2.  $\varepsilon=1,15 \cdot 10^{-13}$  Օ,  $m=1,38 \cdot 10^{-30}$  կգ,  $P=4,1 \cdot 10^{-22}$  կգ.մ/վ:

19-3.  $N_1=6,2 \cdot 10^{18}$  վ<sup>-1</sup>,  $N_2=1,2 \cdot 10^{19}$  վ<sup>-1</sup>,  $N_3=1,1 \cdot 10^{19}$  վ<sup>-1</sup>,  $N_4=5,9 \cdot 10^{18}$  վ<sup>-1</sup>,  $N_5=4,6 \cdot 10^{18}$  վ<sup>-1</sup>,  $N_6=5,1 \cdot 10^{18}$  վ<sup>-1</sup>:

19-4.  $V=9,2 \cdot 10^{-5}$  մ/վ:

19-5.  $V=1,4$  կմ/վ:

19-6.  $\varepsilon=0,51$  ՄԵՎ:

19-7.  $E=PC/St = 150$  Օ/վ.մ<sup>2</sup>:

19-8.  $T=9800$  Կ:

19-9.  $\lambda \geq 0,41$  պմ:

19-10.  $m=2,1 \cdot 10^{-32}$  կգ:

19-11. Ունենք  $h\nu=A+mV^2/2$ : Որպեսզի առաջանա լուսաէֆեկտ, անհրաժեշտ է, որ  $h\nu > A$ , այսինքն  $\nu > A/h$ : Բայց  $\nu=C/\lambda$ , հետևաբար լուսաէֆեկտ առաջանալու համար ընկնող լուսի ալիքի երկարությունը

պետք է բավարարի  $\lambda < hC/A$  անհավասարությամբ. Ստունութիւնը բուն է  $\lambda \leq 2,95$  նմ, որտեղից դժվար չէ գտնել, որ  $A=4,2$  էՎ:

19-12.  $\lambda_0=517$  նմ,  $\lambda_0=540$  նմ,  $\lambda_0=620$  նմ,  $\lambda_0=660$  նմ:

19-13.  $\varepsilon=4,5$  էՎ:

19-14.  $A=4,5$  էՎ,  $V_{max}=9,1 \cdot 10^{-5}$  մ/վ,  $W_{max}=3,8 \cdot 10^{-19}$  Օ:

19-15. Բանի որ լուսաէֆեկտը սկսում է  $\nu_0=6 \cdot 10^{14}$  Հց հաճախության դեպքում, ապա էլեկտրոնի ելքի աշխատանքը  $A=h\nu_0=2,48$  էՎ: Այնուհետև, ունենք  $h\nu=A+mV^2/2$ : Պուրա քոչող էլեկտրոններին պահելու համար անհրաժեշտ է կիրառել Սպոտենցիալների տարբերություն: Այդ դեպքում  $eU=mV^2/2$ : Այսպիսով,  $h\nu=A+eU$ , որտեղից  $\nu=(A+eU)/h=13,2 \cdot 10^{14}$  Հց:

19-16.  $U=1,75$  Վ:

19-17.  $\lambda=204$  նմ,  $\lambda_0=234$  նմ:

19-18.  $P_{max}=3,45 \cdot 10^{-25}$  կգ.մ/վ:

19-19.  $h=6,6 \cdot 10^{-34}$  Օ/վ:

$$19-20. U = \frac{h\nu - A}{e} + U_0 = 1,5 \text{ Վ}, V = \sqrt{\frac{2}{m}} (h\nu - A + eU_0) = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ Օ/վ}: \quad \boxed{U = \frac{h\nu - A}{e} + U_0}$$

19-21.  $\lambda_0 \approx 254$  նմ:

19-22. Լուսային ճնշումը  $P=F/S$ , որտեղ  $F$ -ը լույսի ճնշման ուժն է Տ մակերևույթով շրջանակի վրա: Բայց  $F=M/\ell = K\alpha/\ell$ , որտեղ  $M$ -ը թելի ոլորման մոմենտն է,  $\ell$ -ը շրջանակի կենտրոնից մինչև պտտման առանցքը եղած հեռավորությունն է,  $\alpha$ -ն շրջանակի պտտութիւն ամպլիունն է: Որպեսզի հայելուց ե հեռավորության վրա գոնվող սանդղակի վրա լույսի շողը շեղվի և նեծությանը, պետք է հայելու շրջանն անկյունը բավարարի  $tg 2\alpha=a/b$  պայմանը կամ փոքր անկյունների դեպքուն  $tg 2\alpha \approx a/b$ : Այսպիսով,  $\alpha=a/2b$  և  $P=K\alpha/2\pi b S=3,85$  մկԴա,  $E=770$  Օ/(մ<sup>2</sup>· Վ):

19-23.  $P=0,355$  մկԴա,  $N=2,1$  մ/լու:

19-24.  $S=1,2 \cdot 10^{-21}$  վ<sup>-1</sup> մ<sup>-2</sup>,  $F_1 \wedge \tau=1,42$  մկն.վ/մ<sup>2</sup>,  $F_2 \wedge \tau=2,13$  մկն.վ/մ<sup>2</sup>,  $F_3 \wedge \tau=2,84$  մկն.վ/մ<sup>2</sup>:

19-25.  $P=4,5$  մկԴա,  $m=7,8 \cdot 10^{-16}$  կգ:

19-26.  $P=10,4$  մկԴա:

19-27.  $P_1=0,7$  մկԴա,  $P_2=0,35$  մկԴա:

19-28.  $\Omega=2,9 \cdot 10^{21}$  վ<sup>-1</sup> մ<sup>-2</sup>:

19-29. ա)  $\lambda=2,42$  պմ,  $\lambda=\lambda_0+\Delta\lambda=73,22$  պմ, բ)  $\lambda=4,8$  պմ,  $\lambda=\lambda_0+\Delta\lambda=75,6$  պմ:

19-30.  $\lambda_0=24,2$  պմ:

19-31.  $\Delta\lambda=2,42$  պմ,  $W_e=hc\Delta\lambda/\lambda_0\lambda=6,6$  կԵՎ,  $P_e=4,4 \cdot 10^{-23}$  կգ.մ/վ:

19-32.  $W=0,26$  ՄԵՎ,  $P=9,3 \cdot 10^{-12}$  կգ.մ/վ:

19-33.  $W_e=0,1$  ՄԵՎ:

19-34.  $\lambda_1 = 1,23$  նմ,  $\lambda_2 = 0,123$  նմ:

19-35.  $\lambda_1 = 29$  պմ,  $\lambda_2 = 2,9$  պմ:

19-36. ա)  $\lambda = 730$  պմ, բ)  $\lambda = 144$  պմ, գ)  $\lambda = 6,6 \cdot 10^{-29}$  մ, այսինքն

գնդիկի ալիքային հատկությունները անհնարի է հայտնաբերել:

19-37. ա)  $\lambda = 12,2$  պմ, բ)  $\lambda = 0,87$  պմ:

19-38.  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  կգ:

19-39.

$V, 10^8$ մ/վ	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
$\lambda, \text{ պմ}$	2,70	2,25	1,82	1,39	0,925

19-40.  $\lambda = 10$  պմ:

19-41.  $\lambda = 180$  պմ:

## §20. ԲՈՐԻ ԱՏՈՄԸ: ՈԵՆՏԳԵՆՅԱՍՆ ԲԱՌԱՎԱՅԹՆԵՐ

20-1.  $r_1=53$  պմ,  $r_2=212$  պմ,  $r_3=477$  պմ,  $V_1=2,19 \cdot 10^6$  մ/վ  
 $V_2=1,1 \cdot 10^6$  մ/վ,  $V_3=7,3 \cdot 10^5$  մ/վ:

20-2.  $W_l=m e^4/8 \delta_0^2 h^2 K^2=13.6$  էՎ,  $W_{ll}=-2W_l=-27.2$  էՎ,  $W=W_{ll}+W_{lll}=-13.6$  էՎ:

20-3.  $W_{l1}=13.6$  էՎ,  $W_{l2}=-3.40$  էՎ,  $W_{l3}=1.51$  էՎ,  $W_{l4}=0$ :

20-4.  $T=1.43 \cdot 10^{-16}$  վ,  $m=4.4 \cdot 10^{-16}$  ստոլ/վ:

20-5. Զրածնի բռնոր սերիաների սպեկտրալ գծերի ալիքների երկարությունները որոշվում են հետևյալ բանաձևով.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{K^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (1)$$

եթե  $k=1, n=2, 3, 4, \dots$  - Լայմանի սերիան ուղղանանուշակագույն  
 տիրույթում.

եթե  $k=2, n=3, 4, 5, \dots$  - Բալմերի սերիան տեսանելի տիրույթում.

եթե  $k=3, n=4, 5, 6, \dots$  - Պաշենի սերիան

եթե  $k=4, n=5, 6, 7, \dots$  - Բրեկետի սերիան } ինֆրալարմիր տիրույթում:

եթե  $k=5, n=6, 7, 8, \dots$  - Պֆունդի սերիան

Այսպիսով, սպեկտրի տեսանելի տիրույթը համապատասխանում է  $k=2$  և  $n=3, 4, 5, \dots$  արժեքներին: Ազնական է, որ այդ սերիայի սպեկտրալ գծերի ամենափոքր ալիքի երկարությունը կլինի, եթե  $n = \infty$ : Այդ ժամանակ (1)-ից ունենք  $1/\lambda_{\min} = R/4$ , կամ  $\lambda_{\min} = 4/R = 365$  նմ (երրորդ իմաստալից

բայի ճշտությանը): Այլից ամենամեծ երկարությունը համապատասխանում է  $n=3$  արժեքին, այդ դեպքում  $\lambda_{\max} = 656$  նմ:

20-6.  $\lambda_{\max} = 121$  նմ,  $V_{\min} = 1,90 \cdot 10^6$  մ/վ:

20-7. Առողջի Ա; իոնացման պրտենցիալը որոշվում է  $eU_i = A_i$  հավասարություն, որտեղ  $A_i$ -ն էլեկտրոնը նորմալ ուղղության միջն անվերջություն հեռացնելու վրա ժախավոր աշխատանքն է: Զրածնի ատոմի համար

$$A_i = hV = hRC \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) :$$

եթե  $k=1$  և  $n = \infty$ , աշխատանքը՝  $A_i = hRC$  և իոնացման պրտենցիալը՝  $U_i = -A_i/e = hRC/e = 13.6$  վ:

20-8.  $U_i = 10.2$  վ:

20-9. Զրածնի ատոմի սպեկտրի բռնոր սերիաների բռնոր գծերը երևան կամ նրա ատոմի իոնացման ժամանակ: Դա տեղի կունենա, եթե էլեկտրոնների էներգիան  $W_{\min} = 13.6$  էՎ (տես 20-7-ի լուսունը),  $V_{\min} = \sqrt{2eU_i/m} = 2.2 \cdot 10^6$  մ/վ:

20-10. Առողջ առաջին գրգռված վիճակին փոխադրելու համար ամերաժշտ էներգիան  $W_1 = 10.2$  էՎ (տես 20-8-ի լուսունը): Դժվար չէ գտնել, որ ատոմը երկրորդ գրգռված վիճակին ( $k=1, n=3$ ) փոխադրելու համար ամերաժշտ էներգիան  $W_2 = 12.1$  էՎ: Այսպիսով, զրածնի սպեկտրը կունենա մեկ սպեկտրալ գիծ, եթե ուրակությունը էներգիան գտնվում է  $10.2 \leq W \leq 12.1$  էՎ տիրույթում:

20-11.  $W_{\min} = 12.1$  էՎ,  $\lambda_1 = 121$  նմ,  $\lambda_2 = 103$  նմ,  $\lambda_3 = 656$  նմ:

20-12.  $97.3 \leq \lambda \leq 102.6$  նմ:

20-13.  $\Delta W = 2.56$  էՎ:

20-14.  $97.3 \leq \lambda \leq 102.6$  նմ:

20-15.  $n=3$ -ից  $k=2$ -ի վրա անցմանը:

20-16.  $\lambda = 0.33$  նմ:

20-17.  $r_1 = 26.6$  պմ,  $V_1 = 4.37 \cdot 10^6$  մ/վ:

20-18. ա)  $U_1 = 40.8$  վ, բ)  $U_1 = 91.8$  վ:

20-19. ա)  $U_i = 54$  վ, բ)  $U_i = 122$  վ:

20-20.  $\lambda = 30.4$  նմ:

20-21.  $\lambda = 13.5$  նմ:

20-22.  $\lambda = 589$  նմ:

20-23.  $U = 2.1$  վ:

20-24.  $\lambda = 254$  նմ:

20-25. Անենակորը անկյունը համապատասխանում է առաջին կարգի սպեկտրին, այսինքն  $\lambda = 2ds \sin \phi = \lambda / 2d = 0.033$  և  $\phi = 1054^\circ$ :

20-26. Քարաղի մոլային ծավալը  $V = \mu/r$ : Այդ ժպկալում կամ  $2N_0$  իոններ, որտեղ  $N_0$  ն Ավոգադրոյի թիզն է: Այդ ժամանակ նեկ իոնին բաժին ընկնող ծավալը  $V_1 = \mu/2rN_0$ : Հետևաբար, իոնների միջև Ժ հեռավորությունը (ցանցի հաստատունը) կգտնենք  $V_1 = d^3$  պայմանից՝ այսինքն

$$d = \sqrt[3]{V_1} = \sqrt[3]{\mu/2rN_0} = 281 \text{ պմ:}$$

20-27. Ռենտգենան խողովակի էնեկտրոնների վրա կիրառված պոտենցիալների տարրերությունը մեծացնելիս առաջին կարգի սպեկտրում երևան է գալիս սպիկորալ գիծ, որի հայիք երկարությունը բավարարում է

$$eU = h\nu = hc/\lambda \quad (1)$$

հավասարմանը: Բայց ըստ Կոլբ-Քրեգի բանաձեկի

$$\lambda = 2ds \sin \varphi \quad (2)$$

1-ից և 2-ից կգտնենք

$$h = \frac{eU\lambda}{c} = \frac{eU2d}{c} \sin \varphi = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Զ.գ:}$$

$$20-28. h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Զ.գ:}$$

$$20-29. \lambda_1 = 41.3 \text{ պմ}, \lambda_2 = 31 \text{ պմ}, \lambda_3 = 24.8 \text{ պմ:}$$

$$20-30. \lambda = 27 \text{ պմ:}$$

$$20-31. U = 770 \text{ կՎ:}$$

20-32. K-սերիսից բռնը գծերը (ինչպես նաև մյուս սերիաների գծերը) երևան կամ նրամանանուկ, հենց որ էնեկտրոնը հեռացի առողիք K-ուղեծքից: Դրա համար անհրաժեշտ է կիրառել պոտենցիալների տարրերություն, որը բավարար:

$$eU = h\nu = hc/\lambda$$

առնչությամբ, որտեղ  $\lambda$ -ը անվերջ հեռացվածք էնեկտրոնի K-ուղեծքի անցնելու համապատասխանող այլիքի երկարությունն է, այսինքն այն այլիքի երկարությունը, որով որոշվում է K-սերիայի սահմանը: Մեր դեսքի համար  $\lambda$  այլիքի երկարությունը հավասար է (տես աղ. XIX) ա) 138 սմ, բ) 48,4 պմ, գ) 17,8 պմ, դ) 15,8 պմ: Որպեսի պոտենցիալների տարրերությունը կգտնենք  $U = hc/e\lambda$  բանաձևով: Տեղադրելով բվային տվյալները, Ս պոտենցիալների տարրերության համար կատարենք հետևյալ արժեքները ա) 9 կՎ, բ) 25,3 կՎ, գ) 69 կՎ, դ) 79 կՎ:

$$20-33. \text{ Ռենեք:}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R(Z - b)^2 \left( \frac{1}{K^2} + \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

K-սերիայի ամենամեծ այլիքի երկարությանը համապատասխանում է  $K_{\alpha}$ , գիծն: Այդ դեպքում (1) բանաձեկ նեչ թույզ պահու է տեղադրենք  $b=1$ ,  $K=1$ ,

$n=2$ : Լուժելով (1) բանաձեկ և նկատմամբ և տեղադրելով բվային արժեքները, կատարած լի արժեքները ա) 194 պմ, բ) 155 պմ, գ) 72 պմ, դ) 57,4 պմ, ե) 23,4 պմ, զ) 22,8 պմ, է) 20,5 պմ:  $K_{\alpha}$  գիծի համար փորձարարական ճանապարհով ստացած լ այլիքի երկարությունների արժեքները հետևյալներն են՝ ա) 194 պմ, բ) 154 պմ, զ) 71,2 պմ, դ) 56,3 պմ, ե) 22 պմ, զ) 21,4 պմ, է) 19 պմ:

20-34. M-ից L-շերտ էնեկտրոնի անցումը համապատասխանում է  $K=2$  և  $n=3$  արժեքներին. Մենքենք այսուսակում վոլֆրամի կարգարիվը  $Z=74$ : Տեղադրելով այս բվային արժեքները Մոգլիի բանաձևում կգտնենք  $b=5,5$ :

$$20-35. Z=40 \text{ (ցիրլոնիում):}$$

$$20-36. N_0/N = \mu D_f / N_0 e = 3,5 \cdot 10^{-10}$$

$$20-37. N = 1,6 \cdot 10^{14} \text{ կմ}^{-1} \text{ կգ}^{-1}$$

$$20-38. \bar{\lambda}_h = 2,7 \cdot 10^{-16} \text{ Ա:}$$

$$20-39. X_{1/2} = 0,5 \text{ մմ:}$$

$$20-40. 3,7 \text{ անգամ:}$$

$$20-41. X_{1/2} = 80 \text{ մկմ:}$$

$$20-42. \text{Տես այսուսակը. } \lambda = 1,24 \text{ պմ:}$$

Նյութ	Ձոր	Այլումին	Երկար	Կապար
$\mu, \text{ մ}^{-1}$	6,7	16	44	77
$\mu, 10^{-3} \text{ մ}^2/\text{կգ}$	6,7	6,2	5,6	6,8

$$20-43. n = \ln 80 / \ln 2 = 6,35:$$

## §21. ՈԱՐԻՈՎԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ

21-1. Ժ ժամանակում ռադիումկանուկ նյութից տրոհված առողմների թիվը որոշվում է

$$dN = -\lambda N dt \quad (1)$$

բանաձևով: Հ վերջավոր ժամանակահատվածի համար այս բանաձեկ կիրառվում է նիւառ այն դեպքում, եթե առկա առողմների  $N$  թիվը  $\sim t$  ժամանակի ընթացքում կարենի է համարել հաստատուն, այսինքն եթե  $\sim t$  ժամանակամավաժը շատ փոքր է կիրառության  $T_{1/2}$  պարբերությունից: Մեր դեպքում (տես աղ. XXII) պոլոնիումի կիրառության պարբերությունը  $T_{1/2} = 138$  օր: Անա ինչու մենք կարող ենք պայմանակի այս ժամանակում տրոհելու առողմների թիվը գտնել հետևյալ բանաձեկից:

$$\Delta N = \lambda N_0 t = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} N_0 t = 5025 \text{ ор}^{-1} : \quad (2)$$

21-2. Այս խնդիրը լուծելիս 21-1 խնդիրի լուծման մոտավոր քանածեց (2) օգտվել չի կարելի, քանի որ ռադիոհի կիսատրոհման պարբերությունը (տես աղ. XXII)  $T_{1/2}=3,82$  օր:  $\Delta t=1$  օր ժամանակում ռադիոհի տրոհված ատոմների թիվը որոշելու համար պետք է օգտվել  $N=N_0 e^{-\lambda t}$  քանածեց: Այդ դեպքում որոնելի թիվը՝

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = 1,67 \cdot 10^5 \text{ ор}^{-1}:$$

Եթե փորձենք գտնել  $\Delta N$ -ը (2) մոտավոր քանածելով, ապա կստանանք  $\Delta N = 1,92 \cdot 10^5$  օր<sup>-1</sup>, այսինքն թույլ կտանք շուրջ 10% սխալ: Սովորողին առաջարկվում է համոզվել, որ 21-1 խնդիրի լուծումները (1) և (2) քանածերով համեստնում են նույն պատասխանին՝ երրորդ իմաստայից ըստ ճշտությամբ:

$$21-3. a = 3,7 \cdot 10^{10} \text{Բկ:}$$

$$21-4. m = 6,5 \cdot 10^{-9} \text{կգ:}$$

$$21-5. m = 0,22 \text{ մգ:}$$

$$21-6. \lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ պ}^{-1}: \quad$$

$$21-7. \text{ա) } a_m = 7,9 \cdot 10^7 \text{Բկ/կգ, բ) } a_m = 5,7 \cdot 10^{18} \text{Բկ/կգ:}$$

$$21-8. m = 3,5 \cdot 10^{-20} \text{կգ:}$$

$$21-9. 53 \text{ արտանետում:}$$

$$21-10. t=40 \text{ օր:}$$

21-11. Բնական ուրանի ընդհանուր ռադիոակտիվության մեջ յուրաքանչյուր կողմից նշցված ռադիոակտիվության տոկոսային քամինը չափվում է միավոր ժամանակում յուրաքանչյուր իզոտոպի ընդհանուր թիվի հարաբերությամբ: Այդ ժամանակի կողմությամբ՝ միավորը կիրար համապատասխանաբար՝  $m_1 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ մ}, m_2 = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{ մ}, m_3 = 99,28 \cdot 10^{-2} \text{ մ}$ : Իզոտոպի տրոհումների թիվը միավոր ժամանակում հավասար կլիմի:

$$\Delta N_1 = \frac{\ln 2}{T_1} N_1 \Delta t = \frac{\ln 2 N_0 m_1 \Delta t}{T_1 A_1},$$

$$\Delta N_2 = \frac{\ln 2 N_0 m_2 \Delta t}{T_2 A_2}, \quad \Delta N_3 = \frac{\ln 2 N_0 m_3 \Delta t}{T_3 A_3}.$$

Որտեղ  $N_0$  -ն Ավոգադրոյի հաստատումն է,  $T_1$  -ն իզոտոպի կիսատրոհման պարբերությունն է ( $1/2$  իներքը  $T$ -ի մոտ բաց է, բողնված),  $A_1$  -ն նրա մոլային զանգվածն է: Այստեղից որոնելի հարաբերությունը յուրաքանչյուր իզոտոպի համար հավասար կլիմի

$$x_1 = \frac{N_1}{N_1 + N_2 + N_3} = \frac{m_1 / A_1 T_1}{m_1 / A_1 T_1 + m_2 / A_2 T_2 + m_3 / A_3 T_3} :$$

Տեղադրելով թվային արժեքները, դժվար չէ համոզվել, որ բնական ուրանի անընդուղ ռադիոակտիվությունը պայմանավորված է  $^{92}\text{U}$   $^{238}$  իզոտոպով, իսկ  $^{92}\text{U}$   $^{235}$  և  $^{92}\text{U}$   $^{234}$  իզոտոպների ռադիոակտիվությունը այնքան փոքր է, որ կարելի է անտեսել:

21-12.  $V=1,52 \cdot 10^{-7} \text{ մ/վ: } \alpha - \text{մասնիչի դրւությունը ժամանակի անքատված } W_1 \text{ լրիվ էներգիան հավասար է } \alpha - \text{մասնիչի } W_1 \text{ կինետիկ } \text{ էներգիայի և } \text{ մասնագործային } W_2 \text{ կինետիկ } \text{ էներգիայի գումարին.}$

$$W=W_1+W_2: \quad (1)$$

Բացի այդ, տեղի ունի շարժման քանակի պահպաննան օրենքը: Բանի որ մինչև տրոհումը համակարգի շարժման քանակը հավասար էր զրոյի, ապա տրոհումից հետո

$$m_1 V_1 = m_2 V_2: \quad (2)$$

(2)-ից դժվար չէ ստանալ

$$(m_1 V_1)^2 = \frac{m_1 V_1^2 + m_1}{2} = W_1 2m_1 = (m_2 V_2)^2 = \frac{m_2 V_2^2 + m_2}{2} = 2m_2 = 2m_2 W_2:$$

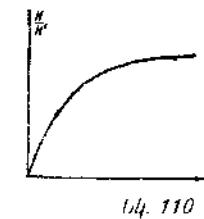
Այս դեպքում (1)-ից ունենք

$$W = W_1 + \frac{2m_1 W_1}{2m_2} = W_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) = W_1 \frac{m_2 + m_1}{m_2} = 4,87 \text{ ՄԲ:}$$

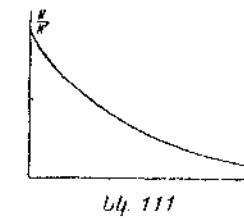
$$21-13. \text{ա) } Q=0,12 \text{ կԶ, բ) } Q=16 \text{ կԶ:}$$

$$21-14. Q_\mu = 5,2 \cdot 10^{12} \text{ Զ/մոլ:}$$

$$21-15. a = 2,8 \cdot 10^8 \text{ Բկ:}$$



Աղ. 110



Աղ. 111

$$21-16. N_0 = 6 \cdot 10^{23} \text{ մոլ}^{-1}: \quad$$

$$21-17. m = 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ կգ:}$$

21-18.  $t=12,6$  օր հետո՞ւ Նկ. 110-ում տրված  $\frac{N}{N'} = f(t)$  կախման բնույթը:

21-19. Նկ. 111-ում տրված  $\frac{N}{N'} = f(t)$  կախման բնույթը Կիրո

Այս համար գործնորությունը կգտնվի որպես կորի այն կետի արսցիս, որի օրինաց հավասար է  $0.5\text{-ի}$ : Մեր դեպքի համար մասշտարով գծած  $N/N = f(t)$  կրից կարելի է գտնել  $T_{1/2} = 3.8$  օր:

$$21\text{-}20. T_{1/2} = 4 \text{ ժ:}$$

$$21\text{-}21. t \approx 10.4 \text{ օր հետո:}$$

$$21\text{-}22. 0\text{նենք}$$

$N_{\text{կա}} = N_{\text{ուր}} [1 - e^{-0.693 t / T_{\text{ուր}}}]$ ,  $\dot{m}_{\text{կա}} / A_{\text{կա}} = m_{\text{ուր}} / A_{\text{ուր}} [1 - e^{-0.693 t / T_{\text{ուր}}}]$ , որտեղ  $A_{\text{կա}}$  -ն իզոտոպի մոլային զանգվածն է ( $1/2$  ինդեքսը  $T_i$  ի մոտ բաց է թողնված): Այստեղից  $t=3 \cdot 10^9$  տարի:

$$21\text{-}23. N = 2.8 \cdot 10^{16}$$

$$21\text{-}24. m = 7 \cdot 10^{-3} \text{ կգ:}$$

$$21\text{-}25. \dot{m} = 1.1 \cdot 10^{-7} \text{ կգ:}$$

$$21\text{-}26. 63.2\%:$$

$$21\text{-}27. a = 1.67 \cdot 10^{-6} \text{ Բկ:}$$

$$21\text{-}28. a_m = 5.25 \cdot 10^{-15} \text{ Բկ/կգ:}$$

21\text{-}29. Սինչե խառնելը պատրաստուելի տեսակարար ակտիվությունը

$$a_{m1} = \frac{\lambda N}{m_1 \cdot t} = \frac{\lambda N}{m_1} = \frac{\ln 2 N_U m_1}{T A_1 m_1} = \frac{\ln 2 N_U}{T A_1}, \quad (1)$$

խառնելուց հետո

$$a_{m2} = \frac{\lambda N}{(m_1 + m_2) \cdot t} = \frac{\ln 2 N_U m_1}{T A_1 (m_1 + m_2)}, \quad (2)$$

որտեղ  $A_i$  -ն ռադիոակտիվ իզոտոպի մոլային զանգվածն է ( $1/2$  ինդեքսը  $T_i$  ի մոտ բաց է թողնված): (1)-ից և (2)-ից կստանանք

$$\therefore a_m = \frac{\ln 2 N_U}{T A_1} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) = \frac{\ln 2 N_U m_2}{T A_1 (m_1 + m_2)} = 4.9 \cdot 10^{-17} \text{ Բկ/կգ:}$$

$$21\text{-}30. m_2 = 11 \text{ մգ:}$$

$$21\text{-}31. {}^{84}\text{Po}^{216}:$$

$$21\text{-}32. {}^{88}\text{Ra}^{226}:$$

$$21\text{-}33. {}^{92}\text{U}^{235}:$$

$$21\text{-}34. {}^2\text{He}^4:$$

$$21\text{-}35. {}^{55}\text{Cs}^{133}:$$

21\text{-}36. ա)  $V = 1.92 \cdot 10^{-7} \text{ մ/կ, բ) } W = 7.83 \text{ ՄէՎ (տես 21\text{-}12-ի լուսում), գ) } N = 2.26 \cdot 10^{-5}, \eta, \dot{m}_h = 1.33 \cdot 10^{-9} \text{ Ա}$

## §22. ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐ

22\text{-}1. ա) 12 պրոտոն և 12 նեյտրոն, բ) 12 պրոտոն և 13 նեյտրոն,

զ) 12 պրոտոն և 14 նեյտրոն:

22\text{-}2. Ունենք  $\Delta m = Zm_{\text{H}} + (A-Z)m_{\text{A}} - m_{\text{A}}$ : Մեզ մոտ (տես աղ. XXI)  $\Delta m = (3 \cdot 1.00783 + 4 \cdot 1.00867 - 7.01600) \text{ գ.ա.մ.} = 0.04217 \text{ գ.ա.մ.}$  Բանի որ 1 գ.ա.մ. մինչ համապատասխանում է 931 ՄէՎ էներգիա (տես 17\text{-}20 խնդիր), ապա վերջնականացնեն 3 Li  ${}^7$ -ի միջուկի կափի էներգիան կլինի  $W = 0.04217 \cdot 931 \text{ ՄէՎ} = 39.3 \text{ ՄէՎ}$ : Այդ էներգիան պետք է ծախսել որպեսզի 3 Li  ${}^7$ -ի միջուկը նույնականացնի բաժանվի:

22\text{-}3.  $W = 28.3 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}4.  $W = 225 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}5. ա)  $W = 8.5 \text{ ՄէՎ, բ) } W = 7.7 \text{ ՄէՎ: } {}^1\text{H}^3$ -ի միջուկը ավելի կայուն է, քան  ${}^2\text{He}^3$ -ի միջուկը:

22\text{-}6.  $W_0 = 7.97 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}7.  $W = 2.2 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}8. ա)  $W = 5.6 \text{ ՄէՎ, բ) } W = 7.5 \text{ ՄէՎ, գ) } W = 8.35 \text{ ՄէՎ, դ) } W = 8.55 \text{ ՄէՎ, ե) } W = 8.75 \text{ ՄէՎ, զ) } W = 8.5 \text{ ՄէՎ, լ) } W = 7.9 \text{ ՄէՎ, ը) } W = 7.6 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}9. Ունենք  $Q = C^2 (\Delta m_1 - \Delta m_2)$ : Եւակետային մասնիկների զանգվածների գումարը

$\Delta m_1 = (7.01600 + 1.00783) \text{ գ.ա.մ.} = 8.02383 \text{ գ.ա.մ.}$

Գոյացած մասնիկների զանգվածների գումարը

$\Delta m_2 = (4.00260 + 4.00260) \text{ գ.ա.մ.} = 8.00520 \text{ գ.ա.մ.}$

Այսպիսով, զանգվածների նեֆելումը  $\Delta m = 0.01863 \text{ գ.ա.մ.}$  Եներգարար ռեակցիայի ժամանակ անցառվում է  $Q = 0.01863 \cdot 931 \text{ ՄէՎ} = 17.3 \text{ ՄէՎ}$  էներգիա:

22\text{-}10.  $Q = 1.18 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}11. ա)  $Q = 4.04 \text{ ՄէՎ, բ) } Q = 3.26 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}12. ա)  $Q = 18.3 \text{ ՄէՎ, բ) } Q = 22.4 \text{ ՄէՎ, զ) } Q = 4.02 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}13.  $M = 570 \text{ տ:}$

22\text{-}15.  $Q = 15 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}16.  $Q = 4.35 \text{ ՄէՎ:}$

22\text{-}17.  ${}^7\text{N}^{14} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{14} + {}_1\text{H}^1, {}_6\text{C}^{14} \rightarrow {}_1\text{e}^0 + {}_7\text{N}^{14}$ :

22\text{-}18.  $a_m = 1.1 \cdot 10^{-23} \text{ Բկ/կգ:}$

22\text{-}19.  $T_{1/2} = 15 \text{ ժ:}$

22\text{-}20.  $Q_1 = 5.35 \cdot 10^{-22} \text{ ՄէՎ, } Q_2 = 3.6 \cdot 10^{-29} \text{ ՄէՎ: } \text{Այսպիսով, } Q_2/Q_1 = 7 \cdot 10^{-6}$ , այսինքն որպեսզի իրականացնենք այս փոխարկումը, պետք է նույնականացնենք 7 մլն անգամ ավելի էներգիա ժախսել, քան ան զատկում է այդ ռեակցիայի ժամանակ:

...21. պահ 6.315 գ.ա.մ.:

22-22. Երացված ցիկլի հետևանքով ջրածնի չորս միջուկները փոխարկվում են հելիումի մեկ միջուկի: Ածխածինը, որը պահում է իրեն որպես կատակիզատոր, կարող է նորից օգտագործվել: Դժվար չէ գտնել, որ այդ ցիկլի հետևանքով անջատվում է  $4.3 \cdot 10^{-12}$  Զ էներգիա: Մյուս կորդից, գիտենալով արեգակնային հաստատունը և Արեգակից մինչև Երկիր եղած հեռավորությունը, կգտնենք, որ Արեգակը միավոր ժամանակում ճառագայթում է  $Q_{\text{Ալ}} = 3.8 \cdot 10^{26}$  Զ էներգիա: Եթե ջրածնի 4 տառների փոխարկումը տալիս է  $4.3 \cdot 10^{-12}$  Զ էներգիա, ապա  $Q_{\text{Ալ}} = 3.8 \cdot 10^{26}$  Զ/վ էներգիա ճառագայթելու համար միավոր ժամանակում անհրաժեշտ է ծախաել  $t_1 = 5.9 \cdot 10^{26}$  կգ /վ զանգվածով ջրածնի: Քանի որ Արեգակի զանգվածը՝  $m_1 = 2 \cdot 10^{30}$  կգ, ապա արեգակնային նյութում ջրածնի պաշարը՝  $m = 2 \cdot 10^{30} \cdot 0.35$  կգ =  $7 \cdot 10^{29}$  կգ: Չեսլարար ջրածնի տվյալ պաշարը կրավարարի  $t = 4 \cdot 10^{10}$  տարի:

22-23.  $m = 1.00867$  գ.ա.մ.:

22-25. Ըստ պահմանան

$$K_1 = N_1/N_2, \quad (1)$$

որտեղ  $N_1$ -ը որոշակի ժամանակամիջոցում միջուկային փոխարկման տեղի ունեցած ակտերի թիվն է,  $N_2$ -ը՝ նույն ժամանակամիջոցում թիրախը ոմբակոծող մասնիկների թիվն է: Մյուս կորդից, քանի որ իզոտոպի ակտիվությունը որոշվում է միավոր ժամանակում տրոհումների թիվը ( $\alpha_1 = \lambda N_1$ ), ապա

$$K_2 = \lambda N_1/N_2 = \ln 2 N_1/T_{1/2} N_2, \quad (2)$$

որտեղ  $T_{1/2}$  ըստ առաջացած ռադիոակտիվ իզոտոպի կիսատրոհման պարբերությունն է: Այսպիսով, (1)-ից և (2)-ից կստանանք

$$K_2 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} K_1:$$

22-26.  $K_1 = 1/500$ , այսինքն 500 պրոտոններից միայն մեկն է առաջացում ռեակցիա:

22-27.  $K_1 = 1.2 \cdot 10^{-3}$ :

22-28. Պատրաստումից անմիջապես հետո աղբյուրը միավոր ժամանակում տալիս է  $\alpha_1 = (\Delta N/\Delta t)_1 = \lambda N_1$  թիվը տրոհումներ: Է ժամանակ անց տրոհումների թիվը միավոր ժամանակում՝  $\alpha_2 = (\Delta N/\Delta t)_2 = \lambda N_2$ , որտեղ  $N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$ : Այստեղից, նկատի ունեալով, որ  $n=4000$  ա-մասմիկներից միայն մեկն է առաջացնում ռեակցիա, գտնում ենք աղբյուրի մեջ նտոցված ռադիոնի առողջությունը:

$$N' = n N_1 = n N_2/e^{-\lambda t} = n N_2 e^{\lambda t}:$$

Այդ ժամանակ ռադիոնի գանգվածը՝

$$m = \frac{\mu N'}{N_2} = \frac{\mu}{N_2} n N_2 e^{\lambda t} = \frac{\mu n e^{\lambda t} a_2}{\lambda N_2} = 2.1 \cdot 10^{-9} \text{ կգ:}$$

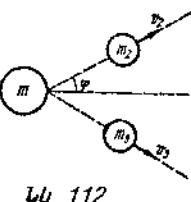
22-29.  $a_2 = 9.3 \cdot 10^6 \text{ վ}^{-1}$ :

22-30.  $Q = 6.9 \text{ ՄԵՎ}, K_2 = 5.77 \cdot 10^{-12} \text{ ԲՎ:}$

22-31. Նշանակենք (տես նկ. 112)  $m_1$ -ով,  $m_2$ -ով և  $m_3$ -ով համապատասխանաբար ոմբակոծող  $\alpha$ -մասնիկի, պրոտոնի և հետիրման միջուկի (մեզ մոտ թիվական միջուկի) զանգվածները,  $W_1$ -ով,  $W_2$ -ով,  $W_3$ -ով՝ նրանց կինետիկ էներգիաները: Եթե ազոտի միջուկը (ու) անշարժ է, ապա էներգիայի պահպանան օրենքը կեկտորային ձևով ունի

$$W_1 + Q = W_2 + W_3, \quad (1)$$

որտեղ  $Q$ -ն ռեակցիայի էներգիան է: Շարժման քանակի պահպանան օրենքը



Նկ. 112

տեսքը: (2)-ից իմարված էներգիա (տես նկ. 112)

$$P_3^2 = P_1^2 + P_2^2 - 2 P_1 P_2 \cos \varphi: \quad (3)$$

Քանի որ

$$P^2 = (mV)^2 = \frac{mV^2}{2} \cdot 2 m = 2 mW, \quad (4)$$

ապա (3) հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$2m_3 W_3 = 2m_1 W_1 + 2m_2 W_2 - 2 \cos \varphi \sqrt{2m_1 W_1 \cdot 2m_2 W_2}.$$

Կամ

$$W_3 = \frac{m_1}{m_3} W_1 + \frac{m_2}{m_3} W_2 - \frac{2 \cos \varphi}{m_3} \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}: \quad (5)$$

(1)-ից և (5)-ից արտաքսելով էներգիան, կստանանք ոմբակոծող  $\alpha$ -մասնիկների կինետիկ էներգիան պրոտոնների կինետիկ էներգիային կապող բանաձեռ:

$$W_1(m_3 - m_1/m_3) + Q = W_2(m_2 + m_3/m_2) - 2 \cos \varphi / m_3 \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}, \quad (6)$$

Այստեղ  $Q = -1.18 \text{ ՄԵՎ}$ : Լուծենով (6)-ը  $\cos \varphi$ -ի նկատմամբ և տեղադրությունը պային տվյալները, կգտնենք

$$\cos \varphi = \frac{\frac{m_2 \cdot m_3}{2} \sqrt{W_3}}{\sqrt{W_2/m_1 m_2 W_1}} \cdot \frac{m_3 - m_1}{2} \sqrt{W_1/m_1 m_2 W_2}$$

$$\frac{m_3 Q}{2 \sqrt{m_1 m_2 W_1 W_2}} = 0,849, \text{ կամ } \varphi = 32^{\circ}:$$

22-32.  $W_2 = 11,3 \text{ ՄէՎ:}$

22-33.  $Q = -0,78 \text{ ՄէՎ} - \text{ռեակցիան ընթանում է Էներգիայի կլանում: } W = Q (m_1 + m_2/m_1) = 1,04 \text{ ՄէՎ, որտեղ } m_1 \text{-ը դադարի վիճակում գտնվում միջուկի գանգվածն է և } m_2 \text{-ը ոնքակություն մասնիկի գանգվածը:}$

22-34.  $W = 1,52 \text{ ՄէՎ:}$

22-35.  $W = 1,89 \text{ ՄէՎ:}$

22-36.  $Q = -0,30 \text{ ՄէՎ, } W = 0,35 \text{ ՄէՎ, } W' = W + Q = 0,05 \text{ ՄէՎ:}$

22-37.  $Q = 2,8 \text{ ՄէՎ, } V = 9,3 \cdot 10^6 \text{ մ/վ, } W = 1,8 \text{ ՄէՎ:}$

22-38.  $W_1 = 1 \text{ ՄէՎ:}$

22-39.  $h\nu = 2,2 \text{ ՄէՎ:}$

22-40.  $h\nu = 16,6 \text{ ՄէՎ:}$

22-41.  $W = 2,3 \cdot 10^4 \text{ կՎտ, ժ:}$

22-42.  $m=31 \text{ զ:}$

22-43.  $Q = 17,6 \text{ ՄէՎ, } W = 11,8 \cdot 10^4 \text{ կՎտ, ժ:}$

## §23. ՏԱՐՐԱԿԱՆ ՍԱՍՆԻԿՆԵՐՈՒՄ ՍԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԱՐԱԳԱՑՈՒՑԻՉՆԵՐԸ

23-1. ա)  $N = 2,2 \cdot 10^{16}$ , բ)  $N = 1,1 \cdot 10^{16}$ :

23-2.  $m=12 \text{ գ.ա.մ. (գրաֆիտ):}$

23-3. 92%:

23-4. ա)  $\approx 100\%$ , բ)  $\approx 1,9\%$ . այսինքն կապարե շերտում նեյտրոնները արգելակվում են զգալի չափով ավելի թույլ, քան ջրածին պյառունակող նյութի (օրինակ, պարաֆինի) համապատասխան շերտում:

23-5. Նեյտրոնի շարժման  $V$  արագության ուղղությունը, որը թոշնկով բախվում է անշարժ պրոտոնին, համեմատում է այն ուղիղ անկյան կիսորդը, որի տակ թոշնկով ցովում են մասնիկները: Այդ դեպքում ցովող մասնիկների արագությունները միատեսակ են և հավասար:  $V = V \sqrt{2/2}$ : Յետևաբար նեյտրոնի և պրոտոնի միջև էներգիան միշտն հաշվով բաշխվում է հավասարապես:

23-6. Յուրաքանչյուր բախման ժամանակ նեյտրոնի կիմետրիկ էներգիան փոքրանում է կիսով չափ (մենք 23-5-ի լուծումը): Յետևաբար, ո

բայսումներից հետո նեյտրոնի էներգիան կլինի  $W = (1/2)^n W_0$ : Այստեղից  $\frac{1}{2} \lg 2 = \lg(W_0/W) = \lg(2 \cdot 10^{-7})$  և  $n = \lg(2 \cdot 10^{-7})/\lg 2 = 24$ :

23-7.  $q=2e = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ կլ:}$

23-8.  $q/m = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ կլ/կգ:}$

23-9.  $m = 1,23 \cdot 10^{-30} \text{ կգ, } V = 2,02 \cdot 10^8 \text{ մ/վ, } W = 1,8 \cdot 10^5 \text{ էՎ, } e/m = 1,3 \cdot 10^{11} \text{ կլ/կգ, } V' = 2,52 \cdot 10^8 \text{ մ/վ:}$

23-10. Ըստ պայմանի  $W/W_0 = 1/\sqrt{1-\beta^2} = 30$ , որտեղից  $V = 2,998 \cdot 10^8 \text{ մ/վ: } \text{Շարժվող մեզոնի կամքի տևողությունը ըստ լարուատոր ժամացույցի՝ } \tau = \tau_0 \sqrt{1-\beta^2} = 30 \tau_0 : \text{ Այդ նույն ժամանակ մեզոնը } \ell = V\tau = V\tau_0 \approx 18 \text{ կմ տարածություն:}$

23-11. 8 ամգամ:

23-12.  $W = 0,51 \text{ ՄէՎ, } \lambda = 2,4 \text{ պմ:}$

23-13. Եթե Խ էներգիա ունեցող ց թվանուր փոխարկվում է ճաւճիկների գույքի, ապա ըստ էներգիայի պահպաննամ օրենքի

$$h\nu = 2m_0 C^2 + W_1 + W_2,$$

որտեղ  $m_0 C^2$ -ն յուրաքանչյուր մասնիկի դադարի էներգիան է,  $W_1$ -ը և  $W_2$ -ը մասնիկների կիմետրիկ էներգիաներն են նրանց առաջացման պահին: Այս մոտ  $m_0 C^2 = 0,51 \text{ ՄէՎ, } \text{հետևաբար } 2m_0 C^2 = 1,02 \text{ ՄէՎ: } \text{Այդ դեպքում } W_1 + W_2 = (2,62 - 1,02) \text{ ՄէՎ} = 1,60 \text{ ՄէՎ:}$

23-14. Լորենցի ուժը  $BqV = qV^2/R$ , որտեղ  $B = mV/qR$ : Յարաւականության տեսության համաձայն մասնիկի  $P = mV$  իմպուլսը կապված է իր  $W$  կիմետրիկ էներգիայի հետ

$$P = 1/C \sqrt{W(W + 2m_0 C^2)}$$

առնչությամբ, որտեղ  $m_0$ -ն մասնիկի հանգստի գանգվածն է: Այստեղից

$$B = 1/CqR \sqrt{W(W + 2m_0 C^2)} : \quad (i)$$

Դժվար չէ ցոյց տալ (մենք 23-13-ի լուծումը), որ յուրաքանչյուր մասնիկի կիմետրիկ էներգիան  $W = 2,34 \text{ ՄէՎ: } \text{Տեղադրելով թվային տվյալները (1)-ու կատարած } B = 0,31 \text{ Տլ:}$

23-15.  $h\nu = 67,5 \text{ ՄէՎ:}$

23-16.  $h\nu = 940 \text{ ՄէՎ:}$

23-17.  $m_0(\pi) = 273m_0$ , որտեղ  $m_0$  ն էնեկտրոնի ուղարի գանգվածն է,  $V = 2,48 \cdot 10^8 \text{ մ/վ:}$

23-18.  $v = Bq/2\pi r$ ,  $v_1 = 9,7 \text{ ՄՅգ}, v_2 = 19,4 \text{ ՄՅգ}, v_3 = 9,7 \text{ ՄՅգ:}$

23-19.  $W = 2\pi^2 m_0^2 R^2$ ,  $W_1 = 13,8 \text{ ՄէՎ}, W_2 = 6,9 \text{ ՄէՎ}, W_3 = 27,6 \text{ ՄէՎ:}$

23-20.  $B = 0,9 \text{ Տլ, } W = 4,8 \text{ ՄէՎ:}$

23-21. а)  $B=1.8 \text{ Сл}$ ,  $W=9.6 \text{ Утв}$ , б)  $B=1.8 \text{ Сл}$ ,  $W=19.2 \text{ Утв}$ :

23-22.  $m = 1 \text{ q}$  ռադիումը միավոր ժամանակում արձակում է  $n_1 = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ q}^{-1}$   $\alpha$ -մասմերի:  $N = 15$  մկն հոսանքը հաճապատշամում է  $\alpha$ -մասնիկների  $n_2 = 4.7 \cdot 10^{13} \text{ q}^{-1}$  հոսքին: Այսպիսով, տվյալ ցիկլոտրոնը  $m = 1 \text{ q}$  ռադիումի զանգվածից ավելի քան հազար անգամ արդյունավետ է:

23-23.  $U = R^2 B^2 q / 2m = 12 \text{ Ув}$ :

23-24.  $R = 36 \text{ см}$ :

23-25. Դեյտոնների և  $\alpha$ -մասնիկների համար  $B=1.3 \text{ Сл}$ , պրոտոնների համար  $B=0.65 \text{ Сл}$ : Դեյտոնների, պրոտոնների և  $\alpha$ -մասնիկների համար  $V = 3.13 \cdot 10^7 \text{ д/վ}$ : Դեյտոնների համար  $W = 10.2 \text{ Утв}$ , պրոտոնների համար  $W = 5.1 \text{ Утв}$ ,  $\alpha$ -մասնիկների համար  $W = 20.4 \text{ Утв}$ :

Յուրաքանչյուր մեկ լիթվ պոտուտի ժամանակ լիցքավորված մասնիկը դրամաների միջև ընկած տարածությունը անցնում է երկու անգամ և, հետևաբար, երկու անգամ ստանում է լրացուցիչ իմպուլս: Դիա համար ո պոտուտների դեպքում լիցքավորված մասնիկը ծեռօթ է թրում  $U = 2\pi U$  արագացնող պոտենցիալին համարժեք էներգիա, որտեղ  $U$ -ն դրամաների միջև կիրառված պոտենցիալների տարբերությունն է: Այստեղից  $n = U/2U$ : Դեյտոնների և  $\alpha$ -մասնիկների համար  $n = 68$ , իսկ պրոտոնների համար  $n = 34$ :

23-26.  $W = 188 \text{ Утв}$ :

23-27.  $m/m_0 = 1.1$   $\beta = V/C = 0.44$  և  $V = 1.32 \cdot 10^8 \text{ м/վ}$ :

23-28.  $B = 2\pi m_0 v_0 / q = 2\pi m_0 / q = 1.62 \text{ Сл}$ : Քանի որ  $v_0/v = m_0/m = 1/\sqrt{1-\beta^2}$ , ապա

$$W = m_0 C^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) = \frac{m_0 C^2 (v_0 - v)}{v} = 300 \text{ Утв}:$$

23-29. а)  $T/T_0 = 1.7$  բ)  $T/T_0 = 1.9$ :

## ՆԱԳԻՆԱՎՈՐՄԵՐ

- Էլեկտրամագնիսական դաշտի ռացիոնալացված և ռացիոնալացված հավասարումների կապը

Էլեկտրամագնիսական դաշտի ռացիոնալացված հավասարումները կարելի են ստանալ ոչ ռացիոնալացված հավասարումներից հետևյալ ձևափոխումների օգնությամբ:

- Ոչ ռացիոնալացված հավասարումների մեջ մտնող  $E$  դիէլեկտրիկ բախանցելիությունը կունենա՞լի է:

$$4\pi E = 4\pi \epsilon_0 E$$

մեծությամբ, որտեղ  $\epsilon_0$ -ն էլեկտրական հաստատումն է,  $\epsilon$ -ը՝ միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրիկ բախանցելիությունը:

- Ոչ ռացիոնալացված հավասարումների մեջ մտնող  $\mu$  մագնիսական բախանցելիությունը կունենա՞լի է:

$$\frac{\mu}{4\pi} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi}$$

մեծությամբ, որտեղ  $\mu_0$ -ն մագնիսական հաստատումն է,  $\mu$ -ը՝ միջավայրի հարաբերական մագնիսական բախանցելիությունը:

- Ոչ ռացիոնալացված հավասարումների մեջ մտնող էլեկտրական էներգիանը  $D = \epsilon E$ , ինչնարին կունենա՞լ մեծությամբ:

$$4\pi D = 4\pi \epsilon_0 E E:$$

- Ոչ ռացիոնալացված հավասարումների մեջ մտնող մագնիսական ուժությունը  $H=B/\mu$ , ինչնարին կունենա՞լ է հետևյալ մեծությամբ:

$$4\pi H = 4\pi B/\mu \mu_0 :$$

Բոլոր հավասարումները, որոնցում բացակայում են  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $D$  և  $H$  մեջորական առանձնահատկությունները, ունեն նույն տևողություն ոչ ռացիոնալացված, և ռացիոնալացված մեջություն:

Կատարելով վերը նշված ձևափոխությունները, դժվար չէ կազմել աղյուսակ, որում հաճացրյալ լինեն գլուխ III-ի §§9-ի և 11-ի կարևոր հավասարումները ոչ ռացիոնալացված և ռացիոնալացված տեսքով:

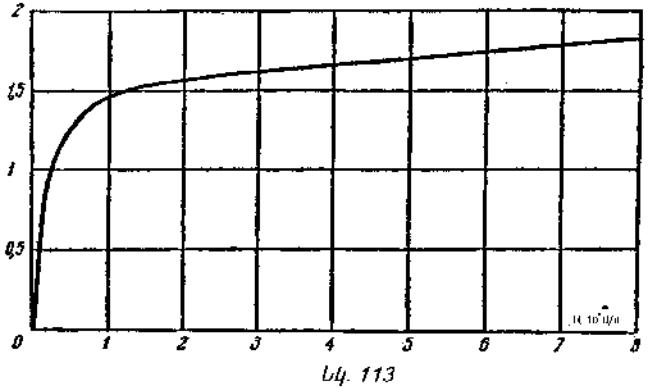
Սովորողներին առաջարկվում է, կատարելով վերը նշված ձևափոխությունները, լրացնել այդ աղյուսակը գլուխ III-ի §§9-ի և 11-ի նրա մեջ շմտնող բանաձևերով: Դժվար չէ հանոգվել, որ գլուխ III-ի § 10-ում բերված բոլոր հավասարումները ունեն նույն տևողություն ոչ ռացիոնալացված, և որ ռացիոնալացված ձևերուն:

**Աղ. շարունակություն**

	Ոչ ռացիոնալացված տեսքը (CGC համակարգ)	Ռացիոնալացված տեսքը (SI համակարգ)
Կուլոնի օրենք	$F = q_1 q_2 / \epsilon r^2$	$F = q_1 q_2 / 4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2$
Էլեկտրական դաշտի լարվածություն	$E = F / q$	$E = F / q$
Կետպային լիցքի դաշտի լարվածություն	$E = q / \epsilon r^2$	$E = q / 4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2$
Դառնուի թերեան	$N_E = 4\pi / \epsilon \sum q_i$ $N_D = 4\pi \sum q$	$N_E = 1 / \epsilon_0 \epsilon \sum q_i$ $N_D = \sum q$
Էլեկտրական դաշտի թերեան լարվածություն	$E = 2\tau / \epsilon r$	$E = \tau / 2\pi \epsilon_0 \epsilon r$
Էլեկտրական դաշտության լիցքի լարվածություն	$E = 2\pi \sigma / \epsilon$	$E = \sigma / 2\epsilon \epsilon_0$
Յարք կոնդենսատորի դաշտի լարվածություն	$E = 4\pi \sigma / \epsilon$	$E = \sigma / \epsilon \epsilon_0$
Պոստներիանոնի լուսաբուժություն	$U = A / q$	$U = A / q$
Ենուոյին լիցքի դաշտի լարվածություն	$U = q / \epsilon r$	$U = q / 4\pi \epsilon_0 \epsilon r$
Դաշտի լարվածության և պատճենիափ կապը	$E = - dU / dr$	$E = - dU / dr$
Ն. Այրի հոմանառ դաշտի և անդար	$E = - U / d$	$E = - U / d$
Յարդյունի ունակության, լիցքի և պատճենիափի և առը	$q = CU$	$q = CU$
Յ. Արք Իրավենության և անդություն	$C = \epsilon S / 4\pi d$	$C = \epsilon_0 \epsilon S / d$
Դ. Ֆերիկ կոնդենսատորի և անդություն	$C = \epsilon r R / R - r$	$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon R / R - r$
Գ. Եղի ունակություն	$C = \epsilon r$	$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon r$
Հ. Խորագործ հաւորչի և ներգիռ	$W = qU / 2 = CU^2 / 2 =$ $= q^2 / 2C$	$W = qU / 2 = CU^2 / 2 =$ $= q^2 / 2C$
Դ. Մոր կոնդենսատորի և աշար ներգիռ	$W = \frac{\epsilon SU^2}{8\pi d} = \frac{\epsilon E^2 S d}{8\pi}$ $= \frac{2\pi \sigma^2 S d}{\epsilon}$	$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2d} =$ $= \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S d}{2} = \frac{\sigma^2 S d}{2\epsilon_0 \epsilon}$

	Ոչ ռացիոնալացված տեսքը (CGC համակարգ)	Ռացիոնալացված տեսքը (SI համակարգ)
Էլեկտրական դաշտի ներգի- այի ծավակային խոռություն	$E = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}$	$W_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}$
Յարք կոնդենսատորի թիթեղմերի ծգողության ուժ	$F = \frac{\epsilon E^2 S}{8\pi} = \frac{\epsilon SU^2}{8\pi d^2} =$ $= \frac{2\pi \sigma^2 S}{\epsilon}$	$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon SU^2}{2 d^2} =$ $= \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon}$
Բիո - Սալվար Լապլասի օրենք	$dH = 2d\ell \sin\alpha / Cr^2$	$dH = 2d\ell \sin\alpha / 4\pi r^2$
Մագնիսական դաշտի լարվածությունը շրջանա- յին հոսանքի կենտրոնում	$H = \frac{2\pi \Im}{CR}$	$H = \frac{\Im}{2R}$
Ուղիղ հոսանքի մագնիսական դաշտի լարվածություն	$H = \frac{2\Im}{Ca}$	$H = \frac{\Im}{2\pi a}$
Մագնիսական դաշտի լարվածությունը սոլենո- իդի ներսում	$H = \frac{4\pi \Im n}{C}$	$H = \Im n$
Մագնիսական դաշտի լարվածություն և նագ- նիսական ինդուկցիայի կապը	$B = \mu H$	$B = \mu_0 \mu H$
Մագնիսական դաշտի ներգիրիայի խոռություն	$W_0 = \frac{HB}{8\pi}$	$W_0 = \frac{HB}{2}$
Ամպերի ուժ	$dF = B \Im \sin\alpha d\ell / C$	$dF = B \Im \sin\alpha d\ell$
Լորենցի ուժ	$F = B q V \sin\alpha / C$	$F = B q V \sin\alpha$
Զուգահեռ հոսանքների վլուսագրեցության ռաժ	$F = \frac{2\mu \Im_1 \Im_2 \ell}{C^2 d}$	$F = \frac{\mu_0 \mu_1 \Im_1 \Im_2 \ell}{2\pi d}$
Սոլենոիդի ինդուկցի- ություն	$L = 2\pi \mu n^2 \ell S$	$L = \mu_0 \mu n^2 \ell S$

II. Արագիտական դաշտի Հ լարվածությունից Բ ինդուկցիայի  
կախման գրաֆիկը երկարի ինչ-որ տեսակի համար



Աղ. 113

III. Երեսական ֆիզիկական հաստատուններ

Գրավիտացիոն հաստատուն  
Էլեկտրագույքուն վակուումուն  
Մագնիսական հաստատուն  
Եներգական հաստատուն  
Պլանկի հաստատուն  
Եներգության դադարի գաճակած  
Պրատունի դադարի գաճակած  
Նեյտրոնի դադարի գաճակած  
Պրոտոնի գաճակածի հարաբերությունը  
Եներգության գաճակածին  
Տարրական լիցը  
Եներգության լիցըի հարաբերությունը  
Իր գաճակածին  
Զանգվածի ատոմային միավոր  
Ավոգադրովի հաստատուն  
Խարստեյի հաստատուն  
Ունիվերուայ գաճային հաստատուն  
Եղեալական գագի մոլային ծավալը  
Եղրաման պայմաններուն  
Բոլցմանի հաստատուն

$$\begin{aligned} G &= 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \\ c &= 2,99792458 \cdot 10^{-8} \text{ m}/\text{v} \\ \mu_0 &= 12,5663706144 \cdot 10^{-7} \text{ Vs}/\text{A} \\ \varepsilon_0 &= 8,85418782 \cdot 10^{-12} \text{ F}/\text{m} \\ h &= 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \\ m_t &= 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ m_e &= 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ m_a &= 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ m_p/m_t &= 1836,15152 \\ e &= 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ a/m_t &= 1,7588047 \cdot 10^{11} \text{ m}/\text{kg} \\ 1 \text{ գ.ա.մ.} &= 1,6605695 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ N_A &= 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ F &= 96,48456 \cdot 10^3 \text{ C}/\text{mol} \\ R &= 8,31441 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \\ V_0 &= 22,41383 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol} \\ K &= 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \end{aligned}$$

IV Արքանի տվյալներ Արեգակնային համակարգության մոլորակների մասին

	Արեգություն	Վերեռացք	Երկիր	Մարս	Յուպիտեր	Սատուր	Ուրան	Նեպտուն	Պիտուս
Միջին ենթադրություն	57,91	108,21	149,59	227,94	778,3	1429,3	2875,03	4504,4	5900
Արեգակի լուսությունը պարբ.	0,24	0,62	1,0	1,88	11,86	29,46	84,02	164,8	249,7
Բրուրուս, Երկրային տարի	4,840	12400	12742	6780	139760	115100	51000	50000	-
Դաստիարակածային տրամագիծ, կմ	0,055	0,92	1,0	0,150	1345	767	73,5	59,5	-
Ծառալը Երկրի ժամանակի	0,054	0,81	1,0	0,107	318,4	95,2	14,58	17,26	-
Խարաբերությամբ	0,38	0,85	1,0	0,38	2,64	1,17	0,92	1,14	-
Արքան անվան առաջարկությ.									
Երկիր մակերևության վրա									
(q = 9,80665 0,74)									

V. Աստղագիտական հաստութուններ

Երկրի շառավիղը	$6,378164 \cdot 10^{-6}$ մ
Երկրի միջին խտությունը	$5,518 \cdot 10^{-3}$ կգ/մ <sup>3</sup>
Երկրի զանգվածը	$5,976 \cdot 10^{24}$ կգ
Արեգակի շառավիղը	$6,9599 \cdot 10^{-8}$ մ
Արեգակի զանգվածը	$1,989 \cdot 10^{30}$ կգ
Լուսնի շառավիղը	$1,737 \cdot 10^{-6}$ մ
Լուսնի զանգվածը	$7,35 \cdot 10^{22}$ կգ
Երկրի և Լուսնի կենտրոնների միջին հեռավորությունը	$3,844 \cdot 10^8$ մ
Երկրի և Արեգակի կենտրոնների միջին հեռավորությունը	$1,49598 \cdot 10^{11}$ մ
Երկրի շորջը Լուսնի պտտման պարբերությունը	27 օր 7 ժ 43 ր
Արեգակի միջին խտությունը	$1,41 \cdot 10^{-3}$ կգ/մ <sup>3</sup>

VI. Ալոմների և մոլեկուլների տրամագծերը, մմ

Դելիում	0,20	Թթվածին	0,30
Զրածին	0,23	Ազոտ	0,30

VII.  $T_{\text{կ}}$ -ի և  $P_{\text{կ}}$ -ի կրիտիկական արժեքները

Նյութը	$T_{\text{կ}}$ , Կ	$P_{\text{կ}}$ , ՄՊա
Զրային գոլորչի	647	22,0
Ածխաբրու գազ	304	7,38
Թթվածին	154	5,07
Արգոն	151	4,87
Ազոտ	126	3,4
Զրածին	33	1,3
Դելիում	5,2	0,23

VIII. Տարբեր ջերմաստությաններում տարածությունը հազեցնող ջրային գոլորչիների ճնշումը

t, °C	P <sub>h</sub> , Պա	t, °C	P <sub>h</sub> , Պա	t, °C	P <sub>h</sub> , Պա
-5	400	8	1070	40	7338
0	609	9	1145	50	12302
1	656	10	1225	60	19817
2	704	12	1396	70	31122
3	757	14	1596	80	47215
4	811	16	1809	90	69958
5	870	20	2328	100	101080
6	932	25	3165	150	486240
7	1025	30	4229	200	1549890

IX. Զրի գոլորչիացման տեսակարար ջերմությունը տարբեր ջերմաստիճաններում

t, °C	0	50	100	200
τ, ԱՌ/կգ	2,49	2,38	2,26	1,94

X. Մի քանի հեղուկների հատկությունները ( $20^{\circ}\text{C}$ -ի դեպքում)

Նյութը	Խտությունը, $10^3$ կգ/մ <sup>3</sup>	Տեսակարար ջերմաստիճանը, Հ/կգ. Կ	Սույնիք թիկունքը, մ	Կախված թիկունքը պահանջման վեցական մասին
Բենզին	0,88	1720	0,03	
Չոր	1,00	4190	0,073	
Գլիցերին	1,20	2430	0,064	
Թիթչանի յուղ	0,90	1800	0,035	
Անդրոսին	0,80	2140	0,03	
Սնդիկ	13,60	138	0,5	
Սպիրու	0,79	2510	0,02	

XI. Մի շարք պինդ մարմինների հատկությունները

Նյութը	Խորություն, $10^3 \text{ կգ/մ}^3$	Դաշտան ջերմաս- տիճանը, $^{\circ}\text{C}$	Տեսակարար ջերմուսա- կությունը, $\text{Զ/կգ. Կ}$	Դաշտան տեսակա- րար ջերմու- սունը, $\text{կԶ/կգ}$	Գծային ընդարձակման ջերմային գործակիցը $10^{-5} \text{ Կ}^{-1}$
Ալյումին	2,6	659	896	322	2,3
Երկար	7,9	1530	500	272	1,2
Արույր	8,4	900	386	-	1,9
Սառուց	0,9	0	2100	335	-
Պղինձ	8,6	1100	395	176	1,6
Անագ	7,2	232	230	58,6	2,7
Պլատին	21,4	1770	117	113	0,89
Խցան	0,2	-	2050	-	-
Կապար	11,3	327	126	22,6	2,9
Արծար	10,5	960	234	88	1,9
Պողպատ	7,7	1300	460	-	1,06
Ցինկ	7,0	420	391	117	2,9

XII. Մի շարք պինդ մարմինների  
առաձգական հատկությունները

Նյութը	Անրության պաշարը, գրամ	Յունգի նորուցը, ՍՌԱ
Ալյումին	110	69
Երկար	294	196
Պղինձ	245	118
Կապար	20	15,7
Արծար	290	74
Պողպատ	785	216

XIII. Մի շարք պինդ մարմինների  
ջերմահաղորդականությունը, Վտ/(մ·Կ)

Ալյումին	210	Չոր ավագ	0,325
Թաղիք	0,046	Խցան	0,050
Երկար	58,7	Արծար	460
Ջայած կվարց	1,37	Երանիտ	0,174
Պղինձ	390		

XIV. Դիէլեկտրիկաների դիէլեկտրիկ բափանցելիությունը

Առն	7,8	Պարաֆին	2	Երանիտ	2,6
Չուր	81	Փայլար	6		
Կերոսին	2	Ապակի	6		
Ցուլ	5	ճենապակի	6		

XV. Դադորդիչների տեսակարար  
դիմադրությունը ( $0^{\circ}\text{C}$ -ի դեպքում), մկՕմ-մ

Ալյումին	0,025	Նիքրոն	100
Գրաֆիտ	0,039	Սնդիկ	0,94
Երկար	0,087	Կապար	0,22
Պղինձ	0,017	Պողպատ	0,10

XVI. Իննմերի շարժունակությունը  
էլեկտրալիտներում,  $10^{-8} \text{ Ծ/Վ. Վ}$

$\text{NO}_3^-$	6,4	$\text{Cl}^-$	6,8
$\text{H}^+$	32,6	$\text{Ag}^+$	5,6
$\text{K}^+$	6,7		

XVII. Մետաղներից էլեկտրոնների ելքի աշխատանքը, ԷՎ

W	4,5	Ag	4,74
W+Cs	1,6	Li	2,4
W+Tl	2,63	Na	2,3
Pt+Cs	1,40	K	2,0
Pt	5,3	Cs	1,9

XVIII. Բեկման ցուցիչներ

Ալմաստ	2,42	Ծննդաթիվածին	1,63
Չուր	1,33	Սկիպիդար	1,48
Սառուց	1,31	Ապակի	1,5 - 1,9

ՀԵԿ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱՐԴՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ  
ՃԱԽԱԳԱՐԾՈՒԹՅԻ Հ-ԱՔՐԻԱՅԻ ՍԱհմանը որոշող ալիքի  
Երկարությունը, պետք

Վոլֆրամ	17,8	Պլատին	15,8
Ռուփի	15,3	Արծաթ	48,4
Պղիմնձ	138		

#### XX. ՍԱՐԺԻԿԱՅԻ ԱՋԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԳԾԵՐԸ, Բմ

253,7	404,7	546,1	612,8
365,0	435,8	577,0	690,8
365,5	523,5	579,1	708,2

#### XXI. ՄԻ ՀԱՐՔ ԽՊՈՄՈՎՆԵՐԻ ԳԱԽԳՎԱԾՄԵՐԸ, գ.ա.մ.

Ինդեքս	Զանգված	Եզրակաց	Զանգված	Եզրակաց	Զանգված
$^21_{\text{H}}$	1,00783	$^4\text{Be}^9$	9,01218	$^{14}\text{Si}^{30}$	29,97377
$^3\text{He}^4$	2,01410	$^5\text{Be}^{10}$	10,01294	$^{20}\text{Ca}^{40}$	39,96257
$^1\text{H}^3$	3,01605	$^6\text{C}^{12}$	12,0	$^{27}\text{Co}^{56}$	55,93984
$^2\text{He}^3$	3,01603	$^7\text{N}^{13}$	13,00574	$^{29}\text{Cu}^{63}$	62,92960
$^3\text{He}^4$	4,00260	$^7\text{N}^{14}$	14,00307	$^{48}\text{Cd}^{112}$	111,90276
$^3\text{Li}^6$	6,01512	$^8\text{O}^{17}$	16,99913	$^{80}\text{Hg}^{200}$	199,96832
$^3\text{Li}^7$	7,01600	$^{12}\text{Mg}^{23}$	22,99413	$^{92}\text{U}^{235}$	238,04393
$^4\text{Be}^7$	7,01693	$^{12}\text{Mg}^{24}$	23,98504	$^{92}\text{U}^{238}$	238,05353
$^4\text{Be}^8$	8,00531	$^{13}\text{Al}^{27}$	26,98154		

#### XXII. ՄԻ ՀԱՐՔ ՊԱՐՊԱԿՄԻՎ ՄԱՐՐԵՐԻ ԿԽՍԱՄՈՐՈՒՄԱՅԻ ԱՎԱՐՔԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

$^{20}\text{Ca}^{40}$	164 օր	$^{88}\text{Ra}^{226}$	1590 տարի
$^{38}\text{Sr}^{90}$	28 տարի	$^{235}\text{U}^{235}$	$7,1 \cdot 10^{-8}$ տարի
$^{84}\text{Rb}^{210}$	138 օր	$^{92}\text{U}^{238}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$ տարի
$^{86}\text{Rn}^{222}$	3,82 օր		

1	(H)	Հ. Ի. ԱՆԴՐԵԱՆԻ ՀԱՐՄԱՆԱԿԱՆ ՏԱՐԺԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱՐԱՐԱՐԸ										ՄԻ	ՄԻ
2	Li	3	Be	4	B	5	W	6	N	7	H	8	He
3	Na	11	Mg	12	Al	13	Si	14	Ca	15	Fe	16	Ne
4	K	19	Ca	20	Sc	21	Ti	22	V	23	Cr	24	Mn
5	Rb	35	Ba	36	Ag	37	Zr	38	Nb	39	Tc	40	Ru
6	Au	79	Hg	80	Pt	81	Hf	82	Ta	83	Os	84	Rh
7	Fr	87	Bk	88	Ac	89	Ku	90	W	91	Ir	92	Pt
8	Ce	90	Pr	91	Nd	92	Sm	93	Gd	94	Eu	95	Lu
9	Pa	91	U	92	Np	93	Pu	94	Tb	95	Ho	96	Lu
10	Eu	96	Y	97	Am	98	Cm	99	Dy	100	Er	101	Lu
11	Yb	100	Lu	101	Ac	102	Ac	103	Ho	104	Tm	105	Lu
12	Lu	101	Lu	102	Lu	103	Lu	104	Lu	105	Lu	106	Lu
13	Lu	102	Lu	103	Lu	104	Lu	105	Lu	106	Lu	107	Lu
14	Lu	103	Lu	104	Lu	105	Lu	106	Lu	107	Lu	108	Lu
15	Lu	104	Lu	105	Lu	106	Lu	107	Lu	108	Lu	109	Lu
16	Lu	105	Lu	106	Lu	107	Lu	108	Lu	109	Lu	110	Lu
17	Lu	106	Lu	107	Lu	108	Lu	109	Lu	110	Lu	111	Lu
18	Lu	107	Lu	108	Lu	109	Lu	110	Lu	111	Lu	112	Lu
19	Lu	108	Lu	109	Lu	110	Lu	111	Lu	112	Lu	113	Lu
20	Lu	109	Lu	110	Lu	111	Lu	112	Lu	113	Lu	114	Lu
21	Lu	110	Lu	111	Lu	112	Lu	113	Lu	114	Lu	115	Lu
22	Lu	111	Lu	112	Lu	113	Lu	114	Lu	115	Lu	116	Lu
23	Lu	112	Lu	113	Lu	114	Lu	115	Lu	116	Lu	117	Lu
24	Lu	113	Lu	114	Lu	115	Lu	116	Lu	117	Lu	118	Lu
25	Lu	114	Lu	115	Lu	116	Lu	117	Lu	118	Lu	119	Lu
26	Lu	115	Lu	116	Lu	117	Lu	118	Lu	119	Lu	120	Lu
27	Lu	116	Lu	117	Lu	118	Lu	119	Lu	120	Lu	121	Lu
28	Lu	117	Lu	118	Lu	119	Lu	120	Lu	121	Lu	122	Lu
29	Lu	118	Lu	119	Lu	120	Lu	121	Lu	122	Lu	123	Lu
30	Lu	119	Lu	120	Lu	121	Lu	122	Lu	123	Lu	124	Lu
31	Lu	120	Lu	121	Lu	122	Lu	123	Lu	124	Lu	125	Lu
32	Lu	121	Lu	122	Lu	123	Lu	124	Lu	125	Lu	126	Lu
33	Lu	122	Lu	123	Lu	124	Lu	125	Lu	126	Lu	127	Lu
34	Lu	123	Lu	124	Lu	125	Lu	126	Lu	127	Lu	128	Lu
35	Lu	124	Lu	125	Lu	126	Lu	127	Lu	128	Lu	129	Lu
36	Lu	125	Lu	126	Lu	127	Lu	128	Lu	129	Lu	130	Lu
37	Lu	126	Lu	127	Lu	128	Lu	129	Lu	130	Lu	131	Lu
38	Lu	127	Lu	128	Lu	129	Lu	130	Lu	131	Lu	132	Lu
39	Lu	128	Lu	129	Lu	130	Lu	131	Lu	132	Lu	133	Lu
40	Lu	129	Lu	130	Lu	131	Lu	132	Lu	133	Lu	134	Lu
41	Lu	130	Lu	131	Lu	132	Lu	133	Lu	134	Lu	135	Lu
42	Lu	131	Lu	132	Lu	133	Lu	134	Lu	135	Lu	136	Lu
43	Lu	132	Lu	133	Lu	134	Lu	135	Lu	136	Lu	137	Lu
44	Lu	133	Lu	134	Lu	135	Lu	136	Lu	137	Lu	138	Lu
45	Lu	134	Lu	135	Lu	136	Lu	137	Lu	138	Lu	139	Lu
46	Lu	135	Lu	136	Lu	137	Lu	138	Lu	139	Lu	140	Lu
47	Lu	136	Lu	137	Lu	138	Lu	139	Lu	140	Lu	141	Lu
48	Lu	137	Lu	138	Lu	139	Lu	140	Lu	141	Lu	142	Lu
49	Lu	138	Lu	139	Lu	140	Lu	141	Lu	142	Lu	143	Lu
50	Lu	139	Lu	140	Lu	141	Lu	142	Lu	143	Lu	144	Lu
51	Lu	140	Lu	141	Lu	142	Lu	143	Lu	144	Lu	145	Lu
52	Lu	141	Lu	142	Lu	143	Lu	144	Lu	145	Lu	146	Lu
53	Lu	142	Lu	143	Lu	144	Lu	145	Lu	146	Lu	147	Lu
54	Lu	143	Lu	144	Lu	145	Lu	146	Lu	147	Lu	148	Lu
55	Lu	144	Lu	145	Lu	146	Lu	147	Lu	148	Lu	149	Lu
56	Lu	145	Lu	146	Lu	147	Lu	148	Lu	149	Lu	150	Lu
57	Lu	146	Lu	147	Lu	148	Lu	149	Lu	150	Lu	151	Lu
58	Lu	147	Lu	148	Lu	149	Lu	150	Lu	151	Lu	152	Lu
59	Lu	148	Lu	149	Lu	150	Lu	151	Lu	152	Lu	153	Lu
60	Lu	149	Lu	150	Lu	151	Lu	152	Lu	153	Lu	154	Lu
61	Lu	150	Lu	151	Lu	152	Lu	153	Lu	154	Lu	155	Lu
62	Lu	151	Lu	152	Lu	153	Lu	154	Lu	155	Lu	156	Lu
63	Lu	152	Lu	153	Lu	154	Lu	155	Lu	156	Lu	157	Lu
64	Lu	153	Lu	154	Lu	155	Lu	156	Lu	157	Lu	158	Lu
65	Lu	154	Lu	155	Lu	156	Lu	157	Lu	158	Lu	159	Lu
66	Lu	155	Lu	156	Lu	157	Lu	158	Lu	159	Lu	160	Lu
67	Lu	156	Lu	157	Lu	158	Lu	159	Lu	160	Lu	161	Lu
68	Lu	157	Lu	158	Lu	159	Lu	160	Lu	161	Lu	162	Lu
69	Lu	158	Lu	159	Lu	160	Lu	161	Lu	162	Lu	163	Lu
70	Lu	159	Lu	160	Lu	161	Lu	162	Lu	163	Lu	164	Lu
71	Lu	160	Lu	161	Lu	162	Lu	163	Lu	164	Lu	165	Lu
72	Lu	161	Lu	162	Lu	163	Lu	164	Lu	165	Lu	166	Lu
73	Lu	162	Lu	163	Lu	164	Lu	165	Lu	166	Lu	167	Lu
74	Lu	163	Lu	164	Lu	165	Lu	166	Lu	167	Lu	168	Lu
75	Lu	164	Lu	165	Lu	166	Lu	167	Lu	168	Lu	169	Lu
76	Lu	165	Lu	166	Lu	167	Lu	168	Lu	169	Lu	170	Lu
77	Lu	166	Lu	167	Lu	168	Lu	169	Lu	170	Lu	171	Lu
78	Lu	167	Lu	168	Lu	169	Lu	170	Lu	171	Lu	172	Lu
79	Lu	168	Lu	169	Lu	170	Lu	171	Lu	172	Lu	173	Lu
80	Lu	169	Lu	170	Lu	171	Lu	172	Lu	173	Lu	174	Lu
81	Lu	170	Lu	171	Lu	172	Lu	173	Lu	174	Lu	175	Lu
82	Lu	171	Lu	172	Lu	173	Lu	174	Lu	175	Lu	176	Lu
83	Lu	172	Lu	173	Lu	174	Lu	175	Lu	176	Lu	177	Lu
84	Lu	173	Lu	174	Lu	175	Lu	176	Lu	177	Lu	178	Lu
85	Lu	174	Lu	175	Lu	176	Lu	177	Lu	178	Lu	179	Lu
86	Lu	175	Lu	176	Lu	177	Lu	178	Lu	179	Lu	180	Lu
87	Lu	176	Lu	177	Lu	178	Lu	179	Lu	180	Lu	181	Lu
88	Lu	177	Lu	178	Lu	179	Lu	180	Lu	181	Lu	182	Lu
89	Lu	178	Lu	179	Lu	180	Lu	181	Lu	182	Lu	183	Lu
90	Lu	179	Lu	180	Lu	181	Lu	182	Lu	183	Lu	184	Lu
91	Lu	180	Lu	181	Lu	182	Lu	183	Lu	184	Lu	185	Lu
92	Lu	181	Lu	182									

XXIV. Արմուսներ (Կոսինուսներ)

Արժի- քնա- կն	0°	6°	12°	18°	24°	30°	36°	42°	48°	54°	60°	Արժի- քնա- կն
0	0,0000	0,0017	0,0035	0,0052	0,0070	0,0087	0,0105	0,0122	0,0140	0,0157	0,0175	89
1	0,0175	0,0192	0,0209	0,0227	0,0244	0,0262	0,0279	0,0297	0,0314	0,0332	0,0350	88
2	0,0349	0,0366	0,0384	0,0401	0,0419	0,0436	0,0454	0,0471	0,0488	0,0506	0,0523	87
3	0,0523	0,0541	0,0558	0,0576	0,0593	0,0610	0,0628	0,0645	0,0663	0,0680	0,0698	86
4	0,0698	0,0715	0,0732	0,0750	0,0767	0,0785	0,0802	0,0819	0,0837	0,0854	0,0872	85
5	0,0872	0,0889	0,0906	0,0924	0,0941	0,0958	0,0976	0,0993	0,1011	0,1028	0,1045	84
6	0,1045	0,1063	0,1080	0,1097	0,1115	0,1132	0,1149	0,1167	0,1184	0,1201	0,1219	83
7	0,1219	0,1236	0,1253	0,1271	0,1288	0,1305	0,1323	0,1340	0,1357	0,1374	0,1392	82
8	0,1395	0,1409	0,1426	0,1444	0,1461	0,1478	0,1495	0,1513	0,1530	0,1547	0,1564	81
9	0,1564	0,1582	0,1599	0,1616	0,1633	0,1650	0,1668	0,1685	0,1702	0,1719	0,1736	80
10	0,1736	0,1754	0,1771	0,1788	0,1805	0,1822	0,1840	0,1857	0,1874	0,1891	0,1908	79
11	0,1908	0,1925	0,1942	0,1959	0,1977	0,1994	0,2011	0,2028	0,2045	0,2062	0,2079	78
12	0,2079	0,2096	0,2113	0,2130	0,2147	0,2164	0,2181	0,2198	0,2215	0,2233	0,2250	77
13	0,2250	0,2267	0,2284	0,2300	0,2317	0,2334	0,2351	0,2368	0,2385	0,2402	0,2419	76
14	0,2439	0,2456	0,2473	0,2487	0,2470	0,2504	0,2521	0,2538	0,2554	0,2571	0,2588	75
15	0,2588	0,2605	0,2622	0,2639	0,2656	0,2672	0,2689	0,2706	0,2723	0,2740	0,2756	74
16	0,2773	0,2773	0,2790	0,2807	0,2823	0,2840	0,2857	0,2874	0,2890	0,2907	0,2924	73
17	0,2924	0,2940	0,2940	0,2957	0,2957	0,2980	0,3007	0,3024	0,3040	0,3057	0,3074	72
18	0,3090	0,3107	0,3123	0,3140	0,3156	0,3173	0,3190	0,3206	0,3223	0,3239	0,3256	71
19	0,3256	0,3272	0,3289	0,3305	0,3322	0,3338	0,3355	0,3371	0,3387	0,3404	0,3420	70
	60°	54°	54°	48°	42°	36°	30°	24°	18°	12°	6°	Պահ- պահ-

Արժի- քնա- կն	0°	6°	12°	18°	24°	30°	36°	42°	48°	54°	60°	Արժի- քնա- կն
20	0,3420	0,3437	0,3453	0,3469	0,3486	0,3502	0,3518	0,3535	0,3551	0,3567	0,3584	69
21	0,3584	0,3600	0,3616	0,3632	0,3649	0,3665	0,3681	0,3697	0,3714	0,3730	0,3746	68
22	0,3746	0,3762	0,3778	0,3795	0,3811	0,3827	0,3843	0,3859	0,3875	0,3891	0,3907	67
23	0,3907	0,3923	0,3939	0,3955	0,3971	0,3987	0,4003	0,4019	0,4035	0,4051	0,4067	66
24	0,4067	0,4083	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4163	0,4179	0,4195	0,4210	0,4226	65
25	0,4226	0,4242	0,4258	0,4274	0,4289	0,4305	0,4321	0,4337	0,4352	0,4368	0,4384	64
26	0,4384	0,4399	0,4415	0,4431	0,4446	0,4462	0,4478	0,4493	0,4509	0,4524	0,4540	63
27	0,4540	0,4555	0,4571	0,4586	0,4602	0,4617	0,4633	0,4648	0,4664	0,4680	0,4696	62
28	0,4695	0,4710	0,4726	0,4741	0,4756	0,4772	0,4787	0,4802	0,4818	0,4833	0,4848	61
29	0,4848	0,4863	0,4879	0,4894	0,4909	0,4924	0,4939	0,4955	0,4970	0,4985	0,5000	60
30	0,5000	0,5015	0,5030	0,5045	0,5060	0,5075	0,5090	0,5105	0,5120	0,5135	0,5150	59
31	0,5150	0,5165	0,5180	0,5195	0,5210	0,5225	0,5240	0,5255	0,5270	0,5284	0,5299	58
32	0,5299	0,5314	0,5329	0,5344	0,5358	0,5373	0,5388	0,5402	0,5417	0,5432	0,5446	57
33	0,5446	0,5461	0,5476	0,5490	0,5505	0,5519	0,5534	0,5548	0,5563	0,5577	0,5592	56
34	0,5592	0,5606	0,5621	0,5635	0,5650	0,5664	0,5678	0,5693	0,5707	0,5721	0,5736	55
35	0,5736	0,5750	0,5764	0,5779	0,5793	0,5807	0,5821	0,5835	0,5850	0,5864	0,5878	54
36	0,5878	0,5892	0,5906	0,5920	0,5934	0,5948	0,5962	0,5976	0,5990	0,6004	0,6018	53
37	0,6018	0,6032	0,6046	0,6060	0,6074	0,6088	0,6101	0,6115	0,6130	0,6145	0,6157	52
38	0,6157	0,6170	0,6184	0,6198	0,6211	0,6225	0,6239	0,6252	0,6266	0,6280	0,6293	51
39	0,6293	0,6307	0,6320	0,6334	0,6347	0,6361	0,6374	0,6388	0,6401	0,6414	0,6428	50
40	0,6428	0,6441	0,6455	0,6468	0,6481	0,6494	0,6508	0,6521	0,6534	0,6547	0,6561	49
41	0,6561	0,6574	0,6587	0,6600	0,6613	0,6626	0,6639	0,6652	0,6665	0,6678	0,6691	48
42	0,6691	0,6704	0,6717	0,6730	0,6743	0,6756	0,6769	0,6782	0,6794	0,6807	0,6820	47
43	0,6820	0,6833	0,6845	0,6858	0,6871	0,6884	0,6896	0,6909	0,6921	0,6934	0,6947	46
44	0,6947	0,6959	0,6972	0,6984	0,6997	0,7009	0,7022	0,7034	0,7046	0,7059	0,7071	45
	60°	54°	48°	42°	36°	30°	24°	18°	12°	6°	0°	Արժի- քնա- կն

Ասկություն Ընթաց	0°	6°	12°	18°	24°	30°	36°	42°	48°	54°	60°	Ասկություն
45	0,7071	0,7083	0,7096	0,7108	0,7120	0,7133	0,7145	0,7157	0,7169	0,7181	0,7193	44
46	0,7193	0,7206	0,7218	0,7230	0,7242	0,7254	0,7266	0,7278	0,7290	0,7302	0,7314	43
47	0,7314	0,7325	0,7337	0,7349	0,7361	0,7373	0,7385	0,7396	0,7408	0,7420	0,7431	42
48	0,7431	0,7443	0,7455	0,7466	0,7478	0,7490	0,7501	0,7513	0,7524	0,7536	0,7547	41
49	0,7547	0,7559	0,7570	0,7581	0,7593	0,7604	0,7615	0,7627	0,7638	0,7649	0,7660	40
50	0,7660	0,7771	0,7782	0,7793	0,7794	0,7795	0,7796	0,7797	0,7798	0,7799	0,7799	39
51	0,7790	0,7891	0,7902	0,7912	0,7933	0,7934	0,7944	0,7955	0,7965	0,7976	0,7986	37
52	0,8290	0,8300	0,8310	0,8320	0,8321	0,8321	0,8329	0,8339	0,8348	0,8358	0,8366	36
53	0,8387	0,8387	0,8396	0,8406	0,8415	0,8423	0,8434	0,8443	0,8453	0,8462	0,8471	35
54	0,8480	0,8480	0,8490	0,8499	0,8508	0,8517	0,8526	0,8536	0,8545	0,8554	0,8563	34
55	0,8572	0,8572	0,8581	0,8590	0,8599	0,8607	0,8616	0,8625	0,8634	0,8643	0,8652	33
56	0,8660	0,8660	0,8669	0,8678	0,8686	0,8695	0,8704	0,8712	0,8721	0,8729	0,8738	32
57	0,8746	0,8746	0,8755	0,8763	0,8771	0,8780	0,8788	0,8796	0,8805	0,8813	0,8821	31
58	0,8829	0,8829	0,8838	0,8846	0,8854	0,8862	0,8870	0,8878	0,8886	0,8894	0,8902	30
59	0,8910	0,8918	0,8926	0,8934	0,8942	0,8950	0,8957	0,8965	0,8973	0,8980	0,8988	29
60	0,8988	0,8988	0,8996	0,9003	0,9011	0,9018	0,9026	0,9033	0,9041	0,9048	0,9056	28
61	0,9070	0,9070	0,9078	0,9085	0,9095	0,9092	0,9100	0,9107	0,9114	0,9121	0,9128	27
62	0,9143	0,9143	0,9150	0,9157	0,9164	0,9171	0,9178	0,9184	0,9191	0,9198	0,9205	23
63	0,9205	0,9212	0,9219	0,9225	0,9232	0,9239	0,9245	0,9252	0,9259	0,9265	0,9272	22
64	0,9272	0,9278	0,9285	0,9291	0,9298	0,9304	0,9311	0,9317	0,9323	0,9330	0,9336	21
65	0,9336	0,9342	0,9348	0,9354	0,9361	0,9367	0,9373	0,9379	0,9385	0,9391	0,9397	20
66	0,9403	0,9403	0,9409	0,9415	0,9421	0,9426	0,9433	0,9438	0,9444	0,9449	0,9455	19
67	0,9455	0,9461	0,9466	0,9472	0,9478	0,9486	0,9493	0,9494	0,9500	0,9505	0,9511	18
68	0,9511	0,9516	0,9521	0,9527	0,9532	0,9537	0,9542	0,9548	0,9553	0,9558	0,9563	17
69	0,9563	0,9563	0,9568	0,9573	0,9578	0,9583	0,9588	0,9593	0,9598	0,9603	0,9613	16
70	0,9613	0,9617	0,9622	0,9627	0,9632	0,9636	0,9641	0,9646	0,9650	0,9655	0,9659	15
71	0,9659	0,9664	0,9668	0,9673	0,9677	0,9681	0,9686	0,9690	0,9694	0,9699	0,9703	14
72	0,9703	0,9707	0,9711	0,9715	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9740	0,9744	13
73	0,9744	0,9744	0,9748	0,9751	0,9755	0,9759	0,9763	0,9767	0,9770	0,9774	0,9778	12
74	0,9781	0,9785	0,9789	0,9793	0,9796	0,9799	0,9803	0,9806	0,9810	0,9813	0,9816	11
75	0,9816	0,9820	0,9823	0,9826	0,9829	0,9833	0,9836	0,9839	0,9842	0,9845	0,9848	10
76	0,9848	0,9851	0,9854	0,9857	0,9860	0,9863	0,9866	0,9869	0,9871	0,9874	0,9877	9
77	0,9877	0,9880	0,9882	0,9885	0,9888	0,9890	0,9893	0,9895	0,9898	0,9900	0,9903	8
78	0,9903	0,9905	0,9907	0,9910	0,9912	0,9914	0,9917	0,9920	0,9923	0,9926	0,9925	7
79	0,9925	0,9928	0,9930	0,9932	0,9934	0,9936	0,9938	0,9940	0,9942	0,9945	0,9946	6
80	0,9945	0,9947	0,9949	0,9951	0,9952	0,9954	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9962	5
81	0,9962	0,9963	0,9965	0,9966	0,9968	0,9969	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	0,9976	4
82	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9980	0,9981	0,9982	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986	3
83	0,9986	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	0,9994	0,9995	0,9996	2
84	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1
85	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0

Ասկություն Ընթաց	0°	6°	12°	18°	24°	30°	36°	42°	48°	54°	60°	Ասկություն
65	0,9063	0,9070	0,9078	0,9085	0,9092	0,9100	0,9107	0,9114	0,9121	0,9128	0,9135	24
66	0,9135	0,9143	0,9150	0,9157	0,9164	0,9171	0,9178	0,9184	0,9191	0,9198	0,9205	23
67	0,9205	0,9212	0,9219	0,9225	0,9232	0,9239	0,9245	0,9252	0,9259	0,9265	0,9272	22
68	0,9272	0,9278	0,9285	0,9291	0,9298	0,9304	0,9311	0,9317	0,9323	0,9330	0,9336	21
69	0,9336	0,9342	0,9348	0,9354	0,9361	0,9367	0,9373	0,9379	0,9385	0,9391	0,9397	20
70	0,9397	0,9403	0,9409	0,9415	0,9421	0,9426	0,9433	0,9438	0,9443	0,9449	0,9455	19
71	0,9455	0,9461	0,9466	0,9472	0,9478	0,9486	0,9493	0,9494	0,9500	0,9505	0,9511	18
72	0,9511	0,9516	0,9521	0,9527	0,9532	0,9537	0,9542	0,9548	0,9553	0,9558	0,9563	17
73	0,9563	0,9563	0,9568	0,9573	0,9578	0,9583	0,9588	0,9593	0,9598	0,9603	0,9613	16
74	0,9613	0,9617	0,9622	0,9627	0,9632	0,9636	0,9641	0,9646	0,9650	0,9655	0,9659	15
75	0,9659	0,9664	0,9668	0,9673	0,9677	0,9681	0,9686	0,9690	0,9694	0,9699	0,9703	14
76	0,9703	0,9707	0,9711	0,9715	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9740	0,9744	13
77	0,9744	0,9744	0,9748	0,9751	0,9755	0,9759	0,9763	0,9767	0,9770	0,9774	0,9778	12
78	0,9781	0,9785	0,9789	0,9793	0,9796	0,9799	0,9803	0,9806	0,9810	0,9813	0,9816	11
79	0,9816	0,9820	0,9823	0,9826	0,9829	0,9833	0,9836	0,9839	0,9842	0,9845	0,9848	10
80	0,9848	0,9851	0,9854	0,9857	0,9860	0,9863	0,9866	0,9869	0,9871	0,9874	0,9877	9
81	0,9877	0,9880	0,9882	0,9885	0,9888	0,9890	0,9893	0,9895	0,9898	0,9900	0,9903	8
82	0,9903	0,9905	0,9907	0,9910	0,9912	0,9914	0,9917	0,9920	0,9923	0,9926	0,9925	7
83	0,9925	0,9928	0,9930	0,9932	0,9934	0,9936	0,9938	0,9940	0,9942	0,9945	0,9946	6
84	0,9945	0,9947	0,9949	0,9951	0,9952	0,9954	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9962	5
85	0,9962	0,9963	0,9965	0,9966	0,9968	0,9969	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9980	0,9981	0,9982	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	0,9994	0,9995	0,9996	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1
89	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0

# ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Խնդիրներ՝ Պատասխաններ  
և լուծումներ

Խնդիրներ՝ Պատասխաններ և լուծումներ	25
Խնդիրներ և պատասխաններ	
Խնդիրներ	
1. Մեխանիկայի ֆիզիկական հիմունքները	9
2. Մեխանիկական մեծությունների միավորները	9
3. Կինեմատիկա	14
4. Դինամիկա	24
5. Դինամիկական շարժում	46
6. Հեղուկների և գազերի մեխանիկա	54
7. Գլուխության համար շարժում	58
8. Մոլեկուլային կինոնիկ տեսության և ցերմագինման փիզիկական հիմունքները	61
9. Իրական գազեր	90
10. Շաբաթական գոլորշիների և հեղուկներ	93
11. Պինդ մարմիններ	105
12. Մեխանիկական մագնիսական տեսություն և մագնիսական հիմունքները	111
13. Էլեկտրական և մագնիսական մեծությունների միավորներ	111
14. Էլեկտրական պատճենիկա	117
15. Էլեկտրական հոսանք	138
16. Էլեկտրամագնիսականություն	158
17. Տատանումներ և ալիքներ	183
18. Ակրոսիկական մեծությունների միավորները	183
19. Ներջշնակ տատանողական շարժում և ալիքներ	185
20. Ալիքական շարժում	196
21. Էլեկտրամագնիսական տատանումներ և ալիքներ	200
22. Օպտիկա	206
23. Օպտումների միավորները	206
24. Օպտումների մասնակիան օպտիկա և ֆոտոմետրիա	208
25. Ալիքային օպտիկա	219
26. Զարարերականության տեսության տարրերը	229
27. Զարմային ճառագայթում	231
28. Զարմային ճառագայթում	235
29. Առաջնային և առաջնային ճառագայթումների միավորները	255

§ 19. Լուսի քվանտային բնույթը և մասնիկների ալիքային հատկությունները	237	372
§ 20. Բողոք ատոմը: Ունտագենյան ճառագայթներ	243	374
§ 21. Ուղիղություններ	249	377
§ 22. Միջուկային ռեակցիաներ	253	381
§ 23. Տարրական մասնիկներ: Մասնիկների արագացուցիչներ	258	384

ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ		387
I. Էլեկտրամագնիսական դաշտի ռացիոնալացված և ոչ ռացիոնալացված հավասարությունների կապը		387
II. Մագնիսական դաշտի հյարգածությունից Ցինոդիկայի կախման գրաֆիկը երկարի ինչ-որ տեսակի համար		390
III. Չիմնական ֆիզիկական հաստատություններ		390
IV. Մի քանի տվյալներ Արեգակնային համարգության մոլորակների մասին		391
V. Աստղագիտական հաստատություններ		392
VI. Աստղների և նոլեկունների տրամագծերը		392
VII. Դպի և Բդի կրիտիկական արժեքները		392
VIII. Տարրեր ցերմագտիմաններում տարրածությունը հագեցնող ցրային գոլորշիների ճշշումը		393
IX. Զի գոլորշիացման տեսակարար շերմությունը տարրեր ցերմագտիմաններում		393
X. Մի քանի հեղուկների հատկությունները		393
XI. Մի քանի պինդ մարմինների հատկությունները		394
XII. Մի շաբաթ պինդ մարմինների առաջազական հատկությունները		394
XIII. Մի շաբաթ պինդ մարմինների ցերմահաղորդականությունները		394
XIV. Դիէլեկտրիկների դիէլեկտրիկ բավանցելիությունը		395
XV. Գաղորդիչների տեսակարար դիմադրությունը		395
XVI. Իոնների շարժումների էլեկտրայիշներում		395
XVII. Մետաղներից էլեկտրոնների ելքի աշխատանքը		395
XVIII. Քեկան ցուցիչներ		395
XIX. Անտիկարողի տարրեր նյութերի համար ունտագենյան ճառագայթների Կ-սերիայի սահմանը որոշող ալիքի երկարությունը		396
XX. Անդիկային աղեղի սպեկտրալ գծերը		396
XXI. Մի շաբաթ հզոտումների գանգվածները		396
XXII. Մի շաբաթ սադիուակտիվ տարրերի կիսատրոհման պարբերությունը		396
XXIII. Բիմիկական տարրերի անվանությունները, նշանները և ատոմական գանգվածները		397
XXIV. Մինուսներ (կուինուսներ)		398

Վայենտիմա Սերգեսնա Վոլկենշտեն

**ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԸՆՈՐԱԾՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՑԻ  
ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԺՈՂՈՎԱԾՈՒ**

Խմբագիր՝	Ա. Ե. ԴՈՎԳԱՆՆԻՍՅԱՆ
Տեխ. Խմբագիր՝	Ժ. Ա. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ
Մրգագրիչ՝	Ծ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ
Թարգմանիչ՝	Ա. Ս. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ

Խթձնվութ է շարժածի 09.02.2000 թ.: Առողքագրված է տպագրության 21.02.2000 թ.:  
Տպագրության համար՝ «Arrial Armenia»: Թուղթ՝ օֆսեր, 84x60 1/16: Տպագրական 25,25  
դամու: Տպագրությանը՝ օֆսեր: Տպագրանակ՝ 500: Գինը՝ պայմանագրություն:

«Արևո» գրանցուածարտվություն, ք. Ստեփանակերտ, Ազատամարտիկների, 4:

