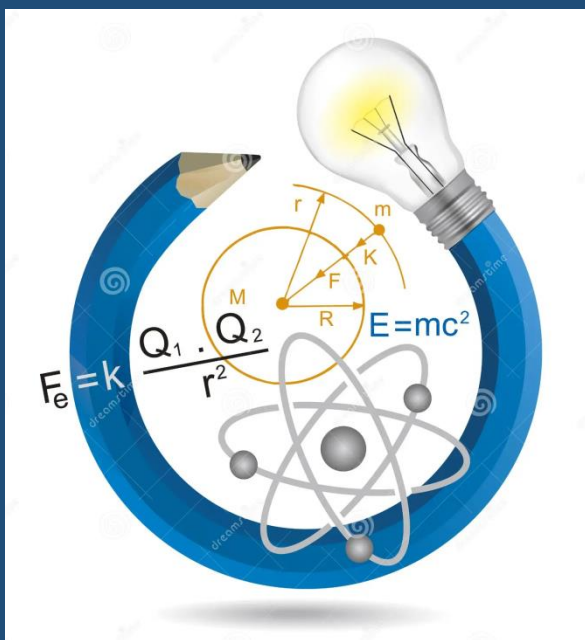


Վ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Ե. ՄԵՐՈԲՅԱՆ, Գ. ՆԻԿՈԴՈՍՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՏԵՄԱԿԱՆ ԵՎ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐ



ԳՅՈՒՄՐԻ

2024

Վ.Ֆ.ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Ե.Ս. ՍԵՐՈԲՅԱՆ,
Գ.Ս. ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

*ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՏԵՄԱԿԱՆ ԵՎ
ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐ*

ՈՒՍՈՒՄՆԱԾԺԱՆԴԱԿ ՁԵՌՆԱՐԿ
ԱՇԱԿԵՐՏՆԵՐԻ ԵՎ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

ԳՅՈՒՄՐԻ
Հեղինակային հրատարակություն
2024

ՀՏԴ 53(07)

ԳՄԴ 22.3g7

Մ 283

***Հրատարակության է երաշխավորված Շիրակի Մ.
Նալբանդյանի անվան պետական համալսարանի
գիտական խորհրդի 27.09.2024թ. նիստի N2/3 որոշմամբ:***

Խմբագիր՝

Ֆիզմաթ գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Մարգարյան Լիլիթ

Գրախոս՝

մանկ. գիտ. դոկտոր, ՌԲԱ պրոֆեսոր

Օատուրյան Արմեն

Մանուկյան Վ. Ֆ., Սերոբյան Ե. Ս., Նիկողոսյան Գ. Ս.

Մ 283

Ֆիզիկայի տեսական և փորձարարական խնդիրներ:
Ուսումնառական դասընթացի աշակերտների և ուսուցիչների
համար / Վ. Ֆ. Մանուկյան, Ե. Ս. Սերոբյան, Գ. Ս. Նիկողոսյան.-
Գյումրի: Հեղ. հրատ., 2024.- 166 էջ:

*Ձեռնարկը նվիրված է դպրոցական ֆիզիկայի խնդիրների լուծման
գործընթացում հիմնարար ֆիզիկական սկզբունքների և մեթոդների
կիրառություններին և ֆիզիկայի փորձարարական առաջադրանքներին:*

*Ձեռնարկը հասցեագրված է միջին և ավագ դպրոցում ֆիզիկա
դասավանդողներին, բուհերի ֆիզիկամաթեմատիկական բաժինների
ուսանողներին, միջին և ավագ դպրոցի աշակերտներին: Նախատեսված է այն
անձանց համար, ովքեր հետաքրքրված են ֆիզիկայով և նրա
կիրառություններով, սիրում են լուծել ֆիզիկայի խնդիրներ և փորձում են
գտնել լուծման ընդհանուր մոտեցումներ, նախապատրաստվում են ֆիզիկայի
օլիմպիադաների: Այն կարող է կիրառվել ֆիզիկայի արտադասարանական
դասընթացներում և խմբակներում:*

ՀՏԴ 53(07)

ԳՄԴ 22.3g7

ISBN 978-9939-0-5044-7

© Մանուկյան Վ. Ֆ., 2024

© Սերոբյան Ե. Ս., 2024

© Նիկողոսյան Գ. Ս., 2024

ՆԱԽԱԲԱՆ

Ցանկացած առարկայի, այդ թվում նաև ֆիզիկայի դասավանդման գործընթացում անհրաժեշտ է պատշաճ ուշադրություն հատկացնել այն ընդհանուր գաղափարներին և սկզբունքներին, որոնք կիրառելի են դասընթացի գրեթե բոլոր բաժիններում: Սկզբունքների հետևողական ուսուցումը ոչ միայն նպաստում է առարկայի ամբողջական ընկալմանը, այլև հնարավորություն է տալիս մի բաժնում ձեռք բերած հմտությունները վերափոխել ու կիրառել մյուս բաժնի ուսուցման գործընթացում: Դեռ ավելին, երբեմն նման հնարավորություններ առաջանում են ոչ միայն ներառարկայական, այլև միջառարկայական մակարդակում, երբ մի առարկայի «զինանոցից» վերցված գաղափարը կամ սկզբունքը որոշակի իմաստով հնարավոր է լինում կիրառել նաև մեկ այլ առարկայում: Նման հնարավորությունների որոնումն ու իրականացումը կարող է զարգացնել միջառարկայական կապերը և նպաստել ուսուցման որակի բարելավմանը: Ձեռնարկի առաջին գլխում մենք փորձել ենք ներկայացնել այն սկզբունքներն ու մեթոդները, որոնք կարևոր են դպրոցական ֆիզիկայում և կարող են օգտակար լինել առարկայի խորը ուսուցման համար: Հաշվի առնելով ֆիզիկայի փորձարարական բնույթը, ինչպես նաև արդի ուսուցման գործընթացում հետազոտական բնույթի նախագծային աշխատանքների կարևորությունը՝ ձեռնարկի երկրորդ գլուխը նվիրել ենք փորձարարական խնդիրներին:

Ձեռնարկը բաղկացած է 9 պարագրաֆներից: Յուրաքանչյուր պարագրաֆ սկսվում է տվյալ թեմայի վերաբերյալ տեսական նյութի համառոտ շարադրանքով, որին հաջորդում են տվյալ թեմայի շրջանակում համապատասխան

օրինակների քննարկումն ու լուծումը, որոնց ընթացքում տրվում են նաև մեթոդական ցուցումներ համանման խնդիրներ լուծելիս կիրառվող արդյունավետ մեթոդների և հնարքների վերաբերյալ: Յուրաքանչյուր պարագրաֆ ավարտվում է ինքնուրույն լուծման համար նախատեսված, տվյալ թեմային վերաբերող, աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված խնդիրներով, որոնց վերաբերյալ ձեռնարկի վերջում տրված են պատասխաններ և/կամ լուծման համար ցուցումներ: Ընդհանուր առմամբ քննարկվող թեմատիկաների շրջանակում ձեռնարկում դիտարկված են 300 տիպային և ոչ տիպային, պարզից մինչև օլիմպիական բարդության խնդիրներ:

Հուսով ենք՝ ձեռնարկը օգտակար կլինի ինչպես ֆիզիկայով հետաքրքրված աշակերտների և ուսանողների, այնպես էլ դասավանդողների համար:

Ձեռնարկի հեղինակային խումբը սիրով պատրաստ է ընդունելու բոլոր օգտակար դիտողություններն ու առաջարկությունները, որոնք հնարավոր է ուղարկել հետևյալ էլեկտրոնային հասցեով՝ dzernark2024@gmail.com:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-5C039 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳԼՈՒԽ 1

ՈՐՈՇ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՄԿՋԲՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ՄԵԹՈԴՆԵՐ

§1. Շարժումների անկախության սկզբունքը

Այս պարագրաֆում քննարկելու ենք շարժումների անկախության և վերադրման սկզբունքը, որը արդյունավետ կերպով կիրառելի է ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի տարբեր խնդիրների լուծման գործընթացում: Համաձայն այդ սկզբունքի՝ որոշակի պայմաններում մարմնի կատարած շարժումը կարելի է ներկայացնել որպես իրարից անկախ և միաժամանակ կատարվող մի քանի (սովորաբար երկու) շարժումների գումար: Այս սկզբունքը հանդիսանում է մեթոդոլոգիական հնարքների օգակներից մեկը, որի էությունը կայանում է նրանում, որ ուսումնասիրվող ցանկացած նոր երևույթ փորձ է արվում ներկայացնել որպես նախապես հայտնի, պարզ երևույթների վերադրում:

Դասագրքերում տվյալ թեմային առնչվող նյութին ծանոթանալիս տպավորությունն այնպիսին է, որ խոսքը գնում է միայն շարժումների վերադրման մասին և չի խոսվում այդ շարժումների անկախության մասին: Ի՞նչ հասկանալ շարժման նկարագրման ֆիզիկական և մաթեմատիկական տեսանկյուններից «շարժումների անկախություն» ասելով:

Ֆիզիկական տեսանկյունից դա նշանակում է, որ միաժամանակ կատարվող շարժումներից մեկն ամեննին չի ազդում մյուս շարժման բնութագրիչների (օրինակ՝ արագություն, արագացում) վրա: Այն հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրվող բարդ շարժումը մտովի ներկայացնել որպես ավելի պարզ այնպիսի շարժումների գումար, որոնք միմյանց վրա ո՛չ որակական, ո՛չ քանակական ազդեցություն

չեն գործում՝ դրանով հանդերձ չխատարելով ուսունասիրվող շարժման ամբողջականությունը:

Մաթեմատիկական նկարագրման տեսանկյունից շարժումների անկախությունը հնարավորություն է տալիս, ելնելով ֆիզիկական օրինաչափություններից, գրել բաղադրիչ շարժումներից յուրաքանչյուրը նկարագրող հավասարումը՝ առանց «հիշելու» շարժման մյուս բաղադրիչների գոյությունը:

Հարկ է նշել, որ վերը շարադրվածը չի կրում ընդհանուր բնույթ, և չնայած միշտ բարդ շարժման տեղափոխությունն ու արագությունը կարելի է ներկայացնել պարզ շարժումների տեղափոխությունների և արագությունների գումարի տեսքով, սակայն նույնը չի կարելի ասել արագացումների համար: Շարժումների վերադրման կամ անկախության սկզբունքը տեղի ունի միայն այն դեպքում, երբ հաշվարկման համակարգերը միմյանց նկատմամբ կատարում են համընթաց շարժում: Օրինակ՝ եթե շարժական համակարգը անշարժի նկատմամբ կատարի պոտական շարժում, ապա նշված սկզբունքից չի կարելի օգտվել:

Շարժումների անկախությունն առավել ակնառու և ընկալելի է դառնում հետևյալ փորձով (նկ. 1): Դիտարկենք երեք գնդիկների՝ միաժամանակյա կատարվող հետևյալ շարժումները: Առաջին գնդիկը նետված է հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ՝ $\vec{v}_{01}$ սկզբնական արագությամբ: Երկրորդ գնդիկը նետվում է նույն հորիզոնականից, որի վրա սկզբնապահին գտնվում էր առաջին գնդիկը, ուղղաձիգ դեպի վեր $\vec{v}_{02}$ սկզբնական արագությամբ, որի մոդուլը հավասար է $v_{02} = v_{01} \cdot \sin \alpha$: Երրորդ գնդիկը տեղավորված է ողորկ հորիզոնական մակերևույթին և սկզբնապահին գտնվում է առաջինի հետ նույն ուղղաձիգի վրա: Նրան հաղորդվում է

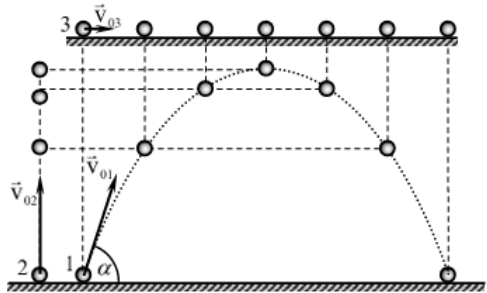
մոդուլով $v_{03} = v_{01} \cdot \cos \alpha$ հորիզոնական արագություն և նա կատարում է ուղղաձիգ հավասարաչափ շարժում:

Եթե երեք գնդիկների դիրքերն էլ գրանցենք հավասար ժամանակամիջոցները

հետո, ապա կունենանք նկ. 1-ում պատկերված իրավիճակը՝ այն է. ժամանակի ցանկացած պահին.

ա) առաջին և երրորդ գնդիկները կգտնվեն նույն ուղղաձիգի վրա,

բ) առաջին և երկրորդ գնդիկները կգտնվեն նույն հորիզոնականի վրա:



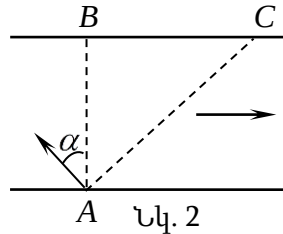
Նկ. 1

ա) և բ) կետերից հետևում է, որ առաջին գնդիկի շարժումը ոչ այլ ինչ է, քան միմյանցից անկախ կատարվող երկրորդ և երրորդ գնդիկների շարժումների վերադրում: Փաստորեն անկյան տակ նետված առաջին գնդիկի ուղղաձիգով շարժումը «չի նկատում» նույն գնդիկի հորիզոնական ուղղությամբ կատարվող շարժումը, և՛ հակառակը:

Շարժումների անկախության սկզբունքի դրսևորումներին ֆիզիկայի դասընթացում առաջին անգամ ծանոթացում տրվում է 10-րդ դասարանում՝ «Հավասարաչափ արագացող շարժում» թեման ուսումնասիրելիս: Այնուհետև այդ սկզբունքը կիրառվում է 11-րդ դասարանում համասեռ էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքավորված մասնիկի շարժման վերաբերյալ խնդիրներ լուծելիս և «Լիցքավորված մասնիկի շարժումը համասեռ մագնիսական դաշտում» թեման ուսումնասիրելիս:

Նշենք, որ բոլոր այդ դեպքերում բաղադրիչ շարժումները գումարելիս չի շեշտադրված անկախ շարժումների վերադրման սկզբունքը:

Շարժումների անկախության սկզբունքն իրականում հանդիսանում է տեղափոխությունների գումարման դասական կանոնից բխող հետևանք: Այդ պատճառով էլ ցանկալի է քննարկվող սկզբունքին ծանոթանալ ավելի վաղ՝ 10-րդ դասարանում,

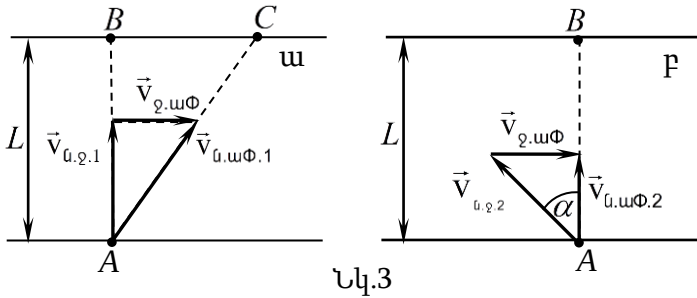


«Ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում» թեմայի ուսումնասիրության ընթացքում: Դրա անհրաժեշտությունը հատկապես զգացվում է թեմային առնչվող որոշ խնդիրների լուծման գործընթացում: Քննարկենք մի խնդիր:

Խնդիր 1.1: Նավակը գետի մի ափի A կետից պետք է հասնի մյուս ափ (նկ.2): Եթե այն վերցնի ափին ուղղահայաց ուղղություն, ապա շարժումն սկսելուց 10 ր անց կհայտնվի հանդիպակաց ափի C կետում, որը B կետից հեռու է 180 մ-ով (AB -ն ուղղահայաց է ափին): Եթե նավակն ընտրի AB ուղղի նկատմամբ α անկյուն կազմող ուղղություն, ապա 12,5 ր հետո կհասնի B կետին: Նավակի արագությունը ջրի նկատմամբ երկու դեպքում էլ ունի նույն մեծությունը:

- 1) Որքա՞ն է գետի հոսանքի արագությունը:
- 2) Որքա՞ն է α անկյան սինուսը:
- 3) Որքա՞ն է նավակի արագությունը ջրի նկատմամբ:
- 4) Որքա՞ն է գետի լայնությունը:

Լուծում: Խնդիրը լուծենք, օգտվելով շարժումների անկախության սկզբունքից, համաձայն որի երկու դեպքերում էլ (նկ. 3. ա և բ) նավակի շարժումը կարող ենք ներկայացնել



որպես իրարից անկախ և միաժամանակ կատարվող երկու շարժումների գումար, որոնք են՝

ա) ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում $\vec{v}_{u, \omega \Phi}$ արագությամբ ափին զուգահեռ, հետևաբար՝

$$BC = v_{u, \omega \Phi} \cdot t_1, \quad (1)$$

բ) առաջին դեպքում (նկ. 3.ա) ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում $\vec{v}_{u, \omega \Phi, 1}$ արագությամբ ափին ուղղահայաց, հետևաբար՝

$$L = v_{u, \omega \Phi} \cdot t_1, \quad (2)$$

երկրորդ դեպքում (նկ. 3.բ) ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում $\vec{v}_{u, \omega \Phi, 2}$ արագությամբ ափի նկատմամբ $90^\circ - \alpha$ անկյան տակ, հետևաբար՝

$$v_{u, \omega \Phi, 2} = v_{u, \omega \Phi} \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

$$L = v_{u, \omega \Phi, 2} \cdot t_2: \quad (4)$$

(1)-ից (4) հավասարումների լուծումով որոշում ենք խնդրում պահանջվող մեծությունները՝ $v_{u, \omega \Phi} = 0,3$ մ/վ, $\sin \alpha = 0,6$, $v_{u, \omega \Phi} = 0,5$ մ/վ, $L = 300$ մ:

Շարժումների անկախության սկզբունքի յուրացումը երկու պարզ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժումների վերադրման օրինակով հնարավորություն է տալիս ավելի հմտորեն հաղթահարել հետագայում հանդիպող առավել բարդ խնդիրները, երբ գումարելի շարժումներից մեկը հավասարաչափ արագացող կամ հավասարաչափ շրջանագծային է: Օրինակ՝ երբ դիտարկվում է ծանրության ուժի դաշտում կամայական անկյան տակ նետված մարմնի շարժումը կամ էլ միայն համասեռ էլեկտրաստատիկ և մագնիսական դաշտերում լիցքավորված մարմնի շարժումը: Ներկայացնենք շարժումների անկախության սկզբունքի ևս մեկ կիրառություն:

Խնդիր 1.2: 10^{-4} Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում էլեկտրոնը շարժվում է պտուտակագծով: Որոշել էլեկտրոնի արագությունը, եթե պտուտակագծի քայլը 0,2 մ է, իսկ շառավիղը՝ 0,05մ:

Լուծում: Էլեկտրոնի շարժումը կարելի է ներկայացնել որպես երկու բաղադրիչ շարժումների գումար՝ $v_{\parallel}$ արագությամբ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերի ուղղությամբ և $v_{\perp}$ արագությամբ հավասարաչափ պտտական շարժում՝ այդ գծերին ուղղահայաց հարթության մեջ: Հետևաբար կարող ենք գրել

$$h = v_{\parallel} T, 2\pi r = v_{\perp} T,$$

որտեղ T - ն մագնիսական դաշտում էլեկտրոնի պտտման պարբերությունն է, որը անկախ էլեկտրոնի արագությունից որոշվում է $T = 2\pi m / qB$ առնչությամբ: Նշված երկու շարժումների $\vec{v}_{\parallel}$ և $\vec{v}_{\perp}$ արագությունները փոխուղղահայց են և

դրանց վեկտորական գումարի մոդուլը կլինի

$$v = \sqrt{v_{\parallel}^2 + v_{\perp}^2} = \frac{qB}{2\pi m} \sqrt{h^2 + (2\pi r)^2} = 1,04 \cdot 10^6 \text{ մ/վ:}$$

Խնդիրներ

1. Նավակն ափին ուղղահայաց ուղղությամբ անցնում է գետի մի ափից մյուսը: Նավակի արագությունը կանգնած ջրում 1,7 մ/վ է, գետի հոսանքի արագությունը՝ 0,8 մ/վ, գետի լայնությունը՝ 225 մ: Որքա՞ն ժամանակում նավակը կհատի գետը:

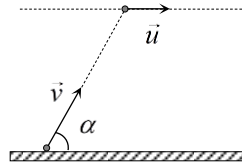
2. Անշարժ տրամվայի պատուհանին անձրևի կաթիլները թողնում են ուղղաձիգի հետ 45° անկյուն կազմող հետքեր: Երբ տրամվայը շարժվում է 5 մ/վ արագությամբ, անձրևից մնացած հետքերն ուղղաձիգ են: Որոշել կաթիլների անկման արագությունը քամու բացակայության դեպքում:

3. Ի՞նչ արագությամբ և միջօրեականի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ պետք է թռչի ինքնաթիռը, որպեսզի 2 ժամվա ընթացքում անցնի դեպի հյուսիս 300 կմ ճանապարհ, եթե թռիչքի ժամանակ միջօրեականի նկատմամբ քամի է փչում 30° անկյան տակ և 27 կմ/ժ արագությամբ: Խնդիրը լուծել երկու դեպքերի համար՝ ա) քամին հյուսիսարևմտյան է, բ) քամին հարավարևմտյան է:

4. 20 սմ շառավիղ ունեցող գլանը պտտվում է իր առանցքի շուրջ 20 պտ/ր հաճախությամբ: Գլանի ծնիչի ուղղությամբ, նրա մակերևույթի նկատմամբ 30 սմ/վ արագությամբ շարժվում է մի մարմին: Որոշել այդ մարմնի լրիվ արագության մոդուլն ու արագացումը:

5. Բաղը թռչում է հորիզոնական ուղղի երկայնքով հաստատուն $\vec{u}$ արագությամբ: Նրա վրա անփորձ որսորդը քար է նետում,

ընդ որում, առանց նշան բռնելու: Այսինքն՝ նետելու պահին քարի $\vec{v}$ արագությունը ուղղված է դեպի բաղը, հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ (նկ. 4): Ի՞նչ բարձրության վրա է թռչում բաղը, եթե քարն այնուամենայնիվ դիպչում է նրան:



Նկ. 4

6. Ինքնաթիռը նպատակակետի վրա վայրասլաց թռիչք է կատարում հորիզոնի նկատմամբ 30° աստիճանի անկյան տակ՝ 200 մ/վ արագությամբ, և օդաչուն ռումբը ցած է նետում 1500 մ բարձրությունից: Նպատակակետից ի՞նչ հորիզոնական հեռավորության վրա օդաչուն արձակեց ռումբը, եթե այն դիպավ նպատակակետին:

7. Աերոստատը ուղղաձիգ դեպի վեր է բարձրանում 5 մ/վ հաստատուն արագությամբ: Այն պահին, երբ աերոստատը գտնվում է գետնից 10 մ բարձրության վրա, նրանից հորիզոնական ուղղությամբ 5 մ/վ արագությամբ նետում են բեռը: Օդի դիմադրությունն անտեսել:

- 1) Նետման պահից որքա՞ն ժամանակ անց բեռը կհասնի առավելագույն բարձրության:
- 2) Որքա՞ն է բեռի առավելագույն բարձրությունը գետնից:
- 3) Որքա՞ն է բեռի շարժման ժամանակն աերոստատից նետելուց մինչև գետնին հասնելը:
- 4) Որքա՞ն է հորիզոնական ուղղությամբ բեռի տեղափոխությունը գետնին հասնելու պահին:

8. $6 \cdot 10^6$ մ/վ արագությամբ շարժվող լիցքավորված մասնիկը մտնում է համասեռ մագնիսական դաշտ, նրա ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ 60° անկյան տակ և սկսում է պտտվել $4 \cdot 10^6$ վ⁻¹ հաճախությամբ: Որոշել գալարագծի քայլը, որով շարժվում է մասնիկը:

9. Լիցքավորված մասնիկը, ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ սուր անկյան տակ մտնելով համասեռ մագնիսական դաշտ, շարժվում է գալարագծով, որի քայլը $0,314$ մ է, իսկ շառավիղը՝ $0,05$ մ: Ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ է մասնիկը մտել մագնիսական դաշտ:

10. $2 \cdot 10^{-4}$ կգ զանգվածով և $4 \cdot 10^{-3}$ Կլ լիցքով մասնիկը $0,1$ Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում գծում է 10 սմ շառավղով շրջանագիծ: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորին զուգահեռ միացնում են 100 Վ/մ լարվածությամբ համասեռ էլեկտրական դաշտ:

- 1) Որքա՞ն է միայն մագնիսական դաշտի ազդեցության ընթացքում մասնիկի շարժման արագությունը:
- 2) Որքա՞ն է էլեկտրական դաշտի կողմից մասնիկին հաղորդվող արագացումը:
- 3) Որքա՞ն ժամանակ պետք է միացնել էլեկտրական դաշտը, որպեսզի մասնիկի կինետիկ էներգիան մեծանա երկու անգամ:
- 4) Որքա՞ն ճանապարհ կանցնի մասնիկն էլեկտրական դաշտի ուղղությամբ էլեկտրական դաշտի միացման ընթացքում:

11. Էլեկտրոնը $3 \cdot 10^4$ մ/վ արագությամբ մտնում է $3 \cdot 10^{-5}$ Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտ, նրա ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ 30° անկյան տակ:

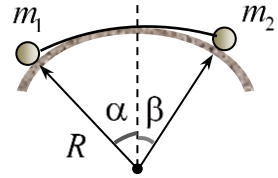
- 1) Որքա՞ն է մագնիսական դաշտի կողմից էլեկտրոնի վրա ազդող ուժը:
- 2) Որքա՞ն է էլեկտրոնի շարժման արագացումը:
- 3) Որքա՞ն է էլեկտրոնի շարժման պարբերությունը:
Ընդունել՝ $\pi = 3,2$:
- 4) Որքա՞ն է գալարագծի քայլի մեծությունը:

§2. Պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը

Ինչպես հայտնի է, եթե մեխանիկական համակարգում գործում են միայն կոնսերվատիվ ուժեր, ապա նրա պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի վիճակը հանդիսանում է կայուն հավասարակշռության վիճակ: Այլ կերպ ասած, մեխանիկական համակարգը ձգտում է նվազագույն պոտենցիալ էներգիայով վիճակի: Ասվածն արտահայտում է պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը, որին անվանում են նաև Դիրիխլեի սկզբունք: Պարզվում է, որ վերջինս կարելի է կիրառել ստատիկայի որոշ խնդիրների լուծման համար: Դիրիխլեի սկզբունքի իրավացիության մեջ կարելի է հեշտորեն համոզվել՝ կատարելով հակասող ենթադրություն: Իրոք, ենթադրենք, թե համակարգը կարող է պոտենցիալ էներգիայի մինիմումով վիճակից շարժվել և հետևաբար ձեռք բերել կինետիկ էներգիա: Արդյունքում կմեծանան մեխանիկական համակարգի և՛ կինետիկ, և՛ պոտենցիալ էներգիաները, ուրեմն կաճի նաև լրիվ մեխանիկական էներգիան: Վերջինս հնարավոր չէ, քանի որ միայն պոտենցիալային ուժերով փոխազդող մարմինների համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է: տացված հակասությունը վկայում է այն մասին, որ մեր սկզբնական ենթադրությունը սխալ էր, և համակարգը ինքնակամ չի կարող դուրս գալ պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի վիճակից: Այսպիսով՝ վերջինս կայուն հավասարակշռության վիճակ է:

Այժմ դիտարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող ոչ տիպային խնդիրներ, որոնց լուծման ժամանակ կկիրառենք պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը:

Խնդիր 2.1: Երկու բեռներ միացված են l երկարությամբ անկշիռ թելով և տեղադրված են R շառավղով ողորկ գլանաձև մակերևույթի վրա: Հավասարակշռության դիրքում ուղղաձիգի և m_1 զանգվածով բեռի գտնվելու կետով տարված շառավղի կազմած անկյունը հավասար է α - ի (նկ. 5): Գտեք m_2 բեռի զանգվածը:



Նկ. 5

Լուծում: Եթե պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակն ընտրենք գլանի առանցքով անցնող հորիզոնական հարթությունը, ապա համակարգի ծանրության ուժով պայմանավորված պոտենցիալ էներգիան կորոշվի հետևյալ բանաձևով.

$$W = m_1 g R \cos \alpha + m_2 g R \cos \beta:$$

Գծագրից պարզ է, որ $l = (\alpha + \beta)R$: Հաշվի առնելով սա՝ պոտենցիալ էներգիան կարելի է արտահայտել α - ով՝

$$W = gR \left(m_1 \cos \alpha + m_2 \cos \left(\frac{l}{R} - \alpha \right) \right):$$

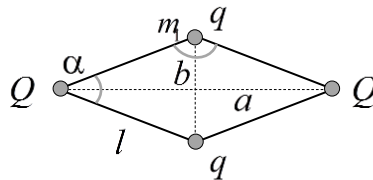
Համաձայն պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքի՝ համակարգի հավասարակշռության վիճակում նրա պոտենցիալ էներգիան պետք է ընդունի նվազագույն արժեք: Համակարգի պոտենցիալ էներգիան α - ից կախված ֆունկցիա է և նվազագույն արժեքի դեպքում նրա ածանցյալը ըստ α -ի պետք է հավասար լինի զրոյի՝

$$\left(m_1 \cos \alpha + m_2 \cos \left(\frac{l}{R} - \alpha \right) \right)' = 0:$$

Վերը գրվածից երկրորդ բեռի զանգվածի համար ստանում ենք.

$$m_2 = \frac{m_1 \sin \alpha}{\sin \left(\frac{l}{R} - \alpha \right)}:$$

Խնդիր 2.2: Q, q, Q, q չորս դրական լիցք կապված են չորս թելերով, այնպես ինչպես ցույց է տրված նկար 6 - ում: Յուրաքանչյուր թելի երկարությունը l է: Որոշել թելերի կազմած անկյունները:



Նկ. 6

Լուծում: Լիցքերի փոխազդեցություններով պայմանավորված պոտենցիալ էներգիան որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$W = 4k \frac{Qq}{l} + k \frac{Q^2}{a} + k \frac{q^2}{b},$$

որտեղ a - ն և b - ն շեղանկյան անկյունագծերն են, որոնք որոշվում են հետևյալ առնչություններով՝ $a = 2l \sin \frac{180^\circ - \alpha}{2}$,

$b = 2l \sin \frac{\alpha}{2}$: Հաշվի առնելով վերջիններս՝ լիցքերի համակարգի պոտենցիալ էներգիայի համար ստանում ենք.

$$W = 4k \frac{Qq}{l} + k \frac{Q^2}{2l \cos \alpha / 2} + k \frac{q^2}{2l \sin \alpha / 2}:$$

Պոտենցիալ էներգիայի արտահայտության առաջին գումարելին հաստատուն է և կախված չէ շեղանկյան անկյուններից: Մնում է պահանջել, որ մյուս երկու գումարելիների գումարն ընդունի նվազագույն արժեք: Այսպիսով՝ որոնելի անկյունները որոշելու

համար անհրաժեշտ է ածանցել և զրոյի հավասարեցնել հետևյալ արտահայտությունը

$$\left(\frac{Q^2}{\cos \alpha / 2} + \frac{q^2}{\sin \alpha / 2} \right)' = 0:$$

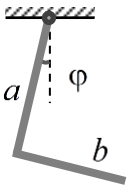
Այնուհետև կատարելով տարրական մաթեմատիկական ձևափոխություններ՝ որոնելի անկյունների համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունները.

$$\alpha = 2 \arctg \left(\frac{q}{Q} \right)^{\frac{2}{3}}, \beta = 180^\circ - \alpha:$$

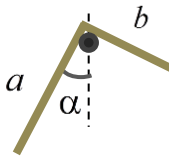
Այս և նմանատիպ խնդիրները սովորաբար լուծում են «ուժային» եղանակով: Ընդհանրացնող կրկնությունների ընթացքում, երբ սովորողները մաթեմատիկայի դասընթացից արդեն ծանոթ են ածանցյալի գաղափարին, հնարավոր է դառնում քննարկել դիտարկված խնդիրների վերը ներկայացված լուծումները: Այն օգտակար է ոչ միայն մոտեցման ինքնատիպության առումով, այլև միջառարկայական կապերի դրսևորման և զարգացման տեսակետից: Բացի այդ երբեմն բավականին դժվար է կազմել համակարգի մարմինների համար դինամիկայի հավասարումներ և էներգիական մոտեցումը դառնում է օգտակար ու արդյունավետ այլընտրանքային մոտեցում:

Խնդիրներ

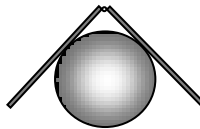
12. Ծանր ձողը ծռում են 90° անկյան տակ և ազատ կախում են մի ծայրից (նկ. 7): Ձողի վերին և ստորին մասերի երկարությունները համապատասխանաբար a և b են: Ուղղաձիգի հետ ի՞նչ φ անկյուն կկազմի ձողի վերին մասը:



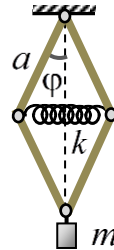
Նկ. 7



Նկ. 8



Նկ. 9



Նկ. 10

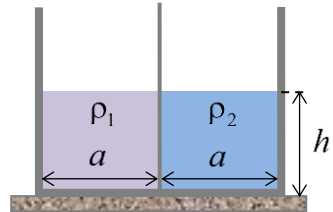
13. Համասեռ ձողից պատրաստել են անկյունարդ, որի կողմերի երկարությունները հավասար են a - ի և b - ի: Անկյունարդը կախել են ուղղաձիգ պատին մեխված ձողից (նկ. 8): Ի՞նչ անկյուն է կազմում a կողմն ուղղաձիգի հետ:

14. R շառավղով հարթ, հորիզոնական գլանի վրա դրված են հողակապով ամրացված երկու համասեռ ձողեր: Ձողերը գտնվում են հավասարակշռության վիճակում, երբ նրանց միջև կազմած անկյունը 2φ է (նկ. 9): Որքա՞ն է յուրաքանչյուր ձողի l երկարությունը:

15. Երբ զսպանակավոր հողակապային կախիչից կախում են բեռ կախիչի a կողմով կողմերը ուղղաձիգի նկատմամբ

կազմում են φ անկյուն (նկ. 10): k կոշտություն ունեցող զսպանակը չդեֆորմացված վիճակում ունի $\sqrt{2}a$ երկարություն: Զսպանակի և կախիչի զանգվածներ անտեսել: Որքա՞ն է կախված բեռի զանգվածը:

16. $2a$ երկարությամբ անոթը շարժական միջնորմի օգնությամբ բաժանված է երկու հավասար մասերի: Սկզբում միջնորմն ամրացնում են և անոթի երկու մասերը լցնում են h հավասար բարձրությամբ ρ_1 և ρ_2 ($\rho_2 > \rho_1$)



Նկ. 11

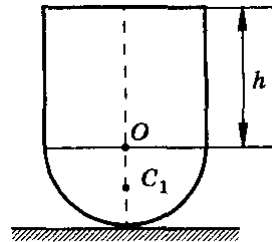
խտություններով հեղուկներ (նկ. 11): Ի՞նչ x չափով կտեղափոխվի միջնորմը այն բաց թողնելուց հետո: Շփումն անտեսել: Համարել, որ պրոցեսի ընթացքում հեղուկները անոթից չեն թափվում և միջնորմը չի թեքվում:

17. Երկու միատեսակ գնդիկներ օդում կախված են $l = 0.2$ մ երկարությամբ միատեսակ բարակ թելերից, որոնք ամրացված են մեկ կետում: Գնդիկներից յուրաքանչյուրին $q = 4 \cdot 10^{-6}$ Կլ լիցք հաղորդելուց հետո նրանք իրարից հեռացան: Որոշել յուրաքանչյուր գնդիկի զանգվածը, եթե հավասարակշռության վիճակում թելերը կազմում են $2\varphi = 60^\circ$ անկյուն:

18. 0,3 գ զանգվածով երեք միատեսակ լիցքերով լիցքավորված գնդիկներ կախված են 30 սմ երկարությամբ, ազատ ծայրերով միևնույն կետում ամրացված անկշիռ թելերից: Թելերն

ուղղաձիգի հետ կազմում են 30° անկյուն: Որքա՞ն է գնդիկներից յուրաքանչյուրի լիցքը:

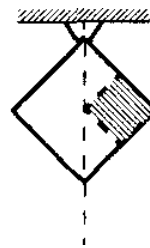
19. Համասեռ մարմինը, որը կազմված է գլանից և կիսագնդից տեղադրված է հորիզոնական հարթության վրա (նկ. 12): h - ի ինչպիսի արժեքների դեպքում է այդ հավասարակշռությունը կայուն: Կիսագնդի զանգվածի կենտրոնը գտնվում է C_1 կետում: $OC_1 = \frac{3}{8}R$, որտեղ



Նկ. 12

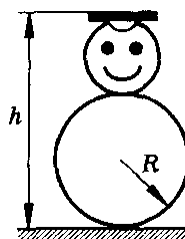
R - ը կիսագնդի շառավիղն է:

20. Որոշե՞ք թե ուղղաձիգի նկատմամբ ի՞նչ անկյունով կշեղվի համասեռ քառակուսի թիթեղը, եթե նրանից նկար 13 - ում պատկերված ձևով կտրենք քառորդ մասը:



Նկ. 13

21. Նկար 14 - ում պատկերված ռուսական խաղալիքը հորիզոնի նկատմամբ α անկյուն կազմող թեք, ոչ ողորկ հարթության վրա դեռ պահում է հավասարակշռությունը, եթե նրա համաչափության առանցքը ուղղաձիգի նկատմամբ կազմում է β անկյուն: Ի՞նչ զանգվածով գլխարկ կարելի է հագցնել խաղալիքին, եթե խաղալիքի զանգվածը M է, բարձրությունը՝ h , իրանի շառավիղը՝ R :



Նկ. 14

22. Հայր Կառլոն պատրաստեց գլխարկ, որն ուներ 20 սմ բարձրությամբ և զագաթի 60° անկյունով կոնի տեսք: Կարո՞ղ է արդյոք այդ գլխարկը կրել Բուրատինոն, եթե նրա գլխի տրամագիծը 15 սմ է:

§3. Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը

Վիրտուալ տեղափոխությունների (կամ վիրտուալ աշխատանքի) սկզբունքը տեսական մեխանիկայի վարիացիոն սկզբունքներից է, որն ունի ոչ միայն գործնական, այլև կարևոր տեսական ֆիզիկական նշանակություն: Վերջինս պայմանավորված է ֆիզիկայում էներգետիկ մոտեցումների կարևորությամբ, որոնց առնչվում է այս սկզբունքը: Այս սկզբունքի խիստ և ամբողջական ապացույցը, ինչպես նաև դրա տարբեր կիրառությունները, կարող են դիտարկվել միայն հոծ միջավայրի մեխանիկայի կամ ինժեներական և կիրառական մեխանիկայի համալսարանական դասընթացներում: Այնուամենայնիվ սկզբունքի էության պարզ ընկալման դեպքում նույնիսկ դպրոցական ֆիզիկայի դասընթացի շրջանակում այն կարող է արդյունավետորեն օգտագործվել ստատիկայի խնդիրների լուծման գործընթացում: Հարկ է նշել, որ ստատիկայի որոշ խնդիրներ շատ դժվար է լուծել ուժերի և մոմենտների հավասարակշռության ստանդարտ պայմանների քննարկման ճանապարհով: Նման դեպքերում երբեմն վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառումը դառնում է այդ խնդիրների լուծման գործնականում միակ հնարավոր մոտեցումը: Հռչակավոր ֆիզիկոս Ռ. Ֆեյնմանը իր հայտնի դասախոսություններում ներկայացրել է վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը էներգիայի պահպանման

օրենքը մեկնաբանելիս և կոնդենսատորի թիթեղների միջև գործող ուժը որոշելիս: Բացի այդ, իր խմբի կողմից հեղինակած հայտնի խնդրագրքի ստատիկայի որոշ խնդիրներ նա առաջարկել է լուծել՝ կիրառելով հենց այդ սկզբունքը: Կան որոշ ուսումնամեթոդական աշխատանքներ, որտեղ ներկայացվում են վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառումը դպրոցական ֆիզիկայի որոշ խնդիրների լուծման գործընթացում: Թեև նշված սկզբունքը կարող է ունենալ հետաքրքիր կիրառություն, այն դեռ չի հասցրել պատշաճ տարածում ստանալ ֆիզիկայի դասավանդման գործընթացում: Ստորև նախ կներկայացնենք վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը, այն կլուսաբանենք պարզ օրինակով և ապա կդիտարկենք հողակապային կախիչի վերաբերյալ մի խնդիր իր զարգացումներով:

Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը: Դիտարկենք մեխանիկական համակարգ, որը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում: Սովորաբար, մեխանիկական համակարգերի վրա դրվում են տարբեր արտաքին կապեր՝ կոշտ պատերի, չդեֆորմացվող թելերի և ձողերի, հողակապերի և այլնի տեսքով: Համակարգի վրա կարող են ազդել ինչպես արտաքին ակտիվ ուժեր, օրինակ՝ ծանրության ուժ, շփման ուժ, արքիմեդյան ուժ և այլն, այնպես էլ կապերի հակազդեցության ուժեր, որոնց մեծությունները կախված են ակտիվ ուժերից: Այժմ ենթադրենք, որ համակարգը մի փոքր շեղվում է հավասարակշռության դիրքից, այնպես, որ համակարգի կետերի տեղաշարժերը լինեն չկաշկանդված մեխանիկական կապերի կողմից դրված սահմանփակումներով: Այլ կերպ ասած այդ տեղափոխությունների արդյունքում կապերը չպետք է խզվեն (պատերը չփլուզվեն, թելերը չկտրվեն, իդեալական ձողերը չկտրվեն, չկարճանան, չերկարեն կամ չծովեն և այլն):

Նման շարժումները կոչվում են վիրտուալ և տարբերվում են համակարգի մասերի իրական շարժումներից, որոնք իրականում տեղի են ունենում կիրառված ուժերի ազդեցության ներքո: Վիրտուալ տեղաշարժերը համակարգի վրա դրված կապերի կողմից թույլատրելի փոքրիկ «մտածածին» տեղափոխություններ են, որոնք ներմուծվում են հավասարակշռության պայմաններում ուժերի միջև կապերը բացահայտելու համար: Վիրտուալ տեղաշարժերը վերցվում են անսահման փոքր, որպեսզի համակարգի վրա ազդող ուժերը համարվեն անփոփոխ:

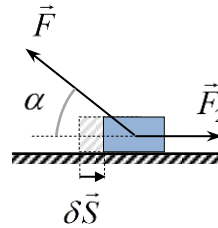
Ստացվում է այնպես, որ մեխանիկական համակարգի հավասարակշռության դիրքից ցանկացած վիրտուալ տեղաշարժի դեպքում բոլոր հակազդեցության ուժերի աշխատանքը հավասար է զրոյի: Դա պայմանավորված է նրանով, որ հակազդեցության ուժերը ուղղահայաց են հնարավոր տարրական տեղափոխություններին: Փաստորեն վիրտուալ տեղափոխությունների ընթացքում աշխատանք են կատարում միայն արտաքին ակտիվ ուժերը, որոնց էլ վերաբերվում է վիրտուալ *տեղափոխությունների* սկզբունքը: Վերջինս կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ.

Հավասարակշռության դիրքից ցանկացած անսահման փոքր վիրտուալ տեղաշարժի դեպքում մեխանիկական համակարգի վրա գործող բոլոր ակտիվ ուժերի աշխատանքների գումարը հավասար է զրոյի:

Դիտարկենք այս սկզբունքի կիրառումը մեկ պարզ խնդրի լուծման օրինակով:

Խնդիր 3.1: Հորիզոնական հարթության վրա դրված չորսուի վրա ազդում է դեպի վեր ուղղված F ուժ, որը հարթության հետ կազմում է α անկյուն: Որքա՞ն է չորսուի վրա ազդող շփման ուժը, եթե չորսուն գտնվում է դադարի վիճակում:

Լուծում: Չորսուի վրա ազդում են $\vec{F}$ ուժը, ծանրության ուժը, հատակի կողմից ազդող հակազդեցության և դադարի շփման ուժերը: Պատկերացնենք, որ չորսուն ենթարկվում է շատ փոքր $\delta\vec{S}$ վիրտուալ տեղափոխության, օրինակ՝ դեպի աջ ուղղությամբ (նկ. 15): Ինչպես արդեն նշել էինք հակազդեցության ուժը աշխատանք չի կատարում: Այս դեպքում աշխատանք չի կատարում նաև ծանրության ուժը, քանի որ այն նույնպես ուղղահայաց է մարմնի վիրտուալ տեղափոխությանը:



Նկ. 15

Այսպիսով՝ աշխատանք են կատարում միայն $\vec{F}$ ուժն ու շփման ուժը: Վերջիններս հեշտ է որոշել՝ օգտվելով աշխատանքի սահմանումից և գծագրից.

$$A_F = \vec{F} \cdot \delta\vec{S} = F\delta S \cos(180 - \alpha) = -F\delta S \cos \alpha,$$

$$A_2 = \vec{F}_2 \cdot \delta\vec{S} = F_2\delta S:$$

Համաձայն վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի՝ այս աշխատանքների գումարը պետք է հավասար լինի զրոյի՝

$$A_F + A_2 = 0,$$

որից էլ որոնելի շփման ուժի համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը

$$F_2 = F \cos \alpha:$$

Նշենք, որ մենք դիտարկեցինք մարմնի վիրտուալ տեղաշարժը՝ չփոխելով նրա վրա ազդող ուժերը: Հակառակ դեպքում, եթե դիտարկեինք մարմնի իրական սահքը դեպի աջ ուղղությամբ, ապա շփման ուժը կփոխեր իր ուղղությունը դեպի հակառակ կողմը:

Այս խնդիրը, իհարկե, կարելի է լուծել սովորական եղանակով՝ օգտվելով մարմինների հավասարակշռության ստանդարտ պայմաններից: Այս դեպքում երկու մեթոդների կիրառումներն էլ բարդության առումով համարժեք են: Դեռ ավելին, ուժային պրոյեկտման ստանդարտ ճանապարհը նույնիսկ ավելի կարճ է ու պարզ: Այնուամենայնիվ, շատ դեպքերում վիրտուալ տեղափոխությունների մեթոդի կիրառումը հանգեցնում է ավելի ռացիոնալ լուծման և երբեմն նույնիսկ թույլ է տալիս լուծել խնդիրներ, որոնք սկզբունքորեն անլուծելի են սովորական հավասարակշռության պայմանների կիրառման ճանապարհով: Մինչև ստատիկայի նման խնդրի քննարկումը ներկայացնենք սկզբունքի մի դրսևորում, որը կարող է օգտակար լինել դպրոցական ֆիզիկայում դրա կիրառության տեսանկյունից:

Դիտարկենք մասնավոր այն դեպքը, երբ շփման ուժերը բացակայում են և մեխանիկական համակարգը Երկրի ձգողության դաշտում պահվում է հավասարակշռության մեջ՝ $\vec{F}$ ուժի օգնությամբ: Պատկերացնենք, որ $\vec{F}$ ուժի կիրառման կետը տեղափոխվում է $\delta\vec{S}$ - ով, որի հետևանքով մեխանիկական համակարգը ստանում է վիրտուալ տեղաշարժ, իսկ այդ ուժը կատարում է $A_F = \vec{F} \cdot \delta\vec{S}$ աշխատանք: Այդ ընթացքում ծանրության ուժը նույնպես կատարում է որոշակի աշխատանք, որը հավասար է համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակառակ նշանով՝ $A_G = -\delta E_{\Pi}$: Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքից ստանում ենք.

$$A_F = \delta E_{\Pi} :$$

Ստացված բանաձևը կարելի է մեկնաբանել՝ ելնելով էներգետիկ նկատառումներից: Կարելի է պատկերացնել, որ $\vec{F}$

ուժի շատ փոքր չափով մեծացման արդյունքում մեխանիկական համակարգը դուրս է գալիս հավասարակշռության վիճակից: Քանի որ ուժի արժեքը գրեթե չի փոխվել $\vec{\delta S}$ տեղափոխության ընթացքում, այն կատարում է $\vec{F} \cdot \vec{\delta S}$ աշխատանք, որի հետևանքով համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան աճում է: Դիտարկվող ուժը հավասարակշռության վիճակում ընդունած իր արժեքից անսահման քիչ է տարբերվում և անվերջ փոքր տեղաշարժի դեպքում համակարգի ձեռք բերած կինետիկ էներգիան կարելի է անտեսել: Հետևաբար, $\vec{F}$ ուժի ամբողջ աշխատանքը «ծախսվում է» համակարգի պոտենցիալ էներգիայի ավելացման վրա, որտեղից էլ ստանում ենք վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի վերը քննարկված մասնավոր արդյունքը:

Այսպիսով՝ ստատիկայի դպրոցական խնդիրները կարելի է լուծել առնվազն երկու եղանակով՝ ստանդարտ ձևով, օգտվելով հավասարակշռության պայմաններից և վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կամ, պատկերավոր ասած, «էներգետիկ մեթոդի» օգնությամբ: Հաշվի առնելով այս հանգամանքը՝ անհրաժեշտություն է առաջանում ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում էներգիայի պահպանման օրենքի ուսումնասիրումից հետո անդրադարձ կատարել ստատիկայի խնդիրների լուծմանը: Վերջինս կարևոր է նաև այն տեսակետից, որ ֆիզիկայի օլիմպիական բազմաթիվ խնդիրներ հնարավոր է լուծել հատկապես «էներգետիկ մեթոդի» կիրառմամբ: Պատահական չէ, որ որոշ գրքերում, այդ թվում նաև բազմաթիվ տարիների ընթացքում ֆիզիկայի օլիմպիադաների նախապատրաստվելու համար անփոխարինելի դարձած Օ. Սավչենկոյի խմբագրած ձեռնարկում, մեխանիկական աշխատանքին ու էներգիային

վերաբերող բաժինները նախորդում են ստատիկային: Ստորև կքննարկենք այդ ձեռնարկի մի խնդիր և ապա դրա ընդհանրացումն ու զարգացումը՝ աստիճանական բարդացման սկզբունքով:

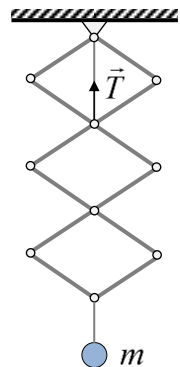
Խնդիր 3.2ա: Գտեք թեթև հողակապային կախիչի վերին շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման ուժը (նկ. 16): Բեռի զանգվածը m է:

Լուծում: Պարզ է, որ ստանդարտ եղանակով՝ ուժերի ու մոմենտների հավասարակշռության պայմանների կիրառմամբ, այս խնդիրը կամ շատ դժվար է կամ էլ գործնականում հնարավոր չէ լուծել: Սակայն խնդիրը հեշտությամբ կարելի է լուծել վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի կիրառմամբ: Բավական է դիտարկել հավասարակշռության վիճակից համակարգի փոքր շեղումը, երբ նկար 16 - ում պատկերված թելի լարման $\vec{T}$ ուժի ազդման կետը բարձրանում է δh չափով: Երկրաչափական նկատառումներից պարզ է, որ նման վիրտուալ տեղաշարժի արդյունքում m բեռը կբարձրանա $3\delta h$ - ով և հետևաբար համակարգի պոտենցիալ էներգիան կաճի $3mg\delta h$ - ով: Համաձայն վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքի, ինչը այս իրավիճակում արտահայտում է էներգիայի փոփոխության թեորեմը, թելի լարման ուժի աշխատանքը հավասար է համակարգի պոտենցիալ էներգիայի աճին՝

$$T\delta h = 3mg\delta h,$$

որտեղից էլ ստանում ենք

$$T = 3mg:$$



Նկ. 16

Այժմ ներկայացնենք դիտարկված խնդրի ընդհանրացումը՝ երբ հաշվի է առնվում կախիչի զանգվածը:

Խնդիր 3.2բ: Գտեք հողակապային կախիչի վերին շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման ուժը: Կախիչի համասեռ ձողերի և դրանց միացումներում տեղադրված միանման հողակապերի գումարային զանգվածը M է, բեռի զանգվածը՝ m :

Լուծում: Այս դեպքում էլ խնդրի լուծման մոտեցումը մնում է նույնը, սակայն անհրաժեշտություն է առաջանում հաշվի առնել նաև վիրտուալ տեղափոխության արդյունքում կախիչի ձեռք բերած պոտենցիալ էներգիան: Քանի որ կախիչի ձողերը համասեռ են, իսկ հողակապերը միատեսակ, ապա գծագրից ակնհայտ է, որ դրա զանգվածների կենտրոնը գտնվում է մեջտեղի շեղանկյան կենտրոնում: Երկրաչափական նկատառումներից պարզ է նաև, որ եթե կախիչի ներքևի հողակապը բարձրանա $3\delta h$ - ով, ապա այդ կենտրոնը կբարձրանա $3\delta h/2$ - ով, ինչի արդյունքում կախիչի պոտենցիալ էներգիան կստանա $3Mg\delta h/2$ աճ: Այս դեպքում արդեն համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը կլինի $\delta E_{\Pi} = 3mg\delta h + 3Mg\delta h/2$ և վիրտուալ տեղափոխություններ սկզբունքից կստանանք.

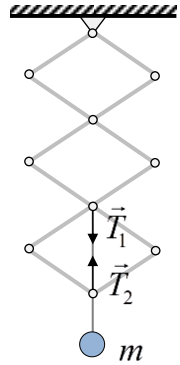
$$T\delta h = 3mg\delta h + 3Mg\delta h/2 \Rightarrow T = 3g(m + M/2):$$

Վերը քննարկված խնդրի հետ ծանոթացումից հետո օգտակար կլինի աշակերտներին առաջադրել լուծել դրա բարդացված տարբերակը, երբ թելով ամրացված են կախիչի ստորին շեղանկյան հողակապերը: Ստորև կվերլուծենք այդ խնդիրը:

Խնդիր 3.2գ: Գտեք հողակապային կախիչի ներքևի շեղանկյան հողակապերի առանցքները միացնող թելի լարման

ուժը (նկ. 17): Կախիչի համասեռ ձողերի և դրանց միացումներում տեղադրված միանման հողակապերի գումարային զանգվածը M է, բեռի զանգվածը՝ m :

Լուծում: Առաջին հայացքից կարող է թվալ, թե նոր դրվածքով խնդիրը քիչ է տարբերվում նախորդ տարբերակից: Սակայն, եթե դիտարկենք կախիչի վիրտուալ տեղաշարժ, ապա, ի տարբերություն նախորդ դեպքի, այժմ արդեն կտեղաշարժվեն թելի երկու միացման կետերը և երկու լարման ուժերն ($\vec{T}_1, \vec{T}_2$) էլ կկատարեն աշխատանք: Պարզ է, որ եթե թելը փոխարինենք հողակապերի վրա ազդող $\vec{T}_1$ և $\vec{T}_2$ ուժերով, ապա համակարգի հավասարակշռությունը չի խախտվի: Քանի որ թելի կշիռը կարելի է անտեսել. $T_1 = T_2 = T$: Այժմ



Նկ. 17

դիտարկենք կախիչի վիրտուալ տեղափոխություն, որի ընթացքում նրա վերևի շեղանկյան ներքևի հողակապը բարձրանում է δh - ով: Կիներմատիկական կապերը մյուս երկու շեղանկյուններին ևս կստիպեն «սեղմվել» միևնույն δh չափով: Արդյունքում $\vec{T}_1$ և $\vec{T}_2$ ուժերի ազդման կետերը համապատասխանաբար կստանան $2\delta h$ և $3\delta h$ վիրտուալ տեղափոխություններ: Քանի որ $\vec{T}_2$ ուժը համուղղված է տեղափոխության, իսկ $\vec{T}_1$ - ը՝ հակուղղված, դրանց կատարած գումարային աշխատանքը կլինի.

$$T_2 3\delta h - T_1 2\delta h = T \delta h:$$

Համակարգի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը, ինչպես և նախորդ դեպքում որոշվում է բեռի և կախիչի պոտենցիալ էներգիաների գումարային աճով՝ $\delta E_{\Pi} = 3mg\delta h + 3Mg\delta h / 2$:

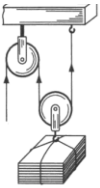
Հաշվի առնելով այս ամենը՝ վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքից ստանում ենք.

$$T = 3g(m + M / 2):$$

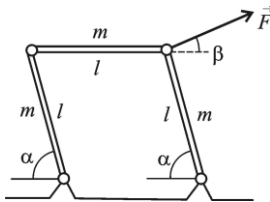
Լուծման ընթացքից պարզ է, որ թելի լարման ուժը կլինի նույնը, եթե այն միացվի կախիչի մեջտեղի շեղանկյան վերևի ու ներքևի հողակապերից:

Խնդիրներ

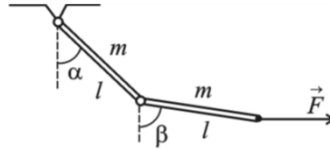
23. 50 կգ զանգվածով բեռը պահվում է երկու իդեալական ճախարակների միջոցով (նկ. 18): Ի՞նչ ուժ է անհրաժեշտ կիրառել պարանի ծայրին բեռը պահելու համար:



Նկ. 18



Նկ. 19

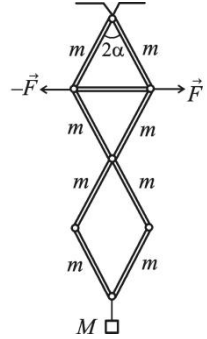


Նկ. 20

24. Բանվորը 40 կգ զանգվածով գերանի ծայրը պահել է այնպես, որ այն հորիզոնական ուղղության հետ կազմում է 30° անկյուն: Տախտակին ուղղահայաց ի՞նչ ուժով է բանվորը պահում տախտակը:

25. Որոշել մեխանիկական համակարգը հավասարակշռության մեջ պահող ուժի մոդուլը (նկ. 19):

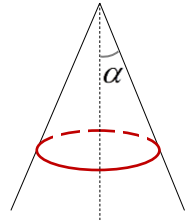
26. Հողակապերով ամրացված մեխանիկական համակարգը հավասարակշռության մեջ է պահվում $\vec{F}$ հորիզոնական ուժի ազդեցության տակ (նկ. 20): Որոշել ուղղաձիգի նկատմամբ ձողերի կազմած α և β անկյունները:



Նկ. 21

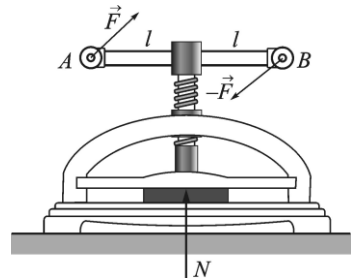
27. Որոշել նկար 21 - ում պատկերված հողակապային կախիչի վրա հորիզոնական ձողի կողմից ազդող հակազդեցության ուժերը:

28. Գագաթի 2α անկյուն ունեցող ուղղաձիգ առանցքով ողորկ կոնական մակերևույթի վրա տեղադրված է m զանգվածով պարանից պատրաստված օղակ (նկ. 22): Որոշել պարանի լարման ուժը:



Նկ. 22

29. Գտնել նկար 23 - ում պատկերված իդեալական մամլիչի գործադրած ուժը դետալի վրա, եթե նրա քայլի երկարությունը h է, իսկ բռնակի ծայրերի վրա ազդող ուժագույգի ուժի մոդուլը՝ F :



Նկ. 23

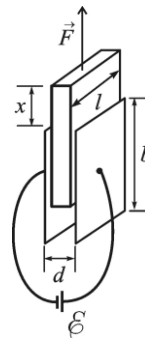
30. Գտնել ջրում գտնվող R շառավղով պղպջակի ներսում մակերևութային լարվածության ուժերի շնորհիվ առաջացած լրացուցիչ ճնշումը (լապլասյան ճնշումը ստանալ վիրտուալ

աշխատանքների սկզբունքի օգնությամբ): Ջրի մակերևութային լարվածության գործակիցը σ է:

31. Գտնել R շառավղով օճառաջրի պղպջակի ներսում մակերևութային լարվածության ուժերի շնորհիվ առաջացած լրացուցիչ ճնշումը: Օճառաջրի մակերևութային լարվածության գործակիցը σ է:

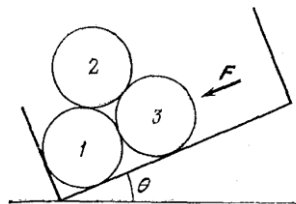
32. R շառավղով սֆերան համասեռ լիցքավորված է q լիցքով: Որոշել սֆերայի վրա առաջացած էլեկտրաստատիկ ճնշումը:

33. ε դիելեկտրիկական թափանցելիությամբ շերտը դուրս են բերում U լարմամբ հարթ կոնդենսատորից (նկ. 24): Որոշել F ուժի արժեքը նկարում պատկերված պահին՝ երբ շերտը դուրս է եկած կոնդենսատորից x չափով:



Նկ. 24

34. Ի՞նչ նվազագույն ուժով պետք է ազդել բեռնատարի թափքում գտնվող 3 գերանի վրա, որպեսզի այն չսահի և երեք գերաններից բաղկացած համակարգը մնա հավասարակշռության վիճակում (նկ. 25): Գերանները միատեսակ են և ողորկ: Յուրաքանչյուր գերանի զանգվածը m է: θ - ի տարբեր արժեքների համար կատարել վերլուծություն:



Նկ. 25

§4. Վերադրման սկզբունքի կիրառությունները ֆիզիկայի դասընթացում

Այս պարագրաֆում ներկայացնելու ենք ֆիզիկայի ընդհանուր սկզբունքներից մեկը՝ վերադրման սկզբունքը, որն ունի իր տարբեր դրսևորումները ֆիզիկայի առանձին բաժիններում: Վերադրման գաղափարի ընդհանրական բովանդակությունը վեր հանելուց հետո ներկայացնելու ենք դրա կիրառությունը աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված ֆիզիկական խնդիրների լուծման գործընթացում:

Ստորև նախ կներկայացնենք վերադրման սկզբունքը ֆիզիկայում և ապա կդիտարկենք դրա կոնկրետ կիրառությունները էլեկտրադինամիկայում: Ներկայացնելու ենք էլեկտրաստատիկայի մեկ խնդրաշարք՝ այն ուղեկցելով մեթոդական բնույթի ցուցումներով:

Վերադրման սկզբունքը ֆիզիկայում: Վերադրման սկզբունք ասելով ֆիզիկայում հասկանում են փորձնական ու տեսական ճանապարհներով հաստատված տարբեր կարևոր օրինաչափություններ, որոնք, ունենալով իրենց ուրույն բովանդակությունը, ունեն նաև որոշակի ընդհանրություն, ինչն արտահայտվում է *առավել ընդհանուր ֆիզիկական վիճակը բնութագրող մեծության՝ մասնավոր վիճակներում նույն այդ մեծությունների նկատմամբ գծային կախվածության առկայությամբ*: Նման դեպքերում, որպես կանոն, համակարգի վիճակը կամ բնութագրիչ հատկությունները միարժեքորեն նկարագրող ի սկզբանե ներմուծվող ֆիզիկական այդ մեծությունը հանդիսանում է վեկտոր (վեկտոր եռաչափ էվկլիդյան տարածության մեջ, երբեմն նաև սկալյար, թենզոր, հիլբերտյան տարածության վեկտոր և այլն): Համակարգը բնութագրող վեկտորական մեծության ներմուծումից հետո

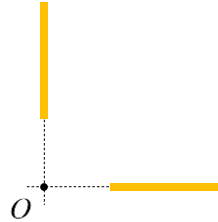
տարբեր դաշտերի պարագայում դիտարկվում են առանձին աղբյուրների ստեղծած դաշտերն ու համապատասխան վեկտորական մեծությունները տարածության կամայական կետում և ապա արդյունաբար դաշտը բնութագրող վեկտորական մեծությունը որոշվում է նշված վեկտորների գումարման միջոցով:

Վերադրման սկզբունքը այս կամ այն չափով կիրառվում է ֆիզիկայի գրեթե բոլոր բաժիններում: Ստորև կներկայացնենք դրա կիրառությունները ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի էլեկտրադինամիկա բաժնում:

Վերադրման սկզբունքի կիրառությունները էլեկտրադինամիկայում: Քանի որ էլեկտրամագնիսական դաշտերի համար տեղի ունի վերադրման սկզբունքը, ապա այն գործում է սկսած էլեկտրաստատիկայից մինչև էլեկտրամագնիսական ալիքներին առնչվող հարցերը: Հաշվի առնելով, որ լույսը էլեկտրամագնիսական ալիք է և մեծ հաշվով վակուումում օպտիկական երևույթները էլեկտրամագնիսական երևույթներ են՝ պարզ է, որ պետք է դիտվեն նաև օպտիկական ալիքների վերադրման երևույթներ:

Նշենք, որ վերադրման սկզբունքն ունի ոչ միայն հիմնարար տեսական նշանակություն, այլև լայն ու անփոխարինելի կիրառություն կոնկրետ խնդիրների լուծման ժամանակ: Էլեկտրաստատիկայում կետային լիցքի դաշտի լարվածության բանաձևի հետ մեկտեղ վերադրման սկզբունքի կիրառումը դաշտերի հաշվման հիմնական միջոցներից է: Շատ անգամ մեխանիկորեն կատարելով դաշտերի «գումարում»՝ ուշադրություն չի դարձվում վերադրման սկզբունքի կարևոր նշանակությանը: Ֆիզիկական ընդհանուր սկզբունքների կարևորությունը շեշտադրելու համար օգտակար կլինի ուշադրություն հասկացնել այն խնդիրներին, որոնք լուծվում են

բացառապես դրանց կիրառման օգնությամբ: Եթե պայմանականորեն առանձնացնենք ֆիզիկայի խնդրի լուծման ֆիզիկական ու մաթեմատիկական մասերը, ապա նման խնդիրների լուծման ֆիզիկական մասը բացի սկզբունքներից ուրիշ ոչ մի օրենքի ու օրինաչափության կամ այլ ֆիզիկական գաղափարի կիրառում չի պահանջում: Ստորև կքննարկենք աստիճանական

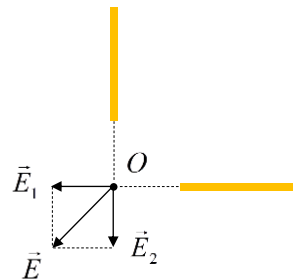


Նկ. 26 Լիցքավորված ձողերը գտնվում են միևնույն հարթության մեջ, փոխուղղահայաց են և նրանց առանցքների հատման O կետը հավասարահեռ է համապատասխան ծայրակետերից:

բարդացման սկզբունքով կազմված նման մի խնդրաշարք:

Խնդիր 4.1: Միևնույն լիցքով համասեռ լիցքավորված երկու միատեսակ դիէլեկտրիկ ձողերը ստեղծում են էլեկտրաստատիկ դաշտ, որի լարվածության մոդուլը O կետում E է (նկ. 26): Որքա՞ն կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը, եթե ձողերից մեկը հեռացնենք:

Լուծում: Դիցուք ձողերը լիցքավորված են դրականապես: Յուրաքանչյուր ձողի բոլոր մասերի լարվածությունները տվյալ կետում համադրված են և համաձայն վերադրման սկզբունքի՝ դրանց $\vec{E}_1$ և $\vec{E}_2$ համագործերը նույնպես ուղղված կլինեն համապատասխան



Նկ. 27

ձողերի երկայնքով, ինչպես պատկերված է նկար 27 - ում: Ձողերի միատեսակ լիցքավորված լինելուց և գծագրից

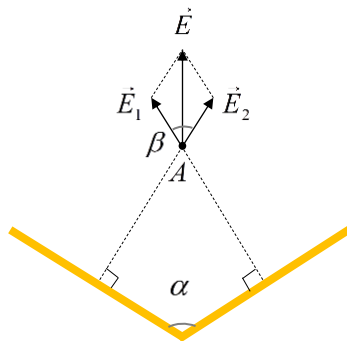
ակնհայտ է, որ $E_1 = E_2 = E_0$: O կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը $\vec{E}_1$ և $\vec{E}_2$ - ի վերադրման արդյունք է: Քանի որ $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$ ստանում ենք

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}E_0 \Rightarrow E_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} E :$$

Պարզ է, որ ձողերից մեկի հեռացման արդյունքում O կետում մնում է միայն մյուսի ստեղծած դաշտը, որի լարվածությունը E_0 է:

Ներկայացված խնդրի լուծումից հետո կարելի է որոշել դիտարկված ձողերի ստեղծած արդյունաբար դաշտը ձողերի միջնուղղահայացների հատման կետում: Ի տարբերություն նախորդ խնդրի, այս դեպքում արդեն ձողերի ստեղծած լարվածությունների ուղղությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է օգտվել տվյալ կետի նկատմամբ լիցքերի բաշխման համաչափությունից: Ստորև կդիտարկենք ներկայացվածի և նմանատիպ մեկ այլ խնդրի մի փոքր ընդհանրացված տարբերակը:

Խնդիր 4.2: Միևնույն լիցքով համասեռ լիցքավորված երկու միատեսակ ձողերը կազմում են α անկյուն (նկ. 28): Ձողերի միջնուղղահայացների հատման կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը O է: Որքա՞ն կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը, եթե ձողերից մեկը հեռացնենք:



Նկ. 28

Լուծում: Կրկին որոշակիության համար կրնալունենք որ ձողերը լիցքավորված են դրական լիցքերով: Ելնելով համաչափության նկատառումներից՝ դժվար չէ պատկերացնել, որ համասեռ լիցքավորված ուղիղ ձողի միջնուղղահայացի ցանկացած կետում դաշտի լարվածությունը ուղղահայաց է ձողին և ուղղված է այդ միջնուղղահայացով: Նկար 28 - ում պատկերված են լիցքավորված ձողերի ստեղծած դաշտերի լարվածությունները ձողերի միջնուղղահայացների հատման A կետում և այդ դաշտերի վերադրման արդյունքում ստացված $\vec{E}$ լարվածությունը: Գծագրից պարզ է, որ $\vec{E}_1$ և $\vec{E}_2$ վեկտորները կազմում են $\beta = 180^\circ - \alpha$ անկյուն: Նախորդ խնդրի նման այս խնդրում էլ ակնհայտ է, որ դիտարկվող կետում ձողերը ստեղծում են միատեսակ մոդուլներով դաշտեր՝ $E_1 = E_2 = E_0$: Օգտվելով կոսինուսների թեորեմից $\vec{E}$ - ի մոդուլի համար ստանում ենք.

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos(180^\circ - \beta)} = 2E_0 \sin \frac{\alpha}{2} :$$

Պարզ է, որ ձողերից մեկի հեռացման արդյունքում A կետում մնում է միայն մյուս ձողի ստեղծած դաշտը, որի լարվածությունը կլինի.

$$E_0 = \frac{E}{2 \sin \alpha / 2} :$$

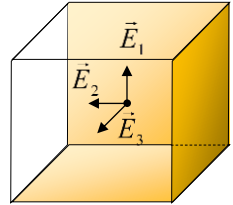
Վերևում քննարկված խնդիրներում բաղադրիչ դաշտերի լարվածության վեկտորներն ու դրանց համագործ գտնվում էին միևնույն հարթության մեջ: Որպես այս տիպի խնդիրների զարգացում՝ հաջորդ փուլում կարելի է քննարկել եռաչափ խնդիրներ, երբ գործ ենք ունենալու լիցքերի տարածական բաշխումների ստեղծած դաշտերի լարվածության վեկտորների

հետ, որոնք չեն գտնվում միևնույն հարթության մեջ: Ստորև կքննարկենք համեմատաբար պարզ մի օրինակ, որը հարմար է եռաչափ դրվածքով խնդիրների դիտարկումը սկսելու համար:

Խնդիր 4.3: Խորանարդի նիստերից մեկը համասեռ լիցքավորելուց հետո խորանարդի կենտրոնում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը դառնում է E_0 : Որքան կդառնա այդ կետում դաշտի լարվածությունը խորանարդի երկրորդ, երրորդ և ապա մյուս նիստերի նույն ձևով լիցքավորումներից հետո:

Լուծում: Հաշվի առնելով նախորդ խնդիրների լուծման մոտեցումներն ու ստացված արդյունքները, ուշադրություն կդարձնենք այս խնդրի լուծման բովանդակային մասին՝ չկրկնելով կարճ, տարրական հաշվարկները: Համաչափությունից պարզ է, որ խորանարդի յուրաքանչյուր նիստի ստեղծած էլեկտրական դաշտի լարվածությունը ուղղահայաց է այդ նիստին: Պարզ է, որ եթե երկրորդ լիցքավորված նիստը առաջինի դիմացինն է, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանց ստեղծած դաշտերի վերադրման արդյունքում լարվածությունը դառնում է զրո: Եթե երկրորդը առաջինին կից նիստ է, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանց դաշտերը լինում են մոդուլով հավասար և փոխուղղահայաց, ուստի դրանց համագործի մոդուլի համար հեշտությամբ կարելի է ստանալ $\sqrt{2}E_0$: Այժմ դիտարկենք այն դեպքը, երբ լիցքավորված են խորանարդի երեք նիստերը: Եթե այդ երեքից երկուսը զուգահեռ են, ապա դրանց ստեղծած արդյունարար դաշտը խորանարդի կենտրոնում զրո է և մնում է միայն երրորդի ստեղծած E_0 դաշտը: Եթե լիցքավորված երեք նիստերի մեջ չկան միմյանց անդիպակաց նիստեր, ապա խորանարդի կենտրոնում դրանք կստեղծեն մոդուլով

հավասար, փոխադրահայաց լարվածության վեկտորների եռյակ $(|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = |\vec{E}_3| = E_0)$ (նկ. 29): Այս դեպքում արդեն ինչպես լիցքերը, այնպես էլ դրանց ստեղծած դաշտերի լարվածությունները, չեն գտնվում միևնույն հարթության մեջ, և խնդիրը եռաչափ է: Այս դեպքում նախ գումարում ենք լարվածության վեկտորներից որևէ երկուսը և ստանում $\sqrt{2}E_0$ մոդուլով մի վեկտոր, որը ուղղահայաց է երրորդ լարվածության վեկտորին: Վերջիններիս վերադրման արդյունքում էլ արդյունաբար դաշտի



Նկ. 29

լարվածության համար ստանում ենք $\sqrt{3}E_0$: Երբ լիցքավորված են խորանարդի չորս նիստերը, ապա եթե դրանք զույգ հանդիպակաց նիստեր են, ապա արդյունաբար դաշտը զրո է, իսկ երբ զուգահեռ են միայն երկու լիցքավորված նիստերը, ապա մյուս երկու փոխադրահայաց նիստերի ստեղծած արդյունաբար դաշտը խորանարդի կենտրոնում կլինի $\sqrt{2}E_0$: Պարզ է, որ հինգ նիստերի լիցքավորման դեպքում երկու զույգ հանդիպակաց նիստերի դաշտերը կոմպենսանում են և մնում է միայն մի նիստի ստեղծած E_0 դաշտը, իսկ բոլոր նիստերի լիցքավորման դեպքում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը խորանարդի կենտրոնում զրո է: Այսպիսով՝ տարբեր քանակությամբ նիստերի լիցքավորման դեպքում խորանարդի կենտրոնում վերադրման արդյունքում առաջացած էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը կարող է ընդունել $0, E_0, \sqrt{2}E_0, \sqrt{3}E_0$ արժեքներից մեկը:

Հարկ է նշել, որ վերադրման սկզբունքը լայնորեն կիրառվում է նաև էլեկտրադինամիկայի մյուս բաժինների խնդիրների լուծման գործընթացում: Վերը դիտարկված խնդրաշարքին համանման կարելի է դիտարկել նաև մագնիսական դաշտերի վերադրման խնդիրներ: Վերադրման սկզբունքի կիրառմամբ կարելի է քննարկել նաև մի քանի աղբյուրներ պարունակող գծային շղթաների խնդիրներ՝ սկսած պարզ օրինակներից՝ դրանք զարգացնելով ու հասցնելով էլեկտրատեխնիկայում հետաքրքրություն ներկայացնող շղթաների դիտարկման: Կեղծ ալիքի դիտարկման հնարքի միջոցով կարելի է քննարկել նաև էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման, անդրադարձման ու անցման վերաբերյալ խնդիրներ:

Խնդիրներ

35. Հաշվարկման իներցիալ համակարգում m զանգվածով մարմնի վրա միաժամանակ ազդում են իրար ուղղահայաց F_1 և F_2 ուժեր: Որքա՞ն է մարմնի արագացումը:

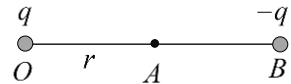
36. m զանգվածով մարմնի վրա միաժամանակ ազդում են F_1 և F_2 ուժեր, որոնք կազմում են α անկյուն: Որքա՞ն է մարմնի արագացումը:

37. Դադարի վիճակում գտնվող մարմնի վրա միաժամանակ ազդում են միևնույն հարթության մեջ գտնվող մոդուլով

հավասար երեք ուժեր, որոնք միմյանց հետ կազմում են 120° անկյուններ: Ինչպիսի՞ շարժում կկատարի մարմինը:

38. Հաշվարկման իներցիալ համակարգում m զանգվածով մարմնի վրա միաժամանակ ազդում են իրար փոխուղղահայաց $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ և $\vec{F}_3$ ուժեր, $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = |\vec{F}_3| = F$: Որքա՞ն է մարմնի արագացումը:

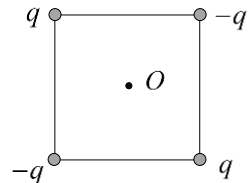
39. O կետում տեղադրված q դրական լիցքից r հեռավորությամբ A կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը E է: Որքա՞ն կդառնա դաշտի լարվածության մոդուլը A կետում, եթե O կետից $2r$ հեռավորությամբ B կետում տեղադրենք $-q$ լիցք (նկ. 30):



Նկ. 30

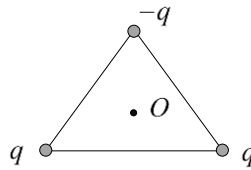
40. Երեք միատեսակ լիցքեր տեղադրված են հավասարապատկան ուղղանկյուն եռանկյան գագաթներում: Ի՞նչ անկյուն է կազմում դրանց արդյունարար էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորը ներքնաձիգի հետ նրա միջնակետում:

41. Որքա՞ն է էլեկտրական դաշտի լարվածության մոդուլը քառակուսու O կենտրոնում, եթե յուրաքանչյուր գագաթում տեղադրված կետային լիցքի դաշտի լարվածության մոդուլը քառակուսու կենտրոնում ունի E արժեքը (նկ. 31):



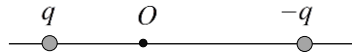
Նկ. 31

42. Որքա՞ն է էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հավասարակողմ եռանկյան O կենտրոնում, եթե յուրաքանչյուր գագաթում տեղադրված կետային լիցքի դաշտի լարվածության մոդուլը եռանկյան կենտրոնում ունի E արժեքը (նկ. 32):



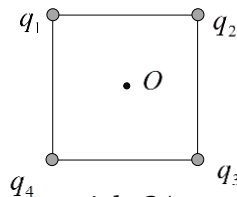
Նկ. 32

43. Երկու տարանուն լիցքեր գտնվում են մի ուղղի վրա: q դրական լիցքի դաշտի լարվածությունը O կետում 60 Վ/մ է, իսկ $-q$ լիցքինը՝ 40 Վ/մ (նկ. 33): Որքա՞ն է արդյունաբար դաշտի լարվածությունն այդ կետում և ինչպե՞ս է այն ուղղված:



Նկ. 33

44. Քառակուսու գագաթներում տեղադրված են 4 կետային լիցքեր՝ $q_1 = -1$ նԿլ, $q_2 = 2$ նԿլ, $q_3 = -3$ նԿլ, $q_4 = 4$ նԿլ (նկ. 34): Քառակուսու անկյունագիծը 20 սմ է: Որքա՞ն է էլեկտրական դաշտի լարվածության մոդուլը քառակուսու O կենտրոնում:



Նկ. 34

45. Միևնույն նշանի և մեծության երկու կետային լիցքերը միացնող հատվածի միջնակետում տեղադրում են նույն նշանի երկու անգամ մեծ երրորդ լիցքը:

1) Լիցքերից յուրաքանչյուրի վրա երրորդ լիցքի ազդող ուժը քանի՞ անգամ է մեծ մինչև երրորդ լիցքը տեղադրելը լիցքերի փոխազդեցության ուժից:

2) Քանի՞ անգամ մեծացավ լիցքերից յուրաքանչյուրի վրա ազդող ուժը երրորդ լիցքը տեղադրելուց հետո:

46. Հավասարակողմ եռանկյան զազաթներում միևնույն նշանի լիցքերից յուրաքանչյուրի վրա ազդող համագոր ուժը $\sqrt{3} \cdot 10^{-3}$ Ն է:

1) Որքա՞ն է լիցքերից յուրաքանչյուր զույգի փոխազդեցության ուժը:

2) Որքա՞ն է եռանկյան կողմի երկարությունը, եթե լիցքերից յուրաքանչյուրը $6 \cdot 10^{-9}$ Կլ է:

47. Յուրաքանչյուրը 10^{-10} Կլ երեք նույնանուն կետային լիցքերը դասավորված են 0,05մ կողմով հավասարակողմ եռանկյան զազաթներում:

1) Որքա՞ն է դաշտի լարվածությունը անկյան կիսորդների հատման կետում:

2) Որքա՞ն է դաշտի լարվածությունը կողմերից մեկի միջնակետում:

3) Որքա՞ն է դաշտի լարվածությունը լիցքերից հավասարահեռ 0,05մ հեռավորության վրա: Ընդունել՝ $\sqrt{6} = 2,4$:

48. 0,1մ երկարությամբ կողմով հավասարակողմ եռանկյան զազաթներում գտնվում են $3 \cdot 10^{-7}$ Կլ լիցքով կետային լիցքեր:

1) Որքա՞ն է երկու լիցքերի փոխազդեցության ուժը:

2) Որքա՞ն է երկու լիցքերի կողմից երրորդ լիցքի վրա ազդող ուժը:

3) Որքա՞ն պետք է լինի եռանկյան կենտրոնում տեղադրված լիցքի մոդուլը, որպեսզի համակարգը գտնվի հավասարակշռության վիճակում:

49. Երկու տարանուն՝ մոդուլով հավասար $2 \cdot 10^{-7}$ Կլ կետային լիցքերի միջև հեռավորությունը $\sqrt{3}$ մ է: A կետի հեռավորությունը լիցքերից յուրաքանչյուրից 1 մ է:

1) Որքա՞ն է լիցքերից յուրաքանչյուրի ստեղծած դաշտի լարվածության մոդուլը A կետում:

2) Որքա՞ն է առանձին լիցքերի ստեղծած դաշտերի լարվածության վեկտորների կազմած անկյունը A կետում:

3) Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի լարվածությունը A կետում:

50. 2 սմ շառավղով և 10^{-8} Կլ լիցքով մետաղե գունդը շրջապատված է 5 սմ շառավղով և $-2 \cdot 10^{-8}$ Կլ լիցքով գնդաձև լորտով:

1) Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի լարվածությունը համակարգի կենտրոնից 1 սմ հեռավորության վրա:

2) Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի լարվածությունը համակարգի կենտրոնից 3 սմ հեռավորության վրա:

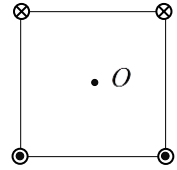
3) Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի լարվածությունը համակարգի կենտրոնից 6 սմ հեռավորության վրա:

51. 0,3 գ զանգվածներով երեք միատեսակ լիցքերով լիցքավորված գնդիկներ կախված են 30 սմ երկարությամբ, ազատ ծայրերով միևնույն կետում ամրացված, անկշիռ թելերից: Թելերն ուղղաձիգի հետ կազմում են 30° անկյուն:

1) Որքա՞ն է թելերից յուրաքանչյուրի լարման ուժը:

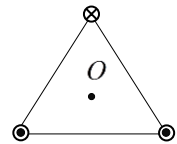
- 2) Որքա՞ն է երկու լիցքերի կողմից երրորդ լիցքի վրա ազդող կուլոնյան ուժերի համագործը:
- 3) Որքա՞ն է գնդիկներից յուրաքանչյուրի լիցքը:
- 4) Որքա՞ն է լիցքերի ստեղծած արդյունարար դաշտի լարվածությունը թելերի ամրացման կետում:

52. Չորս ուղիղ, իրար զուգահեռ հաղորդալարերում հոսանքներն ուղղված են նկարի հարթությանն ուղղահայաց ուղղությամբ (նկ. 35): Յուրաքանչյուր հոսանքի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլն O կետում B է: Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը O կետում: Հաղորդալարերում հոսանքի ուժը նույնն է:



Նկ. 35

53. Երեք ուղիղ, իրար զուգահեռ հաղորդալարերում հոսանքներն ուղղված են նկարի հարթությանն ուղղահայաց ուղղությամբ (նկ. 36): Յուրաքանչյուր հոսանքի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը հավասարակողմ եռանկյան O կենտրոնում B է: Որքա՞ն է արդյունարար դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը O կետում: Հաղորդալարերում հոսանքի ուժը նույնն է:



Նկ. 36

§5. Չափային վերլուծության մեթոդ

Յուրաքանչյուր ֆիզիկական մեծություն ունի թվային արժեք և չափայնություն: Վերջինս միարժեքորեն արտահայտվում է հիմնական մեծությունների չափայնություններով: Հիմնական ֆիզիկական մեծությունները տարբեր համակարգերում կարող են ընտրվել տարբեր ձևերով:

Ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում ներկայումս կիրառվում է Միավորների միջազգային համակարգը (ՄՄՀ), որի հիմնական մեծություններն են ժամանակը (t), երկարությունը (l), զանգվածը (m), բացարձակ ջերմաստիճանը (T), նյութի քանակը (ν), հոսանքի ուժը (I) և լույսի ուժը (J): Եթե ֆիզիկական բանաձևը ճշմարիտ է, ապա հավասարության աջ և ձախ մասերում գրված մեծությունների չափայնությունները պետք է հավասար լինեն: Նշված մասերի ֆիզիկական մեծությունների չափայնությունները արտահայտելով հիմնական մեծությունների չափայնություններով և կատարելով համեմատություն՝ կարելի է չափայնության բավարարման տեսակետից ստուգել բանաձևը: Իհարկե դա անհրաժեշտ է, բայց ոչ բավարար, որ բանաձևը լինի ճշգրիտ: Հակառակ նշված գործընթացին կարելի է, ելնելով որոշակի ֆիզիկական նկատառումներից, դիտարկել տվյալ երևույթը նկարագրող ֆիզիկական մեծությունների ֆունկցիոնալ կապը և ապա օգտվելով չափայնության բավարարման պայմանից՝ վերականգնել այն: Անհայտ ֆիզիկական մեծությունը որոշելու այս եղանակին անվանում են չափայնությունների վերլուծության մեթոդ կամ պարզապես չափայնությունների մեթոդ: Ինչ խոսք, որ նշված մեթոդով ֆիզիկական մեծությունների կախվածությունների վերականգնումը ոչ միշտ է լիարժեք կամ հնարավոր, սակայն մեթոդը շատ կարևոր է և օգտակար ինչպես ֆիզիկան ուսումնասիրողների, այնպես էլ լուրջ ֆիզիկական հետազոտություններ կատարողների համար: Ստորև կներկայացնենք չափայնությունների մեթոդի կիրառությունները ֆիզիկայի դասընթացի տարբեր մակարդակի խնդիրներ քննարկելիս:

Սկզբում դիտարկենք պարզ խնդիրներ, երբ որոնելի մեծությունը ակնհայտորեն կախված է ընդամենը երկու

ֆիզիկական մեծություններից, և այդ կախվածությունը չափայնության տեսակետից միարժեք է:

Խնդիր 5.1: Կատարելով ֆիզիկական մեծությունների չափայնությունների վերլուծություն՝ որոշել առանց սկզբնական արագության մարմնի անցած ճանապարհը ուղղագիծ հավասարաչափ արագացող շարժման ժամանակ, եթե մարմնի արագացումը a է, իսկ արագությունը տեղամասի վերջում՝ v :

Լուծում: Պարզ է, որ որոնելի l ճանապարհը բացի արագությունից և արագացումից որևէ այլ մեծությունից չի կարող կախված լինել: Արագության չափայնությունը $\frac{l}{t}$ է, իսկ

արագացմանը՝ $\frac{l}{t^2}$: Փաստորեն $\frac{l}{t}$ և $\frac{l}{t^2}$ չափայնությունների

միջոցով անհրաժեշտ է ստանալ ճանապարհի l չափայնությունը: Այժմ պարզ է որ ժամանակն արտաքսելու և միաժամանակ l ստանալու համար անհրաժեշտ է պարզապես $\frac{l}{t}$ - ը բարձրացնել քառակուսի և բաժանել $\frac{l}{t^2}$ - ի: Այժմ, քանի որ

ճանապարհի չափայնությունը հավասար է արագության չափայնության քառակուսու և արագացման չափայնության հարաբերությանը, համապատասխան ֆիզիկական մեծությունների միջև կարող ենք «վերականգնել»

համապատասխան կապը՝ $l = \frac{v^2}{a}$: Փաստորեն այս մոտեցմամբ

ստացանք առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհի արտահայտությունը $1/2$ արտադրիչի ճշտությամբ: Ընդհանուր առմամբ այս մեթոդով ստացված լուծումը ըստ էության միշտ էլ որոշված է հաստատուն անչափողական արտադրիչի ճշտությամբ, սակայն կան դեպքեր, երբ չափային

վերլուծության եղանակով ստացված արտահայտությունը լիովին համընկնում է ճշգրիտ լուծման հետ: Հարկ է նշել, որ վերջիններս ավելի շուտ պատահական համընկնումներ, քան օրինաչափություններ:

Չափայնությունների մեթոդը առանձնապես արդյունավետ է, երբ ֆիզիկական խնդրում փնտրվող ֆունկցիոնալ կախվածությունը հանդիսանում է բոլոր մեծությունների աստիճանային արտահայտությունների արտադրյալ: Դիցուք, ֆիզիկորեն պարզ է, որ որոնելի X մեծությունը կախված է $A, B, C, \dots$ ֆիզիկական մեծություններից: Այդ դեպքում որոնելի աստիճանային արտահայտությունը կլինի

$$X = k \underbrace{A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots}_n,$$

որտեղ k - ն չափագուրկ համեմատականության գործակից է: $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ անհայտ ցուցիչներ են, որոնք անհրաժեշտ է որոշել չափային վերլուծության մեթոդով: Այս արտահայտությունում ֆիզիկական մեծությունները փոխարինելով իրենց չափայնություններով՝ ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը

$$\underbrace{a^\Delta b^\Gamma c^\Sigma \dots}_m = 1,$$

որտեղ $a, b, c, \dots$ - ն կախվածությունում առկա հիմնական չափայնություններն են, իսկ m - ը՝ դրանց քանակը: Քանի որ ցանկացած ֆիզիկական մեծության չափայնությունը հիմնական չափայնությունների աստիճանային արտահայտությունների արտադրյալ է, $\Delta, \Gamma, \Sigma, \dots$ բնականաբար լինում են $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ - ի գծային կոմբինացիաներ: Ճիշտ չափայնություն ապահովելու պահանջը հանգեցնում է m քանակությամբ n անհայտներով գծային հավասարումների լուծման, ինչը միարժեքորեն լուծվում

է, եթէ հավասարումները գծորեն անկախ են և $m = n$: Հակառակ դեպքում առաջանում է անորոշություն և չափայնությունների մերձողը կամ «չի աշխատում» կամ էլ նրա հետ մեկտեղ անհրաժեշտ է օգտվել լրացուցիչ ֆիզիկական գաղափարներից: Դիտարկենք մեկ օրինակ:

Խնդիր 5.2: Որոշել C ունակությամբ կոնդենսատորից և L ինդուկտիվությամբ կոճից բաղկացած իդեալական տատանողական կոնտուրի տատանումների պարբերությունը:

Լուծում: Իդեալական առանձնացված կոնտուրի համար անտեսում են արտաքին ազդեցությունները, կոճի գալարների, կոնդենսատորի շրջադիրների և կոնդենսատորը կոճին միացնող լարերի օհմական դիմադրությունները, ինչպես նաև կոճի միջգալարային ունակությունը: Այս դեպքում ֆիզիկական համակարգը բնութագրվում է միայն երկու պարամետրերով՝ կոնդենսատորի ունակությամբ և կոճի ինդուկտիվությամբ, որոնցից էլ պետք է կախված լինի կոնտուրի պարբերությունը: Կարելի է ենթադրել, որ կոնտուրում տեղի ունեցող տատանումների պարբերությունը կարող է կախված լինել նաև կոնդենսատորին հաղորդված սկզբնական q_0 լիցքի մեծությունից: Այժմ պարբերությունը ներկայացնենք որպես ֆունկցիա C, L, q_0 մեծություններից հետևյալ տեսքով.

$$T = kC^\alpha L^\beta q_0^\gamma,$$

որտեղ k - ն չափագուրկ համեմատականության գործակից է, α, β, γ - ն՝ անհայտ ցուցիչներ: Օգտվելով պարզ ֆիզիկական բանաձևերից՝ հեշտությամբ կարելի է ստանալ քննարկվող ֆիզիկական մեծությունների չափայնությունները.

$$[C] = I^2 t^4 m^{-1} l^{-2}, [L] = I^{-2} t^{-2} m^1 l^2, [q_0] = I^1 t^1:$$

Այժմ պարբերության ֆունկցիոնալ առնչությունում T, C, L, q_0 մեծությունները փոխարինելով իրենց չափայնություններով՝ տանում ենք.

$$t = I^{2\alpha-2\beta+\gamma} t^{4\alpha-2\beta+\gamma} m^{-\alpha+\beta} l^{-2\alpha+2\beta},$$

որի բավարարման պահանջն էլ բերում է հետևյալ հավասարումների համակարգի լուծմանը

$$4\alpha - 2\beta + \gamma - 1 = 0$$

$$2\alpha - 2\beta + \gamma = 0$$

$$-\alpha + \beta = 0$$

$$-2\alpha + 2\beta = 0$$

Ինչպես տեսնում ենք, վերջին երկու հավասարումները գծորեն կախված են և գործ ունենք երեք անհայտներով երեք անկախ գծային հանրահաշվական հավասարումների համակարգի հետ: Լուծելով համակարգը՝ ցուցիչների համար ստանում ենք հետևյալ արժեքները

$$\alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{2}, \gamma = 0,$$

որտեղից էլ կոնստուրի պարբերության համար ստանում ենք հետևյալ բանաձևը

$$T = k\sqrt{LC}:$$

Ինչպես գիտենք, այստեղ էլ համեմատականության գործակիցը մաթեմատիկական ու զսպանակավոր ճոճանակների նման 2π է, և բնականաբար չափային վերլուծության գործընթացում այն «կորցնում ենք»:

Խնդիրներ

54. Կատարելով չափային վերլուծություն՝ ստանալ R շառավղով շրջանագծով v արագությամբ հավասարաչափ

շրջանագծային շարժում կատարող մարմնի կենտրոնաձիգ արագացման արտահայտությունը:

55. α հաստատուն արտադրիչի ճշտությամբ որոշել առանց սկզբնական արագության a արագացմամբ շարժվող մարմնի անցած ճանապարհը t ժամանակում:

56. Գետնից H բարձրությունից v_0 արագությամբ հորիզոնական ուղղությամբ նետված է գնդիկը: Կատարելով չափային վերլուծություն՝ անչափողական արդադրիչի ճշտությամբ որոշել գնդիկի l հաստությունը:

57. Որոշել առաջին տիեզերական արագության արտահայտությունը՝ ընդունելով, որ այն պետք է կախված լինի միայն Երկրի շառավղից և ազատ անկման արագացումից:

58. Կատարելով ֆիզիկական մեծությունների չափային վերլուծություն՝ հաստատուն գործակցի ճշտությամբ ստանալ մաթեմատիկական ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերությունը: Ընդունել, որ այն կախված չէ տատանումների լայնությունից:

59. Ստանալ m զանգվածով բեռից և k կոշտությամբ անկշիռ զսպանակից կազմված զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերության բանաձևը՝ անչափողական արտադրիչի ճշտությամբ:

60. Հաստատուն անչափողական գործակցի ճշտությամբ որոշել դաշնամուրի լարի տատանումների հաճախության

արտահայտությունը: Լարի զանգվածը m է, երկարությունը՝ l և ձգված է T ուժով:

61. Չափայնությունների մեթոդով գնահատել անձրևի կաթիլի տատանումների պարբերությունը:

62. Ռետինե առաձգական քուղի մի ծայրը ամրացված է ծառից, իսկ մյուսը ձգում է տղան: Երբ տղան տատանում է քուղի ծայրը, դրանով անցնում են ալիքներ: Գնահատել այդ ալիքների տարածման v արագությունը, եթե քուղի ձգման ուժը F է, զանգվածը m , իսկ երկարությունը հավասար է l -ի:

63. Գնահատել η մածուցիկություն ունեցող հեղուկում v արագությամբ շարժվող մարմնի վրա ազդող մածուցիկության ուժը, եթե մարմնի բնութագրական գծային չափերը l են:

64. Հաստատուն անչափողական արտադրիչի ճշտությամբ որոշել վակուումում տեղակայված λ գծային խտությամբ համասեռ լիցքավորված բարակ անվերջ երկար լարի ստեղծած էլեկտրական դաշտի լարվածությունը լարից r հեռավորությամբ կետում:

65. Վակուումում գտնվող λ գծային խտությամբ համասեռ լիցքավորված երկու անվերջ երկար փոխուղղահայաց խաչվող լարերի հեռավորությունը a է: Ելնելով չափայնության նկատառումից՝ հաստատուն արտադրիչի ճշտությամբ ստանալ այդ լարերի կուլոնյան փոխազդեցության ուժի արտահայտությունը:

66. Որոշել հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության ստեղծած էլեկտրական դաշտի լարվածության կախումը լիցքի մակերևութային խտությունից: Համոզվել, որ չափային տեսակետից դաշտի լարվածությունը չի կարող կախվածություն ունենալ դիտարկվող կետի թիթեղից ունեցած հեռավորությունից:

67. Գնահատել միջուկի շուրջ էլեկտրոնի պտտման արագությունը՝ համարելով, որ այն կախված է ատոմի չափերից, էլեկտրոնի զանգվածից և Պլանկի հաստատունից:

68. Մեր Գալակտիկայում կան աստղեր, որոնց փայլը փոփոխվում է որոշակի T պարբերականությամբ: Ցեֆեոսի համաստեղության δ աստղի համար փայլի փոփոխման («բաբախման») պարբերությունը հավասար է 130 ժամի: Գնահատել այդ աստղի ρ խտությունը:

69. Հաստատունի ճշտությամբ որոշել վակուումում գտնվող S մակերեսով երկու զուգահեռ իդեալական մետաղական թիթեղների վրա ազդող կազիմիրյան ուժերի մեծությունը: Թիթեղների միջև հեռավորությունը d է:

70. Օգտվելով չափային վերլուծությունից՝ աշխատանքի միավորն արտահայտել ՄՄՀ հիմնական միավորներով:

71. Օգտվելով չափային վերլուծությունից՝ գրավիտացիոն հաստատունի միավորն արտահայտել ՄՄՀ հիմնական միավորներով:

72. Օգտվելով չափային վերլուծությունից՝ Պլանկի հաստատունի միավորն արտահայտել ՄՄՀ հիմնական միավորներով:

73. Օգտվելով չափային վերլուծությունից և ֆիզիկական բանաձևերից՝ էլեկտրական լարման միավորն արտահայտել ՄՄՀ հիմնական միավորներով:

74. Ռեոմյուրի ջերմաստիճանային սանդղակում հենքային կետեր են հանդիսանում սառույցի հալման կետը ($0^{\circ}R$) և ջրի եռման կետը ($80^{\circ}R$), իսկ աստիճանի մեծությունը սահմանվում է որպես այդ հենքային կետերի հեռավորության $1/80$ մասը: Գտնել Ռեոմյուրի և Ցելսիուսի սանդղակների կապը:

75. Ֆարենհայտի սանդղակում ջրի եռման ջերմաստիճանը հավասար է ($212^{\circ}F$), իսկ սառույցի հալման ջերմաստիճանը՝ ($32^{\circ}F$): Գտնել Ֆարենհայտի և Ցելսիուսի ջերմաստիճանային սանդղակների կապն արտահայտող առնչությունը:

76. Երկայնական առաձգական ալիքների տարածման արագությունը որոշվում է $v = cE^{\alpha}\rho^{\beta}$ բանաձևով, որտեղ ρ - ն միջավայրի խտությունն է, E - ն՝ միջավայրի Յունգի մոդուլը, իսկ c - ն չափողականություն չունեցող գործակից է: Որոշել α և β ցուցիչները:

77. Գազերում ձայնային ալիքները տարածվում են $v = cR^{\alpha}T^{\beta}M^{\gamma}$ արագությամբ, որտեղ M - ը գազի մոլային զանգվածն է, T - ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը, R - ը՝ ունիվերսալ գազային

հաստատունը, իսկ c - ն չափողականություն չունեցող գործակից է: Գտնել α , β և γ մեծությունները:

78. Խոր ստորջրյա պայթյունի հետևանքով առաջացած գազային բշտիկը թրթռում է $T = cP^\alpha \rho^\beta E^\gamma$ պարբերությամբ, որտեղ P - ն ստատիկ ճնշումն է, ρ - ն՝ ջրի խտությունը, E - ն՝ պայթյունի էներգիան, իսկ c - ն չափողականություն չունեցող գործակից է: Գտեք α , β և γ ցուցիչները:

§6. Հաշվարկման համակարգի փոփոխման մեթոդ

Ինչպես գիտենք, յուրաքանչյուր մեխանիկական շարժում դիտարկվում է հաշվարկման որևէ համակարգում, ընդ որում, միևնույն շարժումը տարբեր հաշվարկման համակարգերում տեղի է ունենում տարբեր ձևերով, այսինքն՝ մեխանիկական շարժումը հարաբերական է: Այդ պատճառով էլ հաշվարկման համակարգի ընտրությունը հանդիսանում է մարմինների մեխանիկական շարժմանը վերաբերվող որոշ խնդիրների վերլուծության կարևորագույն բաղադրիչ: Ֆիզիկայի օլիմպիական առաջադրանքներում քիչ չեն այն խնդիրները, որոնց լուծման ժամանակ անհրաժեշտություն է առաջանում Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգից անցում կատարել այլ հաշվարկման համակարգի:

Ստորև կոնկրետ օրինակների միջոցով կներկայացնենք, թե ինչպես առանձին դեպքերում հաշվարկման մի իներցիալ համակարգից մյուսին անցումը կարող է էականորեն պարզեցնել խնդրի լուծումը: Սկզբում քննարկենք կինեմատիկական խնդիր՝ նախապես համառոտ

ներկայացնելով այն հիմնականը, ինչին անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել նմանատիպ խնդիրներ լուծելիս:

Կինեմատիկայում մի հաշվարկման համակարգը մյուսի նկատմամբ չունի որևէ սկզբունքային առավելություն և կոնկրետ խնդիր լուծելիս հաշվարկման համակարգի ընտրությունը կատարվում է՝ ելնելով միայն հարմարության նկատառումներից: Դրա համար ցանկալի է նախապես վերլուծել խնդրի դրվածքն ու պայմանները և որոշել այն հաշվարկման համակարգը, որի նկատմամբ շարժումն ունենում է պարզ մաթեմատիկական նկարագիր: Շատ դեպքերում նշված «հարմար» համակարգը ոչ թե Երկրի հետ կապվածն է, այլ Երկրի նկատմամբ շարժվող մեկ ուրիշ հաշվարկման համակարգ է: Նման դեպքերում կարելի է անցում կատարել շարժվող հաշվարկման համակարգի, այնտեղ կատարել խնդրի վերլուծություն և, եթե անհրաժեշտ է, ապա կրկին անցում կատարել Երկրի հետ կապված համակարգի: Երբեմն վերջինիս անհրաժեշտությունը չի առաջանում: Օրինակ՝ եթե խնդրում պահանջվում է որոշել որևէ պրոցեսի տևողություն կամ երկու մարմինների հեռավորություն, ապա նշված մեծությունները կախված չեն հաշվարկման համակարգի ընտրությունից և ցանկացած համակարգում դրանց արժեքները նույնն են ինչ որ Երկրի հետ կապված համակարգում է: Ասվածն արտահայտում է ժամանակի և տարածության բացարձակությունը նյուտոնյան մեխանիկայում: Անցումը մի հաշվարկման համակարգից մյուսին հիմնականում իրականացվում է տեղափոխությունների և արագությունների գումարման բանաձևերի միջոցով: Նշենք, որ այդ բանաձևերը կիրառելի են նաև անհավասարաչափ շարժման դեպքում: Անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել նաև այն հանգամանքին, որ նշված բանաձևերը կիրառելի են միայն այն դեպքում, երբ մի

հաշվարկման համակարգը մյուսի նկատմամբ կատարում է համընթաց շարժում: Քննարկենք օլիմպիական մի խնդիր, որի լուծման համար անցում կկատարենք դիտարկվող մարմիններից մեկի հետ կապված հաշվարկման համակարգին:

Խնդիր 6.1: A և B կետերից միևնույն $v_0 = 20$ մ/վ սկզբնական արագությամբ միաժամանակ նետում են երկու մարմիններ (նկ.37): A



Նկ. 37

կետից $\alpha = 75^\circ$ անկյան տակ նետված մարմինը գետնին է ընկնում B կետում, իսկ

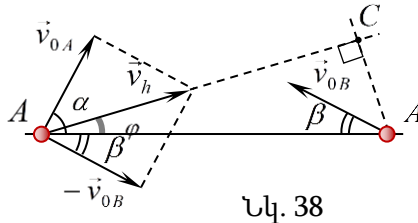
B կետից նետվածը՝ A կետում: Նետման պահից որքա՞ն ժամանակ անց մարմինները կունենան նվազագույն հեռավորություն: Որքա՞ն է այդ հեռավորությունը:

Լուծում: Մարմինների սկզբնական արագությունների և թռիչքի հասողությունների հավասար լինելուց հեշտությամբ կարելի է ստանալ հետևյալ կապը նրանց նետման անկյունների միջև՝ $\alpha + \beta = 90^\circ$: Այստեղից պարզ է դառնում, որ նետման պահին մարմինների սկզբնական արագությունները փոխուղղահայաց են ($\vec{v}_{0A} \perp \vec{v}_{0B}$): Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ երկու մարմիններն էլ կատարում են կորագիծ հավասարաչափ արագացող շարժում: Այս համակարգի նկատմամբ խնդիրը լուծելիս չենք կարող խուսափել մեծածավալ հաշվարկներից և ավելի հարմար է քննարկել մի մարմնի հարաբերական շարժումը մյուսի նկատմամբ: Օգտվելով հարաբերական

արագության բանաձևից՝ համոզվում ենք, որ առաջին մարմնի շարժումը երկրորդի նկատմամբ ուղղագիծ հավասարաչափ է՝

$$\vec{v}_h = \vec{v}_A - \vec{v}_B = (\vec{v}_{0A} + \vec{g}t) - (\vec{v}_{0B} + \vec{g}t) = \vec{v}_{0A} - \vec{v}_{0B} = \vec{v}_{0A} + (-\vec{v}_{0B})$$

հարաբերական արագությամբ: $\vec{v}_h$ վեկտորի և AB ուղղի միջև կազմած անկյունը նշանակենք φ - ով (նկ. 38): Շարժման ընթացքում մարմինների միջև որոնելի նվազագույն հեռավորությունը գտնելու համար B կետից անհրաժեշտ է առաջին մարմնի հարաբերական շարժման ուղղությանը տանել BC ուղղահայացը և որոշել դրա երկարությունը:



Նկ. 38

$$v_{0A} = v_{0B} = v_0 \text{ և } \vec{v}_{0A} \perp \vec{v}_{0B}$$

պայմաններից հետևում է, որ $v_h = \sqrt{2}v_0$: Գծագրից երևում է, որ $\varphi = 45^\circ - \beta = 30^\circ$: Այստեղից պարզ է դառնում, որ $BC = AB/2$ և օգտվելով անկյան տակ նետված մարմնի հաստոյության բանաձևից մարմինների միջև նվազագույն հեռավորության համար ստանում ենք՝

$$BC = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 10 \text{ մ:}$$

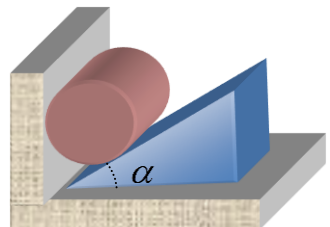
Մինչև նվազագույն հեռավորությամբ C կետ հասնելը առաջին մարմինը երկրորդի նկատմամբ շարժվում է $AC = BC \operatorname{ctg} \varphi$ չափով $v_h = \sqrt{2}v_0$ հարաբերական արագությամբ: Հետևաբար որոնելի ժամանակի համար ստանում ենք՝

$$t = \frac{AC}{v_h} = \frac{BC \operatorname{ctg} \varphi}{\sqrt{2}v_0} \approx 0.61 \text{վ:}$$

Ֆիզիկայի խնդրագրքերում և օլիմպիական առաջադրանքներում հանդիպում ենք խնդիրների, երբ երկու

կամ ավելի մարմիններ կատարում են փոխկապակցված համատեղ շարժումներ: Այդ դեպքում առանձին մարմինների շարժումները սահմանափակված են: Սահմանափակումներ կարող են առաջացնել օրինակ, չձգվող թելերն և ձողերը, պինդ մակերևույթները և այլն: Նման դեպքերում, երբ մարմիններից մեկը ժամանակի ընթացքում կատարում է որևէ տեղափոխություն, ապա այն հաղորդվում է մյուսին, և նույն ժամանակում երկրորդի կատարած տեղափոխությունը խիստ որոշակիորեն կապված է առաջինի տեղափոխության հետ, և դրանցից մեկը կարելի է արտահայտել մյուսով: Կինեմատիկական կապերով դինամիկայի խնդիրները լուծելու համար անհրաժեշտ է ոչ միայն գրել Նյուտոնի II օրենքը մարմիններից յուրաքանչյուրի համար, այլև գտնել կապը դրանց արագացումների միջև: Վերջինս կարելի է իրագործել երկու ճանապարհով. Ուղիղ, երբ անշարժ համակարգի նկատմամբ քննարկելով մարմինների տեղափոխությունները գտնում ենք դրանց միջև եղած կապերը, և ապա որոշում նաև արագությունների և արագացումների միջև եղած կապերը, և անուղղակի, երբ քննարկում ենք մի մարմնի հարաբերական շարժումը մյուսի հետ կապված հաշվարկման համակարգում[5]: Ստորև բերված օրինակում մենք խնդրի քննարկումը կկատարենք երկրորդ եղանակով՝ նպատակ ունենալով ի ցույց դնել հաշվարկման մի համակարգից մյուսին անցնելու օգտակար կիրառություններից մեկը:

Խնդիր 6.2: Պատի և գագաթի α անկյունով սեպի միջև տեղադրում են սեպի զանգվածին հավասար զանգված ունեցող գլան (նկ. 39): Որոշել համատեղ շարժման ընթացքում գլանի և սեպի



Նկ. 39

արագացումները: Շփումներն ամենուր բացակայում են:

Լուծում: Պարզ է, որ գլանի արագացումն ուղղված է դեպի ներքև, իսկ սեպինը՝ դեպի աջ (նկ. 40): Քանի որ գլանի և սեպի, ինչպես նաև գլանի և ուղղաձիգ պատի միջև շփման ուժերը բացակայում են, գլանը չի պտտվում և դեպի ներքև կատարում է համընթաց շարժում: Նկարում պատկերված են մարմինների վրա ազդող այն ուժերը, որոնց պրոյեկցիաները արագացումների ուղղությամբ տարբեր են զրոյից: Նյուտոնի II օրենքը սկալյար տեսքով գրելով մարմիններից յուրաքանչյուրի համար՝ կստանանք՝

$$mg - N \cos \alpha = ma_1,$$

$$N \sin \alpha = ma_2 :$$

Այս հավասարումները գրելիս հաշվի ենք առել այն, որ համաձայն Նյուտոնի III օրենքի՝ $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$, որտեղից՝ $|\vec{N}_1| = |\vec{N}_2| = N$: Ինչպես տեսնում ենք, դինամիկ հավասարումները պարունակում են երեք անհայտներ՝ a_1, a_2 և N : Անհրաժեշտ երրորդ հավասարումը, որը կապ է հաստատելու մարմինների արագացումների միջև, պետք է արտահայտի այն փաստը, որ գլանն ու սեպը շարժման ընթացքում մնում են իրար հպված: Նշված կապի հավասարումը գտնելու նպատակով դիտարկենք գլանի շարժումը սեպի հետ կապված հաշվարկման համակարգում: Պարզ է, որ սեպի նկատմամբ գլանի հարաբերական $\vec{v}_h$ արագությունը ուղղված է սեպի թեք մակերևույթի երկայնքով՝ դեպի ներքև: Համաձայն արագությունների գումարման կանոնի՝

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_h ,$$

որտեղ $\vec{v}_1$ - ը և $\vec{v}_2$ - ը համապատասխանաբար գլանի և սեպի արագություններն են Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգի նկատմամբ: Նկ.

41 - ում պատկերված է վերը գրված հավասարությունը ներկայացնող վեկտորական եռանկյան գծապատկերը:

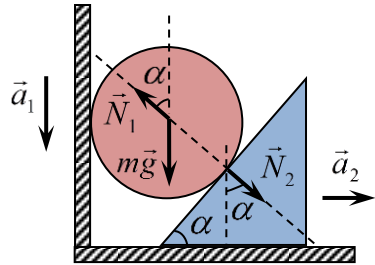
Գծագրից պարզ է, որ $v_1 = v_2 \operatorname{tg} \alpha$: Այս հավասարման աջ և ձախ մասերն ըստ ժամանակի ածանցելով՝ ստանում ենք որոնելի կապը արագացումների միջև՝

$$a_1 = a_2 \operatorname{tg} \alpha:$$

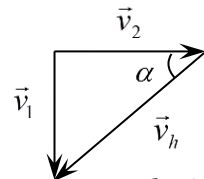
Այժմ հավասարումների համակարգի լուծման արդյունքում որոնելի արագացումների համար ստանում ենք.

$$a_1 = \frac{g}{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}, a_2 = \frac{g \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}:$$

Նկատենք, որ վերը ներկայացված խնդրի քննարկումը հիմնականում կատարեցինք Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգում: Իրոք, երկու մարմինների համար էլ դինամիկայի հիմնական հավասարումները գրեցինք հենց այդ իներցիալ համակարգում և միայն արագացումների միջև առկա կապը ստանալու համար անցանք սեպի հետ կապված համակարգին: Սակայն կան դեպքեր, երբ խնդիրը հիմնականում հարմար է քննարկել ոչ թե Երկրի, այլ նրա նկատմամբ համընթաց և հավասարաչափ շարժում կատարող մեկ այլ հաշվարկման համակարգի



Նկ. 40



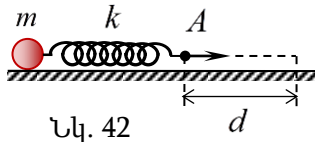
Նկ. 41

նկատմամբ: Ինչպես գիտենք վերջինս նույնպես իներցիալ է և նրանում դինամիկայի օրենքները նույնն են, ինչ որ Երկրի հետ կապված համակարգում է: Հարկ է նշել, որ թեև ֆիզիկական պրոցեսներ քննարկելիս հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերը իրավահավասար են, սակայն կոնկրետ խնդրի լուծման համար դրանցից մեկը կարող է անհամեմատ հարմար լինել մյուսներից: Եթե դինամիկայի խնդիրներ լուծելիս Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգից անցում ենք կատարում Երկրի նկատմամբ արագացումով շարժվող համակարգի, ապա չպետք է մոռանալ այս ոչ իներցիալ համակարգում գործող իներցիայի ուժերի գոյության մասին:

Այժմ քննարկենք հաշվարկման համակարգի փոփոխման արդյունավետությունը ի ցույց դնող ևս մեկ խնդիր:

Խնդիր 6.3: Նախապես

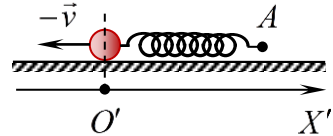
չդեֆորմացված և անշարժ, k կոշտությամբ զսպանակի մի ծայրից ամրացված է m զանգվածով գնդիկ: Զսպանակի ազատ A ծայրը սկսում են



զսպանակի երկայնքով հաստատուն արագությամբ քաշել սկզբնական դիրքից d հեռավորությամբ և ապա կտրուկ կանգնեցնում են (նկ. 42): Զսպանակի այդ ծայրի ի՞նչ v արագության դեպքում այն կանգնելուց հետո գնդիկը չի տատանվի: Շփման և դիմադրության ուժերն անտեսել:

Լուծում: Պարզ է, որ Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգում դժվար է ուսումնասիրել գնդիկի շարժումը: Սակայն եթե անցնենք այնպիսի հաշվարկման համակարգի, որի նկատմամբ զսպանակի A ծայրը դադարի վիճակում է, ապա զսպանակից ամրացված գնդիկի շարժումը կունենա շատ պարզ նկարագիր: Նշված համակարգը իներցիալ է, քանի որ Երկրի նկատմամբ շարժվում է $\vec{v}$ հաստատուն արագությամբ:

Շարժվող համակարգում զսպանակի A ծայրակետը միշտ դադարի վիճակում է՝ իսկ սկզբնական պահին զսպանակը դեֆորմացված չէ, և գնդիկի արագությունը $-\vec{v}$ է: Շարժվող համակարգում կոորդինատային $O'X'$ առանցքը ուղղորդենք զսպանակի երկայնքով՝ դեպի աջ՝ որպես O' սկզբնակետ ընտրելով գնդիկի սկզբնական դիրքը (նկ. 43): Պարզ է, որ այս համակարգում գնդիկը կկատարի



Նկ. 43

ներդաշնակ տատանումներ O' կետի շուրջ: Գնդիկի արագության լայնության v արժեքը կլինի v : Քանի որ ժամանակի սկզբնապահին գնդիկը

հավասարակշռության դիրքում է, իսկ նրա արագությունը հակուղղված է $O'X'$ առանցքին, ապա գնդիկի արագության պրոյեկցիան շարժվող համակարգում ժամանակի ընթացքում կփոխվի հետևյալ ներդաշնակության օրենքով՝

$$v'_x = -v \cos \omega t,$$

որտեղ $\omega = \sqrt{k/m}$ - ը գնդիկի տատանումների շրջանային հաճախությունն է: Այժմ անցում կատարենք Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգի և կոորդինատային OX առանցքն ուղղորդենք դեպի աջ: Օգտվելով արագությունների գումարման կանոնից՝ երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգում գնդիկի արագության պրոյեկցիայի համար ստանում ենք՝

$$v_x = v + v'_x = v(1 - \cos \omega t):$$

Մինչև կանգնելը զսպանակի A ծայրակետի շարժման տևողությունը $\tau = d/v$ է: Ակնհայտ է, որ A կետի կանգնելուց

հետո գնդիկը տատանումներ չի կատարի, եթե ժամանակի τ պահին նրա արագությունը լինի զրո: Այսպիսով՝ ստանում ենք՝

$$v = \frac{d}{2\pi n} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad n=1, 2, \dots:$$

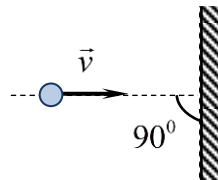
Պատ. $v = \frac{d}{2\pi n} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad n=1, 2, \dots:$

Խնդիրներ

79. 300 մ երկարությամբ գնացքը շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ: 25 մ/վ արագությամբ ընթացող ավտոմեքենան շարժվող գնացքի վերջից մինչև սկիզբը և սկզբից մինչև վերջը գնում և վերադառնում է 37,5 վ - ում: Գտնել գնացքի արագությունը:

80. Որոշակի բարձրության վրա գտնվող կետից հորիզոնի նկատմամբ 45° անկյան տակ, 20 մ/վ սկզբնական արագությամբ նետում են երկու մարմին՝ մեկը՝ ներքև, մյուսը՝ վերև: Որոշել մարմինների բարձրությունների տարբերությունը նետումից 2 վ անց:

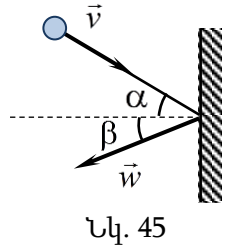
81. Անշարժ պատին մարմնի բացարձակ առաձգական բախման դեպքում փոխվում է նրա $\vec{v}$ արագության միայն ուղղությունը:



Նկ. 44

Որոշել բախման հետևանքով մարմնի արագության փոփոխությունը, եթե պատը շարժվում է՝ ա) u արագությամբ՝ դեպի մարմինը, բ) $w < v$ արագությամբ՝ մարմնի շարժման ուղղությամբ (նկ. 44):

82. Մարմինը v արագությամբ հարվածում է պատին դրա նորմալի նկատմամբ α անկյան տակ: Որոշել մարմնի արագությունը պատին բացարձակ առաձգական հարվածելուց հետո, եթե՝ ա) պատն անշարժ է, բ) շարժվում է իրեն ուղղահայաց ուղղությամբ և w արագությամբ դեպի մարմինը, գ) շարժվում է w արագությամբ՝ իր նորմալի նկատմամբ β անկյան տակ, մարմնին ընդառաջ (նկ. 45):

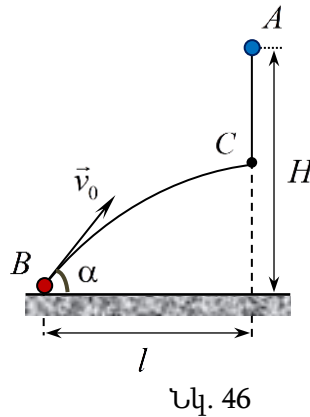


83. u արագությամբ շարժվող R շառավղով սֆերայի ներսում գտնվում է r շառավղով գնդիկը, որը սֆերայի կենտրոնով անցնելու պահին ունի v արագություն, որն ուղղահայաց է u - ին: Սֆերայի զանգվածը շատ մեծ է գնդիկի զանգվածից: Որոշել, թե ինչ հաճախությամբ է գնդիկը հարվածում սֆերայի պատին, եթե հարվածը բացարձակ առաձգական է:

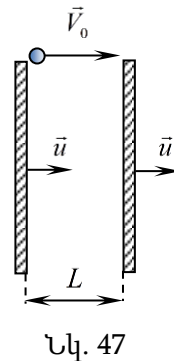
84. R շառավղով ատամնանիվը տեղադրված է երկու զուգահեռ ատամնավոր ձողերի միջև: Ձողերը միմյանց ընդառաջ շարժվում են v_1 և v_2 արագություններով: Քանի՞ պտույտ է կատարում ատամնանիվը միավոր ժամանակում:

85. Մարմինը բաց են թողնում սալաքարից h բարձրության վրա: Սալաքարը շարժվում է ուղղաձիգ վեր u արագությամբ: Որոշել սալաքարին մարմնի երկու հաջորդական հարվածների միջև ժամանակը: Հարվածները բացարձակ առաձգական են:

86. Մարմինն առանց սկզբնական արագության ազատ անկում է կատարում A կետից: Միաժամանակ B կետից հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ նետում են մյուս մարմինը այնպես, որ դրանք բախվում են (նկ. 46): Ցույց տալ, որ α անկյան մեծությունը կախված չէ մարմնի v_0 սկզբնական արագությունից: Որոշել այդ անկյունը, եթե $H/l = \sqrt{3}$:



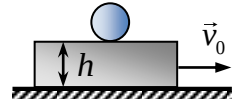
87. $\vec{V}_0$ հորիզոնական արագությամբ շարժվող փոքրիկ գնդիկը ներս է թռչում u հորիզոնական արագությամբ շարժվող երկու ուղղաձիգ պատերի միջև: Որքա՞ն է գնդիկի արագությունը առջևի պատին n -րդ հարվածից հետո: Պատերի միջև հեռավորությունը L է (նկ. 47): Հարվածները բացարձակ առաձգական են:



88. 20 սմ շառավիղ ունեցող գլանը պտտվում է իր առանցքի շուրջը 20 պտ/ր հաճախությամբ: Գլանի ծնիչի ուղղությամբ, նրա մակերևույթի նկատմամբ 30 սմ/վ արագությամբ շարժվում է մի մարմին: Որոշել այդ մարմնի լրիվ արագության մոդուլն ու արագացումը:

89. h բարձրությամբ հարթ, ողորկ հորիզոնական չորսուի վրա դրված է R շառավղով ողորկ գունդ: Չորսուն սկսում է շարժվել

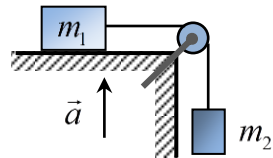
հորիզոնական ուղղությամբ $\vec{v}_0$
 հաստատուն արագությամբ (նկ. 48): Ի՞նչ
 հորիզոնական արագություն կունենա
 գունդը հատակին հարվածելու պահին:



Նկ. 48

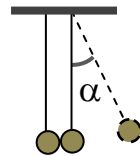
90. Նկար 49-ում պատկերված համակարգը գտնվում է վերելակում, որը բարձրանում է a արագացմամբ: Որոշել թելի ձգման ուժը, եթե շփման գործակիցը m_1 զանգվածով բեռի և հենարանի միջև μ է:

91. l երկարությամբ անկշիռ չձգվող թելից կախված փոքրիկ գնդիկը գտնվում է հավասարակշռության վիճակում: Ժամանակի ինչ-որ պահից կախման կետը սկսում է շարժվել հորիզոնական ուղղությամբ v հաստատուն արագությամբ: Նկարագրել մասնիկի շարժումը:



Նկ. 49

92. h բարձրությունից ընկնող գնդակը կոշտ հատակից անդրադառնալուց հետո հասնում է $\frac{h}{3}$ բարձրության: Երկու այդպիսի գնդակ

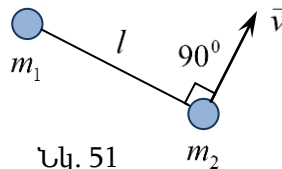


Նկ. 50

կախված են հավասար երկարությամբ երկար թելերից (նկ. 50): Դրանցից մեկը շեղում են այնպես, որ թելը ուղղաձիգի հետ կազմում է $\alpha = 5^\circ$ անկյուն և բաց թողնում: Գտեք թելերի առավելագույն շեղման անկյունները գնդակների առաջին բախումից հետո:

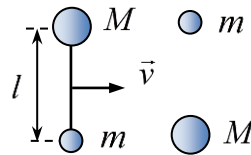
93. Ունենք v արագությամբ շարժվող միատեսակ միջուկների փունջ: Փնջում միջուկները ինքնակամ տրոհվում են երկու միանման բեկորների: Փնջի ուղղությամբ շարժվող բեկորների արագությունը $3v$ է: Գտնել փնջի ուղղությանն ուղղահայաց շարժվող բեկորների արագությունը:

94. m_1 և m_2 զանգվածներով երկու մարմին կապված են l երկարությամբ թելով և շարժվում են հորիզոնական ողորկ մակերևույթով (նկ. 51): Ժամանակի ինչ-որ պահին առաջին մարմինն անշարժ է, իսկ երկրորդի արագությունը հավասար է v -ի և ուղղահայաց է թելին: Որոշել թելի լարման ուժը:



Նկ. 51

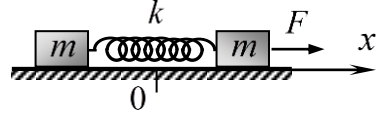
95. l երկարությամբ անկշիռ ձողի ծայրերին ամրացված են M և m զանգվածով գնդիկներ: Համակարգը շարժվելով ձողին ուղղահայաց v արագությամբ՝ բախվում է անշարժ m և M զանգվածներով գնդիկներին, որոնք միաժամանակ կաշում են համապատասխանաբար M և m գնդիկներին (նկ. 52): Որոշել ձողի լարման ուժը դրանից հետո:



Նկ. 52

96. Հորիզոնական ողորկ սեղանի վրա գտնվում են m զանգվածով երկու միատեսակ չորսու, որոնք միացված են k կոշտությամբ և l_0 երկարությամբ զսպանակով (նկ. 53): Աջ

չորսուի վրա ինչ-որ պահի սկսում է ազդել զսպանակի երկայնքով ուղղված հաստատուն F ուժ: Գտնել չորսուների միջև նվազագույն և առավելագույն հեռավորությունները: Գտնել մարմինների կոորդինատները կախված ժամանակից:



Նկ. 53

§7. Փոքր տատանումների պարբերության որոշման էներգետիկ մեթոդ

Տատանումների վերաբերյալ օլիմպիական խնդիրների մի զգալի մասը կամ շատ դժվար է լուծել դինամիկ եղանակով, կամ էլ սկզբունքորեն անհնար է՝ մնալով դպրոցական դասընթացի շրջանակում: Նման դեպքերում անհրաժեշտ է գաղափար ունենալ և օգտվել տատանումների հետազոտման էներգետիկ եղանակից: Ստորև նախ կներկայացնենք միաչափ փոքր տատանումների վերլուծության էներգիական եղանակը և ապա կանցնենք օրինակ խնդիրների քննարկմանը:

Դիտարկենք մեկ ազատության աստիճան ունեցող տատանողական մեխանիկական համակարգ, որի դիրքը նկարագրվում է q ընդհանրացված կոորդինատով: Վերջինս կարող է լինել ինչպես սովորական դեկարտյան կոորդինատ, այնպես էլ օրինակ, պտտման անկյուն, դիրքաթիվ և այլն: Ընդհանրացված կոորդինատի՝ ըստ ժամանակի առաջին կարգի ածանցյալին՝ $\dot{q}$ անվանում են ընդհանրացված արագություն: Շատ դեպքերում ավելի հեշտ և հարմար է կազմել տատանումներ կատարող մեխանիկական համակարգի էներգիայի հավասարումը, քան դինամիկ հավասարումը: Եթե

համակարգի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաներն ունեն հետևյալ տեսքերը՝

$$E_k = \frac{m^* \dot{q}^2}{2}, \quad E_p = \frac{k^* q^2}{2}, \quad (1)$$

(որտեղ m^* և k^* հաստատուններին կարելի է համապատասխանաբար անվանել էֆեկտիվ զանգված և էֆեկտիվ կոշտություն), ապա համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան կլինի՝

$$E = \frac{m^* \dot{q}^2}{2} + \frac{k^* q^2}{2} = const: \quad (2)$$

Ինչպես հայտնի է, զսպանակից ամրացված բեռի (զսպանակավոր ճոճանակ) լրիվ մեխանիկական էներգիան և տատանումների պարբերությունը համապատասխանաբար որոշվում են հետևյալ առնչություններով՝

$$E = E_k + E_p = \frac{m \dot{x}^2}{2} + \frac{k x^2}{2} = const, \quad (3)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}: \quad (4)$$

(2) և (3) հավասարումների մաթեմատիկական նույնականությունից հետևում է, որ համակարգը կատարում է միաչափ ներդաշնակ տատանումներ, որի պարբերությունը կարելի է որոշել (4) - ի համանմանությամբ՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}}: \quad (5)$$

Վերը նկարագրված եղանակն ընդհանուր առմամբ բավականին պարզ է, սակայն կոնկրետ կիրառման ժամանակ պահանջում է որոշակի հմտություններ: Այդ պատճառով անհրաժեշտ ենք համարում տալ հետևյալ մեթոդական

ցուցումները, որոնք կարող են օգտակար և կողմնորոշիչ լինել առանձին խնդիրներ լուծելիս:

Այսպիսով՝ համակարգի միաչափ տատանումներն ուսումնասիրելու համար

- անհրաժեշտ է պարզել այն հարմար ընդհանրացված կոորդինատը, որը լիովին բնութագրում է համակարգի դիրքը տարածության մեջ: Օրինակ՝ մաթեմատիկական ճոճանակի դիրքը կարելի է ֆիքսել՝ տալով անկշիռ և չձգվող թելից ամրացված նյութական կետի x և y կոորդինատները: Քանի որ նշված կոորդինատները տվյալ պայմաններում միմյանցից անկախ չեն՝ $x^2 + y^2 = l^2$ և համակարգն օժտված է մեկ ազատության աստիճանով, ուստի ճոճանակի դիրքը կարելի է արտահայտել միայն մեկ ընդհանրացված կոորդինատով՝ նյութական կետի x կամ y կոորդինատով: Սակայն շատ դեպքերում ավելի հարմար և բնական է օգտվել ուղղաձիգի նկատմամբ ճոճանակի շեղման φ անկյունից: Փաստորեն, ընդհանրացված կոորդինատի ընտրությունը իրականացվում է՝ ելնելով խնդրի դրվածքից և պարզության նկատառումներից:

- Ընդհանրացված կոորդինատը պետք է ընտրել այնպես, որ հնարավորինս հեշտ լինի համակարգի պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաներն արտահայտել այդ ընդհանրացված կոորդինատով և նրա ածանցյալով: Բացի այդ ստացված արտահայտությունները պարտադիր պետք է ունենան (1)-ում ներկայացված տեսքը կամ փոքր տատանումների դեպքում բերվեն այդ տեսքի:

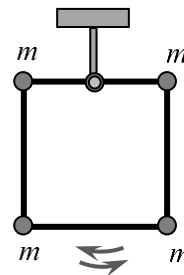
- Երբ պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաների արտահայտությունները ստացված են և համակարգի կամայական ընթացիկ դիրքի դեպքում ունեն (1) տեսքը, ապա կարելի է եզրակացնել, որ ցանկացած լայնության դեպքում

տատանումները ներդաշնակ են և ստացված էֆեկտիվ կոշտությունն ու զանգվածը տեղադրելով (5) արտահայտության մեջ՝ կարող ենք ստանալ տատանումների պարբերությունը:

• Եթե ընթացիկ դիրքում պոտենցիալ կամ կինետիկ էներգիաները չեն արտահայտվում (1) արտահայտություններով, ապա տատանումներն ընդհանուր առմամբ ներդաշնակ չեն և անհրաժեշտ է դիտարկել հավասարակշռության դիրքից համակարգի բավականին փոքր շեղումները՝ քննարկելով ընդհանրացված կոորդինատի և արագության անվերջ փոքր արժեքները: Այդ դեպքում պարզ մաթեմատիկական սահմանային անցումների միջոցով համակարգի պոտենցիալ էներգիան հաստատուն գումարելու ճշտությամբ, իսկ կինետիկ էներգիան լիովին բերվում է (1) տեսքի, որն էլ կրկին հնարավորություն է տալիս տատանումների պարբերության որոշման համար օգտվել (5) բանաձևից:

Այժմ ելնելով վերը շարադրվածից՝ անցնենք մի քանի ոչ տիպային խնդիրների քննարկմանը:

Խնդիր 7.1: a կողմով անկշիռ շրջանակի զագաթներին ամրացված են m -ական զանգվածով չորս փոքրիկ գնդիկներ: Շրջանակն իր կողմերից մեկի միջնակետից հողակապով կախված է առաստաղից (նկ. 54): Որքա՞ն է համակարգի փոքր տատանումների պարբերությունը: Շփման և դիմադրության ուժերն անտեսել:



Նկ. 54

Լուծում: Այս խնդիրը հեշտությամբ կլուծվի, եթե սովորողին հայտնի լինի ֆիզիկական ճոճանակի տատանումների պարբերության որոշման բանաձևը: Վերջինս սակայն չի ուսումնասիրվում ավագ դպրոցի դասընթացի

շրջանակում: Ինչպես հայտնի է, ֆիզիկական ճոճանակի փոքր տատանումների պարբերության բանաձևը կարելի է ներկայացնել Հյուգենսի բանաձևի համանմանությամբ, որտեղ որպես ճոճանակի երկարություն հանդես է գալիս համակարգի բերված երկարությունը: Այս ամենին անձանոթ լինելով՝ սովորողների մեծ մասը փորձում է քննարկվող և նմանատիպ այլ խնդիրներում համակարգը փոխարինել մաթեմատիկական ճոճանակով, որի երկարությունը հավասար է համակարգի զանգվածների կենտրոնից կախման կետն եղած հեռավորությանը: Այս ֆիզիկորեն չհիմնավորված մոտեցումը, ի վերջո, հանգեցնում է սխալ արդյունքի:

Անցնենք խնդրի էներգիական վերլուծությանը, ինչը հնարավոր է իրականացնել՝ դուրս չգալով ավագ դպրոցի ֆիզիկայի իմացության շրջանակներից: Քննարկենք շրջանակի այն դիրքը, երբ վերջինս շեղված է հավասարակշռության դիրքից փոքր φ անկյունով և ունի ω ակնթարթային անկյունային արագություն: Այդ դիրքում համակարգի զանգվածների կենտրոնը հավասարակշռության դիրքի

համեմատ բարձրացված կլինի $\Delta h = \frac{a}{2}(1 - \cos \varphi) \approx \frac{a\varphi^2}{4}$ չափով:

Այսպիսով՝ քննարկվող միջանկյալ դիրքում համակարգի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները համապատասխանաբար կլինեն՝

$$E_k = 2 \cdot \frac{m\omega^2}{2} \left(\frac{a}{2} \right)^2 + 2 \cdot \frac{m\omega^2}{2} \frac{5a^2}{4} = \frac{3}{2} m\omega^2 a^2,$$

$$E_p = 4mg \frac{a\varphi^2}{4} = mga\varphi^2:$$

Համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան կունենա հետևյալ

տեսքը՝
$$E = \frac{m^* \omega^2}{2} + \frac{k^* \varphi^2}{2} = const, \quad \text{որտեղ} \quad m^* = 3ma^2,$$

$k^* = 2mga$: Համեմատելով ստացված արտահայտությունը զսպանակավոր ճոճանակի էներգիայի բանաձևի հետ՝ համակարգի տատանումների պարբերության համար ստանում

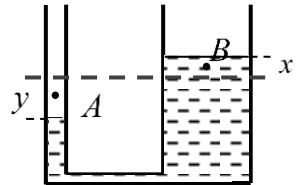
ենք՝
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{3a}{2g}} : \text{Նկատենք, որ խնդիրը լուծելիս}$$

որպես ընդհանրացված կոորդինատ ընտրեցինք ոչ թե համակարգի զանգվածների կենտրոնի բարձրացման Δh չափը, այլ ուղղաձիգ առանցքի նկատմամբ համակարգի շեղման φ անկյունը: Պատճառն այն է, որ համակարգի պոտենցիալ էներգիան Δh - ից կախված է գծային օրենքով և չունի (1)-ում բերված տեսքը: Այդ դեպքում համակարգի կինետիկ էներգիայի կախումը ընդհանրացված արագությունից նույնպես չի բերվում (1)-ում ներկայացված տեսքի: Այս պարագայում, այլևս չունենալով համանմանություն զսպանակավոր ճոճանակի հետ, խնդրի լուծումը մտնում է փակուղի: Մի նկատառում ևս այս և նմանօրինակ խնդիրների վերաբերյալ: Երբ տատանողական համակարգը բաղկացած է կոշտ կապերով ամրացված նյութական կետերից, ապա ցանկացած պահի մասնիկները կարող են ունենալ տարբեր գծային արագություններ: Վերջիններս կախված են պտտման առանցքից մասնիկների ունեցած հեռավորություններից: Համակարգի բոլոր մասնիկները սակայն ակնհայտաբար ունեն միևնույն անկյունային արագությունը: Այդ է պատճառը, որ առանձին մասնիկների կինետիկ էներգիաների գումար հանդիսացող համակարգի կինետիկ էներգիայի կախումը անկյունային արագությունից արտահայտվում է (1)-ում ներկայացված

տեսքով, ինչն էլ հուշում է, որ որպես ընդհանրացված արագություն պետք է ընտրել հենց անկյունային արագությունը:

Խնդիր 7.2: S_1 և S_2 հատույթի մակերեսներով հաղորդակից անոթները լցված են ρ խտությամբ և H բարձրությամբ հեղուկով: Որոշել հավասարակշռության դիրքից հեղուկի փոքր տատանումների պարբերությունը:

Լուծում: Նույնիսկ այն մասնավոր դեպքում, երբ հաղորդակից անոթների հատույթների մակերեսները հավասար են, խնդիրը հարմար չէ լուծել դինամիկ եղանակով, քանի որ



Նկ. 55

անոթներում հեղուկը շարժվում է տարբեր ուղղություններով և այնքան էլ պարզ չէ, թե ինչպես պետք է կազմել դինամիկ հավասարումները: Նշենք սակայն, որ որոշ ձեռնարկներում նշված մասնավոր խնդրի համար ($S_1 = S_2$) բերվում են դինամիկ մոտեցումներով լուծումներ, որոնք հետևողական և խիստ չեն, սակայն շնորհիվ համաչափության տալիս են ճիշտ արդյունք: Ընդհանուր դեպքում, երբ $S_1 \neq S_2$, երկու անոթներում հեղուկները ոչ միայն շարժվում են տարբեր ուղղություններով, այլև ունեն տարբեր արագացումներ, հետևաբար այս դեպքում խնդրի լուծումը դինամիկ եղանակով գործնականում դառնում է անհնար: Դժվար չէ սակայն կամայական դիրքում որոշել հեղուկի պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաների արտահայտությունները: Նկար 55 - ում պատկերված է տատանվող հեղուկի մի ընթացիկ դիրք, երբ S_2 հատույթի մակերեսով անոթում հեղուկը շեղված է հավասարակշռության դիրքից x չափով, իսկ S_1 հատույթի մակերեսով անոթի հեղուկը՝ y -ով: Այդ դիրքում հավասարակշռության դիրքի

համեմատությամբ հեղուկի ձեռք բերած պոտենցիալ էներգիան պայմանավորված է ձախ անոթում y երկարությամբ սյան տեղափոխումով աջ անոթ, որտեղ այն ունի x բարձրություն: Փաստորեն, հավասարակշռության դիրքից շեղման հետևանքով հեղուկի նշված մասի զանգվածի կենտրոնը A կետից տեղափոխվում է B կետը՝ բարձրանալով $\Delta h = \frac{x+y}{2}$ չափով, որի հետևանքով համակարգը ձեռք է բերում $E_p = \Delta mg \Delta h$ պոտենցիալ էներգիա, որտեղ Δm -ը տեղափոխված հեղուկի զանգվածն է: Հաշվի առնելով, որ $\Delta m = \rho S_2 x$ և օգտվելով հեղուկի անսեղմելիության պայմանից՝ $S_1 y = S_2 x$, պոտենցիալ էներգիայի համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$E_p = \rho S_2 x g \frac{x+y}{2} = \frac{\rho g S_2 (S_1 + S_2)}{2 S_1} x^2:$$

Տվյալ դիրքում շարժվող հեղուկի կինետիկ էներգիան կորոշվի հետևյալ առնչությամբ.

$$E_k = \rho S_1 (H - y) \frac{\dot{y}^2}{2} + \rho S_2 (H + x) \frac{\dot{x}^2}{2}:$$

Պարզ է, որ այն չունի (1) - ում ներկայացված տեսքը, որն էլ վկայում է այն մասին, որ կամայական լայնությունով տատանումները ներդաշնակ չեն: Սակայն եթե քննարկենք հեղուկի փոքր տատանումները ($x \ll H, y \ll H$), կինետիկ էներգիայի համար ստանում ենք

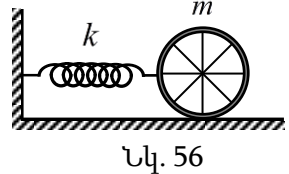
$$E_k = \frac{\rho H}{2} (S_1 \dot{y}^2 + S_2 \dot{x}^2) = \frac{S_2 \rho H}{2 S_1} (S_1 + S_2) \dot{x}^2$$

բանաձևը, որն արդեն (1) - ում ներկայացված տեսքի է: Այսպիսով՝ ունենալով պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաների արտահայտությունները՝ որոնելի պարբերության համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը՝

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{H}{g}}:$$

Խնդիրը լուծելիս որպես ընդհանրացված կոորդինատ ընտրեցինք հավասարակշռության դիրքից աջ անոթի հեղուկի շեղման x չափը: Լուծման ընթացակարգը կլինի համանման, եթե որպես ընդհանրացված կոորդինատ ընտրեինք y -ը, ինչն ակնհայտաբար կբերեր նույն արդյունքին:

Խնդիր 7.3: k կոշտությամբ զսպանակի մի ծայրն ամրացված է պատին, իսկ մյուսը՝ m զանգվածով անիվին, որը կարող է գլորվել առանց սահքի (նկ. 56): Որոշել համակարգի տատանումների հաճախությունը ընդունելով, որ անիվի զանգվածը համասեռ բաշխված է անվագոտով:



Լուծում: Անիվը փոփոխական առաձգական ուժի և դադարի շփման ուժի ազդեցության տակ կատարում է բարդ շարժում, որը համընթաց և պտտական շարժումների գումար է: Ուստի ակնհայտ է, որ այս խնդրի դինամիկ վերլուծությունը բավականին բարդ է: Փորձելով կիրառել ուժային մոտեցում՝ դժվար է կողմնորոշվել նույնիսկ, թե ինչից սկսել խնդրի լուծումը: Փոխարենը չափազանց հեշտ է ստանալ համակարգի էներգիայի արտահայտությունը: Իրոք, համակարգի պոտենցիալ էներգիան հենց զսպանակի առաձգականության ուժով պայմանավորված պոտենցիալ էներգիան է՝ $E_p = \frac{kx^2}{2}$,

իսկ կինետիկ էներգիան անիվի համընթաց և պտտական շարժումների կինետիկ էներգիաների գումարն է: Քանի որ առանց սահքի գլորվող անվագոտու կետերի պտտական և

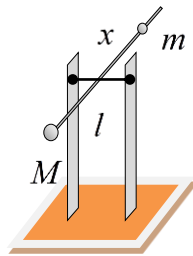
համընթաց շարժումների արագությունները հավասար են, կինետիկ էներգիայի համար ստանում ենք՝ $E_k = 2 \frac{mv^2}{2} = m\dot{x}^2$:

Ստացված բանաձևերից համակարգի էֆեկտիվ կոշտության և զանգվածի համար համապատասխանաբար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունները՝ $k^* = k$, $m^* = 2m$ և հաշվի առնելով (5) բանաձևը՝ հաճախության համար ստանում ենք՝

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}:$$

Խնդիրներ

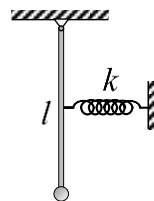
97. Ժամանակաչափը (մետրոնոմ) մի թեթև ձող է, որի ներքևի ծայրին առանցքից l հեռավորության վրա գտնվում է M զանգվածով բեռ (նկ. 57): Առանցքից վերև գտնվող շարժական m զանգվածով փոքրիկ բեռը կարելի է ձողի վրա ամրացնել առանցքից տարբեր x



Նկ. 57

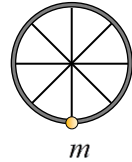
հեռավորությունների վրա, որի շնորհիվ ընտրվում է ժամանակաչափի տատանման անհրաժեշտ հաճախությունը: Բեռները համարելով նյութական կետեր՝ գտնել, թե տատանումների հաճախությունն ինչպես է կախված x - ից:

98. Ինչպե՞ս կփոխվի թեթև ձողից և բեռից կազմված ճոճանակի տատանումների հաճախությունը, եթե ձողի մեջտեղից ամրացվի k կոշտությամբ հորիզոնական զսպանակ: Նկարում պատկերված է հավասարակշռության վիճակը (նկ. 58):



Նկ. 58

99. Հորիզոնական առանցքով և R շառավղով անիվի անվագոտու վրա ամրացնում են m զանգվածով փոքրիկ բեռ (նկ. 59): Գտնել անիվի զանգվածը՝ ենթադրելով, որ այն համասեռ բաշխված է անվագոտով, եթե առանցքի շուրջ անիվի փոքր տատանումների շրջանային հաճախությունը հավասար է ω - ի:



Նկ. 59

100. R շառավղով սֆերիկ փոսիկում գտնվում են երկու փոքրիկ գնդիկներ, որոնք իրար միացված են $2l$ երկարությամբ անկշիռ ձողով (նկ. 60): Որոշել համակարգի տատանումների հաճախությունը՝ ա) նկարի հարթությանն ուղղահայաց ուղղությամբ, բ) այդ հարթությանը զուգահեռ շարժվելու դեպքում:



Նկ. 60

101. Գտնել մեխից կախված R շառավղով բարակ անվագոտու տատանումների հաճախությունը: Համարել, որ սահքը բացակայում է և տատանումները տեղի են ունենում անվագոտու հարթությունում:

102. m_1 և m_2 զանգվածներով երկու մարմին միացված են k կոշտությամբ զսպանակով: Ինչքա՞ն է այդ համակարգի ազատ տատանումների հաճախությունը, եթե պտույտը բացակայում է:

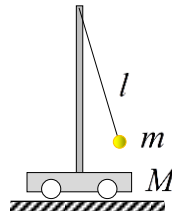
103. Գտնել H_2 և HD (D - ն դեյտերիումի ատոմն է) մոլեկուլների տատանումների հաճախությունների



Նկ. 61

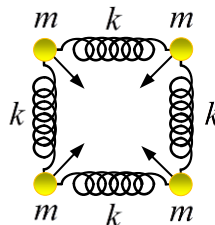
հարաբերությունը (նկ. 61):

104. M զանգվածով սայլակը, որի վրա տեղադրված է l երկարությամբ և m զանգվածով մաթեմատիկական ձոճանակ, գտնվում է ողորկ հորիզոնական մակերևույթի վրա (նկ. 62): Գտնել համակարգի տատանումների պարբերությունը:



Նկ. 62

105. Չորս միատեսակ m զանգվածով գնդիկներ միացված են k կոշտությամբ զսպանակներով: Բոլոր չորս գնդիկներին միաժամանակ հաղորդում են դեպի քառակուսու կենտրոնն ուղղված, մոդուլով հավասար արագություններ (նկ. 63): Դրանից որքան ժամանակ հետո զսպանակները կլինեն՝ ա) առավելագույն սեղմված, բ) առավելագույն ձգված:



Նկ. 63

106. l երկարությամբ անկշիռ ձողը կարող է պտտվել իր մի ծայրով անցնող հորիզոնական առանցքի շուրջ: Ձողի ազատ ծայրին ամրացնում են m զանգվածով բեռ, իսկ կենտրոնին՝ $3m$ զանգվածով բեռ: Բեռները համարելով նյութական կետեր՝ որոշեք համակարգի փոքր տատանումների շրջանային հաճախությունը:

107. R ներքին շառավղով հորիզոնական գլանի ներսում նրա առանցքին ուղղահայաց հարթության մեջ հետ ու առաջ է շարժվում փոքրիկ բարակ օղակ: Գտնել օղակի տատանումների շրջանային հաճախությունը:

108. *l* երկարությամբ անկշիռ ձողի ծայրերին ամրացված են միևնույն *m* զանգվածով տարանուն *q* կետային լիցքեր: Համակարգը տեղադրում են *E* լարվածությամբ համասեռ էլեկտրական դաշտում: Որոշել հավասարակշռության դիրքի շուրջ համակարգի փոքր տատանումների շրջանային հաճախությունը: Ծանրության ուժն անտեսել:

§8. Հակասող ենթադրության մեթոդ

Մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող շատ թեորեմների և պնդումների ապացուցման կամ հերքման հիմքում ընկած են տրամաբանական դատողությունները, որոնց հիմնավորման եղանակները բազմազան են: Ընդ որում ավելորդ չէ նշել, որ դատողությունների բաժանումը ապացուցման կամ հերքման բավական պայմանական է, քանզի հերքել որևէ պնդում, ըստ էության նույնն է, թե ապացուցել այդ պնդման ժխտումը:

Այս պարագրաֆը նվիրված է ապացուցման և հերքման հիմնական մեթոդներից մեկի, այն է հակասող ենթադրության մեթոդի՝ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հնարավոր կիրառությունների վեր հանմանը:

Հակասող ենթադրության մեթոդը հաճախ է կիրառվում մաթեմատիկայում, հատկապես երկրաչափական պնդումներ ապացուցելիս և տպավորությունն այնպիսին է, որ այն զուտ մաթեմատիկայում կիրառվող մեթոդ է, մինչդեռ այս մեթոդն իր օգտակար և արդյունավետ կիրառությունն ունի նաև ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում: Ստորև համառոտակի կներկայացնենք այս մեթոդի էությունը, որից հետո կքննարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող տարբեր

խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում հակասող ենթադրության մեթոդն ունի արդյունավետ կիրառություն:

Հակասող ենթադրության մեթոդի համաձայն՝ ենթադրում ենք, որ պնդումը, որն ուզում ենք ապացուցել, սխալ է: Եթե այս ենթադրությունը տրամաբանական դատողությունների միջոցով հնարավոր է հանգեցնել հակասության, ուրեմն եզրակացնում ենք, որ մեր ենթադրությունը սխալ է և, ուրեմն, տրված պնդումը ճշմարիտ է: Այսինքն՝ տրված A պնդման ճշմարտացիությունն ապացուցելու փոխարեն ապացուցում ենք, որ նրա ժխտումը սխալ է, ինչն էլ, համաձայն երրորդի բացառման օրենքի, համարժեք է A պնդման ճշմարիտ լինելուն:

Այս մեթոդի վերաբերյալ իր ուշագրավ և դիպուկ կարծիքն է հայտնել նաև անգլիացի հայտնի մաթեմատիկոս Գոդֆրի Հարուդ Հարդի: Ըստ Հարդիի, հակասող ենթադրության մեթոդը մաթեմատիկայի ամենանրբագեղ գենքերից մեկն է: Այն անհամեմատ ավելի գեղեցիկ հնարք է, քան ցանկացած շախմատային գամբիտ, քանզի հաջողության հասնելու համար շախմատիստը կարող է զոհաբերել զինվոր կամ նույնիսկ ֆիգուր, մինչդեռ մաթեմատիկոսը դիմում է ողջ պարտիան պարտվելու ռիսկին:

Ստորև կքննարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող ոչ տիպային խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում կօգտվենք հակասող ենթադրության մեթոդից:

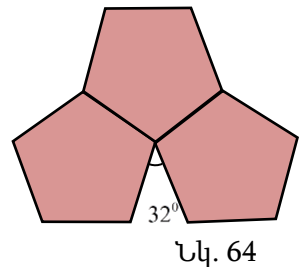
Սկզբում քննարկենք խնդիր, որը տարբեր ձևակերպումներով հանդիպում է ֆիզիկայի խնդրագրքերում:

Խնդիր 8.1: Կարո՞ղ են արդյոք հաստատուն քանակով զազի P ճնշման կախումը V ծավալից արտահայտող իզոթերմ և

ադիաբատ պրոցեսների որևէ երկու կորեր հասվել երկու կետերում:

Լուծում: Դիցուք՝ ադիաբատի և իզոթերմի երկու գրաֆիկներ հասվում են երկու կետերում: Այդ դեպքում եթե գազը օգտագործվի որպես ջերմամեքենայի բանոդ մարմին, ապա կարելի կլինի ընտրել փակ ցիկլ՝ բաղկացած մեկ ադիաբատից և մեկ իզոթերմից: Ադիաբատ պրոցեսի ընթացքում գազը շրջապատից ջերմաքանակ չի ստանում և չի տալիս: Իզոթերմ ընդարձակման ընթացքում գազն անընդհատ ստանում է ջերմաքանակ: Այսպիսով՝ դիտարկվող ցիկլում մեքենան, կլանելով ջերմություն, կատարում է աշխատանք առանց ջերմության անջատման: Փաստորեն, ստացվեց, որ մեքենայի ՕԳԳ-ն հարյուր տոկոս է, ինչը հակասում է ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքին: Այսպիսով՝ մեր նախնական ենթադրությունը սխալ էր և հաստատուն քանակով գազի ադիաբատ և իզոթերմ պրոցեսների գրաֆիկները չեն կարող հասվել երկու կետերում:

Խնդիր 8.2: Կարո՞ղ են արդյոք գոյություն ունենալ բյուրեղներ, որոնց նիստերը լինեն կանոնավոր հնգանկյուններ:



Լուծում: Նախ ենթադրենք, որ բնության մեջ նման բյուրեղներ կան: Այդ դեպքում դրանց բյուրեղային հարթությունների տարրական բջիջները պետք է լինեն հարթությունը լրիվ ծածկող կանոնավոր հնգանկյուններ: Փորձենք բյուրեղային հարթությունը լցնել հավասարամեծ կանոնավոր հնգանկյուններով: Այդպիսի հնգանկյունների ներքին անկյունները 108° են և եթե երեք միանման հնգանկյուններ կիպ դասավորենք, ապա $360^\circ - 3 \cdot 108^\circ = 36^\circ$

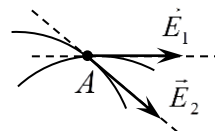
աստիճանի անկյունով տիրույթը կմնա չլրացված(նկ. 64): Այստեղից պարզ է դառնում, որ հարթությունը հնարավոր չէ «լցնել» կանոնավոր հնգանկյուններով և նման բյուրեղներ չեն կարող գոյություն ունենալ: Ի դեպ, վերը շարադրվածից պարզ է, որ հարթությունը կարելի է ծածկել միայն այնպիսի կանոնավոր բազմանկյուններով, որոնց ներքին անկյունների համար 360° - ը բազմապատիկ է և բնության մեջ հանդիպում ենք բյուրեղների, որոնց նիստերը կանոնավոր եռանկյուն, քառակուսի կամ կանոնավոր վեցանկյուններ են:

Վերևում քննարկված խնդիրները վերաբերվում են ջերմադինամիկային և նյութերի մոլեկուլային կառուցվածքի հարցերին: Հարկ է նշել, որ ջերմադինամիկական երկու շատ կարևոր պնդումներ ևս, այն է՝ առաջին և երկրորդ սեռի հավերժական շարժիչների գոյության անհնարինությունը, նույնպես ապացուցվում է հակասող ենթադրության մերժողով: Առաջին տիպի շարժիչի գոյությունը հակասում է էներգիայի պահպանման օրենքին, մյուսինը՝ ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքին:

Այժմ քննարկենք էլեկտրականության բաժնի որոշ խնդիրներ:

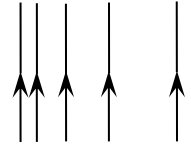
Խնդիր 8.3: Ապացուցել, որ էլեկտրական (մագնիսական) դաշտի ուժագծերը չեն կարող հատվել:

Լուծում: Ենթադրենք էլեկտրական(մագնիսական) դաշտի ուժագծերը կարող են հատվել: Քննարկենք երկու ուժագծեր, որոնք հատվում են A կետում (նկ. 65): Համաձայն սահմանման՝ դաշտի լարվածության վեկտորը պետք է ուղղված լինի տվյալ կետում ուժագծին տարված շոշափողի երկայնքով: Այդ դեպքում A կետում դաշտի լարվածության համար ստանում ենք երկու տարբեր



Նկ. 65

ուղղություններով վեկտորներ($\vec{E}_1$ և $\vec{E}_2$): Քանի որ ցանկացած կետում դաշտը պետք է բնութագրվի կոնկրետ մեկ որոշակի վեկտորական մեծությամբ, ստանում ենք հակասություն: Ստացված հակասությունը վկայում է այն մասին, որ մեր սկզբնական ենթադրությունը սխալ էր, և դաշտի ուժագծերը չեն կարող հատվել: Հարկ է նշել իհարկե, որ քննարկված հայտնի այս պնդումը տեղի ունի այն կետերի համար, որտեղ դաշտի լարվածությունը զրո կամ անսահման չէ: Օրինակ՝ կետային լիցքի վրա էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը դառնում է անվերջ մեծ, իսկ նրա ուղղությունը որոշված չէ: Այդ կետում հատվում են կետային լիցքի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտի բոլոր ուժագծերը: Չպետք է մոռանալ, սակայն, որ կետային լիցքը ֆիզիկական վերացարկում է և կետային լիցքակիրի վրա դաշտի վարքի քննարկումը չունի հստակ ֆիզիկական բովանդակություն:



Նկ. 66

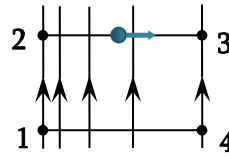
Խնդիր 8.4: Կարո՞ղ է արդյոք գոյություն ունենալ էլեկտրաստատիկ դաշտ, որի ուժագծերը ունենան նկ. 66 - ում պատկերված տեսքը:

Լուծում: Ենթադրենք, թե նման ուժագծերով էլեկտրաստատիկ դաշտ գոյություն ունի: Եթե 1-2-3-4-1 փակ հետագծով (նկ. 67) տեղափոխենք q լիցքը, ապա էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը հավասար կլինի առանձին տեղամասերում կատարված աշխատանքների գումարին՝

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}:$$

$A_{23} = A_{41} = 0$ քանի որ այդ տեղամասերում լիցքի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը ուղղահայաց է լիցքի տեղափոխությանը: Համաձայն աշխատանքի սահմանման՝ $A_{12} = qE_1 l$ և $A_{34} = -qE_2 l$

: Այսպիսով՝ քննարկվող փակ հետագծով լիցքը տեղափոխելիս դաշտի կատարած աշխատանքի համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը՝ $A = qI(E_1 - E_2)$: Քանի որ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը ուղիղ համեմատական է ուժագծերի խտությանը, կունենանք՝ $E_1 > E_2$, և հետևաբար $A > 0$: Փաստորեն մենք հանգեցինք հակասության, որովհետև էլեկտրաստատիկ դաշտը պոտենցիալային է և կամայական փակ հետագծով լիցքի տեղափոխման ժամանակ դաշտի աշխատանքը հավասար է զրոյի:



Նկ. 67

Նշենք որ ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում ըստ էության հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ է հիմնավորվում, որ հաղորդչի մակերևույթի յուրաքանչյուր կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ուղղահայաց է մակերևույթին, և որ հաղորդչի ներսում բացակայում է էլեկտրաստատիկ դաշտը:

Այժմ կատարենք քվանտային երևույթներին և տարրական մասնիկների ֆիզիկային առնչվող մի կարևոր դիտարկում և քննակենք թեմային առնչվող մի խնդիր: Հարկ է նշել, որ տարրական մասնիկների փոխազդեցությունները ունեն բարդ նկարագիր և դպրոցական դասընթացի շրջանակում դրանց ուսումնասիրությունը գործնականում անհնարին է: Միկրոմասնիկների ֆիզիկայում հնարավոր չէ նյութոսկայան մեխանիկայի նման քննարկելով մասնիկների փոխազդեցության ուժերն ու խնդիրները լուծել հետևողական դինամիկ մոտեցումներով: Պատկերն առավել բարդանում է՝ պայմանավորված բարձր էներգիաների ֆիզիկայում մասնիկների ծնման և վերացման պրոցեսների առկայությամբ:

Այս պատճառով էլ մասնիկների փոխազդեցությունների պատկերի և էլքի վերլուծման հիմնական միջոցները մնում են պահպանման հիմնարար օրենքները: Սովորաբար, եթե փոխազդեցության էլքը չի հակասում պահպանման օրենքներին, ապա դա այս կամ այն հավանականությամբ իրականանում է: Բնականաբար, եթե փոխազդեցության արդյունքում ակնկալվող ֆիզիկական վիճակի և համակարգի սկզբնական վիճակի համադրությամբ արձանագրում ենք որևէ պահպանման օրենքի խախտում, ապա ենթադրվող վերջնարդյունքը ֆիզիկորեն իրականանալի չէ: Ասվածից պարզ է, որ նմանօրինակ քննարկումների համար հակասող ենթադրությամբ ապացուցման մեթոդը անչափ կարևոր է և կիրառական: Այն հնարավորություն է տալիս սովորողներին ծանոթացնել բազմաթիվ կարևոր իրավիճակներ, որոնք առաջին հայացքից կարող են թվալ իրականանալի, բայց տեղի չեն ունենում, քանի որ դրանց իրականացումը կոտլեկցվեր հիմնարար ֆիզիկական օրենքների խախտմամբ:

Խնդիր 8.5: Կարո՞ղ է արդյոք ազատ էլեկտրոնը կլանել կամ առաքել ֆոտոն:

Լուծում: Սկզբում կենթադրենք, որ ազատ էլեկտրոնը կարող է կլանել ֆոտոն: Խնդիրը քննարկենք այն իներցիալ համակարգում, որի նկատմամբ էլեկտրոնը գտնվում է դադարի վիճակում (փոխազդեցությունից առաջ): Այդ դեպքում կլանումից առաջ համակարգի էներգիան կլինի $h\nu + mc^2$, իսկ իմպուլսը՝ $h\nu/c$: Կլանումից հետո էլեկտրոնը ձեռք կբերի որոշակի p իմպուլս և կունենա $\sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$ էներգիա: Համաձայն էներգիայի և իմպուլսի պահպանման օրենքների՝

$$h\nu + mc^2 = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}, \quad h\nu/c = p:$$

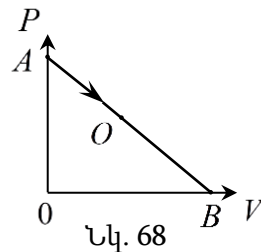
Հավասարումների այս համակարգի լուծման արդյունքում ստանում ենք $\nu = 0$, որն էլ փաստում է ենթադրյալ կլանվող ֆոտոնի գոյություն չունենալը: Այսպիսով՝ գալիս ենք հակասության և եզրակացնում, որ ի սկզբանե կատարած մեր ենթադրությունը սխալ էր, և ազատ էլեկտրոնը չի կարող կլանել ֆոտոն: Կիրառելով հակասող ենթադրությամբ ապացուցման մեթոդը՝ նման ձևով կարելի է ապացուցել նաև, որ ազատ էլեկտրոնը չի կարող առաքել ֆոտոն:

Խնդիրներ

109. Տվյալ զանգվածով գազի P ճնշման կախումը V ծավալից արտահայտող դիագրամի վրա տարված է աղիաբատ կորերի մի ընտանիք: Ապացուցել, որ այդ կորերը չեն կարող հատվել:

110. Ցույց տալ, որ ցանկացած նյութի պոլիտրոպը կարող է հատվել իզոթերմին ոչ ավելի, քան մեկ կետում:

111. Հաստատուն քանակով գազի հետ տեղի է ունենում պրոցես, որի գրաֆիկը PV հարթության մեջ ուղիղ գիծ է (նկ. 68): Հայտնի է, որ AO տեղամասում գազը շրջապատից ստանում՝ իսկ OB տեղամասում կորցնում է ջերմաքանակ: Ապացուցել, որ O կետով անցնող աղիաբատը այդ կետում շոշափում է գրաֆիկին:



112. Ապացուցել, որ հաստատուն քանակով նյութի իզոթերմ և ադիաբատ պրոցեսների գրաֆիկները կարող են հատվել միայն մեկ կետում:

113. Ապացուցել, որ տվյալ զանգվածով գազի իզոթերմների ընտանիքի որևէ երկու կորեր չեն կարող հատվել:

114. Ապացուցել, որ տվյալ զանգվածով նյութի ադիաբատների ընտանիքի որևէ երկու կորեր չեն կարող հատվել:

115. Ապացուցել, որ եթե հաստատուն զանգվածով գազի հետ տեղի է ունենում այնպիսի պրոցես, որի ընթացքում ճնշման կախումը ծավալից գծային է և գազի ջերմաքանակ ստանալու տիրույթը ջերմաքանակ տալու տիրույթից բաժանված է մի կետով, ապա այդ կետով անցնող ադիաբատը նույն կետում շոշափվում է պրոցեսն արտահայտող ուղղով:

116. Ապացուցել, որ հաղորդչի մակերևույթի յուրաքանչյուր կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ուղղահայաց է մակերևույթին:

117. Ապացուցել, որ լիցքերի ստատիկ բաշխման արդյունքում հաղորդչի ներսում բացակայում են ծավալային լիցքերը:

118. Ապացուցել, որ միայն էլեկտրաստատիկ ուժերով փոխազդող մասնիկների համակարգի հավասարակշռությունը չի կարող լինել կայուն (Բրնշտուի թեորեմ):

119. Ապացուցել, որ փակ հաղորդիչ կոնտուրում ծագող մակաձման հոսանքն ունի այնպիսի ուղղություն, որ իր

մագնիսական դաշտով հակազդում է այդ հոսանքը ստեղծող պատճառին (Լենցի կանոն):

120. Կարո՞ղ է արդյոք ազատ էլեկտրոնը կլանել ֆոտոն:

121. Կարո՞ղ է արդյոք մասնիկ - հակամասնիկ անիհիլյացիայի արդյունքում առաջանալ մեկ ֆոտոն:

ԳԼՈՒԽ 2

ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔՆԵՐ

§9. Փորձարարական խնդիրների լուծման հիմնական մոտեցումները

Փորձարարական խնդիրներ: Ֆիզիկայի տարբեր կարգի օլիմպիադաներում աշակերտներին առաջադրվում են ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական բնույթի խնդիրներ: Օրինակ, ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայի տեսական փուլին հաջորդում է փորձնական փուլը: Միջազգային օլիմպիադաներն էլ պարտադիր կերպով ունեն փորձնական փուլ, որտեղ առաջարկվում են ստեղծագործական մոտեցումներ պահանջող հետաքրքիր խնդիրներ: Փորձարարական խնդիրները ֆիզիկական խնդիրներ են, որոնց ձևակերպումը և լուծումը անմիջականորեն կապված են փորձի հետ: Սակայն հարկ է նշել, որ դրանք էականորեն տարբերվում են ստանդարտ լաբորատոր աշխատանքներից, որոնցում հիմնականում պահանջում է, օգտվելով փորձի ընթացքի նախապես տրված պրոցեդուրայից, ստուգել ֆիզիկական որևէ օրենք կամ էլ օգտվելով օրենքներից, կատարել չափումներ և հաշվել որևէ ֆիզիկական մեծություն: Ըստ էության փորձարարական խնդիրների և լաբորատոր աշխատանքների ընդհանրությունը հիմնականում կայանում է չափումներ կատարելու և դրանց արդյունքները մշակելու մեջ: Իսկ ընդհանուր առմամբ փորձարարական խնդիրները առավել բովանդակալից և ստեղծագործական մոտեցումներ ու հնարամտություններ պահանջող առաջադրանքներ են: Նման խնդիրները պահանջում են գործողությունների պլանի և լուծման օպտիմալ ճանապարհի ինքնուրույն ընտրություն, տրամադրված գործիքների և սարքերի հնարավորությունների

գնահատում, փորձի տեղակայանքի կամ սխեմայի պատրաստում և մշակում, փորձի իրականացում ինչպես նաև տեսական վերլուծական կարողությունների ցուցաբերում: Փորձարարական խնդիրների լուծումը նպաստում է հետազոտական հմտությունների ձևավորմանը, ստեղծագործական ունակությունների զարգացմանը, ինչպես նաև ֆիզիկական գիտելիքները կյանքում կիրառելու կարողությունների ձեռքբերմանը:

Փորձարարական խնդրի լուծման հիմնական փուլերը:

Ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական խնդիրների լուծման համար չեն կարող լինել համապիտանի գործողություններ, որոնց իրականացումը բերի խնդրի երաշխավորված լուծման: Սակայն կարելի է նշել լուծման մի քանի հիմնական փուլեր և ընդհանուր մոտեցումներ, որոնք այս կամ այն չափով բնութագրական են բոլոր փորձարարական խնդիրներին: Ստորև կներկայացնենք նշված փուլերը՝ փորձելով ուշադրություն դարձնել դրանց կատարման ընդհանուր կարևոր շեշտադրումներին:

Ծանոթացում խնդրի տվյալների, պահանջների և աշխատանքի կատարման համար տրամադրված անհրաժեշտ սարքերի և պարագաների հետ:

Նույնիսկ տեսական բնույթի խնդիրների լուծման փուլ կարելի է համարել խնդրի տեքստի մանրամասն ընթերցումը, տվյալների և պահանջի հետ ծանոթացումը: Ճիշտ կլինի անցնել խնդրի լուծմանը միայն այն դեպքում, երբ առանց զրքից կարդալու կարողանաք ձևակերպել առաջադրանքը՝ հստակ իմանալով թե ինչ է տրված և ինչ է պահանջվում գտնել: Փորձարարական խնդիրների դեպքում այս փուլը ավելի է կարևորվում, քանի որ անհրաժեշտություն է առաջանում նաև ծանոթանալ այն սարքերին, գործիքներին և պարագաներին,

որոնք օգտագործվելու են առաջադրանքը կատարելիս: Կարևոր է, որ առաջադրանք կատարողը ստուգի բոլոր պարագաների առկայությունը և հնարավորինս հստակ պատկերացնի դրանց նշանակությունն ու տրված սարքերի ու գործիքների հնարավորությունները: Հարկ է ուշադրություն դարձնել նաև առաջադրանքում առկա ցուցումներին, որոնք, լինելով օգտակար հուշումներ, կարող են էական նշանակություն ունենալ առաջադրանքի կատարման համար: Խնդրի պայմանների մանրամասն ծանոթացման արդյունքում աշակերտը պետք է կարողանա հստակ ձևակերպել այն նպատակները, որոնք իրականացվելու են փորձարարական աշխատանքի կատարման յուրաքանչյուր փուլում:

Փորձի ընթացքի նախագծում և երևույթի մաթեմատիկական մոդելի մշակում

Այս փուլում պետք է ուրվագծել և կառուցել փորձարարական խնդրի լուծման հիմնական բովանդակային մասը՝ հստակ հասկանալով թե վերջնական արդյունքի հասնելու ճանապարհին ինչ և ինչպես պետք է չափել և հաշվել: Նշենք, որ փորձի ընթացքը պետք է նախագծել այնպես, որ աշխատանքի կատարման ընթացքում հնարավորինս քիչ քանակությամբ ֆիզիկական մեծություններ չափել: Ինչքան քիչ լինի չափվող ֆիզիկական մեծությունների քանակը, այնքան պարզ ու կոմպակտ կլինի փորձի սխեման, ինչի արդյունքում էլ փոքր կլինի փորձի սխալանքը և ճշգրիտ ու հավաստի կլինեն ստացված արդյունքները: Այս փուլում, եթե առաջադրանքի պայմաններում տրված չէ տեսական բնույթի որևէ ինֆորմացիա, սովորողը տեսականորեն նախագծում և մոդելավորում է փորձի ընթացքը և ուսումնասիրելիք երևույթի համար ստանում ֆունկցիոնալ կախվածությունների բանաձևեր: Այստեղ հատուկ ուշադրություն պետք է դարձնել

այն հարցին, թե որքանով են այդ բանաձևերը «պիտանի» տրված պայմաններով փորձնական ստուգման և հաստատման համար: Այս իմաստով ցանկալի է դիտարկել պարզ մաթեմատիկական մոդելներ կամ ստացվածը հնարավորինս պարզեցնել: Պետք է ձգտել ֆիզիկական մեծությունների և դրանց պարզ կոմբինացիաների միջև ստանալ գծային կախվածություններ կամ հնարավորության դեպքում դրանք գծայնացնել: Հարկ է նշել, որ գծային կախվածության փորձնական արդյունքների հետագա մշակումը անհամեմատ հեշտ է քան բոլոր այլ տիպի կախվածություններինը: Եթե խնդրի պայմաններում արդեն բերված են անհրաժեշտ կախվածության բանաձևերը, ապա առաջադրանքի կատարման այս փուլում սովորողը պետք է ընդամենը նախագծի փորձի այնպիսի սխեմա, որի միջոցով հնարավոր լինի ստուգել դրանք: Իհարկե այս դեպքում նույնպես ֆիզիկական մեծությունների կախվածությունն արտահատող բանաձևը պետք է «նախապատրաստել» փորձնական ստուգմանը: Օրինակ, եթե ստուգում ենք բարակ ոսպնյակի բանաձևը, ապա լավ կլինի, եթե դիտարկենք առարկայից ոսպնյակ և պատկերից ոսպնյակ եղած d և f հեռավորությունների հակադարձ մեծությունների գծային կապը՝ կոորդինատային առանցքները վերցնելով հենց $\frac{1}{d}$ և $\frac{1}{f}$ մեծությունները: Նման ձևով դիտարկված

կոորդինատային հարթությունում բարակ ոսպնյակի բանաձևը արտահայտվում է այն ուղղի հատվածով, որը հատում է առանցքները $\left(0, \frac{1}{F}\right)$ և $\left(\frac{1}{F}, 0\right)$ կետերում, և դրանց երկուսի հետ էլ կազմում է 45° անկյուն: Կատարելով չափումներ և

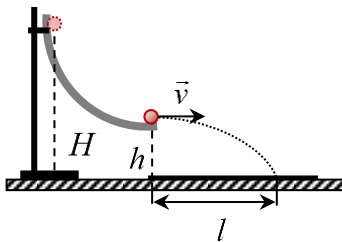
ստացված արժեքները տեղադրելով $\left(\frac{1}{d}, \frac{1}{f}\right)$ հարթությունում՝

միաժամանակ կարելի է ստուգել ինչպես բանաձևի ճշմարտացիությունը՝ այնպես էլ որոշել ոսպնյակի օպտիկական ուժը: Կամ եթե ֆիզիկական մեծությունների կախումն ունի $y = \beta x^\alpha$ աստիճանային ֆունկցիայի տեսք, ապա դրա փորձնական հետազոտման համար անհրաժեշտ է լոգարիթմել այն. $\ln y = \ln \beta + \alpha \ln x$ և կառուցել լոգարիթմների $\ln y(\ln x)$ գծային կապն արտահայտող գրաֆիկը:

Փորձնական կայանքի հավաքում և փորձարկում, նախնական տվյալների ստացում

Այժմ, երբ արդեն փորձի ընթացքը տեսականորեն մոդելավորված է, անհրաժեշտ սխեմատիկ գծապատկերներ անելուց հետո սկսվում է փորձնական կայանքի հավաքման փուլը: Պետք է ձգտել, որ կայանքը լինի հնարավորինս պարզ՝ ուշադրություն դարձնելով նրա աշխատանքի հարմարավետությանը, ապահովությանը և հուսալիությանը: Մի քանի անգամ չափումներ կատարելիս անհրաժեշտ է, որ միևնույն պրոցեսի բազմակի կրկնումները հնարավորինս նույնական լինեն: Դրա համար փորձնական կայանքը պետք է հավաքված լինի այնպես, որ փորձի ընթացքում չխախտվի և հնարավոր լինի ապահովել գրեթե միևնույն նախնական և ընթացիկ ֆիզիկական պայմանները: Ավելին, անհրաժեշտ է, որ փորձնական սխեման թույլ տա կատարել անհրաժեշտ ֆիզիկական մեծությունների խելամիտ ճշտությամբ չափումներ և հնարավորություն տա նաև գնահատել բազմաթիվ անգամ կատարված չափումների սխալանքը: Փորձնական կայանքում տեղի ունեցող ռեալ ֆիզիկական պրոցեսը և նախապես մշակված նրա մտային մաթեմատիկական մոդելը պետք է

հնարավորինս համապատասխան լինեն: Այդ իմաստով փորձը պետք է պլանավորել այնպես, որ հնարավորինս նվազեցվի համապատասխան մաթեմատիկական մոդելում հաշվի չառնված ֆիզիկական գործոնները: Վերջինս կատարողից պահանջում է փորձառություն, ուշադրություն և հնարամտություն: Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադայում առաջադրված փորձարարական խնդիրներից մեկում պահանջվում էր որոշել կոր ճոռով զլորվող գնդիկի ճոռից պոկման պահին ունեցած արագության կախումը բարձրությունից: Փորձի կատարումը ենթադրում է, որ նախ ճոռը պետք է ամրացնել շտատիվից, այնպես, որ նրա ստորին մասը լինի հորիզոնական, որպեսզի նրանից պոկված գնդիկի հետագա շարժումը լինի հորիզոնական ուղղությամբ նետված մարմնի շարժում և չափելով ճոռից անջատման կետի h բարձրությունն ու գնդիկի թռիչքի l հաստոդությունը միարժեքորեն հնարավոր լինի որոշել նրա v արագությունը (նկ. 69): Ճոռի ստորին մասի հորիզոնական դիրքը ապահովելու համար պետք է այդ մասում դնել գնդիկը և ճոռը բերել այնպիսի դիրքի, որ գնդիկը բաց թողնելուց հետո այն չզլորվի և մնա տեղում: Մա ապահովելուց հետո նոր միայն կարելի է ամրացնել ճոռը և շարունակել փորձը: Այս առաջադրանքի ստուգումների ընթացքում պարզ դարձավ, որ



Նկ. 69

աշակերտներից շատերը ճոռը ամրացրել էին «աչքաչափով» նրա ստորին մասի հորիզոնական լինելը համարելով ակնառու և փորձնական միջոցներ ու ստուգում չպահանջող և չափումներ էին կատարել միայն բարձրությունների և թռիչքի հաստոդության համար: Առաջին հայացքից այս փոքրիկ բացթողումով

կատարված փորձը իրականում կոպիտ և անհետևողական է, հանգեցնում է զգալի սխալների, մեկ անգամ ևս վկայելով այն մասին, որ փորձնական աշխատանքում մանրունքներ չկան:

Փորձնական կայանքի հավաքումից հետո կատարվում են առաջին նախնական չափումները, որի արդյունքում պարզ է դառնում, թե որքանով է փորձը գործնականում իրականանալի, իսկ ստացված արդյունքները՝ իրատեսական և սպասելի: Օրինակ՝ պետք է ուշադրություն դարձնել, որ չափման սխալանքով պայմանավորված հաստատուն ֆիզիկական մեծության համար ստացված արժեքների տարամիտումները բավականին փոքր լինեն այդ մեծությունից: Եթե նախնական չափումների արդյունքները գոհացուցիչ չեն, ապա անհրաժեշտ է վերադառնալ նախորդ փուլ և փոփոխություններ ու ճշտումներ անել տեսական մոդելում և փորձի սխեմայում: Որոշ դեպքերում փորձի կատարման ընթացքում ի հայտ եկած պրոբլեմները կարող են հուշել, թե ինչը և ինչպես պետք է փոխել փորձը հաջողությամբ իրականացնելու և իրատեսական արդյունքներ ստանալու համար:

Փորձի հիմնական ընթացք, չափումների կատարում և գրանցում

Փորձնական կայանքը վերջնական աշխատանքային վիճակի բերելուց հետո սկսվում է անհրաժեշտ մեծությունների չափումների փուլը: Նախ պետք է բոլոր չափումները կատարվեն ինամքով, որպեսզի դրանց պատահական սխալանքը լինի հնարավորինս փոքր: Չափման արդյունքները պետք է գրանցել չափող սարքերի թույլ տված առավելագույն ճշտությամբ: Ֆիզիկական մեծությունների արժեքները կամ դրանց կախվածությունների տեսքը որոշելիս անհրաժեշտ է յուրաքանչյուր անգամ կատարել մեկ տասնյակին մոտ քանակությամբ չափումներ և դրանք գրանցել առանձին

աղյուսակների ու գրաֆիկների տեսքով, այնպես, որ դրանք հետագայում հեշտությամբ կարելի լինի մշակել և օգտագործել դրանցից կախված վերջնական որոնելի մեծությունը կամ կախվածությունը գտնելու համար: Կարևոր է սովորողներին ներկայացնել, որ ընդամենը երկու - երեք չափումներով ստացված արդյունքները ոչ մի փորձնական արժեք չունեն: Օրինակ՝ եթե տեսական մոդելը կանխատեսում է գծային կախվածություն և փորձարարը դա ստանալու համար կատարում է երկու չափում և դրանց համապատասխան կետերով գծում ուղիղ, ապա վերջինս բոլորովին չի ստուգում այդ գծային կախվածությունը, քանի որ ցանկացած երկու կետերով էլ ակնհայտորեն կարելի է տանել ուղիղ և դեռ պարզ չէ, թե մնացած չափումների արդյունքում որոշված կետերը որքանով կգտնվեն այդ ուղղի վրա կամ դրա մոտակայքում: Ավելին՝ եթե նշված կետերից նույնիսկ մեկը փորձարարի վրիպման արդյունքում սխալ է որոշվել, ապա ստացված ուղիղը ոչ մի կերպ չի արտահայտի ֆիզիկական մեծությունների որոնելի կախվածությունը: Հակառակ դեպքում, երբ փորձարարը կատարում է բազմաթիվ չափումներ, ապա նրա մեկ-երկու վրիպումները պարզ կերևան ընդհանուր ֆոնի վրա, որոնք նա կարող է ստուգել և ուղղել համապատասխան կրկնակի փորձերի կատարման միջոցով: Երբեմն տեսությունը կանխատեսում է ֆիզիկական մեծությունների բավականին բարդ ոչ գծային կախվածություն և անհրաժեշտություն է առաջանում ստանալ դրա փորձնական գրաֆիկը: Նման դեպքերում ուսումնասիրվող կախվածության սահուն փոփոխվող մասերին համապատասխանող տիրույթներում կարելի է չափումներ կատարել փոքր խտությամբ՝ համեմատաբար քիչ քանակությամբ արժեքների համար: Մինչդեռ քննարկվող ֆունկցիոնալ կախվածության կտրուկ

փոփոխվող տեղամասերում անհրաժեշտ է կատարել մեծ քանակությամբ չափումներ՝ կառուցվող գրաֆիկի իրար մոտ դասավորված կետեր ստանալու նպատակով: Նման մոտեցման դեպքում փորձնական ճանապարհով ստացված կետերի ինտերպոլյացիայի արդյունքում կստացվի իրականին մոտ սահուն գրաֆիկ: Եթե ուսումնասիրվող օրինաչափությունը գծային է միայն որոշակի տիրույթում, ապա տվյալներ պետք է վերցնել այն ընդգրկող ավելի մեծ տիրույթի համար, որպեսզի հնարավոր լինի փորձնական ճանապարհով որոշել գծայնության սահմանը:

Փորձնական տվյալների մշակում, աշխատանքի ամփոփում և ներկայացում:

Այս փուլում մշակվում են փորձի ընթացքում ձեռք բերված տվյալները և ապա դրանց օգնությամբ որոշվում առաջադրանքում պահանջվող ֆիզիկական մեծությունը կամ կախվածությունը: Դրանով ավարտվում է խնդրի լուծման բովանդակային մասը և մնում է միայն մանրամասնորեն գրառել և ներկայացնել ինչպես կատարման ընթացքը, այնպես էլ ստացված արդյունքները:

Աստիճանական բարդացման սկզբունքով կազմված մեկ խնդրաշարք:

Խնդիր 9.1: Որոշել աղաջրի լուծույթի խտությունը: Փորձի կատարման համար տրված են աղաջուր, կշեռք, չափազևան:

Լուծում: Ծանոթանալով փորձնական պարագաներին՝ պարզ է դառնում, որ փորձի կատարման ընթացքում կարելի է վերցնել որոշակի ծավալով աղաջուր և հնարավոր է կատարել զանգվածի տարբեր չափումներ: Կշեռքի աշխատանքը ստուգելուց հետո կարելի է անցնել որոնելի մեծության որոշման բանաձևի ստացմանն ու փորձի ընթացքի նախագծմանը:

Աղաջրի զանգվածը որոշելու համար այն պետք է լցնել չափանոթի մեջ և կշռել: Պարզ է, որ ցանկացած նման կշռման դեպքում չափում ենք չափագլանի և նրա մեջ եղած աղաջրի գումարային զանգվածը: Միայն աղաջրի զանգվածը ունենալու համար անհրաժեշտ է դրանից հանել չափագլանի զանգվածը: Այս պատճառով սկզբում պետք է չափել դատարկ չոր չափագլանի m_0 զանգվածը, այնուհետ նրա մեջ ավելացնել որոշակի V ծավալով աղաջուր և կատարել կշռում, ինչի արդյունքում ֆիքսել ստացված m զանգվածը: Պարզ է, որ վերցված աղաջրի զանգվածը կլինի $m - m_0$: Այժմ օգտվելով սահմանումից՝ աղաջրի որոնելի խտության համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$\rho = \frac{m - m_0}{V}:$$

Ստացվածը այն բանաձևն է, որի մեջ տեղադրելով փորձնական չափումների արդյունքները՝ ստանալու ենք աղաջրի խտության թվային արժեքը:

Փորձի ընթացքը տեսականորեն մոդելավորելուց հետո սովորաբար հավաքում են փորձնական կայանքը, սակայն այս դեպքում իրավիճակն ավելի պարզ է, քանի որ անհրաժեշտ է կատարել միայն պարզագույն կշռումներ:

Աղաջրի խտության համար անհրաժեշտ արտահայտության որոշումից և փորձնական պարագաների նախապատրաստումից հետո սկսվում է չափումների կատարման և ստացված արդյունքների գրանցման փուլը: Անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել այն հանգամանքին որ հավաստի փորձնական արդյունքներ ստանալու համար աղաջրով կշռումները պետք է կատարել մի քանի անգամ՝

հեղուկի ծավալի տարբեր արժեքների դեպքում և ստացված արդյունքները գրանցել հետագա վերլուծության համար:

Աշխատանքի վերջում անհրաժեշտ է ստացված արդյունքներով կատարել հաշվումներ և գնահատել դրանց սխալանքը:

Քննարկված խնդիրը պարզագույն փորձարարական խնդիր է, որի լուծումը չի ակնկալում ստեղծագործական և որոնողական մոտեցումների անհրաժեշտություն: Սակայն նման առաջադրանքների կատարումը ձևավորում և զարգացնում է ֆիզիկական մեծությունների չափումներ կատարելու կարողություններ և փորձարարական հմտություններ: Ներկայացնենք խնդրի բարդ տարբերակը, որի տեսական մոդելավորումը կատարողից պահանջում է որոշակի հնարամտություն և տրամաբանական մոտեցում:

Խնդիր 9.2: Որոշել աղաջրի լուծույթի խտությունը: Փորձի կատարման համար տրված են աղաջուր, կշեռք և կշռաքարեր, մաքուր ջուր և լաբորատոր փորձանոթ:

Լուծում: Նախ ծանոթանալով փորձնական պարագաներին՝ կարելի է եզրակացնել, որ այս փորձի իրականացման ընթացքում հնարավոր է կատարել զանգվածի տարբեր չափումներ, բայց հնարավոր չէ չափել ծավալ: Սակայն փորձանոթի առկայությունը հնարավորություն է տալիս վերցնել միևնույն(փորձանոթի) ծավալով հեղուկներ՝ ջուր և աղաջուր: Այս ամենը վերլուծելուց, կշեռքի աշխատանքը փորձարկելուց և ստուգելուց հետո անցում է կատարվում փորձի ընթացքի նախագծմանն ու խնդրի մաթեմատիկական մոդելի կառուցմանը:

Պարզ է, որ կարելի է ուղիղ կշռման ճանապարհով որոշել ինչպես դատարկ այնպես էլ մաքուր ջրով և աղաջրով լցված փորձանոթի զանգվածները: Վերջիններս

համապատասխանաբար նշանակենք m , m_1 և m_2 - ով: Փաստորեն միևնույն ծավալով վերցված մաքուր ջրի զանգվածը կլինի $m_1 - m$, իսկ աղաջրինը՝ $m_2 - m$: Նշված զանգվածները ներկայացնելով որպես խտության և ծավալի արտադրյալ ու վերջիններս հարաբերելով՝ աղաջրի որոնելի խտության համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$\rho = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \rho_0,$$

որտեղ ρ_0 -ն մաքուր ջրի խտությունն է: Սա այն վերջնական բանաձևն է, որի մեջ տեղադրելով փորձնական չափումների արդյունքները՝ ստանալու ենք աղաջրի խտության թվային արժեքը:

Ինչպես և նախորդ խնդրում, այս դեպքում ևս փորձնական կայանքի պատրաստման հարց չի առաջանում, քանի որ փորձի ընթացքում պարզապես անհրաժեշտ է կատարել որոշակի կշռումներ:

Աղաջրի խտության համար անհրաժեշտ արտահայտության որոշումից և փորձնական պարագաների նախապատրաստումից հետո սկսվում է չափումների կատարման և ստացված արդյունքների գրանցման փուլը: Նախ պետք է կշռել դատարկ փորձանոթը, ապա պետք է այն լցնել ջրով և կշռել: Վերջում պետք է կշռել աղաջրով լի փորձանոթը: Անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել այն հանգամանքին, որ ջրով և աղաջրով կշռումների դեպքում փորձանոթը պետք է լցված լինի հեղուկով մինչև պտունկը: Այդ կշռումները պետք է կատարել հնարավորինս խնամքով, մի քանի անգամ և ստացված արդյունքները գրանցել:

Վերջում անհրաժեշտ է ստացված արդյունքներով կատարել հաշվումներ և գնահատել դրանց սխալանքը:

Հնայած նախորդ խնդրի նկատմամբ ունեցած բարդության աճին՝ վերևում քննարկված խնդրի ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձնական վերլուծության հիմքում նույնպես ընկած էր խտության սահմանումն արտահայտող բանաձևը: Նման խնդիրներ լուծելուց հետո կարելի է աստիճանաբար բարդացնել առաջադրանքները և զարգացնել սովորողների վերլուծական և ստեղծագործական կարողությունները: Օրինակ՝ այս թեմատիկայի շրջանակում առավել պատրաստված սովորողների համար հարմար է առաջադրել ավելի բարդ, հետաքրքիր և բովանդակալից առաջադրանքներ, որտեղ պինդ մարմնի կամ հեղուկի խտության որոշման համար անհրաժեշտ է լինում օգտվել մոմենտների կանոնից կամ Արքիմեդի օրենքից: Քննարկենք նման մի փորձնական առաջադրանք:

Խնդիր 9.3: Որոշել անհայտ հեղուկի խտությունը: Փորձի կատարման համար տրված են երկու փորձանոթներ, երկու միանման բեռներ, թել, թեթև ձող, քանոն, մաքուր ջուր, հեղուկ, շտատիվ կցորդիչով և թաթիկով:

Լուծում: Այս դեպքում արդեն կշեռքի բացակայությունը հնարավորություն չի տալիս կատարել զանգվածի չափումներ և խտության որոշման նախորդ մոտեցումները չեն աշխատում: Փոխարենը տրված են բազմաթիվ փորձարարական պարագաներ, որոնց օգնությամբ շտատիվի վրա հնարավոր է հավաքել լծակ, դրանից թելերով ամրացնել բեռներն ու փորձարկել տարբեր հավասարակշռության վիճակներ: Ընդ որում, հնարավորություն կա ուսումնասիրել հավասարակշռության վիճակներ, երբ բեռներից մեկը կամ երկուսը խորասուզված են ջրի կամ տրված հեղուկի մեջ: Հարկ է նկատել, որ տրված պարագաներից միակ չափող գործիքը քանոնն է, որի օգնությամբ կարելի է չափել լծակի բազուկները բեռների հավասարակշռության դեպքում:

Այժմ արդեն անհրաժեշտ է նախագծել փորձի ընթացքն ու կառուցել խնդրի մաթեմատիկական մոդելը:

Նախորդ կետում ներկայացվածի համաձայն՝ կարելի է առաջին անգամ հավաքել լծակ, որի մի ծայրից կախված կլինի բեռներից մեկը, իսկ մյուս ծայրից մյուսը՝ խորասուզված մաքուր ջրով լի անոթի մեջ: Հավասարակշռություն ապահովելուց հետո քանոնով պետք է չափել օդում և ջրում գտնվող մարմինների l_0 և d_0 բազուկները: Երկրորդ անգամ արվում է նույնը, ջուրը փոխարինելով անհայտ հեղուկով և չափվում համապատասխան l և d բազուկները: Հաշվի առնելով արքիմեդյան ուժի բանաձևը, երկու դեպքերի համար գրելով հավասարակշռության պայմաններն արտահայտող հավասարությունները և ապա դրանցից արտաքսելով բեռների զանգվածը՝ անհայտ հեղուկի խտության համար ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$\rho = \frac{d_0}{d} \frac{d-l}{d_0-l_0} \rho_0,$$

որտեղ ρ_0 - ն մաքուր ջրի խտությունն է: Ստացվածը այս փորձարարական խնդրի հաշվարկային բանաձևն է:

Ի տարբերություն նախորդ խնդիրների, այս խնդրում արդեն անհրաժեշտ է պատրաստել պարզ փորձարարական կայանք և կողմնորոշվել, թե ինչպես պետք է օգտագործել ձեռքի տակ եղած պարագաները՝ շտատիվի վրա ձողը տեղադրել որպես լծակ, դրանից թելերով կախել բեռները, դրանցից մեկը իջեցնել հեղուկի մեջ և այլն:

Հեղուկի խտության որոշման համար անհրաժեշտ արտահայտության ստացումից և փորձնական կայանքի նախապատրաստումից հետո սկսվում է չափումների կատարման և ստացված արդյունքների գրանցման փուլը:

Նկարագրված երկու զույգ չափումներն էլ պետք է կատարել հինգից տասն անգամ, գրանցել բազուկների համար ստացված թվային արժեքները, դրանք տեղադրել հաշվարկային բանաձևի մեջ, կատարել հաշվումներ և դրանց սխալանքի գնահատումներ:

Հավելենք, որ որպես լծակ օգտագործվող ձողի թեթև լինելու պարագան պարզեցնում է դիտարկված խնդրի լուծումը, սակայն հաշվումներում ձողի զանգվածի անտեսումը առաջացնում է լրացուցիչ սխալանք: Առավել պատրաստված աշակերտները կարող են փորձնական ճանապարհով ստանալ բեռների և ձողի զանգվածների հարաբերությունը և անհրաժեշտության դեպքում գնահատել այդ սխալանքը, և հեղուկի խտության որոշումը դարձնել ավելի ճշգրիտ:

Ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացի շրջանակում փորձարարական խնդիրների իրականացումը կարող է վերածվել գործնական և կիրառական նշանակություն ունեցող փոքրիկ ուսումնահետազոտական աշխատանքի և նպաստել ինչպես սովորողների մոտիվացիայի բարձրացմանը, այնպես էլ նրանց որոնողական ընդունակությունների, էվրիստիկ, ստեղծագործական և տրամաբանական մտածողության զարգացմանը, ինչն էլ վերջարդյունքում կհանգեցնի ուսուցման արդյունավետության և որակի բարձրացմանը:

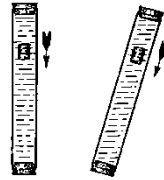
Փորձարարական առաջադրանքներ ըստ բաժինների

Մեխանիկա

122. Ձեռքի վայրկենաչափով այնպես կարգավորեք մաթեմատիկական ճոճանակի թելի երկարությունը, որ նրա տատանման պարբերությունը լինի 1վ: Օգտվելով այդ

ճոճանակից՝ որոշե՛ք թեք ճոռով գլորվող գնդիկի շարժման ժամանակը:

123. Օգտվելով քանոնից և վայրկենաչափից՝ որոշել ջրով կամ յուղով լցված ապակյա գլանում շարժվող այլումինե գլանի շարժման արագությունը (նկ. 70): Ինչպե՞ս փորձով համոզվել, որ գլանը շարժվում է հավասարաչափ:



Նկ. 70

124. Երկար թեք ճոռը տեղադրեք այնպես, որ գնդիկը նրանով գլորվի հավասարաչափ: Ձեռքի տակ ունենալով ժամանակաչափ (մետրոնոմ) և աստիճանավորված քանոն՝ փորձով համոզվել, որ գնդիկը շարժվում է հավասարաչափ:

125. Ունենալով մետրոնոմ և չափաժապավեն՝ որոշել երկար թեք ճոռով գլորվող գնդիկի շարժման միջին արագությունը:

126. Որոշել տրված փայտե չորսույի խտությունը: Չորսուն ունի զուգահեռանիստի տեսք: Խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ սարքերի ընտրությունը կատարել ինքնուրույն:

127. Որոշել տրված հեղուկի խտությունը: Խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ սարքերի ընտրությունը կատարի՛ր ինքնուրույն:

128. Որոշել քարի խտությունը՝ ունենալով կշեռք, ջրով լի ջրթափ անոթ և դատարկ բաժակներ:

129. Արկղում կան ճենապակե հոծ արձանիկներ: Որոշել ճենապակու խտությունը՝ ունենալով կշեռք, ջրով լի ջրթափ անոթ և դատարկ բաժակներ:

130. Տրված են միևնույն փայտից պատրաստված երկու չորսուներ, որոնցից մեկն ունի ուղղանկյուն գուգահեռանիստի տեսք, իսկ մյուսը տձև է: Ունենալով կշեռք և չափաքանոն՝ որոշել տձև չորսուի ծավալը:

131. Որոշել երկաթյա թիթեղի միջին հաստությունը՝ օգտագործելով կշեռք, կշռաքարեր և միլիմետրական թուղթ:

132. Որոշել ավազի խտությունը: Անհրաժեշտ սարքերի ընտրությունը կատարիր ինքնուրույն:

133. Ունենալով կշեռք և կշռաքարեր՝ որոշել, թե որքանով է տրված երկաթի կտորի ծավալը մեծ տրված պղնձե դետալի ծավալից: Արդյունքը ստուգել չափազևանի օգնությամբ:

134. Միևնույն զանգվածով երկու բաժակներից մեկը լցված է 150 սմ³ կերոսինով, իսկ մյուսը՝ 150 սմ³ ջրով: Որոշել և կշռումով ստուգել, թե որքանով է ջրով լի բաժակի զանգվածը մեծ կերոսինով լցված բաժակի զանգվածից:

135. Առանց քանդելու որոշեք փաթույթի լարի երկարությունը՝ ունենալով կշեռք, կշռաքարեր և չափաքանոն:

136. Ջրով լի չափանոթի օգնությամբ որոշել, թե ալյումինի և երկաթի տրված կտորներից որի՞ կշիռն է մեծ և քանի՞ անգամ: Ի՞նչ գործիքի միջոցով և ինչպե՞ս կարելի է ստուգել ստացված արդյունքի ճշտությունը:

137. Որոշել շշում եղած կերոսինի կշիռը՝ օգտվելով չափանոթից:

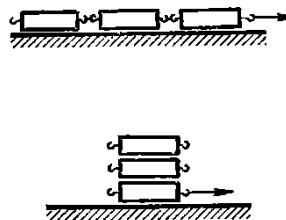
138. Ապակե գլանաձև անոթը մինչև պռունկը լցված է ջրով: Որոշել այդ ջրի կշիռը՝ օգտվելով միայն չափաքանոնից և

միլիմետրական թղթից: Անոթի պատերի հաստությունը անտեսել: Ստացված արդյունքի ճշտությունը ստուգել ք չափանոթի օգնությամբ:

139. Որոշել այլումինե չորսուի կշիռը՝ ունենալով միայն չափաքանոն: Ստացված արդյունքի ճշտությունը ստուգել ք ուժաչափի օգնությամբ:

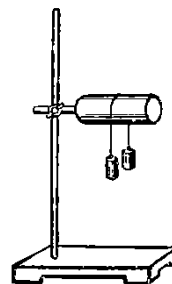
140. Օգտվելով ուժաչափից՝ ստուգել, թե սահքի շփման ուժը արդյոք կախված է հպման մակերևույթի մակերեսից, եթե տրված փայտե չորսուի բոլոր նիստերն ունեն միևնույն հղկման որակը:

141. Ուժաչափի օգնությամբ որոշեք նկար 71 - ում պատկերված երկու դեպքերում սահքի շփման ուժերը: Ի՞նչ եզրահանգման կարելի է գալ այս փորձի արդյունքներից:



Նկ. 71

142. Տրված են երկու միանման չորսուներ, մեկը փայտից, մյուսը՝ երկաթից: Ուժաչափի օգնությամբ երկու չորսուների համար որոշեք ինչպես սահքի շփման ուժը հավասարաչափ շարժման դեպքում, այնպես էլ դադարի շփման ուժի առավելագույն արժեքը:



Նկ. 72

143. Շտատիվից ամրացված է 8-12 մմ տրամագծով գլան: Տրված են թել, բեռների հավաքածու և ուժաչափ: Հավաքել նկար 72 - ում պատկերված հարմարանքը: Երկու բեռները վերցնել հավասար զանգվածներով: Որոշել թելի

և ձողի միջև դադարի շփման առավելագույն ուժը և սահքի շփման ուժը: Ինչպե՞ս են փոխվում այդ ուժերը բեռների զանգվածի կրկնապատկման արդյունքում: Պատասխանը ստուգեք փորձով:

144. Օգտվելով չափաքանոնից՝ որոշել աղյուսի ճնշումը սեղանին՝ երեք տարբեր նիստերով տեղադրելիս: Աղյուսի խտությունը $1,5 \text{ գ/սմ}^3$ է:

145. Ո՞ր նիստով պետք է սեղանին տեղադրել երկաթյա չորսուն, որպեսզի ստացվի առավելագույն կամ նվազագույն ճնշում: Որոշել այդ ճնշումը՝ օգտվելով չափաքանոնից:

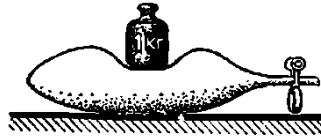
146. Սեղանին դրված է ուղղանկյունաձև ապակե թիթեղ, որի վրա տեղադրված է կապարի կտոր: Ունենալով չափանոթ և չափաքանոն՝ որոշել թիթեղի միջին ճնշումը սեղանին: Ապակու խտությունը 2.6 գ/սմ^3 է:

147. Չափաքանոնի օգնությամբ որոշեք, թե քանի՞ անգամ է փոքրանում աթոռակի ճնշումը հատակին, երբ այն շուռ ենք տալիս և նստատեղով դնում հատակին:

148. Աշակերտը, որը ձեռքում պահում է 12 կգ զանգվածով բեռ, կանգնած է հատակին: Ունենալով միլիմետրական թուղթ՝ որոշեք աշակերտի գործադրած ճնշումը հատակին: Ինչպե՞ս այդ ճնշումը մեծացնել երկու անգամ:

149. Որոշել, թե որքանո՞վ կավելանա ճնշումը օդով լցված և փակված վոլեյբոլի գնդակի կամերայում, եթե նրա վրա տեղադրվի կշռաքար (նկ. 73): Տրված է միայն չափաքանոն:

150. Ինչպե՞ս մեծացնել (փոքրացնել) օդի ճնշումը կոլբայում, որը միացված է բաց հեղուկային մանոմետրին: Կատարել փորձ:



Նկ. 73

151. Ունենալով ջրով լցված բաժակ՝ ինչպե՞ս որոշել, թե տրված երկու փայտե չորսուններից ո՞րն ունի ավելի մեծ խտություն:

152. Ունենալով ուժաչափ և չափաքանոն՝ պարզաբանել, թե կսուզվի՞ արդյոք տրված չորսուն ջրում: Պատասխանը ստուգել փորձով:

153. Պլաստիլինի կտոր պարունակող փակ կոլբան լողում է ջրում: Կփոխվի՞ արդյոք դրա խորասուզման չափը, եթե պլաստիլինը կոլբային ամրացնենք արտաքին կողմից:

154. Օգտվելով ջրով լցված չափազևանից՝ որոշել պարաֆինի կտորի կշիռը: Արդյունքը ստուգել փորձով:

155. Մեղանին դրված է շտատիվի ձողը: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի այն բերել ուղղահայաց դիրքի: Օգտվել ուժաչափից և չափաքանոնից:

156^o. Որոշեք բժշկական կաթոցիկի խողովակի պատերի հաստությունը: *Մարքեր և նյութեր.* բժշկական կաթոցիկի խողովակ, ներարկիչ, քանոն, ջուր:

157^o. Որոշեք անկյունակի զանգվածների կենտրոնը և զանգվածը: *Մարքեր և նյութեր.* անկանոն ձև ունեցող կողմերով անկյունակ, 1գ զանգվածով մետաղե դրամ, կշեռք, քանոն:

158º. *Աերումետր - խտաչափ:* Որոշեք պլաստիլինի զանգվածը և աղաջրի խտությունը: *Սարքեր և նյութեր.* սինթետիկ ձող, պլաստիլին, մետաղալար, քանոն, բաժակ, ջուր, աղաջուր:

159º. *Թեք հարթություն:* Որոշեք բեռի և չորսուի զանգվածների հարաբերությունը: *Սարքեր և նյութեր.* ամրակալան թաթիկով, տախտակ, ճախարակ, թել, չորսու և գլանաձև բեռ, քանոն:

160º. *Շփում:* Շփման ուժի ուսումնասիրությունը և չորսուի ու սեղանի միջև շփման գործակցի որոշումը: *Սարքեր և նյութեր.* Զսպանակ, բեռների հավաքածու, քանոն, ամրակալան:

Մոլեկուլային ֆիզիկա և ջերմային երևույթներ

161. Սենյակային ջերմաչափերից մեկը տեղադրեք արևի տակ, իսկ մյուսը ստվերում: 3-4 ր հետո համեմատեք արդյունքները: Ի՞նչ եզրակացության կարելի է գալ՝ ելնելով փորձի արդյունքներից: Ո՞ր ջերմաչափն է ցույց տալիս օդի իրական ջերմաստիճանը:

162. Ունենալով 100°C - ին մոտ ջերմաստիճանի տաք ջուր, ջերմաչափ և ժամացույց՝ կառուցել ջրի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից կախումն արտահայտող գրաֆիկը: Ե՞րբ է ջուրը արագ հովանում՝ փորձի սկզբում, թե՞ վերջում: Բացատրել պատճառը:

163. Ե՞րբ են ջրերը արագ խառնվում՝ երբ տաք ջրի վրա ավելացնում են սառը, թե՞ երբ սառը ջրի վրա են ավելացնում տաք: Երկու դեպքում էլ տաք ու սառը ջրերը վերցվում են միևնույն քանակով: Պատասխանը հիմնավորել և օգտվելով ջերմաչափից՝ ստուգել փորձով:

164. Ո՞ր մասից պետք է տաքացնել ջրով լցված փորձանոթը (մեջտեղի՞ց, թե՞ ներքևի մասից), որպեսզի ամբողջ ջուրը արագ տաքանա և եռա: Կատարել փորձ:

165. Ձեր տրամադրության տակ ունեք ջերմաչափ, չափանոթ և էլեկտրասալիկ: Հաշվարկել, թե մինչև որ ջերմաստիճանը կտաքանա կալորաչափի ջուրը, եթե նրա մեջ ընկղմենք 500գ զանգվածով չուգունե կշռաքար, որը նախապես տաքացվել էր եռման ջրում: Ստացված արդյունքը ստուգեք փորձով: Բացատրեք արդյունքների տարբերության պատճառը:

166. Հաշվարկել երկու հավասար քանակներով տաք ու սառը ջրերի խառնուրդի ջերմաստիճանը: Փորձով ստուգել տեսական ճանապարհով ստացված արդյունքի ճշտությունը:

167. Ձեր տրամադրության տակ ունեք ջերմաչափ, կշեռք և կշռաքարեր: Որոշել, թե ի՞նչ ջերմաստիճան կունենա ի սկզբանե սենյակային ջերմաստիճանում գտնվող ապակե բաժակը, եթե նրա մեջ լցնենք 50 գ տաք ջուր (60-70°C): Պատասխանը ստուգեք փորձով: Որոշեք համակարգի ջերմային կորուստները:

168. Միևնույն քանակությամբ և ջերմաստիճանի տաք ջրեր պարունակող երկու միատեսակ անոթներից մեկի մեջ ընկղմում են կապարե մարմին, իսկ մյուսի մեջ՝ ալյումինե մարմին: Կապարի և ալյումինի զանգվածները հավասար են: Մի քանի րոպեից ո՞ր անոթում կհաստատվի ավելի ցածր ջերմաստիճան: Պատասխանը ստուգել փորձով: Ո՞ր մարմինը ջրից կստանա ավելի մեծ ջերմաքանակ:

169. Ունենալով ջերմաչափ և 150գ զանգվածով կերոսին պարունակող կալորաչափ՝ որոշել էլեկտրասալիկի վրա

տաքացված անագե մարմնի ջերմաստիճանը: Ջերմային կորուստներն անտեսել:

170. Եթե մետաղական կշռաքարը պահենք ձեռքում, ապա այն ավելի սառը կթվա քան շրջակա օդը: Ունենալով ջերմաչափ, չափանոթ և ջրով լցված կալորաչափ՝ կատարել փորձ, որի օգնությամբ պարզ կդառնա, որ մեր զգայարանները «խաբուս են»:

171. Չափանոթը լցված է ջրով, որի վրա լողում է սառույցի կտոր: Կփոխվի՞ արդյոք անոթի ջրի մակարդակը սառույցը հալվելուց հետո: Կատարել փորձ:

172. Հաշվարկեք, թե արդյո՞ք տրված 0°C ջերմաստիճանի սառույցը ամբողջովին կհալվի կալորաչափում եղած ջրի մեջ: Օգտվելով չափանոթից և ջերմաչափից՝ փորձով հաստատեք՝ հաշվումների արդյունքները:

173. Ձեր տրամադրության տակ ունենալով կշեռք, կշռաքարեր, ջերմաչափ և տաք ջուր պարունակող կալորաչափ՝ որոշեք սառնարանից բերված սառույցի սկզբնական ջերմաստիճանը:

174. Ձեր տրամադրության տակ ունեք կշեռք, կշռաքարեր և ջերմաչափ: Պարզեք, թե ամբողջությամբ կհալվի՞ արդյոք նավթալինի կտորը $95 - 100^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանով տվյալ քանակությամբ տաք ջրում: Պատասխանը ստուգել փորձով: Նավթալինի հալման ջերմաստիճանը 80°C է, հալման տեսակարար ջերմությունը՝ 36°Կալ/գ , տեսակարար ջերմունակությունը՝ $32^{\circ}\text{Կալ/գ.աստ}$:

175. Ձեր տրամադրության տակ ունեք կշեռք, կշռաքարեր, ջրով լցված բաժակ, սպիրտ և սպիրտայրոց: Որոշել, թե ի՞նչ

զանգվածով սպիրտ է անհրաժեշտ այրել սպիրտայրոցում, որպեսզի տվյալ զանգվածով 0°C -ի սառույցը հալվի տաքանա ու վերածվի եռման ջրի: Սպիրտայրոցի ՕԳԳ - ն 40% է:

176. Միևնույն զանգվածով կապարե, պղնձե և պողպատե գնդիկները դուրս են բերում տաք ջրից ու դնում պարաֆինի վրա: Ո՞ր գնդիկի տակ ավելի շատ պարաֆին կհալվի: Պատասխանը ստուգեք փորձով:

177. Ինչպե՞ս կփոխվի ջրի ջերմաստիճանը, եթե նրա մեջ լուծենք կերակրի աղ: Արեք դատողություններ և դրանք հիմնավորեք փորձի կատարմամբ:

178. Կշեռքի մի նժարին դրված է անոթ, որում կա սպիրտ, իսկ մյուսում՝ դրան համակշռող կշռաքարեր: Կլինի՞ արդյոք կշեռքը հավասարակշռված 10-15ր անց: Արեք դատողություններ և դրանք հիմնավորեք փորձի կատարմամբ:

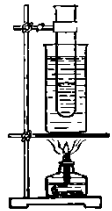
179. Կշռման ճանապարհով ցույց տալ, որ գոլորշանում են ոչ միայն հեղուկները, այլև պինդ մարմինները, օրինակ՝ նավթալինը (հարմար է փորձը կատարել նավթալինի փոշով):

180. Ձեր տրամադրության տակ ունեք երեք ջերմաչափեր, որոնցից երկուսը պատված են թաց կտորի բարակ շերտով: Փորձով ցույց տալ, որ ջրի գոլորշացման արագությունը կախված է նրա ջերմաստիճանից և օդի հոսքի արագությունից:

181. Բավականին մեծ լայնական հատույթի մակերեսով երկու միատեսակ անոթները լցված են հավասար քանակությամբ միևնույն ջերմաստիճանի տաք ջրերով: Անոթներից մեկի ջրի վրա կաթեցնենք մի քանի կաթիլ յուղ: Ձերմաչափի օգնությամբ

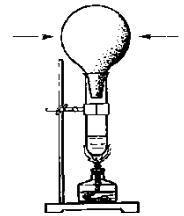
ստուգել, թե արդյոք նույնը կլինե՞ն անոթների ջրերի ջերմաստիճանները որոշ ժամանակ անց:

182. Հավաքեք նկար 74 - ում պատկերված տեղանքը: Բաժակի և փորձանոթի մեջ լցրեք ջուր: Կեռա՞ արդյոք փորձանոթի ջուրը, երբ բաժակի ջուրը սկսի եռալ: Փորձեք բացատրել փորձի արդյունքը:



Նկ. 74

183. Հավաքեք նկար 75 - ում պատկերված տեղանքը: Ինչպե՞ս կփոխվի բաժակի ջրի եռման պրոցեսը, եթե սեղմելով ռետինե տանձը՝ ավելացվի օդի ճնշումը նրա վրա:



Նկ. 75

184. Ինչպե՞ս որոշել ոչ մեծ չափսերի պողպատե չորսուի զանգվածը՝ ունենալով սպիրտայրոց, ջրով լցված անոթ, կալորաչափ և չափանոթ: Կարող եք օգտվել նաև ֆիզիկական տեղեկատուից: Կալորաչափի զանգվածն ու տեսակարար ջերմունակությունը հայտնի են:

185. Ինչպե՞ս որոշել սառի բարձրությունը՝ ունենալով ջեռուցիչ, ջրով լցված կաթսա և ճշգրիտ ջերմաչափ:

186. Զօգտվելով որևէ սարքից՝ ցույց տալ, որ օճառի լուծույթի մակերևութային լարվածության գործակիցը ավելի փոքր է, քան մաքուր ջրին:

187. Ինչպե՞ս որոշել ջրի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը՝ օգտվելով սառնարանից, անորոշ ծավալով անոթից, ժամացույցից, հավասարաչափ այրվող գազայրիչից: Ջրի տեսակակար ջերմունակությունը հայտնի է:

188. Դրսում ձյուն է, իսկ սենյակում՝ տաք: Սակայն սենյակի ջերմաստիճանը հնարավոր չէ չափել, քանի որ ջերմաչափ չունեք: Ձեր տրամադրության տակ կա գալվանական տարրերի հավաքածու, ճշգրիտ վոլտաչափ ու ամպերաչափ, երկար պղնձե հաղորդալար և ֆիզիկայի տեղեկագիրք: Դրանց միջոցով հնարավոր է որոշել սենյակի ջերմաստիճանը:

189. Հայտնի է, որ սառույցի ծավալն ավելի մեծ է քան նույն զանգվածով ջրինը: Կարո՞ղ եք պարզ փորձի միջոցով որոշել ծավալների այդ տարբերությունը:

190. Տեխնիկական նպատակներով հաճախ օգտագործում են գետերի և ջրամբարների մեջ առաջացած սառույցի մեծ կտորները: Ի՞նչ պետք է անել, որ սառույցի այդ կտորները ստացվեն ավելի հաստ:

191. Հետազոտել, թե կփոխվի՞ արդյոք ջրի տաքացման արագությունն անոթում, եթե ջրի մակերևույթը պատենք յուղի բարակ շերտով:

192. Գտեք առավել պարզ միջոց անհայտ նյութի մոլային զանգվածը որոշելու համար:

193. Ձեր տրամադրության տակ ունեք մի ծայրը զոդված ապակե նեղ խողովակ՝ լցված օդով, որը սնդիկով անջատված է մթնոլորտից: Բացի այդ ունեք նաև ճշգրիտ միլիմետրական քանոն: Դրանց միջոցով փորձեք որոշել մթնոլորտային ճնշումը:

194. Ինչպես՞ կարող եք որոշել ճնշումը ֆուտբոլի գնդակում՝ ունենալով զգայուն կշեռք և քանոն:

195º. Որոշեք սառույցի հալման տեսակարար ջերմությունը: *Սարքեր և նյութեր.* մոտ -20°C ջերմաստիճանի սառույց ($4-6\text{ սմ}^3$ ծավալով), կալորաչափ, անհրաժեշտ քանակությամբ ջուր, չափասրվակ, ջերմաչափ:

196º. Ուսումնասիրեք ջերմահաղորդման պրոցեսը և պարզեք, թե ինչպե՞ս է ջերմային կորուստների հզորությունը կախված բաց անոթի և շրջապատի ջերմաստիճանների տարբերությունից: Համեմատեք այդ կախումը գոլորշու ճնշման՝ ջերմաստիճանից կախվածության հետ: *Սարքեր և նյութեր.* փորձանոթ, տաք ջուր, ջերմաչափ, ժամացույց, միլիմետրական թուղթ, ջրի հագեցած գոլորշու ճնշման՝ ջերմաստիճանից կախվածության աղյուսակ:

197º. Հետազոտել անոթի հովացումը սենյակում: Ապացուցել, որ ջերմային կորուստները ուղիղ համեմատական են ջրի և սենյակի ջերմաստիճանների տարբերությանը: Որոշել սենյակի ջերմաստիճանը: Ինչպե՞ս է ազդում ջերմային կորուստների վրա անոթի վրա փաթաթած ալյումինե թիթեղը: *Սարքեր.* տաք ջրով անոթ, ջերմաչափ, վայրկյանաչափ, ալյումինե թիթեղ:

Էլեկտրական և մագնիսական երևույթներ

198. Փորձով համոզվեք, որ էրոնիտե ձողով ռետիներ խողովակին հարվածելիս կամ դրանց շփման արդյունքում այդ երկու մարմինները լիցքավորվում են տարանուն լիցքերով: Այդ նպատակով օգտագործեք երկու էլեկտրացույց, ապակե ձող և մետաքս:

199. Ինչպե՞ս կարելի է էրոնիտե ձողի տարբեր ծայրերը լիցքավորել տարանուն լիցքերով: Կարելի՞ է արդյոք նույնը անել

անագե ձողի հետ, որը ամրացված է անհաղորդիչ բռնակով: Պատասխանը հիմնավորեք և ստուգեք փորձով:

200. Բարակ թելից կախված բարակ չոր փայտի օգնությամբ պարզել, որ լիցքավորված գնդի շրջակայքում առկա է էլեկտրական դաշտ: Ցույց տալ, թե ինչպե՞ս է ձողի վրա ազդող էլեկտրական ուժերի ազդեցությունը կախված գնդիկից ունեցած հեռավորությունից:

201. Ինչպե՞ս կարելի է երկու անգամ փոքրացնել էլեկտրացույցի մետաղական գնդիկի լիցքը՝ ձեռքի տակ ունենալով ևս մեկ նմանատիպ չլիցքավորված մետաղական գունդ: Կարելի՞ է արդյոք նույնը անել ապակե գնդերի համար:

202. Օգտվելով լիցքավորված ձողի էլեկտրական դաշտից՝ ինչպե՞ս ստիպել, որ բամբակի կտորը ճախրի օդում: Կատարել փորձն ու տալ ֆիզիկական մեկնաբանություն:

203. Երկաթե և ցինկե թիթեղները մտցնելով հում կարտոֆիլի մեջ՝ պատրաստել գալվանական էլեմենտ: Գալվանամետրի օգնությամբ պարզել այդ էլեմենտի բևեռների նշանները: Պարզել, թե ինչպե՞ս է կախված գալվանական էլեմենտի սլաքի շեղման անկյունը թիթեղների խորացման չափից:

204. Օգտվելով չափաքանոնից, ամպերաչափից, վոլտաչափից և ակումուլյատորից՝ որոշեք նիկելինե լարի հատույթի մակերեսը: Պատասխանը ստուգեք միկրոմետրի օգնությամբ:

205. Ակումուլյատորը, ամպերաչափը և նիկելինե լարը միացված են հաջորդաբար: Չափաքանոնի օգնությամբ որոշեք լարման անկումը հոսանքակիր լարի ծայրի և նրա որևէ կետի միջև: Վոլտաչափով ստուգեք արդյունքը:

206. Էլեմենտների մարտկոցով, միլիամպերաչափով և 10Օմ դիմադրությամբ ռեզիստորով կազմեք շղթա: Գրանցեք սարքի ցուցմունքը: Ինչքա՞ն կլինի ամպերաչափի ցուցմունքը, եթե 10Օմ դիմադրությամբ ռեզիստորը փոխարինեք 5Օմ

դիմադրությամբ ռեզիստորով: Պատասխանը ստուգեք փորձով: Արդյո՞ք ստացված արդյունքը չի հակասում Օհմի օրենքին:

207. Ձեռքի տակ ունենալով ակումուլյատոր, ամպերաչափ, վոլտաչափ, լամպ, բանալի և ռեոստատ՝ որոշեք լամպի թելիկի և ռեոստատի աշխատանքային մասի դիմադրությունը լամպի նորմալ լուսարձակման դեպքում:

208. Ունեք ռեոստատ, որի օգնությամբ կարելի է սահուն կերպով փոփոխել լամպի լարումը մինչև 3.5Վ չափով: Լամպը միացված է 6Վ լարման ցանցին: Հավաքեք շղթա, ցուցադրեք ռեոստատի աշխատանքը և պարզաբանեք ռեոստատի դերը:

209. Ինչպե՞ս որոշել ցանցի լարումը, եթե այն գերազանցում է 200Վ – ը, ունենալով 150Վ լարման համար նախատեսված վոլտաչափեր:

210. Օգտվելով էլեկտրասալիկի, լամպի և կենցաղային այլ սարքերի մասին հասանելի տվյալներից՝ որոշել 5ր - ում դրանցից յուրաքանչյուրի սպառած էներգիան:

211. 220Վ լարման համար նախատեսված երկու լամպերն ունեն միևնույն արտաքին տեսքը, սակայն տարբեր հզորություններ: Լամպերի վրա գրված ցուցմունքները ջնջված են: Ինչպե՞ս փորձնական ճանապարհով որոշել, թե դրանցից ո՞րն ունի ավելի մեծ հզորություն:

212. Նույն հզորությամբ երկու լամպերն ունեն միևնույն արտաքին տեսքը, սակայն տարբեր հզորություններ: Լամպերի վրա գրված ցուցմունքները ջնջված են: Ինչպե՞ս փորձնական ճանապարհով որոշել, թե դրանցից որն է նախատեսված ավելի մեծ լարման համար (220Վ)՝ ունենալով լարեր և 220Վ լարման աղբյուր: Պատասխանը հիմնավորել և կատարել փորձ:

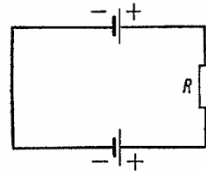
213. Տարբեր դիմադրություններով լամպերից որո՞վ կանցնի ավելի մեծ հասանք, եթե դրանք առանձին միացնենք

նախատեսված լարման ցանցին: Պատասխանը ստուգեք ամպերաչափի օգնությամբ:

214. Գալվանական էլեմենտների կամ ակումուլյատորի և տեստերի օգնությամբ որոշել էլեկտրասալիկի, արդուկի և 220Վ լարման համար նախատեսված տարբեր լամպերի դիմադրությունները:

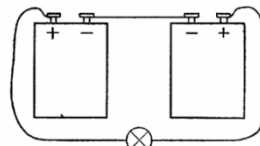
215. Ինչպե՞ս չափել 10-12 Վ լարում ունեցող հոսանքի աղբյուրի լարումը՝ ունենալով մինչև 6Վ լարում չափող վոլտաչափ և 50-60Օմ դիմադրությամբ երկու միատեսակ ռեզիստորներ:

216. Նույն էլՇու - ով երկու աղբյուրներ միացված են նկար 76 - ում պատկերված ձևով: Կա՞ արդյոք հոսանք շղթայում: Ինչի՞ է հավասար լարումը էլեմենտներից յուրաքանչյուրի սեղմակներում: Կատարել փորձ:



Նկ. 76

217. Էլեկտրական շղթան բաղկացած է երկու միատեսակ գալվանական էլեմենտներից և լամպից (նկ. 77): Կլուսարձակի՞ արդյոք լամպը: Ի՞նչ տարբերակներով կարելի է կազմել շղթա, որպեսզի լամպը լուսարձակի: Կատարել փորձ:



Նկ. 77

218. Ինչու՞ չի կարելի բաց ձեռքերով դիպչել չմեկուսացված հոսանքակիր էլեկտրական լարերին:

219. Մի փակ արկղում գտնվում է ռեոստատ, մյուսում՝ կոնդենսատոր, երրորդում՝ ինդուկտիվության կոճ: Նշված էլեմենտների ծայրերը միացված են արկղերի սեղմակներին: Ինչպե՞ս կարելի է իմանալ, թե ինչ է գտնվում յուրաքանչյուր արկղում՝ չբացելով արկղերը: Տրված են միևնույն լարման երկու աղբյուր՝ հաստատուն և փոփոխական, ինչպես նաև այդ լարման համար հաշվարկված լամպ:

220. Հարկավոր է հաշվարկել այն հզորությունը, որը ծախսում է հեռուստացույցն ընդհանուր էլեկտրական ցանցից: Ձեր տրամադրության տակ կան սեղանի էլեկտրալամպ, թելով կոճ, երկաթի կտոր և էլեկտրական հաշվիչ: Ինչպե՞ս կարող եք առաջադրանքը կատարել միայն նշված պարագաների օգնությամբ:

221. Ինչպե՞ս կարող եք որոշել էլեկտրական արդուկի դիմադրությունը բանոդ ռեժիմում՝ օգտվելով էլեկտրական հաշվիչից և ռադիոընդունիչից: Ցանկալի է դիտարկել երկու տեսակի՝ էլեկտրացանցից և գալվանական տարրից սնուցվող ռադիոընդունիչների աշխատանքը:

222. Կողմնացույցի օգնությամբ որոշեք թղթով փաթաթված մագնիսի բևեռները:

223. Ինչպե՞ս իմանալ, մագնիսացված է պողպատե ձողը, թե՞ ոչ՝ տրամադրության տակ ունենալով պղնձե հաղորդալարի կտոր և թել:

224. Մագնիսական միջօրեականի ուղղության որոշման համար թույլատրվել է օգտագործել ջրով լցված բաժակ, անուշադրի սպիրտի լուծույթ, դանակ, պղնձե հաղորդալար, ցինկե փոքր թիթեղ և խցան: Հնարավո՞ր է արդյոք այս պարագաներով կատարել փորձը:

225. Ինչպե՞ս որոշել ավտոմեքենայի ակումուլյատորի բևեռների նշանները (այն հին է և գրվածը չի երևում)՝ ունենալով երկու պղնձե հաղորդալար և սովորական հում կարտոֆիլ:

226. Ունեք ակումուլյատոր, որի էլշուն և ներքին դիմադրությունն անհայտ են: Տրված են նաև ամպերաչափ միացման հաղորդալարեր և երկու ռեզիստոր՝ հայտնի և անհայտ դիմադրություններով: Ինչպե՞ս որոշել անհայտ

դիմադրությունը: Կարող եք որոշել ակունույաստորի էլշուն և ներքին դիմադրությունը:

227. Ինչպե՛ս կարելի է որոշել ֆիզիկայի լաբորատորիայի ծավալը՝ օգտագործելով պղնձե հաղորդալարի կծիկ, կշռաքարերով կշեռք, մարտկոց, վոլտաչափ, ամպերաչափ և ֆիզիկայի տեղեկագիրք:

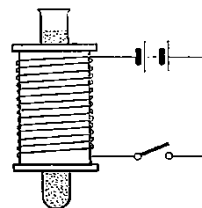
228. Ինչպե՛ս կկատարեք նախորդ առաջադրանքը՝ ունենալով միայն հաղորդալարի կծիկ, կշռաքարերով կշեռք և ֆիզիկայի տեղեկագիրք:

229. Կառուցեք թերմիստորի դիմադրության՝ ջերմաստիճանից կախումն արտահայտող գրաֆիկը: *Սարքեր և նյութեր*՝ թերմիստոր, ջրով բաժակ, հոսանքի աղբյուր, էլեկտրաջեռուցիչ, վոլտաչափ, ամպերաչափ և ջերմաչափ:

230. Նեոնային լամպերը բնութագրվում են բոնկման լարման որոշակի արժեքով: Ի՞նչ միջոցներով կարելի է փոփոխել լարման այդ արժեքը լամպերը նախագծելիս:

231. Կողմնացույցի օգնությամբ պարզել, թե մագնիսացվա՞ծ է արդյոք տրված ածելին: Եթե մագնիսացված է, ապա որոշեք նաև բևեռները: Սպիրտայրոցի և բոնակի օգնությամբ ածելին ապամագնիսացրեք: Փորձով համոզվեք որ այն ապամագնիսացել է:

232. Կուլայում գտնվող երկաթե փոշեհատիկները մագնիսացնել (նկ. 78): Մագնիսասական բևեռները որոշեք կողմնացույցի օգնությամբ: Հետո ապամագնիսացրեք խարտուքը և փորձով ստուգեք ապամագնիսացված լինելը: Բոլոր փորձերը բացատրեք:



Նկ. 78

233. Ձեր տրամադրության տակ ունեք պողպատյա երկու ձողեր, որոնցից մեկը մագնիսացված է: Ինչպե՞ս մագնիսի օգնությամբ որոշել, թե դրանցից ո՞րն է մագնիսացված:

234^o. Որոշեք ռեոստատի հաղորդալարի տեսակարար դիմադրությունը: *Մարքեր և նյութեր.* ռեոստատ, լարման աղբյուր, հաղորդալարեր, բանալի, ամպերաչափ, վոլտաչափ, թել, քանոն:

235^o. Գտեք մագնիսի դաշտի ինդուկցիայի կախումը հեռավորությունից՝ մագնիսի առանցքի երկայնքով: *Մարքեր և նյութեր.* կողմնացույց, մագնիս և քանոն:

Օպտիկական երևույթներ

236. Ինչպե՞ս ձողի և չափաքանոնի օգնությամբ արևոտ եղանակին որոշել ծառի բարձրությունը:

237. Ինչպե՞ս ստանալ ձողի տարբեր երկարությամբ ստվերներ: Կատարեք փորձ:

238. Ինչու՞ վիթահատական սեղանը լուսավորում են բազմաթիվ լամպերով:

239. Ձեռքի տակ ունենալով անթափանց տուփ, ասեղ, սկոտչ՝ պատրաստեք մթնախուց և վերջինիս օգնությամբ ստացեք առարկաների պատկերներ: Ինչպիսի՞ն են այդ պատկերները:

240. Որոշեք կլոր մատիտի ստվերի տիրույթը՝ որպես լույսի աղբյուր օգտագործելով գլանաձև գազալուսային լամպ: Մատիտը և լամպը տեղադրեք միմյանց զուգահեռ:

241. Ունենալով փայլատ լամպ և գլոբուս՝ սենյակի պատի վրա ստացեք գլոբուսի ստվերն ու կիսաստվերը: Կատարեք փորձ ու համեմատեք տեսական հաշվարկների հետ:

242. Սեղանին տեղադրեք հարթ հայելի, նստեք դրա դիմաց և փակեք աջ աչքը: Հայելու վրա սոսնձեք թղթի կտոր այնպես, որ փակ աչքը չերևա: Այնուհետև, առանց փոխելու գլխի ու թղթի դիրքը, փակեք ձախ աչքն ու բացեք աջը: Արդյունքում կրկին փակ աչքը չեք տեսնի: Կատարեք փորձն ու բացատրեք այն:

243. Փոքր հարթ հայելու մեջ նայելով՝ կհամոզվեք, որ ձեր դեմքի պատկերը ամբողջությամբ չեք տեսնում: Ի՞նչ կլինի, եթե հայելին մոտեցնենք կամ հեռացնենք: Կատարեք փորձ և տվեք բացատրություն:

244. Թերթով փակելով ուղղաձիգ տեղադրված բարձր հայելու տարբեր մասերը՝ պարզեք, թե որքա՞ն պետք է լինի նրա նվազագույն բարձրությունը, որպեսզի կարդանաք տեսնել ձեզ ամբողջ հասակով:

245. Կանգնեք հարթ հայելու դիմաց: Ձեր հայելային արտապատկերումը կարծես ձեր կրկնօրինակն է: Շարժեք ձեր աջ ձեռքը: Ո՞ր ձեռքը կշարժի ձեր պատկերը:

246. Կանգնեք երկնիստ հարթ հայելու դիմաց: Շարժեք ձեր աջ ձեռքը: Ո՞ր ձեռքը կշարժի ձեր կրկնակի անդրադարձման արդյունքում ստացված պատկերը:

247. Նույն չափերի երեք ուղղանկյուն հայելուց հավաքեք եռանիստ անկյուն՝ անդրադարձնող ներքին մակերևույթով:

248. Վերևից նայեք լողավազանի հատակին ընկած մետաղադրամին: Ի՞նչ կարող եք ասել նրա պատկերի մասին: Փորձեք տալ տեսական բացատրություն:

249. Ինչպե՞ս արևոտ եղանակին չափել հեռատեսի ալկնոցի ապակիների օպտիկական ուժը:

250. Ունեք երկու հավաքող ոսպնայկներ և գտնվում եք էլեկտրական լամպով լուսավորված սենյակում: Ուրիշ ոչ մի հատուկ սարք ձեր տրամադրության տակ չկա: Ինչպե՞ս կարող

եք որոշել, թե ոսպնյակներից ո՞րն ունի ավելի մեծ օպտիկական ուժ:

251. Ունեք երկու ոսպնյակներ որոնցից մեկը հավաքող է, մյուսը՝ ցրող: Ինչ՞ եղանակով կարող եք որոշել, թե դրանցից ո՞րն ունի ավելի մեծ օպտիկական ուժ:

252. Երկու հավաքող ոսպնյակները տեղադրեք այնպես, որ նրանցով անցնող լույսի փունջը մնա զուգահեռ:

253. Հավաքող և ցրող ոսպնյակները տեղադրեք այնպես, որ նրանցով անցնող լույսի փունջը մնա զուգահեռ:

254. Երկու միատեսակ գնդաձև անոթներ լցված են տարբեր հեղուկներով: Ինչպե՞ս կարող եք որոշել, թե որ հեղուկում է լույսի տարածման արագությունն ավելի մեծ: Ձեր տրամադրության տակ կան էլեկտրական լամպ և մաքուր սպիտակ թուղթ:

255. Ինչպե՞ս կարող եք որոշել գոգավոր սֆերիկ հայելու շառավիղը՝ ունենալով վայրկենաչափ և հայտնի շառավղով պողպատե փոքրիկ գնդիկ:

256. Երկու միատեսակ գնդաձև անոթներից մեկի մեջ լցված է ջուր, իսկ մյուսի մեջ՝ սպիրտ: Սեղանի լամպի օգնությամբ կարո՞ղ եք որոշել, թե որ անոթն է պարունակում ջուր և որը՝ սպիրտ:

257. Վերցրեք ուղղանկյուն զուգահեռանիստի ձև ունեցող ջրով լցված անոթ և նրա վրա ուղղեք զուգահեռ ճառագայթների փունջ, որից հետո ջրի մեջ խորասուզեք շրջանաձև հիմքով սովորական դատարկ փորձանոթ: Ինչպիսի՞ն կլինի ճառագայթների ընթացքը փորձանոթով անցնելիս:

258. Վերցրեք 60x80 մմ չափսի երկու ապակե թիթեղ: Դրանցից մեկի մակերևույթը թեթևակի պատեք վազելինով, իսկ մյուսը՝ տալկով: Թիթեղների անկյունները սոսնձեք թղթով: Այդ

թիթեղներով նայեք լամպի շիկացման թելիկին: Լամպի շուրջը կնկատեք ծիածանանման գույներ: Կատարեք փորձն ու տվեք բացատրություն:

259. Կարելի՞ է արդյոք սառույցի օգնությամբ կրակ ստանալ: Կատարեք փորձը:

260. Լուսանկարչական ապարատի օբյեկտիվի վրա ամրացրեք թղթի կտոր: Նկարեք այդ ապարատով և պարզաբանեք թե ստացված լուսանկարների վրա ինչպե՞ս է երևում այդ թուղթը:

261. Եթե քիչ թափանցիկ, մաքուր կտորով դիտեք հեռվում վառվող լամպը, ապա կնկատեք լուսավոր բծերի բազմություն՝ դասավորված որոշակի հերթականությամբ: Եթե շորի կտորը ուժեղ ձգեք կամ պահեք թեքության տակ, ապա բծերը կփոխեն իրենց դիրքը: Կատարեք փորձը և տվեք դիտվող երևույթի բացատրությունը:

262. Եթե սպիրտայրոցի վրա տաքացնենք պղնձե թիթեղը, ապա նրա մակերևույթին կառաջանան տարբեր գույնի հետքեր: Բացատրեք պատճառը:

263. Պատրաստեք օձառաջրի թաղանթ: Երկար պահելով կարող եք նկատել, որ օձառաջրի գունավորումը աստիճանաբար փոխվում է: Կատարել փորձ և բացատրել դիտվող օպտիկական երևույթները:

264. Մովորական խոշորացույցը թվում է՝ պետք է խոշորացնի բոլոր օբյեկտները: Սակայն գոյություն ունեն օբյեկտներ, որոնք խոշորացույցը չի մեծացնում: Որո՞նք են դրանք:

265. Կարո՞ղ է արդյոք երկուռուցիկ ոսպնյակը, գտնվելով օդում, ցրել իր վրա ընկնող զուգահեռ ճառագայթները:

266. Տիեզերագնացների դիտումներով Երկրի մակերևույթից շատ մեծ հեռավորությունների վրա ցերեկային երկինքը թվում է կատարյալ սև ու այնտեղ աստղեր են երևում: Իսկ ինչու՞ է մեզ երկինքը երևում կապույտ:

- 267.** Կարո՞ղ է արդյոք երկուռուցիկ ոսպնյակը ցրել իր վրա ընկնող լուսային փունջը, իսկ երկգոգավորը՝ հավաքել:
- 268.** Առաստաղից կախեք 2սմ տրամագծով օղակ: Կանգնեք օղակից 4-5 մ հեռավորության վրա: Ձեռքի ափով ձախ աչքը փակած մոտեցեք օղակին ու փորձեք մյուս ձեռքի մատիտը մտցնել օղակի մեջ: Ինչու՞ է դա դժվար անել:
- 269.** Որոշել հեղուկի բեկման ցուցիչը: *Մարքեր և նյութեր.* ջրով լցված բաժակ, քանոն, լամպ, գալվանական տարր, Էկրան:
- 270.** Գնահատել ապակու բեկման ցուցիչը մանրադիտակի օգնությամբ: *Մարքեր և նյութեր.* մանրադիտակ, ապակիների հավաքածու:
- 271⁰.** *Օպտիկական խաբկանք:* Որոշեք ջրի բեկման ցուցիչը: *Մարքեր և նյութեր.* բաժակ, ջուր, քանոն, մետաղի կտոր, ձողիկ:
- 272⁰.** Լույսի աղբյուրի գալարների միջև հեռավորության որոշումը: *Մարքեր:* շիկացման լամպ, ոսպնյակ, Էկրան, քանոն:
- 273⁰.** Որոշեք շաքարաջրի բեկման ցուցիչը: *Մարքեր և նյութեր.* շաքարաջուր, բժշկական ներարկիչ, միլիմետրական թուղթ:

ՊԱՏԱՍԽԱՆՆԵՐ ԵՎ/ԿԱՄ ՑՈՒՑՈՒՄՆԵՐ

1. Պատ՝. 150 վ:

2. Պատ՝. 5 մ/վ:

3. Պատ՝. ա) 173,9 կմ/ժ; 4,47°, բ) 127,4 կմ/ժ; 6,08°:

4. Պատ՝. 0,5մ/վ; 0,88մ/վ²:

5. Պատ՝.
$$h = \frac{2utg^2\alpha}{g}(v \cos \alpha - u):$$

6. Պատ՝. 1740,7 մ:

7. Պատ՝. 0,5 վ; 11,25 մ; 2վ; 10մ:

8. Պատ՝. 0,75մ:

9. Պատ՝. 45°:

10. Պատ՝. 0,2մ/վ; $2 \cdot 10^3$ մ/վ²; 10^{-4} վ; 10^{-5} մ:

11. Պատ՝. $7,2 \cdot 10^{-20}$ Ն; $8 \cdot 10^{10}$ մ/վ²; $12 \cdot 10^{-7}$ վ; $30,6 \cdot 10^{-3}$ մ:

12. Պատ՝.
$$tg\varphi = \frac{b^2}{a(a+2b)}:$$

13. Պատ՝. $\arctg \frac{b^2}{a^2}$: Ցուցում՝ օգտվել հավասարակշռության

դիրքում անկյունարդի պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի պայմանից:

14. Պատ՝.
$$l = \frac{2R \cos \varphi}{\sin^3 \varphi}:$$

15. Պատ՝.
$$\frac{ka(\sqrt{2} - 2 \sin \varphi) \cos \varphi}{g \sin \varphi}$$
: Ցուցում՝ նկատի ունենալ, որ

հավասարակշռության դիրքում բեռի ծանրության ուժով և զսպանակի առաձգականության ուժով պայմանավորված՝ պոտենցիալ էներգիաների գումարը ընդունում է նվազագույն արժեք:

$$16. \underline{\text{Պատ}}'. x = \frac{a(\sqrt{\rho_2} - \sqrt{\rho_1})}{\sqrt{\rho_2} + \sqrt{\rho_1}}:$$

$$17. \underline{\text{Պատ}}'. m = \frac{kq^2 \cos \varphi}{4l^2 g \sin^3 \varphi} = 0,63 \text{ կգ}:$$

18. Պատ'. $85 \cdot 10^{-9}$ Կլ: Ցուցում' *դիտարկել համակարգի վրա ազդող ծանրության ուժով և լիցքերի էլեկտրաստատիկ փոխազդեցություններով պայմանավորված գումարային պոտենցիալ էներգիայի արտահայտությունը և օգտվել դրա միմյանմյալ պայմանից:*

$$19. \underline{\text{Պատ}}'. h < \frac{R}{\sqrt{2}}:$$

$$20. \underline{\text{Պատ}}'. \alpha = \arctg \frac{1}{6}:$$

$$21. \underline{\text{Պատ}}'. m = \frac{M \sin \alpha}{\sin \beta} \frac{R}{h - R}:$$

$$22. \underline{\text{Պատ}}'. \Omega_z:$$

$$23. \underline{\text{Պատ}}'. 250^\circ:$$

$$24. \underline{\text{Պատ}}'. 170^\circ:$$

$$25. \underline{\text{Պատ}}'. \frac{2mg \cos \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}:$$

$$26. \underline{\text{Պատ}}'. \alpha = \arctg \frac{2F}{3mg}, \beta = \arctg \frac{2F}{mg}:$$

$$27. \underline{\text{Պատ}}'. F = (8m + 2M)gtg\alpha:$$

$$28. \underline{\text{Պատ}}'. T = \frac{mgctg\alpha}{2\pi}:$$

$$29. \underline{\text{Պատ}}'. N = 4\pi \frac{l}{h} F:$$

30. Պատ՝ $\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$:

31. Պատ՝ $\Delta P = \frac{4\sigma}{R}$:

32. Պատ՝ $P = \frac{q^2}{32\pi^2 \varepsilon_0 R^4}$:

33. Պատ՝ $F = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon - 1)lU^2}{2d}$:

34. Պատ՝ $F = \frac{mg}{2} \left(\frac{\cos \theta}{\sqrt{3}} - 3 \sin \theta \right)$:

35. Պատ՝ $\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}}{m}$:

36. Պատ՝ $\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}}{m}$:

37. Պատ՝ Մարմինը կմնա դադարի վիճակում:

38. Պատ՝ $\frac{\sqrt{3}F}{m}$:

39. Պատ՝ $2E$:

40. Պատ՝ 90° :

41. Պատ՝ 0 :

42. Պատ՝ $2E$:

43. Պատ՝ 100Վ/մ, ուղղված է դեպի աջ:

44. Պատ՝ 2520Վ/մ:

45. Պատ՝ 8; 9:

46. Պատ՝ 10^{-3} Ն; $18 \cdot 10^{-3}$ մ:

47. Պատ՝ 0.480 Վ/մ; 864 Վ/մ:

48. Պատ՝ $81 \cdot 10^{-3}$ Ն; $1377 \cdot 10^{-4}$ Ն; $17 \cdot 10^{-8}$ Կլ:

49. Պատ.՝ $1800 \text{ Վ/վ}; 60^\circ; 30,6 \text{ Վ/վ}:$

50. Պատ.՝ $0; 10^5 \text{ Վ/վ}; 25 \cdot 10^3 \text{ Վ/վ}:$

51. Պատ.՝ $34 \cdot 10^{-4} \text{ Ն}; 17 \cdot 10^{-4} \text{ Ն}; 85 \cdot 10^{-9} \text{ Կլ}; 225 \cdot 10^2 \text{ Վ/վ}:$

52. Պատ.՝ $2\sqrt{2}B:$

53. Պատ.՝ $2B:$

54. Պատ.՝ $a_n = \frac{v^2}{R}:$

55. Պատ.՝ $l = \alpha at^2:$

56. Պատ.՝ $l \sim v_0 \sqrt{\frac{H}{g}}:$

57. Պատ.՝ $v_0 = \sqrt{gR}:$

58. Պատ.՝ $T \sim \sqrt{\frac{l}{g}}:$

59. Պատ.՝ $T \sim \sqrt{\frac{m}{k}}:$

60. Պատ.՝ $v \sim \sqrt{\frac{T}{ml}}:$

61. Պատ.՝ $T \sim \sqrt{\frac{\rho R}{\sigma}} \sim 8 \text{ վ}:$

62. Պատ.՝ $v \sim \sqrt{\frac{Fl}{m}}:$

63. Պատ.՝ $l \sim \eta lv:$

64. Պատ.՝ $E \sim \frac{\lambda}{r}:$

65. Պատ.՝ $F \sim \lambda^2:$

66. $E \sim \sigma:$

67. Պատ՝. $v \sim \frac{\hbar}{mr} \sim 10^6$ մ/վ:

68. Պատ՝. $\rho \sim \frac{1}{GT^2} \sim 7 \cdot 10^{-5}$ գ/սմ³:

69. Պատ՝. $F = k \frac{\hbar c}{d^4} S$:

70. Պատ՝. կգմ²/վ²:

71. Պատ՝. մ³/կգվ²:

72. Պատ՝. կգմ²/վ:

73. Պատ՝. կգմ²/Ավ³:

74. Պատ՝. $t_R = \frac{4}{5} t_C$:

75. Պատ՝. $t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$:

76. Պատ՝. $\alpha = \frac{1}{2}, \beta = -\frac{1}{2}$:

77. Պատ՝. $\alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{2}, \gamma = -\frac{1}{2}$:

78. Պատ՝. $\alpha = \frac{5}{6}, \beta = -\frac{5}{3}, \gamma = \frac{1}{3}$:

79. Պատ՝. 15 մ/վ: Ցուցում՝ մեքենայի շարժումը հարմար է քննարկել գնացքի հետ կապված շարժական համակարգում:

80. Պատ՝. 56,6 մ: Ցուցում՝ քննարկել մարմիններից մեկի հարաբերական շարժումը մյուս մեքենայի հետ կապված շարժական համակարգում:

81. Պատ՝. ա) $\Delta v = -2(v+u)$, բ) $\Delta v = -2(v-w)$: Ցուցում՝ մարմնի շարժումը քննարկել շարժվող պատի հետ կապված հաշվարկման համակարգում և վերջում անցում կատարել Երկրի հետ կապված համակարգին:

82. Պատ.՝ ա) $u = v$; բ) $u = \sqrt{v^2 + 4vw \cos \alpha + 4w^2}$;

գ) $u = \sqrt{v^2 + 4vw \cos \alpha \cos \beta + 4w^2 \cos^2 \beta}$: Տես նախորդ խնդրի ցուցումը:

83. Պատ.՝ $v = \frac{\sqrt{v^2 + u^2}}{2(R-r)}$: Ցուցում՝ խնդիրը քննարկել մարմինների զանգվածների կենտրոնի հետ կապված հաշվարկման համակարգում:

84. Պատ.՝ $n = \frac{v_1 + v_2}{2R}$: Ցուցում՝ անցում կատարել ձողերից մեկի հետ կապված հաշվարկման համակարգի:

85. Պատ.՝ $\frac{2\sqrt{u^2 + 2gh}}{g}$:

86. Պատ.՝ 60° :

87. Պատ.՝ $V = \sqrt{(V_0 - 2u)^2 + (g(2n-1)L/(V_0 - u))^2}$:

88. Պատ.՝ 0.5 մ/վ ; 0.88 մ/վ^2 : Ցուցում՝ մարմնի արագացման որոշման հարցը քննարկել գլանի ծնիչի ուղղությամբ մարմնի արագությամբ շարժվող իներցիալ հաշվարկման համակարգի նկատմամբ:

89. Պատ.՝ $\frac{R-h}{R} \sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0$: Ցուցում՝ նպատակահարմար է պրոցեքը նախ քննարկել չորսուի հետ կապված իներցիալ հաշվարկման համակարգում:

90. Պատ.՝ $\frac{(g+a)(1+\mu)m_1m_2}{m_1+m_2}$, երբ $\mu m_1 < m_2$, $m_2(g+a)$, երբ

$\mu m_1 > m_2$: Ցուցում՝ խնդիրը հարմար է լուծել հենարանի հետ կապված ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգում:

91. **Ցուցում**՝ օգտվելով հարաբերականության սկզբունքից՝ անցում կատարել կախման կետի հետ կապված իներցիալ հաշվարկման համակարգի: Կախված v և l մեծությունների արժեքներից՝ փոքր արագությունների դեպքում գնդիկը կկատարի տատանողական շարժում, իսկ մեծ արագությունների դեպքում՝ անհավասարաչափ շրջանագծային շարժում:

92. **Պատ.**՝ $\varphi_{1,2} = \frac{\alpha}{2} \left(1 \mp \frac{1}{\sqrt{3}} \right)$: **Ցուցում**՝ բախումները քննարկել

գնդակների զանգվածների կենտրոնի հետ կապված համակարգում, ապա անցնել անշարժ հաշվարկման համակարգի:

93. **Պատ.**՝ $\sqrt{3}v$:

94. **Պատ.**՝ $T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{v^2}{l}$:

95. **Պատ.**՝ $T = \frac{(M - m)^2 v^2}{2l(M + m)}$: **Ցուցում**՝ խնդիրը լուծել մարմինների

զանգվածների կենտրոնի հետ կապված համակարգում:

96. **Պատ.**՝ $l_{\min} = l_0$; $l_{\max} = l_0 + \frac{F}{k}$; $x_1 = \frac{F}{4m} t^2 + \frac{l_0}{2} + \frac{F}{4k} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{2k}{m}} t \right)$; $x_2 = \frac{F}{4m} t^2 - \frac{l_0}{2} - \frac{F}{4k} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{2k}{m}} t \right)$:

Ցուցում՝ խնդիրը լուծել չորսուների զանգվածների կենտրոնի հետ կապված ոչ իներցիալ հաշվարկման համակարգում:

97. **Պատ.**՝ $\sqrt{\frac{Ml - mx}{Ml^2 + mx^2}} g$:

98. Պատ.՝ $\sqrt{\frac{g}{l} + \frac{k}{4m}}$: Հաճախության քառակուսին աճում է $\frac{k}{4m}$

- ուժ:

99. Պատ.՝ $m\left(\frac{g}{\omega^2 R} - 1\right)$:

100. Պատ.՝ ա) $\omega_{\perp}^2 = \frac{g}{\sqrt{R^2 - l^2}}$; բ) $\omega_{\parallel}^2 = \frac{g\sqrt{R^2 - l^2}}{R^2}$:

101. Պատ.՝ $\sqrt{\frac{g}{2R}}$:

102. Պատ.՝ $\omega = \sqrt{\frac{k}{\mu}}$, որտեղ $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$:

103. Պատ.՝ $\frac{\omega_{HD}}{\omega_{H_2}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$:

104. Պատ.՝ $2\pi\sqrt{\frac{l(M+m)}{Mg}}$:

105. Պատ.՝ ա) $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}}$, բ) $\frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{2k}}$:

106. Պատ.՝ $\sqrt{\frac{10g}{7l}}$:

107. Պատ.՝ $\sqrt{\frac{g}{2R}}$:

108. Պատ.՝ $\sqrt{\frac{2qE}{ml}}$:

109. Ցուցում՝ Ենթադրեք, որ կորերը հասում են և եկեք հակասության:

110. Ցուցում՝ Կատարեք ենթադրություն, որ պոլիտրոպը իզոթերմին հասում է երկու կետերում և եկեք հակասության:

111. Ցուցում՝ Դիտարկեք Օ կետում աղիաբատի և գրաֆիկի հատման տարբերակը և եկեք հակասության:
112. Ցուցում՝ Ենթադրեք, որ աղիաբատը իզոթերմին հատում է երկու կետերում և եկեք հակասության:
113. Ցուցում՝ Ենթադրեք, որ իզոթերմները հատվում են երկու կետերում և եկեք հակասության:
114. Ցուցում՝ Ենթադրեք, որ աղիաբատները հատվում են երկու կետերում և եկեք հակասության:
115. Ցուցում՝ Դիտարկեք նշված կետում աղիաբատի և գրաֆիկի հատման տարբերակը և եկեք հակասության:
116. Ցուցում՝ Ընդունեք, որ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ունի նաև շոշափող բաղադրիչ և էներգետիկ տեսակետից ստացեք հակասություն:
117. Ցուցում՝ Ընդունեք, որ հաղորդչում կան նաև ծավալային լիցքեր ու օգտվելով Գաուսի թեորեմից՝ եկեք հակասության:
118. Ցուցում՝ օգտվելով Գաուսի թեորեմից եկեք հակասության:
119. Ցուցում՝ օգտվեք էներգիայի պահպանման օրենքից:
120. Պատ.՝ Չի կարող:
121. Պատ.՝ Հնարավոր չէ: Ցուցում՝ պրոցեսը քննարկեք իմպուլսի պահպանման օրենքի բավարարման տեսակետից:

Ստորև փորձարարական բոլոր խնդիրների (122 - 273⁰) համար կուրվագենք լուծման հնարավոր տարբերակներ, մոտեցումներ և պատասխաններ: Առաջադրանքների մի մասի համար ներկայացված լուծման ճանապարհները միակը չեն և որոշ դեպքերում միգուցե նաև լավագույնը չեն: Փորձեք նախագծել և իրականացնել փորձարարական առաջադրանքների իրականացման սեփական տարբերակներ: Մի քանի պարզ առաջադրանքներ, ի տարբերություն մնացածների, ունեն ակնհայտ միարժեք պատասխաններ, որոնք նույնպես ստորև բերված են: ⁰ - ով համարակալված խնդիրները տարբեր տարիներին առաջադրված են եղել հանրապետական օլիմպիադայի եզրափակիչ փուլում, որոնց լուծման տարբերակներին ու փորձերի կատարման մանրամասներին կարող եք ծանոթանալ olymp.am կայքում հասանելի համապատասխան գրականությունում:

122. Կարգավորումներ կատարելիս գրանցեք ճոճանակի մի քանի տատանումների ժամանակը և այն հարաբերեք

տատանումների քանակին: Ընտրեք բավականին երկար ճոռ և այն տեղադրեք փոքր թեքության անկյունով, այնպես, որ գնդիկի գլորման ընթացքում ճոռնակը հասցնի կատարել մի քանի տատանումներ: **123.** Չափաքանոնի և վայրկենաչափի օգնությամբ նկատեք, որ իրար հաջորդող հավասար տեղամասերով չորսուն անցնում է հավասար ժամանակներում: Փորձը կատարեք հնարավորինս փոքր, սակայն չափման ընդունելի սխալանք ապահովող տարբեր տեղամասերի համար: **124.** Մետրոնոմի յուրաքանչյուր թակոցի ժամանակ թեք ճոռի վրա արեք նշում և վերջում քանոնով չափման արդյունքում համոզվեք, որ դրանք հավասարահեռ են: **125.** Գնդիկի շարժումը կասեցնելու համար ճոռի վերջում կարելի է տեղադրել ծանր մարմին և մետրոնոմը միացնել գնդիկի բաց թողնելու հետ միաժամանակ: Փոխելով թեքությունն ու մարմնի դիրքը՝ կարելի է հասնել նրան, որ գնդիկի և մարմնի հարվածի պահը համընկնի մետրոնոմի թակոցի հետ: **126.** Կարելի է կշռումով որոշել չորսուի զանգվածը, ապա քանոնով չափել կողմերի երկարություններն ու հաշվել ծավալը: Խտությունը կորոշվի զանգվածի և ծավալի հարաբերությամբ: **127.** Հեղուկի զանգվածը որոշել կշռման ճանապարհով, իսկ ծավալը՝ չափագլանի օգնությամբ: **128.** Կշռման ճանապարհով որոշվում է քարի զանգվածը: Քարի ծավալը որոշելու համար այն ընկղմում են ջրթափ անոթի մեջ, որի արդյունքում քարի ծավալով ջուր թափվում է դատարկ բաժակի մեջ: Քարի խտությունը հաշվում են զանգվածի և ծավալի հարաբերությամբ: **129.** Տես նախորդ խնդրի ցուցումը: Նաև ի նկատի ունեցեք, որ փորձի արդյունքը կլինի առավել ճշգրիտ, եթե փորձը կատարենք մեծ քանակի արձանիկներով, որոնց ընդհանուր ծավալը մեծ է: Այդ դեպքում չափումների հարաբերական սխալանքը փոքր է: **130.** Օգտվելով կշեռքից և

քանոնից՝ հեշտությամբ կարելի է որոշել առաջին մարմնի զանգվածն ու ծավալը և ապա նաև խտությունը, որը հավասար է երկրորդի խտությանը: Այժմ մնում է կշռել տձև մարմինն ու դրա զանգվածը բաժանել խտությանը: **131.** Թիթեղի հաստությունը կարելի է որոշել իր ծավալով և մակերեսով, որը կարելի է որոշել միլիմետրական թղթով: **132.** Ավազի զանգվածը որոշվում է կշռումով: Ծավալը որոշելու համար այն կարելի է լցնել փորձանոթի մեջ, ավելացնել այնքան ջուր, որ ծածկի ավազը և ապա առանձին չափել այդ ջրի ծավալը: Ավազի ծավալը հավասար կլինի նշված ծավալների տարբերությանը: Ավազի զանգվածի և ծավալի հարաբերությամբ էլ որոշվում է խտությունը: **133.** Կշեռքով որոշում ենք մարմինների զանգվածները: Զանգվածով և խտությամբ էլ կարելի է որոշել դրանց ծավալները: **134.** Օգտվելով այդ հեղուկների խտությունների աղյուսակային արժեքներից և ծավալի հայտնի արժեքից՝ որոշել հեղուկների զանգվածները և ապա հաշվել դրանց տարբերությունը: Արդյունքը ստուգել երկու կշռումների արդյունքների տարբերությամբ: **135.** Կարելի է կշռումով որոշել փաթույթի զանգվածը և ապա նրանից կտրված մեկ մետրանոց լարի զանգվածն ու հարաբերել: **136.** Օգտվել հետևյալ առնչությունից $P_1:P_2 = (\rho_1 V_1):(\rho_2 V_2)$: Ստուգումը կարելի է կատարել ուժաչափի օգնությամբ: **137.** Չափազանի միջոցով որոշում ենք կերոսինի ծավալը, ծավալով և խտությամբ՝ զանգվածը և ապա՝ կշիռը: **138.** Ջրի ծավալը հավասար է գլանի հիմքի մակերեսի և բարձրության արտադրյալին: Բարձրությունը չափում ենք քանոնով: Գլանը դնելով միլիմետրական թղթի վրա՝ մասիտով գծում ենք հիմքն ու որոշում ստացված շրջանի մակերեսը: Վերջինս կարելի է որոշել կամ՝ քառակուսի սանտիմետրերի քանակի հաշվարկով, կամ՝ էլ շառավղի չափումով և շրջանի մակերեսի բանաձևի

կիրառամամբ: **139.** Քանոնով անել չափումներ և որոշել չորսուի ծավալը: Տեղեկատուից վերցնել այլումինի խտության արժեքն ու արդեն հայտնի ծավալով որոշել չորսուի զանգվածը և ապա՝ նաև կշիռը: **140.** Ուժաչափը ամրացնենք չորսուին և ուժաչափով չորսուն սահեցնենք հորիզոնական մակերևույթով: Տարբեր նիստերով սահեցնելիս նկատում ենք, որ ուժաչափի ցուցմունքը գործնականում ընդունում է միևնույն արժեքը: **141.** Փորձը խնամքով կատարելիս կարելի է համոզվել, որ երկու դեպքերում էլ ստանում ենք սահքի շփման ուժի միևնույն արժեքը, ինչը վկայում է այն մասին, որ սահքի շփման ուժի մեծությունը կախված չէ հպման մակերևույթի մակերեսից: **142.** Ուժաչափը ամրացնենք չորսուներին և ուժաչափով դրանք դանդաղորեն քաշենք հորիզոնական ուղղությամբ: Չորսուների պոկվելու պահին ուժաչափի ցուցմունքը կբնութագրի դադարի շփման ուժի առավելագույն արժեքը, իսկ հավասարաչափ սահեցնելիս ուժաչափը ցույց կտա սահքի շփման ուժի արժեքը: **143.** Բեռներից մեկին ամրացնենք ուժաչափ և ձգենք ներքև այնքան, մինչև որ դրանք սկսեն հավասարաչափ շարժվել: **144.** Աղյուսի ճնշումը որոշվում է նրա կշռի և սեղանի հետ հպման մակերևույթի մակերեսով: Արդյունքում ճնշման համար ստանում ենք $P = \rho gh$ արտահայտությունը, որտեղ h - ը սեղանի մակերևույթից աղյուսի վերին նիստի բարձրությունն է: Վերջինս կարելի է չափել քանոնով: **145.** Առավելագույն ճնշում ստանալու համար չորսուն պետք է տեղադրել սեղանին փոքր նիստով: **146.** Չափանոթի օգնությամբ որոշում են կապարի ծավալը: Չափաքանոնի կամ չափանոթի օգնությամբ թիթեղի ծավալը: Ապա ծավալի և խտության արժեքներով որոշվում է դրանց զանգվածն ու կշիռը: Սեղանի հետ հպման մակերևույթը ապակե չորսուի մեծ նիստն է, որի մակերեսն էլ պետք է տեղադրել ճնշման որոշման բանաձևում: **147.** Միևնույն կշռի

դեպքում ճնշումների հարաբերությունը կարելի է որոշել հպման մակերեսների հարաբերությամբ: Վերջիններս հեշտությամբ կարելի է որոշել՝ օգտվելով չափաքանոնից: **148.** Ճնշումը կարելի է որոշել ճնշման ուժի և ոտքերի ներբանների հատակի հետ հպման ընդհանուր մակերեսի հարաբերությամբ: Ճնշումը երկու անգամ կմեծանա, եթե աշակերտը կանգնի մեկ ոտքի վրա: **149.** Հավելյալ ճնշումը պայմանավորված է կշռաքարի գործադրած ճնշումով: Մնում է չափել կշռաքարի հիմքի տրամագիծն ու հաշվել դրա մակերեսը: **150.** Ճնշումը մեծացնելու (փոքրացնելու) համար անհրաժեշտ է այն տաքացնել (հովացնել): **151.** Չորսուները մտցնում են ջրով լցված բաժակի մեջ: Այն չորսուն, որի ընկղմված մասի հարաբերությունը վերջրյա մասին ավելի մեծ է, ունի ավելի մեծ խտություն: **152.** Հաշվեք չորսուի միջին խտությունը: Եթե այն մեծ լինի ջրի խտությունից, ապա կխորասուզվի: **153.** Ընկղմված մասի ծավալը նվազում է պլաստիլինի ծավալի չափով: **154.** Կշիռը հավասար կլինի արտամղված ջրի կշռին: Վերջինս կարելի է որոշել արտամղված ջրի ծավալով: **155.** Կշռում ենք ձողը և չափում նրա երկարությունը: Քանի որ ուղղահայաց դիրքում ձողի զանգվածի կենտրոնը գտնվում է հատակից ձողի երկարության կեսին հավասար բարձրության վրա, ապա որոնելի աշխատանքը հավասար կլինի ձողի կշռի և երկարության արտադրյալի կեսին: **156⁰.** Խողովակի ներքին տրամագիծը կարելի է որոշել՝ հայտնի ծավալով ջուր ներարկելով և դրա սյան երկարությունը չափելով: Արտաքին տրամագիծը որոշվում է նրա մի քանի քալարի ընդհանուր երկարության և գալարների քանակի հարաբերությամբ: Ունենալով արտաքին և ներքին տրամագծերը՝ որոշում ենք կաթոցիկի պատերի հաստությունը: **157⁰.** Տարբեր դիրքերով տեղադրեք անկյունակը սեղանի եզրին, այնպես, որ այն մի

փոքր շեղելուց արդեն ընկնի սեղանից: Տարեք զծեր, որոնց հատումով որոշեք զանգվածի կենտրոնի դիրքը: Փորձի երկրորդ մասը իրականացնելու համար օգտվեք նաև մետաղադրամից: **158^o.** Տրված պարագաներով պատրաստել ուղղանկյուն զուգահեռանիստի ձև ունեցող պլաստիլին և աերոմետր ու իջեցնելով ջրում և աղաջրում կատարել չափումներ: **159^o.** Կարելի է թեք հարթության վրա տեղադրել գլանը, որին միացված թելը թեք հարթության գագաթում ամրացված ճախարակի վրայով անցկացնենք ու դրանից կախենք չորսուն: Թեքությունն ընտրենք այնպես, որ համակարգը լինի հավասարակշռության վիճակում: Հավասարակշռության վիճակի քննարկումից հետոությամբ կարելի է որոշել զանգվածների որոնելի հարաբերությունը: **160^o.** Նախ անհրաժեշտ է զսպանակը ամրացնել ամրակալանից և նրանից տարբեր բեռներ կախելով կատարել սանդղակավորում, ինչի արդյունքում կունենանք ուժաչափ: Այնուհետև ուժաչափով հորիզոնական ուղղությամբ քաշենք բեռը մինչև, որ այն սահի ու կատարենք անհրաժեշտ չափումներ: **161.** Օդի ճիշտ ջերմաստիճանը ցույց է տալիս ստվերում գտնվող ջերմաչափը, որը ջերմային հավասարակշռության մեջ է օդի հետ: Արևի տակ գտնվողը տաքանում է արևի ճառագայթների կլանման հաշվին և ցույց է տալիս ավելի բարձր ջերմաստիճան: **162.** Փորձի սկզբում ջուրը ավելի արագ է հովանում, քանի որ ջերմահաղորդման արագությունը ուղիղ համեմատական է ջրի և շրջակա օդի ջերմաստիճանների տարբերությանը: **163.** Առաջին դեպքում դա տեղի է ունենում այն պատճառով, որ սառը ջուրը, ունենալով ավելի մեծ խտություն, իջնում է ներքև, իսկ տաքը բարձրանում է վերև: Երկրորդ դեպքում ջերմափոխանակությունը հիմնականում տեղի է ունենում միայն ջերմահաղորդականության հետևանքով, ինչը ընթանում

է բավականին դանդաղ: **164.** Ջրով լցված փորձանոթը պետք է տաքացնել ներքևի մասից, որպեսզի տեղի ունենա կոնվեկցիա: **165.** Արդյունքների տարբերությունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ տեսական հաշվարկներում անտեսում ենք համակարգի ջերմային կորուստները: **166.** Օգտվելով ջերմային հաշվեկշռի բանաձևից՝ խառնուրդի ջերմաստիճանի համար ստանում ենք $\theta = (t_1 + t_2) / 2$ արտահայտությունը, որտեղ t_1 - ն ու t_2 - ը ջրերի սկզբնական ջերմաստիճաններն են: **167.** Հաշվումները կատարելիս օգտվեք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումից: Այս փորձի ընթացքում համակարգի ջերմային կորուստները կազմում են տաք ջրի հաղորդած ջերմաքանակի մոտ 15 - 20 %: **168.** Գրելով ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը և կատարելով որոշակի տարրական մաթեմատիկական ձևափոխություններ՝ կարելի է տեսնել, որ վերջնական հաստատված ջերմ աստիճանը կլինի ավելի ցածր այն դեպքում, երբ մետաղի տեսակարար ջերմունակությունը բարձր է: Այլումին պարունակող անոթի ջերմաստիճանը կլինի ավելի ցածր, քանի որ այլումինի տեսակարար ջերմունակությունը զգալիորեն մեծ է կապարի տեսակարար ջերմունակությունից: Այլումինը կստանա ավելի մեծ ջերմաքանակ: **169.** Մարմինը ընկղմեք կերոսինի մեջ և մի փոքր սպասեք, որ հաստատվի ջերմային հավասարակշռություն: Այնուհետև չափեք կերոսինի ջոճերմաստիճանը, ինչը նաև համակարգի հաստատված ջերմաստիճանն է: Ունենալով վերջինս մարմնի սկզբնական ջերմաստիճանը կարելի է որոշել կազմելով ջերմային հավասարակշռության հավասարումը: **170.** Մարմինը իջեցրեք սենյակային ջերմաստիճանի ջրի մեջ և պարզեք, որ ջրի ջերմաստիճանը չի փոխվի: Ի դեպ, սենյակային ջերմաստիճանի ջուրը նույնպես ավելի սառն է թվում քան օդը: Կշռաքարի կամ

ջրի օդից սառը թվալու պատճառը այն է, որ դրանք ունեն շատ ավելի մեծ ջերմահաղորդականություն, քան օդը և արագ են խլում մարդու մարմնի հավող մասից ջերմային էներգիա: **171.** Չի փոխվի, քանի որ հալվելուց հետո սառույցը կվերածվի ճիշտ նույն կշռի ջրի, որքան որ լողալիս արտամղում էր: **172.** Հաշվումներ կատարելիս օգտվեք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումից: **173.** Օգտվեք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումից: **174.** Անհրաժեշտ է հաշվել այն ջերմաքանակը, որը կանջատի տվյալ զանգվածով ջուրը մինչև 80°C - ը հովանալը և համեմատել նավթալիների տաքացման և հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակի հետ: Հաշվի առեք, որ նավթալիների սկզբնական ջերմաստիճանը հավասար է օդի ջերմաստիճանին, որի հետ այն գտնվում է ջերմային հավասարակշռության մեջ: Հաշվի առեք նաև, որ կան ջերմային կորուստներ և այդ պատճառով ջրի զանգվածը պետք է մի փոքր գերազանցի հաշվարկային արժեքից: **175.** Սկզբում սառույցը կարելի է գցել ջրի մեջ, որպեսզի նրա ջերմաստիճանը դառնա 0°C : Ապա ջրից հանելով՝ չորացնում ենք սառցակտորը, կշռում, տեղադրում կոլբայի մեջ և տաքացնում սպիրտայրոցով: Այրված սպիրտի զանգվածը կարելի է որոշել սպիրտայրոցի՝ փորձից առաջ և հետո կշիռների տարբերությամբ: **176.** Պողպատյա գնդիկը ավելի շատ պարաֆին կհալի, քանի որ այն ունի ավելի մեծ տեսակարար ջերմունակություն և մինչև հովանալը ավելի մեծ ջերմաքանակ կկորցնի: **177.** Ջուրը մի փոքր կհովանա, քանի որ նրա ներքին էներգիայի մի մասը կծախսվի աղի բյուրեղացանցը քանդելու վրա: **178.** Կշեռքի հավասարակշռությունը կխախտվի սպիրտի գոլորշացման հետևանքով: **179.** Կշեռել նավթալիների փոշին և այն տեղադրել բաց օդում: 3-4 օրից հետո փոշին կրկին կշեռելով համոզվում ենք, որ այն գոլորշացել է: Փորձը կատարեք 50-100գ նավթալինով: **180.**

Չոր ջերմաչափը ցույց է տալիս օդի ջերմաստիճանը, անշարժ թաց ջերմաչափի ցուցմունքը $2 - 5^{\circ}\text{C}$ - ով փոքր է առաջինից, իսկ շարժման մեջ գտնվող թաց ջերմաչափի ցուցմունքը օդի ջերմաստիճանից փոքր է $5 - 10^{\circ}\text{C}$ - ով: **181.** Յուղը կիսանգարի ջրի գոլորշացմանը, ինչի հետևանքով յուղով պատված ջուրը կհովանա ավելի դանդաղ: **182.** Չի եռա քանի որ բաժակի ջուրը եռման պրոցեսում այլևս ջերմաքանակ չի հաղորդի կոլբայի ջրին: Վերջինս հասած լինելով եռման ջերմաստիճանի՝ ջերմային հավասարակշռության մեջ կլինի բաժակում եռացող ջրի հետ: **183.** Եռման պրոցեսի ինտենսիվությունը կնվազի կամ լրիվ կդադարի, քանի որ արտաքին ճնշման մեծացումը կխոչնդոտի մոլեկուլների ելքը ջրից: **184.** Չորսուն տաքացրեք մինչև 100°C ՝ այն իջեցնելով եռման ջրով լցված անոթի մեջ: Դրանից հետո տաքացած չորսուն գցեք կալորիմետրի մեջ, որը պարունակում է ջուր, որի քանակը նախօրոք որոշված է չափանոթի միջոցով: Ջերմաչափով չափելով ջրի սկզբնական ու վերջնական ջերմաստիճանները՝ գրեք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը և որոշեք անհայտ գանգվածը: **185.** Ծովի մակերևույթից բարձրանալով՝ մթնոլորտային ճնշումը և դրա հետ մեկտեղ ջրի եռման ջերմաստիճանը նվազում են: Ոչ ճշգրիտ չափումների համար կարող ենք համարել, որ ջերմաստիճանի անկումը յուրաքանչյուր 100մ բարձրության վրա կազմում է $0,3^{\circ}\text{C}$: **186.** Օճառի լուծույթի կաթիլն ընկնելով մաքուր ջրի մեջ՝ տարածվում է տարբեր կողմերի վրա, ինչը բացատրվում է ջրի մակերևութային լարվածության փոքրացմամբ, երբ նրա մեջ լուծվում է օճառը: **187.** Ջուրը սառնարանում սառեցրեք մինչև 0°C և ապա դրեք գազայրիչին ու հաշվեք այն ժամանակը, որի ընթացքում այն կեռա և այն ժամանակը, որից հետո եռալով լրիվ կգոլորշիանա: Ունենալով այս տվյալները՝ գրեք համապատասխան ջերմաքանակների

արտահայտությունները, որտեղից էլ հեշտ կլինի ստանալ որոնելի մեծությունը: **188.** Կազմեք շղթա և դիմադրության չափումներ արեք սենյակային ջերմաստիճանում և դրսից բերված ձյան ազդեցությամբ սառեցված հաղորդալարի պարագայում ու օգտվեք դիմադրության՝ ջերմաստիճանից կախումն արտահայտող բանաձևից: **189.** Փորձը կարելի է կատարել ջուրը սառեցնելով բաց, աստիճանավորված փոփրձանոթի մեջ: Պարզվում է, որ 0°C ջերմաստիճանի սառույցի ծավալը ջուրջ 10% մեծ է նույն ջերմաստիճանի ջրի ծավալից: **190.** Անհրաժեշտ է սառույցի մակերևույթն անընդհատ մաքրել տեղացող ձյունից, որը ջերմության վատ հաղորդիչ է: **191.** Քանի որ յուղի շերտը թուլացնում է ջերմության արտահոսքն անոթից, ուստի նման պայմաններում ջուրը կեռա ավելի արագ: Դա բացատրվում է նրանով, որ տվյալ ջերմաստիճանում յուղը գոլորշանում է ավելի դանդաղ քան ջուրը: **192.** Հարկավոր է այդ նյութը փոխակերպել գազի և օգտվելով $M = \rho RT / P$ բանաձևից՝ վերջինիս խտությունը համեմատել նույն պայմաններում գտնվող որևէ հայտնի գազի խտության հետ: **193.** Խողովակը տեղադրեք մի դեպքում զոդված ծայրը դեպի վերև, իսկ մյուսում՝ դեպի ներքև դիրքերով: Երկու դեպքերում չափեք օդի սյան երկարությունն ու օգտվեք Բոյլ-Մարիոտտի օրենքից: **194.** Կարելի է երկու անգամ կշռել գնդակը՝ սկզբնական վիճակում և օդ ներմղելուց հետո: Հաշվի առնելով, որ ֆուտբոլի գնդակի ծավալը էականորեն կախված չէ նրանում առկա օդի քանակից և գործնականում անփոփոխ է, ինչպես նաև ի նկատի ունենալով, որ օդի ճնշումը ուղիղ համեմատական է խտությանը, գնդակի օդի ճնշման համար կարելի է ստանալ մի արտահայտություն, որում առկա մեծությունների մի մասը հայտնի են (մթնոլորտային ճնշում և մթնոլորտի խտություն), իսկ մյուսները կարելի է չափել ձեռքի

տակ եղած սարքերով (գնդակի ծավալ և կշիռների տարբերություն): **195⁰**. Փորձը անելիս կատարել ֆիզիկական մեծությունների իսելամիտ գնահատումներ և ջրում սառույցի հալման պրոցեսի համար գրել ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը: **196⁰**. Անոթի մեջ լցնում ենք տաք ջուր և ժամանակի հավասար ընդմիջումներով անում ջերմաստիճանի չափումներ ու կառուցում համապատասխան գրաֆիկ: Հաշվի առեք, որ եթե ջերմափոխանակումը գլխավորապես պայմանավորված է գոլորշացմամբ, ապա տվյալ ջերմաստիճանում ջերմային կորուստների հզորությունը պետք է ուղիղ համեմատական լինի հագեցած գոլորշու ճնշմանը տվյալ ջերմաստիճանում: Հաշվի առեք նաև, որ ջերմային կորուստների հզորությունն ուղիղ համեմատական է ջերմաստիճանների փոփոխությանը և հակադարձ համեմատական է այն ժամանակին, որի ընթացքում տեղի է ունեցել այդ փոփոխությունը: **197⁰**. Ջերմային կորուստների արագության համար գրենք Նյուտոնի օրենքն արտահայտող հավասարումն ու լուծենք այն: Արդյունքում ստանում ենք $\ln\{(t-t_1)/(t_0-t_1)\} = -k\tau$, որտեղ t_0 - ն ջրի սկզբնական ջերմաստիճանն է, t_1 - ը՝ սենյակի ջերմաստիճանը, t - ն ջրի ջերմաստիճանն է ժամանակի τ պահին, k - ն ջերմափոխանակման գործակիցն է: Այնուհետև անհրաժեշտ է փորձով համոզվել, որ վերը գրված բանաձևի լոգարիթմական արտահայտությունը ուղիղ համեմատական է τ - ին: Փորձնական ճանապարհով կառուցված այդ գրաֆիկից էլ որոշում ենք k գործակցի արժեքը: Այս ամենը անհրաժեշտ է կատարել նաև ալյումինով պատված անոթի համար: Այս դեպքում գործ ունենք համանման վերլուծության հետ, սակայն k գործակցի համար ստանում ենք ավելի փոքր արժեք: Տաք ջրի

սկզբնական տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում նշված գործակիցը փոքրանում է 1,5 - ից 2 անգամ: **198.** Հարվածի կամ շփման արդյունքում երոնիտե ձողը լիցքավորվում է դրական, իսկ ռեզինը՝ բացասական լիցքով: **199.** Կարելի է բռնելով երոնիտե ձողի մեջտեղից նրա մի ծայրը շփել չոր թղթով, իսկ մյուսը՝ մորթով: Նույնը չի կարելի անել անագի պարագայում, քանի որ այն հաղորդիչ է և լիցքերը միմյանց կչեզոքացնեն: **200.** Ձողը երկու ծայրերից թելերի միջոցով կախեք հորիզոնական դիրքով: Ձողի ծայրին լիցքավորված գնդիկը մոտեցնելից այն կպտտվի և գնդիկը հեռացնելուց հետո այն նորից կգա իր նախկին դիրքին: Էլեկտրական դաշտի ազդեցության քանակական չափի մասին կարելի է մոտավոր պատկերացում կազմել պտտման անկյան չափից: **201.** Քանի որ գնդերն ունեն հավասար չափեր, դրանց հպման արդյունքում լիցքը հավասարաչափ կբաշխվի դրանց միջև: Արդյունքում էլեկտրասկոպի գնդիկի լիցքը կկիսվի: **202.** Շփման ճանապարհով էլեկտրականացնելով մարմինները: **203.** Հում կարտոֆիլը պարունակում է աղերի լուծույթներ: Դրա մեջ տեղադրելով տարբեր մետաղներ՝ ստանում ենք գալվանական էլեմենտ: Փոխելով թիթեղների խորությունը՝ փոխում ենք դրանց աշխատանքային մակերեսը: **204.** Սարքերով չափեք հաղորդալարի դիմադրությունը և ապա օգտվեք դիմադրության՝ հաղորդչի չափերից կախումն արտահայտող բանաձևից: **205.** Ունենալով հաղորդալարի նշված հատվածի երկարությունը՝ կարող եք որոշել դրա դիմադրությունը և ապա ստացվածը բազմապատկել հոսանքի ուժով: **206.** Կարելի է սպասել, որ հոսանքի ուժը երկու անգամ կաճի, սակայն փորձը նման բան ցույց չի տալիս: Բանը նրանում է, որ մարտկոցն ու ամպերաչափը նույնպես ունեն իրենց ներքին դիմադրությունները: **207.** Լամպն ու ռեոստատը շղթային

միացրեք հաջորդաբար և դրանց հաջորդաբար միացրեք նաև ամպերաչափը: Վերջինս ցույց կտա հոսանքի ուժը, որն անցնում է և՛ լամպով, և՛ ռեոստատով: Վոլտաչափը միացնելով նշված էլեմենտներին՝ զուգահեռ կստանաք լարումները դրանց վրա: Օգտվելով Օհմի օրենքից՝ հեշտությամբ կարող եք որոշել որոնելի դիմադրությունները: **208.** Ռեոստատը լամպին միացրեք հաջորդաբար, իսկ վոլտաչափը՝ զուգահեռ: Սահուն կերպով տեղաշարժելով սողնակը՝ կստանաք լարման սահուն փոփոխություն: Ռեոստատի դերը կայանում է նրանում, որ փոփոխելով սողնակի դիրքը՝ հնարավորություն ենք ունենում փոփոխել նրա աշխատանքային մասի երկարությունը, հետևաբար նաև դիմադրությունը: Սա հնարավորություն է տալիս սահուն կերպով փոփոխել շղթայի ընդհանուր դիմադրությունը, որի հետևանքով փոփոխվում է նաև հոսանքի ուժը, ինչն էլ բերում է տեղամասերի լարումների փոփոխության: **209.** Անհրաժեշտ է հաջորդաբար միացնել երկու վոլտաչափ և դրանց ցուցմունքները գումարել: **210.** Եթե հայտնի է հզորությունը, ապա սպառած էներգիան հեշտությամբ որոշվում է հզորության և ժամանակի արտադրյալով: Մնացած դեպքերում կարևոր է ի նկատի ունենալ, որ ցանկացած սարք միացվում է միննույն ցանցին, որի լարումը 220Վ է: **211.** Կարելի է այդ լամպերը հաջորդաբար միացնել 220Վ լարման ցանցին: Այդ դեպքում փոքր հզորություն ունեցող լամպը ավելի պայծառ կլուսարձակի, քանի որ ունի ավելի մեծ դիմադրություն: **212.** Միննույն հզորության դեպքում 220Վ լարման համար նախատեսված լամպն ունի մոտ 3,5 անգամ ավելի մեծ դիմադրություն, քան 127Վ լարման համար նախատեսված լամպը ($P_1 = P_2, R_1 : R_2 = U_1^2 : U_2^2$): Այս պատճառով, եթե երկու լամպերը հաջորդաբար միացնենք 220Վ լարման ցանցին, ապա

220-Վ լարմանը նախատեսված լամպը ավելի պայծառ կլուսարձակի, քանի որ նրա վրա լարման անկումը կլինի մոտ 171Վ, իսկ 127Վ լարմանը նախատեսված լամպի վրա կլինի մոտ 49Վ: **213.** Ավելի մեծ հոսանք կանցնի փոքր դիմադրությամբ լամպով: **214.** Քանի որ աղբյուրի լարումը ընդամենը մի քանի վոլտ է, սարքերի պարույրները գործնականում չեն տաքանում և չափման արդյունքում որոշում ենք դրանց դիմադրությունը սենյակային ջերմաստիճանում: **215.** Հավասար դիմադրություններով ռեզիստորները հաջորդաբար միացրեք աղբյուրին: Ռեզիստորներից մեկին զուգահեռաբար միացրեք վոլտաչափը: Այդ դեպքում որոնելի լարումը երկու անգամ մեծ կլինի վոլտաչափի ցուցմունքից: **216.** Հոսանքը բացակայում է: Յուրաքանչյուր աղբյուրի սեղմակներում չափված լարումը գործնականում հավասար է դրանց էլշունին: **217.** Լամպը չի լուսարձակի, քանի որ հոսանքը շղթայում բացակայում է: **218.** Մաշկի խոնավությունը պարունակում է տարբեր աղերի լուծույթներ և հանդիսանում է էլեկտրոլիտ, ինչի հետևանքով ապահովում է լավ կոնտակտ հաղորդալարի ու մարդու միջև: **219.** Լամպը հերթականորեն արկղերին միացնում ենք հաջորդաբար և կիրառում մերթ հաջորդական, մերթ փոփոխական լարում: Եթե երկու դեպքերում էլ լամպի շիկացումը չի փոխվում, ապա արկղում ռեոստատ է: Եթե փոփոխական աղբյուրի դեպքում լամպի շիկացումն ավելի թույլ է, քան հաստատունի դեպքում, ապա արկղում գտնվում է կոճ: Կոնդենսատորով արկղը հաստատուն լարման աղբյուրին միացնելիս լամպը չի վառվում: **220.** Երկաթի կտորը ամրացրեք թելին և պատրաստեք մաթեմատիկական ճոճանակ: Ճոճանակը դրեք տատանումների մեջ և որոշեք էլեկտրական հաշվիչի k_1 և k_2 պտույտների քանակը ճոճանակի միևնույն տատանումների

թվի դեպքում՝ սկզբում աշխատող հեռուստացույցի համար, իսկ հետո՝ միացված սեղանի լամպի համար: Քանի որ հաշվիչի սկավառակի պտույտների թիվը որոշակի ժամանակի ընթացքում համեմատական է միացված սարքի հզորությանը, ուստի կունենանք՝

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{P_1}{P_2},$$

որտեղ P_1 - ը և P_2 - ը հեռուստացույցի և սեղանի լամպի հզորություններն են, որտեղից՝

$$P_1 = P_2 \frac{k_1}{k_2}:$$

Սեղանի լամպի հզորությունը գրված է լամպի վրա, ուստի պարզ հաշվարկով կարելի է որոշել հեռուստացույցի ծախսած P_1 հզորությունը: **221.** Ռադիոընդունիչը համալարեք ռադիոկայանի այնպիսի ալիքի, որի ազդանշանները տրվում են, օրինակ՝ յուրաքանչյուր կես ժամը մեկ անգամ: Էլեկտրական հաշվիչի օգնությամբ գտեք այդ ընթացքում արդուկի կողմից ծախսված էլեկտրաէներգիան: Այնուհետև $A = Pt$ բանաձևով հաշվեք արդուկի P հզորությունը, որից հետո իմանալով ցանցի

U լարումը՝ հաշվեք որոնելի դիմադրությունը՝ $R = \frac{U^2}{P} = \frac{U^2 t}{A}$:

Գալվանական տարրից կամ էներգիայի այլ աղբյուրից սնվելու

դեպքում՝ $R = \frac{U^2 t}{A - A_0}$, որտեղ A_0 - ն ասենք, 30 բոպեի

ընթացքում միայն ռադիոընդունիչի կողմից ծախսված էներգիան է, իսկ A - ն նույն ժամանակում ռադիոընդունիչի և արդուկի կողմից ծախսված գումարային էներգիան է:

222. Հաշվի առնել, որ մագնիսի հակադիր բևեռները ձգում են միմյանց: **223.** Հաղորդալարից պատրաստեք փակ օղակ և այն

կախեք թելերով: Եթե ձողը մագնիսացված է ապա այն, Լենցի կանոնի համաձայն, օղակին մոտեցնելիս կվանի օղակին, իսկ եթե ոչ, ապա նման փոխազդեցություն տեղի չի ունենա: **224.** Տրված պարագաների օգնությամբ կարելի է հավաքել գալվանական տարր՝ որպես էլեկտրոդ օգտագործելով անուշադրի սպիրտի լուծույթը, իսկ որպես էլեկտրոդներ՝ պղնձե հաղորդալարն ու ցինկե թիթեղը: Պղնձե հաղորդալարն ու ցինկե թիթեղը անցկացնելով խցանի միջով կստանանք «լողացող էլեկտրոդներ»: Եթե էլեկտրոդները պարպենք կոճով, որը բաղկացած է պղնձե մի քանի գալարներից, ապա շղթայով կանցնի էլեկտրական հոսանք և կոճի առանցքը կուղղորդվի մագնիսական միջօրեականով: Քանի որ գալվանական տարրի բևեռները հայտնի են (պղնձինը՝ դրական, ցինկինը՝ բացասական) ապա դժվար չէ խցանահանի կանոնով որոշել կոճի մագնիսական բևեռները, որից հետո՝ միջօրեականի ուղղությունը, կամ որ նույնն է՝ Երկրի մագնիսական բևեռները: **225.** Պղնձե հաղորդալարերի մեկական ծայրերը միացրեք մարտկոցի բևեռներին, իսկ մյուս ծայրերը խրեք կարտոֆիլի մեջ: Նրանով անցնող էլեկտրական հոսանքը կառաջացնի էլեկտրոլիզ, որի հետևանքով բացասական բևեռին միացված հաղորդալարին մոտ կսկսի անջատվել ջրածին, իսկ մյուս հաղորդալարի մոտ՝ թթվածին: Թթվածինը փոխազդելով պղնձի հետ՝ առաջացնում է պղնձի օքսիդ (CuO) և հիդրօքսիդ ($Cu(OH)_2$), որոնց իոնները կարտոֆիլի տվյալ տեղամասը գունավորում են կապտականաչավուն գույնով: Այսպիսով՝ այն հաղորդալարը, որը, խրված լինելով կարտոֆիլի մեջ, իրեն հարող տեղամասը գունավորում է կանաչավուն գույնով, միացված է մարտկոցի դրական բևեռին: **226.** Հավաքեք էլեկտրական շղթա՝ բաղկացած ակումուլյատորից,

ամպերաչափից և հայտնի դիմադրությամբ ռեզիստորից ու չափեք հոսանքի ուժն այդ շղթայում: Ըստ Օհմի օրենքի՝ $I_1 = \varepsilon / (R + r)$: Այնուհետև հայտնի դիմադրությամբ ռեզիստորը փոխարինենք անհայտ դիմադրությամբ ռեզիստորով: Այս դեպքում էլ հոսանքի ուժի համար կունենանք՝ $I_2 = \varepsilon / (R_x + r)$: Նշված երկու հավասարումները պարունակում են երեք անհայտ և անհրաժեշտ է կազմել երրորդը: Դրա համար շղթան կարելի է կազմել՝ արդեն օգտվելով երկու ռեզիստորների հաջորդական կամ զուգահեռ միացումից: Այդ դեպքերում հոսանքի ուժի համար կունենանք

$$I_3 = \frac{\varepsilon}{R + R_x + r} \text{ կամ } I_4 = \frac{\varepsilon}{RR_x / (R + R_x) + r} :$$

Լուծելով ստացված հավասարումների համակարգը՝ կգտնենք բոլոր որոնելի մեծությունները: **227.** m զանգվածով հաղորդալարի l երկարությունը կարելի է որոշել $l = \sqrt{mU / \rho \rho_1 I}$ բանաձևով, որտեղ U - ն նրա ծայրերին կիրառված լարումն է, I - ն՝ հոսանքի ուժը, ρ - ն՝ խտությունը, ρ_1 - ը՝ տեսակարար դիմադրությունը: Այս ձևով «չափելով» սենյակի երկարությունը, լայնությունն ու բարձրությունը՝ որոշում ենք ծավալը: **228.** Կարելի է օգտվել ամրության սահմանի գաղափարից և դրա տվյալները վերցնել տեղեկագրից: **229.** Հավաքեք շղթա և հոսանքակիր թերմիստորը իջեցրեք ջրով լցված բաժակի մեջ: Ջրով լցված բաժակը տեղադրեք էլեկտրաջեռուցչի վրա և միացրեք այն: Ջրի մեջ տեղադրեք ջերմաչափ և ջերմաստիճանի յուրաքանչյուր $10^\circ C$ աճի պահին գրանցեք ամպերաչափի ու վոլտաչափի ցուցմունքներն ու չափեք թերմիստորի դիմադրությունը: Ստացված տվյալներով կառուցեք $R(t)$ գրաֆիկը: **230.** Դա

կարելի է անել կամ էլեկտրոդների հեռավորությունը փոփոխելով, կամ էլ՝ բալոնի ներսում գազի ճնշումը փոփոխելով: Իրոք, մոլեկուլն իոնացնելու համար էլեկտրոնը պետք է օժտված լինի բավարար կինետիկ էներգիայով, ինչը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ

$$\frac{mv^2}{2} = eU = eE\lambda,$$

որտեղ λ - ն էլեկտրոնի ազատ վազքի միջին հեռավորությունն է: Այսպիսով՝ էլեկտրական դաշտում էլեկտրոնի ձեռք բերած կինետիկ էներգիան կախված է երկու մեծություններից՝ էլեկտրական դաշտի լարվածությունից և էլեկտրոնի ազատ վազքի միջին երկարությունից: Առաջինը կարգավորում են էլեկտրոդների հեռավորության փոփոխությամբ, իսկ երկրորդը՝ գազի ճնշման փոփոխությամբ: **231.** Մագնիսացված ածելին ուժեղ տաքացրեք: Համոզվելու համար, որ այն ապամագնիսացել է նրա ծայրերը մոտեցրեք կողմնացույցի միևնույն բևեռին: **232.** Մագնիսացումից առաջ խարտուքի փոշին խտացրեք: Ապամագնիսացման համար թափահարեք փոշին: **233.** Չմագնիսացված ձողի կենտրոնական մասը ձգվում է մագնիսի կողմից, իսկ մագնիսացվածինը՝ չի ձգվում: Բացի այդ մագնիսացված ձողի յուրաքանչյուր ծայր, հանդիսանալով մագնիսական բևեռ, մագնիսի մի բևեռից ձգվում է իսկ մյուսից՝ վանվում: Մինչդեռ չմագնիսացված ձողի ծայրերը ձգվում են մագնիսի ցանկացած բևեռի կողմից: **234⁰.** Օգտվեք դիմադրության՝ հաղորդալարի չափերից կախումն արտահայտող բանաձևից: Հաղորդալարի երկարությունը որոշելու համար չափեք ռեոստատի մեկ գալարի երկարությունը և բազմապատկեք գալարների քանակով: Հաղորդալարի լայնական հատույթի մակերեսը որոշելու համար անհրաժեշտ է ունենալ նրա տրամագիծը: Վերջինս

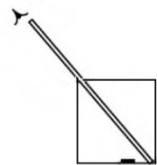
կարելի է գտնել որոշակի երկարության վրա տեղավորված գալարների քանակով: **235⁰**. Խնդիրը լուծելու համար պետք է օգտվել Երկրի մագնիսական դաշտից: Քանի որ սեղանը հորիզոնական է, հավասարակշռության դիրքում կողմնացույցի սլաքը ուղղված է մագնիսի և Երկրի մագնիսական դաշտերի ինդուկցիաների գումարի հորիզոնական բաղադրիչի ուղղությամբ: Քանի որ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան ուղղված է մագնիսի առանցքի երկայնքով, փորձը կատարելու համար հարմար է մագնիսի առանցքը տեղադրել Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի հորիզոնական բաղադրիչին ուղղահայց և կողմնացույցից ունեցած տարբեր հեռավորությունների դեպքում որոշել կողմնացույցի սլաքի շեղման անկյունը: Տվյալ դեպքում վերջինս ուղիղ համեմատական է մագնիսի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի հորիզոնական բաղադրիչին: Քանի որ մագնիսը դիպոլ է, դրա դաշտը պետք է հակադարձ համեմատական լինի հեռավորության խորանարդին: Կառուցելով համապատասխան գրաֆիկը՝ կարելի է համոզվել, որ այդպիսի կախվածությունը մոտավորապես բավարարվում է: **236**. Կարելի է չափել ձողի երկարությունը, ուղղաձիգ ձողի և ծառի ստվերների երկարությունը և օգտվել եռանկյունների նմանությունից: **237**. Կարելի է փոփոխել ձողի թեքության անկյունը: **238**. Այդ դեպքում ստացվում է լավ լուսավորվածություն և որ ամենակարևորն է, ստվերներ չեն առաջանում: **239**. Պատկերները եզրերում աղճատված են, իրական են և շրջված: **240**. Փորձի արդյունքները համադրեք տեսական հաշվումների արդյունքներին՝ օգտվելով եռանկյունների նմանությունից: **241**. Հաշվումներ կատարելիս օգտվեք եռանկյունների նմանությունից: **242**. Բացատրությունը պարզ կդառնա, եթե գծագրի վրա պատկերեք աչքերի դիրքը, դրանց պատկերները

հայելում և ճառագայթների ընթացքը: **243.** Դեմքի տեսանելի մասի չափը կախված չէ հայելու հեռավորությունից: **244.** Փորձով և կառուցման ճանապարհով նույնպես կարելի է համոզվել, որ հայելու նվազագույն բարձրությունը պետք է հավասար լինի մարդու հասակի կեսին: **245.** Շարժվում է պատկերի ձախ ձեռքը: **246.** Աջ ձեռքը, քանի որ կրկնակի անդրադարձման արդյունքում ստացվում է չորջված պատկեր: **247.** Նույն չափերի երեք ուղղանկյուն հայելուց հավաքեք եռանիստ անկյուն՝ անդրադարձնող ներքին մակերևույթով: **248.** Պատկերը թվում է իրական հեռավորությունից n անգամ մոտ, որտեղ n - ը ջրի բեկման ցուցիչն է: **249.** Ակնոցը պահելով արեգակից ընկնող ճառագայթների դիմաց, որոշեք այն կետի հեռավորությունը, որտեղ այդ ճառագայթները հավաքվում են: Քանի որ արեգակը շատ հեռու է, ակնոցի վրա ընկած ճառագայթները կարելի է համարել գուրգուռ և ճառագայթների հատման կետը կլինի ուսպնյակի կիզակետը: Ստացված կիզակետային հեռավորության (արտահայտված մետրով) հակադարձ մեծությունը կլինի օպտիկական ուժը: **250.** Պատի վրա ստացեք էլեկտրական լամպի թելիկի պատկերը: Այն ուսպնյակը, որի առաջացրած թելիկի պատկերը ստացվում է ուսպնյակի՝ պատից ավելի մոտ գտնվելու դեպքում, կունենա ավելի մեծ օպտիկական ուժ: **251.** Ուսպնյակները հպենք իրար: Եթե ստացված համակարգն իրեն պահի որպես հավաքող ուսպնյակ, ապա հավաքող ուսպնյակի օպտիկական ուժն ավելի մեծ է: Հակառակ դեպքում մեծ օպտիկական ուժով օժտված կլինի ցրող ուսպնյակը: **252.** Ուսպնյակները տեղադրեք այնպես, որ դրանց միջև ընկած կիզակետերը համընկնեն: **253.** Ուսպնյակները տեղադրեք այնպես, որ հավաքող ուսպնյակի կիզակետը համընկնի ցրողի կեղծ կիզակետին: **254.** Լամպի ճառագայթների կիզակետման արդյունքում համեմատեք

հեղուկների բեկման ցուցիչները: Լույսի արագությունը մեծ է այն հեղուկում, որի բեկման ցուցիչը փոքր է: **255.** Կարելի է հայելին տեղադրել հորիզոնական դիրքով և նրա մակերևույթով բաց թողնելով գնդիկը, հետևել դրա տատանողական շարժմանը: Օգտվելով վերջինիս և մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների համանմանությունից, կարելի է ստանալ հայելու շառավիղը: **256.** Անոթները տեղադրելով սեղանի վրա՝ լամպի առջև, դիտեք ճառագայթների ընթացքը նրանցով: Քանի որ սպիրտի բեկման ցուցիչը մեծ է ջրի բեկման ցուցիչից նրանով անցած ճառագայթները կհատվեն անոթին ավելի մոտ կետում, քան ջուր պարունակող անոթի դեպքում: **257.** Ճառագայթները կտարամիտեն, քանի որ օդով լցված անոթը հանդիսանում է ուռուցիկ ոսպնյակ, որի բեկման ցուցիչը փոքր է շրջակա միջավայրի (ջրի) բեկման ցուցիչից: **258.** Երևույթը բացատրվում է լույսի դիֆրակցիայով: Տալկի մասնիկների վրա ճառագայթները շեղվում են և վերադրվում: **259.** Կարելի է կրակ ստանալ ամռան արևոտ օրը: Սառույցից անհրաժեշտ է պատրաստել երկուռուցիկ ոսպնյակ և դրանով այրել թուղթը: Կարելի է ոսպնյակ ստանալ ջուրը սառեցնելով համապատասխան տեսքի անոթում: **260.** Նկարներում թուղթը չի երևում: Այն ընդամենը փակում է օբյեկտիվ ներթափանցող լուսային հոսքի մի մասը: **261.** Կտորը կատարում է դիֆրակտային ցանցի դեր: Ձգելով փոխում ենք ցանցի պարբերությունը՝ հետևաբար նաև դիֆրակտային պատկերը: **262.** Գունավորման պատճառը օքսիդի բարակ թաղանթի ստորին և վերին մակերևույթներից անդրադարձած լուսային ճառագայթների ինտերֆերենսն է: **263.** Գունավորումը պայմանավորված է թաղանթի տարբեր մակերևույթներից անդրադարձած ճառագայթների օպտիկական ընթացքների տարբերության հաշվին առաջացած ինտերֆերենսով:

Ժամանակի ընթացքում փոխվում է շերտի հաստությունը, ինչի հետևանքով փոխվում է նաև ինտերֆերենցիոն պատկերը: **264.** Խոշորացույցը չի խոշորացնում անկյունները, քանի որ վերջիններիս կախված չեն կողմերի երկարությունից: **265.** Այո, եթե ուսանյակը շատ հաստ է: **266.** Երկրի կապույտ գույնը պայմանավորված է օդի մոլեկուլների վրա արեգակնային ճառագայթների ցրման երևույթով: **267.** Այո, եթե ուսանյակը տեղադրված է իր նյութից մեծ բեկման ցուցիչ ունեցող միջավայրում: **268.** Դա պայմանավորված է մեկ աչքով դիտելու հետ: Այն պատկերը, որը ստացվում է մեկ աչքի ցանցաթաղանթից հնարավորություն չի մտալիս իրատեսորեն գնահատել առարկայի հեռավորությունը: **269.** Հեղուկի բեկման ցուցչի որոշման համար կարելի է բաժակի հեղուկը դիտարկել որպես զլանաձև ուսանյակ և նրա միջոցով էկրանի վրա ստանալ լամպի թելիկի պատկերը: Այնուհետև կառուցելով՝ համապատասխան գծապատկեր և օգտվելով բեկման օրենքից՝ կարելի է որոշել հեղուկի բեկման ցուցիչը: **270.** Աշխատանքի կատարման հիմքում ապակե թիթեղի հաստության թվացող փոքրացումն է, երբ դիտումը իրականացվում է թիթեղի նորմալի ուղղությամբ:

271^o. Ձողն ու մետաղի կտորը դրեք բաժակի մեջ նկար 79 - ում պատկերված ձևով: Այնուհետև բաժակում լցրեք այնքան ջուր, մինչև որ մետաղադրամը երևա: Ճառագայթների ընթացքի համար կատարեք գծագիր և համապատասխան հաշվումների օգնությամբ գտեք որոնելի բեկման ցուցիչը:



Նկ. 79

272^o. Օպտիկական սեղանի վրա տեղադրեք լամպը ուսանյակն ու էկրանը, և լամպի տարբեր դիրքերի համար որոշեք էկրանի համապատասխան այն դիրքերը, երբ ստացվում են հստակ

պատկերներ: Էկրանի վրա առաջացած խոշորացված պատկերի վրա չափումներ կատարելով և օգտվելով խոշորացման բանաձևից՝

կարող եք որոշել լամպի գալարների միջև հեռավորությունը:

273^o. Չափեք ներարկիչի վրայի գծերի տեսանելի հեռավորությունը հակադիր կողմից և կատարեք ճառագայթների ընթացքի վերլուծություն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Աթայան Կ.Ի., Մայիլյան Ս.Ս., Սարգսյան Հ.Ա., Պետրոսյան Լ.Ս., Ֆիզիկայի խնդիրներ: Տեսակները և լուծման մեթոդները. – Եր.: «Անտարես», 2004 – 296 էջ:
2. Ալավերդյան Ռ., Ղազարյան Է. և ուրիշ.– Ֆիզիկա: Թեստային առաջադրանքների շտեմարան: Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2014. Մաս 1 . – 430 էջ:
3. Ալավերդյան Ռ.Բ., Ղազարյան Է.Ս., Մելիքյան Գ.Գ. և ուրիշ., Ֆիզիկա: Թեստային առաջադրանքների շտեմարան. - Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2013. Մաս 2.- 440 էջ:
4. Ալավերդյան Ռ.Բ., Մելիքյան Գ.Գ., Նինոյան Ժ.Հ. և ուրիշ., Ֆիզիկա: Թեստային առաջադրանքների շտեմարան. - Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2014. Մաս 3.- 294 էջ:
5. Ալավերդյան Ռ.Բ., Մելիքյան Գ.Գ., Նինոյան Ժ.Հ., Պետրոսյան Ա.Վ., Ֆիզիկայի խնդիրների ժողովածու. - Եր.: Հեղինակային հրատարակություն, 2009. – 272 էջ:
6. Խաչատրյան Ա.Հ., Փախչանյան Բ.Ա., Ֆիզիկայի Հանրապետական օլիմպիադաների խնդիրներ. Երկրորդ հրատարակություն.-Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2007 – 153 էջ:
7. Հովհաննիսյան Ռ., Շարխատունյան Հ., Սարգսյան Է., Ֆիզիկայի խնդիրների և հարցերի ժողովածու. - Եր.: «Լույս», 2004. - 231էջ:
8. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Թոսունյան Ռ., Մայիլյան Ս., Ներսիսյան Ս., «Ֆիզիկա

և աստղագիտություն - 9», Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2015 – 224 էջ:

9. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-10: Ավագ դպրոցի 10-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար: Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2010.-272 էջ:
10. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-11: Ավագ դպրոցի 11-րդ դաս. դասագիրք ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար: Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2010. – 368 էջ:
11. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մամյան Ա., Մելիքյան Գ., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-12, Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2011.- 264 էջ:
12. Մխիթարյան Վ., Նիկողոսյան Վ., 1001 խնդիր հետաքրքրասերների համար կամ ֆիզիկայի որակական խնդիրներ, Երևան – 2010, Հեղ. Հրատ, 144 էջ:
13. Վորոբյով Ի.Ի., Զուբկով Պ.Ի., Կուսուզովա Գ.Ա., Սավչենկո Օ.Յա., Տրուբաչով Ա.Մ., Խարիտոնով Վ. Գ. Ֆիզիկայի խնդիրներ: Ուսումնական ձեռնարկ/ Օ. Յա. Սավչենկոյի խմբագրությամբ/, Եր.: Տիգրան Մեծ, 2008.- 528 էջ:

14. Бутиков Е. И., Быков А. Л., Кондратьев А. С. Физика для поступающих в вузы. М.: Наука. 1982. 608 с.
15. Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С., Физика в примерах и задачах, Москва, Наука, 1979.
16. Варламов А., Шапиро А., Метод виртуальных перемещений, Квант, 1980, N 2, 9-13 с.
17. Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. – М., МЦ-НМО, 2009. - 184 с.
18. Гельфгат И.М., Генденыштейн Л.Э., Кирик Л.А. 1001 задач по физике с решениями. Центр «Инновации в науке, технике, образовании». Харьков – Москва. Илекса. 1998. 596 с.
19. Галлингер И.В., Экспериментальные задания на уроках физики // Физика в школе. 2008. № 2 . - с. 26-31.
20. Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д.В., Яковлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики, Кн. II. Термодинамика и молекулярная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ; ЛАНЬ. 2006. 176 с.
21. Донат Б., Физика в играх, Изд. Детской литературы, Москва, 1937. – 247 с.
22. Кембровский Г.С., Маркович Л.Г., Слабодянюк А.И. Олимпиады школьников по физике – Мн.: ИООО «Красико-Принт», 2002.-128с.

23. Ладных М.С., Графические методы решения задач по физике, Методическое пособие для учителей физики и учащихся при подготовке к олимпиаде. Белгород, 2019. – с. 79
24. Ланге В.Н., Экспериментальные физические задачи на смекалку, М.: «Наука», 1985. – 128 с.
25. Мигдал, Вычисления без вычислений, Квант, 2020, № 1, 21-28 с.
26. Минарт М., Свет и цвет в природе, М.: «Наука», 1969. – 181 с.
27. Сена Л.А., «Единицы физических величин и их размерности», М.: «Наука», 2000. – 309 с.
28. Слободянюк А.И. Физика. Экспериментальные задачи в школе: пособие для учителей общеобразоват. учреждений с белорус. и рус. яз. обучения /А.И.Слободянюк. – Мн.: Аверсэв, 2011. - 397 с.
29. Суорц Кл.Э., Необыкновенная физика обыкновенных явлений, М., «Наука», в том 1, 1986. – 400 с.
30. Суорц Кл.Э., Необыкновенная физика обыкновенных явлений, М., «Наука», в том 2, 1987. – 384 с.
31. Тирский Г.А., «Анализ размерностей» Соросовский образовательный журнал, том 7, 2004, 82-87 с.
32. Тихонов П.С., Черников Ю.А., Олимпиадный физический практикум, Москва, 2019. - 416 с.

33. Тульчинский М.Е., Качественные задачи по физике в средней школе. Пособие для учителей. Изд. 4-е, переработ. и доп. М., «Просвещение», 1972. – 240 с. с ил.
34. Турчина Н. В., и др., Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в вузы (Авт. сост. Н. В. Турчина и др.) М.: Дрофа, 2000.
35. Уокер Дж., Физический фейерверк. – М.: Мир, 1988 – 298 с. с ил.
36. Черноуцан А. Энергетический метод исследования колебаний. Научно-популярный физико-математический журнал Квант №2. 2007г., стр. 27-31.
37. Черноуцан А.И. Кинематические связи в задачах динамики // Квант. – 1988. – № 2. – С. 57-62.
38. Успенский В.А., Некоторые приложения механики к математике, Гос. Изд. физ-мат лит., Москва, 1958.-50с.
39. Chernoutsan A., 2011, Method of virtual displacements, Meeting of Modern Science and School Physics: [*College for School Teachers of Physics in ICTP*](#)
40. Coopersmith J., 2017, The Lazy Universe: An Introduction to the Principle of Least Action Oxford U.P., New York, 267 p. <https://doi.org/10.1119/1.5024210>
41. Feynman R., Leighton R. and Sands M., 2014, The Feynman Lectures on Physics boxed set: The New Millennium Edition New Millennium ed. Edition, 1552 p.
42. Feynman R., Leighton R. and Sands M., 2014, Exercises for the Feynman Lectures on Physics: The New Millennium Edition New Millennium ed. Edition, 320 p.

43. Mayer V.V. and Varaksina E.I. Unipolar motor and angular momentum conservation law. Physics Education, 2017 IOP Publishing Ltd. Volume 52, Number 4.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԱԽԱԲԱՆ	3-4
§1. Շարժումների անկախության սկզբունքը	5-13
§2. Պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը	14-21
§3. Վիրտուալ տեղափոխությունների սկզբունքը	21-32
§4. Վերադրման սկզբունքի կիրառությունները ֆիզիկայի դասընթացում	33-45
§5. Չափային վերլուծության մեթոդ	45-55
§6. Հաշվարկման համակարգի փոփոխման մեթոդ	55-69
§7. Փոքր տատանումների պարբերության որոշման էներգետիկ մեթոդ	69-81
§8. Հակասող ենթադրության մեթոդ	81-90
§9. Փորձարարական խնդիրների լուծման հիմնական մոտեցումներ	91-105
Փորձարարական առաջադրանքներ ըստ բաժինների	105-127
Պատասխաններ և ցուցումներ	128-158
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	159-164

ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ ՎԱՐԴԱՆ ՖՐԱՆՍԻ
ֆիզմաթ գիտ. թեկնածու, դոցենտ
ՍԵՐՈԲՅԱՆ ԵՐՎԱՆԴ ՍԵՐԵՋՈՅԻ
ֆիզմաթ գիտ. թեկնածու, դոցենտ
ՆԻԿՈՑՅԱՆ ԳԱԳԻԿ ՍԵՐԵՋԱԵՎԻՇ
ֆիզմաթ գիտ. թեկնածու

**ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ
ԽՆԴԻՐՆԵՐ**

**ՈՒՍՈՒՄՆԱԾԺԱՆԴԱԿ ԶԵՆՆԱՐԿ ԱՇԽԱՏՆԵՐԻ ԵՎ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ
ՀԱՍԱՐ**

МАНУКЯН ВАРДАН ФРАНЦЕВИЧ
кандидат физ. - мат. наук, доцент
СЕРОБЯН ЕРВАНД СЕРЕЖЕВИЧ
кандидат физ. - мат. наук, доцент
НИКОГОСЯН ГАГИК СЕРЕЖАЕВИЧ
кандидат физ. - мат. наук

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
ПО ФИЗИКЕ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

(на армянском языке)

Ստորագրված է տպագրության՝ 27.09.2024թ.
Թուղթը՝ օֆսեթ
Չափսը՝ 60X84 1/16
Ծավալը՝ 10,375 մամուլ
Տպաքանակը՝ 100
Տպագրվել է «Ռուբեն Ավետիսյան» Ա/Ձ-ում
Գյումրի 2024

ISBN 978-9939-0-5044-7



9 789939 050447