ԷԴՈՒԱՐԴ ՂԱՉԱՐՅԱՆ
ԱԼԲԵՐՏ ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ
ԳԱԳԻԿ ՄԵԼԻՔՅԱՆ
ՌՈՍՏՈՄ ԹՈՍՈՒՆՅԱՆ
ՍՈՍ ՄԱՀԼՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱ 8

Հանրակրթական դպրոցի 8-րդ դասարանի դասագիրք

ԷԴԻԹ ՊՐԻՆՏ
ԵՐԵՎԱՆ 2013

Հաստատել է
ՀՀ կրթության և գիտության նախարարությունը

Խմբագրությամբ՝ պրոֆեսորներ
Ալբերտ Կիրակոսյանի և
Էդուարդ Ղազարյանի

Ֆ 524 Ֆիզիկա-8. Հանրակրթական դպրոցի 8-րդ դասարանի դասագիրք / Է. Ղազարյան, Ա. Կիրակոսյան, Գ. Մելիքյան և ուրիշ. — Եր.: «Էդիթ Պրինտ», 2013 — 208 էջ:

© ԷԴԻԹ ՊՐԻՆԹ, 2013
© Է. Ղազարյան, Ա. Կիրակոսյան, Գ. Մելիքյան,
Ռ. Թոսունյան, Մ. Մաիլյան, 2012

ԳԼՈՒԽ

ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Մինչև XIX դարի առաջին կեսը մեխանիկան ուսումնասիրվում էր որպես միասնական և ամբողջական գիտություն: Սակայն գիտատեխնիկական առաջընթացը, մասնավորապես՝ տարատեսակ մեքենաներում և մեխանիզմներում շարժումների փոխանցման մանրամասն հետազոտման անհրաժեշտությունը, նոր պահանջներ դրեցին մեխանիկայի առջև: Որոշվեց *մարմինների շարժումներին վերաբերող հարցերն* առանձնացնել որպես մեխանիկայի առանձին բաժին: **Մեխանիկայի այն բաժինը, որն ուսումնասիրում է մարմինների շարժումները՝ առանց դրանց պատճառների քննարկման, կոչվում է կինեմատիկա** (հունարեն «կինեմա»՝ շարժում բառից):

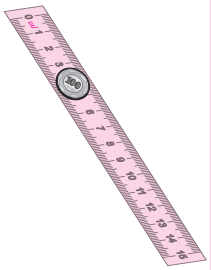
Թե ինչ է մեխանիկական շարժումը, ձեզ հայտնի է 7-րդ դասարանի ֆիզիկայի դասընթացից: Գիտեք նաև, որ մի շարժումը մյուսից տարբերելու համար հարկավոր է իմանալ՝ *ի՞նչ հետագծով և ինչպե՞ս է շարժվում մարմինը:*

Ուղիղ հետագծով կատարվող շարժումներից արդեն ուսումնասիրել եք ամենապարզ՝ հավասարաչափ շարժումը:

Այս գլխում կշարունակենք ուսումնասիրել մարմնի շարժումը տրված հետագծով, մասնավորապես կդիտարկենք ուղղագիծ հավասարաչափ արագացող և շրջանագծային հավասարաչափ շարժումները:

§1 ԱՆՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ՇԱՐԺՈՒՄ: ՄԻՋԻՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆ

7-րդ դասարանում դուք ուսումնասիրել եք միայն հավասարաչափ շարժումները: Սակայն այդպիսի շարժումներ ձեր շրջապատում և, ընդհանրապես, բնության մեջ շատ սակավ են հանդիպում: Ավելի տարածված են *անհա-*



Նկ. 1.
Մետաղադրամի շարժումը քանոնի վրայով անհավասարաչափ է:

վասարաչափ շարժումները, երբ հավասար ժամանակամիջոցներում մարմինն անցնում է անհավասար ճանապարհներ: Օրինակ՝ կայարանում հավանաբար նկատել եք, թե ինչպես է գնացքը մոտենում կառամատույցին: Անգամ, առանց վայրկենաչափի, դժվար չէ համոզվել, թե ինչպես է դանդաղում գնացքի ընթացքը: Կառամատույցին մոտենալիս՝ մինչև կանգ առնելը, գնացքը շարժվում է անհավասարաչափ: Անհավասարաչափ է նաև կայարանից հեռացող գնացքի շարժումը: Բայց վերջին դեպքում նրա ընթացքն աստիճանաբար արագանում է:

Անհավասարաչափ շարժում կարելի է դիտել՝ օգտագործելով նաև մեր ունեցած պարագաները: Օրինակ՝ երկար և փոքր-ինչ լայն քանոնի վրա դնենք որևէ առարկա, ասենք՝ մետաղադրամ (նկ. 1): Քանոնի ծայրից բարձրացնելով՝ կնկատենք, որ մի որոշ թեքությունից սկսած՝ մետաղադրամն սկսում է սահել: Կարելի է այդ թեքությունն ընտրել այնպես, որ շարժումը լինի հավասարաչափ: Փոքր-ինչ ավելի բարձրացնելով քանոնը՝ մետաղադրամի շարժումը կդարձնենք անհավասարաչափ:

Եթե հայտնի է տրված հետագծով մարմնի հավասարաչափ շարժման արագությունը, ապա հավասարաչափ շարժման ձեզ հայտնի $s=vt$ բանաձևով կարելի է հաշվել մարմնի անցած ճանապարհը: Եթե հայտնի է նաև մարմնի դիրքը ժամանակի սկզբնական պահին, ապա տրված հետագծի վրա միշտ կարելի է նշել այն տեղը, որտեղ մարմինը կհայտնվի ժամանակի որևէ այլ պահի:

Հաճախ պահանջվում է որոշել, թե մարմինը որքան ժամանակում կանցնի տրված ճանապարհը: Օրինակ՝ գնացքների կարգավարին բոլորովին չեն հետաքրքրում գնացքի շարժման մանրամասները: Կարևոր է՝ նա իմանա, թե մի կայարանից մյուսը գնացքը որքա՞ն ժամանակում է անցնում: Եթե գնացքը շարժվում է հավասարաչափ, տրված արագությամբ, ապա կարգավարը որոնելի ժամանակը կորոշի $s=vt$ բանաձևից: Իսկ եթե գնացքը շարժվում է անհավասարաչափ, ապա նրա արագությունը տարբեր պահերին տարբեր է, ուստի t ժամանակամիջոցում գնացքի անցած s ճանապարհը հնարավոր չէ հաշվել $s=vt$ բանաձևով:

Ի տարբերություն հավասարաչափ շարժման, անհավասարաչափ շարժման դեպքում գնացքի անցած ճանապարհի հարաբերությունը ժամանակին նույնը չէ տարբեր տեղա-

մասերում: Բայց ճանապարհի հարաբերությունը ժամանակին արտահայտվում է արագության միավորով: Այդ մեծությունը օգտակար կլինի, եթե մեզ հետաքրքրում է մարմնի շարժումը միայն տրված ճանապարհին: **Մարմնի անցած ճանապարհի և այդ ճանապարհն անցնելու ժամանակի հարաբերությունն անվանում են մարմնի միջին արագություն**: Մաթեմատիկորեն միջին արագությունն արտահայտվում է նույն բանաձևով, ինչ հավասարաչափ շարժման արագությունը, այսինքն՝

$$v_{\text{միջ}} = \frac{s}{t}: \qquad (1)$$

Այստեղից բխում է, որ տրված ճանապարհին մարմնի անհավասարաչափ շարժման միջին արագությունը հավասար է այնպիսի հավասարաչափ շարժման արագությանը, որի դեպքում մարմինն այդ ճանապարհն անցնում է նույն ժամանակում, ինչ անհավասարաչափ շարժվելիս:

Անհավասարաչափ շարժվող մարմնի անցած s ճանապարհը կարելի է որոշել, եթե հայտնի են շարժման միջին արագությունն այդ ճանապարհին և այն անցնելու համար անհրաժեշտ t ժամանակը: Իրոք, (1) բանաձևից

$$s = v_{\text{միջ}}t: \qquad (2)$$

Հարկ է նշել, որ (1) բանաձևով որոշված միջին արագությունը համապատասխանում է միայն տրված ճանապարհին և այն ժամանակին, որի ընթացքում մարմինն անցնում է այդ ճանապարհը: Դա նշանակում է, որ (2) բանաձևով չի կարելի որոշել մարմնի անցած ճանապարհը, օրինակ, $t/2$ ժամանակամիջոցում: Սակայն միջին արագությունը օգնում է հանգելու հավասարաչափ շարժումը բնութագրող մեծության գաղափարին:

Դրա համար անհավասարաչափ շարժվող մարմնի անցած ամբողջ ճանապարհը բաժանենք շատ փոքր տեղամասերի և դրանցից յուրաքանչյուրում հաշվենք մարմնի միջին արագությունը: Հասկանալի է՝ որքան փոքր է տեղամասը, այնքան փոքր է այն անցնելու ժամանակամիջոցը, ուստի շատ փոքր տեղամասում մարմնի միջին արագությունը կհամընկնի այդ տեղամասն անցնելու պահին մարմնի այսպես կոչված **ակնթարթային արագության** հետ:

Մարմնի շարժման ակնթարթային արագություն հետագծի որևէ կետում կոչվում է այն ֆիզիկական մե-

ծությունը, որը հավասար է այդ կետին հարող շատ փոքր տեղամասում շարժման միջին արագությանը:

Ակնթարթային արագության փոխարեն սովորաբար ասում են արագություն:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր շարժումն է կոչվում անհավասարաչափ: Բերեք օրինակներ:*
2. *Ինչպե՞ս է սահմանվում անհավասարաչափ շարժման միջին արագությունը: Գրեք միջին արագության բանաձևը:*
3. *Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի անհավասարաչափ շարժման միջին արագությունը:*

§2 ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ԱՐԱԳԱՑՈՂ ՇԱՐԺՈՒՄ: ԱՐԱԳԱՑՈՒՄ

Բնության մեջ հանդիպող յուրաքանչյուր շարժման արագություն ժամանակից կախված փոփոխվում է որոշակի օրինաչափությամբ: Այդպիսի շարժումներից է մասնավորապես **հավասարաչափ արագացող շարժումը**:

Մարմնի շարժումը կոչվում է հավասարաչափ արագացող, եթե այդ շարժման արագությունը կամայական հավասար ժամանակամիջոցներում փոփոխվում է նույն չափով:

Մարմնի շարժման արագությունը կամայական հավասար ժամանակամիջոցներում հնարավոր է՝ մեծանա կամ փոքրանա նույն չափով: Առաջին դեպքում ասում են, որ մարմինը կատարում է հավասարաչափ արագացող շարժում՝ աճող արագությամբ, իսկ երկրորդ դեպքում՝ հավասարաչափ արագացող շարժում՝ նվազող արագությամբ կամ հավասարաչափ դանդաղող շարժում: Օրինակ՝ կանգառին մոտենալիս, երբ վարորդը հաստատուն ճիգ է գործադրում արգելակման ոտնակին, մեքենայի արագությունը որոշակի արժեքից նվազում է մինչև զրո, ուստի մեքենայի շարժումը հավասարաչափ արագացող շարժում է՝ նվազող արագությամբ:

Հավասարաչափ արագացող շարժման սահմանումից հետևում է, որ յուրաքանչյուր վայրկյանում արագության փոփոխությունը նույնպես կլինի նույնը: Նշանակում է՝ հենց այդ փոփոխությամբ էլ հավասարաչափ արագացող շարժումները կարելի է տարբերել մեկը մյուսից: Ուրեմն՝ հավասարաչափ արագացող շարժումը կարելի է բնութագրել

մեկ վայրկյանում այդ շարժման արագության փոփոխությամբ: Իսկ այն որոշելու համար հարկավոր է որևէ ժամանակամիջոցում արագության փոփոխությունը բաժանել այդ փոփոխության ժամանակամիջոցին: Օրինակ՝ երբ գնացքի արագությունը 5 վ-ում հավասարաչափ մեծանալով 0-ից դառնում է 20 մ/վ, ապա յուրաքանչյուր վայրկյանում արագությունն աճում է 20 մ/վ : 5 = 4 մ/վ:

Այն ֆիզիկական մեծությունը, որը հավասար է մարմնի շարժման արագության փոփոխության և այն ժամանակամիջոցի հարաբերությանը, որի ընթացքում կատարվել է այդ փոփոխությունը, կոչվում է հավասարաչափ արագացող շարժման արագացում:

Հիշեցնենք, որ «արագության փոփոխություն» ասելով հարկավոր է հասկանալ, թե շարժման արագությունը որքա՞ն է աճել կամ նվազել որոշակի ժամանակամիջոցում: Եթե, օրինակ, գնացքի շարժման արագությունը 10 վ-ում 20 մ/վ-ից աճել է մինչև 25 մ/վ, ապա արագության փոփոխությունը յուրաքանչյուր վայրկյանում կլինի՝ (25 մ/վ – 20 մ/վ) : 10 = 0,5 մ/վ:

Արագացումը սովորաբար նշանակում են a տառով (լատիներեն՝ «ակսելերատիո»՝ արագացում բառից):

Եթե մարմնի արագությունը, աճելով 0-ից, t ժամանակի ընթացքում հավասարվում է v-ի, ապա այդ մարմնի շարժման արագացումը՝

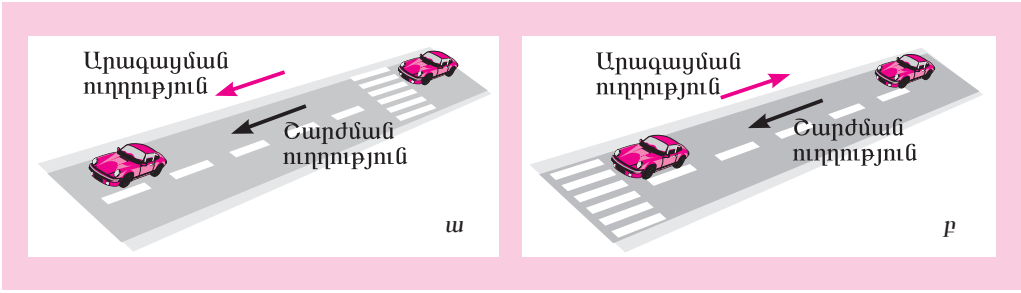
$$a = \frac{v}{t}: \qquad (3)$$

Արագացման միավորն այնպիսի հավասարաչափ արագացող շարժման արագացումն է, երբ այդ շարժման արագությունը յուրաքանչյուր 1 վ-ում փոփոխվում է 1 մ/վ-ով: Այդ միավորը նշանակում են՝ 1 մ/վ^2: Եթե մարմնի շարժման արագացումը 2 մ/վ^2 է, նշանակում է, որ մարմնի արագությունը յուրաքանչյուր վայրկյանում փոփոխվում է (աճում է կամ նվազում) 2 մ/վ-ով:

Եթե սկզբնական՝ $t = 0$ պահին մարմնի արագությունը եղել է v_0, իսկ t ժամանակից հետո, կատարելով հավասարաչափ դանդաղող շարժում, այն կանգ է առել, ապա արագացումը՝

$$a = \frac{v_0}{t}: \qquad (4)$$

Ինչպես արագությանը, արագացմանը նույնպես վերագրում են ուղղություն: Օրինակ՝ եթե մեքենան սկսում է



Նկ. 2.
ա. Մեքենան շարժվում է կանգառից: բ. Մեքենան արգելակում է:

շարժվել դադարի վիճակից, ապա նրա շարժման արագացումն ուղղված է շարժման ուղղությամբ (նկ. 2,ա): Կանգառին մոտենալիս, երբ մեքենան արգելակում է և, ի վերջո, կանգ առնում, արագացման և շարժման ուղղությունները հակառակ են (նկ. 2, բ):

Հաստատուն արագությամբ (այսինքն՝ հավասարաչափ) շարժվելիս մարմնի շարժման արագության փոփոխությունը, ակներև է, զրո է: Ուստի կարելի է ասել, որ հավասարաչափ շարժման արագացումը զրո է:

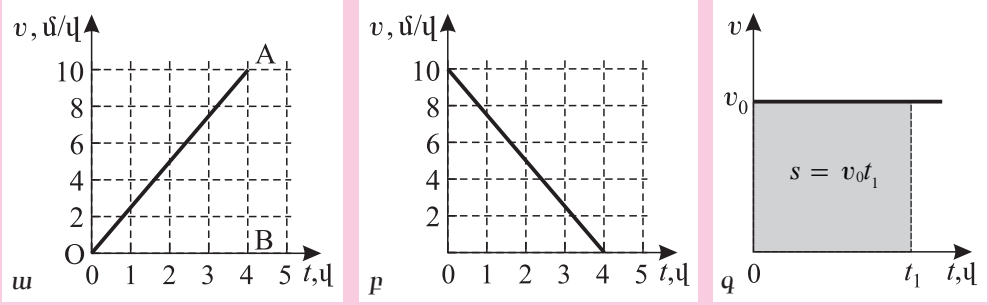
Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ո՞ր անհավասարաչափ շարժումն է կոչվում հավասարաչափ արագացող:**
2. **Ո՞ր ֆիզիկական մեծությունն է կոչվում հավասարաչափ արագացող շարժման արագացում:**
3. **Ի՞նչ է ցույց տալիս արագացումը: Ո՞րն է արագացման միավորը, և ինչպե՞ս է այն սահմանվում:**
4. **Գրել հավասարաչափ արագացող շարժման արագացման բանաձևը, երբ՝ ա. մարմինը շարժումն սկսում է դադարի վիճակից, բ. մարմնի արագությունը նվազելով՝ դառնում է զրո:**
5. **Ինչպե՞ս է ուղղված հավասարաչափ արագացող շարժման արագացումը, երբ՝ ա. մարմինը շարժումն սկսում է դադարի վիճակից, բ. մարմնի արագությունը նվազելով՝ դառնում է զրո:**
6. **Որքա՞ն է հավասարաչափ շարժման արագացումը:**

§3 ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ԱՐԱԳԱՑՈՂ ՇԱՐԺՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆ

Արագացման (4) բանաձևից կարելի է որոշել հավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը դադարի վիճակից շարժումն սկսելուց t ժամանակ անց՝

$$v = at: \qquad (5)$$



Նկ. 3.
Հավասարաչափ արագացող շարժման արագության գրաֆիկը, երբ՝
ա. արագությունն աճում է,
բ. արագությունը նվազում է մինչև 0,
գ. արագությունը հաստատուն է:

Այլ կերպ ասած՝ առանց սկզբնական արագության ($\upsilon_0 = 0$) հավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը շարժումն սկսելուց t ժամանակ անց հավասար է այդ շարժման a արագացման և t ժամանակի արտադրյալին:

Հավասարաչափ արագացող շարժման ընթացքում արագացումը հաստատուն է՝ $a = const$: Հետևապես՝ (5) բանաձևն արտահայտում է υ-ի և t-ի ուղիղ համեմատական կախումը: Այսինքն՝ հավասարաչափ արագացող շարժման արագության գրաֆիկն ուղիղ գիծ է, որն անցնում է կոորդինատների սկզբնակետով (նկ. 3, ա):

Նվազող արագությամբ հավասարաչափ արագացող շարժման արագության գրաֆիկը, երբ սկզբնական արագությունը՝ $\upsilon_0 = 10$ մ/վ, պատկերված է 3-րդ բ. նկարում:

Ե՛վ 3-րդ ա., և՛ 3-րդ բ. նկարներում, շարժման արագացումը՝ $a = 10\,\text{մ/վ} : 4\,\text{վ} = 2{,}5\,\text{մ/վ}^2$: Առաջին դեպքում շարժումն աճող արագությամբ է, երկրորդ դեպքում՝ նվազող:

Հավասարաչափ շարժման արագությունը հաստատուն մեծություն է՝ $\upsilon = \upsilon_0 = const$, ուստի այդ շարժման արագության գրաֆիկը կպատկերվի t-երի առանցքին զուգահեռ հատվածի տեսքով (նկ. 3, գ): 7-րդ դասարանի ֆիզիկայի դասընթացից ձեզ հայտնի է, որ այդ դեպքում, հավասարաչափ շարժման $s = \upsilon t$ բանաձևին համապատասխան, t_1 ժամանակամիջոցում մարմնի անցած ճանապարհի թվային արժեքը հավասար է արագության գրաֆիկով, կոորդինատների առանցքներով և t_1 պահին համապատասխանող կետում t-երի առանցքին տարված ուղղահայացով սահմանափակված պատկերի մակերեսի թվային արժեքին (նկ. 3, գ):

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ինչպե՞ս են որոշում առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը:*
2. *Օգտվելով 3-րդ ա. և 3-րդ բ. նկարներից՝ մոտավորապես որոշեք մարմինների շարժման արագությունները $t=0$ պահից 3 վ անց:*
3. *Ո՞րն է հավասարաչափ շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհի երկրաչափական իմաստը:*

§4 ՃԱՆԱՊԱՐՀԸ ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ԱՐԱԳԱՑՈՂ ՇԱՐԺՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Կառուցելով հավասարաչափ շարժման արագության գրաֆիկը՝ կարողացանք հաշվել հաստատուն արագությամբ շարժվող մարմնի անցած ճանապարհը շարժման սկզբից՝ կամայական ժամանակամիջոցում (նկ. 3գ.):

Նշված եղանակով կարելի է հաշվարկել նաև հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհը շարժման սկզբից՝ որոշակի ժամանակի ընթացքում: 3-րդ ա. նկարում, օրինակ, մարմնի անցած ճանապարհը 4 վ-ում թվապես հավասար է OAB ուղղանկյուն եռանկյան մակերեսին: Երկրաչափության դասընթացից ձեզ հայտնի է, որ ուղղանկյուն եռանկյան մակերեսը հավասար է էջերի կիսաարտադրյալին: Հետևաբար՝ պատկերացնելով, որ եռանկյան կողմերն արտահայտված են երկարության միավորով, կարելի է գրել՝

$$\text{մակերես (OAB)} = \frac{1}{2}\text{AB} \cdot \text{OB} = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4 \text{ մ}^2 = 20 \text{ մ}^2:$$

Այսինքն՝ $t = 4$ վ-ում մարմնի անցած ճանապարհը՝ $s = 20$ մ: Բայց քանի որ $\text{AB} = v$, $\text{OB} = t$, ապա՝

$$s = \frac{1}{2}vt: \qquad (6)$$

(6) բանաձևը համեմատելով անհավասարաչափ շարժվող մարմնի անցած ճանապարհի (2) բանաձևի հետ՝ $s = v_{\text{միջ}}t$, ստանում ենք՝

$$v_{\text{միջ}} = \frac{v}{2}: \qquad (7)$$

Դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի շարժման միջին արագությունը

շարժման սկզբից t ժամանակ անց հավասար է մարմնի՝ t պահին ունեցած (կամ վերջնական) արագության կեսին:

Նույն կերպ կարելի է պարզել, որ նվազող արագությամբ հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի շարժման միջին արագությունն արգելակման սկզբից մինչև կանգ առնելու պահը հավասար է v_0 սկզբնական արագության կեսին՝

$$v_{\text{միջ}} = \frac{v_0}{2}: \qquad (8)$$

(7) բանաձևի օգնությամբ (2) բանաձևից ստանում ենք՝ $s = vt/2$: v-ն փոխարինելով (5) արտահայտությամբ՝ կստանանք հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհի բանաձևը՝

$$s = \frac{at^2}{2}: \qquad (9)$$

Նույնն է նաև հավասարաչափ դանդաղող շարժում կատարելիս մինչև կանգ առնելը մարմնի անցած ճանապարհի բանաձևը:

$v = at$ բանաձևը կապ է հաստատում արագության, արագացման և ժամանակի միջև, իսկ $s = at^2/2$ բանաձևը՝ ճանապարհի, արագացման և ժամանակի միջև:

Այժմ կապ հաստատենք առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժման ճանապարհի, արագության և արագացման միջև:

Համաձայն (5) բանաձևի՝ մարմնի շարժման վերջնական արագությունը՝ $v = at$, որտեղից շարժման ժամանակամիջոցը՝ $t = v/a$: (9) բանաձևում տեղադրելով t-ի արտահայտությունը, կստանանք՝

$$s = \frac{a}{2} \cdot \frac{v^2}{a^2} = \frac{v^2}{2a}, \qquad (10)$$

որտեղից

$$v^2 = 2as, \qquad (11)$$

կամ

$$v = \sqrt{2as}, \qquad (12)$$

որը կինեմատիկայի կարևոր բանաձևերից է:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Բացատրեք՝ ինչպե՞ս կարելի է հավասարաչափ արագացող շարժման արագության գրաֆիկի միջոցով որոշել մարմնի անցած ճանապարհը:*
2. *Որքա՞ն է դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժման միջին արագությունը t ժամանակի ընթացքում:*
3. *Որքա՞ն է նվազող արագությամբ հավասարաչափ արագացող շարժման միջին արագությունը արգելակման սկզբից մինչև կանգ առնելու պահը:*
4. *Գրեք առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհի բանաձևը:*
5. *Ո՞ր բանաձևով կարելի է հաշվել նվազող արագությամբ հավասարաչափ արագացող շարժման ճանապարհը՝ արգելակման սկզբից մինչև կանգ առնելը:*
6. *Լրացրեք մեքենայի արգելակման ճանապարհների աղյուսակը տարբեր սկզբնական արագությունների համար (արգելակման ճանապարհ է կոչվում մեքենայի անցած ճանապարհը՝ արգելակման պահից մինչև կանգ առնելու պահը): Մեքենայի շարժման արագացումը 1,25 մ/վ² է, սկզբնական արագությունը՝ υ_0, արգելակման ճանապարհը՝ s:*

	υ_0, կմ/ժ	s, մ
1	18	
2	36	
3	54	
4	72	

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. *Սահնակը, սկսելով սահել 4 մ/վ² հաստատուն արագացմամբ, անցավ 72 մ ճանապարհ: Որքա՞ն ժամանակ պահանջվեց դրա համար:*

$a = 4$ մ/վ²
$s = 72$ մ
$t = ?$

Լուծում: Ճանապարհի հաշվարկման $s = at^2/2$ բանաձևից $t = \sqrt{2s/a}$: Տեղադրելով ճանապարհի և արագացման արժեքները, ստանում ենք՝ $t = \sqrt{2 \cdot 72 \text{ մ}/(4 \text{ մ/վ}^2)} = 6$ վ:

Պատասխան՝ 6 վ:

2. *Դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմինը 10 վ-ում անցավ 400 մ ճանապարհ: Որոշեք մարմնի արագացումը և վերջնական արագությունը:*

$t = 10$ վ
$s = 400$ մ
$a = ?, \upsilon = ?$

Լուծում: $s = at^2/2$ բանաձևից կորոշենք a արագացումը՝ $a = 2s/t^2$, $a = 2 \cdot 400 \text{ մ}/100\text{վ}^2 = 8 \text{ մ/վ}^2$: Հետևապես՝ մարմնի վերջնական արագությունը՝ $\upsilon = at = 8 \text{ մ/վ}^2 \cdot 10 \text{ վ} = 80 \text{ մ/վ}$:

Պատասխան՝ $a = 8$ մ/վ², $\upsilon = 80$ մ/վ:

3. *Մեքենան, շարժվելով 8 մ/վ հաստատուն արագությամբ, արգելակման պահից մինչև կանգ առնելն անցավ 8 մ ճանապարհ: Որքա՞ն է մեքենայի հավասարաչափ դանդաղող շարժման արագացումը: Ի՞նչ միջին արագությամբ էր շարժվում մեքենան արգելակելիս:*

$v_0 = 8$ մ/վ
$v = 0$
$s = 8$ մ
$a = ?, v_{միջ} = ?$

Լուծում: Հավասարաչափ դանդաղող շարժում կատարող մեքենայի շարժման միջին արագությունը, արգելակումն սկսելու պահից մինչև կանգ առնելը, հավասար է v_0 սկզբնական արագության կեսին՝ $v_{միջ} = v_0/2 = (8 \text{ մ/վ})/2 = 4 \text{ մ/վ}$: $s = v_{միջ} \cdot t$ բանաձևից կորոշենք արգելակման t ժամանակամիջոցը՝ $t = s/v_{միջ}$, $t = 8 \text{ մ} : 4 \text{ մ/վ} = 2 \text{ վ}$: Հետևաբար՝ $v_0 = at$ բանաձևից կստանանք արգելակումով շարժման a արագացումը՝ $a = v_0/t$, $a = 8 \text{ մ/վ} : 2 \text{ վ} = 4 \text{ մ/վ}^2$:

Պատասխան՝ $a = 4 \text{ մ/վ}^2$, $v_{միջ} = 4 \text{ մ/վ}$:

4. ***Ավտոմեքենան, շարժվելով կանգառից, 1 ր անց ձեռք բերեց 54 կմ/ժ արագություն: Ավտոմեքենայի շարժումը համարելով հավասարաչափ արագացող՝ որոշել այդ շարժման արագացումը, ինչպես նաև ավտոմեքենայի անցած ճանապարհը և միջին արագությունն այդ ճանապարհին:***

$v_0 = 0$
$t = 1$ ր
$v = 54$ կմ/ժ
$a = ?, s = ?$
$v_{միջ} = ?$

Լուծում: Ավտոմեքենան շարժվում է դադարի վիճակից, ուստի նրա արագությունը շարժման սկզբից t ժամանակ անց կարելի է որոշել $v = at$ բանաձևով, որտեղից ավտոմեքենայի արագացումը՝ $a = v/t$: Տեղադրելով $v = 54 \text{ կմ/ժ} = (54 \cdot 1000/3600) \text{ մ/վ} = 15 \text{ մ/վ}$, $t = 1 \text{ ր} = 60 \text{ վ}$, կստանանք՝ $a = 0,25 \text{ մ/վ}^2$, ուստի $s = at^2/2$ բանաձևով կարելի է հաշվել մեքենայի անցած ճանապարհը՝ $s = 0,25 \text{ մ/վ}^2 \cdot (60 \text{ վ})^2/2 = 450 \text{ մ}$: Շարժման միջին արագությունը որոշվում է $v_{միջ} = v/2$ բանաձևով՝ $v_{միջ} = 7,5 \text{ մ/վ}$:

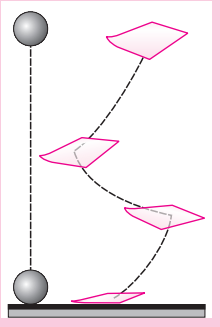
Պատասխան՝ $a = 0,25 \text{ մ/վ}^2$, $s = 450 \text{ մ}$, $v_{միջ} = 7,5 \text{ մ/վ}$:

§5 ԱԶԱՏ ԱՆԿՈՒՄ: ԱԶԱՏ ԱՆԿՄԱՆ ԱՐԱԳԱՑՈՒՄ

Ավելի քան 2350 տարի առաջ Հին Հունաստանի մեծագույն գիտնական Արիստոտելը (մ. թ. ա. 384-322 թթ.) «ապացուցում» էր, որ ծանր մարմիններն ընկնում են ավելի արագ, քան թեթևները:

Առօրյա դիտումները կարծես Արիստոտելի տեսակետի օգտին էին: Իրոք, սովորական պայմաններում տարբեր մարմիններ ընկնում են տարբեր կերպ: Ծանր գունդը, օրինակ, ընկնում է արագ, իսկ թղթի թերթիկը՝ դանդաղ և, բացի այդ, բարդ հետագծով (նկ. 4):

1591 թ. իտալացի հռչակավոր գիտնական Գալիլեո Գալիլեյը (1564 –1642 թթ.), որ այդ ժամանակ Պիզայի համալսարանի դասախոս էր, արտահայտեց բոլորովին այլ տեսակետ: Ըստ Գալիլեյի՝ բոլոր մարմինները նույն բարձրությունից գետին են ընկնում միաժամանակ: Ապացուցելու



Նկ. 4. *Ծանր գունդն ընկնում է արագ, իսկ թղթի թերթիկը՝ դանդաղ և բարդ հետագծով:*

համար իր ասածը՝ նա Պիզայի թեք աշտարակից, որի բարձրությունը 56 մետր է, միաժամանակ բաց թողեց ծանր հրետագունդը և մուշկետի (հին հրացան) թեթև գնդակը, որոնք գետին ընկան միաժամանակ: Այս պատմական գիտափորձով ժխտվեց Արիստոտելի՝ ավելի քան երկու հազար տարի իշխող սխալ տեսակետը:

Այս և այլ փորձերի ու դիտումների հիման վրա Գալիլեյը եզրակացրեց, որ

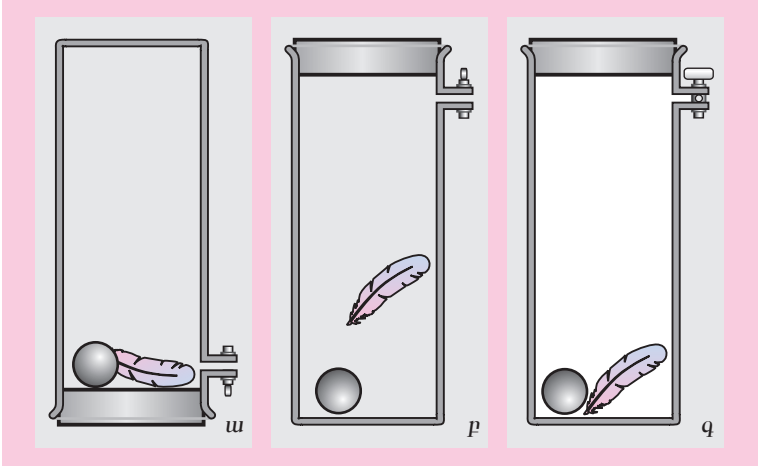
բոլոր մարմինները Երկրի ձգողության ազդեցությամբ ընկնում են նույն արագացմամբ:

Այս եզրակացությունը մեխանիկայի կարևորագույն օրենքներից է և կոչվում է ***Գալիլեյի օրենք***:

Գալիլեյի օրենքի ճշմարտացիությունը կարելի է ապացուցել նաև հետևյալ պարզ փորձի միջոցով:

Վերցնենք մոտ 1 մ երկարությամբ խողովակ, որը մի կողմից փակ է, իսկ մյուս կողմում ունի ծորակ: Խողովակի մեջ տեղավորենք կապարե գնդիկ և փետուր: Խողովակը նախ պահենք գլխիվայր (նկ. 5, ա), ապա արագորեն այն շրջենք 180°-ով: Երկու առարկաները էլ կընկնեն խողովակի հատակին, բայց ոչ միաժամանակ: Հատակին կընկնի նախ՝ գնդիկը, հետո՝ փետուրը (նկ. 5, բ): Այնուհետև պոմպով օդը հանենք խողովակից և փորձը կրկնենք: Այս անգամ երկու մարմիններն էլ խողովակի հատակին կընկնեն միաժամանակ (նկ. 5, գ):

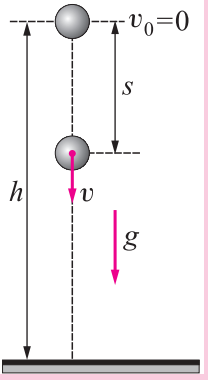
Մարմինների անկումը վակուումում, միայն Երկրի ձգողության ազդեցությամբ կոչվում է ազատ անկում:



Նկ. 5.
ա. Խողովակը գլխիվայր վիճակում: բ. Երբ խողովակում օդ կա, հատակին ընկնում է նախ կապարե գնդիկը, հետո՝ փետուրը: գ. Վակուումում կապարե գնդիկը և փետուրը հատակին են հասնում միաժամանակ:

Գալիլեյի օրենքի համաձայն՝ Երկրի մակերևույթի մոտ ազատ ընկնող բոլոր մարմինները կատարում են հավասարաչափ արագացող շարժում:

Իրոք, ծանր գնդիկը թողնենք որոշ բարձրությունից և հավասար ժամանակամիջոցներից հետո լուսանկարենք այն: Հաշվելով գնդիկի դիրքերի հեռավորությունները՝ կարելի է համոզվել, որ այն, իրոք, ընկնում է հաստատուն՝ ազատ անկման արագացմամբ: Ազատ անկման արագացումն ընդունված է նշանակել g տառով (լատիներեն՝ «գրավիտաս»՝ ծանրություն բառից): Այս և ուրիշ բազմաթիվ փորձերից եկել են այն եզրակացության, որ Երկրի միջին լայնություններում ազատ անկման արագացումը՝ $g = 9{,}8$ մ/վ^2:



Նկ. 6.
Գնդիկի ազատ անկումը h բարձրությունից

Դիցուք՝ մարմինն ազատ ընկնում է դադարի վիճակից: Այդ դեպքում նրա շարժման համար կիրառելի են (5) և (9) բանաձևերը: Միայն հարկավոր է a-ն փոխարինել g-ով: Հետևապես՝ համաձայն նշված բանաձևերի՝

$$v = gt, \qquad (13)$$

$$s = \frac{gt^2}{2}: \qquad (14)$$

Խնդիրներ լուծելիս հարկավոր է հաշվի առնել, որ ազատ անկման արագացումը միշտ ուղղված է դեպի ներքև:

Այժմ պարզենք, թե h բարձրությունից առանց սկզբնական արագության ազատ անկում կատարող գնդիկը որքա՞ն ժամանակում կընկնի գետին և ի՞նչ արագություն կունենա գետնին հարվածելու պահին (նկ. 6):

Գետին ընկնելու պահին $t = t_0$, $s = h$, ուստի՝ գնդիկի ազատ անկման բանաձևերը կարտահայտվեն հետևյալ կերպ՝ $v = gt_0$, $h = gt_0^2/2$, որտեղ t_0-ն գնդիկի անկման տևողությունն է: Երկրորդ հավասարումից որոշված $t_0 = \sqrt{2h/g}$ արտահայտությունը տեղադրելով առաջին հավասարման մեջ, կստանանք անկման վերջին պահին գնդիկի արագությունը՝ $v = \sqrt{2gh}$: Վերջին բանաձևը համընկնում է (14) բանաձևին, երբ $s = h$, $a = g$:

Այժմ որոշենք, թե ի՞նչ առավելագույն բարձրության կհասնի ուղղաձիգ դեպի վեր նետված մարմինը վակուումում, և որքա՞ն կտևի նրա վերելքը:

Մարմնի շարժումը դեպի վեր հավասարաչափ արագացող է՝ նվազող արագությամբ, ընդ որում, սկզբնական արագությունը v_0 է: Վերելքի ամենաբարձր կետում մարմնի արագությունը զրո է՝ $v = 0$: Հետևաբար՝ կարելի է օգտվել

(5) բանաձևից՝ համարելով $a = g$, այսինքն՝ $v_0 = gt_0$, որտեղ t_0-ն վերելքի որոնելի ժամանակն է: Այսպիսով՝

$$t_0 = \frac{v_0}{g}: \qquad (15)$$

Վերելքի h_0 բարձրությունը կարելի է հաշվել՝ օգտվելով (9) բանաձևից՝ s-ը փոխարինելով h_0-ով, t-ն՝ t_0-ով.

$$h_0 = \frac{gt_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}: \qquad (16)$$

Ստացված բանաձևերից հետևում է, որ եթե մարմնի վեր նետման արագությունը մեծացնենք, օրինակ, 2 անգամ, ապա վերելքի ժամանակը կմեծանա 2 անգամ, իսկ առավելագույն բարձրությունը՝ 4 անգամ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր շարժումն են անվանում ազատ անկում:*
2. *Ինչպե՞ս կարելի է համոզվել, որ ազատ անկումը հավասարաչափ արագացող շարժում է:*
3. *Ձևակերպեք Գալիլեյի օրենքը:*
4. *Նկարագրեք Գալիլեյի օրենքի ճշմարտացիությունը հաստատող փորձերը:*
5. *Գրեք ազատ անկման բանաձևերը:*
6. *Վերցրեք նույն չափի թղթի երկու թերթ: Դրանցից մեկը ճմռթելով դարձրեք «կծիկ» և մյուս թղթի հետ նույն բարձրությունից միաժամանակ բաց թողեք: Բացատրեք փորձի արդյունքը: Ի՞նչ է այն ապացուցում:*
7. *Թղթի մի փոքր կտոր դրեք մետաղադրամի վրա և, մետաղադրամը պահելով հորիզոնական դիրքում, ձեռքից բաց թողեք այնպես, որ այն չշրջվի: Բացատրեք փորձի արդյունքը:*
8. *Մարմինը նետվել է դեպի վեր՝ v_0 սկզբնական արագությամբ: v_0-ի տարբեր արժեքների համար հաշվեք վերելքի h բարձրությունները և լրացրեք աղյուսակը:*

	v_0, մ/վ	h, մ
1	5	
2	10	
3	15	
4	20	

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. *Մարմինն ընկավ 156,8 մ բարձրությունից: Որքա՞ն է մարմնի արագությունն անկման վերջին պահին: Որքա՞ն է մարմնի անկման տևողությունը: Օդի դիմադրությունն անտեսել:*

$h = 156,8$ մ
$v = ?, t_0 = ?$

Լուծում: $s = gt^2/2$ բանաձևում տեղադրելով $t = t_0$, $s = h$, կունենանք՝ $h = gt_0^2/2$, որտեղից կարելի է որոշել անկման t_0 տևողությունը՝

$$t_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 156,8\ \text{մ}}{9,8\ \text{մ/վ}^2}} = 4\sqrt{2}\ \text{վ} = 5,6\ \text{վ}:$$

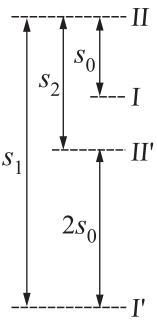
Անկման վերջին պահին մարմնի արագությունը՝ $v = gt_0$, $v = 55,3$ մ/վ: Ի դեպ, v-ն կարելի է հաշվել նաև $v = \sqrt{2gh}$ բանաձևով:

Պատասխան՝ $v = 55,3$ մ/վ, $t_0 = 5,6$ վ:

2. ***Մարմինն առանց սկզբնական արագության ընկնում է որոշակի բարձրությունից: 2 վ անց նույն բարձրությունից ընկնում է երկրորդ մարմինը: Քանի՞ վայրկյան անց մարմինների հեռավորությունը կդառնա երկու անգամ ավելի մեծ այն հեռավորությունից, որ ունեին դրանք երկրորդ մարմնի անկման պահին: Օդի դիմադրությունն անտեսել:***

$t_0 = 2$ վ
$s = 2s_0$
$t = ?$

Լուծում: Դիցուք՝ երկրորդ մարմինն ընկնելու պահին առաջին մարմինը I դիրքում էր: Այդ պահին երկու մարմինների I և II դիրքերի s_0 հեռավորությունը կարելի է որոշել $s_0 = gt_0^2/2$ բանաձևով: Առաջին մարմնի անկման պահից t վ անց առաջին և երկրորդ մարմինների դիրքերի հեռավորությունը $2s_0$ է: Նկարից երևում է, որ $2s_0 = s_1 - s_2$, որտեղ s_1-ը և s_2-ը t ժամանակում առաջին և երկրորդ մարմինների անցած ճանապարհներն են: Քանի որ երկրորդ մարմինն ընկնում է առաջինից $t_0 = 2$ վ ուշ, ապա՝



$$s_1 = \frac{gt^2}{2}, \quad s_2 = \frac{g(t - t_0)^2}{2}:$$

Համաձայն խնդրի պայմանի՝ $s_1 - s_2 = 2s_0$, այսինքն՝

$$\frac{gt^2}{2} - \frac{g(t - t_0)^2}{2} = 2\frac{gt_0^2}{2}:$$

Լուծելով այս հավասարումը՝ ստանում ենք՝ $t = 3$ վ:

Պատասխան՝ 3 վ:

3. ***Աղեղից ուղղաձիգ դեպի վեր արձակված նետը գետին ընկավ 8 վ անց: Որքա՞ն է նետի թռիչքի վերելքի բարձրությունը: Ի՞նչ արագությամբ էր նետն արձակվել:***

$t_թ = 8$ վ
$h_0 = ?, v_0 = ?$

Լուծում: Ցույց տանք, որ նետի թռիչքի t_0 վերելքի տևողությունը հավասար է թռիչքի $t_թ$ տևողության կեսին՝ $t_0 = t_թ/2$: Իսկապես, համաձայն (16) բանաձևի՝ նետի թռիչքի վերելքի առավելագույն բարձրությունը՝ $h_0 = v_0^2/2g$: Այդ բարձրությունից, որտեղ նետի արագությունը զրո է, նետի անկման t_1 ժամանակամիջոցը կորոշենք $h_0 = gt_1^2/2$ բանաձևով: Հետևապես՝ $gt_1^2/2 = v_0^2/2g$, որտեղից՝ $t_1 = v_0/g$: Համաձայն (15) բանաձևի՝ $t_0 = v_0/g$, ուստի՝ $t_1 = t_0$: Այսպիսով՝ նետի վերելքի տևողությունը հավասար է առավելագույն բարձրությունից նրա անկման ժամանակին, այդ պատճառով $t_թ = t_0 + t_1 = 2t_0$, որտեղից՝ $t_0 = t_1 = t_թ/2$: Վերելքի առավելագույն բարձրությունը՝ $h_0 = gt_1^2/2 = gt_թ^2/2 = 78,4$ մ: $t_0 = v_0/g$ բանաձևից կարելի է որոշել նետի սկզբնական արագությունը՝ $v_0 = gt_0 = gt_թ/2$, $v_0 = 39,2$ մ/վ:

Պատասխան՝ $h_0 = 78,4$ մ, $v_0 = 39,2$ մ/վ:

Հետաքրքիր է իմանալ

Գալիլեյի գիտափորձի մասին

Համարում են, որ փորձարարական ֆիզիկան ծնունդ է առել այն պահից, երբ Պիզայի համալսարանի մաթեմատիկայի երիտասարդ դասախոս Գալիլեյը Պիզայի թեք աշտարակից միաժամանակ բաց թողեց հրետագունդը և մուշկետի գնդակը: 1591 թվականն էր: Գիտափորձի օրը ուսանողների և հետաքրքրասերների բազմությունը շրջապատել էր Պիզայի նշանավոր աշտարակը: Համալսարանի ճանաչված պրոֆեսորները նման հավաքույթներին, բնականաբար, չէին մասնակցում: Նրանց կարծիքով՝ Գալիլեյի այդ արտառոց վարքը վարկաբեկում էր համալսարանը: Անբան շրջմոլիկներին հրապարակում հավաքելը վայել է ձեռնածուներին և լարախաղացներին, բայց ոչ գիտնականին: Միայն մի քանի դասախոս էր ներկա: Եվ քչերը գիտեին, որ Գալիլեյն աշտարակից վայր է նետելու զանազան առարկաներ՝ ապացուցելու համար, որ տարբեր զանգվածներով մարմինները նույն բարձրությունից ընկնում են նույն ժամանակում: Հավաքվածների մի մասը նույնիսկ հավատացել էր այն լուրին, թե մաթեմատիկայի դասախոս սինյոր Գալիլեյը կատակելու է աշտարակից: Նույնիսկ երբ ծանր գունդը և թեթև գնդակը, միասին ընկնելով, միասին էլ հարվածեցին գետնին, հիացմունքի որևէ արտահայտություն չլսվեց: Ընդհակառակը, Գալիլեյի ձեռնարկն արհամարհական արտահայտությունների և տարակուսանքի տեղիք տվեց: Մի՞թե նա իսկապես կարծում է, թե աշտարակից ինչ-որ գնդեր նետելով կարելի է հերքել Արիստոտելին: Մի դրա՛ն տեսեք՝ գիտական աստիճանից զուրկ այդ նորելուկ դասախոսին…

Գալիլեյը շրջապատված էր լուռ թշնամանքով, և հաջորդ տարի նրա պայմանագիրը Պիզայի համալսարանի ղեկավարության հետ չշարունակվեց: Բայց ոչ ոք չգիտեր, որ Գալիլեյին սպասում էին Պադուայում. նրան նշանակել էին Պադուայի համալսարանի մաթեմատիկայի պրոֆեսոր:

§6 ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ՇԱՐԺՈՒՄ ՇՐՋԱՆԱԳԾՈՎ

Մինչև այժմ ուսումնասիրում էինք միայն ուղղագիծ շարժումներ: Բայց ավելի հաճախ մարմինները շարժվում են կոր հետագծերով: Այդպիսի շարժումներն անվանում են **կորագիծ**:

Կորագիծ շարժումներից դիտարկենք միայն շրջանագծային շարժումները՝ սահմանափակվելով **շրջանագծային հավասարաչափ շարժմամբ**: Այդպիսի շարժման ժամանակ արագության թվային արժեքը (մոդուլը) չի փոփոխվում, սակայն ուղղությունը շարժման ընթացքում անընդհատ փոփոխվում է:

Շրջանագծի յուրաքանչյուր կետում մարմնի շարժման ակնթարթային արագության ուղղությունը համընկնում է այդ կետով շրջանագծին տարված շոշափողին (նկ. 7): Դրանում կարելի է համոզվել՝ դիտելով, օրինակ, թե ինչպես են սեխի մասնիկները թռչում ավտոմեքենայի տեղապտույտ տվող անիվից (նկ. 8):

Եթե պտտվող սրոցաքարին սեղմենք դանակի շեղբը, ապա կտեսնենք, թե ինչպես են սրոցաքարից պոկվում շիկացած մասնիկները: Այդ մասնիկները թռչում են դանակի և սրոցաքարի հպման կետերով տարված շոշափողների երկայնքով (նկ. 9):

Շրջանագծային հավասարաչափ շարժումը բնութագրում են պտտման պարբերությամբ և պտտման հաճախությամբ:

Պտտման պարբերություն է կոչվում այն ժամանակը, որի ընթացքում շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմինը կատարում է մեկ լրիվ պտույտ:

Պտտման պարբերությունը սովորաբար նշանակում են T տառով:

Եթե t ժամանակում պտույտների թիվը նշանակենք N-ով, ապա պտտման պարբերությունը՝

$$T = \frac{t}{N}: \qquad (17)$$

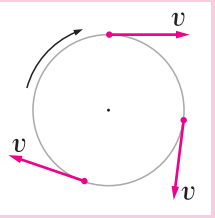
Պտտման պարբերության միավորը *վայրկյանն է* (1 վ):

Պտտման հաճախություն են անվանում այն ֆիզիկական մեծությունը, որը հավասար է միավոր ժամանակամիջոցում մարմնի կատարած պտույտների թվին:

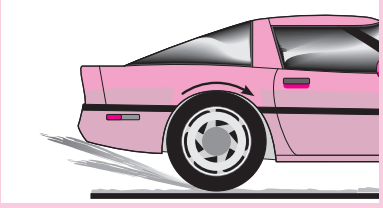
Պտտման հաճախությունը նշանակելով n տառով, կարելի է գրել՝

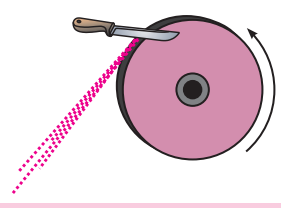
$$n = \frac{N}{t}: \qquad (18)$$

Որպես պտտման հաճախության միավոր ընդունված է այն պտտման հաճախությունը, որի դեպքում 1 վ-ում շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմինը կատարում է 1



Նկ. 7. *Ակնթարթային արագության ուղղությունը շրջանագծի յուրաքանչյուր կետում համընկնում է այդ կետով տարված շոշափողին:*





Նկ. 8. *Ձեխաջրի կայտերը պտտվող անիվից շպրտվում են շոշափողի երկայնքով:*

Նկ. 9. *Պտտվող սրոցաքարից կայծերը թռչում են շոշափողի երկայնքով:*

պտույտ: Այդ միավորը նշանակում են այսպես՝ $1\,վ^{-1}$:

Համեմատելով (17) և (18) բանաձևերը՝ կարելի է տեսնել, որ պտտման պարբերությունը և պտտման հաճախությունը փոխադարձաբար հակադարձ մեծություններ են՝

$$n = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{n}: \tag{19}$$

Շրջանագծային հավասարաչափ շարժման արագությունը կարելի է որոշել $v = s/t$ բանաձևով, որտեղ s-ը շրջանագծի այն աղեղի երկարությունն է, որը մարմինը «գծել» է t ժամանակում: Մեկ պտույտի տևողությունը պտտման պարբերությունն է՝ $t = T$, իսկ այդ ժամանակում անցած ճանապարհը՝ շրջանագծի երկարությունը՝ $s = 2\pi R$, որտեղ $\pi = 3,14$, ուստի՝

$$v = \frac{2\pi R}{T}: \tag{20}$$

Հաշվի առնելով, որ $T = 1/n$, կստանանք՝

$$v = 2\pi Rn: \tag{21}$$

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր շարժումն են անվանում շրջանագծային հավասարաչափ շարժում:*
2. *Ի՞նչ ուղղություն ունի արագությունը շրջանագծային հավասարաչափ շարժման դեպքում: Բերեք օրինակներ:*
3. *Ի՞նչ է պտտման պարբերությունը:*
4. *Ի՞նչ է պտտման հաճախությունը, և ո՞րն է նրա միավորը:*
5. *Ինչպե՞ս կարելի է գտնել պտտման պարբերությունը և հաճախությունը, եթե հայտնի են ժամանակը և այդ ժամանակի ընթացքում կատարված պտույտների թիվը:*
6. *Գրել պտտման պարբերության և պտտման հաճախության կապն արտահայտող բանաձևերը:*
7. *Ինչպե՞ս կարելի է հաշվել շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմնի արագությունը, եթե հայտնի են շրջանագծի շառավիղը և պտտման պարբերությունը կամ պտտման հաճախությունը:*
8. *Ինչպե՞ս է կախված շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմնի արագությունը շրջանագծի շառավղից, պտտման պարբերությունից և հաճախությունից:*

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. ***Որոշեք ժամացույցի վայրկենացույց սլաքի ծայրի շարժման արագությունը, եթե սլաքի երկարությունը 5 սմ է:***

$R = 5$ սմ
$v = ?$

Լուծում: Վայրկենացույց սլաքի ծայրի շարժման արագությունը որոշվում է $v = 2\pi R/T$ բանաձևով, որտեղ R-ը սլաքի երկարությունն է՝ $R = 5$ սմ $= 0,05$ մ, T-ն՝ պտտման պարբերությունը՝ $T = 1$ ր $= 60$ վ:

Հետևաբար՝

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \text{ մ}}{60 \text{ վ}} = 0,0052 \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ $v = 0,0052$ մ/վ:

2. ***Շրջանագծով հավասարաչափ շարժվող մարմինը 5 վ-ում կատարում է 20 պտույտ: Որքա՞ն է այն շրջանագծի շառավիղը, որով շարժվում է մարմինը, եթե նրա շարժման արագությունը 3,8 մ/վ է:***

$t = 5$ վ
$N = 20$
$v = 3,8$ մ/վ
$R = ?$

Լուծում: Մարմնի շարժման արագությունը որոշվում է $v = 2\pi Rn$ բանաձևով, որտեղ n-ը պտտման հաճախությունն է: Նկատի ունենալով, որ $n = N/t$, շրջանագծի R շառավղի համար կստանանք՝

$$R = \frac{v}{2\pi n} = \frac{vt}{2\pi N} = \frac{3,8 \cdot 5}{2 \cdot 3,14 \cdot 20} \text{ մ} = 0,15 \text{ մ}$$

Պատասխան՝ 0,15 մ:

3. ***Հավասարաչափ պտտվող թափանիվը 30 վ-ում կատարում է 1200 պտույտ: Որոշեք թափանիվի պտտման պարբերությունը:***

$t = 30$ վ
$N = 1200$
$T = ?$

Լուծում: Սահմանման համաձայն՝ պտտման պարբերությունը մեկ պտույտի տևողությունն է, ուստի

$$T = \frac{t}{N} = \frac{30}{1200} \text{ վ} = 0,025 \text{ վ}:$$

Պատասխան՝ 0,025 վ:

§7

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 1

Հավասարաչափ արագացող շարժման արագացման որոշումը

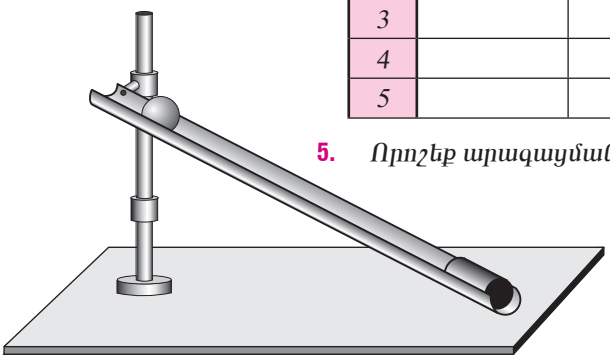
Աշխատանքի նպատակը. *չափել այն արագացումը, որով շարժվում է գնդիկը թեք ճոռով:*

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. *մետաղե ճոռ, պողպատե գնդիկ, վայրկենաչափ, պողպատե գլան, չափերիզ, ամրակալան:*

Աշխատանքի ընթացքը.

1. *Հավաքեք նկարում պատկերված փորձասարքը:*
2. *Գնդիկը բաց թողեք և վայրկենաչափով նշեք ժամանակի այն t պահը, երբ գնդիկը կհարվածի գլանին:*
3. *Չափերիզով չափելով գնդիկի անցած s ճանապարհը՝ որոշեք գնդիկի շարժման արագացումը՝*
$$a = 2s/t^2:$$
4. *Փորձը կրկնեք 5–6 անգամ: Չափման արդյունքները գրանցեք աղյուսակում:*

	t, վ	s, մ	a, մ/վ^2	$a_{միջ}$, մ/վ^2
1				
2				
3				
4				
5				

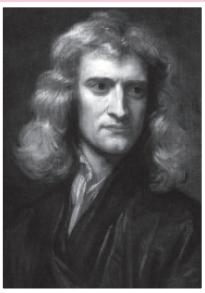


5. *Որոշեք արագացման արժեքների միջինը ($a_{միջ}$):*

ԳԼՈՒԽ II

ԴԻՆԱՄԻԿԱ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ



Իսահակ Նյուտոն (1643–1727), անգլիացի ֆիզիկոս և մաթեմատիկոս, դասական ֆիզիկայի հիմնադիրը

Մինչ այժմ ուսումնասիրել եք մեխանիկական շարժման տարբեր տեսակները և արդեն գիտեք, որ, ըստ հետագծի ձևի, շարժումները լինում են ուղղագիծ կամ կորագիծ, իսկ ըստ շարժման բնույթի՝ հավասարաչափ կամ անհավասարաչափ: Որպես ուղղագիծ շարժման օրինակներ ուսումնասիրել եք ուղղագիծ հավասարաչափ շարժումը, որի դեպքում մարմնի արագությունը ժամանակի ընթացքում չի փոխվում, և ուղղագիծ հավասարաչափ արագացող շարժումը, որի դեպքում մարմնի արագությունը կամայական հավասար ժամանակամիջոցներում փոխվում է միևնույն չափով: Որպես կորագիծ շարժման օրինակ դիտարկել եք շրջանագծային հավասարաչափ շարժումը:

Նշված բոլոր դեպքերում մեզ չէր հետաքրքրում շարժման առաջացման պատճառը: Սակայն ֆիզիկայի խնդիրը ոչ միայն բնության երևույթների նկարագրությունն է, այլ նաև դրանց պատճառների պարզաբանումը: Ուսումնասիրելով պատճառները՝ կարելի է կանխատեսել այս կամ այն երևույթի հնարավորությունը:

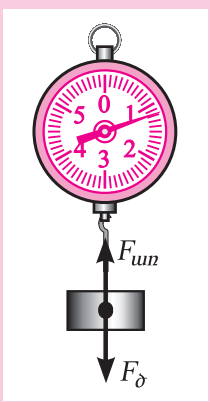
Այս գլխում դուք կսովորեք բացատրել տարաբնույթ շարժումների պատճառները, կիմանաք, թե ե՞րբ է մարմինը դադարի վիճակում կամ շարժվում ուղղագիծ հավասարաչափ, ե՞րբ է ձեռք բերում արագացում, ի՞նչից է կախված այդ արագացումը և այլն: Այլ խոսքով՝ ուսումնասիրելով այս բաժինը՝ կկարողանաք ոչ միայն նկարագրել, թե ինչպես է շարժվում մարմինը, այլև բացատրել, թե ինչու է հենց այդպես շարժվում:

Մեխանիկայի այն բաժինը, որն ուսումնասիրում է տարաբնույթ շարժումների առաջացման և փոփոխման պատճառները, կոչվում է դինամիկա (հունարեն՝ «դինամիս»՝ ուժ բառից):

Դինամիկայի հիմքում ընկած են Նյուտոնի երեք օրենքները, որոնց հայտնաբերմանը, բացի Նյուտոնից, մեծապես նպաստել են նաև այլ գիտնականներ, հատկապես՝ Գալիլեյը: Նյուտոնը, մանրակրկիտ վերլուծելով և ընդհանրացնելով իր նախորդների ուսումնասիրությունները, այդ օրենքները ձևակերպել է 1687 թ. լույս տեսած իր «Բնափիլիսոփայության մաթեմատիկական հիմունքները» նշանավոր աշխատության մեջ:

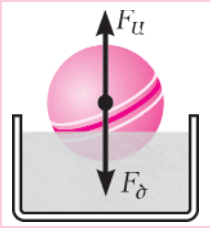
§8 ՆՅՈՒՏՈՆԻ ԱՌԱՋԻՆ ՕՐԵՆՔԸ

Դիտեք ձեր շրջապատը: Կտեսնեք բազմաթիվ մարմիններ, որոնք Երկրի նկատմամբ դադարի վիճակում են: Չափելով այդ մարմինների վրա ազդող ուժերը՝ կարելի է համոզվել, որ դրանք միմյանց համակշռում են, այսինքն՝ դրանց համազորը զրո է:



Նկ. 10. *Ուժաչափիկ կախված մարմնի վրա ազդող ծանրության և զսպանակի առաձգականության ուժերի համազորը զրո է:*

Դիցուք՝ ուժաչափիկ կախված հայտնի զանգվածով մարմինը դադարի վիճակում է (նկ. 10): Եթե հաշվենք մարմնի վրա ազդող ծանրության mg և ուժաչափի զսպանակի $F_{առ}$ առաձգականության ուժերը, կհամոզվենք, որ այդ ուժերի մոդուլները հավասար են, և քանի որ այդ ուժերը հակառակ են ուղղված, ապա դրանց համազորը զրո է: Նմանապես ջրում գնդակը (նկ. 11) դադարի վիճակում է, եթե նրա վրա ազդող ծանրության և արքիմեդյան ուժերի համազորը զրո է:



Նկ. 11. *Դադարի վիճակում գնդակի վրա ազդող ծանրության և արքիմեդյան ուժերի համազորը զրո է:*

Այս և բազմաթիվ այլ օրինակներ ցույց են տալիս, որ մարմինը դադարի վիճակում է, եթե նրա վրա ազդող ուժերը միմյանց համակշռում են: Այդ վիճակում մարմինը շարունակում է մնալ այնքան ժամանակ, քանի դեռ նրա վրա այլ մարմիններ չեն ազդել և դուրս չեն բերել նրան հավասարակշռության վիճակից:

Այժմ պարզենք, թե ինչպես է իրեն պահում շարժվող մարմինը. պահպանվո՞ւմ է նրա արագությունը, թե՞ փոխվում է ժամանակի ընթացքում: Այս հարցին անդրադաձել ենք 7-րդ դասարանի դասընթացում իներցիայի երևույթը քննարկելիս: Փորձերը ցույց են տալիս, որ շարժվող մարմինն իր արագությունը չի փոխում այնքան ժամանակ, քանի դեռ նրա վրա այլ մարմիններ չեն ազդել: Սովորաբար սահող կամ գլորվող մարմինները շփման ուժի ազդեցությամբ վաղ թե ուշ կանգ են առնում: Եթե մեզ հաջողվի շփումը լրիվ վերացնել, ապա, օրինակ, գնդիկը հորիզոնական սեղանի վրա կշարժվի անփոփոխ արագությամբ: Եթե չլինեին Երկ-

րի ձգողությունը և օդի դիմադրությունը, ապա հրացանից արձակված գնդակը միշտ կշարժվեր ուղիղ հետագծով և հավասարաչափ:

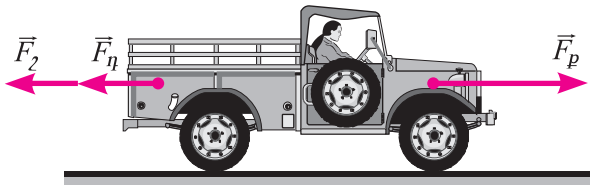
Գործնականում ավելի հաճախ հանդիպում ենք այնպիսի իրավիճակների, երբ ոչ թե մարմնի վրա այլ մարմիններ չեն ազդում, այլ դրանց ազդեցությունները միմյանց համակշռում են: Այդ դեպքում նույնպես մարմինը պահպանում է իր ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակը: Օրինակ՝ երբ մեքենայի շարժիչի քարշի ուժը համակշռում է շփման և օդի դիմադրության ուժերը, մեքենան շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ (նկ. 12): Նմանապես՝ մածուցիկ հեղուկում ընկնող գնդիկը շարժվում է հաստատուն արագությամբ այնքան ժամանակ, քանի դեռ գնդիկի վրա ազդող արքիմեդյան և հեղուկի դիմադրության ուժերը համակշռում են ծանրության ուժը:

Ընդհանրացնելով վերը նշվածը՝ հանգում ենք հետևյալ եզրակացության.

մարմինը պահպանում է իր դադարի կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակը, եթե նրա վրա այլ մարմիններ չեն ազդում կամ դրանց ազդեցությունները համակշռված են:

Այս եզրակացությունը, որը հայտնի է **իներցիայի օրենք** անվամբ, առաջին անգամ ձևակերպել է Գալիլեյը ավելի քան 400 տարի առաջ: Հաշվի առնելով այս օրենքի կարևորությունը՝ Նյուտոնն այն ընդգրկել է մեխանիկայի հիմքում ընկած երեք օրենքների շարքում, և ներկայումս կոչվում է **Նյուտոնի առաջին օրենք**:

Քանի որ և՛ դադարը, և՛ շարժումը հարաբերական են, ապա, խոսելով դրանց մասին, պետք է անպայման նշել, թե ո՞ր մարմնի նկատմամբ ենք դիտարկում շարժումը կամ դադարը: Վերջինս անվանում են **հաշվարկման մարմին**:



Նկ. 12.
Երբ շարժիչի քարշի ուժը համակշռում է շփման և օդի դիմադրության ուժերը, մեքենան շարժվում է ուղղագիծ հավասարաչափ:

Սովորաբար մարմինների շարժումը դիտարկելիս որպես հաշվարկման մարմին ընտրում են Երկիրը: Դիտումները և փորձերը ցույց են տալիս, որ այդ դեպքում Նյուտոնի առաջին օրենքը գործում է մեծ ճշտությամբ:

Փորձը ցույց է տալիս, որ Նյուտոնի առաջին օրենքի ճշմարտացիությունը կախված է հաշվարկման մարմնի ընտրությունից: Եթե որպես հաշվարկման մարմին ընտրենք Երկրի նկատմամբ անշարժ կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժվող որևէ մարմին, ապա կհամոզվենք, որ Նյուտոնի առաջին օրենքը գործում է, իսկ Երկրի նկատմամբ արագացմամբ շարժվող մարմնի դեպքում՝ չի գործում: Օրինակ՝ենթադրենք՝ դուք վագոնում եք, և գնացքը կտրուկ արգելակում է: Այդ պահին վագոնի շարժման ուղղությամբ առաջ եք մղվում, և ձեր արագությունն ու դիրքը վագոնի նկատմամբ փոխվում են, մինչդեռ ձեր վրա այդ ուղղությամբ ոչ մի ուժ չի ազդում: Եթե հաշվարկման մարմինը արգելակող վագոնն է, ապա այդ դեպքում Նյուտոնի առաջին օրենքը չի գործում:

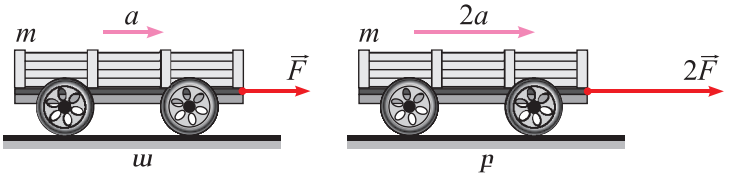
Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ձևակերպեք Նյուտոնի առաջին օրենքը:*
2. *Բերեք Նյուտոնի առաջին օրենքը հաստատող օրինակներ:*
3. *Ի՞նչ պայմաններում է մարմինը շարժվում ուղղագիծ հավասարաչափ:*
4. *Մարմնի վրա ազդող ուժերի համազորը զրո է: Շարժվու՞մ է արդյոք մարմինը, թե՞ դադարի վիճակում է:*
5. *Բերեք օրինակ, որն ապացուցում է, որ Նյուտոնի առաջին օրենքը հաշվարկման ոչ բոլոր համակարգերում է ճիշտ:*

§9 ՆՅՈՒՏՈՆԻ ԵՐԿՐՈՐԴ ՕՐԵՆՔԸ

Ինչպես տեսանք, երբ մարմնի վրա ուժ չի ազդում, կամ ազդող ուժերը համակշռված են, նրա արագությունը չի փոխվում. անշարժ մարմինը շարունակում է մնալ դադարի վիճակում, իսկ շարժվող մարմինը շարունակում է շարժվել ուղիղ գծով՝ անփոփոխ պահելով իր արագության մոդուլը և ուղղությունը:

Իսկ ի՞նչ է տեղի ունենում, երբ մարմնի վրա ազդող ուժերը միմյանց չեն համակշռում: Այդ դեպքում մարմնի արագու-



Նկ. 13. *Մարմնի արագացումն ուղիղ համեմատական է արագացում հաղորդող ուժին:*

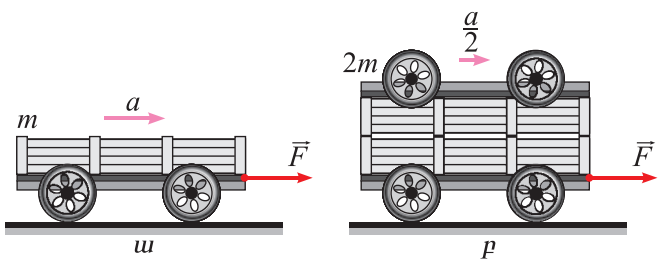
թյունը փոխվում է, այսինքն՝ այն ձեռք է բերում արագացում:

Ելնելով մեր առօրյա պատկերացումներից՝ կարելի է ենթադրել, որ մարմնի ձեռք բերած արագացումը կախված է մարմնի վրա ազդող ուժից և մարմնի զանգվածից: Ենթադրությունն ստուգելու, ինչպես նաև պարզելու համար մարմնի արագացման կախումն ազդող ուժից և մարմնի զանգվածից, դիմենք փորձի օգնությանը:

Հարթ, հորիզոնական սեղանին դրված m զանգվածով սայլակը ձգենք F ուժով (նկ. 13, ա) և չափենք նրա a արագացումը: Եթե այժմ սայլակը ձգենք $2F$ ուժով (նկ. 13, բ), ապա կհամոզվենք, որ այն շարժվում է $2a$ արագացմամբ: Եթե սայլակի վրա ազդող ուժը մեծացնենք 3 անգամ, ապա սայլակի արագացումը նույնպես կմեծանա 3 անգամ և այսպես շարունակ:

Այսպիսով՝ փորձի արդյունքներից բխում է, որ քանի անգամ մեծացնում ենք սայլակի վրա ազդող ուժը, նույնքան անգամ մեծանում է նրա արագացումը, այսինքն՝ սայլակի արագացումն ուղիղ համեմատական է նրան արագացում հաղորդող ուժին:

Այժմ տեսնենք, թե ինչպես է կախված սայլակի արագացումը նրա զանգվածից: Դրա համար, հաստատուն պահելով ազդող ուժը, փոփոխենք մարմնի զանգվածը: Եթե առաջին սայլակի վրա դնենք ճիշտ նույնպիսի մեկ այլ սայլակ (նկ. 14, բ) և ազդենք նույն F ուժով, ապա կհամոզվենք,



Նկ. 14. *Մարմնի արագացումը հակադարձ համեմատական է մարմնի զանգվածին:*

որ սայլակը շարժվում է $a/2$ արագացմամբ: Եթե փորձը կրկնենք 3,4 և այլ թվով սայլակներով, ապա արագացումները կլինեն, համապատասխանաբար, $a/3$, $a/4$ և այլն: Նշանակում է՝ քանի անգամ մեծացնում ենք մարմնի զանգվածը, նույնքան անգամ փոքրանում է նրա արագացումը, այսինքն՝ մարմնի արագացումը հակադարձ համեմատական է նրա զանգվածին:

Ընդհանրացնելով փորձի արդյունքները՝ հանգում ենք հետևյալ եզրակացությանը.

մարմնի արագացումն ուղիղ համեմատական է մարմնի վրա ազդող ուժին և հակադարձ համեմատական՝ մարմնի զանգվածին:

Այս օրենքն առաջին անգամ ձևակերպել է Նյուտոնը, և այն կոչվում է **Նյուտոնի երկրորդ օրենք**: Մաթեմատիկորեն երկրորդ օրենքը ներկայացվում է հետևյալ կերպ՝

$$a = \frac{F}{m}, \qquad (1)$$

որտեղ a-ն մարմնի արագացման մոդուլն է, F-ը՝ նրա վրա ազդող ուժի մոդուլը, m-ը՝ մարմնի զանգվածը:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքը բնության հիմնարար օրենքներից է: Այն ներկայացնում է մարմնի բնութագրի՝ զանգվածի, շարժման բնութագրի՝ արագացման և փոխազդեցության բնութագրի՝ ուժի միջև կապը:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքն արտահայտում է մեխանիկական երևույթների պատճառահետևանքային կապերը. այս օրենքից հետևում է, որ արագացման պատճառն ուժն է:

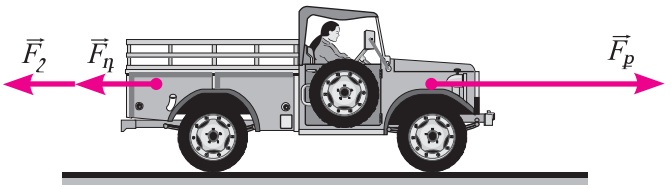
Հաշվի առնելով այս օրենքի կարևորությունը՝ հաճախ այն անվանում են *մեխանիկայի հիմնական օրենք*:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքը ներկայացվում է նաև հետևյալ տեսքով՝

$$F = ma, \qquad (2)$$

որի միջոցով կարելի է հաշվել ուժը, եթե հայտնի են մարմնի զանգվածն ու արագացումը: (2) բանաձևից հետևում է, որ մարմնի վրա հաստատուն ուժ ազդելիս նրա արագացումը ժամանակի ընթացքում մնում է հաստատուն, իսկ արագությունը փոխվում է:

Փորձը ցույց է տալիս, որ մարմնի արագացումն ունի այդ արագացումը հաղորդող ուժի ուղղությունը, հետևաբար՝



Նկ. 15. *Մեքենայի արագացումը նրա վրա ազդող ուժերի $F_ք - F_շ - F_դ$ համազորի ազդեցությամբ*

Նյուտոնի երկրորդ օրենքը կարելի է ներկայացնել վեկտորական տեսքով՝

$$\vec{F} = m\vec{a}: \qquad (3)$$

Եթե մարմնի վրա միաժամանակ ազդում է մի քանի ուժ, ապա Նյուտոնի երկրորդ օրենքն արտահայտող բանաձևում պետք է վերցնել այդ ուժերի համազորը: Իսկ վերջինս որոշելու համար պետք է հաշվի առնել ազդող ուժերի ուղղությունները: Օրինակ՝ ուղիղ գծով արագացմամբ շարժվող մեքենայի համար (նկ. 15) Նյուտոնի երկրորդ օրենքն արտահայտող բանաձևը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ՝

$$F_ք - F_շ - F_դ = ma, \qquad (4)$$

որտեղ $F_ք$-ն քարշի, $F_շ$-ն՝ շփման, իսկ $F_դ$-ն՝ օդի դիմադրության ուժերի մոդուլներն են:

7-րդ դասարանի դասընթացից հայտնի է, որ միավորների ՄՀ-ում ուժի չափման միավորը 1 նյուտոնն է՝ 1Ն: Քանի որ զանգվածի միավորը 1 կգ-ն է, իսկ արագացման միավորը՝ 1 մ/վ^2-ն, ապա (2) բանաձևից հետևում է, որ ուժի միավորը՝ 1Ն = 1 կգ·մ/վ^2:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչն է մարմնի արագության փոփոխության պատճառը:**
2. **Ձևակերպեք Նյուտոնի երկրորդ օրենքը:**
3. **Ո՞ր դեպքում է մարմինը շարժվում արագացմամբ:**
4. **Ո՞ր պնդումն է ճիշտ.**
   - **մարմնի արագացումը կախված է նրա վրա ազդող ուժից,**
   - **մարմնի վրա ազդող ուժը կախված է նրա արագացումից:**

5. *Լրացրեք աղյուսակը:*

Մարմնի վրա ազդող ուժը	10 Ն	?	20 Ն
Մարմնի զանգվածը	2 կգ	40 կգ	?
Մարմնի արագացումը	?	0,5 մ/վ^2	2 մ/վ^2

6. *Ինչպե՞ս է ուղղված նկարում պատկերված մարմնի արագացումը:*

7. *Ինչպե՞ս կփոխվի մարմնի արագացումը, եթե՝*

ա. նրա վրա ազդող ուժը մեծացնենք երեք անգամ, իսկ զանգվածը պահենք հաստատուն,

բ. զանգվածը մեծացնենք երեք անգամ, ուժը պահենք հաստատուն:

8. *Օգտվելով (2) բանաձևից՝ ստացեք ուժի չափման միավորը ՄՀ-ում:*

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. *Ինչ-որ ուժի ազդեցությամբ 10 կգ զանգվածով մարմինը ձեռք բերեց 2 մ/վ^2 արագացում: Ի՞նչ արագացում ձեռք կբերի 5 կգ զանգվածով մարմինն այդ նույն ուժի ազդեցությամբ:*

$m_1 = 10$ կգ
$a_1 = 2$ մ/վ^2
$m_2 = 5$ կգ
$a_2 = ?$

Լուծում: Քանի որ երկու մարմինների վրա էլ ազդում է միևնույն F ուժը, ապա, համաձայն Նյուտոնի երկրորդ օրենքի, $F = m_1a_1$, $F = m_2a_2$: Հավասարեցնելով այս երկու բանաձևերի աջ մասերը՝ կստանանք՝ $m_1a_1 = m_2a_2$, որտեղից

$$a_2 = \frac{m_1a_1}{m_2} = \frac{10 \text{ կգ} \cdot 2 \text{ մ/վ}^2}{5 \text{ կգ}} = 4 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2}:$$

Պատասխան՝ 4 մ/վ^2

2. *10 տ զանգվածով ավտոբուսը շարժվում է 15 կՆ քարշի ուժի ազդեցությամբ: Որքա՞ն է ավտոբուսի արագացումը, եթե նրա վրա ազդող դիմադրության ուժը 5 կՆ է:*

$m = 10$ տ
$F_{\text{ք}} = 15$ կՆ
$F_{\text{դ}} = 5$ կՆ
$a = ?$

Լուծում: Գտնենք մարմնին արագացում հաղորդող համազոր ուժը: Քանի որ քարշի և դիմադրության ուժերն ուղղված են իրար հակառակ, ապա դրանց համազորը՝

$$F = F_{\text{ք}} - F_{\text{դ}}:$$

Համաձայն Նյուտոնի երկրորդ օրենքի՝

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{\text{ք}} - F_{\text{դ}}}{m} = \frac{10000 \text{ Ն}}{10000 \text{ կգ}} = 1 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2}:$$

Պատասխան՝ 1 մ/վ^2:

3. ***Ուժի ազդեցությամբ 6 տ զանգվածով մարմնի արագությունը 15 վ-ում 0-ից աճեց մինչև 7 մ/վ: Որքա՞ն է այդ ուժը:***

$v_0 = 0$
$m = 6$ տ
$t = 15$ վ
$v = 7$ մ/վ
$F = ?$

Լուծում: Մարմնի սկզբնական արագությունը՝ $v_0 = 0$, ուստի՝ նրա ձեռք բերած արագացումը կորոշվի $a = v/t$ բանաձևով: Համաձայն Նյուտոնի երկրորդ օրենքի՝ մարմնի վրա ազդող ուժը՝

$$F = ma = \frac{mv}{t} = \frac{6000 \text{ կգ} \cdot 7 \text{ մ/վ}}{15 \text{ վ}} = 2800 \text{ Ն}:$$

Պատասխան՝ 2800 Ն:

§10 ՆՅՈՒՏՈՆԻ ԵՐՐՈՐԴ ՕՐԵՆՔԸ

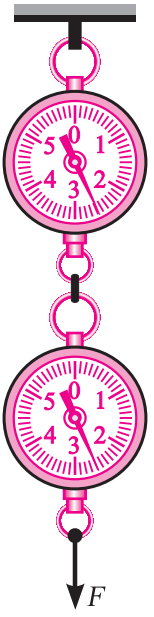
7-րդ դասարանի դասընթացից արդեն գիտեք, որ բնության մեջ ազդեցությունը միակողմանի չի լինում, այլ խոսքով ասած՝ ամեն մի ազդեցություն ուղեկցվում է հակազդեցությամբ: Սահնակը հրելիս ազդում ենք նրա վրա, սակայն միաժամանակ զգում ենք նրա ազդեցությունը մեր ձեռքերին: Զսպանակին ամրացված բեռը վեր բարձրացնելիս ոչ միայն զսպանակն է ազդում բեռի վրա, այլև բեռն է ազդում զսպանակի վրա՝ դեֆորմացնելով այն:

Այսպիսով՝ երկու մարմինների փոխազդեցության ժամանակ առաջանում է երկու ուժ՝ ազդեցության $\vec{F}_1$ ուժը և հակազդեցության $\vec{F}_2$ ուժը, որոնք համապատասխանաբար կիրառված են փոխազդող մարմինների վրա և ունեն հակառակ ուղղություններ:

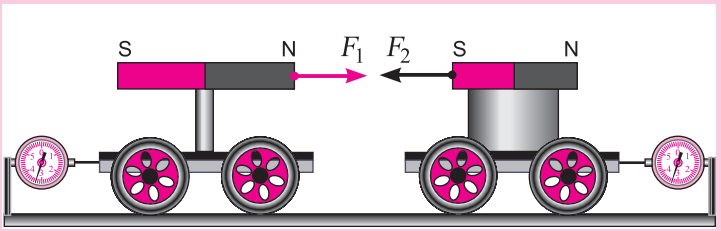
Իսկ ինչպիսի՞ հարաբերակցության մեջ են այդ ուժերը: Այս հարցին պատասխանում է Նյուտոնի երրորդ օրենքը: Վերջինիս էությունը հասկանալու համար նորից դիմենք փորձի:

Կախոցին ամրացված ուժաչափից կախենք ևս մեկ ուժաչափ և այն ձգենք դեպի ներքև (նկ. 16): Կտեսնենք, որ ինչպիսին էլ լինի ներքև ձգող ուժի մոդուլը, երկու ուժաչափերն էլ ցույց են տալիս նույն ցուցմունքը: Այսինքն՝ ինչ ուժով ստորին ուժաչափն ազդում է վերինի վրա, նույնպիսի (մոդուլով հավասար) ուժով էլ վերին ուժաչափն է ազդում ստորինի վրա:

Դիտարկենք մեկ այլ փորձ: Չափելով 17-րդ նկարում պատկերված երկու մագնիսների փոխազդեցության ուժերն ուժաչափերով՝ կհամոզվենք, որ դրանք մոդուլով հավասար են, իսկ ուղղությամբ՝ հակառակ:



Նկ. 16. *Ուժաչափերը միմյանց վրա ազդում են մոդուլով հավասար և հակառակ ուղղված ուժերով:*



Նկ. 17. *Մագնիսների փոխազդեցության ուժերը մոդուլով հավասար են, ուղղությամբ՝ հակառակ:*

Ընդհանրացնելով այս փորձերի արդյունքները՝ հանգում ենք հետևյալ եզրակացության: Նախ՝ մարմինների փոխազդեցության ուժերը միշտ մոդուլով հավասար են՝ $F_1 = F_2$, և ուղղված են միմյանց հակառակ: Երկրորդ՝ փոխազդեցության ուժերը կիրառված են տարբեր մարմինների վրա (առաջին փորձում $\vec{F}_1$ ուժը կիրառված է վերին ուժաչափի վրա, $\vec{F}_2$-ը՝ ստորինի, երկրորդ փորձում $\vec{F}_1$ ուժը կիրառված է ձախ, իսկ $\vec{F}_2$-ը՝ աջ մագնիսի վրա):

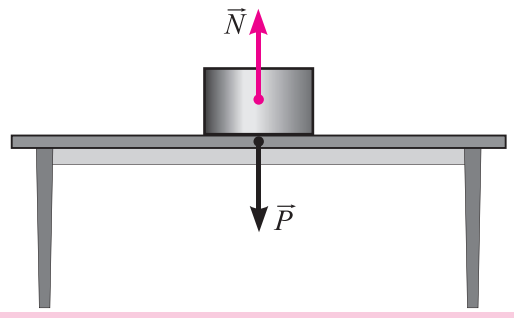
Երկու մարմիններ միմյանց հետ փոխազդում են մոդուլով հավասար և հակառակ ուղղված ուժերով:

Այս պնդումը **Նյուտոնի երրորդ օրենքն** է: Մաթեմատիկորեն այն արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \qquad (5)$$

որտեղ $\vec{F}_1$-ն առաջին մարմնի ազդեցության ուժն է երկրորդի վրա, իսկ $\vec{F}_2$-ը՝ երկրորդի ազդեցության ուժը առաջինի վրա: «Մինուս» նշանը ցույց է տալիս, որ այդ ուժերն ունեն հակառակ ուղություններ:

Նյուտոնի երրորդ օրենքը կիրառելիս պետք է հաշվի առնել այն հանգամանքը, որ, չնայած մարմինների փոխազդե-



Նկ. 18. *Մարմնի կշիռը մոդուլով հավասար է հենարանի հակազդեցության ուժին:*

յության ժամանակ առաջացած ուժերը մոդուլով հավասար են, ուղղությամբ՝ հակառակ, դրանք իրար չեն համակշռում, քանի որ կիրառված են տարբեր մարմինների վրա:

Դիտարկենք Նյուտոնի երրորդ օրենքի դրսևորման մի կարևոր օրինակ (նկ.18): Հորիզոնական հենարանի վրա մարմինն ազդում է որոշակի ուժով, որն անվանում են մարմնի կշիռ: Համաձայն Նյուտոնի երրորդ օրենքի՝ հենարանը մարմնի վրա ազդում է մի ուժով, որը մոդուլով հավասար է մարմնի կշռին և նրան հակառակ է ուղղված: Այդ ուժն անվանում են հենարանի **հակազդեցության (ռեակցիայի)** ուժ և նշանակում են N տառով: Այսպիսով՝ մարմնի P կշիռը մոդուլով հավասար է հենարանի հակազդեցության N ուժին՝

$$P = N: \qquad (6)$$

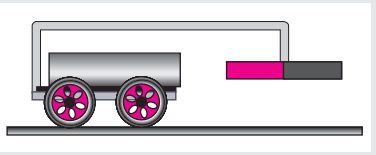
Որոշ դեպքերում թվում է, թե Նյուտոնի երրորդ օրենքը խախտվում է: Օրինակ՝ մարդատար և բեռնատար մեքենաների բախման ժամանակ գրեթե միշտ ավելի շատ վնասվում է մարդատարը: Խախտվո՞ւմ է արդյոք այդ դեպքում մեքենաների փոխազդեցության ուժերի մոդուլների հավասարության պայմանը: Այս օրինակը չի հակասում Նյուտոնի երրորդ օրենքին: Մեքենաների փոխազդեցության ուժերը մոդուլով հավասար են: Սակայն զանգվածների տարբերության պատճառով մարդատար մեքենան և նրա կառուցվածքային մասերը ձեռք են բերում ավելի մեծ արագացում, որի հետևանքով այն ավելի շատ է դեֆորմացվում: Էական դեր է խաղում նաև մեքենաների ամրությունների տարբերությունը:

Հարցեր և առաջադրանքներ

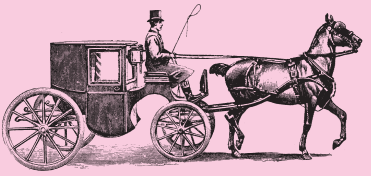
1. *Բերեք մարմինների փոխազդեցության օրինակներ:*
2. *Ձևակերպեք Նյուտոնի երրորդ օրենքը:*
3. *Ի՞նչ փորձերի օգնությամբ կարելի է հիմնավորել Նյուտոնի երրորդ օրենքը:*
4. *Ի՞նչ գիտեք ազդող և հակազդող ուժերի մոդուլների, ուղղությունների և կիրառման կետերի մասին:*
5. *Հնարավո՞ր է արդյոք, որ երկու մարմինների փոխազդեցության ուժերը միմյանց համակշռեն:*
6. *Հանրահայտ Մյունխհաուզենը պնդում էր, որ մի անգամ, բռնելով իր մազերից, իրեն դուրս է քաշել ճահճից: Հնարավո՞ր է արդյոք նրա պատմածը:*

7. **Նկարեք թելից կախված գնդիկ և նշեք ազդեցության ու հակազդեցության ուժերը:**

8. **Երկաթե սայլակին երկար ձողի օգնությամբ ամրացված է մագնիս: Կշարժվի՞ արդյոք սայլակը:**



Հետաքրքիր է իմանալ



Հաճախ Նյուտոնի երրորդ օրենքին վերագրում են են թվայյալ հակասություններ: Քննարկենք դրանցից մեկը: Դիցուք՝ ձին քաշում է կառքը: Համաձայն Նյուտոնի երրորդ օրենքի՝ ինչ ուժով ձին ազդում է կառքի վրա, մղուլով դրան հավասար ուժով կառքն է ազդում ձիու վրա: Այդ դեպքում ինչու՞ է հենց կառքը շարժվում ձիու հետևից, այլ ոչ թե ձին՝ կառքի հետևից:

Բանն այն է, որ ձին և կառքը, բացի միմյանց հետ փոխազդելուց, փոխազդում են նաև գետնի հետ: Երբ ձին սմբակներով հրվում է գետնից, վերջինս ձիու վրա ազդում է մի ուժով, որն ավելի մեծ է, քան այն ուժը, որով կառքն ազդում է ձիու վրա: Իսկ կառքի վրա ազդող գետնի շփման ուժն ավելի փոքր է, քան ձիու քարշի ուժը: Ահա թե ինչու ձին է քաշում կառքը և ոչ թե հակառակը:

§11

ՄԱՐՄՆԻ ԻՄՊՈՒԼՍ

Ամենօրյա փորձից հայտնի է, որ շարժվող մարմնի ազդեցության հետևանքը կախված է ոչ միայն նրա արագությունից, այլ նաև զանգվածից: Այսպես, օրինակ, ֆուտբոլիստը կարող է մեծ արագությամբ շարժվող գնդակը կասեցնել ոտքով կամ գլխով, սակայն նա չի կարող կանգնեցնել նույնիսկ շատ փոքր արագությամբ շարժվող գնացքը: Թենիսի գնդակը հարվածելով տախտակին՝ հետ է թռչում, սակայն ատրճանակի ավելի փոքր զանգվածով, սակայն մեծ արագությամբ շարժվող գնդակը ծակում-անցնում է տախտակը: Այս օրինակները ցույց են տալիս, որ մարմնի շարժումը և փոխազդեցությունը բնութագրելիս որոշ դեպքերում պետք է հաշվի առնել մարմնի և՛ շարժման արագությունը, և՛ զանգվածը: Դա արվում է **մարմնի իմպուլս** կոչվող ֆիզիկական մեծության միջոցով:

Մարմնի իմպուլս կոչվում է այն ֆիզիկական մեծությունը, որը հավասար է մարմնի զանգվածի և արագության արտադրյալին:

Մարմնի իմպուլսը նշանակում են p տառով.

$$p = mv: \qquad (7)$$

Քանի որ արագությունը վեկտորական մեծություն է, իսկ զանգվածը՝ դրական սկալյար, ապա իմպուլսի վեկտորն ունի արագության ուղղությունը, իսկ նրա բանաձևն արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝ $\vec{p} = m\vec{v}$:

Համաձայն (7) բանաձևի՝ մարմնի իմպուլսն ուղիղ համեմատական է նրա արագությանը, այսինքն՝ քանի անգամ մեծանում կամ փոքրանում է մարմնի արագությունը, նույնքան անգամ էլ մեծանում է կամ փոքրանում մարմնի իմպուլսը:

Մարմնի իմպուլսն ուղիղ համեմատական է նաև մարմնի զանգվածին: Դա նշանակում է, որ նույն արագությամբ շարժվող մարմիններից ավելի մեծ իմպուլս ունի մեծ զանգվածով մարմինը:

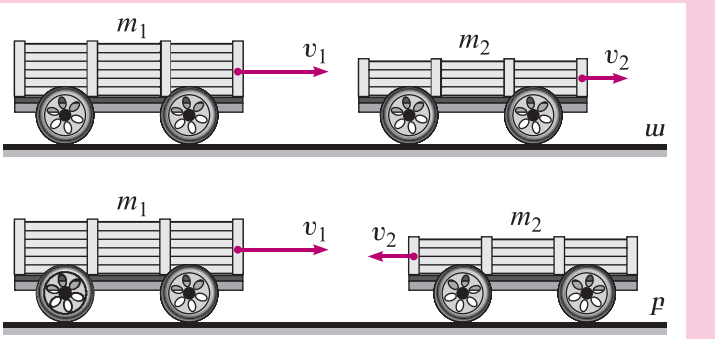
(7) բանաձևից կարելի է ստանալ իմպուլսի չափման միավորը: Միավորների ՄՀ-ում զանգվածի միավորը 1 կգ-ն է, իսկ արագության միավորը՝ 1 մ/վ, ուստի իմպուլսի միավորը կլինի 1 կգ·մ/վ-ը. այն հավասար է 1 կգ զանգվածով մարմնի իմպուլսին, երբ այն շարժվում է 1 մ/վ արագությամբ:

Ակնհայտ է, որ անշարժ մարմնին mv իմպուլս հաղորդելու համար նրա արագությունը պետք է զրոյից աճի մինչև v արժեքը, իսկ դրա համար պետք է մարմնի վրա ուժ ազդի: Նյուտոնի երկրորդ օրենքի $F = ma$ բանաձևում տեղադրելով արագացման $a = v/t$ արտահայտությունը՝ կստանանք՝

$$mv = Ft: \qquad (8)$$

Այսպիսով՝ մարմնի ձեռք բերած իմպուլսը հավասար է նրա վրա ազդող ուժի և ազդման ժամանակամիջոցի արտադրյալին: Բանաձևից հետևում է, որ մարմնին միևնույն իմպուլսը կարելի է հաղորդել՝ մեծ ուժով ազդելով կարճ ժամանակ կամ փոքր ուժով՝ ազդելով երկար ժամանակ: Հանգուցորեն, երբ v_0 սկզբնական արագությամբ շարժվող մարմնին F ուժի ազդեցությամբ t ժամանակամիջոցում կանգ է առնում, ապա $mv_0 = Ft$:

Թեև մարմնի արագությունն ու իմպուլսը կապված են $p = mv$ առնչությամբ, սակայն դրանք շարժման միանգա-



Նկ. 19. *Երկու սայլակներից բաղկացած համակարգ. ա. սայլակները շարժվում են նույն ուղղությամբ, բ. սայլակները շարժվում են հակառակ ուղղություններով:*

մայն տարբեր բնութագրեր են: Միայն արագությունն իմանալով՝ կարելի է ասել, թե որքա՞ն արագ և ի՞նչ ուղղությամբ է շարժվում մարմինը, սակայն չի կարելի որոշել, թե ի՞նչ ուժ պետք է գործադրել, որպեսզի մարմինը տեղից շարժվի կամ կանգ առնի: Եվ, հակառակը, իմանալով իմպուլսը՝ դեռևս չի կարելի ասել, թե մարմինն ի՞նչ արագությամբ է շարժվում:

Իմպուլսի գաղափարը սահմանվում է ոչ միայն առանձին մարմնի, այլ նաև մարմինների համակարգի համար:

Համակարգի իմպուլս կոչվում է համակարգի բոլոր մարմինների իմպուլսների գումարը:

Դիտարկենք 19-րդ նկարում պատկերված երկու սայլակներից բաղկացած համակարգը: Ենթադրենք՝ $m_1 = 3$ կգ զանգվածով սայլակը շարժվում է $v_1 = 1$ մ/վ արագությամբ, իսկ $m_2 = 2$ կգ զանգվածով սայլակը՝ $v_2 = 0,5$ մ/վ արագությամբ: Այդ դեպքում համակարգի իմպուլսը հավասար է համակարգի առանձին մարմինների իմպուլսների գումարին: Ընդ որում, իմպուլսները գումարելիս պետք է հաշվի առնել դրանց ուղղությունները: 19-րդ ա. նկարում սայլակների իմպուլսներն ունեն նույն ուղղությունը, հետևաբար՝ համակարգի իմպուլսը՝ $p = 3$ կգ $\cdot$ 1 մ/վ $+$ 2 կգ $\cdot$ 0,5 մ/վ $= 4$ կգմ/վ, և ուղղված է սայլակների շարժման ուղղությամբ:

19-րդ բ. նկարում սայլակների իմպուլսներն ունեն հակառակ ուղղություններ, հետևաբար՝ համակարգի իմպուլսը՝ $p = 3$ կգ $\cdot$ 1 մ/վ $-$ 2 կգ $\cdot$ 0,5 մ/վ $= 2$ կգմ/վ, և ուղղված է մոդուլով ավելի մեծ իմպուլս ունեցող (առաջին) սայլակի շարժման ուղղությամբ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր մեծությունն է կոչվում մարմնի իմպուլս:*
2. *Ի՞նչ բանաձևով է որոշվում մարմնի իմպուլսը:*
3. *Ի՞նչ միավորով է չափվում իմպուլսը միավորների ՄՀ-ում:*
4. *Իմպուլսը վեկտորակա՞ն մեծություն է, թե՞ սկալյար:*
5. *Ի՞նչն են անվանում համակարգի իմպուլս:*
6. *Որքա՞ն է նույն զանգվածով երկու գնդերի համակարգի իմպուլսը, եթե դրանք շարժվում են իրար ընդառաջ՝ մոդուլով հավասար արագություններով:*

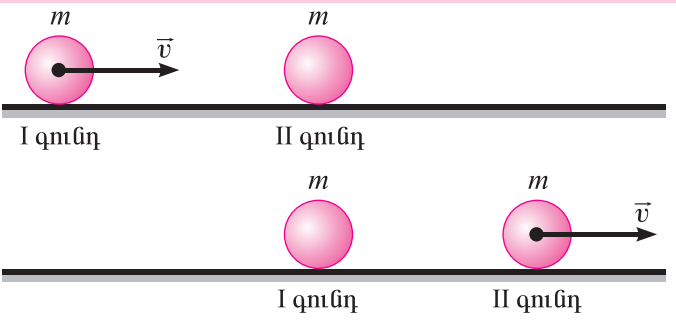
§12 ԻՄՊՈՒԼՍԻ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ ՕՐԵՆՔԸ

Այժմ ծանոթանանք բնության ևս մեկ հիմնարար օրենքի՝ իմպուլսի պահպանման օրենքին:

Ինչպես գիտենք, փոխազդեցության հետևանքով մարմինների արագությունները, հետևաբար՝ նաև իմպուլսները փոփոխվում են. մի մարմնի իմպուլսը մեծանում է, մյուսինը՝ փոքրանում:

Իսկ ինչպե՞ս է փոխվում այդ մարմինների ընդհանուր իմպուլսը. մեծանո՞ւմ է, փոքրանո՞ւմ է, թե՞ մնում է նույնը: Այս հարցին պատասխանելու համար նախ սահմանենք «մարմինների փակ համակարգ» հասկացությունը: **Մարմինների համախումբը** կամ, ինչպես ընդունված է անվանել, **համակարգը կոչվում է փակ, եթե համակարգի մարմինները չեն փոխազդում արտաքին մարմինների հետ, կամ այդ փոխազդեցությունն այնքան փոքր է, որ կարելի է անտեսել**: Համակարգը կարելի է համարել փակ նաև այն դեպքում, երբ նրա վրա ազդող արտաքին ուժերը միմյանց համակշռում են:

Դիցուք՝ հարթ հորիզոնական հարթության վրա $\vec{v}$ արագությամբ շարժվող զանգվածով գունդը հարվածում է անշարժ, նույն զանգվածով երկրորդ գնդին (նկ. 20): Գնդերի համակարգը կարելի է համարել փակ, քանի որ նրանց վրա ազդող Երկրի ծանրության և սեղանի հակազդեցության արտաքին ուժերը միմյանց համակշռում են: Մինչև բախումն առաջին գնդի իմպուլսը $m\vec{v}$ է, իսկ երկրորդ գնդինը՝ զրո, հետևաբար՝ համակարգի իմպուլսը $m\vec{v}$ է: Փորձը ցույց է տալիս, որ բախումից հետո առաջին գունդը կանգ է առնում, իսկ



Նկ. 20. *Բախման հետևանքով գնդերի համակարգի իմպուլսը չի փոխվում:*

երկրորդը շարժվում է նույն $\vec{v}$ արագությամբ: Այսինքն՝ որքան փոքրանում է առաջին գնդի իմպուլսը, նույնքան մեծանում է երկրորդ գնդի իմպուլսը, այսինքն՝ բախման հետևանքով համակարգի իմպուլսը չի փոխվում:

Նմանօրինակ փորձերն ու տեսական դատողությունները մեզ հանգեցնում են **իմպուլսի պահպանման օրենքին**, որը հայտնագործել է ֆրանսիացի գիտնական Ռ.Ընե Դեկարտը:

Փակ համակարգի մարմինների իմպուլսների գումարը, անկախ այդ մարմինների փոխազդեցությունից, չի փոխվում:

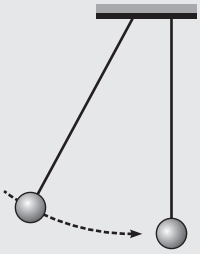
Այսինքն՝ ինչպիսին էլ լինեն փակ համակարգի մարմինների իմպուլսները մինչ փոխազդեցությունը, և ինչպես էլ դրանք փոխվեն փոխազդեցության հետևանքով, դրանց գումարը միշտ հաստատուն է: Մասնավորապես m_1 և m_2 զանգվածներով մարմինների փակ համակարգի համար իմպուլսի պահպանման օրենքն արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2', \qquad (9)$$

որտեղ $\vec{v}_1$-ը և $\vec{v}_2$-ը մարմինների արագություններն են մինչև դրանց փոխազդեցությունը, իսկ $\vec{v}_1'$-ը և $\vec{v}_2'$-ը՝ փոխազդեցությունից հետո: Մեկ անգամ ևս նշենք, որ իմպուլսները վեկտորներ են, ուստի գումարելիս պետք է հաշվի առնել դրանց ուղղությունները:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Մարմինների ո՞ր համակարգն է կոչվում փակ:*
2. *Ձևակերպեք իմպուլսի պահպանման օրենքը:*
3. *Նկարագրեք իմպուլսի պահպանման օրենքը լուսաբանող փորձ:*
4. *Վերցրեք նույն չափի երկու պողպատե գնդեր և կախեք հավասար երկարությամբ թելերից այնպես, որ դրանք շոշափեն միմյանց: Դրանցից մեկը շեղեք հավասարակշռության դիրքից և բաց թողեք: Դիտեք գնդերի բախումը և փորձեք բացատրել փորձը՝ ելնելով իմպուլսի պահպանման օրենքից:*



§13 ՌԵԱԿՏԻՎ ՇԱՐԺՈՒՄ: ՀՐԹԻՌԱՅԻՆ ՏԵԽՆԻԿԱՅԻ ՁԱՐԳԱՑՈՒՄԸ

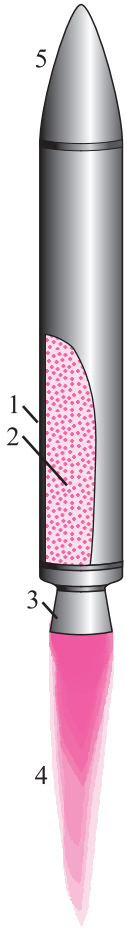
Իմպուլսի պահպանման օրենքը հնարավորություն է տալիս բացատրելու բնության մեջ և տեխնիկայում հանդիպող մի երևույթ, որը կոչվում է **ռեակտիվ շարժում**:

Ռեակտիվ անվանում են այն շարժումը, որն առաջանում է, երբ մարմնից անջատվում է նրա մի մասը՝ որոշակի արագությամբ, որի հետևանքով մնացած մասը ձեռք է բերում հակառակ ուղղված արագություն:

Վերցրեք որևէ առարկա, օրինակ, փայտի կտոր և կանգնեք հարթ սառույցին: Եթե փայտի կտորը նետեք, ապա կշարժվեք նետման ուղղությանը հակառակ:

Հաճախ կարելի է տեսնել, թե ինչպիսի անկանոն շարժումներ է կատարում գետին ընկած ռետինե խողովակը, երբ նրանից մեծ արագությամբ ջուր է դուրս հոսում: Այդ դեպքում խողովակի յուրաքանչյուր տեղամաս շարժվում է նրա մեջ հոսող ջրի շարժմանը հակառակ ուղղությամբ: Այս սկզբունքով են շարժվում նաև որոշ ջրային կենդանիներ, օրինակ, կաղամարը, ութոտանին, մեդուզան և այլն: Կաղամարն իր մարմնի ողջ մակերևույթով ջուր է ներծծում օրգանիզմ, որի ավելցուկը շիթերով դուրս է մղում մեծ արագությամբ, որի հետևանքով նա շարժվում է ջրի շիթի շարժման ուղղության հակառակ ուղղությամբ: Փոփոխելով շիթի ուղղությունը՝ նա կարողանում է լողալ առաջ, հետ կամ այլ ուղղությամբ:

Ռեակտիվ շարժման գլխավոր առանձնահատկությունն այն է, որ տեղի է ունենում առանց շրջապատի մարմինների հետ փոխազդեցության: Դրա առաջացման պատճառը համակարգի առանձին մասերի փոխազդեցությունն է: Վերը



Նկ. 21.
Հրթիռի տեսքը.
1. պատյան,
2. վառելիք,
3. ելքի փողակ,
4. այրված գազեր,
5. օգտակար բեռ

դիտարկված օրինակներում փայտը փոխազդում է մարդու ձեռքի հետ, ջուրը՝ ռետինե խողովակի հետ, և այլն:

Ռեակտիվ շարժման սկզբունքով են աշխատում ռեակտիվ շարժիչները, որոնք տեղադրում են ինքնաթիռներում և հրթիռներում (նկ. 21): Ռեակտիվ շարժիչը մի սարք է, որից մեծ արագությամբ դուրս են հետվում վառելանյութի այրման ժամանակ առաջացած գազերը: Դրա հետևանքով հրթիռը կամ ինքնաթիռը, որի վրա տեղակայված է ռեակտիվ շարժիչ, շարժվում է գազի հոսքի ուղղությանը հակառակ ուղղությամբ:

Հրթիռը բաղկացած է երկու հիմնական մասերից՝ պատյանից և վառելանյութից: Պինդ վառելանյութով աշխատող հրթիռներում օգտագործում են հատուկ տեսակի վառոդ, իսկ հեղուկ վառելանյութով աշխատող հրթիռներում՝ կերոսին, հեղուկ ջրածին և այլն: Հրթիռի պատյանն ունի ելքի փողակ, այսինքն՝ հատուկ տեսքի մեկ կամ մի քանի անցք: Այդ անցքերից շատ մեծ արագությամբ (մինչև 4 կմ/վ) դուրս են հետվում այրման արգասիքները՝ բարձր ճնշման և ջերմաստիճանի գազերը:

Դիցուք՝ այրման հետևանքով առաջացած գազը ձեռք է բերել $\vec{p}_{\text{գ}} = m_{\text{գ}}\vec{v}_{\text{գ}}$ իմպուլս, որտեղ $m_{\text{գ}}$-ը գազի զանգվածն է, $\vec{v}_{\text{գ}}$-ն՝ արագությունը, իսկ հրթիռը՝ $\vec{p}_{\text{հ}} = m_{\text{հ}}\vec{v}_{\text{հ}}$ իմպուլս, որտեղ $m_{\text{հ}}$-ը հրթիռի պատյանի և մնացած մասերի զանգվածն է, $\vec{v}_{\text{հ}}$-ը՝ արագությունը: Հրթիռի պատյանը և գազերը գործնականում կազմում են փակ համակարգ, հետևաբար՝ դրանց համար կարելի է կիրառել իմպուլսի պահպանման օրենքը: Քանի որ մինչև այրումը համակարգի իմպուլսը զրո էր, ապա այն պետք է զրո լինի նաև այրումից հետո, այսինքն՝ $m_{\text{հ}}\vec{v}_{\text{հ}} + m_{\text{գ}}\vec{v}_{\text{գ}} = 0$, որտեղից՝

$$\vec{v}_{\text{հ}} = -\frac{m_{\text{գ}}\vec{v}_{\text{գ}}}{m_{\text{հ}}}: \qquad (10)$$

Այս բանաձևում «մինուս» նշանը ցույց է տալիս, որ հրթիռը շարժվում է գազերի շարժման $\vec{v}_{\text{գ}}$ արագության հակառակ ուղղությամբ, իսկ նրա արագության մոդուլը որոշվում է $v_{\text{հ}} = m_{\text{գ}}v_{\text{գ}}/m_{\text{հ}}$ բանաձևով, որի համաձայն՝ հրթիռի արագությունը կարելի է մեծացնել երկու ճանապարհով՝ մեծացնելով նրանից դուրս հետվող գազերի արագությունը և դրանց զանգվածը:

Տիեզերական թռիչքների համար հրթիռների օգտա-

գործման գաղափարն առաջարկել է ռուս գիտնական Կոնստանտին Ցիոլկովսկին XX դարի սկզբին: Սակայն միայն կես դար անց հնարավոր եղավ իրականացնել տիեզերական տարածություն դուրս գալու մարդու երազանքը: Երկրի առաջին արհեստական արբանյակն արձակվել է 1957 թ. հոկտեմբերի 4-ին, Խորհրդային Միությունում: Հետագայում Երկրի արհեստական արբանյակներ են արձակվել ԱՄՆ-ում, Իտալիայում, Ֆրանսիայում, Կանադայում, Գերմանիայում, Ճապոնիայում, Չինաստանում, Մեծ Բրիտանիայում:

Մարդկության պատմության մեջ առաջին անգամ 1961 թ. ապրիլի 12-ին «Վոստոկ» տիեզերանավով Երկրի շուրջ պտույտ է գործել ռուս տիեզերագնաց Յուրի Գագարինը, իսկ 1969 թ. հուլիսի 20-ին ամերիկացի տիեզերագնացներ Նեյլ Արմսթրոնգը և Էդվին Օլդրինը «Ապոլոն-11» տիեզերանավից անջատված լուսնախցիկով վայրէջք են կատարել Լուսնի մակերևույթին:

Ներկայումս ամեն տարի արձակվում են հարյուրավոր արբանյակներ, որոնք օգտագործվում են ռադիոկապի, հեռուստահեռարձակման, մթնոլորտի ուսումնասիրության, Երկրի մակերևույթի նկարահանման, օգտակար հանածոների պաշարների տեղորոշման, ռազմական և այլ նպատակներով: Տիեզերանավերի օգնությամբ հաջողությամբ ուսումնասիրվում են Արեգակնային համակարգի մոլորակները: Ռուսական «Վեներա», «Մարս», «Վեգա» և ամերիկյան «Վոյաջեր» և «Պիոներ» միջմոլորակային կայանները հնարավորություն են տվել ուսումնասիրելու Արուսյակ և Հրատ մոլորակների մթնոլորտը և մակերևույթը, համեմատաբար փոքր հեռավորություններից ստանալու դրանց մանրակրկիտ լուսանկարները:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր շարժումն է կոչվում ռեակտիվ:*
2. *Բերեք ռեակտիվ շարժման օրինակներ:*
3. *Ի՞նչ կառուցվածք ունի հրթիռը:*
4. *Բացատրեք, թե ինչպե՞ս է շարժվում հրթիռը:*
5. *Կարո՞ղ է արդյոք հրթիռը շարժվել անօդ տարածությունում:*
6. *Ի՞նչ գիտեք տիեզերագնացության հաջողությունների մասին:*
7. *Մեծ չափերի փուչիկը փչեք, մատներով սեղմեք անցքը և այն պահեք այնպես, որ անցքն ուղղված լինի դեպի ներքև: Կտրուկ բաց թողեք փուչիկը և հետևեք դրա շարժմանը: Պատասխանեք հետևյալ հարցերին. ա. ի՞նչ ուղղությամբ է շարժվում փուչիկը, բ. ինչպիսի՞ն է օդի հոսքի ուղղությունը, գ. որքա՞ն էր փուչիկի իմպուլսը սկզբում, դ. որքա՞ն է փուչիկի և նրանից դուրս եկած օդի ընդհանուր իմպուլսը:*

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. ***1400 կգ զանգվածով մեքենայի վրա ազդում է 4200 Ն քարշի ուժ: Ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի անշարժ մեքենան այդ ուժի ազդեցությամբ 10 վ-ում:***

$m = 1400$ կգ
$F = 4200$ Ն
$t = 10$ վ
$v = ?$

Լուծում: Քանի որ մարմնի ձեռք բերած իմպուլսը հավասար է ազդող ուժի և նրա ազդման ժամանակամիջոցի արտադրյալին՝ $mv = Ft$, կստանանք՝

$$v = \frac{Ft}{m} = \frac{4200\ \text{Ն} \cdot 10\ \text{վ}}{1400\ \text{կգ}} = 30\ \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ 30 մ/վ:

2. ***Երկու մարմին շարժվում են իրար ընդառաջ: Առաջին մարմնի զանգվածը 2 կգ է, իսկ արագությունը՝ 3 մ/վ: Երկրորդ մարմնի զանգվածը 4 կգ է, իսկ արագությունը՝ 2 մ/վ: Որքա՞ն է այդ մարմինների համակարգի լրիվ իմպուլսը, և ինչպե՞ս է այն ուղղված:***

$m_1 = 2$ կգ
$v_1 = 3$ մ/վ
$m_2 = 4$ կգ
$v_2 = 2$ մ/վ
$p = ?$

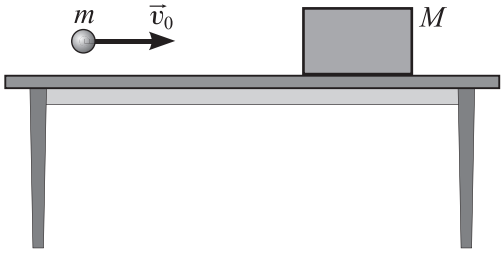
Լուծում: Առաջին մարմնի իմպուլսը՝ $p_1 = m_1v_1 = 2\ \text{կգ} \cdot 3\ \text{մ/վ} = 6$ կգմ/վ: Երկրորդ մարմնի իմպուլսը՝ $p_2 = m_2v_2 = 4\ \text{կգ} \cdot 2\ \text{մ/վ} = 8$ կգմ/վ: Համակարգի լրիվ իմպուլսը հավասար է այդ իմպուլսների գումարին: Քանի որ երկրորդ մարմնի իմպուլսը մոդուլով ավելի մեծ է, ապա լրիվ իմպուլսի մոդուլը՝ $p = p_2 - p_1 = 2$ կգմ/վ: Այն ունի երկրորդ մարմնի շարժման ուղղությունը:

Պատասխան՝ 2 կգմ/վ:

3. ***9 գ զանգվածով և 500 մ/վ արագությամբ թռչող գնդակը հարվածում է հարթ սեղանին դրված 600 գ զանգվածով չորսուին և մնում նրա մեջ: Ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի չորսուն: Շփումը սեղանի և չորսուի միջև անտեսել:***

$m = 9$ գ
$v_0 = 500$ մ/վ
$M = 600$ գ
$v = ?$

Լուծում: Անտեսենք շփումը և գնդակիկ ու չորսուից բաղկացած համակարգի համար կիրառենք իմպուլսի պահպանման օրենքը: Մինչև բախումը գնդակի իմպուլսը mv_0 է, իսկ չորսուինը՝ զրո, քանի որ այն դադարի վիճակում է, ուստի համակարգի իմպուլսը կլինի mv_0: Եթե բախումից հետո դրանց համատեղ շարժման արագությունը նշանակենք v-ով, ապա համակարգի իմպուլսը կլինի $(m + M)v$: Համաձայն իմպուլսի պահպանման օրենքի՝ $mv_0 = (m + M)v$, որտեղից



$$v = \frac{mv_0}{m + M} = \frac{0,009\ \text{կգ} \cdot 500\ \text{մ/վ}}{0,009\ \text{կգ} + 0,6\ \text{կգ}} = 7,4\ \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ 7,4 մ/վ:

4. ***Կրակելիս 3,4 գ զանգվածով գնդակն ինքնաձիգի փողից դուրս է թռչում 900 մ/վ արագությամբ: Կրակոցից անմիջապես հետո ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի ինքնաձիգը, եթե զինվորը նրա խզակոթն ամուր չսեղմի ուսին: Ինքնաձիգի զանգվածը 3,6 կգ է:***

$m = 3,4$ գ
$v_1 = 900$ մ/վ
$M = 3,6$ կգ
$v_2 = ?$

Լուծում: Կրակոցիկ առաջ ինքնաձիգիկ և գնդակիկ բաղկացած համակարգի իմպուլսը զրո է: Համաձայն իմպուլսի պահպանման օրենքի՝ այն պետք է զրո լինի նաև կրակոցիկ հետո: Դրա համար անհրաժեշտ է, որ ինքնաձիգի իմպուլսը հակառակ ուղղված լինի գնդակի իմպուլսին և մոդուլով հավասար լինի նրան՝ $mv_1 = Mv_2$: Այստեղից

$$v_2 = \frac{mv_1}{M} = \frac{0,0034 \text{ կգ} \cdot 900 \text{ մ/վ}}{3,6 \text{ կգ}} = 0,85 \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ 0,85 մ/վ

§14 ԷՆԵՐԳԻԱ: ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

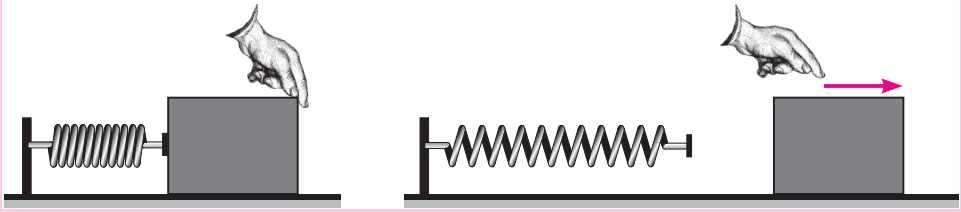
«Էներգիա» ֆիզիկական մեծությանն արդեն ծանոթ եք բնագիտության դասընթացից: Այս և հաջորդ մի քանի պարագրաֆներում ներկայացված նյութը կընդլայնի ձեր պատկերացումներն էներգիայի մասին:

Բնության երևույթների օրինաչափությունները, տարբեր մարմինների հատկությունները նկարագրելու համար օգտագործում ենք տարբեր ֆիզիկական մեծություններ ու հասկացություններ, օրինակ՝ մարմնի կշիռ, ջերմաստիճան, գույն, արագություն և այլն: Սակայն դրանցից ոչ բոլորն ենք միաժամանակ գործածում: Օրինակ՝ ջերմաստիճանն օգտագործում ենք ջերմային երևույթները նկարագրելիս, իսկ «մարմնի գույն» հասկացությունը՝ լուսային երևույթները նկարագրելիս և այլն: Այդուհանդերձ, ֆիզիկայում օգտագործվում է մի մեծություն, որը կիրառվում է ֆիզիկայի բոլոր բաժիններում: Դա «էներգիա» կոչվող մեծությունն է: Այն հիմնարար մեծություն է, որը գործածվում է տարաբնույթ երևույթներ բացատրելու համար:

Իսկ ի՞նչ է էներգիան:

Էներգիան սերտորեն առնչվում է ձեզ արդեն ծանոթ մեկ այլ ֆիզիկական մեծության՝ մեխանիկական աշխատանքին: Տարբեր հաստոցները, մեքենաները, կենցաղային սարքերն աշխատեցնում են էլեկտրաշարժիչները, որոնք էլեկտրաէներգիա են ծախսում: Ավտոմեքենաները, ջերմանավերը, ինքնաթիռները, հրթիռներն օգտագործում են վառելանյութի այրումից ստացվող ջերմային էներգիան:

Եթե մարմինը կարող է աշխատանք կատարել, ասում են, որ այն օժտված է էներգիայով: 22-րդ նկարում պատկեր-



Նկ. 22. *Սեղմված զսպանակն օժտված է էներգիայով:*

ված սեղմված զսպանակն ընդարձակվելով՝ տեղափոխում է չորսուն՝ կատարելով որոշակի աշխատանք: Այսինքն՝ սեղմված զսպանակն օժտված է էներգիայով: Աշխատանք կարող է կատարել նաև շարժվող մարմինը, հետևաբար՝ այն նույնպես օժտված է էներգիայով: Օրինակ՝ ջրի հոսանքը (նկ. 23) պտտում է էլեկտրակայանի տուրբինը, օդային հոսանքները տեղաշարժում են մարմինները (նկ. 24) և այլն:

Էներգիան ֆիզիկական մեծություն է, որը բնութագրում է մարմնի աշխատանք կատարելու ունակությունը: Որքան մեծ աշխատանք կարող է կատարել մարմինը, այնքան մեծ էներգիայով է այն օժտված:

Ընդունված է էներգիան նշանակել E (կարդացվում է «է») տառով (հունարեն՝ «էներգիա»՝ գործողություն, գործունեություն բառերից): Էներգիան չափվում է նույն միավորով, ինչ աշխատանքը: Միավորների ՄՀ-ում էներգիայի միավորը մեկ ջոուլն (1 Ջ) է:

Մեխանիկայում ուսումնասիրվող էներգիան կոչվում է **մեխանիկական էներգիա**: Քանի որ մեխանիկայում ուսումնասիրվում են մարմինների շարժումն ու փոխազդեցությունը, ապա դիտարկում են մեխանիկական էներգիայի երկու տեսակ՝ մարմինների շարժմամբ պայմանա-

Նկ. 23. *Շարժվող ջուրն օժտված է էներգիայով:*

Նկ. 24. *Քամին (պտտահողմը) օժտված է հսկայական էներգիայով:*

վորված էներգիա, որն անվանում են **կինետիկ էներգիա** և մարմինների փոխազդեցությամբ պայմանավորված էներգիա, որն անվանում են **պոտենցիալ էներգիա**: Հաջորդ պարագրաֆներում ավելի մանրամասնորեն կծանոթանանք մեխանիկական էներգիայի այդ երկու տեսակներին:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր մեծությունն է կոչվում էներգիա:*
2. *Բերեք օրինակներ, որոնք ցույց են տալիս էներգիայի և աշխատանքի կապը:*
3. *Ի՞նչ միավորով է չափվում էներգիան միավորների ՄՀ-ում:*
4. *Մեխանիկական էներգիայի ի՞նչ տեսակներ գիտեք:*

Հետաքրքիր է իմանալ

Գիտնականների, հատկապես աստղաֆիզիկոսների մեծ մասը կարծում է, որ տիեզերքն առաջացել է 20 միլիարդ տարի առաջ: Այդ ժամանակ տիեզերքի ամբողջ էներգիան և զանգվածը խտացված է եղել շատ փոքր ծավալում, կարելի է ասել՝ մի կետում: Տեղի է ունեցել այսպես կոչված Մեծ պայթյուն, որի հետևանքով տիեզերքն սկսել է ընդարձակվել, որը շարունակվում է մինչ օրս: Չարժե, որ դուք մանրամասն ուսումնասիրեք այդ տեսությունը, սակայն կարևոր է իմանաք, որ էներգիան գոյություն է ունեցել ի սկզբանե և գոյություն կունենա հավերժ:

§15 ԿԻՆԵՏԻԿ ԷՆԵՐԳԻԱ

Յուրաքանչյուր շարժվող մարմին կարող է աշխատանք կատարել, այսինքն՝ այն օժտված է էներգիայով:

Մարմնի շարժմամբ պայմանավորված էներգիան կոչվում է կինետիկ էներգիա:

Սահմանումից հետևում է, որ երբ մարմնի արագությունը զրո է (այն դադարի վիճակում է), նրա կինետիկ էներգիան զրո է: Մարմինը կինետիկ էներգիայով օժտելու համար անհրաժեշտ է նրան հաղորդել որոշակի արագություն:

Հաշվենք անշարժ մարմնին որոշակի արագություն հաղորդելու համար պահանջվող աշխատանքը: Ենթադրենք՝ սեղանի հորիզոնական ողորկ մակերևույթին դրված չորսուն տեղափոխվում է F ուժի ազդեցությամբ (նկ.25): Համաձայն մեխանիկական աշխատանքի բանաձևի՝ $A = Fs$: Համաձայն Նյուտոնի երկրորդ օրենքի՝ $F = ma$: Հաշվի

Նկ. 25. *Մարմնի կինետիկ էներգիան հավասար է դադարի վիճակից նրան v արագություն հաղորդելու համար կատարված աշխատանքին:*

առնելով նաև, որ դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի արագացումը և անցած ճանապարհը որոշում են $a = v/t$ և $s = vt/2$ բանաձևերով, կստանանք՝

$$A = m \cdot \frac{v}{t} \cdot \frac{vt}{2} = \frac{mv^2}{2}, \qquad (11)$$

կամ

$$Fs = \frac{mv^2}{2}: \qquad (12)$$

Այդպիսի աշխատանք է կատարում F ուժն անշարժ մարմնին v արագություն հաղորդելու համար: Այժմ եթե այդ մարմնի արագությունը v արժեքից նվազի մինչև զրո, ապա մարմինը կկատարի ճիշտ նույնքան աշխատանք: Այսինքն՝ v արագությամբ շարժվող m զանգվածով մարմնի կինետիկ էներգիան կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով՝

$$E_{\text{կ}} = \frac{mv^2}{2}: \qquad (13)$$

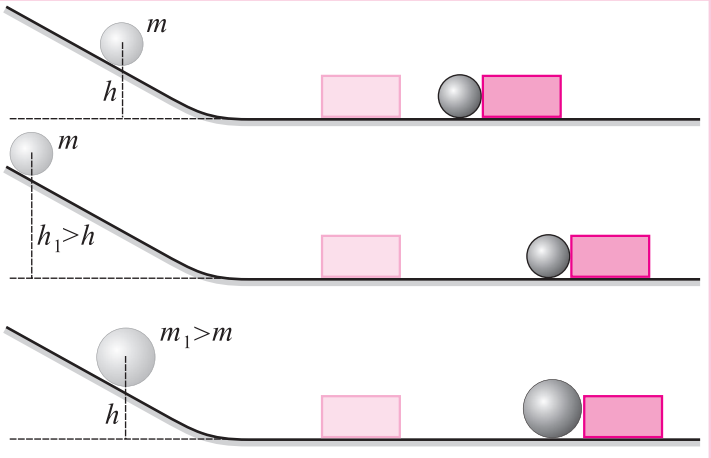
(12) բանաձևի ձախ մասում մարմնի վրա ազդող ուժի կատարած աշխատանքն է, իսկ աջ մասում՝ դրա շնորհիվ մարմնի ձեռք բերած կինետիկ էներգիան: Աշխատանքը կախված է ուժից և ուժի ուղղությամբ մարմնի անցած ճանապարհից: Այս առնչությունից հետևում է, որ միևնույն աշխատանքը հանգեցնում է մարմնի միևնույն կինետիկ էներգիայի ձեռքբերմանը՝ անկախ այն բանից՝ մարմինը փոքր ուժի ազդեցությամբ երկա՞ր ճանապարհ է անցել, թե՞ մեծ ուժի ազդեցությամբ՝ կարճ ճանապարհ: Այսպիսով՝ կինետիկ էներգիան կախված չէ այն հանգամանքից, թե ինչ ճանապարհով է մարմինը բերվել տվյալ վիճակին: Այն կախված է միայն մարմնի զանգվածից և տվյալ պահին նրա արագությունից: Որքան մեծ է մարմնի զանգվածը և շարժման արագությունը, այնքան մեծ է նրա կինետիկ էներգիան, այսինքն՝ այնքան ավելի մեծ աշխատանք կկարողանա կատարել այն:

Այս արդյունքը կարելի է ստուգել հետևյալ փորձով (նկ. 26): Թեք հարթությունից գլորվող գունդը, հարվածելով չորսուին, տեղափոխում է այն և կատարում որոշակի աշխատանք: Եթե գունդը բաց թողնենք ավելի մեծ բարձրությունից, ապա հարվածի պահին գունդը կունենա ավելի մեծ արագություն: Փորձը ցույց է տալիս, որ այս դեպքում չորսուն ավելի մեծ ճանապարհ է անցնում, այսինքն՝ ավելի մեծ աշխատանք է կատարվում: Եթե նույն բարձրությունից բաց թողնենք ավելի մեծ զանգվածով մարմին, կհամոզվենք, որ այդ դեպքում չորսուն ավելի մեծ ճանապարհ է անցնում: Նշանակում է՝ կինետիկ էներգիան մեծանում է նաև մարմնի զանգվածը մեծացնելիս:

Մարմնի կինետիկ էներգիան կարելի է արտահայտել նաև նրա իմպուլսի միջոցով: $p = mv$ բանաձևից բխող $v = p/m$ արտահայտությունը տեղադրելով կինետիկ էներգիայի բանաձևի մեջ՝ կստանանք՝

$$E_{\text{կ}} = \frac{p^2}{2m}: \qquad (14)$$

Այս բանաձևից հետևում է, որ հավասար իմպուլսներ ունեցող երկու մարմնից ավելի մեծ կինետիկ էներգիա ունի այն մարմինը, որի զանգվածն ավելի փոքր է: Սրանով է բացատրվում այն փաստը, որ նույն իմպուլսով երկու մարմիններից ավելի շատ ավերածություններ է պատճառում ավելի փոքր զանգվածով մարմինը, քանի որ վերջինիս կինետիկ էներգիան ավելի մեծ է: Ահա թե ինչու հակատան-



Նկ. 26. *Որքան մեծ է գնդիկի արագությունը և զանգվածը, այնքան մեծ աշխատանք է այն կատարում, հետևաբար՝ այնքան մեծ է նրա կինետիկ էներգիան:*

կային թնդանոթից արձակած 10 կգ զանգվածով արկը, որի արագությունը 1 կմ/վ է, ավելի շատ վնաս է հասցնում, քան 10 տոննա զանգվածով վագոնը, որը շարժվում է 1 մ/վ արագությամբ, թեև արկի և վագոնի իմպուլսները հավասար են՝ $p_{\text{արկ}} = p_{\text{վագոն}} = 10^4$ կգմ/վ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր էներգիան են անվանում կինետիկ:*
2. *Ի՞նչ մեծություններից է կախված մարմնի կինետիկ էներգիան:*
3. *Ի՞նչ բանաձևով է որոշվում մարմնի կինետիկ էներգիան:*
4. *Ե՞րբ է մարմնի կինետիկ էներգիան զրո:*
5. *Ինչպե՞ս է փոխվում մարմնի կինետիկ էներգիան՝ ա. հավասարաչափ շարժման դեպքում, բ. հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում, գ. հավասարաչափ դանդաղող շարժման դեպքում:*

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. *Ի՞նչ արագությամբ պետք է շարժվի 7,2 տ զանգվածով մեքենան, որպեսզի նրա կինետիկ էներգիան հավասար լինի 8,1 կՋ-ի:*

$m = 7,2$ տ
$E_{\text{կ}} = 8,1$ կՋ
$\upsilon = ?$

Լուծում: Կինետիկ էներգիայի $E_{\text{կ}} = m\upsilon^2/2$ բանաձևից ստանում ենք՝

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2E_{\text{կ}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8100\ \text{Ջ}}{7200\ \text{կգ}}} = 1,5\ \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ 1,5 մ/վ:

2. *Որքա՞ն է 50 կգ զանգվածով մարմնի կինետիկ էներգիան, եթե նրա իմպուլսը 500 կգմ/վ է:*

$m = 50$ կգ
$p = 500$ կգմ/վ
$E_{\text{կ}} = ?$

Լուծում: Իմպուլսի $p = m\upsilon$ բանաձևից $\upsilon = p/m$ արտահայտությունը տեղադրելով կինետիկ էներգիայի $E_{\text{կ}} = m\upsilon^2/2$ արտահայտության մեջ, կստանանք՝

$$E_{\text{կ}} = \frac{p^2}{2m} = \frac{(500\ \text{կգմ/վ})^2}{2 \cdot 50\ \text{կգ}} = 2500\ \text{Ջ}:$$

Պատասխան՝ 2500 Ջ:

§16 ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ ԷՆԵՐԳԻԱ

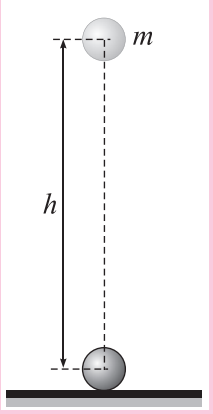
Հաճախ անշարժ մարմինը նույնպես ունակ է աշխատանք կատարելու: Այդպիսի հատկությամբ է օժտված, օրինակ, ամբարտակի հետևում ամբարված ջուրը, ճկված քանոնը կամ գլանում սեղմված օդը և այլն: Այդ ունակությունն ի հայտ է գալիս, երբ մարմնին շարժվելու հնարավորություն է տրվում: Նման դեպքերում ասում են, որ մարմինն օժտված է պոտենցիալ էներգիայով: Մարմնի պոտենցիալ էներգիան պայմանավորված է այլ մարմինների հետ նրա փոխազդեցությամբ կամ նույն մարմնի առանձին մասերի փոխազդեցությամբ: Այսպես, օրինակ, Երկրից որոշակի բարձրությամբ մարմնի պոտենցիալ էներգիան պայմանավորված է Երկրի հետ մարմնի գրավիտացիոն փոխազդեցության ուժով, սեղմված զսպանակի պոտենցիալ էներգիան՝ զսպանակի առաձգականության ուժով:

Որոշենք գետնից որոշակի h բարձրությամբ m զանգվածով մարմնի (նկ. 27) պոտենցիալ էներգիան: Նախ՝ հաշվենք այն աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է կատարել մարմինը h բարձրության հասցնելու համար: Դրա համար անհրաժեշտ է նրա վրա կիրառել ծանրության ուժին հակառակ ուղղված և մոդուլով նրան հավասար $F = mg$ ուժ: Այդ դեպքում կատարված աշխատանքը՝ $A = Fs = mgh$: Եթե մարմինն այդ նույն բարձրությունից ընկնի մինչև գետին, ապա կկատարի նույնքան աշխատանք, հետևաբար՝ նրա պոտենցիալ էներգիան կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$E_{\text{պ}} = mgh: \qquad (15)$$

(15) բանաձևի համաձայն՝ որքան մեծ է h բարձրությունը, այնքան մեծ է մարմնի պոտենցիալ էներգիան: Օրինակ՝ էլեկտրակայանների հզորությունը մեծացնելու համար կառուցում են բարձր ամբարտակներ և գետի ջրի մակարդակը հնարավորինս բարձրացնում: Գետնի մեջ այուներ խփող ցցահար մեքենայի հարվածող մարմինը (թակը) ընկնում է հնարավոր առավելագույն բարձրությունից:

Պոտենցիալ էներգիայի (15) բանաձևը կիրառելիս անհրաժեշտ է նշել, թե ի՞նչ մակարդակից ենք հաշվում մարմնի h բարձրությունը: Դիցուք՝ դպրոցի երկրորդ հարկի



Նկ. 27. *Գնդիկի պոտենցիալ էներգիան հավասար է այն աշխատանքին, որն անհրաժեշտ է կատարել գնդիկը բարձրացնելու համար:*

դասասենյակում սեղանի մոտ կանգնած աշակերտը ձեռքին պահում է մետաղե գնդիկը: Ինչպե՞ս որոշել գնդիկի պոտենցիալ էներգիան: Գնդիկի բարձրությունը կարելի է չափել սեղանի մակերևույթից, դասասենյակի հատակից, Երկրի մակերևույթից կամ մեկ այլ մակարդակից, որն ընդունվում է որպես **զրոյական մակարդակ**: Ամեն անգամ կստանանք պոտենցիալ էներգիայի տարբեր արժեքներ: Ասվածից հետևում է, որ պոտենցիալ էներգիան հարաբերական մեծություն է, այսինքն՝ նրա արժեքը կախված է զրոյական մակարդակի ընտրությունից:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր էներգիան են անվանում պոտենցիալ:*
2. *Բերեք պոտենցիալ էներգիայով օժտված մարմինների օրինակներ:*
3. *Ի՞նչ բանաձևով է որոշվում Երկրից որոշակի բարձրությամբ մարմնի պոտենցիալ էներգիան:*
4. *Փոխվու՞մ է արդյոք Երկրի մակերևույթին զուգահեռ թռչող մարմնի պոտենցիալ էներգիան:*
5. *Մարմինն ընկնում է որոշակի բարձրությունից: Ինչպե՞ս է փոխվում նրա պոտենցիալ էներգիան անկման ընթացքում:*
6. *Ինչպե՞ս կարելի է համոզվել, որ սեղմված զսպանակն օժտված է պոտենցիալ էներգիայով:*
7. *Կատարելով անհրաժեշտ չափումներ՝ հաշվեք սեղանին դրված որևէ առարկայի պոտենցիալ էներգիան հատակի նկատմամբ:*

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. *Որքա՞ն է նվազում 10 կգ զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիան, երբ 100 մ բարձրությունից այն իջնում է մինչև 80 մ բարձրության:*

$m = 10$ կգ
$h_1 = 100$ մ
$h_2 = 80$ մ
$E_{պ1} - E_{պ2} = ?$

Լուծում: Մարմնի պոտենցիալ էներգիան h_1 բարձրությունում՝ $E_{պ1} = mgh_1$, իսկ h_2 բարձրությունում՝ $E_{պ2} = mgh_2$: Պոտենցիալ էներգիան նվազում է $E_{պ1} - E_{պ2} = mg(h_1 - h_2)$-ով: Տեղադրելով թվային արժեքները, կստանանք՝

$$E_{պ1} - E_{պ2} = 1960 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ 1960 Ջ:

2. ***Առաջին մարմնի բարձրությունը գետնից հինգ անգամ մեծ է երկրորդ մարմնի բարձրությունից, իսկ զանգվածը 2 անգամ փոքր է: Քանի՞ անգամ է առաջին մարմնի պոտենցիալ էներգիան մեծ երկրորդ մարմնի պոտենցիալ էներգիայից:***

$h_1 = 5h_2$
$m_1 = m_2/2$
$E_{պ1}/E_{պ2} = ?$

Լուծում: Առաջին մարմնի պոտենցիալ էներգիան՝ $E_{պ1} = m_1gh_1$, իսկ երկրորդինը՝ $E_{պ2} = m_2gh_2$: Հաշվի առնելով, որ $h_1 = 5h_2$ և $m_1 = m_2/2$, կստանանք՝

$$\frac{E_{պ1}}{E_{պ2}} = \frac{m_1gh_1}{m_2gh_2} = \frac{(m_2/2)\,g \cdot 5h_2}{m_2gh_2} = 2,5:$$

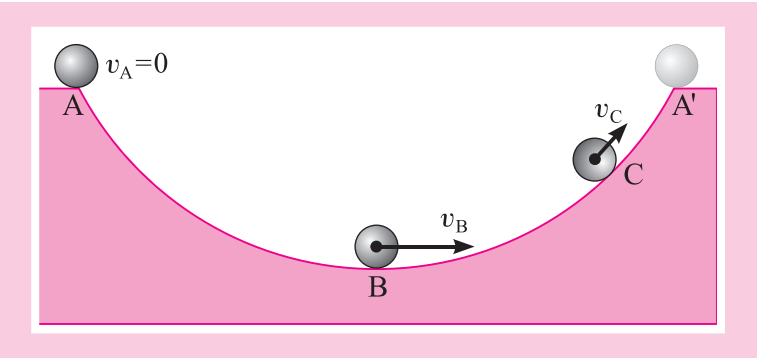
Պատասխան՝ 2,5 անգամ:

ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈԽԱԿԵՐՊՈՒՄՆԵՐԸ: ԼՐԻՎ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ ՕՐԵՆՔԸ

§17

Բնության մեջ, կենցաղում և տեխնիկայում հաճախ կարելի է հանդիպել մարմնի էներգիայի՝ մի տեսակից մեկ այլ տեսակի փոխարկվելու երևույթների: Դրա հետ մեկտեղ մարմինն իր էներգիան կարող է հաղորդել այլ մարմիններին: Ասվածը լուսաբանենք հետևյալ օրինակով: Գետի հունը ամբարտակով փակելիս գոյացած ջրամբարի մակարդակը բարձրանում է, և ջուրը ձեռք է բերում որոշակի պոտենցիալ էներգիա: Ամբարտակից թափվելիս՝ ջրի պոտենցիալ էներգիան նվազում է, սակայն այն ձեռք է բերում կինետիկ էներգիա, այսինքն՝ ջրի պոտենցիալ էներգիան փոխակերպվում է կինետիկ էներգիայի: Այնուհետև, հարվածելով էլեկտրական գեներատորի ջրատուրբինի թիակներին, ջուրն իր կինետիկ էներգիան հաղորդում է ջրատուրբինին, իսկ վերջինիս մեխանիկական էներգիան փոխարկերպվում է էլեկտրական էներգիայի:

Մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումներն ավելի մանրամասն քննարկենք հետևյալ օրինակով: Գունդը բաց թողնենք գոգավոր մակերևույթի վերին A կետից (նկ.28): Այդ դիրքում գնդի արագությունը զրո է, ուստի այն օժտված է միայն պոտենցիալ էներգիայով: Ներքև գլորվելիս գնդի արագությունն աստիճանաբար մեծանում է, իսկ բարձրությունը՝ փոքրանում: Նշանակում է՝ գնդի պոտենցիալ էներգիան աստիճանաբար փոխակերպվում է գնդի կինետիկ էներգիայի: Ամենաստորին՝ B կետում գնդի պոտենցիալ էներգիան նվազագույնն է, իսկ կինետիկ էներգիան ընդու-



Նկ. 28. *Գնդիկի մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումները*

նում է իր առավելագույն արժեքը: Այդ կետում գունդը կանգ չի առնում, այլ շարունակում է բարձրանալ գոգավոր մակերևույթով այնքան, մինչև նրա արագությունը, նվազելով, նորից հավասարվում է զրոյի: Վերելքի ընթացքում տեղի է ունենում հակառակ պրոցեսը՝ գնդի կինետիկ էներգիան փոխակերպվում է գնդի պոտենցիալ էներգիայի: Փորձը ցույց է տալիս, որ երբ գոգավոր մակերևույթը բավականաչափ հարթ է, այսինքն՝ շփման ուժերն էական դեր չեն կատարում, ապա գունդը գործնականում հասնում է նույն բարձրությանը՝ A′ դիրքին: Նշանակում է՝ գնդի պոտենցիալ էներգիան ամբողջովին փոխակերպվում է կինետիկ էներգիայի և հակառակը:

Սովորաբար մարմիններն օժտված են միաժամանակ և՛ կինետիկ, և՛ պոտենցիալ էներգիայով: Օրինակ՝ թռիչքի ընթացքում ինքնաթիռն օժտված է կինետիկ էներգիայով, քանի որ շարժվում է որոշակի արագությամբ և պոտենցիալ էներգիայով, քանի որ միաժամանակ փոխազդում է Երկրի հետ:

28-րդ նկարում պատկերված սարքում վերին A և A′ դիրքերի և ստորին B դիրքի միջև կամայական C դիրքում գունդն օժտված է և՛ կինետիկ էներգիայով, և՛ պոտենցիալ:

Մարմնի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաների գումարը կոչվում է **մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիա**.

$$E_{\text{լր}} = E_{\text{կ}} + E_{\text{պ}}: \qquad (16)$$

Պարզեցինք, որ մեխանիկական էներգիան մի տեսակից կարող է փոխակերպվել մեկ այլ տեսակի. կինետիկ էներգիան՝ պոտենցիալի և հակառակը: Իսկ ի՞նչ է տեղի ունենում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիայի հետ:

Այս հարցին պատասխանելու համար դիտարկենք h_0

բարձրությունից առանց սկզբնական արագության ընկնող գնդիկի շարժումը (նկ. 29): Անտեսելով օդի դիմադրության ուժը՝ կարելի է համարել, որ գնդիկը կատարում է ազատ անկում: Այդ դեպքում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան աստիճանաբար կփոքրանա, իսկ կինետիկ էներգիան կմեծանա: Ամենավերին կետում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան mgh_0 է, իսկ կինետիկ էներգիան՝ զրո, հետևաբար՝ լրիվ մեխանիկական էներգիան՝ $E_{\text{լր}1} = mgh_0 + 0 = mgh_0$: Անկումն սկսելուց t ժամանակ անց գնդիկը կանցնի $s = gt^2/2$ ճանապարհ և ձեռք կբերի $v = gt$ արագություն: Այդ պահին գնդիկի բարձրությունը գետնից $h_0 - s$ է, հետևաբար՝ նրա պոտենցիալ էներգիան կլինի՝ $mg(h_0 - s)$, իսկ լրիվ մեխանիկական էներգիան՝ $E_{\text{լր}2} = mg(h_0 - s) + mv^2/2$: Այս հավասարման մեջ տեղադրելով s-ի և v-ի արտահայտությունները՝ կստանանք՝

$$E_{\text{լր}2} = mgh_0 - mg\frac{gt^2}{2} + \frac{mg^2t^2}{2} = mgh_0 = E_{\text{լր}1}: \quad (17)$$

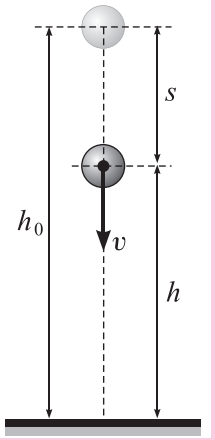
Այսպիսով՝ ապացուցեցինք, որ չնայած շարժման ընթացքում մարմնի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները փոփոխվում են, սակայն դրանց գումարը՝ մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան, մնում է հաստատուն, այսինքն՝ պահպանվում է՝

$$E_{\text{լր}1} = E_{\text{լր}2}: \quad (18)$$

Այս արդյունքն ստանալիս անտեսեցինք մարմնի վրա օդի դիմադրության ուժի ազդեցությունը: Փորձը ցույց է տալիս, որ դիմադրության և շփման ուժերի առկայությամբ մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան չի պահպանվում. այն շարժման ընթացքում աստիճանաբար նվազում է: Օրինակ՝ 28-րդ նկարում պատկերված փորձում գունդը, կատարելով մի քանի տատանում, շփման ուժի ազդեցությամբ ի վերջո կանգ է առնում B կետում՝ կորցնելով իր լրիվ մեխանիկական էներգիան:

Ընդհանրացնելով մեր քննարկած, ինչպես նաև բազմաթիվ այլ փորձերի արդյունքները, կարելի է ձևակերպել **լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը**.

դիմադրության և շփման ուժերի բացակայությամբ մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան շարժման ընթացքում մնում է հաստատուն՝ պահպանվում է:



Նկ. 29. *Գնդիկի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է:*

Երբ շփման կամ դիմադրության ուժերի ազդեցությամբ մարմինը կորցնում է իր մեխանիկական էներգիան, դա չի նշանակում, որ էներգիան ընդհանրապես կորչում է: Այն փոխակերպվում է էներգիայի մեկ այլ տեսակի՝ ներքին էներգիայի, որին կծանոթանաք հաջորդ գլխում: Նման դեպքերում պահպանվում է մեխանիկական և ներքին էներգիաների գումարը:

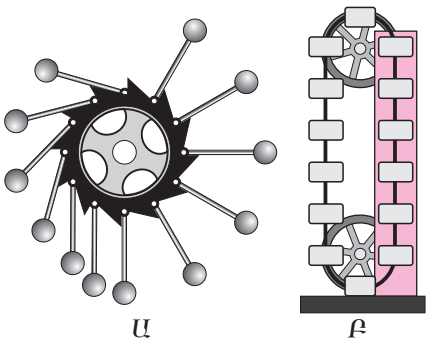
Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ո՞ր մեծությունն է կոչվում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիա:**
2. **Ինչպե՞ս է փոխվում ազատ անկում կատարող մարմնի՝**
   ա. կինետիկ էներգիան, բ. պոտենցիալ էներգիան, գ. լրիվ էներգիան:
3. **Ձևակերպեք լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:**
4. **Ի՞նչ պայմանների դեպքում է պահպանվում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան:**
5. **Ինչպե՞ս է փոխվում համակարգի լրիվ մեխանիկական էներգիան, երբ այնտեղ գործում են շփման ուժեր:**
6. **Ինչու՞ հնարավոր չէ ստեղծել հավերժական շարժիչ:**

Հետաքրքիր է իմանալ

Վաղ ժամանակներից ի վեր որոշ մարդիկ ձգտել են ստեղծել սարքեր, որոնք, առանց էներգիա ծախսելու, կարողանային անընդհատ օգտակար աշխատանք կատարել: Այդ սարքերը ստացել են «հավերժական շարժիչներ» անվանումը:

Ա նկարում պատկերված է հավերժական շարժիչի ամենահին նախագծերից մեկը: Ըստ հեղինակի՝ այն հավերժ պետք է պտտվի ժամասլաքի պտտման ուղղությամբ, քանի որ աջ կողմի գնդերի ծանրության ուժերի բազուկներն ավելի մեծ են, հետևաբար՝ մեծ են նաև դրանց ուժի մոմենտները: Իրականում այն չի պտտվում: Չնայած անիվը ժամասլաքի պտտման ուղղությամբ պտտող ծանրության ուժերի բազուկներն ավելի մեծ են, սակայն այդ ուղղությամբ պտտող մոմենտ են առաջացնում հինգ գնդերի ծանրության ուժերը, իսկ հակառակ ուղղությամբ՝ վեց գնդերինը:



Ա Բ

Հավերժական շարժիչի մոդելներ

Հավերժական շարժիչի մեկ այլ նախագիծ պատկերված է Բ նկարում: Ըստ հեղինակի՝ քանի որ աջակողմյան մարմինների վրա, բացի ծանրության ուժից, ազդում է նաև դեպի վեր ուղղված արքիմեդյան ուժը, ապա սարքը միշտ պետք է պտտվի ժամա-

սլաքի պտտման հակառակ ուղղությամբ: Սակայն այն չի աշխատի, քանի որ մարմինները ներքևից ջրավազանի մեջ մտցնելու համար անհրաժեշտ է հաղթահարել ջրի սյան հիդրոստատիկ ճնշումը:

Չպետք է ավելորդ ջանքեր գործադրել նման սարքեր ստեղծելու նպատակով: Որքան էլ որ հնարամիտ լինեն դրանց նախագծերը, միևնույնն է, այդ սարքերն աշխատել չեն կարողանա: Էներգիայի պահպանման օրենքը բացառում է նման սարքերի աշխատանքը: Իսկ եթե, այնուամենայնիվ, նման սարքն աշխատում է, ապա անպայման ինչ-որ տեղ էներգիայի աղբյուր է թաքնված:

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. ***2 կգ զանգվածով մարմինը 25 մ բարձրությունից ընկնում է Երկրի վրա: Որքա՞ն են նրա արագությունը և կինետիկ էներգիան գետնին հարվածելու պահին: Օդի դիմադրությունն անտեսել:***

$m = 2$ կգ
$h = 25$ մ
$\upsilon = ?, E_{կ} = ?$

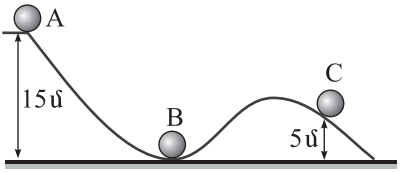
Լուծում: Ամենավերին կետում մարմինն օժտված է $E_{պ} = mgh$ պոտենցիալ էներգիայով: Գետնին հարվածելու պահին այն ունի միայն $E_{կ} = m\upsilon^2/2$ կինետիկ էներգիա: Եթե օդի դիմադրությունն անտեսվում է, ապա ըստ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքի՝ $mgh = m\upsilon^2/2$, որտեղից $\upsilon = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ մ/վ}^2 \cdot 25 \text{ մ}} = 22,13$ մ/վ: Գետնին հարվածելու պահին

$$E_{կ} = \frac{m\upsilon^2}{2} = mgh = 490 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ $\upsilon = 22,13$ մ/վ, $E_{կ} = 490$ Ջ:

2. ***0,05 կգ զանգվածով գնդիկը 15 մ բարձրությունից գլորվում է նկարում պատկերված մակերևույթով: Որքա՞ն է գնդիկի կինետիկ էներգիան 2-րդ և 3-րդ կետերում: Շփումն անտեսել:***

$m = 0,05$ կգ
$h = 15$ մ
$h_1 = 5$ մ
$E_{կB} = ?,$
$E_{կC} = ?$



Լուծում: Շփումն անտեսելիս կարելի է կիրառել մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը: A կետում մարմնի լրիվ էներգիան՝ $E_{լրA} = mgh$: B կետում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան զրո է, ուստի $E_{կB} = E_{լրA} = mgh$, որտեղից՝ $E_{կB} = 0,05 \text{ կգ} \cdot 9,8 \text{ մ/վ}^2 \cdot 15 \text{ մ} = 7,35$ Ջ:

C կետում մարմինն ունի mgh_1 պոտենցիալ էներգիա և $E_{կC}$ կինետիկ էներգիա, հետևաբար՝ $E_{լրA} = E_{կC} + mgh_1$, որտեղից՝

$$E_{կC} = mg(h - h_1) = 0,05 \text{ կգ} \cdot 9,8 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2} \cdot 10 \text{ մ} = 4.9 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ $E_{կB} = 7,35$ Ջ, $E_{կC} = 4.9$ Ջ:

3. ***Որոշել 5 կգ զանգվածով մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան, եթե այն շարժվում է Երկրի մակերևույթից 10 մ բարձրությամբ և 20 մ/վ արագությամբ:***

$m = 5$ կգ
$h = 10$ մ
$v = 20$ մ/վ
$E_{լր} = ?$

Լուծում: Որպես պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակ ընտրելով Երկրի մակերևույթը՝ մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիայի համար կարելի է գրել՝

$$E_{լր} = E_կ + E_պ = \frac{mv^2}{2} + mgh =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ կգ} \cdot 400 \frac{\text{մ}^2}{\text{վ}^2} + 5 \text{ կգ} \cdot 9,8 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2} \cdot 10 \text{ մ} = 1490 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ 1490 Ջ:

4. ***Մարմինը 10 մ/վ սկզբնական արագությամբ նետել են ուղղաձիգ դեպի վեր: Երկրի մակերևույթից ի՞նչ բարձրությամբ կետում նրա պոտենցիալ էներգիան 2 անգամ մեծ կլինի նրա կինետիկ էներգիայից: Օդի դիմադրությունն անտեսել:***

$v_0 = 10$ մ/վ
$E_{պ2} = 2E_{կ2}$
$h = ?$

Լուծում: Օդի դիմադրության անտեսման դեպքում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է: Նետման պահին մարմինն ունի միայն կինետիկ էներգիա (որպես պոտենցիալ էներգիայի զրոյական մակարդակ ընտրում ենք Երկրի մակերևույթը, ուստի՝ $E_{պ1} = 0$), որը նրա լրիվ մեխանիկական էներգիան՝ $E_{լր1} = E_{կ1} = mv_0^2/2$: h բարձրությամբ կետում (2-րդ դիրքում) $E_{լր2} = E_{կ2} + E_{պ2}$, ուստի, օգտվելով խնդրի պայմանից, այն է՝ $E_{կ2} = E_{պ2}/2$ և լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքից՝ $E_{լր1} = E_{լր2}$, կստանանք՝

$$\frac{mv_0^2}{2} = E_{պ2} + E_{կ2} = E_{պ2} + \frac{1}{2}E_{պ2} = \frac{3}{2}E_{պ2} = \frac{3}{2}mgh,$$

որտեղից

$$h = \frac{v_0^2}{3g} = \frac{100 \text{ մ}^2/\text{վ}^2}{3 \cdot 9,8 \text{ մ}/\text{վ}^2} = 3,4 \text{ մ}:$$

Պատասխան՝ 3,4 մ:

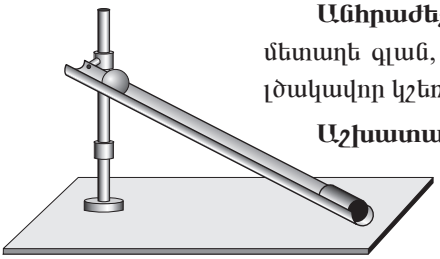
§18

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 2

Լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքի ուսումնասիրումը

Աշխատանքի նպատակը. փորձով ստուգել լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. գնդիկ, լաբորատոր ճոռ, մետաղե գլան, ամրակալան, վայրկենաչափ, մետաղե չափերիզ, լծակավոր կշեռք, կշռաքարեր:



Աշխատանքի ընթացքը.

1. Հավաքեք նկարում պատկերված սարքը:
2. Լծակավոր կշեռքով որոշեք գնդիկի m զանգվածը: Արդյունքը գրանցեք աղյուսակում:

3. Չափեք գնդիկի սկզբնական h բարձրությունը սեղանի մակերևույթից, արդյունքը գրանցեք աղյուսակում:
4. Քանի որ գնդիկը կատարում է առանց սկզբնական արագության հավասարաչափ արագացող շարժում, ապա գլանին հարվածելու պահին նրա արագությունը և անցած ճանապարհը կորոշվեն $v = at$ և $s = at^2/2$ բանաձևերով, որոնցից հետևում է, որ $v = 2s/t$:
5. Չափեք մարմնի անցած s ճանապարհը և շարժման t ժամանակը, բերված բանաձևով հաշվեք v արագությունը և արդյունքները գրանցեք աղյուսակում:
6. $E_{պ} = mgh$ և $E_{կ} = mv^2/2$ բանաձևերով հաշվեք գնդիկի պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաները և համեմատեք ստացված արդյունքները:

Փորձը	m, կգ	h, մ	s, մ	t, վ	$E_{պ}$, Ջ	$E_{կ}$, Ջ
1.						
2.						

§19 ՇԱՐԺՎՈՂ ՋՐԻ ԵՎ ՔԱՄՈՒ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Ինչպես յուրաքանչյուր մարմին, ջուրը նույնպես կարող է օժտված լինել որոշակի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաներով: Դրա համար պետք այն հոսի և թափվի որոշակի բարձրությունից: Հոսող ջրի էներգիան մարդն օգտագործել է դեռևս հազարամյակներ առաջ: Ջրի էներգիան առավել արդյունավետ օգտագործելու նպատակով գետի հունը փակել են ամբարտակներով և բարձրացրել ջրի մակարդակը: Մեծ բարձրությունից թափվելիս ջրի պոտենցիալ էներգիան փոխարկվում է կինետիկ էներգիայի, որի շնորհիվ ջուրն աշխատանք է կատարում:

Ջրի էներգիայով աշխատող պարզագույն սարքը ջրանիվն է, որը մարդիկ օգտագործել են վաղնջական ժամանակներից: Ջրի ազդեցությամբ պտտվող ջրանիվն աշխատեցրել է ջրաղացը:

Ներկայումս ջրի էներգիան առավելապես օգտագործում են էլեկտրաէներգիա ստանալու համար: Մեծ բարձրությունից թափվող ջուրը հիդրոէլեկտրակայանում (ՀԷԿ) պտտում է տուրբինը, որին կցված էլեկտրական գեներատորում արտադրվում է էլեկտրաէներգիա:

Նկ. 30.
Գյումուշի հիդրոէլեկտրակայանը

Հիդրոէլեկտրակայանի հզորությունը կախված է միավոր ժամանակում ծախսվող ջրի քանակից և ջրի անկման բարձրությունից: Նշանակում է, որ անգամ սակավաջուր գետերն ամբարտակելով, կարելի է արտադրել մեծ քանակությամբ էներգիա, եթե ջրի անկման բարձրությունը բավականաչափ մեծ լինի:

Երկրագնդի վրա գետերի հոսող ջուրն օժտված է ահռելի էներգիայով, որը կարելի է օգտագործել տարբեր հանածոների այրման հետևանքով անջատվող ջերմային էներգիայի փոխարեն: Այդ էներգիան էկոլոգիապես ավելի մաքուր է, օգտագործելիս այն չի աղտոտում շրջակա միջավայրը:

Ներկայումս Հայաստանի Հանրապետությունում էլեկտրաէներգիայի մոտ 20%-ն արտադրվում է հիդրոէլեկտրակայաններում: Ջրային էներգիայի պաշարների լրիվ օգտագործման դեպքում այն կբավարարի ներկա պահանջարկի մոտ 40%-ը:

Չնայած հիդրոէլեկտրակայանները չեն աղտոտում շրջակա միջավայրը թունավոր նյութերով, այնուամենայնիվ որոշ դեպքերում դրանք ոչ աննկատելի ազդեցություն են ունենում բնական միջավայրի վրա: Օրինակ՝ կառուցված ամբարտակներն ու ջրամբարները ջրածածկում են մեծ մակերեսով բերրի դաշտեր և անտառներ, խոչընդոտում ձվադրման համար դեպի գետի ակունք ձկների վտառների տեղաշարժը և այլն:

Ներկայումս մարդկությունն սկսել է օգտագործել ջրի էներգիայի ևս մեկ աղբյուր, որը պայմանավորված է ծովերի և օվկիանոսների մակընթացություններով և տեղատվություններով: Մակընթացային էլեկտրակայաններում այդ

Նկ. 31.
Փորձնական հողմնային էլեկտրակայան Բազումի լեռներում

էներգիան փոխարկվում է էլեկտրաէներգիայի: Ճիշտ է, այն դեռևս քիչ է օգտագործվում, սակայն ունի որոշակի հեռանկարներ:

Հսկայական էներգիայով են օժտված նաև մթնոլորտում շարժվող օդի զանգվածները՝ քամիները, սակայն ներկայումս օգտագործվում է միայն դրանց չնչին մասը: Մարդկությունը քամու էներգիան սովորել է օգտագործել իր զարգացման վաղ շրջանից: Դեռևս 3000 տարի առաջ մարդն առագաստանավերով հեռավոր նավարկություններ էր գնում՝ օգտագործելով քամու էներգիան: Քամու էներգիայով են գործում նաև հողմաղացները:

Ներկայումս մի շարք երկրներում կառուցում են հողմային էլեկտրակայաններ (նկ. 31), որոնք բաղկացած են բարձր աշտարակից, հողմատուրբինից և էլեկտրական գեներատորից: Քամին, պտտելով հողմատուրբինի թիերը, աշխատեցնում է գեներատորը, որն արտադրում է էլեկտրաէներգիա: Քամու էներգիան լայնորեն օգտագործում են այն երկրներում, որտեղ դրանք հաճախակի են, և ունեն բնական էներգիական պաշարների՝ նավթի, գազի, քարածխի լուրջ կարիք: Քամու էներգիայի օգտագործման առաջատար երկրներից են Գերմանիան, Դանիան, Իսպանիան, ԱՄՆ և այլն: Հայաստանի Հանրապետությունում ևս կան քամու էներգիայի օգտագործման լուրջ հնարավորություններ, ուստի ներկայումս մեծ ուշադրություն է դարձվում մեր երկրում հողմաէներգետիկայի զարգացմանը:

Հողմաէլեկտրակայաններն ունեն մի շարք առավելություններ՝ չեն աղտոտում շրջակա միջավայրը, տեխնիկա-

կան առումով բարդ չեն և համեմատաբար էժան են: Դրա հետ մեկտեղ ունեն մի շարք թերություններ: Քամին շատ անկայուն է՝ իր անսպասելի պոռթկումներով և թուլացումներով, հաճախ փոխում է ուղղությունը, որը դժվարացնում է դրա օգտագործումը:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Բացատրեք «էներգիայի էկոլոգիապես մաքուր աղբյուր» արտահայտության իմաստը:**
2. **Ի՞նչ նպատակով են օգտագործում ջրի էներգիան: Բերեք օրինակներ:**
3. **Ի՞նչ նպատակով են օգտագործում քամու էներգիան: Բերեք օրինակներ:**
4. **Որո՞նք են հիդրոէլեկտրակայանների և հողմաէլեկտրակայանների առավելություններն ու թերությունները:**

Հետաքրքիր է իմանալ

Հանրահայտ Նիագարայի ջրվեժի բարձրությունը 50 մ է, և այդ բարձրությունից յուրաքանչյուր վայրկյանում գահավիժում է շուրջ 5900 մ^3 ջուր: Հաշվենք, թե ինչ պոտենցիալ էներգիայով է օժտված այդ բարձրությունից մեկ վայրկյանում թափվող ջուրը: Դրա զանգվածը կորոշվի $m = \rho V$ բանաձևով, որտեղ ρ-ն ջրի խտությունն է, իսկ V-ն՝ ծավալը, իսկ պոտենցիալ էներգիան՝ $E_{պ} = mgh = \rho Vgh$: Տեղադրելով թվային արժեքները՝ կստանանք՝ $E_{պ} = 2,9 \cdot 10^9$ Ջ: Նշանակում է՝ Նիագարայի ջրվեժն ունակ է 1 վայրկյանում կատարելու այնքան աշխատանք, այսինքն՝ նրա պոտենցիալ հզորությունը 2,9 միլիարդ Վտ է: Եթե հաջողվի այդ էներգիան փոխակերպել էլեկտրականի, ապա այն կբավարարի 100 Վտ հզորությամբ 29 միլիոն էլեկտրական լամպերի լուսարձակման համար:

ԳԼՈՒԽ III

ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

§20 ԳԱՂԱՓԱՐ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Բնության մեջ մեխանիկական շարժումները խիստ բազմազան են: Դրանցում իրենց յուրահատկությամբ առանձնանում են տատանողական շարժումները կամ **մեխանիկական տատանումները**: Սրտի բաբախումը, ձայնալարերի թրթռումը, թիթեռնիկի թևերի թափահարումը, ավտոմեքենայի շարժիչի գլանում մխոցի առաջընթաց-հետընթաց շարժումը, կարի մեքենայի ասեղի վեր ու վար շարժումը, ծառերի ճյուղերի օրորվելը և, վերջապես, ատոմների տեղաշարժերն իրենց հավասարակշռության դիրքերից մերթ այս, մերթ այն կողմ և այլն մեխանիկական տատանումների օրինակներ են:

Ի՞նչն է բնորոշ բոլոր տատանումներին:

Թվարկված օրինակներից կարելի է նկատել, որ տատանումները շարժումներ են, որոնք կատարվում են հերթականորեն՝ հակադիր ուղղություններով: Երբ ջրամբարում ջրի մակարդակը մերթ բարձրանում է, մերթ՝ իջնում, կարելի է ասել, որ ջրի մակարդակը տատանվում է: Օվկիանոսում մակընթացությունների և տեղատվությունների հերթագայությունը տատանում է. ջուրը հաջորդաբար մերթ ներխուժում է ցամաք, մերթ՝ նահանջում ցամաքից:

Հետևելով տատանումներին՝ կարելի է պարզել դրանց բնորոշ մեկ հատկություն ևս՝ *կրկնելիությունը*: Շատ տատանումներ, ինչպես, օրինակ, զարկերակի կանոնավոր խփոցները, ավտոմեքենայի շարժիչի մխոցի շարժումները, որոշակի հավասար ժամանակներից հետո նույնությամբ կրկնվում են: Այդպիսի տատանումներն անվանում են պարբերական: **Այն ամենափոքր ժամանակամիջոցը, որից հետո տատանումները կրկնվում են, կոչվում է տատանումների պարբերություն**: Տատանումների պարբերու-

թյունը, փաստորեն, մեկ լրիվ տատանման տևողությունն է, ուստի արտահայտվում է ժամանակի միավորներով՝ վայրկյանով (վ), րոպեով (ր) և այլն:

Տատանվող մարմնի առավելագույն շեղումը հավասարակշռության դիրքից կոչվում է տատանումների լայնույթ: Տատանումների լայնույթն արտահայտվում է երկարության միավորներով՝ մետրով (մ), սանտիմետրով (սմ) և այլն:

Տատանողական շարժումը բնութագրում են նաև **տատանումների հաճախությամբ**: **Տատանումների հաճախություն է կոչվում 1 վ-ում տատանումների թիվը**: Հաճախությունն արտահայտվում է հերցով (Հց)՝ ի պատիվ գերմանացի ֆիզիկոս Հայնրիխ Հերցի: Եթե տատանումների հաճախությունը 1Հց է, ապա ամեն մի վայրկյանում տատանվող մարմինը կատարում է մեկ տատանում՝ $1\,\text{Հց} = 1\,\text{վ}^{-1}$: Օրինակ՝ եթե 1 ր-ում զարկերակի խփոցների թիվը 75 է, նշանակում է, որ 1 վ-ում այն $75 : 60 = 1{,}25$ է: Հետևաբար՝ սրտի զարկերի հաճախությունը $1{,}25\,\text{Հց}$ է, իսկ պարբերությունը՝ $60\,\text{վ} : 75 = 0{,}8\,\text{վ}$:

Գործնականում օգտագործվում են նաև կիլոհերց (կՀց), մեգահերց (ՄՀց) և գիգահերց (ԳՀց) միավորները՝ $1\,\text{կՀց} = 10^3\,\text{Հց}$, $1\,\text{ՄՀց} = 10^6\,\text{Հց}$, $1\,\text{ԳՀց} = 10^9\,\text{Հց}$:

Տատանումների պարբերությունը որոշելու համար (այն ընդունված է նշանակել T տառով) չափում են t ժամանակը, որի ընթացքում կատարվել է մի քանի տատանում և այն բաժանում կատարված տատանումների N թվին՝

$$T = \frac{t}{N}: \qquad (1)$$

Տատանումների հաճախությունը որոշելու համար (այն ընդունված է նշանակել ν (նյու) տառով), t ժամանակում կատարված տատանումների N թիվը բաժանում են t-ի՝

$$\nu = \frac{N}{t}: \qquad (2)$$

Համեմատելով (1) և (2) բանաձևերը՝ կարելի է տեսնել, որ տատանումների պարբերությունը և հաճախությունը հակադարձ մեծություններ են՝

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad \nu = \frac{1}{T}: \qquad (3)$$

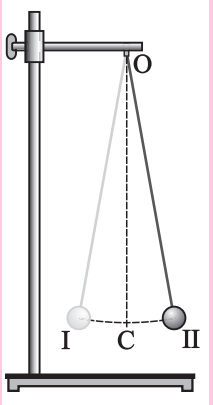
Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Մեխանիկական տատանումների ի՞նչ օրինակներ գիտեք:*
2. *Ի՞նչն է բնորոշ բոլոր տատանողական շարժումներին:*
3. *Ո՞ր տատանումներն են անվանում պարբերական:*
4. *Ո՞ր ֆիզիկական մեծությունն է կոչվում տատանումների պարբերություն:*
5. *Ի՞նչ միավորներով է արտահայտվում տատանումների պարբերությունը:*
6. *Ի՞նչ է տատանումների լայնույթը: Ի՞նչ միավորներով է այն արտահայտվում:*
7. *Ի՞նչ է տատանումների հաճախությունը: Ի՞նչ միավորներով է այն արտահայտվում:*
8. *Ո՞ր հաճախությունն է կոչվում 1 Հց:*
9. *Քանի՞ Հց է 1 կՀց-ը, 1 ՄՀց-ը, 1 ԳՀց-ը:*
10. *Ինչպե՞ս են գործնականում որոշում տատանումների պարբերությունը և հաճախությունը:*

§21 ՄԱՐՈՂ ԵՎ ՉՄԱՐՈՂ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ: ԱԶԱՏ ԵՎ ՀԱՐԿԱԴՐԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ

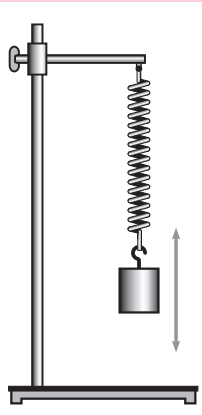
Դիտարկենք 33-րդ նկարում պատկերված թելավոր ճոճանակի տատանումները: Այն բարակ թելից կախված ծանր, օրինակ, կապարե գնդիկ է: Թելն ամրացված է ամրակալանին O կետում: Եթե գնդիկը շեղենք հավասարակշռության C դիրքից, ասենք, դեպի ձախ (I դիրք) և բաց թողնենք, ապա այն կսկսի տատանվել՝ այդ դիրքից գալով II դիրք և հակառակը:

Հետևելով գնդիկի տատանողական շարժմանը՝ կնկատենք, որ տատանումների լայնույթը հետզհետե փոքրանում է և, ի վերջո, ճոճանակը կանգ է առնում: Պատճառն օդի առկայությունն է: Տատանումների ժամանակ օդն ազդում է գնդիկի վրա: Օդի ազդեցությամբ պայմանավորված ուժը կոչվում է **դիմադրության ուժ**: Այն միշտ ուղղված է գնդիկի շարժման արագությանը հակառակ, հետևաբար՝ խոչընդոտում է վերջինիս շարժումը: Կախման O կետում թելի և ամրակալանի միջև շփումը նույնպես խոչընդոտում է ճոճանակի տատանողական շարժումը:



Նկ. 32.
Թելավոր ճոճանակ

Այսպիսով՝ ճոճանակի տատանումների մարման պատճառն օդի ազդեցությունն է տատանվող գնդիկի վրա և կախման կետում շփման առկայությունը: Եթե փոքրացնենք օդի ազդեցությունը, փորձը կրկնելով, օրինակ, օդահան պոմպի զանգի տակ, կտեսնենք, որ ճոճանակն ավելի երկար ժամա-



Նկ. 33.
Զսպանակավոր ճոճանակ

նակ է տատանվում: Բնական է ենթադրել, որ օդի և շփման բացակայության դեպքում ճոճանակը կտատանվեր անվերջ, այսինքն՝ ճոճանակի տատանումները կլինեին **չմարող**:

Երբ խոսում ենք ճոճանակի մասին, հաճախ մոռանում ենք, որ այն չէր տատանվի, եթե չլիներ երկրագունդը: Նշանակում է՝ «ճոճանակ» ասելով պետք է հասկանալ ոչ միայն թելը և նրանից կախված գնդիկը, այլ նաև Երկիրը: Այլ կերպ ասած՝ ճոճանակը տատանողական համակարգ է: Եթե թելը շատ թեթև է գնդիկից և, բացի այդ, շատ ավելի երկար է, քան գնդիկի տրամագիծը, ապա այդպիսի համակարգն անվանում են **մաթեմատիկական ճոճանակ**:

Տատանողական համակարգի օրինակ է նաև **զսպանակավոր ճոճանակը** (նկ. 33): Դա զսպանակ է, որի մի ծայրն ամրացված է անշարժ (օրինակ՝ ամրակալանին), իսկ մյուս՝ ազատ ծայրից կախված է բեռ: Եթե հավասարակշռության վիճակից բեռը շեղենք, օրինակ, դեպի ներքև, ապա զսպանակը կձգվի: Եթե բեռը բաց թողնենք, այն կսկսի տատանվել ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ ամենաստորին դիրքից բարձրանալով ամենավերին դիրք և հակառակը: Բեռի տատանումները նույնպես որոշ ժամանակ անց կդադարեն նրա վրա օդի դիմադրության ուժի ազդեցության հետևանքով:

Այսպիսով՝ հավասարակշռության վիճակից դուրս բերված գնդիկը, ինչպես և բեռը, տատանվում են «ինքնուրույն», այն է՝ շեղման հետևանքով առաջացող ներքին ուժերի ազդեցությամբ, երբ արտաքին ուժերը բացակայում են: Այդպիսի տատանումներն անվանում են **ազատ**:

Ազատ տատանումները միշտ մարող են: Ընդ որում, որքան փոքր է դիմադրության և շփման ուժերի ազդեցությունը, այնքան երկար են տևում տատանումները: Իսկ որպեսզի համակարգը կատարի չմարող տատանումներ, անհրաժեշտ է, որ նրա վրա չազդեն դիմադրության ուժեր: Դիմադրության ուժերի բացակայությունն էլ հենց այն պայմանն է, որի դեպքում համակարգի տատանումները դառնում են չմարող:

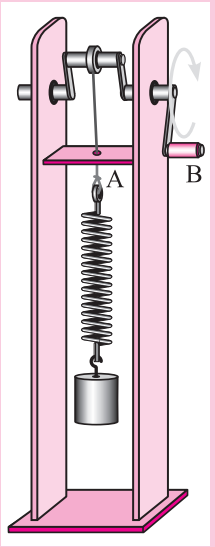
Տատանողական համակարգում ներքին ուժերի ազդեցությամբ ծագող տատանումները, երբ արտաքին ուժերը բացակայում են, կոչվում են սեփական տատանումներ, իսկ այդ տատանումների հաճախությունը՝ սեփական հաճախություն:

Չմարող տատանումներ կարող են առաջանալ նաև այլ պայմանների առկայությամբ:

Դրա համար անհրաժեշտ է, որ տատանողական համակարգի վրա ազդեն արտաքին ուժեր, որոնք ժամանակից կախված փոփոխվում են որոշակի պարբերությամբ: Այդպիսի ուժերի ազդեցությամբ կատարվող տատանումներն անվանում են **հարկադրական**:

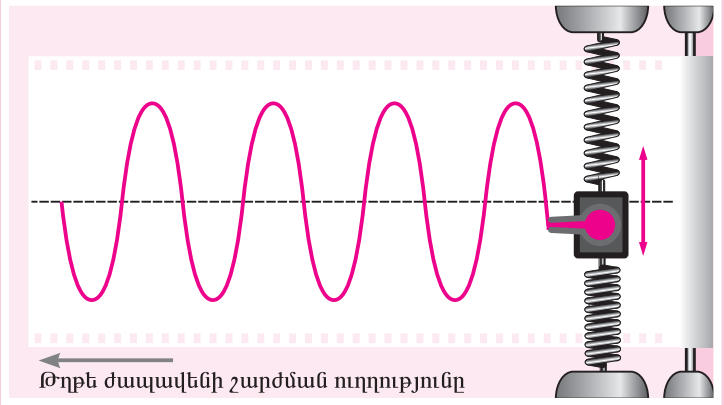
Կարի մեքենայի ասեղի վեր ու վար շարժումները, անհարթ ճանապարհով շարժվող մեքենայի կցկումները, ճլորթու ճոճվելը, երբ պարբերաբար այն հրում են, հարկադրական տատանումների օրինակներ են:

Հարկադրական տատանումների ուսումնասիրման համար կարելի է օգտվել 34-րդ նկարում պատկերված սարքից: Շուռտվիկին ամրացված թելի ազատ A ծայրից կախված է զսպանակավոր ճոճանակը: Երբ B բռնակը հավասարաչափ պտտում են, ձգված թելի A ծայրը պարբերաբար վեր ու վար է անում՝ ստիպելով զսպանակին մերթ ձգվել, մերթ՝ սեղմվել: Դրա հետևանքով բեռի վրա ազդող զսպանակի առաձգականության ուժը պարբերաբար փոփոխվում է: Առաձգականության ուժի փոփոխման հաճախությունը հավասար է բռնակի պտտման հաճախությանը: Առաձգականության ուժի ազդեցությամբ էլ բեռը կատարում է հարկադրական տատանումներ այդ նույն հաճախությամբ:

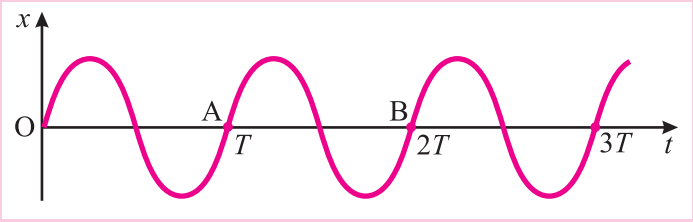


Նկ. 34.
Հարկադրական տատանումների ուսումնասիրման սարք

Տատանվելիս մարմնի դիրքն անընդհատ փոփոխվում է: Հավասարակշռության դիրքից տատանվող մարմնի շեղման կախումը ժամանակից պատկերող գրաֆիկը կոչվում է **տատանագիր**: Զսպանակավոր ճոճանակի տատանագիրը, օրինակ, կարելի է կառուցել 35-րդ նկարում պատկերված սարքի օգնությամբ: Մարմնին ամրացվում է մատիտ, որի



Նկ. 35.
Զսպանակավոր ճոճանակի տատանումները գրանցող սարք



Նկ. 36. *Զսպանակավոր ճոճանակի շեղման կախումը ժամանակից պատկերող գրաֆիկը՝ տատանագիրը*

ծայրը հպվում է թղթին: Թուղթը շարժվում է հավասարաչափ, ուղղահայաց այն ուղղին, որի երկայնքով կատարվում են մարմնի տատանումները: Եթե զսպանակին ամրացված մարմնի շեղումը հավասարակշռության դիրքից նշանակենք x-ով, ապա տատանվող մարմնի տատանագիրը, երբ ժամանակի սկզբնական պահին շեղումը զրո է, կունենա 36-րդ նկարում պատկերված կորի տեսքը:

Տատանագրի միջոցով կարելի է չափել տատանումների լայնույթը: Բացի այդ՝ տատանագիրը հնարավորություն է տալիս որոշելու տատանումների պարբերությունը: Իրոք, 36-րդ նկարից երևում է, որ որոշ ժամանակահատվածներից (օրինակ՝ OA, AB և այլն) հետո տատանագրի տեսքը նույնությամբ կրկնվում է: Քանի որ թուղթը շարժվում է հավասարաչափ, ապա այդ հատվածներն իրար հավասար են: Չափելով դրանց երկարությունը և այն բաժանելով թղթի շարժման արագությանը՝ կստանանք տատանումների պարբերությունը: Տատանագրի վրա A, B և այլ կետերի փոխարեն սովորաբար գրում են T պարբերության պատիկները՝ $2T$, $3T$ և այլն:

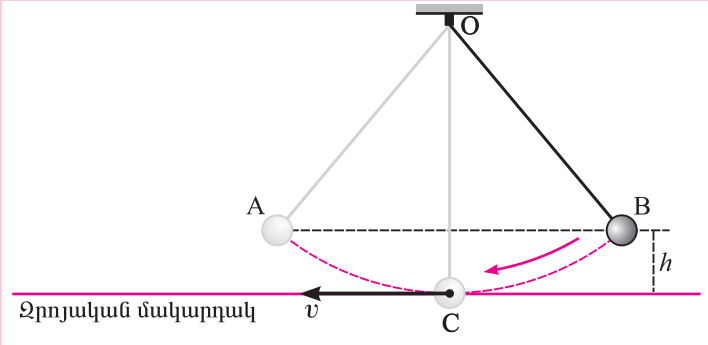
Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Որո՞նք են տատանումների մարման պատճառները:**
2. **Ի՞նչ պայմաններում ճոճանակի տատանումները կլինեն չմարող:**
3. **Ինչու՞ են ճոճանակն անվանում տատանողական համակարգ:**
4. **Ի՞նչ է մաթեմատիկական ճոճանակը:**
5. **Ի՞նչ է զսպանակավոր ճոճանակը:**
6. **Ո՞ր տատանումներն են անվանում ազատ: Բերեք օրինակներ:**
7. **Ո՞ր տատանումներն են կոչվում սեփական:**
8. **Ո՞ր տատանումներն են կոչվում հարկադրական: Բերեք օրինակներ:**
9. **Նկարագրեք այն սարքի աշխատանքը, որի միջոցով կարելի է ստանալ հարկադրական տատանումներ:**
10. **Նկարագրեք պարզագույն տատանագրիչի կառուցվածքը:**

§22 ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈԽԱԿԵՐՊՈՒՄՆԵՐԸ ՏԱՏԱՆՈՂԱԿԱՆ ՇԱՐԺՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Քննարկենք 32-րդ նկարում պատկերված թելավոր ճոճանակի տատանումները՝ ենթադրելով, որ դիմադրության և շփման ուժերը բացակայում են: Այդ դեպքում, ինչպես գիտենք, ճոճանակի ազատ տատանումները կլինեն չմարող: Բացի այդ՝ ճոճանակի կամայական դիրքում գնդիկի լրիվ մեխանիկական էներգիան՝ նրա պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաների գումարը, պետք է պահպանվի: Հայտնի է, որ գնդիկի պոտենցիալ էներգիան ուղիղ համեմատական է նրա բարձրությանը: Վերջինս կհաշվենք հավասարակշռության C դիրքով անցնող երևակայական հորիզոնական հարթությունից (նկ.37)՝ այսպես կոչված զրոյական մակարդակից, որտեղ գնդիկի պոտենցիալ էներգիան զրո է: Գնդիկի կինետիկ էներգիան էլ ուղիղ համեմատական է նրա արագության քառակուսուն:

Դիցուք՝ գնդիկը բերել ենք A սկզբնական դիրք և բաց թողել: Դեպի C դիրք շարժվելիս նրա բարձրությունը փոքրանում է, իսկ շարժման արագությունը՝ մեծանում: Համապատասխանաբար գնդիկի պոտենցիալ էներգիան նվազում է, իսկ կինետիկը՝ աճում: C դիրքում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան հավասարվում է զրոյի, իսկ կինետիկը՝ հասնում իր առավելագույն արժեքին. չէ՞ որ C դիրքում գնդիկի v արագությունն ամենամեծն է: Մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքից հետևում է, որ գնդիկի կինետիկ էներգիայի այդ առավելագույն արժեքը հավասար է A դիրքում նրա պոտենցիալ էներգիային (A դիրքում էլ գնդիկի h բարձրությունն է ամենամեծը):



Նկ.37. *Ճոճանակի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է, քանի որ A և B դիրքերի բարձրությունները հավասար են:*

Այն պահից հետո, երբ գնդիկն անցնում է C դիրքով, նրա պոտենցիալ էներգիան սկսում է աճել, իսկ կինետիկը՝ նվազել: B դիրքում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան հասնում է իր առավելագույն արժեքին, իսկ կինետիկը՝ զրոյի: Այնուհետև, B դիրքից A դիրք շարժվելիս, ամեն ինչ նույնությամբ կրկնվում է:

Այսպիսով՝ տատանումների ընթացքում գնդիկի պոտենցիալ էներգիան պարբերաբար փոխակերպվում է կինետիկ էներգիայի, իսկ կինետիկը՝ պոտենցիալի: Թեև այդ էներգիաներից յուրաքանչյուրն առանձին-առանձին փոփոխվում է, բայց դրանց գումարը, որը գնդիկի լրիվ մեխանիկական էներգիան է, անփոփոխ է:

Այժմ այս ամենն արտահայտենք մաթեմատիկորեն:

Գնդիկի պոտենցիալ և կինետիկ էներգիաները արտահայտվում են

$$E_{պ} = mgh \quad և \quad E_{կ} = \frac{mv^2}{2} \qquad (4)$$

բանաձևերով, որտեղ m-ը գնդիկի զանգվածն է, h-ը՝ նրա բարձրությունը զրոյական մակարդակից, v-ն՝ արագությունը, g-ն՝ ազատ անկման արագացումը: Շարժման ընթացքում, ժամանակի յուրաքանչյուր պահի գնդիկի լրիվ մեխանիկական էներգիան հաստատուն է և հավասար

$$E = E_{պ} + E_{կ} = mgh + \frac{mv^2}{2} \qquad (5)$$

մեծությանը, այսինքն՝ ճոճանակի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է, եթե ճոճանակի վրա ազդող դիմադրության և շփման ուժերը բացակայում են:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Որքա՞ն է սեփական տատանումներ կատարող ճոճանակի լրիվ մեխանիկական էներգիան:*
2. *Էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումներ են տեղի ունենում ճոճանակի սեփական տատանումների ժամանակ:*
3. *Սեփական տատանումներ կատարող ճոճանակի՝*
   ա. ո՞ր դիրքերում է պոտենցիալ էներգիան ամենամեծը և ո՞ր դիրքերում՝ ամենափոքրը,
   բ. ո՞ր դիրքերում է կինետիկ էներգիան ամենամեծը և ո՞ր դիրքերում՝ ամենափոքրը:
4. *Ի՞նչ տվյալներ են անհրաժեշտ մաթեմատիկական ճոճանակի առավելագույն արագությունը հաշվելու համար: Մտածեք, թե ինչ եղանակով կարելի է հաշվել այն:*

§23 ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՋՊԱՆԱԿԱՎՈՐ ՃՈՃԱՆԱԿՆԵՐ: ՍԵՓԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՊԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ուսումնասիրելով թելավոր և զսպանակավոր ճոճանակների տատանումները՝ տեսանք, որ ճոճանակին կամ զսպանակին հաղորդված մեխանիկական էներգիան տատանումների ընթացքում հետզհետե նվազում է՝ փոխակերպվելով ոչ մեխանիկական էներգիայի և, ի վերջո, լրիվ սպառվում. տատանումները մարում են:

Չմարող տատանումներ հնարավոր են այնպիսի պայմաններում, երբ բացակայում է ինչպես շփումը, այնպես էլ՝ օդի դիմադրությունը: Այդ դեպքում համակարգը (թելավոր, մասնավորապես մաթեմատիկական ճոճանակը, զսպանակավոր ճոճանակը և այլն) կատարում է անփոփոխ լայնույթով տատանումներ:

Պարզենք, թե ինչի՞ց և ինչպե՞ս է կախված, օրինակ, մաթեմատիկական ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերությունը: Դրա համար կապարե կամ պողպատե փոքր գնդիկը կախենք երկար, թեթև թելից: Կունենանք ճոճանակ, որն իր հատկություններով շատ նման է մաթեմատիկականին: Այնուհետև, ճոճանակը հավասարակշռության դիրքից փոքր-ինչ շեղելով, բայց թողնենք և չափենք տատանումների պարբերությունը: Որոշ ժամանակ անց, երբ ճոճանակի տատանումների լայնույթը նկատելիորեն փոքրանա, կրկին չափենք տատանումների պարբերությունը: Կտեսնենք, որ այն չի փոխվել: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ փոքր լայնույթով տատանումների դեպքում մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կախված չէ լայնույթից:

Չփոխելով ճոճանակի երկարությունը՝ կապարե գնդիկը փոխարինենք նույն տրամագծով պլաստմասսայե գնդիկով, որի զանգվածը զգալիորեն փոքր է կապարե գնդիկի զանգվածից, սակայն շատ մեծ է թելի զանգվածից: Փորձը կրկնելով՝ կհամոզվենք, որ տատանումների պարբերությունը նույնն է, ինչ կապարե գնդիկի դեպքում: Հետևաբար՝ կարելի է ասել, որ մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կախված չէ ճոճանակի գնդիկի զանգվածից:

Փոփոխելով ճոճանակի թելի երկարությունը՝ կնկատենք, որ թելը կարճացնելիս տատանումների պարբերությունը

Քրիստիան Հյույգենս (1629 – 1685)

փոքրանում է, իսկ երկարացնելիս՝ մեծանում: Այսինքն՝ մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կախված է ճոճանակի թելի երկարությունից:

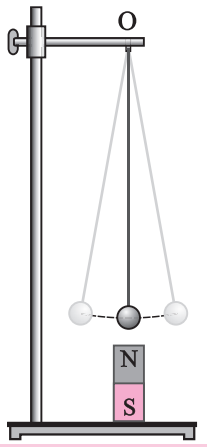
Պողպատե գնդիկով ճոճանակի տակ դնելով մագնիս (նկ. 38)՝ տեսնում ենք, որ տատանումների պարբերությունը փոքրանում է: Բայց մագնիսի ազդեցությունը ճոճանակին հավասարազոր է Երկրի ձգողության ուժեղացմանը: Այսինքն՝ կարծես մեծացել է ազատ անկման g արագացումը: Չէ՞ որ g-ն միևնույն ժամանակ թվապես հավասար է այն ձգողության ուժին, որով Երկիրը ազդում է միավոր զանգվածով մարմնի վրա: Ուստի կարելի է ենթադրել, որ ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կախված է ազատ անկման արագացումից:

Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերության հաշվարկով առաջին անգամ զբաղվել է Գալիլեո Գալիլեյը, սակայն պարբերության ճշգրիտ բանաձևն արտածել է հոլանդացի նշանավոր գիտնական Քրիստիան Հյույգենսը:

Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը որոշվում է Հյույգենսի բանաձևով՝

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \qquad (6)$$

որտեղ l-ը ճոճանակի երկարությունն է, g-ն՝ ազատ անկման արագացումը, $\pi = 3,14$:



Նկ. 38. *Մագնիսի առկայությամբ պողպատե գնդիկով ճոճանակի տատանումների պարբերությունը փոքրանում է:*

Զսպանակավոր ճոճանակը բնութագրվում է բեռի m զանգվածով և զսպանակի k կոշտությամբ: Հենց այդ ֆիզիկական մեծություններով էլ որոշվում է զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը՝

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}: \qquad (7)$$

Այսպիսով՝ զսպանակավոր ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերությունը կախված է միայն ճոճանակը բնութագրող պարամետրերից:

Մաթեմատիկական ճոճանակի միջոցով, օգտվելով (6) բանաձևից, մեծ ճշգրտությամբ կարելի է որոշել ազատ անկման g արագացումը: Այդպիսի հաշվարկներից պարզվում է, որ երկրագնդի տարբեր աշխարհագրական լայնություններում g-ի արժեքները տարբեր են: Հասարակածում

$g = 9,78$ մ/վ^2, Երևանի աշխարհագրական լայնությունում (40°) $g = 9,80$ մ/վ^2, իսկ բևեռներում $g = 9,83$ մ/վ^2: Մեծ ճշգրտություն չպահանջող հաշվարկներ կատարելիս սովորաբար օգտվում են ազատ անկման արագացման $g = 9,80$ մ/վ^2 մոտավոր արժեքից:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ինչպե՞ս կարելի է ստանալ չմարող տատանումներ:**
2. **Ի՞նչ մեծություններից է կախված մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը, և ի՞նչ մեծություններից այն կախված չէ:**
3. **Ի՞նչ մեծություններից է կախված զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը:**
4. **Գրեք մաթեմատիկական ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերության բանաձևը:**
5. **Գրեք զսպանակավոր ճոճանակի սեփական տատանումների պարբերության բանաձևը:**
6. **Ինչպե՞ս է որոշվում ազատ անկման արագացումը ճոճանակի միջոցով:**
7. **Որքա՞ն է ազատ անկման արագացումը՝ ա. հասարակածում, բ. բևեռներում, գ) Երևանում:**
8. **Ի՞նչ է գրավիտացիոն շեղումը: Ինչպե՞ս են գրավիտացիոն շեղման միջոցով հայտնաբերում օգտակար հանածոներ:**

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. **Նույն ժամանակամիջոցում ճոճանակներից մեկը կատարում է 10 տատանում, իսկ մյուսը՝ 20: Ո՞ր ճոճանակն է ավելի երկար և քանի՞ անգամ:**

$t_1 = t_2 = t$
$N_1 = 10$
$N_2 = 20$
$l_1/l_2 = ?$

Լուծում: Առաջին ճոճանակի տատանումների պարբերությունը՝ $T_1 = t/N_1$, իսկ երկրորդինը՝ $T_2 = t/N_2$: Մյուս կողմից, համաձայն մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերության բանաձևի, $T_1 = 2\pi\sqrt{l_1/g}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{l_2/g}$: Հետևաբար՝ կարելի է գրել՝

$$2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = \frac{t}{N_1}, \quad 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} = \frac{t}{N_2},$$

որտեղից կստանանք՝

$$4\pi^2\frac{l_1}{g} = \frac{t^2}{N_1^2}, \quad 4\pi^2\frac{l_2}{g} = \frac{t^2}{N_2^2}:$$

Այս հավասարումներն անդամ առ անդամ բաժանելով՝ կունենանք՝

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{N_2^2}{N_1^2} = \frac{400}{100} = 4:$$

Պատասխան՝ առաջին ճոճանակը երկրորդից երկար է 4 անգամ:

2. ***Բացատրեք, թե ինչպե՞ս կարելի է զսպանակավոր ճոճանակի միջոցով որոշել երկու մարմիններից մեկի զանգվածը՝ մյուս մարմինը դիտելով որպես չափանմուշ:***

Լուծում: Միևնույն զսպանակին հերթով ամրացրեք չափանմուշը և անհայտ զանգվածով մարմինը: Չափեք զսպանակավոր ճոճանակների պարբերությունները՝ օգտվելով (8) բանաձևից՝ $T_{\text{չափ}} = 2\pi\sqrt{m_{\text{չափ}}/k}$, $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, որտեղ $m_{\text{չափ}}$-ը չափանմուշի զանգվածն է, իսկ m-ը՝ որոնելի զանգվածը: Գրված առնչություններից հետևում է՝

$$\frac{m_{\text{չափ}}}{m} = \frac{T^2_{\text{չափ}}}{T^2}, \quad \text{կամ} \quad m = m_{\text{չափ}}\frac{T^2}{T^2_{\text{չափ}}}:$$

3. ***Մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունը հասարակածում 2 վ է: Որքա՞ն է այդ ճոճանակի տատանումների պարբերությունը Հյուսիսային բևեռում:***

$T_{\text{հ}} = 2$ վ
$T_{\text{բ}} = ?$

Լուծում: Համաձայն (7) բանաձևի՝ մաթեմատիկական ճոճանակի տատանումների պարբերությունները հասարակածում և Հյուսիսային բևեռում կարելի է որոշել $T_{\text{հ}} = 2\pi\sqrt{l/g_{\text{հ}}}$ և $T_{\text{բ}} = 2\pi\sqrt{l/g_{\text{բ}}}$ բանաձևերով, որտեղ $g_{\text{հ}}$-ն ազատ անկման արագացումն է հասարակածում, $g_{\text{բ}}$-ն՝ բևեռում: Այդ բանաձևերից կստանանք՝

$$T_{\text{բ}} = T_{\text{հ}}\sqrt{\frac{g_{\text{հ}}}{g_{\text{բ}}}}:$$

Տեղադրելով $T_{\text{հ}} = 2$ վ, $g_{\text{հ}} = 9,78$ մ/վ^2, $g_{\text{բ}} = 9,83$ մ/վ^2, կգտնենք՝ $T_{\text{բ}} = 1,995$ վ:

Պատասխան՝ 1,995 վ:

4. ***Մաթեմատիկական ճոճանակը փոքր անկյունով թեքելիս ճոճանակի բեռը բարձրացավ 4,9 սմ: Ի՞նչ արագություն կունենա բեռը հավասարակշռության դիրքով անցնելու պահին: Օդի դիմադրությունը հաշվի չառնել:***

$h = 4,9$ սմ
$v = ?$

Լուծում: Համաձայն մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքի՝ ճոճանակի առավելագույն շեղման դիրքում բեռի պոտենցիալ էներգիան հավասար է հավասարակշռության դիրքով անցնելու պահին նրա կինետիկ էներգիային՝ $E_{\text{կ}} = E_{\text{պ}}$: Քանի որ $E_{\text{պ}} = mgh$, $E_{\text{կ}} = mv^2/2$, ապա կունենանք՝

$$mgh = \frac{mv^2}{2},$$

որտեղից

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ մ/վ}^2 \cdot 0,049 \text{ մ}} = 0,98 \text{ մ/վ}:$$

Պատասխան՝ $v = 0,98$ մ/վ:

§24 ՌԵԶՈՆԱՆՍԻ ԵՐԵՎՈՒՅԹԸ

Յուրաքանչյուր իրական տատանողական համակարգում առկա են դիմադրության ուժեր, ուստի նրանց մեջ առաջացող տատանումները միշտ մարող են: Այդ պատճառով գործնականում օգտագործում են ոչ թե ազատ, այլ հարկադրական տատանումները: Դիմադրության ուժերի առկայությամբ հարկադրական տատանումները չեն մարում այնքան ժամանակ, քանի դեռ համակարգի վրա ազդում է պարբերաբար փոփոխվող արտաքին ուժ, որն անվանում են **հարկադրող ուժ**: §21-ում հարկադրական տատանումների ուսումնասիրության համար օգտագործվող սարքի (նկ. 34) աշխատանքը քննարկելիս տեսանք, որ հարկադրական տատանումներ առաջանում են, երբ B բռնակը պտտելիս զսպանակը ենթարկվում է լրացուցիչ ձգման-սեղմման դեֆորմացիայի: Զսպանակի դեֆորմացիայի հետևանքով բեռի վրա լրացուցիչ ուժ է ազդում, որը ժամանակից կախված պարբերաբար փոփոխվում է: Այդ ուժն էլ հենց հարկադրող ուժն է, որի տատանումների հաճախությամբ էլ տատանվում է բեռը: Այսպիսով՝ *բեռի հարկադրական տատանումների հաճախությունը կախված չէ տատանողական համակարգի հատկություններից*:

Հարկադրական տատանումների մյուս առանձնահատկությունն այն է, որ *տատանումների լայնույթը կախված է հարկադրող ուժի հաճախությունից*: Դրանում կարելի է համոզվել 34-րդ նկարում պատկերված սարքի օգնությամբ:

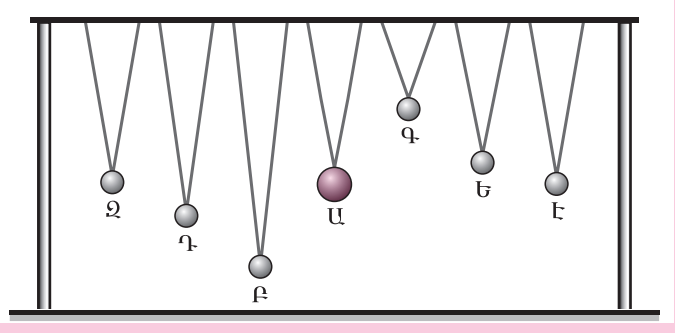
Սկզբում B բռնակը պտտենք դանդաղ: Կնկատենք, որ բեռը զսպանակի հետ վերև-ներքև է տեղաշարժվում այնպես, ինչպես A կետը: Նշանակում է՝ բեռի և A կետի տատանումների լայնույթները նույնն են: Բռնակի պտտման հաճախության մեծացմանը զուգընթաց բեռի տատանումների լայնույթը մեծանում է: Երբ բռնակի պտտման n հաճախությունը հավասարվում է զսպանակավոր ճոճանակի սեփական տատանումների ν_0 հաճախությանը՝ $n=\nu_0$, բեռի տատանումների լայնույթը հասնում է իր առավելագույն արժեքին: Բռնակի պտտման հաճախության հետագա մեծացմանը զուգընթաց հարկադրական տատանումների լայնույթը նորից փոքրանում է: Իսկ բռնակը շատ արագ պտտելիս բեռը մնում է տեղում:

Հարկադրական տատանումների լայնույթի շեշտակի աճը, երբ հարկադրող ուժի տատանումների հաճախությունը համընկնում է տատանողական համակարգի սեփական հաճախությանը, կոչվում է ռեզոնանս:

Ռեզոնանսի երևույթը կարելի է ցուցադրել 39-րդ նկարում պատկերված հարմարանքի միջոցով:

Հորիզոնական բարակ, ճկուն ձողից կախված են ծանր գնդիկով **Ա** ճոճանակը և մի քանի թեթև ճոճանակներ, որոնք ունեն տարբեր երկարություններ: **Ա** գնդիկը շեղենք հավասարակշռության դիրքից՝ ձողին ուղղահայաց ուղղությամբ, և բաց թողնենք: Այն կսկսի ճոճվել՝ առաջացնելով ձողի պարբերական ճկումներ: Դրա հետևանքով թեթև ճոճանակներից ամեն մեկի վրա կսկսի ազդել պարբերաբար փոփոխվող առաձգականության ուժ, որի փոփոխման հաճախությունը հավասար է **Ա** ճոճանակի տատանումների հաճախությանը: Այդ ուժի ազդեցությամբ թեթև ճոճանակները կկատարեն հարկադրական տատանումներ: Կտեսնենք, որ **Բ** և **Գ** ճոճանակները տատանվում են փոքր լայնույթներով. թրթռում են: **Դ** և **Ե** ճոճանակները, որոնց երկարությունները քիչ են տարբերվում **Ա** ճոճանակի երկարությունից, տատանվում են ավելի մեծ լայնույթներով: Վերջապես՝ **Զ** և **Է** ճոճանակները, որոնք ունեն նույն երկարությունը, ինչ **Ա** ճոճանակը, տատանվում են շատ ավելի մեծ լայնույթով: Սա էլ հենց ռեզոնանսի երևույթն է:

Ռեզոնանսի երևույթը լայնորեն կիրառվում է տեխնիկայում: Այսպես՝ հաճախ անհրաժեշտ է իմանալ տարբեր օբյեկտների (մեքենաներ, զանազան շինություններ, մանրակերտներ և այլն) սեփական հաճախությունները: Այդ



Նկ. 39. *Ռեզոնանսի երևույթը ցուցադրող հարմարանք*

նպատակով կիրառվող թրթռիչի ազդեցությամբ հետազոտվող օբյեկտը կատարում է հարկադրական տատանումներ: Այնուհետև աստիճանաբար փոփոխում են թրթռիչի տատանումների հաճախությունը: Երբ վերջինս հավասարվում է օբյեկտի սեփական հաճախությանը, նրա տատանումների լայնույթը կտրուկ աճում է: Այս ձևով որոշում են հետազոտվող օբյեկտի սեփական հաճախությունը:

Քնակելի շենքերը և արդյունաբերական շինությունները, երկաթուղիները, ավտոմեքենաները, օդային և ծովային փոխադրամիջոցները, թունելները և կամուրջները տատանողական համակարգերի օրինակներ են: Որոշակի պայմաններում հնարավոր է՝ տատանումների լայնույթն այդ համակարգերում մեծանա այնքան, որ շինությունը փլուզվի, իսկ սարքավորումները դուրս գան շարքից:

Ռեզոնանսային երևույթների ականատես ենք լինում ամեն քայլափոխի: Օրինակ՝ փողոցով բեռնատար մեքենա անցնելիս երբեմն զնգզնգում են մոտակա տների պատուհանների ապակիները: Նշանակում է՝ մեքենայի կցույմների և ապակիների սեփական տատանումների հաճախությունները պարզապես համընկել են:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ինչու՞ են հարկադրական տատանումները չմարող:**
2. **Ինչի՞ց է կախված հարկադրական տատանումների լայնույթը:**
3. **Ի՞նչ է ռեզոնանսը:**
4. **Նկարագրեք փորձ, որի օգնությամբ կարելի է դիտել ռեզոնանսի երևույթը:**
5. **Բերեք ռեզոնանսի կիրառության օրինակներ:**
6. **Բերեք օրինակներ, որտեղ ռեզոնանսը խաղում է վնասակար դեր:**

Հետաքրքիր է իմանալ

1750 թվականին Ֆրանսիայի Անժեր քաղաքի մերձակա 102 մ երկարությամբ կամրջով անցնելիս զոկատի զինվորների քայլերի հաճախությունը համընկել է կամրջի սեփական հաճախությանը: Դրանից կամրջի հարկադրական տատանումների լայնույթն այնքան է մեծացել, որ կամուրջը պահող շղթաները չեն դիմացել և կտրվել են: Կամուրջը փլուզվել և ընկել է գետը:

Համանման դեպք տեղի է ունեցել 1905 թվականին Պետերբուրգում, Ֆոնտանկա գետի վրա կառուցված եգիպտական կամրջով գվարդիական հեծելավաշտի անցնելու

ժամանակ: Այդօրինակ կործանարար պատահարներից խուսափելու համար ներկայումս բոլոր զորախմբերը, համաձայն հրահանգի, կամուրջներով անցնում են ոչ թե համաքայլ, այլ ազատ քայլքով:

Հաճախ ռելսերի կցատեղերին գնացքի անիվների հարվածների հաճախությունը համընկնում է զսպաններին ամրացված վագոնի սեփական տատանումների հաճախությանը, որի հետևանքով վագոնն սկսում է ուժեղ ճոճվել:

Նավերը նույնպես ունեն իրենց սեփական հաճախությունը: Եթե ալեկոծության ժամանակ ծովի ալիքների հաճախությունը պատահաբար հավասարվում է ռեզոնանսայինին, ապա նավի ճոճքը սաստկանում է: Այդ դեպքում նավապետը փոխում է նավի արագությունը կամ շարժման ուղղությունը:

Խնդիրների լուծման օրինակներ

Զսպանակավոր ճոճանակի բեռի զանգվածը 1 կգ է: Զսպանակի ծայրին ազդում է 16 Հց հաճախությամբ փոփոխվող ուժ: Կդիտվի՞ արդյոք ռեզոնանս: Զսպանակի կոշտությունը 400 Ն/մ է:

$m = 1$ կգ
$\nu = 16$ Հց
$k = 400$ Ն/մ
Ռեզոնանս ?

Լուծում: Ռեզոնանս առաջանալու համար անհրաժեշտ է, որ հարկադրող ուժի ν հաճախությունը համընկնի ճոճանակի սեփական հաճախությանը: Համաձայն (8) բանաձևի՝ զսպանակավոր ճոճանակի սեփական հաճախությունը՝

$$\nu_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14}\sqrt{\frac{400\ \text{Ն/մ}}{1\ \text{կգ}}} = 3,2\ \text{Հց}:$$

Քանի որ հարկադրող ν ուժի հաճախությունը մեծ է ճոճանակի սեփական հաճախությունից, ապա ռեզոնանս չի առաջանա:

Պատասխան՝ ռեզոնանս չի առաջանա:

§25 Մեխանիկական ալիքներ

Ո՞վ չի տեսել գետում, լճում կամ ծովում ծփացող ալիքներ կամ չի կարդացել բանաստեղծական գողտրիկ պատկերներ ալիքների, նրանց շարժման և տարածման նկարագրությամբ:

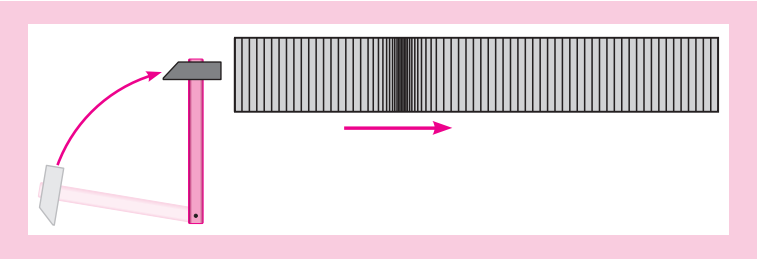
Ալիքների մասին պատկերացում կարելի է կազմել՝ դիտելով ջրի մակերևույթին առաջացող շրջանաձև «օղակների» տարածումը: Այդպիսի «օղակներ» առաջանում են, երբ հանդարտ ջրի մեջ, օրինակ, քար ենք գցում կամ ջրի մակերևույթին ընկնում են անձրևի կաթիլները: Քարի կամ կաթիլի անկման տեղից «օղակները» տարածվում են ջրի

մակերևույթով՝ բոլոր ուղղություններով (նկ. 40): Այդ տարածվող «օղակներն» էլ հենց ջրի մակերևութային ալիքներն են: Այդպիսիք են նաև լճերի, ծովերի և օվկիանոսների մակերևույթներին առաջացող ալիքները:

Ուշադիր նայելով ջրի մակերևութային ալիքներին՝ կհամոզվեք, որ չնայած ջուրն ալեկոծվում է, բայց և այնպես ալիքի հետ չի տեղափոխվում: Դա պարզորոշ կարելի է տեսնել, եթե ջրի երեսին դնենք փայտի փոքրիկ կտոր և, ալիք առաջացնելով, դիտենք, թե ինչպես է այն ջրում տարածվելով հասնում փայտին և շարունակվում տարածվել, իսկ փայտը կատարում է միայն վեր ու վար շարժումներ: Բայց տատանվող մարմինը, ինչպես գիտենք, օժտված է էներգիայով: Նշանակում է՝ այդ էներգիան փայտիկին է փոխանցվել ջրի մակերևութային ալիքների միջոցով: Ուրեմն՝ ալիքը տարածվելիս իր հետ «տեղափոխում» է էներգիա, այլ կերպ ասած՝ ալիքն օժտված է էներգիայով: Ալիքը կարող է «տեղափոխվել» մեծ հեռավորությամբ, մինչդեռ փայտի կտորի կամայական դիրքում նրան հարող տեղամասում ջուրը չի տեղափոխվում ալիքի հետ:

Որոշ ալիքներ դրսևորում են պարբերականություն, այսինքն՝ միջավայրի մասնիկների շարժումը, երբ այդ միջավայրով ալիք է տարածվում, կրկնվում է բազմիցս: Սակայն ոչ ամեն ալիք է օժտված նման հատկությամբ: Օրինակ՝ եթե սենյակի դուռը կարուկ շարժումով բացենք, ապա դռանը հարող օդի շերտը կսեղմվի: Քանի որ օդն օժտված է առաձգականությամբ, ապա սեղմված օդն այնուհետև կընդարձակվի՝ սեղմելով հարևան օդի շերտը և այսպես շարունակ: Օդի

Նկ. 40.
Ջրի մակերևութային ալիքներն օղակների ձևով կաթիլի անկման տեղից տարածվում են բոլոր ուղղություններով:



Նկ. 41.
Սեղմման դեֆորմացիայի ալիքի գոյացումը պողպատե ձողում

սեղմում-ընդարձակումները, հաղորդվելով շերտից շերտ և տարածվելով սենյակով մեկ, կհասնեն նաև վարագույրին՝ ստիպելով վերջինիս տատանվել: Նկարագրված պրոցեսն անվանում են օդի սեղմման **դեֆորմացիայի ալիք**:

Սեղմման դեֆորմացիայի ալիք առաջանում և տարածվում է ոչ միայն օդում: Այսպես, օրինակ, պողպատե ձողի մի ծայրին (դիցուք՝ ձախ) մուրճով հարվածենք (նկ. 41): Հարվածի ուժը կառաջացնի ձողի ձախ ծայրի մասնիկների շարժում: Դրա հետևանքով այդ ծայրին հարող շերտը կսեղմվի: Սեղմման դեֆորմացիայի ժամանակ կառաջանա առաձգականության ուժ, որը կդանդաղեցնի այդ շերտի մասնիկների՝ դեպի աջ ուղղված շարժումը՝ ստիպելով, ի վերջո, որ այդ մասնիկները կանգ առնեն: Այդ ուժը, սակայն, դիտարկվող շերտից աջ ընկած մասնիկներին կդնի շարժման մեջ՝ նրանց հաղորդելով դեպի աջ ուղղված արագություն: Դրա հետևանքով ձողի ձախ ծայրին հարող շերտում դեֆորմացիան կանհետանա, բայց կսեղմվի նրա հարևան շերտը: Այսպես սեղմման դեֆորմացիան կհաղորդվի շերտից շերտ: Ձողի երկայնքով կտարածվի սեղմման դեֆորմացիայի ալիք:

Վերջին երկու օրինակներում որևէ տեղամասով սեղմման դեֆորմացիայի ալիքն անցնելուց հետո այդ տեղամասի մասնիկների շարժումը դադարում է: Այդպիսի ալիքն անվանում են **մենավոր ալիք**:

Ալիքի տարածմանը կարելի է հետևել նաև երկար և համեմատաբար ծանր (օրինակ՝ ռետինե) պարանի օգնությամբ: Պարանի մի ծայրն ամրացնենք որևէ անշարժ առարկայի (օրինակ՝ պատին, ծառին), իսկ մյուս ծայրից ուժեղ ձգենք: Այնուհետև ձեռքով պարանի այդ ծայրը կտրուկ մի կողմ տանենք և հետ բերենք (42-րդ նկարում այդ շարժումը կատարվում է ուղղաձիգ հարթության մեջ): Կտեսնենք, թե ինչպես են աստիճանաբար ղեպի այդ նույն կողմ սկսում տեղաշարժվել նաև պարանի մնացած մասերը: Պարանի երկայնքով «վա-

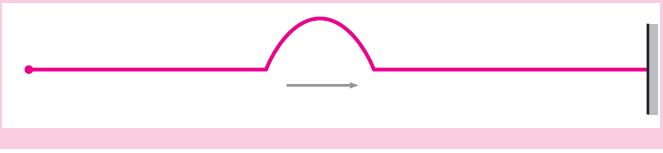
զում» է դեֆորմացիայի մենավոր ալիքը: Այժմ պարանի ծայրը տատանման մեջ դնենք: Այլ կերպ ասած՝ այդ ծայրին հարող տեղամասը պարբերաբար դեֆորմացիայի ենթարկենք: Կտեսնենք, թե ինչպես են այդ դեֆորմացիաները, հաջորդելով իրար, տարածվում պարանի երկայնքով: Այս անգամ «վազող» ալիքները պարբերական են:

Պարանի որևէ տեղամասում, դեֆորմացիայի ալիքն անցնելուց հետո, մասնիկների շարժումը կրկնվում է (նկ. 43): Բայց, ինչպես և ջրի մակերևութային ալիքների դեպքում, պարանի ոչ մի տեղամաս չի տեղափոխվում պարանի երկայնքով:

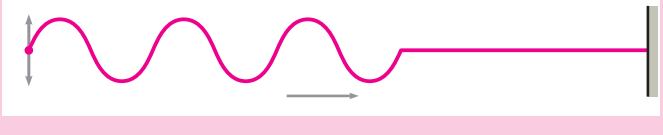
Ի՞նչ ընդհանուր բան կարելի է նկատել բերված բոլոր օրինակներում: Նախ՝ երբ որոշակի միջավայրով (օդով, պողպատե ձողով կամ պարանով) տարածվում է դեֆորմացիայի ալիք, միջավայրի «հանդարտ» վիճակը «խանգարվում» է: Այդ «խանգարումը» (դեֆորմացիան, շեղումը հավասարակշռված դիրքից և այլն) հաղորդվում է միջավայրի մի տեղամասից մյուսը: Այնուհետև միջավայրում ալիք տարածվելիս նյութ չի տեղափոխվում, բայց ալիքի տարածման ընթացքում տեղի է ունենում էներգիայի տեղափոխում:

Բայց դեֆորմացիայի տեղափոխում հնարավոր է, եթե միջավայրն առածգական է: Դա է պատճառը, որ առածգական միջավայրում տարածվող մեխանիկական ալիքներն անվանում են **առածգական ալիքներ**:

Եթե միջավայրի մասնիկները տատանվում են այնպիսի ուղղություններով, որոնք ուղղահայաց են դեֆորմացիայի տարածման ուղղությանը, ապա ալիքը կոչվում է լայնական: Այդպիսին էր, օրինակ, պարանի երկայնքով «վազող» ալիքը (նկարներ 42, 43):



Նկ. 42.
Պարանի երկայնքով «վազում» է մենավոր ալիք:



Նկ. 43.
Պարանի երկայնքով «վազում» է պարբերական ալիք:

Եթե միջավայրի մասնիկները տատանվում են այնպիսի ուղղություններով, որոնք համընկնում են դեֆորմացիայի տարածման ուղղությանը, ապա ալիքը կոչվում է երկայնական:

Մեր դիտարկած ալիքներից երկայնական են, օրինակ, օդում կամ պողպատե ձողում տարածվող սեղմման դեֆորմացիայի ալիքները:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ո՞ր ալիքներն են կոչվում պարբերական:*
2. *Ինչպե՞ս է առաջանում և տարածվում սեղմման դեֆորմացիայի ալիքը:*
3. *Ո՞ր ալիքն են անվանում մենավոր:*
4. *Ինչպե՞ս կարելի է ցուցադրել երկար պարանի երկայնքով «վազող» մենավոր ալիքը: Իսկ պարբերական ալի՞քը:*
5. *Ի՞նչ օրինակներով կարելի է համոզվել, որ ալիքի տարածման ժամանակ նյութ չի տեղափոխվում:*
6. *Ի՞նչ հատկանիշ է բնորոշ բոլոր մեխանիկական ալիքներին:*
7. *Բացատրե՛ք, թե ինչպես է գոյանում առաձգական ալիքը:*
8. *Ո՞ր ալիքներն են կոչվում լայնական: Բերեք լայնական ալիքների օրինակներ:*
9. *Ո՞ր ալիքներն են կոչվում երկայնական: Բերեք երկայնական ալիքների օրինակներ:*

§26 ԱԼԻՔԻ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԱԼԻՔԻ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆ

Դարձյալ դիտարկենք պարանի (կամ զսպանակի) երկայնքով տարածվող ալիքը: Միայն ենթադրենք, որ պարանը շատ է երկար, և ալիք առաջացնում ենք՝ տատանելով նրա ազատ ծայրը: Պարանի երկայնքով «կվազի» մենավոր ալիք, ինչպես պատկերված է 44-րդ նկարում: Պարանի ամեն մի կետ տատանվում է այնպես, ինչպես պարանի ծայրը: Բայց պարանի կետերն իրենց շեղումը հավասարակշռության դիրքերից սկսում են որոշ ուշացումով: Ընդ որում, որքան հեռու է կետը պարանի ծայրից (ալիքի աղբյուրից), այնքան ավելի ուշ է շեղվում: Այլ կերպ կարելի է ասել, որ պարանի յուրաքանչյուր կետ, որոշ ուշացումով, կատարում է հարկադրական տատանումներ: Իսկ դա նշանակում է, որ տատանումները, սկսվելով պարանի ծայրից, պարանի երկայնքով մի կետից մյուս կետը «տեղափոխվում» են ոչ թե ակնթարթորեն, այլ որոշակի արագությամբ:

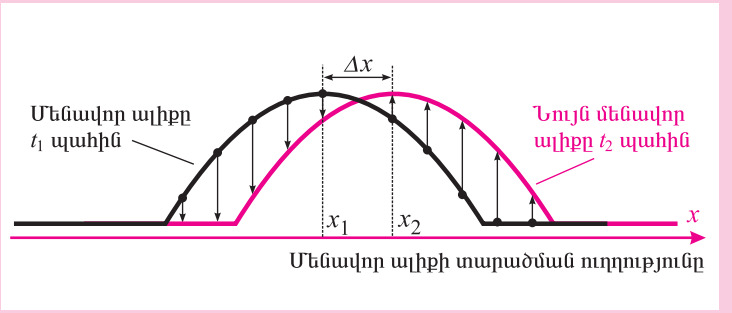
Յուրաքանչյուր մեխանիկական ալիք տարածվում է վերջավոր արագությամբ:

Դրանում կարելի է համոզվել՝ պարանի երկայնքով «վազող» մենավոր ալիքի օրինակով (նկ.42): Հետևենք, թե ինչպես է այն տարածվում: Դրա համար լուսանկարենք մենավոր ալիքը ժամանակի երկու՝ t_1 և t_2 պահերին (նկ.44): Կոորդինատային x առանցքն ուղղենք ալիքի տարածման ուղղությամբ:

Լուսանկարի վրա նշենք պարանի՝ առավելագույն չափով տեղաշարժված մասի կոորդինատները՝ x_1 և x_2, և որոշենք մենավոր ալիքի Δx «տեղափոխությունը»՝ $\Delta x = x_2 - x_1$: Ալիքի տարածման արագությունը կամ, ինչպես կարճ անվանում են, **ալիքի արագությունը,** հավասար կլինի $x_2 - x_1$ տեղափոխության և $t_2 - t_1$ ժամանակի հարաբերությանը՝

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}: \qquad (8)$$

Այժմ պարանի ծայրն անընդհատ թափահարենք՝ t վայրկյանում կատարելով, օրինակ, N տատանում: Պարանի երկայնքով «կվազի» պարբերական ալիք: Պարանի (միջավայրի) ամեն մի մասնիկի տատանումների պարբերությունը, որը կոչվում է նաև **ալիքի պարբերություն**, կարելի է որոշել $T = t/N$ բանաձևով: Եթե բանաձևում $t_2 - t_1 = T$, ապա այդ դեպքում $x_2 - x_1 = \Delta x$-ն ալիքի տեղափոխությունն է T պարբերության ընթացքում: Այդ տեղափոխությունը կոչվում է **ալիքի երկարություն** և նշանակվում է λ (կարդացվում է՝ լամբդա) տառով՝ $\Delta x = \lambda$: Այսպիսով՝ **ալիքի երկարություն է կոչվում մեկ պարբերության ընթացքում ալիքի տեղափոխությունը**:



Նկ. 44.
Դեպի աջ «վազող» մենավոր ալիքը ժամանակի t_1 և t_2 պահերին

Համաձայն (8) բանաձևի՝ ալիքի արագությունը կարելի է որոշել հետևյալ կերպ՝

$$v = \frac{\lambda}{T}: \qquad (9)$$

Այսինքն՝ ալիքի արագությունը որոշելու համար նրա երկարությունը բաժանում են ալիքի պարբերությանը: Պարբերությունն արտահայտելով տատանումների ν հաճախության (ալիքի հաճախության) միջոցով՝ $T = 1/\nu$, ալիքի արագությունը կարելի է գրառել նաև

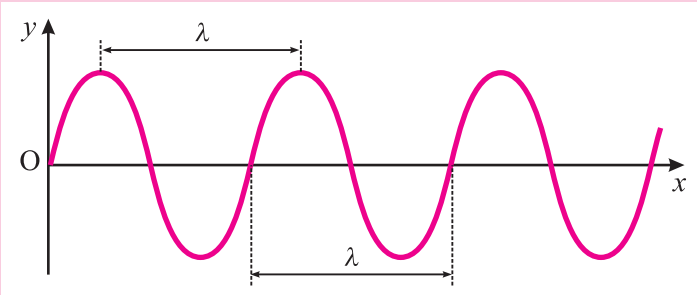
$$v = \lambda\nu \qquad (10)$$

բանաձևով:

Ալիքի տարածման ընթացքում պարանի մասնիկների շեղումները հավասարակշռության դիրքերից նշանակելով y-ով, կարելի է կառուցել ինչպես y-ի կախումը ժամանակից, այնպես էլ x կոորդինատից պատկերող գրաֆիկները: Ժամանակի ինչ-որ t պահի լուսանկարելով տատանվող պարանը՝ կստանանք y շեղման՝ x կոորդինատից կախման գրաֆիկը: Այն ունի 45-րդ նրարում պատկերված տեսքը: Այդ գրաֆիկը կոչվում է **ալիքի գրաֆիկ**:

Ալիքի տարածման արագությունը որոշվում է այն միջավայրի հատկություններով, որտեղ ալիքը տարածվում է:

Ալիքի հաճախությունը սովորաբար հավասար է ալիքի աղբյուրի տատանումների հաճախությանը, և ալիքի տարածման ընթացքում, անգամ մի միջավայրից մյուսն անցնելիս, այն չի փոխվում: Հետևաբար՝ (10) բանաձևից կարելի է եզրակացնել, որ մի միջավայրից մյուսն անցնելիս ալիքի արագության փոփոխման հետևանքով փոխվում է նաև ալիքի երկարությունը:



Նկ. 45.
Ալիքի գրաֆիկը որոշակի t պահին

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ինչպիսի՞ տատանումներ են կատարում միջավայրի մասնիկները, երբ այդ միջավայրով առաձգական ալիք է տարածվում:*
2. *Ո՞ր երևույթներն են հաստատում, որ ալիքը տարածվում է վերջավոր արագությամբ:*
3. *Մաթեմատիկորեն ինչպե՞ս է սահմանվում ալիքի տարածման արագությունը:*
4. *Ի՞նչ է պարբերական ալիքի երկարությունը:*
5. *Ինչպե՞ս է ալիքի տարածման արագությունը կապված ալիքի երկարության և տատանումների պարբերության կամ հաճախության հետ:*
6. *Ինչո՞վ են պայմանավորված ալիքի երկարությունը և տատանումների հաճախությունը:*
7. *Պարբերական ալիքը մի միջավայրից անցնում է մի ուրիշ միջավայր: Ստորև նշված բնութագրերից որո՞նք են այդ դեպքում փոփոխվում և որո՞նք՝ մնում անփոփոխ՝ ա) հաճախություն, բ) պարբերություն, գ) արագություն, դ) ալիքի երկարություն:*

§27 ՍԵՅՍՄԻԿ ԱԼԻՔՆԵՐ

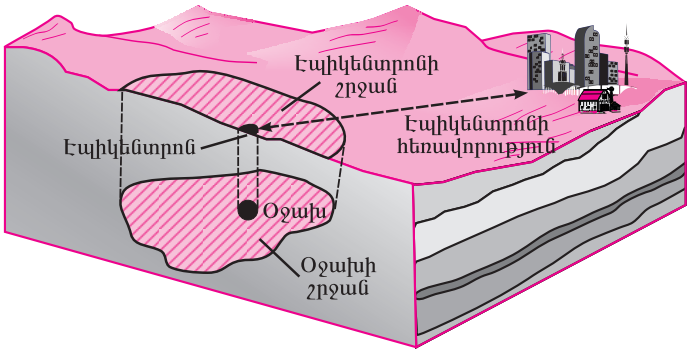
Մեխանիկական ալիքների յուրահատուկ տեսակ են սեյսմիկ (երկրաշարժային) ալիքները, որոնք երկրակեղևի դեֆորմացիայի տարածման դրսևորումներ են:

Ինչպե՞ս են ծագում սեյսմիկ ալիքները:

Երկրակեղևում՝ նրա մակերևույթից տասնյակ, երբեմն էլ՝ հարյուրավոր կիլոմետր խորությամբ ապարները, տարբեր գործոնների ազդեցությամբ, դանդաղորեն դեֆորմացվում են: Քանի որ առաձգականորեն դեֆորմացված մարմինն օժտված է պոտենցիալ էներգիայով, ապա ապարները դեֆորմացիայի հետևանքով ձեռք են բերում պոտենցիալ էներգիա:

Երկրաշարժի օջախում (նկ.46), որտեղ առաջանում են զգալի առաձգականության ուժեր (նկ.47,ա), գոյանում է ապարների **խզվածք** (նկ.47,բ): Վերջինիս երկայնքով տեղի է ունենում այդ ապարների կտրուկ տեղաշարժ, որն առաջացնում է բնահողի դեֆորմացիաներ: **Օջախի շրջանից բնահողի դեֆորմացիաների տարածումն էլ հենց սեյսմիկ ալիքն է**: Սեյսմիկ ալիքը տարածվելով՝ տեղափոխում է երկրաշարժի օջախում կուտակված էներգիան:

Երկրաշարժերն ամենից հաճախ տեղի են ունենում լեռնային շրջաններում: Առանձնապես հաճախակի տեղի ունեցող երկրաշարժերի գոտին անցնում է Խաղաղ օվկիանոսի ափերի երկայնքով:



Նկ. 46.
Երկրաշարժի օջախի շրջանը և էպիկենտրոնը

Մեկ տարում Երկրի վրա տեղի է ունենում ավելի քան 100 հազար երկրաշարժ: Թույլ ցնցումները գրանցում են միայն չափազանց զգայուն սարքերը՝ **սեյսմագրիչները**: Սեյսմագրիչների հիմնական մասը՝ ճոճանակը, սկսում է տատանվել, երբ տվյալ վայրով անցնում է սեյսմիկ ալիքը: Պարզագույն սեյսմագրիչներում ճոճանակը միացված է գրասարքին, որը հատուկ ժապավենի վրա գծում է տատանումների գրաֆիկը (սեյսմագիրը):

Քանի որ երկրակեղևը պինդ մարմին է, ապա երկրաշարժի ժամանակ նրանում տարածվում են և՛ երկայնական, և՛ լայնական սեյսմիկ ալիքներ: Այդ ալիքներն ունեն տարբեր արագություններ: Մեծ խորություններում երկայնական սեյսմիկ ալիքների արագությունը 10÷14 կմ/վ է, իսկ լայնականինը՝ շուրջ 5÷7 կմ/վ:

Բացի արագությունից՝ երկայնական և լայնական սեյսմիկ ալիքները տարբերվում են նաև վտանգավորության աստիճանով: Առավել վտանգավոր են լայնական սեյսմիկ ալիքները, որոնք ավելի շատ ավերածություններ են պատճառում, քան երկայնականները:

Երկրաշարժերի ուժգնությունը Երկրի մակերևույթի վրա գնահատում են բալլերով՝ օգտվելով 12 բալլանոց սանդղակից: Երկրաշարժի ուժգնությունը, արտահայտված բալլերով, տվյալ վայրում արդեն տեղի ունեցած երկրաշարժի հետևանքների գնահատման չափանիշն է: Օրինակ՝ եթե երկրաշարժերից մեկի ժամանակ ավելի շատ շենքեր են վնասվում, քան մյուսի, ապա համարում են, որ առաջինն երկրաշարժն ավելի ուժգին էր, քան երկրորդը: Ուժգնությունը, հետևաբար, բնութագրում է ոչ թե երկրաշարժն ընդհան-

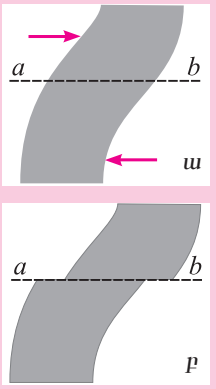
րապես, այլ նրա դրսևորման աստիճանը տվյալ վայրում՝ հիմնված սուբյեկտիվ չափանիշների վրա:

Երկրաշարժի օջախում անջատված և սեյսմիկ ալիքներով տարածվող էներգիան բնութագրում են մի չափազուրկ մեծությամբ, որը կոչվում է **մագնիտուդ** (լատիներեն «մագնիտուդ»՝ մեծություն բառից): Որքան մեծ է էներգիան, այնքան մեծ է մագնիտուդը: Եթե, օրինակ, 10 կմ խորությամբ օջախում երկրաշարժի մագնիտուդը 6 է, ապա Երկրի մակերևույթին՝ **էպիկենտրոնում**, սեյսմիկ տատանումների ուժգնությունը գնահատվում է 9 բալլ, 20 կմ խորությամբ օջախի դեպքում՝ զգալիորեն ավելի քիչ՝ 7 բալլ:

1988թ. դեկտեմբերի 7-ի Սպիտակի երկրաշարժի մագնիտուդը եղել է 6,9: Սեյսմիկ ալիքների ուժգնությունը Սպիտակում (էպիկենտրոնում) հասել է 10, Գյումրիում՝ 9, Վանաձորում՝ 8, Երևանում՝ 4 բալլի:

Երկրաշարժերից մարդկանց պաշտպանվելու լավագույն միջոցը դրանց կանխագուշակումն է: Վերջինս նշանակում է՝ գուշակել երկրաշարժի առաջացման տեղը, ժամանակը, մագնիտուդը, օջախի խորությունը, պարզել, թե ինչպես կզարգանա այն: Սակայն մինչև այժմ կանխագուշակել երկրաշարժը գիտնականներին չի հաջողվում: Պատճառը, հավանաբար, այն է, որ դեռ չի պարզվել այն երևույթը, որը միշտ նախորդում է երկրաշարժին և ահազանգում մոտալուտ արհավիրքի մասին:

Այնուամենայնիվ, ավերիչ երկրաշարժերին դիմակայելու համար հարկավոր է կառուցել սեյսմակայուն շենքեր և շինություններ: Այդ դեպքում կպահպանվեն և՛ մարդկանց կյանքը, և՛ գույքը, և՛ շինությունները:



Նկ. 47.
ա. Ստորգետնյա ապարներում ծագած դեֆորմացիան (սլաքներով ցույց են տրված դեֆորմացիա առաջ բերող ճիգերը): բ. ab գծի երկայնքով առաջացել է ապարների խզվածք և տեղաշարժ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ո՞րն է երկրաշարժի առաջացման մեխանիզմը՝ ըստ ժամանակակից գիտական պատկերացումների:**
2. **Բացատրեք, թե ինչպես է աշխատում սեյսմագրիչը:**
3. **Ինչպիսի՞ սեյսմիկ ալիքներ գիտեք, և որքա՞ն են դրանց արագությունները:**
4. **Ի՞նչ է երկրաշարժի ուժգնությունը: Ի՞նչ է մագնիտուդը: Ո՞րն է դրանց տարբերությունը:**
5. **Հնարավո՞ր է արդյոք կանխագուշակել երկրաշարժերը: Ինչու՞:**

§28 ՁԱՅՆԱՅԻՆ ԱԼԻՔՆԵՐ: ՁԱՅՆԸ ՏԱՐԲԵՐ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ

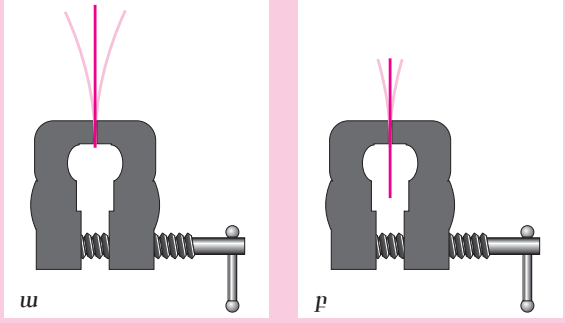
Եթե որևէ առաձգական միջավայրում, օրինակ, օդում, մեխանիկական ալիքների աղբյուրը տատանվում է 16 Հց-ից մինչև 20 000 Հց հաճախությամբ, ապա միջավայրում առաջացող ալիքն անվանում են **ձայնային ալիք**, իսկ մեխանիկական ալիքների աղբյուրը՝ **ձայնի աղբյուր**: Ձայնային ալիքը, հասնելով մեր ականջին, տատանման մեջ է դնում նրա թմբկաթաղանթը: Վերջինիս տատանումներն էլ մեր ուղեղն ընկալում է որպես ձայն:

Օդով տարածվող ձայնային ալիքը ձայնի աղբյուրի տատանումները «բերում-հասցնում» է մեր լսողության օրգանին: Իսկ այդ տատանումները պարունակում են մարդկանց համար անհրաժեշտ բազմաթիվ տեղեկություններ:

Այսպիսով՝ ձայնը ֆիզիկական բարդ երևույթ է, որը ներառում է ձայնի աղբյուրի տատանումները և այդ տատանումների հետևանքով առաջացած միջավայրի սեղմման դեֆորմացիայի տարածումը:

Յուրաքանչյուր տատանվող մարմին առաձգական ալիքների աղբյուր է: Սակայն ոչ ամեն հաճախությամբ տատանումներն են, որ մեր ականջը «գրանցում» է որպես ձայն: Դրանում համոզվելու համար դիմենք փորձի օգնությանը:

Մամլակով սեղմենք երկար պողպատե քանոնն այնպես, որ նրա մեծ մասը լինի դուրս ցցված (նկ. 48, ա): Եթե քանոնին ստիպենք տատանվել, ապա ոչ մի ձայն չենք լսի: Իսկ երբ քանոնի՝ օդում ցցված մասը կարճացնենք, ապա նրա տատանումներն արդեն «լսելի» կդառնան (նկ. 48, բ): Կարճացնելով քանոնի՝ օդում ցցված մասը՝ դրանով իսկ մեծացրինք նրա տատանումների հաճախությունը:



Նկ. 48. *ա. Երկար քանոնի տատանումները «լսելի» չեն, բ. քանոնի կարճացված մասի տատանումները «լսելի» են:*

Առօրյա կյանքում մարդն ընկալում է հիմնականում օդային միջավայրով տարածվող ձայնային ալիքները: Բայց օդում տարածվում են միայն երկայնական ալիքներ: Հետևաբար՝ **ձայնային ալիքը երկայնական է:**

Ձայնի արագությունը տարբեր միջավայրերում տարբեր է: Պինդ մարմիններում, որպես կանոն, այն ավելի մեծ է, քան հեղուկներում և գազերում: Համոզվելու համար կատարեք հետևյալ փորձը: Հպեք ձեր ականջը ռելսի մի ծայրին և խնդրեք ձեր ընկերոջը, որ ռելսի մյուս ծայրին հարվածի, օրինակ, մուրճով: Դուք կլսեք երկու ձայն: Մեկը ձեր ականջին է հասնում ռելսով, իսկ մյուսը՝ օդով: Չափումները ցույց են տալիս, որ պողպատում, օրինակ, ձայնի տարածման արագությունը մոտավորապես 5000 մ/վ է: Ապակում ձայնը տարածվում է է՛լ ավելի մեծ արագությամբ՝ մոտ 5200 մ/վ: 1-ին աղյուսակում ներկայացված են ձայնի արագության արժեքները տարբեր միջավայրերում:

Աղյուսակ 1

Ձայնի արագությունը տարբեր միջավայրերում (20°C-ում)

Նյութ	Արագություն, մ/վ	Նյութ	Արագություն, մ/վ
Ջուր	1483	Ապակի	5200
Պղինձ	4700	Գրանիտ	5400
Պողպատ	5000	Բազալտ	6300
Փայտ	5000	Ալմաստ	18350

Ձայնի լավ հաղորդիչ է նաև գետինը: Հայտնի է, օրինակ, որ Աֆրիկայի Կալահարի անապատի բնակիչները՝ բուշմենները, քնում են՝ ականջը գետնին հպած: Այդպես նրանք ավելի շուտ են հայտնաբերում մոտեցող վտանգը: Չէ՞ որ պինդ միջավայրում, մասնավորապես՝ գետնում, ձայնը տարածվում է շուրջ 10 անգամ ավելի արագ, քան օդում:

Ամպրոպի ժամանակ նախ տեսնում ենք կայծակը, հետո, որոշ ուշացումով, լսում որոտը: Չափելով այդ ուշացման ժամանակը և իմանալով, թե մեզնից ինչ հեռավորությամբ էր կայծակը, կարելի է որոշել օդում ձայնի արագությունը:

Օդում ձայնի արագությունն առաջին անգամ չափել է ֆրանսիացի գիտնական Մարեն Մերսենը 1636 թվականին: 20 °C-ում այն 343 մ/վ է:

Տարբեր գազերում ձայնի տարածման արագությու-

նը տարբեր է: Որքան մեծ է գազի մասնիկների զանգվածը, այնքան ավելի փոքր է ձայնի տարածման արագությունը այդ գազում: Այսպես, օրինակ, 0 °C ջերմաստիճանում ձայնի արագությունը ջրածնում 1284 մ/վ է, հելիումում՝ 965 մ/վ, թթվածնում՝ 316 մ/վ:

Ձայնի արագությունը կախված է նաև միջավայրի ջերմաստիճանից. ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց այն մեծանում է: Օրինակ՝ 0 °C-ում օդում ձայնի տարածման արագությունը 331 մ/վ է, իսկ 20 °C-ում՝ 343 մ/վ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչ է ձայնը: Ո՞ր հաճախություններով ալիքներն են կոչվում ձայնային:**
2. **Ի՞նչ փորձով կարելի է համոզվել, որ ոչ բոլոր հաճախություններով տատանումներն են առաջացնում ձայնի զգացողություն:**
3. **Ինչպե՞ս կարելի է համոզվել, որ պինդ միջավայրում ձայնն ավելի արագ է տարածվում, քան օդում: Ի՞նչ օգտակար դեր է խաղում այս փաստը բուշմենների կյանքում:**
4. **Ինչու՞ ամպրոպի ժամանակ սկզբում տեսնում ենք կայծակը և միայն հետո՝ որոշ ուշացումով լսում որոտը: Հաշվելով ուշացման ժամանակը՝ ինչպե՞ս կարելի է որոշել ձայնի արագությունն օդում:**
5. **Ինչպե՞ս է կախված գազում ձայնի արագությունը գազի տեսակից:**

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. **Հաշվել ձայնային ալիքների սահմանային հաճախություններին համապատասխանող երկարությունները:**

$\nu_{min} = 16$ Հց
$\nu_{max} = 20$ կՀց
$\lambda_{min} = ?,\ \lambda_{max} = ?$

Լուծում: 20 °C ջերմաստիճանում ձայնային ալիքի երկարությունները հավասար են՝

$$\lambda_{max} = \frac{v}{\nu_{min}} = \frac{343 \text{ մ/վ}}{16 \text{ վ}^{-1}} = 21,4 \text{ մ},$$

$$\lambda_{min} = \frac{v}{\nu_{max}} = \frac{343 \text{ մ/վ}}{20000 \text{ վ}^{-1}} = 0,017 \text{ մ} = 1,7 \text{ սմ}:$$

Պատասխան՝ 21,4 մ, 1,7 սմ:

2. **Մուրճով հարվածում են ուղիղ, երկար ռելսին: Հարվածի տեղից 1050 մ հեռավորությամբ բանվորը, ականջը դնելով ռելսին, լսում է հարվածի ձայնը 3 վ ավելի շուտ, քան այն հասնում է նրան օդով: Որոշեք ձայնի արագությունը ռելսում: Ձայնի արագությունն օդում ընդունել 330 մ/վ:**

$l = 1050$ մ
$\Delta t = 3$ վ
$v_{\text{օդ}} = 330$ մ/վ
$v_{\text{ռելս}} = ?$

Լուծում: Հարվածից առաջացած ձայնը և՛ ռելսով, և՛ օդով անցնում է նույն ճանապարհը: Ռելսով ձայնը բանվորի ականջին կհասնի $t_1 = l/v_{\text{ռելս}}$ ժամանակում, որտեղ $v_{\text{ռելս}}$-ը ձայնի արագությունն է ռելսում: Ձայնը նույն ճանապարհն օդով կանցնի $t_2 = l/v_{\text{օդ}}$ ժամանակում, որտեղ $v_{\text{օդ}}$-ը ձայնի արագությունն է օդում: Ըստ խնդրի պայմանի՝

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{l}{v_{\text{օդ}}} - \frac{l}{v_{\text{ռելս}}},$$

որտեղից

$$v_{\text{ռելս}} = \frac{l}{\frac{l}{v_{\text{օդ}}} - \Delta t} = \frac{v_{\text{օդ}} \cdot l}{l - v_{\text{օդ}} \cdot \Delta t} =$$

$$= \frac{330 \text{ մ/վ} \cdot 1050 \text{ մ}}{(1050 - 330 \cdot 3) \text{ մ}} = \frac{330 \cdot 1050}{60} \frac{\text{մ}}{\text{վ}} = 5775 \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատասխան՝ 5775 մ/վ:

3. ***Քանի՞ անգամ է մեծանում ձայնային ալիքի երկարությունը, երբ այն օդից անցնում է ջրի մեջ: Ձայնի տարածման արագությունն օդում ընդունել 340 մ/վ, ջրում՝ 1450 մ/վ:***

$v_{\text{օդ}} = 340$ մ/վ
$v_{\text{ջուր}} = 1450$ մ/վ
$\frac{\lambda_{\text{ջուր}}}{\lambda_{\text{օդ}}} = ?$

Լուծում: Օդից ջրի մեջ անցնելիս ձայնային ալիքի հաճախությունը չի փոխվում: Օդում ալիքի երկարությունը՝ $\lambda_{\text{օդ}} = v_{\text{օդ}}/\nu$, իսկ ջրում՝ $\lambda_{\text{ջուր}} = v_{\text{ջուր}}/\nu$, որտեղ ν-ն ձայնի աղբյուրի հաճախությունն է: Այսպիսով՝

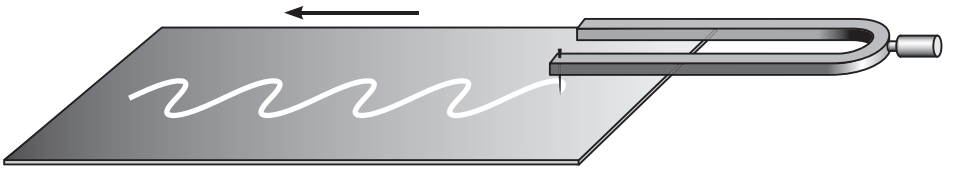
$$\frac{\lambda_{\text{ջուր}}}{\lambda_{\text{օդ}}} = \frac{v_{\text{ջուր}}}{\nu} \cdot \frac{\nu}{v_{\text{օդ}}} = \frac{v_{\text{ջուր}}}{v_{\text{օդ}}} = \frac{1450 \text{ մ/վ}}{340 \text{ մ/վ}} = 4,3$$

Պատասխան՝ 4,3 անգամ:

§29 ՁԱՅՆԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ. ՁԱՅՆԻ ՈՒԺԳՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՍԱՍՏԿՈՒԹՅՈՒՆ, ՏՈՆԻ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ձայնային ալիքը ձայնի աղբյուրի տատանումների էներգիան «բերում-հասցնում» է ականջին: Այդ էներգիան անվանում են նաև ձայնային ալիքի էներգիա:

Ձայնային ալիքի էներգիայի տեղափոխումը բնութագրվում է մի ֆիզիկական մեծությամբ, որը կոչվում է ձայնի ուժգնություն: Կամերտոնի ոտիկին ամրացնենք փոքրիկ ասեղ և, ոտիկն մուրճիկով թեթևակի հարվածելով կամերտոնին, ասեղի միջոցով նրա տատանումները գրի առնենք մրոտած թիթեղի վրա (նկ.49): Այնուհետև մուրճիկով ավելի ուժեղ հարվածենք կամերտոնի ոտիկին և դարձյալ գրառենք նրա տատանումները: Համեմատելով տատանագրերը՝ կա-



Նկ. 49. *Կամերտոնի տատանումների գրանցումը (սլաքը ցույց է տալիս մրոտած թիթեղի շարժման ուղղությունը):*

րելի է եզրակացնել, որ երկրորդ դեպքում կամերտոնի ոտիկը տատանվում է ավելի մեծ լայնույթով: Նշանակում է՝ երկրորդ դեպքում կամերտոնի արձակած ձայնի ուժգնությունն ավելի մեծ է: Այսպիսով՝ *ձայնի ուժգնությունը կախված է ձայնի աղբյուրի տատանումների լայնույթից*:

Ձայնային ալիքի ուժգնությունը, որն արտահայտվում է Վտ/մ^2 միավորով, ձայնի օբյեկտիվ էներգիական բնութագիր է, քանի որ կախված չէ այն բանից, ձայնը լսու՞մ ենք, թե՞ ոչ:

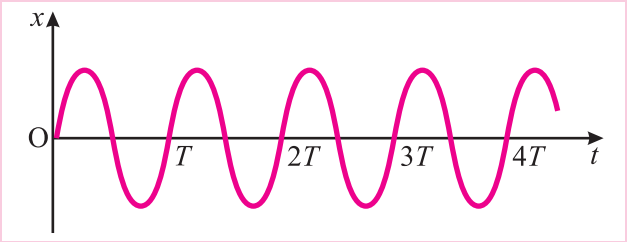
Առանձին մարդիկ և նույնիսկ նույն մարդը տարբեր պայմաններում տարբեր կերպ է ընկալում միևնույն ուժգնության ձայնը: **Ձայնային ալիքի այն ուժգնությունը, որ գնահատում է մարդու լսողության օրգանը, կոչվում է *ձայնի սաստկություն***: Ձայնի սաստկությունը, փաստորեն, մարդու՝ սուբյեկտիվորեն ընկալած ձայնային ուժգնությունն է: Այն կախված է նաև մարդու լսողության ունակությունից, ուստի ավելի շատ բնախոսական (ֆիզիոլոգիական) բնութագիր է:

Ո՞ր ձայնն են անվանում երաժշտական: Ո՞րն է աղմուկի և երաժշտական հնչյունների տարբերությունը:

Նվագարանների, կամերտոնի ձայները, երգելիս մարդու ձայնալարերի արձակած հնչյունները երաժշտական են: Ավտոմեքենայի շարժիչի արձակած ձայնը, թռիչքի պատրաստվող ինքնաթիռի շարժիչի հռնդյունը աղմուկ են: Կան որոշ բնորոշիչներ, ըստ որոնց այս կամ այն ձայնն անվանում են երաժշտական կամ ոչ երաժշտական:

Որո՞նք են այդ բնորոշիչները:

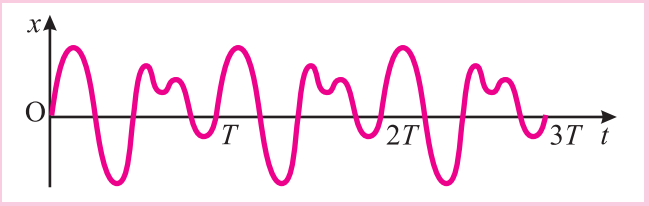
Հարցին պատասխանելու համար համեմատենք որոշ աղբյուրների արձակած ձայնային տատանումների գրաֆիկները: Արդեն գիտենք, թե ինչպես կարելի է գրանցել կամերտոնի տատանումները: Այդ տատանումների տատանագիրը պատկերված է 50-րդ նկարում:



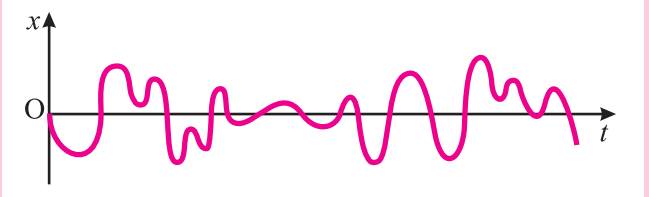
Նկ. 50. *Կամերտոնի տատանումների գրաֆիկը (x-ը կամերտոնի ոտիկի շեղումն է հավասարակշռության դիրքից):*

Համեմատելով կամերտոնի և զսպանակավոր ճոճանակի (նկ. 36) տատանագրերը՝ նկատում ենք դրանց ակնհայտ նմանությունը: Հետևաբար՝ կարելի է ասել, որ կամերտոնը կատարում է նույնպիսի տատանումներ, ինչպիսին՝ ճոճանակը: Այսինքն՝ թե՛ կամերտոնը, թե՛ ճոճանակը կատարում են մեկ որոշակի հաճախությամբ տատանումներ: Ընդհանրապես, եթե ձայնի աղբյուրը կատարում է մեկ հաճախությամբ բնութագրվող տատանումներ, ապա նրա արձակած ձայնը կոչվում է **պարզ ձայն** կամ, ինչպես ընդունված է ասել, **երաժշտական տոն**: Բնության մեջ, սակայն, պարզ ձայներ սակավ են պատահում: 51-րդ նկարում պատկերված է հնչող լարի տատանագիրը, որը տեսքով զգալիորեն տարբերվում է կամերտոնի տատանագրից (նկ. 50): Լարն արձակում է ոչ պարզ ձայն: Այնուամենայնիվ, լարի տատանումները նույնպես պարբերական են: Աղմուկի տատանագրում (նկ. 52), հակառակը, պարբերականությունը բացակայում է:

Երաժշտական ձայները, ի տարբերություն աղմուկի, պարբերական տատանումներ են:



Նկ. 51. *Հնչող լարի տատանագիրը*



Նկ. 52. *Աղմուկի տատանագիրը*

Տարբեր հաճախության երաժշտական տոներ տարբեր ձայնային ազդեցություններ են ունենում մեր լսողության օրգանի վրա: Որքան մեծ է տոնի հաճախությունը, այնքան այդ տոնը **բարձր** ենք անվանում: Ընդհակառակը, փոքր հաճախության տոներն առաջ են բերում **ցածր** ձայնի զգայողություն: Տոնի և, առհասարակ, ձայնի բարձրության կախված լինելը հաճախությունից առաջին անգամ նկատել է Գալիլեյը:

Ամեն մի ձայն՝ մարդու թե նվագարանի, սովորաբար որոշակի հաճախություններով պարզ ձայների կամ տոների յուրօրինակ խառնուրդ է: Այդ տոներից ամենացածրը կոչվում է **հիմնական տոն**, մնացածները՝ **օբերտոններ** (գերմաներեն՝ «օբերտոն»՝ վերին հնչյուն): Օբերտոնները յուրատեսակ «երանգավորում» են տալիս ձայնին: Տոների նմանօրինակ հավաքածուն անվանում են ձայնի **հնչերանգ (տեմբր)**: Մի հնչերանգը մյուսից տարբերվում է ոչ միայն օբերտոնների քանակով, այլև դրանց ուժգնությամբ: Այդ տարբերությունների շնորհիվ է, որ ջութակի հնչյունները դյուրությամբ զանազանում ենք դաշնամուրի ձայնից, կիթառի ձայնը՝ դուդուկի ձայնից, ճանաչում ենք ծանոթ մարդկանց ձայները:

Նվագարանների հնչյունները, մարդու ձայնը, այսպիսով, բաղկացած են հիմնական տոնից և մի շարք օբերտոններից, որոնք ստեղծում են ձայնի հնչերանգը: Օբերտոններով առանձնապես հարուստ է մարդու ձայնը, և գրեթե անհնար է գտնել երկու մարդ, որոնք ունենան ձայնի միևնույն հնչերանգը:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ինչպե՞ս կարելի է հիմնավորել, որ ձայնային ալիքն օժտված է էներգիայով:*
2. *Ինչպե՞ս կփոխվի ձայնի ուժգնությունը, եթե ձայնի աղբյուրի տատանումների լայնույթը մեծանա:*
3. *Ենթադրենք՝ դուք լսում եք երկու տարբեր աղբյուրներից արձակված ձայները: Փորձեք լսողությամբ գնահատել դրանց ուժգնությունները:*

   ա. Ի՞նչ եք կարծում՝ որքա՞ն ճշգրիտ են ձեր գնահատականները: Ինչու՞:

   բ. Հնարավո՞ր է արդյոք, որ այդ ձայները ձեզ թվան միատեսակ ուժգին, երբ իրականում դրանց ուժգնությունները տարբեր են: Ձեր ենթադրությունը հիմնավորեք դատողություններով:
4. *Ի՞նչ է պարզ ձայնը կամ երաժշտական տոնը:*
5. *Ինչի՞ց է կախված տոնի բարձրությունը:*
6. *Ո՞րն է երաժշտական ձայնի և աղմուկի տարբերությունը:*
7. *Ի՞նչ է ձայնի հնչերանգը:*

§30 ԱՐՁԱԳԱՆՔ: ԵՆԹԱՁԱՅՆ ԵՎ ԱՆԴՐԱՁԱՅՆ

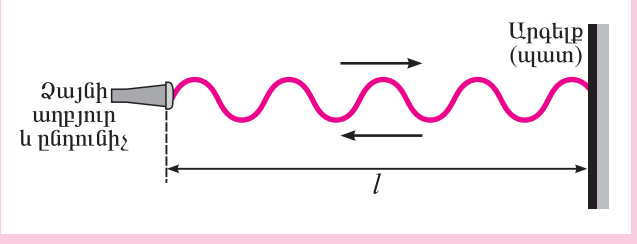
Ձայնային ալիքը, հանդիպելով արգելքի (օրինակ՝ շենքի, բլրի, անտառի և այլն), անդրադառնում է, եթե արգելքի չափերը զգալիորեն գերազանցում են ձայնային ալիքի երկարությունը: Մեզ հետաքրքրում է այն դեպքը, երբ անդրադարձած ձայնը, հասնելով մեր ականջին, ընկալվում է որպես առանձին ձայն: Այդ ձայնը կոչվում է **արձագանք**:

Բայց մի՞շտ է արդյոք անդրադարձած ձայնը լսվում որպես արձագանք:

Հայտնի է, որ մարդու ականջը թմբկաթաղանթի վրա ձայնի ազդեցությունը դադարելուց հետո պահպանում է ձայնի զգայողությունը մոտավորապես 0,06 վ: Ուստի, որպեսզի կարողանանք լսել մեր ձայնի արձագանքը, անհրաժեշտ է, որ այն ժամանակը, որը ծախսում է ձայնային ալիքը մինչև արգելքը գնալու և վերադառնալու համար, գերազանցի 0,06 վ-ը: Իսկ դա հնարավոր է, եթե արգելքը բավական հեռու է:

Եթե շրջապատում կա մեկ անդրադարձնող մակերևույթ, որը նաև ուղղահայաց է ձայնի տարածման ուղղությանը, ապա ձայնային ալիքը մեկ անդրադարձումից կհասնի մեզ: Մի քանի անդրադարձնող մակերևույթների առկայությամբ (օրինակ՝ լեռներում) հնարավոր է ձայնի բազմակի անդրադարձում, հետևաբար՝ նաև բազմակի արձագանք:

Արձագանքի երևույթն օգտագործում են ձայնի աղբյուրի և արգելքի միջև l հեռավորությունը որոշելու համար: Եթե՝ արձագանքը աղբյուրին է հասնում մեկ անդրադարձումից հետո (նկ. 53): Ձայնի արձակման պահից մինչև արձագանքը գրանցելու պահն ընկած t ժամանակամիջոցում ձայնային ալիքի անցած ճանապարհը $2l$ է, ուստի՝



Նկ. 53. *Պատն անդրադարձնում է աղբյուրից արձակված ձայնը, իսկ ընդունիչը գրանցում է այն:*

$$t = \frac{2l}{v}, \qquad (11)$$

որտեղ v-ն ձայնի արագությունն է օդում: Իմանալով ձայնի արագությունն օդում և չափելով t ժամանակը, (11) բանաձևով կարելի է հաշվել արգելքի l հեռավորությունը:

Մարդու զարգացման ընթացքը հանգեցրել է այն բանին, որ նրա համար լսելի են դարձել 16 Հց-ից մինչև 20000 Հց հաճախությամբ տատանումները: Ըստ երևույթին դրանք հենց այն տատանումներն են, որոնք անհրաժեշտ են մարդուն նրա ամենօրյա կյանքում: Բնությունը կարծես հոգ է տարել մարդու մասին՝ նրա լսողական ապարատն ազատելով ավելորդ ծանրաբեռնվածությունից: 16 Հց-ից ցածր և 20000 Հց-ից բարձր հաճախությամբ բնութագրվող մեխանիկական ալիքները մեր ականջը չի ընկալում:

Այն մեխանիկական ալիքները, որոնց հաճախությունը 16 Հց-ից փոքր է, անվանում են ենթաձայնային ալիքներ կամ պարզապես **ենթաձայն**: Ենթաձայնային տատանումները ծագում են ամենատարբեր պայմաններում՝ քամու պոռթկման, տրանսպորտի երթևեկի ժամանակ, մարդու և կենդանիների շարժման ընթացքում, դուռը բացելիս ու փակելիս և այլն: Մեծ ուժգնության ենթաձայն է ծագում ծովային նավերի շարժիչների աշխատանքի ժամանակ (13 Հց), պողպատահալ վառարանների մոտակայքում (6 Հց), մեծ արագությամբ շարժվող ավտոմեքենաներում: Ծովային ալիքներն առաջացնում են օդի ճնշման տատանումներ՝ շուրջ 0,5 Հց հաճախությամբ: 0,1÷0,5 Հց հաճախությամբ հզոր ենթաձայնային ալիքներն ուղեկցում են բնության արհավիրքներին՝ հրաբուխների ժայթքումներին, երկրաշարժերին, փոթորիկներին, պտտահողմերին և այլն:

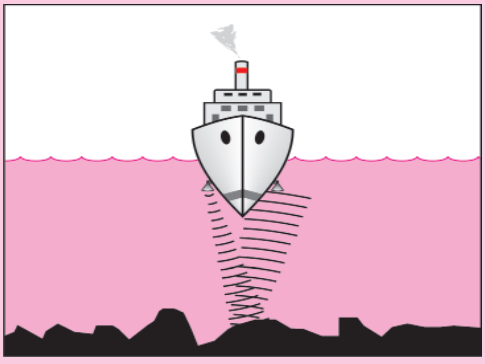
Ձկնորսները, ծովափնյա շրջանների բնակիչները վաղուց ի վեր նկատել են, որ ծովային շատ կենդանիներ և թռչուններ նախօրոք զգում են մոտալուտ փոթորիկը: Դելֆիններն, օրինակ, լողալով անցնում են ժայռերի հետևը, կետերը հեռանում են դեպի բաց ծով: Մեղուզաները փոթորկից առաջ շտապում են հեռանալ ափերից և խորասուզվել: Ճապոնիայում նույնիսկ տանը՝ ակվարիումներում պահում են ձկնիկներ, որոնք ծովամրրիկից կամ երկրաշարժից առաջ սկսում են անհանգիստ շարժումներ անել:

Պարզվել է, որ կենդանիներն ու թռչունները սպասվող փոթորիկը կամ երկրաշարժը զգում են ենթաձայնի միջոցով:

Մեղուզան, օրինակ, ընդունակ է որսալու 8÷13 Հց հաճախության ենթաձայնային ալիքներ: Այդ ալիքները, որոնք լավ տարածվում են ջրում, 10÷15 ժամ առաջ նրանց տեղեկացնում են սպասվող արհավիրքի մասին:

Դեռևս հնուց ի վեր մարդկանց զարմացրել է կենդանիների, թռչունների, ձկների, միջատների՝ տարածության մեջ անսխալ կողմնորոշվելու բնածին ունակությունը: Օրինակ՝ չղջիկն ազատ կողմնորոշվում է լիակատար մթության մեջ. թռչելիս կարողանում է հայտնաբերել և որսալ մանր միջատներ: Եվ միայն 1938 թ. ամերիկացի գիտնական Դոնալդ Գրիֆինը հաստատեց մինչ այդ առաջ քաշված այն վարկածը, համաձայն որի՝ չղջիկի ականջները նման են ալեհավաքների, որոնք որսում են «ճառագայթիչից»՝ կոկորդից արձակված «ձայները»: Այդ «ձայները» 20 կՀց-ից բարձր հաճախությամբ մեխանիկական ալիքներ են, որոնք, ինչպես ենթաձայնը, մարդու լսողության օրգանը չի ընկալում, և կոչվում են անդրաձայնային ալիքներ կամ, պարզապես, **անդրաձայն**: Այսպիսով՝ վերջնականապես բացահայտվեց «չղջիկների առեղծվածը»: Այդ թռչող կենդանիները, արձակելով անդրաձայնային ալիքներ (մինչև 100 կՀց հաճախությամբ) և այնուհետև որսալով դրանց արձագանքը, պատկերացում են կազմում շրջապատի առարկաների դիրքերի մասին:

Անդրաղարձային ալիքներն օգտագործվում են **ձայնախորաչափ** կոչվող սարքերում՝ ծովի խորությունը չափելու համար: Անդրաձայնի աղբյուրները տեղակայում են նավերում և սուզանավերում: Արձակելով կարճ անդրաձայնային ազդանշաններ՝ այնուհետև կարելի է որսալ դրանց «արձագանքը» ծովի հատակից (նկ.54): Չափելով ազդանշանի



Նկ.54. *Ձայնախորաչափով որոշում են ծովի խորությունը:*

արձակման պահից մինչև «արձագանքը» որսալու պահն ընկած t ժամանակը՝ (11) բանաձևից կստանանք՝ $l = vt/2$, որտեղ l-ը ծովի խորությունն է, v-ն՝ ձայնի արագությունը ջրում:

Անդրաձայնային ալիքների անդրադարձման երևույթն օգտագործում են մարդու ներքին օրգաններում հիվանդագին փոփոխությունները հայտնաբերելու համար: Հետազոտվող օրգանի, օրինակ, ստամոքսի ներսն ուղղված անդրաձայնային ազդանշաններն անդրադառնում են նրա առջևի և հետևի պատերից: Եթե ստամոքսի երկու պատերն էլ առողջ են, ապա դրանցից անդրադարձած ալիքների ուժգնությունը նույնն է: Ստամոքսում խոց լինելու դեպքում տարբեր պատերից անդրադարձած ալիքների ուժգնությունների տարբերության միջոցով էլ որոշում են, օրինակ, խոցի դիրքը, չափերը:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչ է արձագանքը: Ե՞րբ է անդրադարձած ձայնը լսվում որպես արձագանք:**
2. **Ինչպե՞ս են որոշում ձայնի աղբյուրի և արգելքի հեռավորությունը:**
3. **Ո՞ր առանձական ալիքներն են անվանում ենթաձայն:**
4. **Ի՞նչ է անդրաձայնը:**
5. **Ինչպե՞ս են չղջիկները և դելֆինները հայթայթում իրենց սնունդը կամ կողմնորոշվում տարածության մեջ:**
6. **Նկարագրեք, թե ինչպես են որոշում ծովի խորությունը ձայնախորաչափի միջոցով:**
7. **Անդրաձայնի միջոցով ինչպե՞ս են հայտնաբերում ստամոքսի խոցը:**

§31

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 3

Թելավոր ճոճանակի տատանումների ուսումնասիրումը

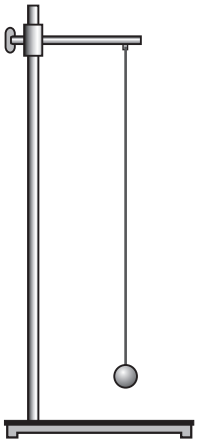
Աշխատանքի նպատակը. պարզել թելավոր ճոճանակի տատանումների պարբերության և հաճախության կախումները թելի երկարությունից:

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. անցքով կամ կեռիկով գնդիկ, թել, ամրակալան՝ կցորդիչով և թաթով, վայրկենաչափ կամ վայրկենացույց սլաքով ժամացույց, չափերիզ:

Աշխատանքի ընթացքը.

1. Սեղանին դրեք ամրակալանը և նրա վերևի ծայրին կցորդիչով ամրացրեք թաթը: Դրանից մոտ 100 սմ

երկարությամբ թելից կախեք գնդիկն այնպես, որ փոքր-ինչ բարձր լինի սեղանից:



2. Չափերիզով չափեք այդ ճոճանակի թելի l երկարությունը:
3. Գնդիկը շեղեք հավասարակշռության դիրքից 8÷10 սմ և բաց թողեք:
4. Չափեք $N = 40$ լրիվ տատանումների ժամանակը:
5. Հաշվեք տատանումների T պարբերությունը և ν հաճախությունը:
6. Փորձը կրկնեք՝ կարճացնելով թելը 4 անգամ, տատանումների լայնույթը դարձնելով 2÷3 սմ:
7. Ստացված արդյունքները գրառեք հետևյալ աղյուսակում:

	l, մ	t, վ	N	T, վ	ν, Հց
1					
2					

8. Ձեր եզրակացությունները՝ ճոճանակի թելի երկարությունից տատանումների պարբերության և հաճախության կախումների վերաբերյալ, գրի առեք տետրում:

ԳԼՈՒԽ IV

ՆՅՈՒԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

§32 ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՄԱՐՄԻՆ ԵՎ ՆՅՈՒԹ: ՆՅՈՒԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

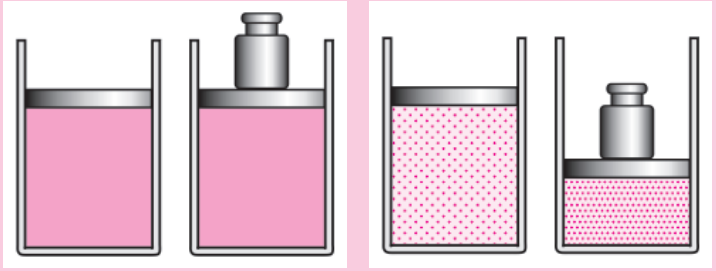
Ինչպես գիտենք, մեզ շրջապատող բազմաթիվ և տարատեսակ առարկաները անվանում են ֆիզիկական մարմիններ: Գիտենք նաև, որ ֆիզիկական մարմինները բաղկացած են մեկ կամ մի քանի նյութից, այսինքն՝ նյութն այն է, որից բաղկացած է ֆիզիկական մարմինը:

Իր գործունեության ընթացքում մարդն օգտագործում է ամենատարբեր նյութեր, որոնք օժտված են բազմապիսի հատկություններով: Այսպես՝ ինքնաթիռներ պատրաստելու համար օգտագործում են համեմատաբար թեթև, բայց ամուր և ջերմադիմացկուն նյութեր, ճանապարհները ծածկում են բետոնով և ասֆալտով, որոնք չեն քայքայվում անգամ ծանր մեքենաների անիվների տակ: Հրշեջների համազգեստները կարում են հրակայուն գործվածքներից, որոնք չեն այրվում անգամ բոցերի մեջ՝ շատ բարձր ջերմաստիճաններում: Հրազենից արձակված գնդակներից պաշտպանող զրահաբաճկոններում օգտագործվում են հատուկ նյութեր, որոնք կտրուկ կասեցնում են շատ մեծ արագությամբ թռչող գնդակները:

Բերված օրինակները վկայում են նյութերի կարևոր դերը մարդկանց կյանքում: Ներկայումս մեծ աշխատանքներ են կատարվում՝ նախօրոք տրված հատկություններով նյութեր ստանալու համար: Այդ գործին մասնակցում են ֆիզիկոսներ, քիմիկոսներ, նյութաբաններ, ճարտարագետներ և այլ գիտնականներ:

Նյութերն օգտագործելիս առաջին հերթին հաշվի ենք առնում, թե ինչ հատկություններով են դրանք օժտված:

Իսկ ինչո՞վ են պայմանավորված նյութերի տարբեր հատկությունները: Ինչու՞ պողպատե լարը գործնականորեն հնարավոր չէ ձգել, մինչդեռ ռետինե լարը հեշտությամբ



Նկ. 55. *Բեռի ազդեցությամբ հեղուկը գործնականորեն չի փոխում իր ծավալը:*

Նկ. 56. *Նույն բեռի ազդեցությամբ գազի ծավալը փոքրանում է մի քանի անգամ:*

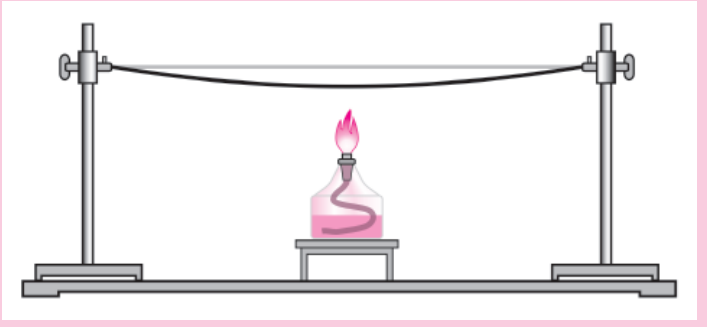
ձգվում է, ինչու՞ գլանում ծանրոցի ազդեցությամբ հեղուկի սեղմվելն անզեն աչքով հնարավոր չէ տեսնել (նկ. 55), իսկ նույնպիսի գլանում գազի ծավալը նույն բեռի ազդեցությամբ փոքրանում է մի քանի անգամ (նկ. 56): Ինչու՞ յածր ջերմաստիճաններում առածգական ռետինը դառնում է փխրուն, իսկ ձյութը՝ կարծր:

Այս և բազմաթիվ այլ հարցերի պատասխանելու համար անհրաժեշտ է իմանալ, թե ինչի՞ց և ինչպե՞ս է կազմված նյութը, այսինքն՝ իմանալ նյութի կառուցվածքը:

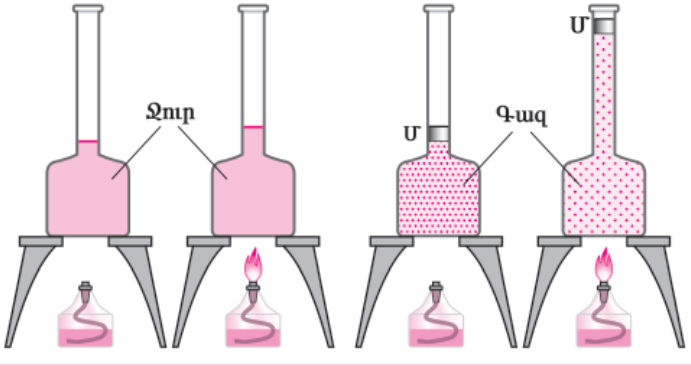
Նյութի կառուցվածքի իմացությունը հնարավորություն է տալիս բացատրելու նյութի փոփոխությունները՝ ֆիզիկական պրոցեսները, դրանք արագացնել կամ դանդաղեցնել:

Նյութի կառուցվածքի մասին որոշակի տեղեկություններ, ինչպես միշտ, ֆիզիկայում կարելի է ստանալ փորձերի օգնությամբ:

Եթե սպիրտայրոցով տաքացնենք մոտ 50 սմ երկարությամբ պղնձե լարը, որի երկու ծայրերն ամրացված են ամրակալաններին, ապա կնկատենք, որ տաքացմանը զուգընթաց այն «կախ է ընկնում». կորանում է (նկ. 57): Եթե հեռացնենք սպիրտայրոցը, ապա որոշ ժամանակ անց պղնձե



Նկ. 57. *Տաքացնելիս պղնձե լարը «կախ է ընկնում», իսկ սպիրտայրոցը հեռացնելուց հետո ընդունում է իր նախնական ձևը:*



Նկ. 58.
Տաքացնելիս օդն ընդարձակվում է ավելի, քան նույն ծավալով ջուրը (Մ մխոցը չի թողնում, որ օդը դուրս գա անոթից):

լարը կընդունի իր նախնական տեսքը: Նշանակում է՝ պղնձե լարի երկարությունը, ինչպես և ծավալը, տաքացնելիս մեծանում է, իսկ սառչելիս՝ փոքրանում:

Եթե նույն ծավալով երկու անոթները, որոնցիից մեկը լցված է ջրով, իսկ մյուսը, որի մեջ **Մ** մխոցի տակ օդ կա, տաքացնենք, ապա կնկատենք, որ և՛ ջրի, և՛ օդի ծավալները մեծանում են, ընդ որում, օդինը՝ զգալիորեն շատ, քան ջրինը (նկ. 58):

Այս փորձերից հետևում է, որ պինդ և հեղուկ մարմինների կամ գազի ծավալը կարելի է փոփոխել՝ տաքացնելով կամ սառեցնելով դրանք: Մարմնի ծավալը կարելի է փոփոխել, օրինակ, նաև սեղմելով կամ ձգելով:

Իսկ ինչու՞ է փոփոխվում մարմնի ծավալը: Այս հարցին պատասխանելու համար ենթադրենք՝ նյութը, որից պատրաստված է մարմինը, բաղկացած է առանձին մասնիկներից, որոնց միջև կան ազատ տարածություններ: Երբ մասնիկները հեռանում են իրարից, մարմնի ծավալը մեծանում է, իսկ երբ մոտենում են, ծավալը փոքրանում է: Նյութի՝ մասնիկներից բաղկացած լինելու ենթադրությունը (կամ ինչպես ընդունված է ասել՝ վարկածը) հին հույն գիտնականները արել են դեռևս 2500 տարի առաջ: Այն ստուգելու համար կատարենք հետևյալ փորձը:

Վերցնենք ջրով լեփ-լեցուն բաժակ և աստիճանաբար, զգուշորեն նրա մեջ լցնենք կերակրի աղ: Աղը ջրում լուծվում է: Ավելացնելով մինչև մեկ թեյի գդալ աղ, կտեսնենք, որ ջուրը բաժակից չի թափվի:

Կատարենք ևս մեկ փորձ. իրար խառնենք մեկական լիտր ծավալով ջուր և սպիրտ: Կտեսնենք, որ լուծույթի ծավալը փոքր է 2 լիտրից:

Այս փորձերից կարելի է եզրակացնել, որ ջրի մասնիկների միջև կան ազատ տարածություններ, որոնք զբաղեցնում են կերակրի աղի կամ սպիրտի մասնիկները:

Դատարկ տարածություններ կան նաև պինդ մարմիններում: Օրինակ՝ որոշ թունավոր գազեր «անցնում» են երկաթե վառարանի շիկացած պատի միջով՝ պատճառ դառնալով ղժբախտ պատահարների:

Իսկ ինչու՞ նյութի մասնիկները չենք տեսնում նույնիսկ տասնյակ հազարավոր անգամ խոշորացնող մանրադիտակով: Բանն այն է, որ նյութի մասնիկներն ունեն չափազանց փոքր չափեր, որոնք, սակայն, կարելի է գնահատել ոչ բարդ փորձերով:

Նկարագրված փորձերը, ինչպես նաև բազմաթիվ այլ փորձեր հաստատում են, որ նյութը հոծ չէ, այն բաղկացած է առանձին մասնիկներից:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Թվարկե՛ք ձեր շրջապատի մի քանի առարկա:*
2. *Ինչի՞ց են բաղկացած ֆիզիկական մարմինները:*
3. *Ի՞նչ է նշանակում «իմանալ նյութի կառուցվածքը» արտահայտությունը:*
4. *Ի՞նչ փոփոխություն է կրում պղնձե լարը սպիրտայրոցով տաքացնելիս: Իսկ սառչելի՞ս:*
5. *Ի՞նչ փոփոխություն են կրում ջուրը և օդը տաքացնելիս:*
6. *Ինչու՞ է հնարավոր մարմինների ծավալի փոփոխությունը:*
7. *Օրինակներով ցույց տվեք, որ մարմնի մասնիկների միջև կան ազատ տարածություններ:*
8. *Ինչու՞ նյութի մասնիկները չենք տեսնում:*
9. *Ինչպիսի՞ կառուցվածք ունի նյութը:*

§33 ԱՏՈՄՆԵՐ ԵՎ ՄՈԼԵԿՈՒԼՆԵՐ

Նախորդ պարագրաֆում դիտարկված փորձերը հաստատում են այն ենթադրությունը, որ նյութը բաղկացած է առանձին մասնիկներից, որոնց միջև կան ազատ տարածություններ: Այդ մասնիկները հին հույն գիտնական Դեմոկրիտեսն անվանել է **ատոմներ** (հունարեն՝ «*ատոմոս*»՝ անբաժանելի բառից): Ըստ Դեմոկրիտեսի՝ նյութերի տարբերությունը հետևանք է այդ նյութերի ատոմների թվի, մեծության, ձևի և դասավորությունների տարբերության:

Այսպիսով՝ ատոմներն այն ամենափոքր «շինարարական տարրերը» կամ «աղյուսիկներն» են, որոնցից բաղկացած են բոլոր ֆիզիկական մարմինները: Ինչպես «Լեգո» կոնստրուկտորական խաղի մի քանի տեսակի տարրերից կարելի է «հավաքել» տարբեր ձևերի և չափերի առարկաներ, այնպես էլ տարբեր ատոմների համադրումից առաջանում են բնության մեջ հայտնի բոլոր մարմինները:

Միևնույն տեսակի ատոմներից բաղկացած նյութն անվանում են **տարր**: Տվյալ տարրի ատոմները միմյանցից ոչնչով չեն տարբերվում. նույնական են, սակայն տարբեր տարրերի ատոմներն իրարից տարբերվում են:

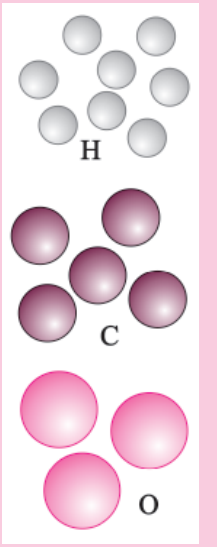
Օրինակ՝ 59-րդ նկարում սխեմատիկորեն պատկերված են ջրածնի (պայմանական նշանը՝ **H**), թթվածնի (**O**) և ածխածնի (**C**) ատոմները:

Ներկայումս հայտնի է ավելի քան 110 քիմիական տարր, որոնցից 90-ը հանդիպում է բնության մեջ, մնացածները ստացվում են գիտահետազոտական լաբորատորիաներում:

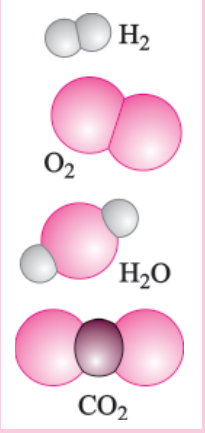
Ատոմները, միավորվելով, ստեղծում են կայուն բաղադրությամբ նոր մասնիկներ՝ բաղկացած երկու կամ ավելի ատոմից: Այդ մասնիկներն անվանում են **մոլեկուլներ** (լատիներեն՝ «մոլեկուլուս»՝ փոքրիկ զանգված բառերից): Մոլեկուլը կարող է բաղկացած լինել ինչպես միատեսակ, այնպես էլ տարբեր ատոմներից: Օրինակ՝ ջրածնի $\mathbf{H_2}$ մոլեկուլը բաղկացած է ջրածնի երկու ատոմից, թթվածնի $\mathbf{O_2}$ մոլեկուլը՝ թթվածնի երկու ատոմից, ջրի $\mathbf{H_2O}$ մոլեկուլը՝ ջրածնի երկու և թթվածնի մեկ ատոմից, ածխաթթու գազի $\mathbf{CO_2}$ մոլեկուլը՝ ածխածնի մեկ և թթվածնի երկու ատոմից (նկ. 60):

Մոլեկուլը նյութի այն փոքրագույն մասնիկն է, որն օժտված է նյութի քիմիական հատկություններով: Ինչպես ատոմները, միևնույն նյութի մոլեկուլները ոչնչով չեն տարբերվում իրարից. նույնական են:

Ատոմները և մոլեկուլներն ունեն չափազանց փոքր չափեր: Դրանց մասին պատկերացում կազմելու համար բերենք հետևյալ հայտնի համեմատությունը. եթե խնձորը մեծացնենք այնքան անգամ, որ այն դառնա երկրագնդի չափ (գրեթե հարյուր միլիոն անգամ), ապա նույնքան անգամ մեծացնելիս ատոմը կդառնա խնձորի չափ: Այսինքն՝ ատոմը խնձորից փոքր է մոտ հարյուր միլիոն անգամ: Եթե ընդունենք, որ խնձորի տրամագիծը մի քանի սանտիմետր է, ապա ատոմի տրամագիծը կլինի մոտ $1\,\text{սմ} : 100\,000\,000 = 10^{-8}\,\text{սմ}$:



Նկ. 59.
Ջրածնի, ածխածնի և թթվածնի ատոմների սխեմատիկ պատկերները



Նկ. 60.
Ջրածնի, թթվածնի, ջրի և ածխաթթու գազի մոլեկուլների սխեմատիկ պատկերները

Այս մեծությունն անվանում են անգստրեմ և նշանակում Å տառով: Այսպիսով՝

$$1\,Å = 10^{-8}\,սմ = 10^{-10}\,մ:$$

Բոլոր ատոմների և մոլեկուլների չափերն անգստրեմներով կարգի են: Օրինակ՝ ջրածնի մոլեկուլի տրամագիծը 2,8Å է, թթվածնի մոլեկուլինը՝ 3,6 Å, ջրինը՝ 3 Å:

Փոքր չափերի պատճառով ատոմները և մոլեկուլները հնարավոր չէ տեսնել անզեն աչքով և անգամ սովորական մանրադիտակներով: Ներկայումս ստեղծված են հատուկ սարքեր՝ էլեկտրոնային և իոնային մանրադիտակներ, որոնց միջոցով ստացվում են մոլեկուլների, անգամ՝ ատոմների պատկերները:

Քանի որ ատոմների և մոլեկուլների չափերը շատ փոքր են, ապա անգամ շատ փոքր մարմնում դրանց թիվը հսկայական է: Օրինակ՝ 0,1 $սմ^3$ ծավալով ջրի կաթիլը պարունակում է մոտավորապես $3\cdot10^{21}$ մոլեկուլ: Այս թվի մեծության մասին պատկերացում կազմելու համար ենթադրենք, որ այդ կաթիլից յուրաքանչյուր վայրկյանում հեռանում է 1 միլիարդ (10^9) մոլեկուլ: Այս դեպքում կաթիլը կսպառվի $3\cdot10^{21}:10^9$ վ = $3\cdot10^{12}$ վ-ում կամ մոտ հարյուր հազար տարվա ընթացքում:

Հասկանալի է՝ չափազանց փոքր մասնիկներն ունեն փոքր զանգվածներ, սակայն դրանց փոքրության չափը դժվար է պատկերացնել: Իրոք, օրինակ, ջրածնի ատոմի զանգվածը $1{,}67\cdot10^{-27}$ կգ է, ջրի մոլեկուլինը՝ $3\cdot10^{-26}$ կգ, թթվածնի ատոմինը՝ $2{,}7\cdot10^{-26}$ կգ: Մոլեկուլների զանգվածներն ընդունում են 10^{-27}-ից մինչև 10^{-25} կգ արժեքներ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ինչպե՞ս են անվանում նյութի մասնիկները:**
2. **Ո՞ր նյութն են անվանում տարր:**
3. **Ներկայումս քանի՞ քիմիական տարր է հայտնի: Քանի՞ քիմիական տարր կա բնության մեջ:**
4. **Ի՞նչ է մոլեկուլը:**
5. **Ի՞նչ մոլեկուլներ են ձեզ հայտնի:**
6. **Ո՞ր մասնիկն է օժտված նյութի բոլոր հատկություններով:**
7. **Քանի՞ անգամ է ատոմը փոքր խնձորից:**
8. **Հաշվեք 1 լ ծավալով ջրի մոլեկուլների թիվը:**

§34 ՄՈԼԵԿՈՒԼՆԵՐԻ ՇԱՐԺՈՒՄԸ: ԴԻՖՈՒԶԻԱ

Առօրյա կյանքում հանդիպում ենք բազմաթիվ երևույթների, որոնք հաստատում են, որ նյութի մասնիկները՝ ատոմները և մոլեկուլները, երբեք չդադարող շարժման մեջ են:

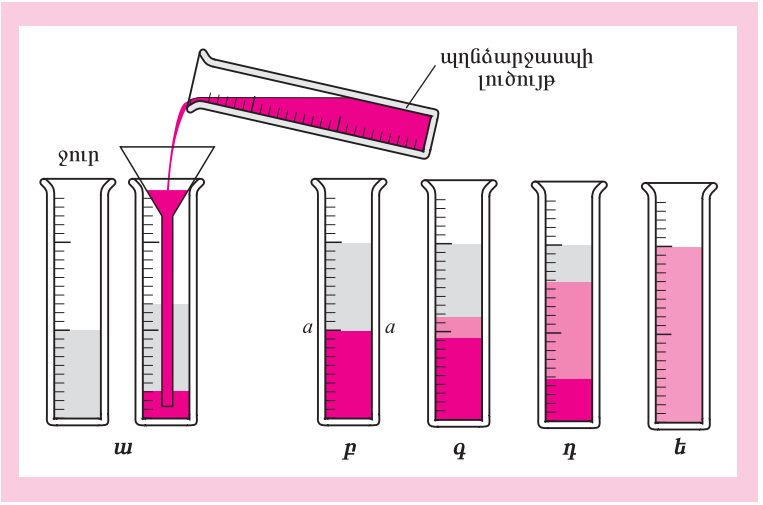
Եթե սենյակում բացենք օծանելիքի սրվակը, ապա սենյակը որոշ ժամանակ անց կլցվի օծանելիքի բուրմունքով: Այս փաստը կարելի է բացատրել, եթե ենթադրենք, որ օծանելիքը բաղկացած է մոլեկուլներից, որոնք շարժվում են:

Սրվակը բացելիս օծանելիքի մոլեկուլները դուրս են գալիս սրվակից և բախվում սենյակի օդի մոլեկուլներին: Այդ բախումները անկանոն են և պատահական բնույթի, որի հետևանքով օծանելիքի մոլեկուլներն անընդհատ փոխում են իրենց շարժման ուղղությունները՝ տարածվելով ամբողջ սենյակում: Այս է պատճառը, որ մի քանի րոպե անց օծանելիքի բուրմունքը տարածվում է սենյակով մեկ:

Այսպիսով՝ մոլեկուլների անկանոն, երբեք չդադարող շարժման հետևանքով օծանելիքի մոլեկուլները խառնվում են սենյակի օդին:

Կատարենք ևս մի փորձ: Ջրով լցված անոթի մեջ երկար ձագարով լցնենք ջրից մեծ խտություն ունեցող պղնձարջասպի կապտագույն լուծույթ (նկ. 61,ա): Քանի որ պղնձարջասպը ծանր է ջրից, ապա այն չի խառնվում ջրին: Ձագարը զգուշորեն հեռացնելուց հետո կտեսնենք ջրի և պղնձարջասպի շերտերի միջև կտրուկ *aa* սահմանը (նկ. 61,բ): Մի քանի օր անց կտեսնենք, որ կտրուկ սահմանը չքացել է, պղնձարջասպը թափանցել է ջրի զբաղեցրած տիրույթը՝ առաջացնելով բաց կապույտ անցումային շերտ (նկ. 61,գ): Եվս մի քանի օր անց անցումային շերտի չափերն ավելի կմեծանան (նկ. 61,դ), որը փաստում է ջրի վերին շերտերում պղնձարջասպի առկայությունը: Ի վերջո, երկու-երեք շաբաթ անց կտեսնենք, որ ամբողջ անոթը լցված է բաց կապտագույն հեղուկով (նկ. 61,ե):

Այս փորձը նույնպես կարելի է բացատրել՝ ենթադրելով, որ և՛ ջուրը, և՛ պղնձարջասպի լուծույթը բաղկացած են մոլեկուլներից, որոնք կատարում են անկանոն, պատահական շարժումներ: Պղնձարջասպի մոլեկուլները թափանցում են ջրի սյան ստորին շերտ, իսկ ջրի մոլեկուլները՝ պղնձարջասպի լուծույթի վերին շերտ, որի հետևանքով հեղուկների միջև



Նկ. 61.
ա. Պղնձարջասպի ջրային լուծույթի և ջրի դիֆուզիայի փորձի նախապատրաստումը: Փորձի ընթացքը
բ. aa կտրուկ սահմանը,
գ. անցումային շերտը,
դ. անցումային շերտը երկու շաբաթ անց,
ե. փորձի վերջնական արդյունքը. անոթը լցված է համասեռ լուծույթով:

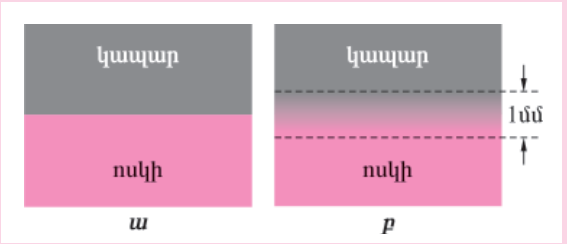
սկզբնական կտրուկ սահմանը լղոզվում է: Քանի որ անոթի ստորին մասում պղնձարջասպի մոլեկուլների խտությունը միշտ ավելի մեծ է, քան վերին շերտերում, ապա ժամանակի ընթացքում ստորին շերտից ավելի շատ մոլեկուլներ են հեռանում, քան վերադառնում են հետ: Նույն կերպ ջրի ավելի շատ մոլեկուլներ են անցնում պղնձարջասպի լուծույթի տիրույթ, քան այնտեղից վերադառնում: Ի վերջո, տեղի է ունենում ջրի և պղնձարջասպի լուծույթի իրար ներթափանցում:

Նյութերի իրար ներթափանցման երևույթը կոչվում է դիֆուզիա:

Այսպիսով՝ դիֆուզիան մի նյութի մոլեկուլների ներթափանցումն է մյուս նյութի միջմոլեկուլային տարածություններ, որը տեղի է ունենում նյութերի մոլեկուլների անկանոն, պատահական շարժումների հետևանքով:

Փորձերից հայտնի է, որ գազերում դիֆուզիան ընթանում է շատ ավելի արագ, քան հեղուկներում: Դա հասկանալի է, քանի որ գազի մոլեկուլների միջև հեռավորությունները շատ ավելի մեծ են, քան հեղուկի մոլեկուլների միջև հեռավորությունները, ուստի գազերի փոխադարձ ներթափանցումն ավելի արագ է ընթանում, քան հեղուկներինը:

Դիֆուզիան ընթանում է նաև պինդ մարմիններում, սակայն շատ ավելի դանդաղ, քան հեղուկներում: Հայտնի փորձերից մեկում կապարի և ոսկու լավ հղկված թիթեղները սենյակային ջերմաստիճանում (≈20 °C) 5 տարվա ընթացքում միմյանց մեջ են ներթափանցել 1 մմ (նկ. 62):



Նկ. 62.
Դիֆուզիայի երևույթը կապարի և ոսկու միջև սենյակային ջերմաստիճանում. ա. փորձի սկզբում, բ. 5 տարի անց: Անցումային շերտի լայնությունը մոտ 1 մմ է:

Ջերմաստիճանը բարձրացնելիս դիֆուզիայի երևույթն ընթանում է ավելի արագ: Եթե պղնձարջասպի լուծույթի և ջրի դիֆուզիայի փորձը կատարենք ավելի բարձր ջերմաստիճանում, ապա կտեսնենք, որ անոթում հեղուկն ընդունում է նույն գույնը՝ արդեն մի քանի օրվա ընթացքում: Նույնպիսի վարք դիտվում է նաև պինդ մարմինների դիֆուզիայի պրոցեսում:

Դիֆուզիան կարևոր դեր է խաղում բնության մեջ: Դրա շնորհիվ են բույսերը հողից ստանում ջուր՝ նրա մեջ լուծված սննդանյութերով: Դիֆուզիայի շնորհիվ է մարդկանց և կենդանիների թոքերում թթվածինն օդից անցնում արյան մեջ և հասնում օրգաններին ու հյուսվածքներին:

Դիֆուզիայի երևույթն օգտագործվում է նաև կենցաղում: Օրինակ՝ բանջարեղենը (վարունգ, կաղամբ, լոլիկ և այլն) թթու դնելիս ջրում պարունակվող աղը և լուծված այլ նյութեր դիֆուզիայի հետևանքով թափանցում են նրանց մեջ:

Դիֆուզիայի երևույթը բազմապիսի կիրառություններ ունի նաև արտադրության մեջ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Թվարկեք նյութի մասնիկների շարժումը հաստատող երևույթներ:*
2. *Ինչպե՞ս է բացատրվում օծանելիքի բուրմունքի տարածումը սենյակում:*
4. *Ի՞նչ է դիֆուզիան:*
3. *Նկարագրեք ջրի և պղնձարջասպի ջրային լուծույթի միջև դիֆուզիայի փորձի ընթացքը:*
5. *Ինչպե՞ս է ընթանում դիֆուզիան գազերում:*
6. *Ինչպե՞ս է ընթանում դիֆուզիան հեղուկներում և պինդ մարմիններում:*
7. *Ինչպե՞ս է ջերմաստիճանի փոփոխությունն ազդում դիֆուզիայի արագության վրա:*
8. *Թվարկեք դիֆուզիայի երևույթի օրինակներ բնության մեջ և կենցաղում:*

Հետաքրքիր է իմանալ

Դիֆուզիան օգնում է... կանխելու վտանգը

Բնական գազը, որ որպես վառելիք օգտագործվում է կենցաղում, չունի ո՛չ հոտ, ո՛չ գույն: Այդ պատճառով շատ դժվար է միանգամից «նկատել» կամ «զգալ» գազի արտահոսքը: Իսկ արտահոսքի ժամանակ դիֆուզիայի հետևանքով գազը տարածվում է ամբողջ բնակարանում: Գազի և օդի քանակների որոշակի հարաբերակցության դեպքում, երբ բնակարանը բոլոր կողմերից փակ է (հատկապես՝ ձմռանը), գոյանում է խառնուրդ, որը կարող է պայթել, օրինակ՝վառվող լուցկուց: Գազը կարող է առաջացնել նաև թունավորում:

Գազի արտահոսքը բնակարանում «նկատելու» նպատակով գազաբաշխման կայաններում գազին նախապես խառնում են սուր, տհաճ հոտ ունեցող նյութեր: Դրա շնորհիվ մարդիկ գազի հոտն զգում են նույնիսկ չնչին քանակի դեպքում: Այս նախազգուշական միջոցը հնարավորություն է տալիս անմիջապես զգալու գազի առկայությունը բնակարանում:

ՄՈԼԵԿՈՒԼՆԵՐԻ ՔԱՈՍԱՅԻՆ ՇԱՐԺՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՄԱՐՄՆԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԸ

§35

Առօրյա կյանքից գիտենք, որ ջուրը հովացնելու համար նրան սառը ջուր են խառնում. ստացված խառնուրդն ավելի սառն է, քան տաք ջուրը, բայց ավելի տաք է, քան ավելացված սառը ջուրը: Այսինքն՝տաք և սառը ջրերն իրար խառնելիս տաք ջուրը հովանում է, իսկ սառը ջուրը՝տաքանում: Կարելի է կրկնել փորձը՝տաք ջրի մեջ գցելով սենյակում դրված պողպատե գնդիկը: Որոշ ժամանակ անց կհամոզվենք, որ անոթի ջուրը հովացել է, իսկ պողպատե գնդիկն ավելի տաք է, քան մինչև ջրի մեջ գցելը: Կատարենք ևս մի փորձ: Տաք օդով լցված, բարակ պատերով գնդակն իջեցնենք սառը ջրով լցված անոթի մեջ: Որոշ ժամանակ անց կտեսնենք, որ գնդակը սմքել է, իսկ անոթի ջուրը՝փոքր-ինչ տաքացել:

Նշված փորձերից հետևում է, որ տաք և սառը մարմիններ (ջուրը՝ ջրի հետ, ջուրը՝ պողպատե գնդիկի հետ, ջուրը՝ տաք օդի հետ) միմյանց հպելիս տաք մարմինը միշտ հովանում է, իսկ սառը մարմինը՝տաքանում:

Մարմինների տաքացվածության հատկությունը բնորոշում ենք «**ջերմաստիճան**» կոչվող մեծությամբ: Որքան տաք է մարմինը, այնքան բարձր է նրա ջերմաստիճանը:

Քանի որ ջերմաստիճանը բնորոշում է մարմնի վիճակը, ապա այն պետք է կապված լինի մարմնի մասնիկների վարքի հետ: Որոնելի կապը գտնելու համար նորից դիմենք մեզ հայտնի որոշ դիտարկումների:

Գարնանն անձրևից հետո ջրափոսերում հավաքված ջուրը բավական երկար ժամանակ է մնում, իսկ ամռանը, երբ օդի ջերմաստիճանը բարձր է, ջրափոսերն արագ չորանում են: Ջրափոսերի չորանալը ջրի գոլորշիացման հետևանք է, այսինքն՝ ջրի մոլեկուլները ջրից անցնում են օդի մեջ: Ջերմաստիճանը բարձրացնելիս ջրի ավելի արագ գոլորշիանալը կարելի է բացատրել, եթե ենթադրենք, որ ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց մեծանում է ջրի մոլեկուլների քաոսային շարժման արագությունը:

Դիֆուզիայի երևույթն ուսումնասիրելիս պարզեցինք, որ ջերմաստիճանը բարձրացնելիս նյութերի իրար ներթափանցումն ավելի արագ է կատարվում և՛ գազերում, և՛ հեղուկներում, և՛ պինդ մարմիններում: Բացի նշվածներից՝ կան բազմաթիվ այլ երևույթներ, որոնք ավելի արագ են ընթանում ջերմաստիճանը բարձրացնելիս:

Այդ բոլոր երևույթները կարելի է բացատրել, եթե ենթադրենք, որ ջերմաստիճանի բարձրացման հետ մեծանում են նյութի մասնիկների անկանոն, քաոսային շարժման արագությունները:

***Մարմնի մասնիկների՝ ատոմների, մոլեկուլների անկանոն, քաոսային շարժումն անվանում են* ջերմային շարժում**: Որքան բարձր է մարմնի ջերմաստիճանը, այնքան մեծ են մարմնի մասնիկների ջերմային շարժման արագությունները:

Ինչպիսի՞ մեծություններ ունեն մասնիկների ջերմային շարժման արագությունները: Օրինակ՝ սենյակային ջերմաստիճանում ջրածնի մոլեկուլների միջին արագությունը մոտ 2000 մ/վ է, թթվածնինը՝ մոտ 500 մ/վ: Քանի որ մոլեկուլների արագություններն այսքան մեծ են, ապա սենյակի մի ծայրից մյուսը հասնելու համար պահանջվում է մի քանի հարյուրերորդական վայրկյան ժամանակ, այնինչ դիֆուզիան գազերում տևում է տասնյակ վայրկյաններ: Բանն այն է, որ մոլեկուլները շարժվում են ազատ, բախվում են միմյանց, և քանի որ նրանց թիվը հսկայական է, ապա որոշակի ուղղությամբ նրանք չնչին չափով են տեղափոխվում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ի՞նչ է կատարվում տաք և սառը մարմիններն իրար հպելիս:*
2. *Ո՞ր ֆիզիկական մեծությունն է բնորոշում մարմնի տաքացվածության աստիճանը:*
3. *Ի՞նչ կապ կա մոլեկուլների անկանոն շարժման արագությունների և մարմնի ջերմաստիճանի միջև:*
4. *Ի՞նչ է ջերմային շարժումը:*
5. *Ինչու՞ է գազերում դիֆուզիան տևում տասնյակ վայրկյաններ, երբ մոլեկուլների ջերմային շարժման արագությունները հարյուրավոր մ/վ կարգի մեծություններ են:*
6. *Ձեր ընկերոջ հետ կատարեք հետևյալ փորձը:*

   Վերցրեք վայրկենացույց սլաքով ժամացույց, չափերից, օծանելիքի սրվակ և կանգնեք սենյակի տարբեր անկյուններում:

   Ձեր ընկերը թող բացի սրվակը՝ միաժամանակ նշելով ժամանակը: Դուք նշեք այն ժամանակը, երբ զգաք օծանելիքի հոտը: Չափեք ձեր և ձեր ընկերոջ հեռավորությունը և որոշեք դիֆուզիայի արագությունը: (Փորձը կրկնեք ոչ պակաս, քան երեք անգամ և գտեք դիֆուզիայի միջին արագությունը:)

   Դիֆուզիայի արագությունը համեմատեք գազի, օրինակ՝ թթվածնի մոլեկուլների ջերմային շարժման միջին արագության հետ: Ինչպե՞ս կբացատրեք արագությունների այդ տարբերությունը:

§36 ՋԵՐՄԱՉԱՓ: ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ՍԱՆԴՂԱԿ

Ձմռանը տաք սենյակից փողոց դուրս գալիս թվում է, թե փողոցում ցուրտ չէ: Սակայն փողոցում համեմատաբար երկար մնացած մարդուն եղանակը ցուրտ է թվում:

Եթե ձեռքը հպենք մայթեզրի ծառին և նրան մոտ լուսավորության մետաղե սյանը, ապա վերջինս կթվա շատ ավելի սառը, քան ծառը, չնայած և՛ ծառը, և՛ մետաղե սյունը նույն ջերմաստիճանում (նույն պայմաններում) են: Այս, ինչպես նաև բազմաթիվ այլ օրինակներ համոզում են, որ մեր զգայարաններով ջերմաստիճանի գնահատումը շատ մոտավոր է:

Ջերմաստիճանը, ինչպես և յուրաքանչյուր ֆիզիկական մեծություն, կարելի է որոշել չափումների միջոցով: Առավել տարածված հեղուկային ջերմաչափերում օգտագործվում է հեղուկի ջերմային ընդարձակման երևույթը:

Լաբորատորիաներում և բժշկության մեջ հիմնականում օգտագործվում են սնդիկային ջերմաչափեր, կենցաղում օգտագործվող ջերմաչափերում որպես հեղուկ օգտագործում են գունավորված սպիրտ կամ այլ՝ առողջության համար անվտանգ հեղուկներ:

Նկ. 63. *Հեղուկային ջերմաչափի հիմնական մասը՝ պահեստարանը և նրան միացած մազական խողովակը*

Հեղուկային ջերմաչափերից կարելի է օգտվել միայն ջերմաստիճանների որոշակի տիրույթում, քանի որ ցածր ջերմաստիճաններում հեղուկը պնդանում է, իսկ բարձր ջերմաստիճաններում՝ արագ գոլորշիանում: Օրինակ՝ սնդիկային ջերմաչափի համար այդ տիրույթը –38 °C-ից 260 °C ջերմաստիճանների միջև է: Սպիրտային ջերմաչափի աշխատանքային տիրույթն ընդգրկում է –112 °C-ից մինչև 78 °C ջերմաստիճանները, ուստի այն կարելի է օգտագործել Երկրի կամայական վայրում ջերմաստիճանը չափելու համար:

Հեղուկային ջերմաչափը բաղկացած է հեղուկով լցված ապակե պահեստարանից և նրան միացած մազական խողովակից (նկ. 63): Պահեստարանում հեղուկի ծավալի անգամ ոչ մեծ փոփոխությունը բերում է մազական խողովակում հեղուկի սյան բարձրության զգալի փոփոխության, ընդ որում, որքան բարձր է հեղուկի ջերմաստիճանը, այնքան բարձր է հեղուկի սյունը:

Ջերմաստիճանը չափելու համար օգտագործում են նաև մարմինների այլ հատկություններ, որոնք կախված են ջերմաստիճանից: Այսպես՝ ներկայումս ստեղծվել են ջերմաչափեր, որոնց մեջ օգտագործվող հեղուկ բյուրեղների գույնը ջերմաստիճանից կախված փոփոխվում է: Հայտնի է, որ շիկացած մետաղի գույնը նույնպես կախված է ջերմաստիճանից: Կան հատուկ ջերմաչափներ՝ օպտիկական պիրոմետրեր, որոնց օգնությամբ որոշվում են շիկացած մետաղների ջերմաստիճանը: Արեգակի, ինչպես նաև շատ ավելի հեռավոր աստղերի ջերմաստիճանները կարելի է որոշել՝ ելնելով այն փաստից, որ ինչքան պայծառ է աստղը, այնքան բարձր է նրա ջերմաստիճանը:

Ջերմաստիճանը չափելու համար ջերմաչափերն ունեն ջերմաստիճանային սանդղակ: Լայնորեն տարածված է **Ցելսիուսի սանդղակը**: Այս սանդղակում որպես զրո աստիճան (0 °C) ընդունված է հալվող սառույցի ջերմաստիճանը, իսկ որպես հարյուր աստիճան (100 °C)՝ 760 մմ սնդ. սյան ճնշման տակ եռացող ջրի ջերմաստիճանը: Որպես Ցելսիուսի սանդղակի մեկ աստիճան (1 °C) ընտրված է նշված ջերմաստիճանային տիրույթի 1/100 մասը:

ԱՄՆ-ում, Անգլիայում և մի շարք այլ երկրներում տարածված ջերմաստիճանային հայտնի՝ **Ֆարենհայտի սանդղակում**, սառույցի հալմանը համապատասխանում է 32 աստիճանը (32 °F), իսկ ջրի եռմանը՝ 212 աստիճանը (212 °F): Որպես Ֆարենհայտի սանդղակի մեկ աստիճան

(1 °F) ընտրված է նշված ջերմաստիճանային միրույթի 1/180-ը (նկ. 64): Այսպիսով՝ Ցելսիուսի սանդղակի 100 °C-ին համապատասխանում է 180 °F, այսինքն՝

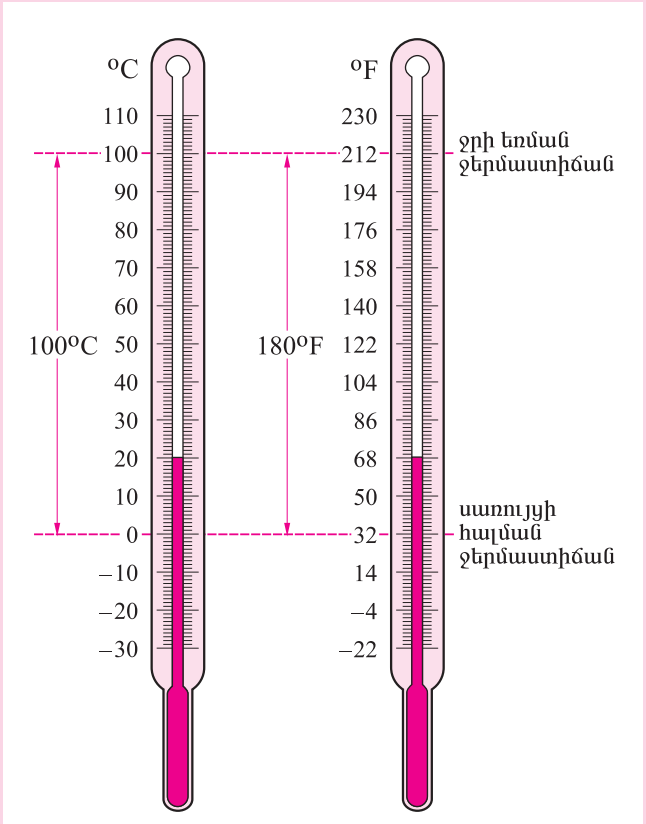
$$1\,°\text{F} = \frac{100}{180}\,°\text{C} = \frac{5}{9}\,°\text{C}, \qquad 1\,°\text{C} = \frac{9}{5}\,°\text{F}:$$

Նույն մարմնի ջերմաստիճանը կարելի է չափել տարբեր սանդղակներ ունեցող ջերմաչափներով, ուստի հասկանալի է, որ դրանց ցուցմունքները կապված են միմյանց հետ:

Ստանանք Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակների կապը: Դիցուք՝ ջերմաստիճանը 20 °C է: Քանի որ 0 °C ջերմաստիճանը համապատասխանում է 32 °F-ին, իսկ 1 °C = = (9/5) °F, ապա՝

$$20\,°\text{C} = 32\,°\text{F} + 20 \cdot \frac{9}{5}\,°\text{F} = 68\,°\text{F},$$

այսինքն՝ Ֆարենհայտի սանդղակով տրվող t_{F} ջերմաստի-



Նկ. 64.
Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակների համեմատումը

ճանը կապված է Ցելսիուսի սանդղակով տրվող t_C ջերմաստիճանի հետ

$$t_F = 32 + \frac{9}{5}t_C$$

բանաձևով: Այս բանաձևից t_C-ն կարելի է արտահայտել t_F-ի միջոցով՝

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32):$$

Դիտարկենք մեկ օրինակ: Հայտնի է, որ առողջ մարդու մարմնի ջերմաստիճանը 36,6 °C է: Ըստ Ֆարենհայտի սանդղակի՝ այն հավասար կլինի՝

$$t_F = \left(32 + \frac{9}{5} \cdot 36,6\right)°F = 98\ °F:$$

Գիտության մեջ հիմնականում օգտագործվում է **բացարձակ ջերմաստիճանային սանդղակը**, որն առաջարկել է անգլիացի գիտնական լորդ Կելվինը (ընդունված է նաև **Կելվինի սանդղակ** անվանումը): Ի տարբերություն Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակների, որոնք ներմուծվել են փորձերի հիման վրա, Կելվինի սանդղակը հիմնված է մոլեկուլների քաոսային շարժման մասին պատկերացումների վրա: Բացարձակ ջերմաստիճանային սանդղակին կծանոթանաք ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Կարելի՞ է արդյոք մեր զգայարանների օգնությամբ ճիշտ գնահատել մարմնի ջերմաստիճանը:*
2. *Ինչպե՞ս է կոչվում մարմնի ջերմաստիճանը չափող սարքը:*
3. *Ինչպիսի՞ ջերմաչափեր գիտեք:*
4. *Ի՞նչ ֆիզիկական երևույթ է օգտագործվում սնդիկային ջերմաչափում:*
5. *Ինչպիսի՞ ջերմաչափով են չափում հալած պողպատի ջերմաստիճանը: Ի՞նչ ֆիզիկական երևույթ է օգտագործվում այդ ջերմաչափում:*
6. *Ինչպե՞ս են չափում հեռավոր աստղերի ջերմաստիճանները:*
7. *Ի՞նչ ջերմաստիճանային սանդղակներ գիտեք:*
8. *Ո՞ր ջերմաստիճաններն են ընտրված որպես Ցելսիուսի սանդղակի 0 °C և 100 °C ջերմաստիճաններ:*
9. *Որո՞նք են սառույցի հալման և ջրի եռման ջերմաստիճանները՝ ըստ Ֆարենհայտի սանդղակի:*
10. *Ի՞նչ կապ կա Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակների մեկ աստիճանների միջև:*
11. *Ինչո՞վ է Կելվինի սանդղակը տարբերվում Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակներից:*

Հետաքրքիր է իմանալ

Բնության մեջ և տեխնիկայում հանդիպող ջերմաստիճաններ (°C)

Արեգակի մակերևույթի ջերմաստիճանը	***6000***
Հրաբխից դուրս հոսող լավայի ջերմաստիճանը	***1100-1200***
Ներքին այրման շարժիչում այրման արգասիքների ջերմաստիճանը	***2100***
Սպիրտայրոցի բոցի ջերմաստիճանը	***1000***
Արուսյակի միջին ջերմաստիճանը	***470***
Երկրագնդի վրա ամենաբարձր ջերմաստիճանը (Հյուսիսային Աֆրիկա)	***58***
Հրատի միջին ջերմաստիճանը	***–60***
Երկրագնդի վրա ամենացածր ջերմաստիճանը (Անտարկտիդա)	***–88***
Հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանը	***–196***

Կաթնասունների և թռչունների մարմինների ջերմաստիճանները (°C)

Ձի	***38***	*Հորթ*	***39 – 40***	*Ճագար*	***38,5 – 39***	*Հավ*	***41***
Կով	***38,5 – 39,5***	*Խոզ*	***38,5 – 40***	*Շուն*	***38 – 39***	*Սագ*	***41,5***

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. ***Հայտնի է, որ 0,1 սմ³ ջրում կա 3·10²¹ մոլեկուլ: Ի՞նչ երկարություն կունենա 1 լ ջրի մոլեկուլներից կազմված շարքը: Ընդունել, որ ջրի մոլեկուլը 3 Å տրամագծով գունդ է:***

$V_1 = 0{,}1$ սմ³
$N_1 = 3\cdot 10^{21}$
$V_2 = 1$ լ
$D = 3$ Å
$l = ?$

Լուծում: V_2 ծավալով ջրում մոլեկուլների թիվը՝ $N_2 = \frac{V_2}{V_1} N_1$: Այս մեծությունը բազմապատկելով մեկ մոլեկուլի տրամագծով՝ կստանանք N_2 մոլեկուլներից կազմված շարքի երկարությունը՝ $l = N_2 D = \frac{V_2}{V_1} N_1 D$: Նկատի ունենալով, որ $V_1 = 0{,}1$ սմ³ $= 10^{-1}$ սմ³, $V_2 = 1$ լ $= 1000$ սմ³ $= 10^3$ սմ³ և $D = 3$Å $= 3\cdot 10^{-8}$ սմ, կստանանք՝

$$l = \frac{10^3}{10^{-1}} 3 \cdot 10^{21} \cdot 3 \cdot 10^{-8} \text{ սմ} = 9 \cdot 10^{17} \text{ սմ} = 9 \cdot 10^{15} \text{ մ} = 9 \cdot 10^{12} \text{ կմ}:$$

Այս թվի մեծությունը պատկերացնելու համար նշենք, որ Երկիր-Արեգակ հեռավորությունն «ընդամենը» 150 միլիոն $(1{,}5\cdot 10^8)$ կմ է, այսինքն՝ 60 000 անգամ փոքր է 1 լ ջրի մոլեկուլների շարքի երկարությունից:

Պատասխան՝ $9\cdot 10^{12}$ կմ:

2. ***Տենդի ժամանակ հիվանդի ջերմաստիճանը 40 °C է: Արտահայտել այն ըստ Ֆարենհայտի սանդղակի:***

$t_C = 40$ °F
$t_F = ?$

Լուծում: Համաձայն Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի ջերմաստիճանային սանդղակների կապի՝ $t_F = 32 + \frac{9}{5} t_C$, հետևաբար՝

$$t_F = \left(32 + \frac{9}{5} 40\right)°\text{F} = 104\ °\text{F}:$$

Պատասխան՝ 104 °F:

3. ***Ո՞ր ջերմաստիճանն ունի նույն արժեքը և՛ Ցելսիուսի, և՛ Ֆարենհայտի ջերմաստիճանային սանդղակներում:***

Լուծում: Եթե ջերմաստիճանն ընդունում է նույն թվային արժեքը՝ $t_F = x\,°F$ և $t_C = x\,°C$, ապա, օգտվելով Ցելսիուսի և Ֆարենհայտի սանդղակների միջև կապից, x մեծության համար կստանանք հետևյալ հավասարումը.

$$x = \frac{5}{9}(x - 32) \quad \text{կամ} \quad \frac{4}{9}x = -\frac{160}{9}, \quad x = -40,$$

այսինքն՝ $t_F = -40\,°F$, $t_C = -40\,°C$:

Պատասխան՝ $t_F = -40\,°F$, $t_C = -40\,°C$:

§37

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 4

Փոքր մասնիկների չափերի որոշումը

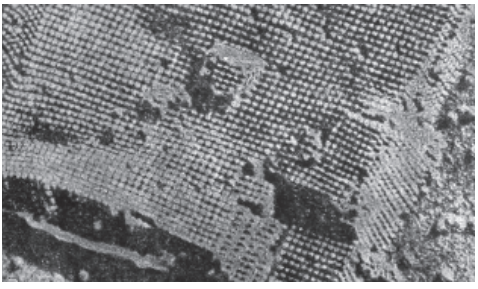
Աշխատանքի նպատակը. *սովորել չափել փոքր մարմինների չափերը:*

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. *քանոն, փոքր գնդիկներ, լուսկու սրած հատիկ:*

Աշխատանքի ընթացքը.

1. *Քանոնի երկարությամբ իրար կողքի շարեք 20–25 գնդիկ: Շարքում գնդիկները դասավորեք՝ օգտագործելով լուսկու սրված հատիկը: (Լուսկու հատիկի փոխարեն չի կարելի օգտագործել ասեղ, քանի որ գնդիկները կկպչեն ասեղին, ինչպես մագնիսին):*

Պրոտեինի վիրուսի բյուրեղի լուսանկարը (խոշորացումը՝ 100000 անգամ)



2. *Չափեք գնդիկների շարքի երկարությունը և, այն բաժանելով գնդիկների թվին, որոշեք 1 գնդիկի տրամագիծը:*

3. *Նկարում պատկերված է պրոտեինի վիրուսի բյուրեղի լուսանկարը (խոշորացումը՝ 100 000 անգամ): Օգտվելով լուսանկարից՝ որոշեք մեկ մասնիկի տրամագիծը:*

4. *Փորձերի արդյունքները գրանցեք աղյուսակում:*

Փորձի անվանումը	*Շարքում գնդիկների թիվը*	*Շարքի երկարությունը (մմ)*	*Մեկ գնդիկի տրամագիծը (մմ)*
1. Գնդիկի տրամագծի որոշումը			
2. Լուսանկարի մասնիկների տրամագծի որոշումը		*Լուսանկարում*	*Իրական չափը*

ԳԼՈՒԽ V

ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

§38 ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

Բնության երևույթների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունը գիտնականներին բերել է այն համոզման, որ **եթե մարմինների համակարգիչ էներգիա չի հաղորդվում շրջապատին և ոչ էլ շրջապատիչ՝ համակարգին, ապա այդ մարմինների բոլոր տեսակի էներգիաների գումարը ժամանակի ընթացքում մնում է անփոփոխ: Այլ կերպ ասած՝ էներգիան չի անհետանում և ոչնչից չի ստեղծվում:** Այն սոսկ կարող է փոխանցվել մի մարմնից մյուսին կամ փոխակերպվել մի տեսակից մեկ այլ տեսակի:

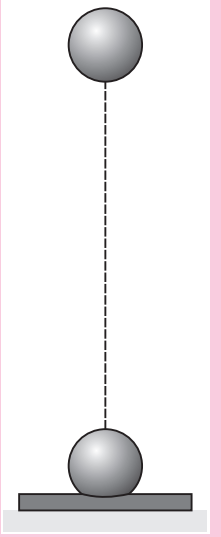
Այս պնդումը բնության կարևորագույն օրենքներից է և հայտնի է որպես **էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենք**: Այդ օրենքն այն ուղեցույցն է, որը հնարավորություն է տալիս կողմնորոշվելու գիտության նոր, դեռևս չուսումնասիրված ոլորտներում:

Դիտարկենք հետևյալ փորձը: Կապարե ծանր գունդն ընկնում է և հարվածում հարթակին դրված կապարե թիթեղին (նկ. 65): Գնդի սկզբնական պոտենցիալ էներգիան գրեթե ամբողջությամբ փոխակերպվում է կինետիկի: Թիթեղին հարվածելուց հետո գունդը վեր չի բարձրանում: Նշանակում է՝ գունդը կորցրել է ձեռք բերած կինետիկ էներգիան, հետևաբար՝ նաև լրիվ մեխանիկական էներգիան:

Իսկ ու՞ր անհետացավ գնդի մեխանիկական էներգիան: Չխախտվե՞ց արդյոք էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքը:

Իհարկե, ոչ: Ուշադիր զննելով՝ կնկատենք, որ թիթեղը և գունդը հարվածից հետո դեֆորմացվել են: Նուրբ չափումներով կարելի է նաև համոզվել, որ փոքր-ինչ բարձրացել է ինչպես գնդի, այնպես էլ թիթեղի ջերմաստիճանը:

Թիթեղի և գնդի տաքացումը ցույց է տալիս, որ մեծացել է դրանց մոլեկուլների ջերմային շարժման միջին կինետիկ



Նկ. 65.
Թիթեղին հարվածելիս գնդիկի մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է ներքին էներգիայի:

էներգիան: Այլ կերպ ասած՝ մեխանիկական էներգիան մասամբ փոխակերպվել է մոլեկուլների շարժման էներգիայի: Բայց մոլեկուլները ոչ միայն շարժվում են, այլև փոխազդում:

Յուրաքանչյուր մարմին, շնորհիվ Երկրի հետ փոխազդեցության, օժտված է պոտենցիալ էներգիայով: Այդ էներգիան, ինչպես գիտեք, որոշվում է մարմնի բարձրությամբ, այսինքն՝ մարմնի և Երկրի փոխադարձ հեռավորությամբ:

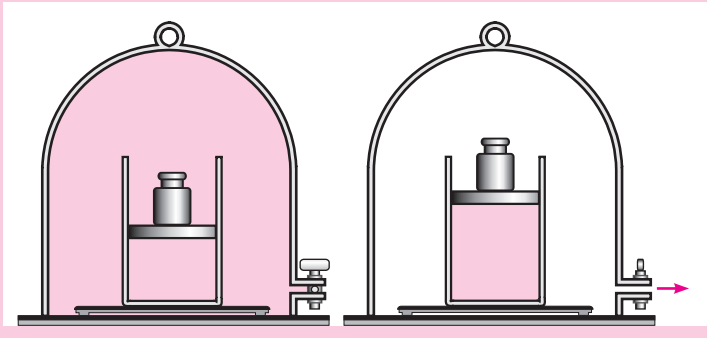
Կապարի թիթեղում մոլեկուլները նույնպես օժտված են պոտենցիալ էներգիայով, քանի որ, համաձայն մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմնական դրույթների, մոլեկուլները նույնպես փոխազդում են: Մոլեկուլների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան կախված է նրանց միջև հեռավորություններից: Թիթեղը դեֆորմացնելիս կապարի մոլեկուլների միջև հեռավորությունները փոխվում են: Ուստի փոխվում է նաև մոլեկուլների պոտենցիալ էներգիան:

Մարմնի մասնիկների ջերմային շարժման կինետիկ էներգիաների և փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիաների գումարն անվանում են մարմնի ներքին էներգիա:

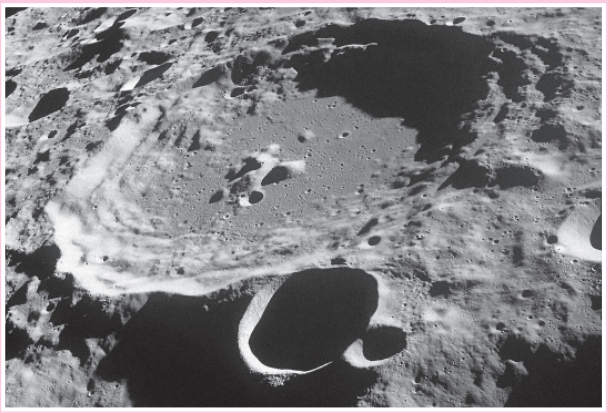
Այսպիսով՝ բոլոր մարմինները, բացի մեխանիկական էներգիայից, օժտված են նաև ներքին էներգիայով:

Մարմնի ֆիզիկական վիճակը փոփոխելիս, օրինակ, տաքացնելիս կամ դեֆորմացնելիս, փոփոխվում է նրա ներքին էներգիան: Վերը դիտարկված փորձում գնդի և թիթեղի ֆիզիկական վիճակները փոփոխվեցին: Այսինքն՝ եթե հաշվի չառնենք օդի առկայությունը, ապա կարելի է ասել, որ գնդի մեխանիկական էներգիան փոխակերպվեց գնդի և թիթեղի ներքին էներգիայի:

Համոզվելու համար, որ մարմիններն օժտված են ներ-



Նկ. 66.
Օդը զանգից հանելիս գլանում օդն ընդարձակվում է:



Նկ. 67.
Լուսնի խառնարան

քին էներգիայով, դիտարկենք մի քանի փորձ:

Օդահան պոմպի զանգի տակ դնենք մխոցով գլան: Գլանում՝ մխոցի տակ, կա օդ, իսկ մխոցին դրված է ծանրոց (նկ. 66): Զանգից օդը հանելիս գլանի օդն սկսում է ընդարձակվել և բարձրացնում է մխոցը ծանրոցի հետ՝ կատարելով մեխանիկական աշխատանք: Նշանակում է՝ գլանի օդն օժտված է ներքին էներգիայով:

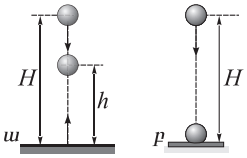
Երբ շարժվող մարմնի վրա ազդում են շփման կամ դիմադրության ուժեր, ապա դրանք հաղթահարելիս վատնած մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է մարմնի և շրջապատի (մասնավորապես՝ օդի) ներքին էներգիայի: Օրինակ՝ երկնաքարերը, հսկայական արագությամբ (վայրկյանում մի քանի տասնյակ կիլոմետր) թափանցելով Երկրի մթնոլորտ, սաստիկ տաքանում են: Մանր երկնաքարերը՝ աստղերը, նույնիսկ ամբողջությամբ այրվում են մթնոլորտում՝ թողնելով լուսավոր հետք: Երկնաքարերը, մեծ արագությամբ մխրճվելով լուսնահողի մեջ, հարվածի հետևանքով շիկանում են և ապա պայթում՝ Լուսնի մակերևույթին առաջացնելով խառնարաններ (նկ. 67):

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Մեխանիկական էներգիայի ի՞նչ տեսակներ գիտեք: Բերեք օրինակներ:*
2. *Ձևակերպեք էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքը:*
3. *Ինչպե՞ս է փոխվում որոշ բարձրությունից ընկնող գնդիկի էներգիան հենարանին (օրինակ՝ գետնին) հարվածելուց հետո: Խախտվու՞մ է արդյոք էներգիայի պահպանման օրենքն այդ ժամանակ: Ինչու՞:*

4. **Ինչու՞ է ընկնող գնդիկի հարվածից կապարե թիթեղի ջերմաստիճանը բարձրանում:**
5. **Ի՞նչ է մարմնի ներքին էներգիան: Ինչի՞ց է կախված այն:**
6. **Նկարագրեք մի քանի փորձ՝ ապացուցելու համար մարմնի ներքին էներգիայի գոյությունը:**
7. **Բերեք օրինակներ, որոնք համոզում են, որ շփման կամ դիմադրության ուժերի առկայությամբ շարժվելիս փոխվում է մարմնի ֆիզիկական վիճակը:**
8. **Վերցրեք ռետինե գնդակ և որոշ բարձրությունից բաց թողեք (նկ. ա): Դիտեք գնդակի շարժումը և բացատրեք, թե էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումներ են տեղի ունենում: Փոփոխվու՞մ է արդյոք գնդակի ներքին էներգիան: Ո՞ր պահերին: Ինչպե՞ս: Ինչու՞:**

   Փորձը կրկնեք պլաստիլինե գնդիկով (նկ. բ): Համեմատեք գնդակի և գնդիկի շարժումները: Էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումներ են տեղի ունենում պլաստիլինե գնդիկի անկման ընթացքում: Ինչպե՞ս և ինչու՞ է փոփոխվում գնդիկի ներքին էներգիան:



ա. Գնդակը, ընկնելով H բարձրությունից և բախվելով հատակին, բարձրանում է h բարձրությամբ՝ $h < H$:
բ. Պլաստիլինե գնդիկը, ընկնելով H բարձրությունից և բախվելով հատակին, այլևս չի բարձրանում:

9. **Մարզիկը բացված անկարգելով վայրէջք է կատարում 7 մ/վ հաստատուն արագությամբ: Վայրէջքի ընթացքում մարզիկի կինետիկ էներգիան չի փոխվում, իսկ պոտենցիալ էներգիան նվազում է: Իսկ ու՞ր «կորավ» մարզիկի մեխանիկական էներգիան:**

§39 ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈՓՈԽՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Այժմ դիտարկենք թե ինչպես կարելի է փոփոխել մարմնի ներքին էներգիան: Նախորդ պարագրաֆում տեսանք, որ ներքին էներգիան կախված է մարմնի ֆիզիկական վիճակից: Երբ փոխվում է մարմնի ֆիզիկական վիճակը, փոխվում է նաև ներքին էներգիան: Իմացանք նաև, որ մարմնի ջերմաստիճանը բարձրացնելիս փոխվում է նրա ֆիզիկական վիճակը, հետևաբար՝ նաև ներքին էներգիան: Ըստ որում, ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց ներքին էներգիան աճում է:

Մարմնի ֆիզիկական վիճակը կարելի է փոփոխել նաև աշխատանք կատարելով: Եթե, մասնավորապես, արտաքին ուժերը աշխատանք են կատարում շփման կամ դիմադրության ուժերի դեմ, որի հետևանքով մարմնի ջերմաստիճանը բարձրանում է, ապա մարմնի ներքին էներգիան մեծանում է:

Մարմնի ֆիզիկական վիճակը հնարավոր է փոխել նաև մարմնի դեֆորմացմամբ: Օրինակ՝ ալյումինե լարը մի քանի անգամ ծալելով և ուղղելով նկատում ենք, որ այն տաքացել է, հետևաբար՝ մեծացել է նրա ներքին էներգիան:

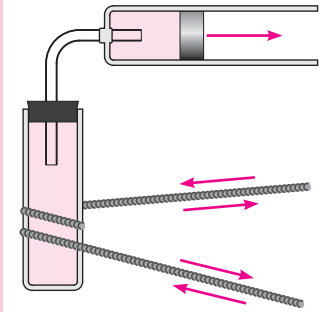
Գազի ներքին էներգիան մասնավորապես կարելի է փոփոխել՝ արագ փոփոխելով նրա ծավալը: Արագ սեղմամբ, օրինակ, կարելի է գազը տաքացնել: Ընդհակառակը, արագ ընդարձակման ժամանակ գազի ջերմաստիճանն իջնում է:

Քննարկենք հետևյալ փորձը:

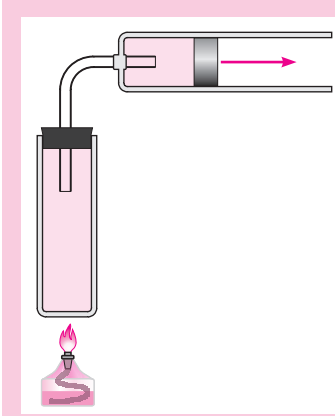
Օդ պարունակող սրվակն ամուր փակված է խցանով, որն անցք ունի: Բարակ խողովակով սրվակը միացված է մխոց ունեցող ապակե գլանին (նկ. 69): Մխոցը հեշտությամբ կարող է տեղաշարժվել գլանի մեջ: Նրա դիրքը կորոշենք քանոնի օգնությամբ: Նշելով մխոցի սկզբնական դիրքը՝ պարանով շփենք սրվակը: Հետևելով մխոցի դիրքին՝ կտեսնենք, որ այն տեղաշարժվել է դեպի աջ: Եզրակացությունը մեկն է՝ պարանի միջոցով աշխատանք կատարելով շփման ուժերի դեմ՝ բարձրացրինք սրվակի, հետևաբար՝ նաև սրվակում օդի ջերմաստիճանը: Իսկ ջերմաստիճանի բարձրացումը, ինչպես գիտենք, ցույց է տալիս, որ օդի ներքին էներգիան մեծացել է:

Տաքացած օդը, ընդարձակվելով, մխոցը տեղաշարժեց աջ՝ կատարելով մեխանիկական աշխատանք: Այդ աշխատանքն օդը կատարեց արդեն իր ներքին էներգիայի հաշվին: Ուստի՝ սրվակի օդի ներքին էներգիան, մխոցը տեղաշարժվելուց հետո որոշ չափով կնվազի:

Այսպիսով՝ բերված օրինակները և դիտարկված փորձը մեզ համոզում են, որ *մարմնի ֆիզիկական վիճակը, հետևաբար՝ նաև ներքին էներգիան, կարելի է փոփոխել՝ կատարելով աշխատանք*:



Նկ. 68. *Շփելով փորձասրվակը՝ մեծացնում ենք նրա մեջ պարունակվող օդի ներքին էներգիան:*



Նկ. 69. *Տաքացնելով փորձասրվակը՝ մեծացնում ենք նրա մեջ պարունակվող օդի ներքին էներգիան:*

Նկարագրված փորձում մխոցը կարելի է տեղաշարժել նաև առանց աշխատանք կատարելու, օրինակ, սպիրտայրոցի բոցով տաքացնելով սրվակի օդը (նկ. 69): Այս դեպքում նույնպես սրվակի օդի ջերմաստիճանը կբարձրանա, և կմեծանա նրա ներքին էներգիան: Իսկ աշխատանք կատարելու արդյունքում օդի ներքին էներգիան որոշ չափով կնվազի:

Վառարանը պաղելիս որևիցե աշխատանք չի կատարվում, բայց վառարանի ներքին էներգիան փոքրանում է: Սակայն շրջապատի մարմինները՝ օդը, պատերը, սենյակի առարկաները, տաքանում են, այն է՝ մեծանում է դրանց ներքին էներգիան (դարձյալ առանց աշխատանք կատարելու):

Առանց աշխատանք կատարելու մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխման պրոցեսն անվանում են *ջերմահաղորդում*:

Ջերմահաղորդումը մի մարմնի ներքին էներգիայի հաղորդումն է մեկ ուրիշ մարմնի, այսինքն՝ մի մարմնի մոլեկուլների ջերմային շարժման էներգիայի փոխանցումը մեկ այլ մարմնի մոլեկուլներին:

Իսկ ինչպե՞ս է հաղորդվում ներքին էներգիան մի մարմնից մյուսին: Նախ նշենք, որ մարմինների միջև ջերմափոխանակում հնարավոր է, եթե այդ մարմինների ջերմաստիճանները տարբեր են: Ընդ որում, *ներքին էներգիան հաղորդվում է տաք մարմնից սառը մարմնին*: Հակառակ պրոցեսը, ներքին էներգիայի ինքնաբերական հաղորդումը սառը մարմնից տաքին, երբեք տեղի չի ունենում:

Այժմ ենթադրենք, թե իրար ենք հպել տաք և սառը մարմիններ: Գիտենք, որ տաք մարմնի մոլեկուլներն ավելի «արագաշարժ» են. ունեն ավելի մեծ միջին կինետիկ էներգիա: Մարմինների հպման տեղերում տաք մարմնի մոլեկուլները, փոխազդելով սառը մարմնի մոլեկուլների հետ, իրենց կինետիկ էներգիայի մի մասը դրանց են հաղորդում: Դրա հետևանքով տաք մարմնի մոլեկուլների ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիան նվազում է, իսկ սառը մարմնի մոլեկուլներինը՝ աճում: Հետևաբար՝ տաք մարմնի ջերմաստիճանն իջնում է, իսկ սառը մարմնինը՝ բարձրանում: Որոշ ժամանակ անց այդ մարմինների ջերմաստիճանները հավասարվում են: Այսպիսով՝ ջերմահաղորդման հետևանքով տաք մարմնի ներքին էներգիան փոքրանում է, սառը մարմնինը՝ մեծանում: Այդ դեպքում ասում են, որ տաք մարմնի ներքին էներգիայի որոշ քանակ փոխանցվեց սառը մարմնին:

Այսպիսով՝ նկարագրված փորձերը և օրինակներն ապացուցում են, որ մարմնի ներքին էներգիան կարելի է փոփոխել երկու եղանակով՝

1. *մեխանիկական աշխատանք կատարելով*,
2. *ջերմահաղորդմամբ*:

Առաջին դեպքում մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է ներքին էներգիայի կամ հակառակը: Երկրորդ դեպքում՝ ջերմահաղորդման պրոցեսում, աշխատանք չի կատարվում: Իհարկե, հնարավոր է, որ երկու պրոցեսները տեղի ունենան միաժամանակ. կատարվի և՛ աշխատանք, և՛ ջերմափոխանակում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչն է բնութագրում մեխանիկական էներգիայի փոփոխությունը:**
2. **Նկարագրեք փորձ, որտեղ ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց աճում է մարմնի ներքին էներգիան:**
3. **Օրինակներով կամ փորձի նկարագրությամբ հաստատեք, որ աշխատանք կատարելով կարելի է փոփոխել մարմնի ներքին էներգիան:**
4. **Ի՞նչ է ջերմահաղորդումը: Կարելի՞ է ջերմահաղորդումը համարել էներգիայի փոխակերպում: Ինչու՞:**
5. **Մարմնի ներքին էներգիան աճել է 10 Ջ-ով: Ի՞նչ եք կարծում՝ ջերմահաղորդմա՞մբ, թե՞ աշխատանք կատարելու միջոցով է տեղի ունեցել ներքին էներգիայի այդ աճը:**
6. **Տաք ջուրը խառնել են սառը ջրին: Ինչու՞ է խառնուրդի ջերմաստիճանը բարձր սառը ջրի ջերմաստիճանից, բայց ցածր՝ տաք ջրի ջերմաստիճանից: Բացատրեք՝ հիմնվելով մոլեկուլային-կինետիկ տեսության դրույթների վրա:**
7. **Հնարավո՞ր է արդյոք ջերմափոխանակում սառույցի և ջրի միջև, եթե երկու նյութերի ջերմաստիճանն էլ 0 °C է: Բացատրեք՝ ինչու՞:**

§40 ՋԵՐՄԱՔԱՆԱԿ

Ջերմահաղորդումը բնութագրում են մի ֆիզիկական մեծությամբ, որն անվանում են **ջերմաքանակ**: **Ջերմաքանակը մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունն է ջերմահաղորդման պրոցեսում**: Ջերմաքանակը, փաստորեն, ներքին էներգիայի այն մասն է, որը ջերմահաղորդման պրոցեսում մի մարմինը տալիս է մյուսին: Ընդ որում, երբ մարմինը տաքանում է, ասում են, որ մարմինը շրջապատից ջերմություն է ստացել: Ընդհակառակը, սառչելիս մարմինը շրջապատին է ջերմություն տալիս:

Ջերմաքանակը՝ որպես ներքին էներգիայի փոփոխման չափ, բնական է արտահայտել նույն միավորով, ինչ էներգիան, այն է՝ ջոուլով: Օգտվում են նաև կիլոջոուլ (կՋ) և մեգաջոուլ (ՄՋ) միավորներից՝

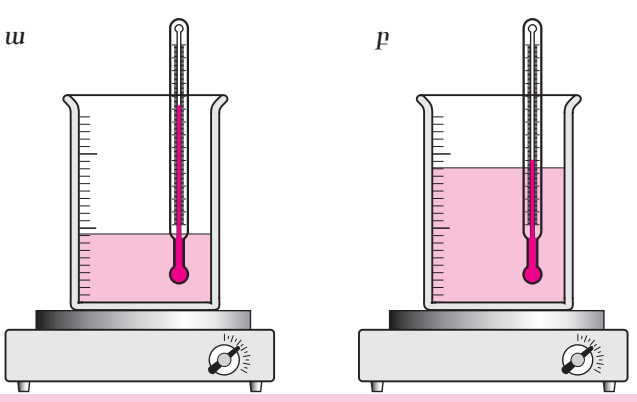
$$1\,\text{կՋ} = 1000\,\text{Ջ} = 10^3\,\text{Ջ},\quad 1\,\text{ՄՋ} = 1\,000\,000\,\text{Ջ} = 10^6\,\text{Ջ}:$$

Ջերմաքանակը նշանակում են Q (կարդացվում է՝ քյու) տառով:

Իսկ ի՞նչից է կախված այն ջերմաքանակը, որ մարմինն ստանում է տաքանալիս կամ կորցնում է սառչելիս: Դա պարզելու համար կատարենք հետևյալ փորձերը:

Ջեռուցիչ սարքին (օրինակ՝ էլեկտրական սալիկին) դնենք ջրով լի բաժակ: Չափենք ջրի սկզբնական ջերմաստիճանը: Միացնենք ջեռուցիչ սարքը և հետևենք, թե ինչպես է բարձրանում ջրի ջերմաստիճանը: Փորձը կատարելիս տեսնում ենք, որ ինչքան բարձր ջերմաստիճանի ջուր ենք ցանկանում ունենալ, այնքան ավելի երկար պետք է այն տաքացնենք: Օրինակ՝ գոլ ջուր ստանալու համար ավելի քիչ ջերմաքանակ է հարկավոր հաղորդել ջրին, քան այն եռման հասցնելու համար: Ընդ որում, տրված զանգվածով ջրի ջերմաստիճանը, օրինակ, 20 °C-ով փոփոխելիս երկու անգամ ավելի քիչ ջերմաքանակ է պահանջվում հաղորդել ջրին, քան 40 °C-ով փոփոխելիս:

Այժմ վերցնենք տարբեր զանգվածներով սենյակային ջերմաստիճանի ջուր պարունակող երկու բաժակ և երկու միանման ջեռուցիչ սարք: Առաջին սարքին դնենք քիչ ջրով լցրած բաժակը (նկ. 70,ա), երկրորդին՝ շատ ջրով լցրածը (նկ. 70,բ): Դարձյալ հետևենք, թե բաժակներում ինչպես են



Նկ. 70. *Որքան շատ ջուր ենք ցանկանում տաքացնել, այնքան ավելի մեծ ջերմաքանակ պետք է հաղորդենք ջրին:*

բարձրանում ջրի ջերմաստիճանները: Քիչ ջրով լցված բաժակի ջերմաստիճանն ավելի արագ է բարձրանում, քան շատ ջրով լցված բաժակինը: Ընդ որում, եթե երկրորդ բաժակում ջրի քանակը երկու անգամ մեծացնենք, ապա ջերմաստիճանը նույն չափով բարձրացնելու համար երկրորդ բաժակը երկու անգամ ավելի երկար ժամանակ պետք է թողնենք էլեկտրասալիկին: Նշանակում է՝ երկրորդ բաժակի ջուրը տաքացնելու համար երկու անգամ ավելի շատ ջերմաքանակ է պահանջվում:

Փորձից եզրակացնում ենք, որ ինչքան մեծ է մարմնի զանգվածը, այնքան շատ ջերմաքանակ է հարկավոր հաղորդել նրան՝ ջերմաստիճանը նույն չափով բարձրացնելու համար:

70-րդ նկարում պատկերված փորձում բաժակներից մեկի մեջ լցնենք ջուր, իսկ մյուսի մեջ՝ նույն զանգվածով, նույն ջերմաստիճանի ձեթ և փորձը կրկնենք: Կնկատենք, որ ձեթի ջերմաստիճանն ավելի արագ է բարձրանում, քան ջրինը: Եվ որպեսզի ջրի ջերմաստիճանը հավասարվի ձեթի ջերմաստիճանին, ջուրը 2,4 անգամ ավելի երկար ժամանակ պետք է տաքացնենք: Այսինքն՝ ջրին անհրաժեշտ է հաղորդել մոտ 2,4 անգամ ավելի մեծ ջերմաքանակ: Այստեղից եզրակացնում ենք, որ նույն զանգվածով տարբեր մարմինների ջերմաստիճանները նույն չափով բարձրացնելու համար հարկավոր է այդ մարմիններին հաղորդել տարբեր ջերմաքանակներ:

Այժմ ամփոփենք փորձերի արդյունքները: Ի՞նչ եզրակացություն կարելի է անել այս փորձերից: Եզրակացությունը հետևյալն է:

*Մարմնի ջերմաստիճանը փոփոխելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կախված է մարմնի զանգվածից, ջերմաստիճանի փոփոխությունից և մարմնի նյութի տեսակից: Տաքացման համար այդ ջերմաքանակը մարմնին է հաղորդվում շրջապատից, իսկ սառչելիս մարմինն ինքն է շրջապատին ջերմաքանակ տալիս***:**

Նախորդ պարագրաֆում, տաք և սառը մարմինների հպման օրինակով քննարկեցինք ջերմահաղորդման երևույթը՝ ելնելով մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունից: Այժմ միայն նշենք, որ ջերմահաղորդումը մի մարմնից մյուսին մոլեկուլների ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիայի որոշակի քանակի փոխանցումն է:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. ***Ինչո՞վ են տարբերվում ջերմահաղորդման պրոցեսը և աշխատանքի կատարումը:***
2. ***Ի՞նչ է ջերմաքանակը:***
3. ***Ի՞նչ միավորով է արտահայտվում ջերմաքանակը միավորների ՄՀ-ում:***
4. ***Ո՞ր դեպքում է ավելի շատ ջերմաքանակ պահանջվում՝ նույն զանգվածի գո՞լ, թե՞ եռման ջուր ստանալու համար:***
5. ***1 լ և 2 լ տարողությամբ անոթները լիքը լցված են եռման ջրով: Մինչև սենյակային ջերմաստիճանը սառչելիս ո՞ր անոթի ջուրն ավելի շատ ջերմաքանակ կկորցնի:***
6. ***Ի՞նչ փորձով ցույց կտաք, որ մարմնի ստացած ջերմաքանակը կախված է մարմնի նյութի տեսակից:***
7. ***Ինչի՞ց է կախված այն ջերմաքանակը, որ մարմինը շրջապատին տալիս է սառչելիս: Իսկ այն ջերմաքանա՞կը, որ անհրաժեշտ է հաղորդել մարմնին տաքացնելիս:***

§ 41

ՋԵՐՄԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

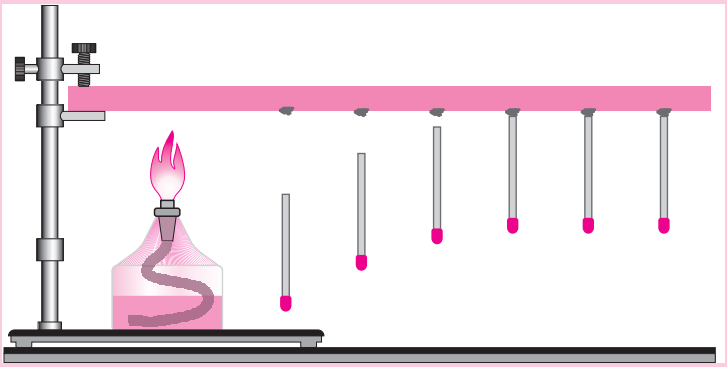
Արդեն տեսանք, որ տարբեր ջերմաստիճանների երկու մարմին իրար հպելիս ջերմահաղորդման հետևանքով տաք մարմնի ներքին էներգիան նվազում է, սառը մարմնինը՝ մեծանում: Այլ կերպ ասած՝ տաք մարմնից սառը մարմնին ներքին էներգիայի որոշ քանակ՝ ջերմություն է հաղորդվում:

Ջերմությունը հաղորդվում է նաև նույն մարմնի տաք մասից սառը մասերին: Օրինակ՝ տաք թեյը խառնելիս ձեզնից յուրաքանչյուրը զգացել է, որ տաքանում է ոչ միայն գդալի այն մասը, որը թեյի մեջ է, այլ նաև բաժակից դուրս մասը: Ջերմությունը, կարծես, գդալի տաք ծայրից «ճանապարհորդում» է դեպի սառը ծայրը:

Ջերմահաղորդուման պրոցեսը ցուցադրելու նպատակով կատարենք հետևյալ փորձը:

Պղնձե ձողի երկայնքով մոմով ամրացնենք լուցկու մի քանի հատիկ: Ձողի մի ծայրը տաքացնենք (օրինակ՝ սպիրտայրոցի բոցով): Տաքանալու ընթացքում մոմն սկսում է հալվել, և լուցկու հատիկները հերթով պոկվում են ձողից (նկ. 71): Սկզբում պոկվում են բոցին մոտ հատիկները, այնուհետև՝ մյուսները:

Լուցկու հատիկների հերթականորեն պոկվելը ձողից «ցույցադրում» է ջերմության հաղորդումը ձողի երկայնքով՝ նրա տաքացած ծայրից դեպի սառը մասերը: Բնական է ենթադրել, որ «դիտված» ջերմահաղորդումը պայմանավորված է ձողի մոլեկուլների ջերմային շարժմամբ և փոխազդեցությամբ:



Նկ. 71.
Պղնձե ձողը տաքացնելիս լուցկիները հերթով պոկվում են:

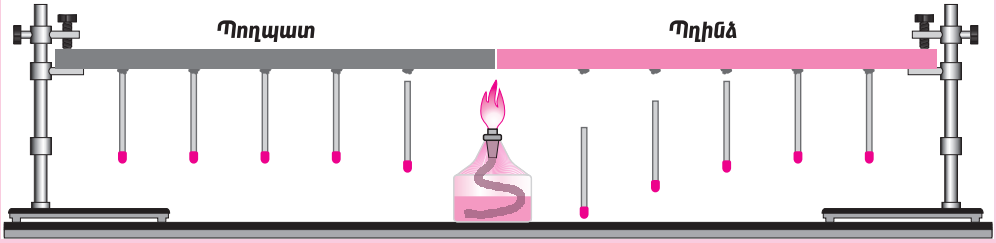
Ինչպես գիտեք, պինդ մարմնի մոլեկուլները կատարում են տատանողական շարժում որոշակի կետերի՝ հավասարակշռության դիրքերի շուրջը և այդ դիրքերից գործնականորեն չեն հեռանում: Ձողի ծայրը տաքացնելիս այդ մասում մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան մեծանում է: Փոխազդելով հարակից՝ սառը տեղամասի ավելի դանդաղ տատանվող մոլեկուլների հետ՝ նրանք վերջիններիս են փոխանցում իրենց կինետիկ էներգիայի (այսինքն՝ ձողի այդ տեղամասի ներքին էներգիայի) մի մասը: Իսկ հարակից տեղամասի մոլեկուլներն էլ իրենց ավելացած կինետիկ էներգիայի որոշ քանակ հաղորդում են տաքացած ծայրից ավելի հեռու մոլեկուլներին և այսպես շարունակ: Այսպես ջերմությունը ձողի տաքացած ծայրից հաղորդվում է սառը ծայրին:

Ջերմության հաղորդումը մարմնի տաք մասերից սառը մասերին՝ մոլեկուլների ջերմային շարժման և փոխազդեցության հետևանքով, անվանում են ջերմահաղորդականություն:

Ամենօրյա դիտումները և փորձը ցույց են տալիս, իսկ ջերմահաղորդականության երևույթի բացատրությունն էլ համոզում է, որ ջերմահաղորդականությամբ մարմնի տաք մասից դեպի սառը մասերը նյութ չի տեղափոխվում: Ջերմահաղորդականությունը ներքին էներգիայի որոշ քանակի հաղորդումն է մարմնի ավելի սառը մասերին կամ էլ մի մարմնից նրան հպված մեկ ուրիշ մարմնի:

Փորձում պղնձե ձողը փոխարինելով պողպատե ձողով՝ կնկատենք, որ պողպատե ձողից լուցկու հատիկները պոկվում են ավելի ուշ:

Փորձն ավելի ակնառու դարձնելու նպատակով միատեսակ չափերով պղնձե և պողպատե ձողերը հպենք իրար:



Նկ. 72. *Պղնձե և պողպատե ձողերի հպված ծայրերը միաժամանակ տաքացնելիս առաջին հերթին պոկվում են պղնձին ամրացված լուկու հատիկները:*

Հպման տեղից հավասար հեռավորությամբ ձողերից յուրաքանչյուրին մոմով ամրացնենք լուկու հատիկներ (նկ. 72): Ձողերի հպված ծայրերը տաքացնենք սպիրտայրոցի բոցով: Կնկատենք, որ առաջին հերթին պոկվում են պղնձե ձողին ամրացված լուկու հատիկները:

Այս փորձերից եզրակացնում ենք, որ պղնձի ջերմահաղորդականությունն զգալիորեն գերազանցում է պողպատի ջերմահաղորդականությունը:

Եթե տարբեր նյութերից պատրաստենք նույն ձևի և չափերի առարկաներ (օրինակ՝ ձողեր), ապա ջերմությունը ձողի տաք ծայրից սառը ծայրին ավելի արագ կհաղորդվի այն ձողի երկայնքով, որի ջերմահաղորդականությունն ավելի մեծ է: Մեծ ջերմահաղորդականությամբ նյութերի մասին ասում են նաև, որ դրանք լավ ջերմահաղորդիչներ են:

Ամենալավ ջերմահաղորդիչները մետաղներն են: Օրինակ՝ արծաթի ջերմահաղորդականությունը գերազանցում է ջրի ջերմահաղորդականությունը շուրջ 748 անգամ: Վատ ջերմահաղորդիչներ են հեղուկները, իսկ շատ ավելի վատ՝ գազերը և այնպիսի նյութեր, ինչպիսիք են բուրդը, բամբակը, խցանը և այլն: Օրինակ՝ օդի ջերմահաղորդականությունը փոքր է ջրի ջերմահաղորդականությունից շուրջ 23 անգամ:

Մետաղների մեծ ջերմահաղորդականության հետևանքով մետաղե առարկաները շոշափելիս թվում են ավելի սառը, քան, օրինակ, փայտե առարկաները: Իրոք, քանի որ փայտը վատ ջերմահաղորդիչ է, ապա փայտե առարկային մատով դիպչելիս տաքանում է մատի հետ փայտի հպման միայն փոքր տեղամասը: Մետաղը լավ ջերմահաղորդիչ է, ուստի մատից մետաղին անցած ջերմությունն անմիջապես հաղորդվում է նրա մնացած մասերին: Դրա հետևանքով հպման տեղամասում մետաղի ջերմաստիճանը գրեթե չի բարձրանում, և ջերմության հաղորդումը մատից մետաղին անընդհատ շարունակվում է: Արդյունքը լինում է այն, որ մե-

տաղը մատիս «խլում» է ավելի շատ ջերմություն, որի հետևանքով էլ մեզ թվում է ավելի սառը:

Գազերի շատ վատ ջերմահաղորդիչ լինելը բացատրվում է այն բանով, որ նրանց մեջ մոլեկուլների հեռավորությունները շատ ավելի մեծ են, քան պինդ մարմիններում և հեղուկներում: Այդ պատճառով էլ գազի մոլեկուլների բախումները բավական հազվադեպ են, քանի որ մեծ է մի բախումից մինչև մյուսը մոլեկուլի անցած ճանապարհի միջին երկարությունը: Հետևաբար՝ էներգիան չափազանց դանդաղ է փոխանցվում մի մոլեկուլից մյուսին:

Ցածր ջերմահաղորդականությամբ նյութերն օգտագործում են որպես ջերմամեկուսիչներ: Օրինակ՝ աղյուսե պատերը սենյակի օդը լավ են պահպանում սառչելուց: Պատուհանի կրկնակի ապակիները՝ բաժանված օդի շերտով, նույնպես լավ են ջերմամեկուսացնում սենյակը: Մուշտակը ձմռանը մարդու մարմինը պահպանում է սառչելուց: Մառանները սովորաբար պատում են ջերմամեկուսիչ նյութերով (ծղոտ, թեփ և այլն), որոնք պաշտպանում են այնտեղ պահվող մթերքը տաքանալուց:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Նկարագրեք ջերմահաղորդականության երևույթը «ցուցադրող» փորձը:**
2. **Բացատրեք, թե ինչպես է ջերմահաղորդումն իրականացվում մոլեկուլների քաոսային շարժմամբ և փոխազդեցությամբ:**
3. **Ինչպե՞ս կարելի է համոզվել, որ պղնձե և պողպատե ձողերի երկայնքով ջերմահաղորդման արագությունները տարբեր են:**
4. **Թվարկեք մի քանի լավ ջերմահաղորդիչներ և վատ ջերմահաղորդիչներ:**
5. **Ինչու՞ է օդը վատ ջերմահաղորդիչ:**
6. **Ի՞նչ կիրառություններ ունեն ջերմամեկուսիչ նյութերը:**
7. **Ի՞նչ եք կարծում՝ հնարավո՞ր է ջերմահաղորդականության երևույթը վակուումում: Ինչու՞:**
8. **Տանը կատարեք հետևյալ փորձը: Վերցրեք երկու թեյի գդալ՝ մեկն արծաթե, մյուսը՝ այլ մետաղից (գերադասելի է պողպատից կամ նիկելի որևիցե համաձուլվածքից): Անհրաժեշտ է, որ գդալները լինեն նույն ձևի և չափի: Մոմով կամ պլաստիլինով գդալներին ամրացրեք մեկական փոքրիկ մեխ: Գդալները դրեք բաժակի մեջ այնպես, որ նրանց վերին ծայրերին ամրացրած մեխերը ցցված լինեն դեպի դուրս (տես նկարը):**

Բաժակի մեջ եռման ջուր լցրեք և հետևեք, թե որ մեխը կընկնի առաջինը: Ի՞նչ կասեք գդալների նյութերի ջերմահաղորդականության մասին:

Հետաքրքիր է իմանալ

Մարդու օրգանիզմի ջերմահաղորդականությունը

Մարդու օրգանիզմի տարբեր հյուսվածքների և օրգանների ջերմահաղորդականությունները նույնը չեն: Օրինակ՝ հյուսվածքային հեղուկի և արյան ջերմահաղորդականությունը քիչ է տարբերվում ջրի, իսկ շարակցական և ճարպային հյուսվածքներինը՝ օդի ջերմահաղորդականությունից: Մկանների ջերմահաղորդականությունը 2,8, իսկ ոսկրերինը՝ 4,5 անգամ մեծ է, քան օդինը: Շնորհիվ հյուսվածքային հեղուկի և արյան բարձր ջերմահաղորդականության՝ մարմնի բոլոր ներքին օրգանների ջերմաստիճանը հաստատուն է և միատեսակ: Մաշկը և ենթամաշկային ողջ թաղանթանյութը, շնորհիվ ցածր ջերմահաղորդականության, ծառայում են որպես ջերմամեկուսիչ շերտ և օրգանիզմը պահպանում սառչելուց:

§42 ԿՈՆՎԵԿՑԻԱ

Թեև հեղուկները և գազերն օժտված են ցածր ջերմահաղորդականությամբ, այդուհանդերձ, նրանց միջոցով ջերմությունը կարող է շատ արագ փոխանցվել մի տեղից մյուսը: Ո՞վ չի տեսել, թե ինչպես է վառարանի ծխնելույզից ծուխը դուրս գալիս՝ բարձրանալով դեպի վեր: Ո՞վ չի զմայվել կույտավոր ամպերով, որոնք բարձրանում են կապուտակ երկնքի հեռուները: Այս երևույթների պատճառն այսպես կոչված **կոնվեկցիան** է (լատիներեն՝ «կոնվեկտիո», նշանակում է բերել-հասցնել, մատուցել), որը պայմանավորված է օդի անհավասարաչափ տաքացմամբ: Տաքանալիս օդն ընդարձակվում է, և նրա խտությունը դառնում է ավելի փոքր, քան շրջապատող սառն օդինը: Այդ դեպքում տաք օդի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը գերազանցում է նրա կշիռը և ստիպում, որ այն բարձրանա վեր, իսկ ավելի մեծ խտությամբ սառն օդն իջնի ներքև: Տեղի է ունենում օդի սառը և տաք շերտերի մեխանիկական խառնում, որն ուղեկցվում է ջերմափոխանակմամբ: Ջերմափոխանակման այս եղանակն էլ կոչվում է կոնվեկցիա: Կոնվեկցիայով ջերմափոխանակումը բնորոշ է նաև հեղուկներին: Այսպիսով՝ **կոնվեկցիա են անվանում հեղուկի կամ գազի հոսանքների միջոցով կատարվող ջերմահաղորդումը, որը հետևանք է հեղուկի կամ գազի շերտերի անհավասարաչափ տաքացման:**

Կոնվեկցիան հեղուկներում և գազերում նյութի տեղափոխության հետևանքով ջերմության փոխանցումն է մի

տեղից մյուսը: Հիշենք, որ ջերմահաղորդականությամբ ջերմության հաղորդումը միջավայրի մի մասից մյուսը չի ուղեկցվում նյութի տեղափոխմամբ:

Բացատրելու համար, թե կոնվեկցիայի պրոցեսում ինչպես է ջերմությունը հաղորդվում հեղուկ և գազային միջավայրերում, կատարենք հետևյալ երկու փորձերը:

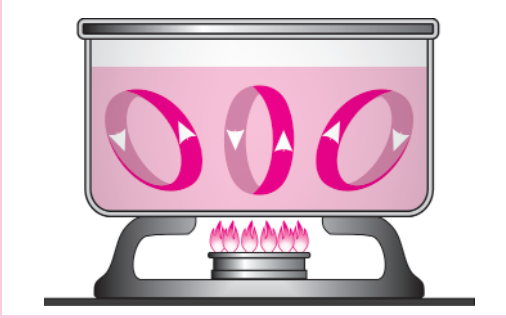
Ուղղաձիգ դրված ապակե խողովակը լցնենք ծխով: Ծուխը սովորաբար երկար է մնում խողովակում: Բայց եթե ներքևից խողովակին մոտեցնենք վառվող սպիրտայրոց, ապա տաքացած օդը, շնորհիվ կոնվեկցիայի, կբարձրանա վեր և շարժման մեջ կդնի խողովակի ներսի ծուխը: Վերջինս դուրս կգա խողովակի վերին ծայրից (նկ. 73):

Ապակե անոթի մեջ ջուր լցնենք: Անոթի հատակին դնենք կալիումի պերմանգանատի մի քանի փշուր: Հատակի մոտ ջուրը կգունավորվի մանուշակագույն: Անոթը դնենք վառվող գազօջախին կամ պահենք սպիրտայրոցի բոցի վրա: Կնկատենք, թե ինչպես են գունավորված ջրի ներքևի տաք շերտերը, արտամղվելով սառը ջրից, բարձրանում վեր: Իսկ սառը պատերի մոտի ջուրն իջնում է ներքև: Առաջանում է ջրի անընդհատ շրջապտույտ, որն ուղեկցվում է ջերմության տեղափոխմամբ (նկ. 74): Ջրի այդ շրջապտույտն էլ հենց կոնվեկցիան է, որի շնորհիվ ջուրը հավասարաչափ է տաքանում:

Կոնվեկցիայի երևույթը մեծ դեր է խաղում բնության մեջ: Նրա շնորհիվ մթնոլորտի օդը շարունակ խառնվում է, որի հետևանքով Երկրի բոլոր վայրերում օդն ունի գրեթե նույն բաղադրությունը:

Կոնվեկցիայով է պայմանավորված նաև ամպագոյացումը: Պարզ եղանակին Արեգակը տաքացնում է գետինը՝

Նկ. 73. *Տաքացած օդի հոսանքների ապակե խողովակում առաջացնում են ծխի քուլաների շարժում դեպի վեր:*

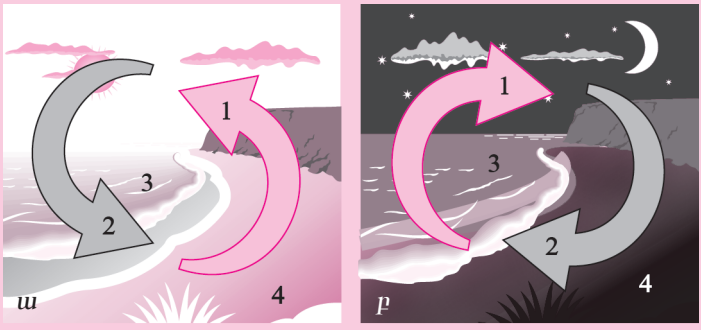


Նկ. 74. *Կոնվեկցիայի երևույթի ցուցադրումը ջրում*

Նկ. 75. *ա. Կույտավոր ամպեր: բ. Ամպի գոյացումը կոնվեկցիայով ջերմափոխանակմամբ. 1. տաք մակերևույթ (ցամաք կամ ջուր), 2. չոր օդի կոնվեկցիա, 3. խոնավ օդի կոնվեկցիայի շնորհիվ վեր բարձրացող օդի հոսանքներն ամպագոյացման պատճառն են:*

միաժամանակ տաքացնելով նաև մթնոլորտի երկրամերձ շերտը: Կոնվեկցիայի շնորհիվ տաքացած օդի այդ զանգվածը բարձրանում է վեր: Բարձրանալուն զուգընթաց՝ տաք օդն ընդարձակվում է, ընդ որում, բավականաչափ արագ, քանի որ վեր է բարձրանում համեմատաբար մեծ արագությամբ: Արագ ընդարձակվելիս վեր բարձրացող օդն աշխատանք է կատարում ոչ թե շրջապատից ստացած էներգիայի, այլ իր ներքին էներգիայի հաշվին: Օդի այդ զանգվածի ջերմաստիճանը նվազում է: Վեր բարձրացող օդն սկսում է սառչել, և եթե նաև բավականաչափ խոնավ է, ապա, որոշ բարձրությունից սկսած, գոլորշու խտացման հետևանքով առաջանում են ջրի մանրիկ կաթիլներ. գոյանում է ամպ (նկ. 75):

Կոնվեկցիայով ջերմափոխանակման հետևանք է մասնավորապես քամին: Բացատրենք, օրինակ, թե ինչպես է առափնյա վայրերում առաջանում մեղմաշունչ քամին՝ զեփյուռը:



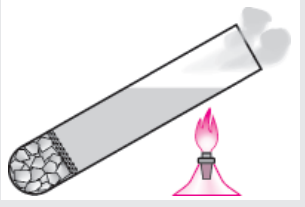
Նկ. 76. *Ցերեկն ափամերձ զեփյուռը փչում է ծովից դեպի ցամաք (ա), իսկ գիշերը՝ ցամաքից դեպի ծով (բ). 1. տաք օդ, 2. սառն օդ, 3. ծով, 4. ցամաք*

Ցերեկն Արեգակի ճառագայթները գետինն ավելի արագ են տաքացնում, քան ծովի (ջրամբարի, լճի) ջուրը, ուստի՝ ցամաքի ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քան ջրինը: Բարձր է նաև ցամաքի վրա օդի շերտի ջերմաստիճանը: Իսկ տաք օդն էլ, ընդարձակվելով, բարձրանում է վեր: Նրա տեղը զբաղեցնում է ծովից եկող սառն օդային զանգվածը: Այսպես առաջանում է քամի՝ փչելով ծովից դեպի ցամաք: Այդ քամին էլ հենց զեփյուռն է (նկ. 76, ա): Գիշերը, ընդհակառակը, գետինն ավելի արագ է պաղում, քան ջուրը, ուստի նրա ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քան ցամաքինը: Զեփյուռն արդեն փչում է ցամաքից դեպի ծով (նկ. 76, բ):

Կոնվեկցիայի երևույթն օգտագործվում է նաև կենցաղում: Կոնվեկցիայով ջերմափոխանակմամբ է տաքանում բնակարանների և, առհասարակ, փակ տարածքների օդը:

Հարցեր և առաջադրանքներ

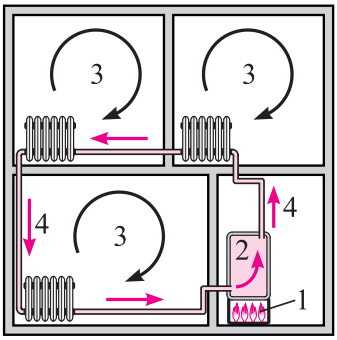
1. **Բացատրեք, թե ինչպես է տեղի ունենում ջերմափոխանակումը մթնոլորտի ստորին՝ տաք, և վերին՝ սառը, շերտերի միջև: Ձեզ հայտնի ո՞ր օրենքի վրա է հիմնված այդ ջերմափոխանակումը:**
2. **Ջերմահաղորդման ո՞ր եղանակն են անվանում կոնվեկցիա: Ո՞րն է կոնվեկցիայի և ջերմահաղորդականության երևույթների հիմնական տարբերությունը:**
3. **Նկարագրեք օդում կոնվեկցիան ցուցադրող փորձը:**
4. **Նկարագրեք ջրում կոնվեկցիան ցուցադրող փորձը:**
5. **Ինչպե՞ս է գոյանում ամպը:**
6. **Բացատրեք, թե ինչպե՞ս է առաջանում քամին:**
7. **Ինչու՞ են հեղուկներն ու գազերը տաքացնում ներքևից:**
8. **Դավիթը ցանկանում էր սառեցնել ջրով լի բաժակը սառույցի միջոցով: Նա բաժակը դրեց սառույցի վրա: Ճի՞շտ վարվեց արդյոք Դավիթը: Ինչու՞:**
9. **Փորձանոթի մեջ լցված է ջուր, իսկ հատակին, ցանցի տակ դրված են սառույցի կտորներ (տես նկարը): Ջուրը տաքացնում են վերևից: Կհալվե՞ն արդյոք սառույցի կտորները: Ինչու՞:**



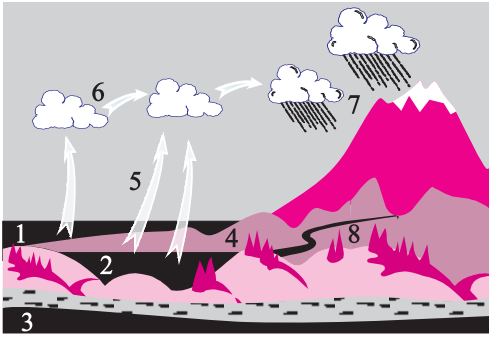
10. **Հնարավո՞ր է արդյոք կոնվեկցիան պինդ մարմիններում: Ինչու՞:**
11. **Պտտանին (տես նկարը) ներքևից մոտեցրեք վառվող գազայրիչը: Պտտանը կսկսի պտտվել: Ուժեղացրեք գազայրիչի կրակը: Պտտանի պտույտները կարագանան: Բացատրեք նկատված երևույթները:**

12. **Բացատրեք շենքի ջրային ջեռուցման գործողության սկզբունքը (տե՛ս նկարը):**

13. **Ուշադիր դիտեք նկարը և պատմեք, թե ինչպես է տեղի ունենում ջրի շրջապտույտը բնության մեջ:**



1. Հնոց, 2. կաթսա, 3. օդի հոսանքի ուղղությունը, 4. ջրի շարժման ուղղությունը խողովակներում



1. Օվկիանոս, 2. ստորգետնյա ջրեր, 3. լիճ, 4. ցամաք, 5. գոլորշիացում, 6. խտացում (ամպի առաջացում), 7. տեղումներ (անձրև, կարկուտ, ձյուն), 8. գետ (վտակ, հեղեղ)

§43 ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՓՈԽԱՆԱԿՈՒՄ

Ե՛վ կոնվեկցիայով, և՛ ջերմահաղորդականությամբ ջերմափոխանակման համար անհրաժեշտ է նյութական միջավայր: Հարց է ծագում, իսկ ինչպե՞ս է ջերմությունն Արեգակից հաղորդվում Երկրին: Չէ՞ որ դրանց միջակա տարածությունը գրեթե դատարկ է: Նշանակում է՝ գոյություն ունի ջերմահաղորդման ևս մի եղանակ:

7-րդ դասարանում ֆիզիկայի դասընթացից իմացաք, որ, բացի նյութից, կան մատերիայի նաև այլ տեսակներ, օրինակ, լույսը, ռադիոալիքները: Դրանք մատերիայի մի առանձնահատուկ տեսակի՝ էլեկտրամագնիսական դաշտի դրսևորումներ են: Էլեկտրամագնիսական դաշտը կարող է գոյություն ունենալ և՛ նյութի հետ կապված վիճակում, և՛ նյութից առանձին: Վերջին դեպքում, նյութից առանձնանալով, այն տեղափոխվում է տարածության մեջ: Այդպիսի էլեկտրամագնիսական դաշտը կոչվում է էլեկտրամագնիսական ալիք (ինչպես էլեկտրամագնիսական դաշտին, այնպես էլ էլեկտրամագնիսական ալիքներին առավել հանգամանորեն կծանոթանաք 9-րդ դասարանում): «Մեխանիկական տա-

տանումներ և ալիքներ» թեման ուսումնասիրելիս իմացաք, որ մեխանիկական ալիքը տարածվելիս էներգիա է տեղափոխում: Էլեկտրամագնիսական ալիքը նույնպես էներգիա է տեղափոխում:

Իսկ ի՞նչ էներգիա է տեղափոխվում էլեկտրամագնիսական ալիքով:

Բնական է ենթադրել, որ առանձնանալով նյութից, էլեկտրամագնիսական ալիքն «իր հետ տանում է» այդ նյութի ներքին էներգիայի որոշ մասը:

Մեկ այլ մարմնի հանդիպելով՝ էլեկտրամագնիսական ալիքները մասամբ կլանվում են, մասամբ՝ անդրադառնում, իսկ մասամբ էլ կարող են անցնել մարմնով:

Կլանվելիս էլեկտրամագնիսական ալիքների էներգիան փոխակերպվում է մարմնի ներքին էներգիայի. մարմինը տաքանում է: Մարմնի արձակած էլեկտրամագնիսական ալիքները, կամ, ինչպես ասում են, էլեկտրամագնիսական ճառագայթումն անվանում են **ջերմային ճառագայթում**:

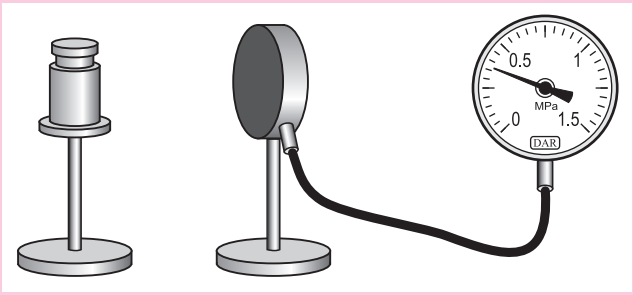
Այսպիսով՝ մի մարմինը մյուսին հաղորդում է ջերմաքանակ նաև էլեկտրամագնիսական ճառագայթմամբ:

Ջերմահաղորդումը ջերմային ճառագայթման արձակմամբ և կլանմամբ անվանում են ճառագայթային ջերմափոխանակում:

Ձեռքը ներքևից մոտեցնելով հոսանքին միացած էլեկտրական արդուկին՝ զգում ենք, թե ինչպես է ջերմությունն արդուկից հաղորդվում մեր ձեռքին: Արդուկի և ձեռքի միջև կա միայն օդի շերտ: Սակայն օդը վատ ջերմահաղորդիչ է: Նշանակում է, որ ջերմությունն արդուկից մեր ձեռքին ջերմահաղորդականությամբ չի փոխանցվում: Կոնվեկցիայով նույնպես անհնար է ջերմության հաղորդումն արդուկից մեր ձեռքին: Չէ՞ որ կոնվեկցիայով ջերմահաղորդման ժամանակ օդի տաք հոսանքները միշտ ուղղված են դեպի վեր: Ուրեմն՝ ջերմությունը արդուկից մեր ձեռքին է հաղորդվում ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ:

Այժմ պարզենք, թե ջերմային ճառագայթում կլանելիս մարմինները որքա՞ն են տաքանում: Դրա համար կատարենք հետևյալ փորձը:

Ճնշաչափին միացնենք մի սարք, որն անվանում են **ջերմաընդունիչ**: Այն մետաղե կլոր տուփ է, որի մի երեսը փայլուն է, իսկ մյուսը՝ մգացված (նկ. 77):



Նկ. 77.
Ճնշաչափին միացված ջերմաընդունիչ

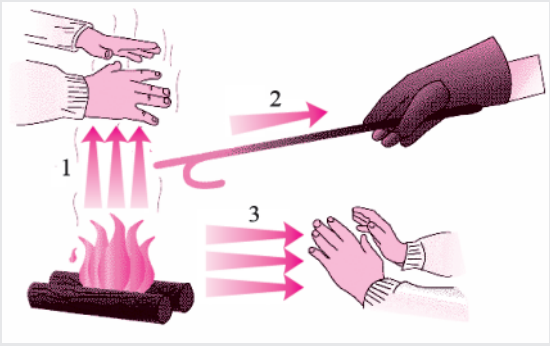
Ջերմաընդունիչը մգացրած երեսով մոտեցնենք տաքացված կշռաքարին: Ջերմաընդունիչին խողովակով միացված ճնշաչափը ցույց կտա, որ տուփի ներսում օդի ճնշումը մեծացել է, որի պատճառն օդի տաքացումն է: Եթե ջերմաընդունիչը փայլուն երեսով շրջենք դեպի տաքացված կշռաքարը, ապա ճնշաչափի ցուցմունքը զգալիորեն կփոքրանա: Դա ցույց է տալիս, որ մգացված կամ սև մակերևույթով առարկաներն ավելի լավ են կլանում ջերմային ճառագայթումը և ավելի շատ էլ տաքանում են: Փայլուն, բայց գույնի մակերևույթով առարկաներն իրենց վրա ընկնող ջերմային ճառագայթման մեծ մասն անդրադարձնում են, հետևաբար՝ քիչ են տաքանում:

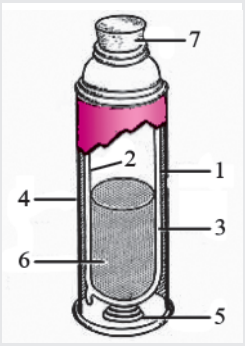
Փորձը կրկնենք, միայն թե կշռաքարն ավելի շատ տաքացնենք (օրինակ՝ շիկացնենք): Ջերմաընդունիչը շրջենք՝ դարձյալ մուգ երեսը դարձնելով դեպի կշռաքարը: Ճնշաչափի ցուցմունքը ավելի մեծ կլինի, քան նախորդ դեպքում էր: Այստեղից եզրակացնում ենք, որ ինչքան բարձր է մարմնի ջերմաստիճանը, այնքան շատ ջերմություն է հաղորդում այն շրջապատին:

Այսպիսով՝ ճառագայթային ջերմափոխանակում իրականացվում է ջերմային ճառագայթման միջոցով: Ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ է ջերմությունն Արեգակից հաղորդվում Երկրին: Ջերմային ճառագայթումը բնորոշ է բոլոր մարմիններին, անկախ իրենց ջերմաստիճանից՝ Արեգակին, Երկրին, վառարանին, էլեկտրալամպին, մարդու մարմնին: Նշենք նաև, որ ջերմային ճառագայթումը տարածվում է նաև դատարկ տարածության մեջ՝ վակուումում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչ է էլեկտրամագնիսական դաշտը: Ի՞նչ վիճակներում այն կարող է գոյություն ունենալ: Ի՞նչ է էլեկտրամագնիսական ալիքը:**
2. **Ինչո՞վ են նման և ինչո՞վ են տարբերվում էլեկտրամագնիսական և մեխանիկական ալիքները:**
3. **Ջերմահաղորդման ո՞ր եղանակն են անվանում ճառագայթային ջերմափոխանակում: Բերեք մի քանի օրինակ:**
4. **Ո՞ր մարմինն է ավելի լավ կլանում ջերմային ճառագայթումը՝ սև՞, թե՞ սպիտակ:**
5. **Ինչու՞ են օդապարիկները, ինքնաթիռի թևերը ներկում արծաթագույն, իսկ Երկրի արհեստական արբանյակներում տեղակայված որոշ սարքեր՝ մուգ գույնով:**
6. **Նայելով նկարին՝ բացատրեք, թե նշված յուրաքանչյուր դեպքում ո՞ր եղանակով է տեղի ունենում ջերմահաղորդումը՝ կոնվեկցիայո՞վ, ջերմահաղորդականությա՞մբ, թե՞ ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ:**





7. **Նկարում պատկերված է հեղուկներ պահելու համար օգտագործվող թերմոսի կառուցվածքը: Այն կրկնակի պատերով ապակե անոթ է, ընդ որում, արտաքին (1) և ներքին (2) պատերի արանքից (3) օդը հանված է: Բացատրեք՝ ինչու՞: Անոթը զետեղված է մետաղե պատյանի (4) մեջ՝ նրա հատակին ամրացված պարույրաձև զսպանի (5) վրա: Անոթը, որի մեջ լցնում են հեղուկը (6), փակում են խցանով (7): Անոթի պատերը թե՛ ներսից և թե՛ դրսից պատված են հայելային շերտով: Փորձեք բացատրել, թե ինչու: Ի՞նչ հեղուկ կարելի է պահել թերմոսում՝ տա՞ք, թե՞ սառը: Հիմնավորեք պատասխանը:**

§44 ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ՋԵՐՄՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

§40-ում դիտարկած պարզագույն փորձերից եկանք այն եզրակացության, որ մարմնի ջերմաստիճանը փոփոխելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կախված է նաև նյութի տեսակից: Եթե միևնույն զանգվածն ունեցող տարբեր մարմինների նույն պայմաններում հաղորդենք նույն ջերմաքանակները, ապա դրանք կտաքանան տարբեր չափերով: Ասում են, որ այն մարմինը, որն ավելի քիչ է տաքանում, ավելի դժվար տաքացվող է մյուս մարմնի համեմատությամբ:

Նաև ասում են, որ երկրորդ մարմինն ավելի հեշտ տաքացվող է, քան առաջինը:

Պարզենք, թե ո՞ր ֆիզիկական մեծությունն է բնութագրում մարմնի դժվար կամ հեշտ տաքանալու հատկությունը: Դրա համար դիտարկենք հետևյալ փորձը:

Վերցնենք երկու սպիրտայրոց և նրանցից ամեն մեկի մեջ լցնենք միևնույն զանգվածով, օրինակ, 6-ական գրամ սպիրտ: Սպիրտայրոցներից յուրաքանչյուրի վրա դնենք դարձյալ նույն՝ 1,6կգ զանգվածով սենյակային ջերմաստիճանի ջուր և սպիրտ պարունակող երկու անոթ: Տաքացնենք այդ հեղուկները՝ սպիրտայրոցների սպիրտը լրիվ այրելով: Չափելով ջրի և սպիրտի վերջնական ջերմաստիճանները՝ կնկատենք, որ ջրի ջերմաստիճանը բարձրացել է մոտավորապես 24 °C-ով, իսկ սպիրտինը՝ 40 °C-ով:

Վերլուծենք փորձի արդյունքները: Ե՛վ ջրին, և՛ սպիրտին, որոնց զանգվածները նույնն էին, հաղորդվեց նույն ջերմաքանակը: Ջուրն ավելի քիչ տաքացավ, քան սպիրտը: Նշանակում է՝ ջուրն ավելի դժվար տաքացվող է, քան սպիրտը: Փորձով կարելի է համոզվել նաև, որ ջուրը և սպիրտը նույն չափով տաքացնելու համար նրանց պետք է հաղորդել տարբեր ջերմաքանակներ: Ընդ որում, ջրին՝ ավելի շատ:

§39-ում փորձով պարզեցինք նաև, որ նույն զանգվածով ջրի և ձեթի ջերմաստիճանները միևնույն չափով բարձրացնելիս ձեթին հարկավոր է հաղորդել մոտ 2,4 անգամ պակաս ջերմաքանակ:

Ինչպես համոզվեցինք այդ պարագրաֆում, մարմինը տաքացնելու համար պահանջվող ջերմաքանակն ուղիղ համեմատական է մարմնի զանգվածին և մարմնի ջերմաստիճանի փոփոխությանը: Հետևաբար՝ այդ ջերմաքանակի և մարմնի զանգվածի ու ջերմաստիճանի փոփոխության հարաբերությունը տվյալ պայմաններում կախված է միայն մարմնի նյութի տեսակից:

Այսպիսով՝ մարմիններն օժտված են այնպիսի հատկությամբ, որ տվյալ պայմաններում միևնույն զանգվածով տարբեր մարմիններ նույն չափով տաքացնելու համար պահանջվում են տարբեր ջերմաքանակներ: Մարմնի այդ հատկությունը բնութագրում են մի ֆիզիկական մեծությամբ, որն անվանում են **տեսակարար ջերմունակություն**:

Մարմնի ջերմային հատկությունները բնութագրող այն ֆիզիկական մեծությունը, որը հավասար է մարմնին հաղորդած ջերմաքանակի հարաբերությանը

Աղյուսակ 4

Որոշ նյութերի տեսակարար ջերմունակությունները

Նյութ	c, Ջ/(կգ·°C)	Նյութ	c, Ջ/(կգ·°C)
Գազեր (նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ)		Պինդ մարմիններ	
Ջրածին	14 200	Փայտ (կաղնի)	2400
Ջրի գոլորշի	2000	Սառույց	2100
Ազոտ	1000	Ալյումին	920
Օդ	1000	Աղյուս	880
Թթվածին	920	Ապակի (սովորական)	670
Հեղուկներ		Պողպատ	500
		Երկաթ	460
Ջուր	4200	Պղինձ	400
Սպիրտ	2470	Ցինկ	400
Գլիցերին	2430	Արծաթ	250
Կերոսին	2100	Կապար	140
Սնդիկ	138	Ոսկի	130

մարմնի զանգվածին և մարմնի ջերմաստիճանի փոփոխությանը, կոչվում է տեսակարար ջերմունակություն:

Եթե մարմնին հաղորդած ջերմաքանակը նշանակենք Q-ով, մարմնի զանգվածը՝ m-ով, մարմնի սկզբնական ու վերջնական ջերմաստիճանները՝ համապատասխանաբար՝ t_1-ով և t_2-ով, իսկ տեսակարար ջերմունակությունը՝ c-ով, ապա, համաձայն սահմանման,

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}: \qquad (1)$$

Հասկանալի է, որ նույնքան աստիճանով սառչելիս մարմինը շրջապատին կհաղորդի նույնքան ջերմաքանակ, որքան ստացել էր տաքանալիս: Այսինքն՝ տեսակարար ջերմունակությունը հաշվելիս դարձյալ կարելի է օգտվել (1) բանաձևից, որտեղ Q-ն, սակայն, մարմնից շրջապատին անցած ջերմաքանակն է: Մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը ցույց է տալիս, թե ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 1 կգ զանգվածով մարմնի ջերմաստիճանը 1°C-ով բարձրացնելու համար, կամ ի՞նչ ջերմաքանակ է մարմնից անցնում շրջապատին, երբ մարմինը սառչում է 1°C-ով:

(1) բանաձևից հետևում է, որ մարմնի տեսակարար ջեր-

մունակության միավորը 1 Ջ/(կգ·°C)-ն է: Օրինակ՝ պղնձի տեսակարար ջերմունակությունը 400 Ջ/(կգ·°C) է: Նշանակում է՝ 1 կգ զանգվածով պղնձի կտորի ջերմաստիճանը 1°C-ով բարձրացնելու համար դրան անհրաժեշտ է հաղորդել 400 Ջ ջերմաքանակ: Նույնքան ջերմաքանակ 1 կգ զանգվածով պղնձի կտորից կանցնի շրջապատին, եթե այն սառչի 1°C-ով:

Փորձը ցույց է տալիս, որ տեսակարար ջերմունակությունը որոշ չափով կախված է մարմնի ջերմաստիճանից: Օրինակ՝ ջրի տեսակարար ջերմունակությունը սենյակային (մոտավորապես 27–30 °C) ջերմաստիճանում 4180 Ջ/(կգ·°C) է, իսկ 90°C-ում՝ 4200 Ջ/(կգ·°C):

Մի քանի նյութերի տեսակարար ջերմունակությունները ներկայացված են 4-րդ աղյուսակում:

Ուշադիր նայելով աղյուսակին՝ կարելի է նկատել, որ ջրի գոլորշու, ջրի և սառույցի տեսակարար ջերմունակությունները տարբեր են: Նշանակում է՝ միևնույն նյութի տեսակարար ջերմունակության արժեքները տարբեր ագրեգատային վիճակներում տարբեր են: Բացի այդ՝ նկատում ենք նաև, որ ջուրն ունի մեծ տեսակարար ջերմունակություն: Մասնավորապես ջրի տեսակարար ջերմունակությունը զգալիորեն ավելի մեծ է, քան հողինը: (1) բանաձևից հետևում է, որ $t_2 - t_1 = Q/(cm)$: Այսինքն՝ նույն զանգվածով երկու տարբեր մարմիններ նույն չափով տաքացնելու համար մեծ տեսակարար ջերմունակությամբ մարմնին անհրաժեշտ է հաղորդել ավելի մեծ ջերմաքանակ: Քանի որ թե՛ ծովը (այսինքն՝ ջուրը), թե՛ առափնյա ցամաքը յուրաքանչյուր վայրկյանում Արեգակից ստանում են նույն ջերմությունը, ապա պարզ է, որ ծովի տաքացման համար ավելի շատ ժամանակ է հարկավոր: Այլ կերպ ասած՝ ծովն ավելի դանդաղ է տաքանում, քան հողը:

Ծովափնյա բնակիչները լավ են զգում ջրի մեծ տեսակարար ջերմունակության ազդեցությունն իրենց վրա: Պատճառն այն է, որ ծովերը ոչ միայն դանդաղ են տաքանում գարնանը, այլև դանդաղ էլ սառչում են աշնանը՝ մեծ ջերմաքանակ տալով շրջապատին: Աշնանային տաք եղանակը պահպանվում է երկար ժամանակ, ուստի ձմեռը ծովամերձ վայրերում, որպես կանոն, մեղմ է:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ունենք մեկական կիլոգրամ զանգվածով ջուր և սպիրտ: 10 °C-ով տաքացնելու համար որի՞ն է պետք ավելի մեծ ջերմաքանակ հաղորդել:*
2. *Մարմինների ո՞ր հատկությունն է բնութագրում ջերմունակությունը: Ո՞ր ֆիզիկական մեծությունն են անվանում մարմնի (նյութի) տեսակարար ջերմունակություն: Ի՞նչ է ցույց տալիս տեսակարար ջերմունակությունը:*
3. *Ի՞նչ միավորով է չափվում տեսակարար ջերմունակությունը:*
4. *Սառույցի տեսակարար ջերմունակությունը 2100 Ջ/(կգ °C) է: Ի՞նչ է դա նշանակում:*
5. *Գրեք տեսակարար ջերմունակությունը սահմանող բանաձևը:*
6. *Ինչու՞ մեծ լճերի, ծովերի առափնյա վայրերում եղանակը մեղմ է:*
7. *Մտածե՛ք, թե որտե՞ղ կարելի է օգտագործել ջուրը՝ հաշվի առնելով նրա մեծ տեսակարար ջերմունակությունը:*

§45 ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՀԱՇՎԵԿՇՌԻ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄԸ

Մարմնի տեսակարար ջերմունակության համար ստացված (1) բանաձևի համաձայն՝ այն ջերմաքանակը, որ տաքանալիս կլանում է m զանգվածով մարմինը, տրվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

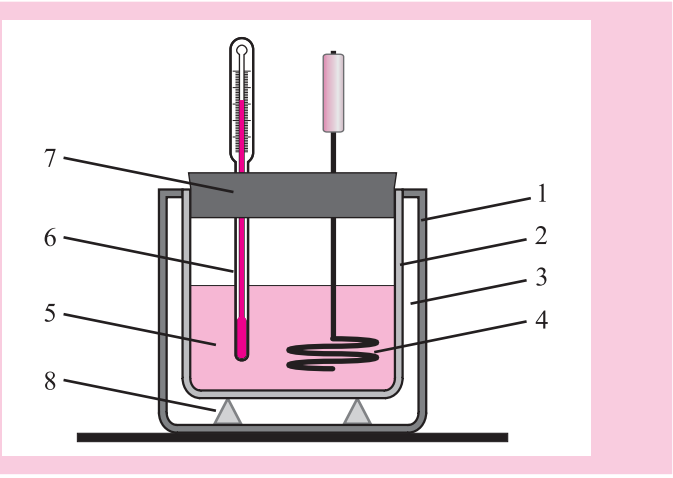
$$Q = cm(t_2 - t_1), \qquad (2)$$

որտեղ t_1-ը մարմնի սկզբնական, իսկ t_2-ը՝ վերջնական ջերմաստիճաններն են:

Սառչելիս մարմնից շրջապատին անցած ջերմաքանակը հաշվելու համար դարձյալ կարելի է օգտվել (2) բանաձևից: Քանի որ այս դեպքում $t_2 < t_1$, ապա $Q < 0$:

Այսպիսով՝ տաքանալիս մարմնի ստացած կամ սառչելիս մարմնի տված ջերմաքանակը հաշվելու համար մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը բազմապատկում են մարմնի զանգվածով և վերջնական ու սկզբնական ջերմաստիճանների տարբերությամբ:

Մարմնի կլանած կամ անջատած ջերմաքանակը փորձով չափելու համար օգտագործում են **կալորաչափ** կոչվող սարքը (լատիներեն՝ «կալոր»՝ ջերմություն բառից): Կալորաչափը բաղկացած է երկու անոթից, որոնք իրարից բաժանված են օդի շերտով (հիշենք, որ օդն ունի շատ փոքր ջերմահաղորդականություն): Ներքին անոթի հատակն արտաքին անոթի հատակից առանձնացված է ջերմամեկու-



Նկ. 78.
Կալորաչափի սխեման.
1. *արտաքին անոթ,*
2. *ներքին անոթ,*
3. *օղի շերտ,*
4. *խառնիչ,*
5. *հեղուկ,*
6. *ջերմաչափ,*
7. *խցան,*
8. *տակդիր*

սիչ տակդիրով: Վերևից ներքին անոթը փակվում է խցանով (նկ. 78), որը նույնպես վատ ջերմահաղորդիչ է: Այսպիսով՝ կալորաչափը հնարավորություն է տալիս նվազեցնելու ներքին անոթի պարունակության (օրինակ՝ հեղուկի) ջերմափոխանակությունը շրջապատի հետ:

Կալորաչափի մեջ լցնենք սառը ջուր, որի զանգվածը m_1 է, ջերմաստիճանը՝ t_1 և տաք ջուր՝ m_2 զանգվածով և t_2 ջերմաստիճանով ($t_2 > t_1$): Խառնուրդը խնամքով խառնենք և այնուհետև չափենք t վերջնական ջերմաստիճանը: Ակներև է, որ այն բարձր է սառը ջրի ջերմաստիճանից, բայց ցածր է տաք ջրի ջերմաստիճանից, այսինքն՝ $t_1 < t < t_2$:

Հաշվենք այն ջերմաքանակը, որը հաղորդվում է սառը ջրին, երբ նրա ջերմաստիճանը t_1-ից բարձրանում է մինչև t՝

$$Q_1 = cm_1(t - t_1):$$

Տաք ջրի կորցրած ջերմաքանակը, երբ նրա ջերմաստիճանն իջնում է t_2-ից մինչև t՝

$$Q_2 = cm_2(t - t_2):$$

Կալորաչափի ներսում տաք և սառը ջրերի ջերմափոխանակությունն արտաքին միջավայրի հետ աննշան է, իսկ կալորաչափի ներքին անոթի նյութի տեսակարար ջերմունակությունը շատ փոքր է ջրի տեսակարար ջերմունակությունից: Նշանակում է՝ ջերմափոխանակություն կատարվում է հիմնականում սառը և տաք ջրերի միջև:

Փորձը ցույց է տալիս, որ $Q_1 + Q_2 = 0$, այսինքն՝ տաք ջրի կորցրած և սառը ջրի ստացած ջերմաքանակների գումարը

զրո է: Այս պնդումը կարելի է ընդհանրացնել հետևյալ կերպ:

Եթե ջերմափոխանակությանը մասնակցող մարմինների համակարգը մեկուսացնենք արտաքին միջավայրից, ապա որոշ ժամանակ անց այդ մարմինների ջերմաստիճանները կհավասարվեն: Այդ ընթացքում տաք մարմինների տված Q_1 ջերմաքանակի և սառը մարմինների ստացած Q_2 ջերմաքանակի գումարը զրո է:

Այս միտքը, որ ձևակերպեցինք՝ հիմնվելով փորձի արդյունքների վրա, անվանում են **ջերմափոխանակման օրենք**, իսկ $Q_1 + Q_2 = 0$ հավասարումը՝ **ջերմային հաշվեկշռի հավասարում**:

Ջերմափոխանակման օրենքից հետևում է, որ շրջապատից մեկուսացված տարբեր ջերմաստիճանի մարմինների միջև տեղի է ունենում ջերմափոխանակում, ընդ որում, տաքացող մարմինների ներքին էներգիան ավելանում է այնքան, որքան պակասում է սառչող մարմինների ներքին էներգիան:

Այդ օրենքը հնարավորություն է տալիս որոշելու արտաքին միջավայրից մեկուսացված մարմինների համակարգի վերջնական ջերմաստիճանը: Դիցուք՝ m_1 և m_2 զանգվածներով երկու մարմին, որոնց սկզբնական ջերմաստիճաններն են t_1 և t_2 $(t_1 > t_2)$, հպված են իրար: Ջերմափոխանակման օրենքից հետևում է, որ $c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_2) = 0$, որտեղ t-ն համակարգի բոլոր մարմինների նույն վերջնական ջերմաստիճանն է.

$$t = \frac{c_1m_1t_1 + c_2m_2t_2}{c_1m_1 + c_2m_2}:$$

Մասնավորապես, եթե $c_1 = c_2$, $m_1 = m_2$, ապա

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2}:$$

Նշանակում է՝ եթե նույն զանգվածով ջրի երկու բաժիններ խառնենք իրար, ապա խառնուրդի ջերմաստիճանը հավասար կլինի առանձին բաժինների ջերմաստիճանների թվաբանական միջինին:

Ի դեպ, ջերմաստիճանը լատիներեն անվանում են «տեմպերատուրա», որը նշանակում է պատշաճ ձևով խառնում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչ բանաձևով են որոշում տաքանալիս մարմնի ստացած ջերմաքանակը: Իսկ սառչելիս մարմնի տված ջերմաքանա՞կը:**
2. **Ինչու՞ են օգտագործում կալորաչափը: Նկարագրեք կալորաչափի կառուցվածքը:**
3. **Ի՞նչ եզրակացության եկաք կալորաչափի մեջ տաք և սառը ջրերը խառնելով: Կարելի՞ էր այդ եզրակացությանը հանգել՝ տաք և սառը ջրերը խառնելով սովորական անոթի մեջ: Ինչու՞:**
4. **Ձևակերպեք ջերմափոխանակման օրենքը:**
5. **Գրեք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը և բացատրեք, թե ի՞նչ են նշանակում հավասարման ձախ և աջ մասերը:**

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. **Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ նորմալ մթնոլորտային ճնշմամբ սենյակի օդը 5 °C ջերմաստիճանից մինչև 25 °C ջերմաստիճանը տաքացնելու համար: Սենյակի չափերն են՝ $4\times5\times2{,}8$ մ^3, իսկ օդի խտությունն այդ պայմաններում 1,25 կգ/մ^3 է:**

$t_1 = 5$ °C
$t_2 = 25$ °C
$V = 4\times5\times2{,}8$ մ^3
$\rho = 1{,}25$ կգ/մ^3
$Q = ?$

Լուծում: Որոնելի Q ջերմաքանակը հաշվելու համար օգտվենք $Q = cm(t_2 - t_1)$ բանաձևից, օդի տեսակարար ջերմունակության արժեքը վերցնենք 3-րդ աղյուսակից՝ $c = 1000$ Ջ/(կգ·°C), իսկ օդի m զանգվածը հաշվենք $m = \rho V$ բանաձևով, որտեղ սենյակի ծավալը՝ $V = 4 \cdot 5 \cdot 2{,}8$ մ^3 $= 56$ մ^3:
Հետևաբար՝ որոնելի ջերմաքանակը՝

$$Q = 1000\,\frac{\text{Ջ}}{\text{կգ}^\circ\text{C}} \cdot 1{,}25\,\frac{\text{կգ}}{\text{մ}^3} \cdot 56\ \text{մ}^3 \cdot (25 - 5)^\circ\text{C} = 1400000\ \text{Ջ} = 1{,}4\ \text{ՄՋ}:$$

Պատասխան՝ 1,4 ՄՋ:

2. **Կալորաչափի մեջ լցրած է 20 °C ջերմաստիճանի 200գ զանգվածով ջուր: Ջրի մեջ իջեցրին 10 °C ջերմաստիճանի 300գ զանգվածով երկաթե և 25 °C ջերմաստիճանի 400գ զանգվածով պղնձե առարկաներ: Որոշել համակարգում հաստատված վերջնական ջերմաստիճանը: Կալորաչափի տեսակարար ջերմունակությունն անտեսել, իսկ համակարգը համարել փակ:**

$m_1 = 0{,}2$ կգ
$t_1 = 20$ °C
$m_2 = 0{,}3$ կգ
$t_2 = 10$ °C
$m_3 = 0{,}4$ կգ
$t_3 = 25$ °C
$t = ?$

Լուծում: Համաձայն ջերմային հաշվեկշռի հավասարման՝

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0,$$

որտեղ $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$, $Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2)$, $Q_1 = c_3 m_3 (t - t_3)$
Համաձայն 3-րդ աղյուսակի՝ $c_1 = 4200$ Ջ/(կգ·°C), $c_2 = 460$ Ջ/(կգ·°C), $c_3 = 400$ Ջ/(կգ·°C) , հետևաբար՝

$$c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_2) + c_3 m_3 (t - t_3) = 0:$$

Մեծությունների արժեքները տեղադրելուց և հավասարումը լուծելուց հետո ստանում ենք՝ $t = 19{,}5$ °C:

Պատասխան՝ 19,5 °C:

3. **$t_0 = 0$ °C ջերմաստիճանով միևնույն զանգվածով ալյումինե և կապարե գնդերն ընկան նույն բարձրությունից: Գետին ընկնելուց հետո ո՞ր գնդի ջերմաստիճանը կլինի ավելի բարձր և քանի՞ անգամ: Ընդունել, որ ընկնելուց հետո գնդերի մեխանիկական էներգիան ամբողջությամբ փոխակերպվում է գնդերի ներքին էներգիայի:**

Լուծում: Դիցուք՝ գնդերն ընկել են h բարձրությունից: Այդ բարձրությունում երկուսն էլ օժտված էին միևնույն mgh պոտենցիալ էներգիայով: Գետին ընկնելուց հետո հենց այդ պոտենցիալ էներգիայի չափով էլ ավելանում է յուրաքանչյուր գնդի ներքին էներգիան: Քանի որ կարևոր չէ, թե ներքին էներգիան ի՞նչ եղանակով է փոխվում՝ մեխանիկական էներգիայի փոխակերպմա՞մբ, թե՞ ջերմահաղորդմամբ, ապա, ներքին էներգիայի փոփոխությունը նշանակելով Q-ով, երկու գնդի համար էլ կարելի է գրել՝ $Q = mgh$: Մյուս կողմից՝ $Q = mc_1(t_1 - t_0) = mc_1t_1$, $Q = mc_2(t_2 - t_0) = mc_2t_2$, որտեղ c_1-ը և c_2-ը համապատասխանաբար ալյումինի և կապարի տեսակարար ջերմունակություններն են ($c_1 = 920$ Ջ/(կգ·°C), $c_1 = 140$ Ջ/(կգ·°C), իսկ t_1-ը և t_2-ը՝ ալյումինե և կապարե գնդերի վերջնական ջերմաստիճանները: Հետևաբար՝ յուրաքանչյուր գնդի համար կարելի է գրել՝

$$mc_1t_1 = mgh, \quad mc_2t_2 = mgh,$$

որտեղից՝ $mc_1t_1 = mc_2t_2$, կամ՝

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{c_1}{c_2} = 6,6:$$

Պատասխան՝ կապարե գնդի ջերմաստիճանը բարձր է 6,6 անգամ:

Հետաքրքիր է իմանալ

Ի՞նչ է կալորիան

Հնում ջերմաքանակի չափման համար կիրառվել է հատուկ միավոր՝ կալորիա (կրճատ՝ կալ): Այն սահմանել են որպես այնպիսի ջերմաքանակ, որն անհրաժեշտ է 1գ զանգվածով ջուրը 1°C-ով տաքացնելու համար: Օգտագործվել է նաև ջերմաքանակի ավելի խոշոր միավոր՝ կիլոկալորիա (կրճատ՝ կկալ)՝ 1 կկալ = 1000 կալ: Կալորիա և կիլոկալորիա միավորները ջոուլի հետ կապված են հետևյալ առնչությամբ՝ 1 կալ = 4,2 Ջ, 1 կկալ = 4,2 կՋ:

Ներկայումս կալորիայի և կիլոկալորիայի գործածությունը խիստ սահմանափակ է: Մասնավորապես դրանք գործածվում են սննդամթերքում էներգիայի քանակն արտահայտելու համար:

Մարդն իր կենսագործունեության համար անհրաժեշտ էներգիան ստանում է սննդից: Մարդու օրական սննդաբաժինը միջին հաշվով 3000 կկալ է կամ 12,6 ՄՋ: Այդ էներգիայի հաշվին աշխատանք կատարելով՝ կարելի է, օրինակ, 100 կգ զանգվածով առարկան բարձրացնել մոտավորապես 13 կմ:

§46

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 5

Պինդ մարմնի տեսակարար ջերմունակության որոշումը

Աշխատանքի նպատակը. որոշել պինդ նյութի տեսակարար ջերմունակությունը և համեմատել աղյուսակային արժեքի հետ:

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. կալորաչափ, ջերմաչափ, կշեռք՝ կշռաքարերով, թելով կապված մետաղե առարկա (որի տեսակարար ջերմունակությունը որոշելու համար), սառը ջրով լի բաժակ, տաք ջրով լցված անոթ:

Աշխատանքի ընթացքը.

1. Կշռեք մետաղե առարկան:
2. Առարկան իջեցրեք տաք ջրով լցված անոթի մեջ:
3. Կշռեք կալորաչափի ներքին անոթը:
4. Կալորաչափի ներքին անոթի մեջ լցրեք սառը ջուր (օրինակ՝ ծորակից):
5. Կշռելով ջրով լցրած կալորաչափի ներքին անոթը՝ որոշեք սառը ջրի զանգվածը:
6. Չափեք կալորաչափի մեջ լցրած սառը ջրի և անոթում պարունակվող տաք ջրի ջերմաստիճանները (տաք ջրի ջերմաստիճանը նաև մետաղե առարկայի սկզբնական ջերմաստիճանն է):
7. Առարկան հանեք տաք ջրից և արագորեն իջեցրեք սառը ջրով լցրած կալորաչափի մեջ:
8. Խառնեք կալորաչափի ջուրը և, որոշ ժամանակ սպասելով, այնուհետև չափեք ջրի վերջնական ջերմաստիճանը: Այդ նույն ջերմաստիճանը կունենան նաև առարկան և կալորաչափի ներքին անոթը:
9. Չափման արդյունքները և անհրաժեշտ տվյալները գրանցեք աղյուսակում:

Նյութեր ⇨ Նյութերի բնութագրեր ⇩	Ջուր		Ներքին անոթ		Մետաղե առարկա	
	Տառային նշանակում	Թվային արժեք	Տառային նշանակում	Թվային արժեք	Տառային նշանակում	Թվային արժեք
Տեսակարար ջերմունակություն Ջ/(կգ·°C)	c_1		c_2		c_x	
Զանգված, կգ	m_1		m_2		m	
Սկզբնական ջերմաստիճան, °C	t_1		t_1		t_2	
Վերջնական ջերմաստիճան, °C	t		t		t	

10. (2) բանաձևով հաշվեք ջրի, կալորաչափի ներքին անոթի և մետաղե առարկայի ստացած ջերմաքանակները՝

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$$
$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1)$$
$$Q_3 = c_x m (t - t_2)$$

11. Քանի որ ջերմահաղորդումը տեղի է ունենում կալորաչափում, այսինքն՝ առանց շրջապատող միջավայրի հետ ջերմափոխանակման, ապա, համաձայն ջերմային հաշվեկշռի հավասարման,

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

կամ

$$c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1) + c_x m_3 (t_2 - t) = 0:$$

Այստեղից կարելի է որոշել c_x անհայտ տեսակարար ջերմունակությունը՝

$$c_x = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t - t_1)}{m_3 (t - t_2)}:$$

c_1-ի և c_2-ի, ինչպես նաև փորձում չափված մեծությունների արժեքները տեղադրեք ստացված արտահայտության մեջ և հաշվեք c_x-ը: c_x-ի՝ ձեր հաշված արժեքը համեմատեք աղյուսակում տրված արժեքի հետ:

ԳԼՈՒԽ VI

ՆՅՈՒԹԻ ԱԳՐԵԳԱՏԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ

§47 ՆՅՈՒԹԻ ԱԳՐԵԳԱՏԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԸ

Առօրյա կյանքում մշտապես առնչվում ենք մարմինների, որոնք պինդ, հեղուկ կամ գազային վիճակում են: Օրինակ՝ ավտոմեքենան, որը պատրաստված է տարբեր պինդ մարմիններից, լիցքավորում ենք հեղուկով՝ բենզինով կամ սոլյարայուղով, որի այրման արգասիքներն ավտոմեքենայի արտանետած գազերն են:

Սակայն նույն նյութը հանդիպում է նաև տարբեր վիճակներում՝ հեղուկ, գազային և պինդ: Օրինակ՝ բնության մեջ ջուրը հանդիպում է գազային վիճակում՝ որպես ջրի գոլորշի, հեղուկ վիճակում՝ որպես սովորական ջուր, և պինդ վիճակում՝ որպես սառույց: Ե՛վ ջրի գոլորշին, և՛ ջուրը, և՛ սառույցը բաղկացած են ջրի H_2O մոլեկուլներից:

Երբ ասում ենք երկաթի գոլորշի կամ պինդ ջրածին, ապա առաջին հայացքից թվում է, թե դրանք տարօրինակ բառակապակցություններ են: Սակայն դրանք ունեն հստակ իմաստ. և՛ երկաթի գոլորշին, և՛ պինդ ջրածինը գոյություն ունեն բնության մեջ, սակայն ոչ սովորական պայմաններում:

Իսկ ի՞նչ պայմանների մասին է խոսքը: Բանն այն է, որ նյութի վիճակը որոշվում է արտաքին ֆիզիկական պայմաններով, մասնավորապես՝ ջերմաստիճանով և ճնշումով:

Մեր կյանքը հոսում է հարաբերականորեն քիչ փոփոխվող ֆիզիկական պայմաններում: Օրինակ՝ Երևանում օդի ճնշումը տատանվում է սնդիկի սյան 670 մմ արժեքի շուրջը՝ փոփոխվելով մի քանի տոկոսի սահմաններում, իսկ ջերմաստիճանը՝ տարվա ընթացքում միջին հաշվով −20 °C-ից մինչև +40 °C-ի սահմաններում:

Միանգամայն բնական է, որ ընտելացել ենք այդ սովորական պայմաններին և այդ պատճառով, ասելով, օրինակ,

«երկաթը պինդ մարմին է», «ջրածինը գազ է» և այլն, մոռանում ենք ավելացնել՝ «սովորական պայմաններում»:

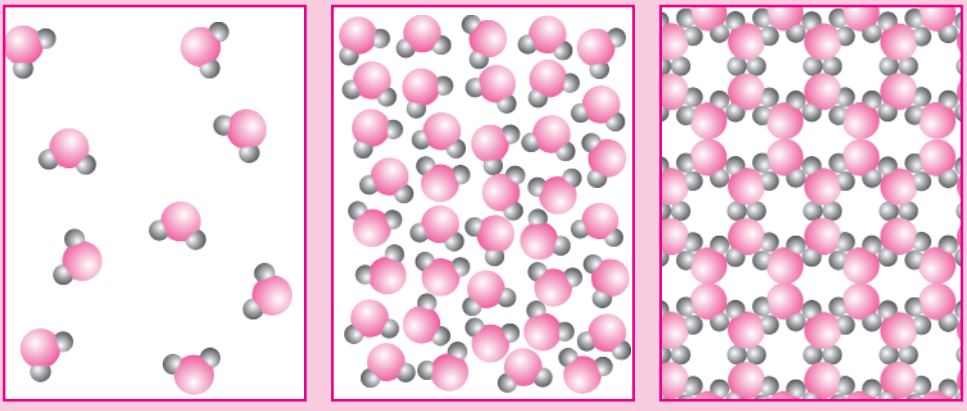
Եթե երկաթի կտորը տաքացնենք մինչև 2800 °C, ապա այն նախ՝ կհալվի, իսկ հետո՝ կգոլորշիանա: Եթե ջրածնով լցված անոթը սառեցնենք մինչև –260 °C, ապա ջրածինը նախ՝ կվերածվի հեղուկի, իսկ հետո՝ կպնդանա:

Այսպիսով՝ բոլոր նյութերը, կախված արտաքին պայմաններից, հանդիպում են պինդ, հեղուկ և գազային վիճակներում, որոնք ընդունված է անվանել **ագրեգատային վիճակներ**: Տարբեր ագրեգատային վիճակներում նյութերն ունեն տարբեր հատկություններ:

Այսպես՝ պինդ մարմինն ունի որոշակի ձև և ծավալ, որոնք փոփոխելու համար անհրաժեշտ է պինդ մարմնի վրա ուժ գործադրել: Այսինքն՝ պինդ մարմինը պահպանում է և՛ իր ձևը, և՛ ծավալը: Հեղուկը պահպանում է իր ծավալը, սակայն հեշտությամբ փոխում է ձևը՝ ընդունելով այն անոթի ձևը, որի մեջ լցված է:

Ի տարբերություն պինդ մարմնի և հեղուկի՝ գազը չունի ո՛չ սեփական ծավալ, ո՛չ էլ ձև: «Գազի ծավալ» ասելով հասկանում ենք այն անոթի տարողությունը, որի մեջ լցված է գազը:

Նույն նյութը երեք ագրեգատային վիճակներում էլ բաղկացած է նույն մոլեկուլներից կամ ատոմներից: Այդ վիճակների տարբերությունը կախված է նյութի մասնիկների դիրքերից և վարքից, այսինքն՝ ինչպե՞ս են դրանք շարժվում և ինչպե՞ս են փոխազդում:



ա բ գ

Նկ. 79
Ջրի մոլեկուլների փոխադարձ դասավորությունը ա. գազային, բ. հեղուկ, գ. պինդ վիճակներում

79-րդ նկարում պատկերված են ջրի մոլեկուլների դիրքերը տարածության մեջ երեք տարբեր վիճակներում՝ գազային (նկ. 79, ա), հեղուկ (նկ. 79, բ) և պինդ (նկ. 79, գ):

Բնության մեջ նյութի ագրեգատային վիճակի փոփոխություններ տեղի են ունենում ամենուր: Օվկիանոսների, ծովերի, լճերի և գետերի մակերևույթից ջուրը գոլորշիանում է, իսկ ջրի գոլորշին սառչելիս առաջանում են ամպեր, ցող, մառախուղ, կարկուտ կամ ձյուն: Գետերն ու լճերը ձմռանը սառչում են, իսկ գարնանը ձյունն ու սառույցը հալչում են:

Փոփոխելով արտաքին պայմանները՝ կարելի է փոփոխել նյութի ագրեգատային վիճակը: Այս հանգամանքը լայնորեն օգտագործվում է արտադրության տարբեր ոլորտներում: Օրինակ՝ մեքենաների մասեր պատրաստելու համար մետաղը հալում և լցնում են հատուկ կաղապարների մեջ, որտեղ այն նորից պնդանում է: Քիմիական արդյունաբերության մեջ և պայթեցման աշխատանքներում հաճախ օգտագործում են հեղուկ օդ և հեղուկ թթվածին, որոնք ստանում են օդի հեղուկացման միջոցով: Մետաղական կառույցվածքները եռակցելիս օգտագործում են մետաղի՝ տաքացնելիս հալվելու, իսկ սառչելիս՝ պնդանալու հատկությունը:

Ջրի, սպիրտի և ուրիշ շատ հեղուկների մաքրման համար դրանք որոշակի պայմաններում նախ՝ փոխարկում են գազի, իսկ հետո՝ խտացնում:

Այսպիսով՝ նյութի՝ մի ագրեգատային վիճակից մյուսին անցման պրոցեսների ուսումնասիրությունն ունի կարևոր գործնական նշանակություն:

Հենց այդպիսի պրոցեսների օրինաչափություններն էլ քննարկելու ենք այս գլխում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ի՞նչ ագրեգատային վիճակներում կարող է լինել նյութը:*
2. *Որո՞նք են ջրի ագրեգատային վիճակները:*
3. *Ի՞նչ գործնական նշանակություն ունի նյութի՝ ագրեգատային մի վիճակից մյուսին անցնելու երևույթը:*
4. *Ինչո՞վ են բնորոշվում նյութի այս կամ այն ագրեգատային վիճակները:*
5. *Ինչպիսի՞ դիրքերում են մոլեկուլները գազերում, հեղուկներում և պինդ մարմիններում (բացատրելիս օգտվեք 79-րդ նկարից):*

§48 ԲՅՈՒՐԵՂԱՅԻՆ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՀԱԼՈՒՄՆ ՈՒ ՊՆԴԱՑՈՒՄԸ

Չկա այնպիսի պինդ բյուրեղային մարմին, որը կարողանա դիմակայել ջերմաստիճանի անընդհատ բարձրացմանը: Վաղ թե ուշ պինդ մարմինը փոխարկվում է հեղուկի:

Բյուրեղային նյութի անցումը պինդ վիճակից հեղուկ վիճակի կոչվում է հալում:

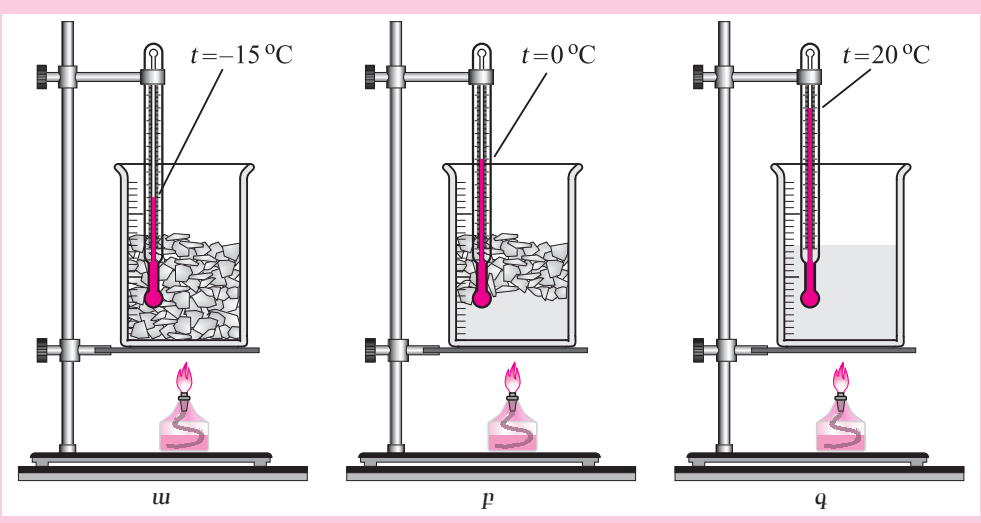
Բյուրեղային մարմնի հալումը բարդ պրոցես է: Ուսումնասիրենք այն փորձի օգնությամբ:

Փորձանոթի մեջ լցնենք −15 °C ջերմաստիճանի սառույցի մանր կտորներ, դրանց մեջ մտցնենք ջերմաչափ և փորձանոթը տաքացնենք (նկ. 80): Կտեսնենք, որ սառույցի ջերմաստիճանը բարձրանում է:

Երբ ջերմաստիճանը հասնի 0 °C արժեքին, կնկատենք, որ անոթի հատակին ջուր է հավաքվում, այսինքն՝ սառույցը սկսում է հալվել: Շարունակելով հետևել ջերմաչափի ցուցմունքին՝ կհամոզվենք, որ այն մնում է անփոփոխ՝ 0 °C, քանի դեռ սառույցն ամբողջությամբ չի հալվել, չնայած ջեռուցիչը շարունակում է տաքացնել փորձանոթը:

Այսպիսով՝ այն ամբողջ էներգիան, որ ստանում է սառույցը 0 °C-ում ջեռուցիչից, ծախսվում է նրա հալման համար:

Ինչպե՞ս բացատրել այս երևույթը: Համաձայն մոլեկուլային կինետիկ տեսության՝ սառույցը տաքացնելիս նրա մասնիկների շարժման միջին կինետիկ էներգիան մեծանում



Նկ. 80. *Տաքացնելիս փորձանոթում դիտվող երևույթները. ա. սառույցի տաքացում, բ. սառույցի հալում, գ. ջրի տաքացում*

է: Որոշակի (մեր փորձում՝ 0°C) ջերմաստիճանում սառույցի մասնիկների միջև գործող ձգողության ուժերն արդեն չեն կարողանում նրանց պահել հավասարակշռության դիրքերի մոտ: Մասնիկների կարգավորված դասավորությունը խախտվում է: Նյութը բյուրեղային վիճակից անցնում է հեղուկ վիճակի:

Գոյություն ունի որոշակի ջերմաստիճան, որից բարձր տվյալ նյութը չի կարող մնալ պինդ վիճակում:

Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում նյութը հալվում է, կոչվում է նյութի հալման ջերմաստիճան:

Ինչպես ցույց տվեց փորձը, սառույցի հալման ջերմաստիճանը 0°C է և հալման պրոցեսում չի փոփոխվում:

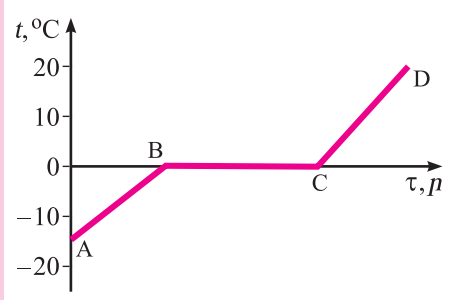
Շարունակենք դիտումը: Երբ անոթում միայն ջուր է, ջերմաչափը ցույց է տալիս, որ տաքացմանը զուգընթաց ջրի ջերմաստիճանը բարձրանում է: Այն էներգիան, որ ստանում է ջուրը ջեռուցիչից, ծախսվում է ջրի մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիայի մեծացման համար:

Եթե կառուցենք փորձանոթում նյութի ջերմաստիճանի կախումը ժամանակից, ապա կստացվի 81-րդ ա. նկարում պատկերված գրաֆիկը:

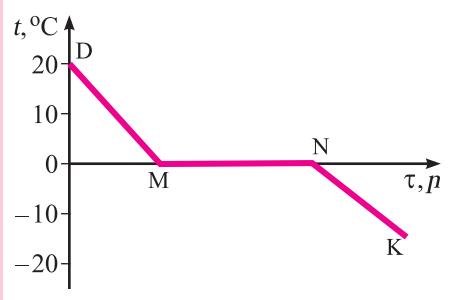
Գրաֆիկի AB տեղամասը նկարագրում է սառույցի տաքացումը սկզբնական՝ –15 °C ջերմաստիճանից մինչև հալման (0 °C) ջերմաստիճանը: BC տեղամասը բնութագրում է հալման պրոցեսը. որոշակի ջերմաքանակ կլանվում է, բայց անոթի պարունակության (սառույցի կտորների և ջրի խառնուրդի) ջերմաստիճանը մնում է անփոփոխ: CD տեղամասը նկարագրում է ջրի տաքացումը: Երբ ջերմաստիճանը հասնում է +20 °C-ի (գրաֆիկի D կետը), ջեռուցիչն անջատում են:

Փորձանոթում ջրի ջերմաստիճանն իջեցնելիս տեղի է

Նկ. 81. *Փորձանոթում սառույցի ջերմաստիճանի փոփոխությունը ա. տաքացնելիս բ. ջեռուցիչն անջատելուց հետո*



ա



բ

Աղյուսակ 5

Որոշ նյութերի հալման ջերմաստիճանները (ճնշումը՝ 760 մմ սնդ. սյան)

Նյութ	$t_հ$, °C	Նյութ	$t_հ$, °C	Նյութ	$t_հ$, °C
Ջրածին	–259	Կալիում	63	Ոսկի	1064
Թթվածին	–218	Նավթալին	80	Պղինձ	1083
Ազոտ	–210	Նատրիում	98	Թուջ	1200
Օդ	–213	Անագ	232	Երկաթ	1539
Սպիրտ	–214	Կապար	327	Պողպատ	1300-1500
Սնդիկ	–39	Ցինկ	420	Պլատին	1772
Սառույց	0	Ալյումին	660	Օսմիում	3045
Ցեզիում	29	Արծաթ	962	Վոլֆրամ	3387

ունենում հակառակ պրոցեսը, որը նկարագրվում է 81-րդ բ. նկարում պատկերված գրաֆիկով:

Ինչպես երևում է գրաֆիկից, DM տեղամասում ջրի ջերմաստիճանը նվազում է: Երբ այն հասնում է 0 °C-ի, ջուրը է պնդանում է՝ վերածվելով սառույցի (MN տեղամաս), ընդ որում, բյուրեղացման ընթացքում ջերմաստիճանը մնում է անփոփոխ: Բյուրեղացման ավարտից հետո միայն ջերմաստիճանը նվազում է (NK տեղամաս):

Տարբեր բյուրեղային մարմիններ ունեն հալման տարբեր ջերմաստիճաններ: Որոշ նյութերի հալման ջերմաստիճանները նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ ներկայացված են 5-րդ աղյուսակում:

Փորձը ցույց է տալիս, որ նյութերը պնդանում (բյուրեղանում) են այն ջերմաստիճանում, որ ջերմաստիճանում հալվում են:

Անդրադառնանք 5-րդ աղյուսակին: Նրանից երևում է, որ որոշ նյութեր (օրինակ՝ ջրածին, սպիրտ) հալվում (պնդանում) են շատ ցածր ջերմաստիճաններում, որոշ նյութեր էլ (օրինակ՝ օսմիում, վոլֆրամ)՝ շատ բարձր:

Դժվարահալ (1650 °C-ից բարձր հալման ջերմաստիճան ունեցող) մետաղները և դրանց համաձուլվածքներն օգտագործվում են որպես ջերմադիմացկուն նյութեր ինքնաթիռաշինության մեջ, հրթիռային և տիեզերական տեխնիկայում, ատոմային էներգետիկայում և այլ բնագավառներում:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ո՞ր պրոցեսն է կոչվում հալում:**
2. **Ո՞ր պրոցեսն է կոչվում պնդացում:**
3. **Ի՞նչ է հալման ջերմաստիճանը:**
4. **Կհալվի՞ արդյոք կապարը, եթե այն գցեն հալված անագի մեջ: Պատասխանը հիմնավորեք:**
5. **Կարելի՞ է արդյոք ալյումինե ամանի մեջ ցինկ հալել: Պատասխանը հիմնավորեք:**
6. **Ինչու՞ ցուրտ շրջաններում արտաքին օդի ջերմաստիճանը չափելու համար օգտագործում են սպիրտային և ոչ թե սնդիկային ջերմաչափներ:**
7. **Ինչպե՞ս կարելի է դատել տաքանալիս և հովանալիս նյութի ջերմաստիճանի փոփոխության մասին գրաֆիկի միջոցով:**

Հետաքրքիր է իմանալ...

«Բյուրեղ» բառը հունարեն «կրիստալոս» բառից է, որ նշանակում է սառույց: Ներկայումս գիտությանը հայտնի է սառույցի 11 տեսակ, որոնք տարբերվում են իրենց ներքին կառուցվածքով և ստացվում են ջերմաստիճանների ու ճնշումների տարբեր տիրույթներում:

Չյան և սառույցի ընդհանուր զանգվածը Երկրի զանգվածի մոտավորապես չորս միլիոներորդական ($4 \cdot 10^{-6}$) մասն է: Սառույցի այս զանգվածը բավարար է մեր մոլորակի մակերևույթը 53 մետր հաստությամբ շերտով պատելու համար: Եթե հանկարծ այդ ամբողջ զանգվածը հալչի՝ փոխակերպվելով 0 °C ջերմաստիճանի ջրի, ապա համաշխարհային օվկիանոսի մակարդակը կբարձրանա մոտավորապես 64 մետր:

Սառցապատ տարածքներն զբաղեցնում են Երկրի ցամաքի մակերևույթի շուրջ 11 %-ը, իսկ երկրագնդի սառույցի 90 %-ն Անտարկտիդայում է:

§49 ՀԱԼՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

Փորձով ուսումնասիրելով միևնույն զանգվածով տարբեր բյուրեղային նյութերի հալումը՝ կարելի է նկատել, որ յուրաքանչյուր նյութ հալման ջերմաստիճանում հեղուկի փոխարկելու համար պահանջվում է որոշակի ջերմաքանակ:

Այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է տվյալ զանգվածով բյուրեղային նյութը հալման ջերմաստիճանում հեղուկի փոխարկելու համար, կոչվում է հալման ջերմություն: Որքան մեծ է տվյալ բյուրեղային նյութի զանգվածը, այնքան մեծ ջերմաքանակ է պահանջվում այն հալելու համար: Այսինքն՝ հալման ջերմությունն ուղիղ համեմատական է մարմնի զանգվածին:

Այն ֆիզիկական մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե ինչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ հաղորդել 1 կգ զանգվածով բյուրեղային մարմնին այն հալման ջերմաստիճանում ամբողջությամբ հեղուկի վերածելու համար, կոչվում է հալման տեսակարար ջերմություն:

Հալման տեսակարար ջերմությունը սովորաբար նշանակում են λ (կարդացվում է՝ լամբդա) տառով:

m զանգվածով բյուրեղային մարմնի հալման համար անհրաժեշտ Q ջերմաքանակը հալման ջերմաստիճանում հաշվելու համար պետք է λ հալման տեսակարար ջերմությունը բազմապատկել մարմնի զանգվածով.

$$Q = \lambda m: \qquad (1)$$

(1) բանաձևից հետևում է, որ հալման տեսակարար ջերմությունը չափվում է 1 Ջ/կգ միավորով:

Նյութերի հալման տեսակարար ջերմությունները որոշում են փորձով: Մի քանի նյութերի հալման տեսակարար ջերմությունները հալման ջերմաստիճանում ներկայացված են 6-րդ աղյուսակում:

Սառույցի մեծ հալման տեսակարար ջերմություն ունենալը որոշիչ դեր է խաղում երկրագնդի վրա կյանքի գոյության համար: Բանն այն է, որ մեծ հալման տեսակարար ջերմություն ունենալու հետևանքով սառույցը դանդաղ է հալվում: Հակառակ դեպքում երկրագնդի հավերժական սառույցի տիրույթները վաղուց արդեն հալված կլինեին, որը կհանգեցներ էկոլոգիական աղետալի հետևանքների:

Հալման ջերմաստիճանում պինդ նյութի հալույթի ներքին էներգիան մեծ է նույն զանգվածով պինդ նյութի ներքին էներգիայից, քանի որ հալման պրոցեսում բյուրեղային մարմնին հաղորդվում է որոշակի ջերմաքանակ:

Աղյուսակ 6

Որոշ նյութերի հալման տեսակարար ջերմությունները

Նյութ	λ, Ջ/կգ	Նյութ	λ, Ջ/կգ	Նյութ	λ, Ջ/կգ
Ալյումին	$3{,}9 \cdot 10^5$	Ցինկ	$1{,}2 \cdot 10^5$	Ջրածին	$0{,}59 \cdot 10^5$
Սառույց	$3{,}4 \cdot 10^5$	Սպիրտ	$1{,}1 \cdot 10^5$	Անագ	$0{,}59 \cdot 10^5$
Երկաթ	$2{,}7 \cdot 10^5$	Արծաթ	$0{,}87 \cdot 10^5$	Կապար	$0{,}25 \cdot 10^5$
Պղինձ	$2{,}1 \cdot 10^5$	Պողպատ	$0{,}84 \cdot 10^5$	Թթվածին	$0{,}14 \cdot 10^5$
Պարաֆին	$1{,}5 \cdot 10^5$	Ոսկի	$0{,}67 \cdot 10^5$	Սնդիկ	$0{,}12 \cdot 10^5$

Մանրազնին կատարված փորձերը ցույց են տալիս, որ բյուրեղային նյութի հալույթի պնդացման (բյուրեղացման) պրոցեսում անջատվում է ճիշտ նույն ջերմաքանակը, որը կլանվել է այն հալելիս:

Բյուրեղանալիս m զանգվածով մարմնի տված ջերմաքանակը որոշվում է՝

$$Q = -\lambda m \qquad (2)$$

բանաձևով, որտեղ «$-$» նշանը ցույց է տալիս, որ բյուրեղացման պրոցեսում հալույթը շրջապատին է տալիս λm ջերմաքանակ, որի հետևանքով հալույթի ջերմաստիճանը ($t_{\text{հ}}$) մնում է հաստատուն:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ինչի՞ համար է ծախսվում հալման ջերմաստիճանում բյուրեղային մարմնին ջեռուցչի տված էներգիան:**
2. **Ի՞նչն են անվանում հալման ջերմություն:**
3. **Ի՞նչն են անվանում հալման տեսակարար ջերմություն:**
4. **Ի՞նչ միավորով է չափվում հալման տեսակարար ջերմությունը միավորների ՄՀ-ում:**
5. **Ի՞նչ է նշանակում «պարաֆինի հալման տեսակարար ջերմությունը 150 կՋ/կգ է» արտահայտությունը:**
6. **Ինչպե՞ս են հաշվում այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է հալման ջերմաստիճանում բյուրեղային մարմինը հալելու համար:**
7. **Հալվող սառույցը բերեցին սենյակ, որտեղ ջերմաստիճանը $0\,^\circ C$ է: Կշարունակի՞ արդյոք սառույցը հալվել:**
8. **Ո՞ր մարմինն ունի ավելի մեծ ներքին էներգիա՝ $0\,^\circ C$ ջերմաստիճանի սառույցի կտորը, թե՞ դրանից ստացված $0\,^\circ C$ ջերմաստիճանի ջուրը:**
9. **Ինչպե՞ս հաշվել այն ջերմաքանակը, որը բյուրեղանալիս անջատում է հալման ջերմաստիճան ունեցող մարմինը:**

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. **Ի՞նչ ջերմաքանակ է պահանջվում հալման ջերմաստիճանում 10 գ զանգվածով ոսկու կտորը հալելու համար:**

$m = 10\,\text{գ} = 10^{-2}\,\text{կգ}$
$\lambda = 0,67 \cdot 10^5\,\text{Ջ/կգ}$
$Q = ?$

Լուծում: Հալման ջերմաստիճանում բյուրեղային նյութը հալելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը հաշվում են $Q = \lambda m$ բանաձևով: 6-րդ աղյուսակից վերցնելով ոսկու հալման տեսակարար ջերմության արժեքը՝ $\lambda = 0,67 \cdot 10^5\,\text{Ջ/կգ}$, կստանանք՝

$$Q = \lambda m = 0,67 \cdot 10^5\,\text{Ջ/կգ} \cdot 10^{-2}\,\text{կգ} = 0,67 \cdot 10^3\,\text{Ջ} = 670\,\text{Ջ}:$$

Պատասխան՝ 670 Ջ:

2. ***Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ −10 °C ջերմաստիճանի 5 կգ զանգվածով սառույցը 20 °C ջրի փոխարկելու համար:***

$m = 5$ կգ
$t_1 = -10$ °C
$t_հ = -0$ °C
$t_2 = -20$ °C
$c_u = 2{,}1 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C
$\lambda = 3{,}4 \cdot 10^4$ Ջ/կգ
$c_ջ = 4{,}2 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C

$Q = ?$

Լուծում: Այս տիպի խնդիրներ լուծելիս պետք է ուշադրություն դարձնել այն հանգամանքին, որ միևնույն նյութի տեսակարար ջերմունակության արժեքը տարբեր ագրեգատային վիճակներում տարբեր է: Սառույցը նախ պետք է տաքացնել մինչև $t_հ = -0$ °C հալման ջերմաստիճանը: Դրա համար պահանջվում է

$$Q_1 = c_u m(t_հ - t_1) =$$
$$= 2{,}1 \cdot 10^3 \text{ Ջ/կգ·°C} \cdot 5 \text{ կգ } (0 \text{ °C} - (-10 \text{ °C})) = 1{,}05 \cdot 10^5 \text{ Ջ}$$

ջերմաքանակ: Այնուհետև հալման ջերմաստիճանում սառույցի հալման համար պահանջվում է

$$Q_2 = \lambda m = 5 \text{ կգ} \cdot 3{,}4 \cdot 10^4 \text{ Ջ/կգ} = 17 \cdot 10^5 \text{ Ջ}$$

ջերմաքանակ: Սառույցի հալվելուց առաջացած ջուրը 0 °C-ից մինչև 20 °C տաքացնելու համար պահանջվում է

$$Q_3 = c_ջ m(t_2 - t_1) =$$
$$= 4{,}2 \cdot 10^3 \text{ Ջ/կգ·°C} \cdot 5 \text{ կգ } (20 \text{ °C} - 0 \text{ °C}) = 4{,}2 \cdot 10^5 \text{ Ջ}$$

ջերմաքանակ:

Ընդհանուր ջերմաքանակը՝

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1{,}05 \cdot 10^5 \text{ Ջ} + 17 \cdot 10^5 \text{ Ջ} + 4{,}2 \cdot 10^5 \text{ Ջ} = 22{,}25 \cdot 10^5 \text{ Ջ}$$

Պատասխան՝ $22{,}25 \cdot 10^5$ Ջ:

3. ***Ինչքա՞ն էներգիա է անհրաժեշտ 0,5 կգ զանգվածով կապարի կտորը հալելու համար, եթե դրա սկզբնական ջերմաստիճանը 27 °C է:***

Լուծում: Յուրաքանչյուր բյուրեղային նյութ հալելու համար անհրաժեշտ է նախ՝ այն տաքացնել մինչև հալման ջերմաստիճան, այնուհետև անփոփոխ հալման ջերմաստիճանում նրան հաղորդել հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակ: m զանգվածով կապարի կտորը մինչև հալման ջերմաստիճան ($t_հ$) տաքացնելու համար անհրաժեշտ է $Q_1 = mc(t_հ - t_1)$ ջերմաքանակ, որտեղ c-ն կապարի տեսակարար ջերմունակությունն է, t_1-ը՝ սկզբնական ջերմաստիճանը: Նկատի ունենալով նաև հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը՝ $Q_2 = \lambda m$, կստանանք՝

$m = 0{,}5$ կգ
$t_1 = 27$ °C
$t_հ = 327$ °C
$c = 140$ Ջ/կգ·°C
$\lambda = 2{,}5 \cdot 10^4$ Ջ/կգ

$Q = ?$

$$Q = Q_1 + Q_2 = mc(t_հ - t_1) + \lambda m =$$
$$= 0{,}5 \text{ կգ} \cdot 140 \text{ Ջ/կգ·°C } (327 \text{ °C} - 27 \text{ °C}) + 0{,}5 \text{ կգ} \cdot 2{,}5 \cdot 10^4 \text{ Ջ/կգ} =$$
$$= (70 \cdot 300 + 1{,}25 \cdot 10^4) \text{ Ջ} = 3{,}35 \cdot 10^4 \text{ Ջ}.$$

Պատասխան՝ $3{,}35 \cdot 10^4$ Ջ:

§50 ԳՈԼՈՐՇԻԱՑՈՒՄ ԵՎ ԽՏԱՑՈՒՄ

Նյութի անցումը հեղուկ կամ պինդ վիճակից գազային վիճակի կոչվում է շոգեգոյացում: Գոյություն ունի շոգեգոյացման երկու ձև՝ **գոլորշիացում** և **եռում**:

Հեղուկի ազատ մակերևույթից շոգեգոյացումը կոչվում է գոլորշիացում:

Առօրյա փորձերից հայտնի է, որ բաց անոթում հեղուկի քանակը ժամանակի ընթացքում պակասում է. այն գոլորշիանում է: Ինչպե՞ս բացատրել այդ երևույթը:

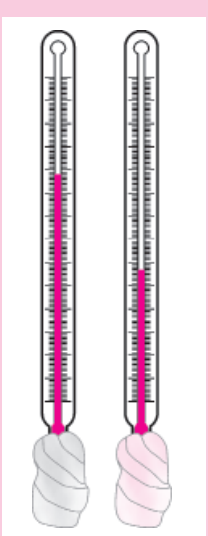
Արդեն գիտենք, որ հեղուկում մոլեկուլները կատարում են անընդհատ և անկանոն շարժում: Հեղուկի ջերմաստիճանը կախված է մոլեկուլների շարժման միջին կինետիկ էներգիայից: Բայց հեղուկի առանձին մոլեկուլներ ունեն միջինից մեծ կինետիկ էներգիա, ուստի կարողանում են հաղթահարել միջմոլեկուլային ձգողական ուժերը և դուրս թռչել հեղուկից: Հեղուկի մակերևույթից դուրս թռած մոլեկուլները հեղուկի վրա առաջացնում են գոլորշի:

Գոլորշիացման պրոցեսում հեղուկից հեռանում են առավել արագ շարժվող և, հետևաբար՝ առավել մեծ կինետիկ էներգիայով օժտված մոլեկուլները, ուստի մնացած մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան փոքրանում է, այսինքն՝ հեղուկը հովանում է:

Գոլորշիացման ժամանակ հեղուկի հովացումը կարելի է դիտել հետևյալ փորձում: Եթե ձեռքի վրա կաթեցնենք եթեր կամ սպիրտ, ապա անմիջապես սառնություն կզգանք: Ձեռքի մակերևույթից գոլորշիանալով՝ հեղուկը հովանում է և ձեռքից վերցնում որոշակի ջերմաքանակ:

Կատարեք նաև հետևյալ փորձը: Երկու ջերմաչափերի պահեստարանները փաթաթենք բամբակով (նկ. 82): Գրանցենք ջերմաչափերի ցուցմունքները: Այնուհետև ջերմաչափերից մեկի բամբակի վրա կաթոցիկով կաթեցնենք սպիրտ: Մի քանի րոպե անց նորից գրանցելով ջերմաչափերի ցուցմունքները՝ կհամոզվենք, որ թրջված պահեստարանով ջերմաչափի ցուցմունքը ցածր է մյուս ջերմաչափի ցուցմունքից, որը հետևանք է սպիրտի գոլորշիացման հետևանքով ջերմաչափի սնդիկի հովացման:

Այժմ փորձերի օգնությամբ պարզենք, թե ինչից է կախված հեղուկի գոլորշիացման արագությունը:



Նկ. 82. *Չոր և թրջված պահեստարաններով ջերմաչափերի ցուցմունքները*

Եթե միատեսակ բաժակների մեջ լցնենք հավասար զանգվածներով, միևնույն ջերմաստիճանի սպիրտ ու ջուր, և բաժակները հավասարակշռենք լծակավոր կշեռքի վրա, ապա որոշ ժամանակ անց կտեսնենք, որ սպիրտով լցված բաժակի ծայրը բարձրանում է, ուրեմն՝ սպիրտի զանգվածը փոքրացել է ջրի զանգվածից: Նշանակում է՝ սպիրտն ավելի արագ է գոլորշիանում, քան ջուրը, այսինքն՝ գոլորշիացման արագությունը կախված է հեղուկի տեսակից: Ավելի արագ է գոլորշիանում այն հեղուկը, որի մոլեկուլներն իրար ավելի թույլ են ձգում:

Նույն փորձը կատարենք՝ բաժակների մեջ լցնելով հավասար զանգվածներով տաք և սառը ջուր: Որոշ ժամանակ անց կտեսնենք, որ տաք ջրով լցված բաժակի ծայրը բարձրանում է: Նշանակում է՝ գոլորշիացման արագությունը կախված է հեղուկի ջերմաստիճանից, որի բարձրացմանը զուգընթաց գոլորշիացման արագությունը մեծանում է, քանի որ մեծանում է արագ շարժվող այն մոլեկուլների թիվը, որոնք ունակ են հաղթահարելու հեղուկի մոլեկուլների ձգողության ուժերը և դուրս թռչելու հեղուկի մակերևույթից:

Գոլորշիացման արագությունը կախված է նաև հեղուկի ազատ մակերևույթի չափերից: Նորից կշեռքի ծայրերի վրա հավասարակշռենք արագ գոլորշիացող հեղուկով, օրինակ, եթերով լցված սրվակը և ափսեն: Կտեսնենք, թե ինչպես է աստիճանաբար բարձրանում կշեռքի այն ծայրը, որին դրված է ավելի մեծ մակերևույթով հեղուկի ափսեն:

Մոլեկուլների՝ հեղուկից գոլորշի անցնելուն զուգընթաց ընթանում է նաև հակառակ պրոցեսը: Հեղուկից հեռացած և հեղուկի մակերևույթից վեր կուտակված մոլեկուլների մի մասն անկանոն շարժման հետևանքով նորից վերադառնում է հեղուկ:

Նյութի անցումը գազային վիճակից հեղուկ վիճակի անվանում են խտացում:

Եթե գոլորշիացումը տեղի է ունենում բաց անոթից, ապա հեղուկի և նրա գոլորշու միջև հավասարակշռություն չի հաստատվում, քանի որ գոլորշու մի մասը հեղուկի մակերևույթից հեռանում է, և միավոր ժամանակում հեղուկից գոլորշի անցնող մոլեկուլների թիվը գերազանցում է հեղուկ վերադարձող մոլեկուլների թիվը: Այդպիսի գոլորշին կոչվում է **չհագեցած**:

Եթե մակերևույթի մոտ, որից տեղի է ունենում հեղուկի գոլորշիացում, ձեռքը թափահարելով կամ հովհարով

առաջացնենք օդի շարժում, ապա այն կտանի գոլորշու մի մասը, ուստի հեղուկ վերադարձող մոլեկուլների թիվը կպակասի, և գոլորշիացումն ավելի արագ կընթանա:

Գոլորշիացող հեղուկի և նրա գոլորշու միջև հավասարակռություն կհաստատվի, եթե անոթը փակ է, իսկ հեղուկի ջերմաստիճանը չի փոփոխվում: Այդ դեպքում միավոր ժամանակում հեղուկ վերադարձող մոլեկուլների թիվը ժամանակի ընթացքում հավասարվում է հեղուկից միավոր ժամանակում հեռացող մոլեկուլների թվին: Հեղուկի և նրա գոլորշու միջև հավասարակշռության այդպիսի վիճակը կոչվում է **շարժուն հավասարակշռություն**, իսկ գոլորշին, որն իր հեղուկի հետ շարժուն հավասարակշռության մեջ է, կոչվում է **հագեցած**:

Խտացում հնարավոր է նաև այն ժամանակ, երբ գոլորշին չի հպվում հեղուկին: Հենց խտացումով է, օրինակ, բացատրվում ամպերի առաջացումը: Երկրի մակերևույթից վերև բարձրանալիս ջրի գոլորշու մոլեկուլները մթնոլորտի ավելի սառը շերտերում միավորվում են ջրի մանրագույն կաթիլների ձևով, որոնք, իրար մոտ հավաքվելով, առաջացնում են ամպեր:

Բնական պայմաններում խոնավությունն օվկիանոսներից, ծովերից և գետերից մթնոլորտ փոխանցման միակ եղանակը գոլորշիացումն է, որն ապահովում է ջրի շրջապտույտը բնության մեջ:

Նյութի հեղուկ վիճակից գազայինի անցման երևույթը լայնորեն օգտագործվում է տեխնիկայում: Օրինակ՝ ջերմաէլեկտրակայաններում ջրից ստացվող գոլորշին աշխատեցնում է շոգետուրբինները:

Տիեզերանավի իջեցվող ապարատը պատում են արագ գոլորշիացող հատուկ նյութով, որպեսզի վերացնեն շփումից նրա գերտաքացումը, երբ այն Երկրին մոտենալիս անցնում է մթնոլորտի խիտ շերտերով:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. *Ի՞նչ է շոգեգոյացումը, և ի՞նչ ձևով է այն ընթանում:*
2. *Ի՞նչ է գոլորշիացումը:*
3. *Ինչու՞ է հեղուկը գոլորշիանում բոլոր ջերմաստիճաններում:*
4. *Ինչի՞ց է կախված հեղուկի գոլորշիացման արագությունը:*
5. *Ինչպե՞ս է կախված գոլորշիացման արագությունը հեղուկի ջերմաստիճանից:*
6. *Ինչպե՞ս է կախված գոլորշիացման արագությունը հեղուկի ազատ մակերևույթի մակերեսից:*

7. **Ինչու՞ է հեղուկի գոլորշիացումն ավելի արագ կատարվում քամու առկայությամբ:**
8. **Ինչու՞ է գոլորշիացման ժամանակ հեղուկի ջերմաստիճանը նվազում:**
9. **Ի՞նչ է խտացումը:**
10. **Ո՞ր գոլորշին է կոչվում հագեցած:**

§51 ԵՌՈՒՄ: ԵՌՄԱՆ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆ

Դիտենք ջրի տաքացումը ապակե բաց անոթում՝ պարբերաբար չափելով նրա ջերմաստիճանը (նկ. 83): Որոշ ժամանակ անց կնկատենք, որ ջրում առաջացել են բազմաթիվ մանր պղպջակներ, որոնց չափերն աստիճանաբար մեծանում են, և դրանք լողում են դեպի հեղուկի բաց մակերևույթ: Մակերևույթին պղպջակները պայթում են, և նրանց մեջ պարունակվող գոլորշին դուրս է նետվում մթնոլորտ: Եռալույց առաջ լսվում է բնորոշ խշշոց՝ աղմուկ, երբեմն առաջանում է մառախուղ, երբ ջրի գոլորշին անոթի վերևում հովանում է և խտանում փոքրիկ կաթիլների ձևով:

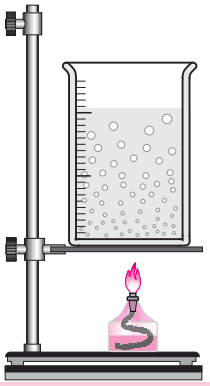
Ինչպե՞ս է բացատրվում ջրի կամ որևէ հեղուկի եռման երևույթը:

Հավանաբար, ձեզ հետաքրքրել է, թե ինչու՞ են ջրում առաջանում պղպջակներ, ինչու՞ են դրանց չափերը մեծանում, և ինչու՞ են պղպջակները բարձրանում վեր:

Ջրում միշտ կան նրա մեջ լուծված օդի պղպջակներ, որոնք անզեն աչքով տեսանելի չեն: Քննարկենք առանձին պղպջակի «վարքը» ջրում:

Յուրաքանչյուր պղպջակում նրա մակերևույթից ջուրն անընդհատ գոլորշիանում է, իսկ գոլորշին՝ խտանում (նկ. 84,ա): Պղպջակի պատերին ներսից ճնշում են օդը և գոլորշին, դրսից՝ մթնոլորտը և պղպջակից վեր ջրի սյունը: Դրսի և ներսի ճնշումների հավասարության դեպքում պղպջակի չափերը չեն փոփոխվում (նկ. 84,բ):

Ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց գոլորշու խտությունը պղպջակում աճում է, ճնշումը նրա մեջ մեծանում է, և պղպջակի ծավալը մեծանում է: Հետևաբար՝ մեծանում է պղպջակի վրա ազդող արտամղող (արքիմեդյան) ուժը (նկ. 84,գ): Այդ ուժի ազդեցությամբ պղպջակը բարձրանում է վեր՝ դեպի ջրի մակերևույթ: Ջրի վերին շերտերում ջերմաստիճանն ավելի ցածր է, քան ստորին շերտերում,



Նկ. 83.
Ջրի տաքացումը բաց անոթում

Նկ. 84.
ա. *Պղպջակում գոլորշին հագեցած է:*
բ. *Տրված ջերմաստիճանում պղպջակն ունի որոշակի ծավալ:*
գ. *Ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց պղպջակի վրա ազդող արքիմեդյան ուժը մեծանում է:*

ուստի պղպջակի բարձրանալուն զուգընթաց ջրի գոլորշին նրա մեջ խտանում է, օդը նորից լուծվում է ջրում, և պղպջակի ծավալը փոքրանում է:

Շատ պղպջակներ, չհասնելով ջրի մակերևույթ, անհետանում են, և եռումից առաջ լսում ենք աղմուկ՝ խշշոց: Այդ պրոցեսը շարունակվում է, քանի դեռ ջրի վերին շերտերում ջերմաստիճանն ավելի ցածր է, քան ստորին շերտերում: Երբ հեղուկի ամբողջ ծավալում հաստատվում է նույն ջերմաստիճանը, վերև բարձրացող պղպջակի ծավալն անընդհատ աճում է, քանի որ նրա մեջ հագեցած գոլորշու ճնշումը մնում է հաստատուն, իսկ հեղուկի այսն ճնշումը փոքրանում է: Պղպջակի ողջ ծավալը լցվում է հագեցած գոլորշիով: Երբ այդպիսի պղպջակը հասնում է հեղուկի մակերևույթին, նրա մեջ հագեցած գոլորշու ճնշումը գործնականորեն հավասարվում է հեղուկի մակերևույթի վրա մթնոլորտային ճնշմանը: Պղպջակը պայթում է, և նրա միջի գոլորշին դուրս է գալիս շրջապատող միջավայր: Խշշոցը դադարում է, և հեղուկը սկսում է բլթբլթալ. ասում ենք՝ ջուրը (հեղուկը) եռում է:

Եռում անվանում են հեղուկի ամբողջ ծավալում շոգեգոյացման պրոցեսը:

Ի տարբերություն գոլորշիացման, որն ընթանում է հեղուկի մակերևույթից բոլոր ջերմաստիճաններում և կամայական արտաքին ճնշման դեպքում, յուրաքանչյուր հեղուկ եռում է որոշակի ջերմաստիճանում, որը կախված է արտաքին ճնշումից:

Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում հեղուկը եռում է, կոչվում է եռման ջերմաստիճան: Եռման պրոցեսում հեղուկի ջերմաստիճանը չի փոփոխվում:

Եթե եռացող ջրով անոթը վերցնենք ջեռուցիչից, ապա եռման պրոցեսը կդադարի: Ջերմաչափը կնշի ջերմաստիճանի նվազում: Սակայն եթե այդ տաք ջրի մեջ մտցնենք սպիրտով լցված սրվակը, ապա սպիրտը կեռա: Այս փորձից հետևում է, որ նույն պայմաններում սպիրտը եռում է ավելի ցածր ջերմաստիճանում, քան ջուրը: Ուրեմն՝ եռման ջերմաստիճանը կախված է հեղուկի տեսակից:

Որոշ նյութերի եռման ջերմաստիճանները նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ տրված են 7-րդ աղյուսակում:

Աղյուսակից երևում է, որ այն նյութերը, որոնք սովորական պայմաններում գազեր են, բավականաչափ սառեցնելիս վերածվում են հեղուկների, որոնք եռում են ցածր ջեր-

Աղյուսակ 7
Որոշ նյութերի եռման ջերմաստիճանները
(ճնշումը՝ 760 մմ սնդ. սյան)

Նյութ	$t_{եռ}$, °C	Նյութ	$t_{եռ}$, °C	Նյութ	$t_{եռ}$, °C
Հելիում	–268,9	Ացետոն	56,5	Կապար	1740
Ջրածին	–253	Սպիրտ	78,5	Ալյումին	2330
Ազոտ	–195,8	Կաթ	100	Պղինձ	2567
Թթվածին	–183	Ջուր	100	Երկաթ	2750
Եթեր	35	Սնդիկ	357	Վոլֆրամ	6000

մաստիճաններում: Օրինակ՝ հեղուկ թթվածինը նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ եռում է –183 °C-ում: Ընդհակառակը, սովորական պայմաններում բյուրեղային նյութերը հալվելիս փոխարկվում են հեղուկների, որոնք եռում են բարձր ջերմաստիճաններում: Օրինակ՝ պղինձը եռում է 2567 °C-ում, իսկ երկաթը՝ 2750 °C-ում:

Եռման ջերմաստիճանը կախված է հեղուկի մակերևույթին առկա ճնշումից: Ճնշումը մեծացնելիս եռման ջերմաստիճանն աճում է, իսկ փոքրացնելիս՝ նվազում:

Օրինակ՝ արագաեփ կաթսաներում սնունդը եփում են մոտ $2 \cdot 10^5$ Պա ճնշման տակ, երբ ջրի եռման ջերմաստիճանը 120 °C է: Այդպիսի ջերմաստիճանի ջրում սննդի եփման պրոցեսն ընթանում է զգալիորեն արագ, քան սովորական եռաջրում:

Իսկ բարձր լեռնային տեղանքում, օրինակ, Արարատի գագաթին, որի բարձրությունը 5165 մ է, իսկ ճնշումը՝ սնդիկի սյան 400 մմ, ջրի եռման ջերմաստիճանը 83 °C է:

Բարձր ճնշման տակ եռման բարձր ջերմաստիճաններ ստանալն օգտագործվում է շոգեկաթսաներում: Հզոր շոգետուրբիններն աշխատում են 23,5 ՄՊա ճնշման տակ, երբ գոլորշու ջերմաստիճանը 600 °C է, որը հանգեցնում է վառելիքի զգալի խնայողության:

Նշենք նաև, որ հեղուկի եռման ջերմաստիճանը կախված է նրա մեջ լուծված նյութերի (օրինակ՝ աղի) քանակից, որի մեծացմանը զուգընթաց հեղուկի եռման ջերմաստիճանը բարձրանում է:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. Ի՞նչ երևույթներ են նկատվում հեղուկի մեջ նրա տաքացման պրոցեսում:
2. Ինչու՞ են հեղուկի ներսում առաջանում պղպջակներ:
3. Ինչպիսի՞ն է պղպջակների «վարքը» հեղուկը տաքացնելիս:
4. Ի՞նչ ուժեր են ազդում գոլորշիով լցված օդի պղպջակի վրա հեղուկի ներսում:
5. Ո՞ր պրոցեսն են անվանում եռում:
6. Ի՞նչն են անվանում հեղուկի եռման ջերմաստիճան:
7. Ինչի՞ց է կախված հեղուկի եռման ջերմաստիճանը:

§52 ՇՈԳԵԳՈՅԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

Եթե ջեռուցիչին դրված անոթում ջուրը եռացնենք, իսկ հետո ջեռուցիչն անջատենք, ապա կտեսնենք, որ եռման պրոցեսն իսկույն դադարում է, և ջրի ջերմաստիճանն սկսում է աստիճանաբար նվազել: Ջրի ջերմաստիճանը եռման ընթացքում անփոփոխ պահելու համար ջեռուցիչը պետք է ջրին անընդհատ ջերմաքանակ հաղորդի: Այդ ջերմաքանակը ծախսվում է ջուրը հաստատուն (եռման) ջերմաստիճանում գոլորշու վերածելու համար: Գոլորշիացող հեղուկի ներքին էներգիայի մեծացումը պայմանավորված է մոլեկուլների փոխազդեցության պոտենցյալ էներգիայի մեծացմամբ, քանի որ գոլորշի վիճակում մոլեկուլների միջև հեռավորությունները շատ ավելի մեծ են, քան հեղուկում:

Տվյալ զանգվածով հեղուկը նույն ջերմաստիճանի գոլորշու փոխարկելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակն անվանում են շոգեգոյացման ջերմություն: Փորձը ցույց է տալիս, որ շոգեգոյացման ջերմությունը կախված է հեղուկի տեսակից, նրա զանգվածից և ջերմաստիճանից:

Այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է հաղորդել 1 կգ զանգվածով հեղուկին այն նույն ջերմաստիճանի գոլորշու փոխարկելու համար, կոչվում է շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն:

Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը նշանակում են r (կարդացվում է՝ էռ) տառով:

Իմանալով r շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը՝ կարելի է հաշվել այն Q ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է եռման ջերմաստիճանում m զանգվածով հեղուկը նույն ջերմաստիճանի գոլորշու փոխարկելու համար՝

$$Q = rm: \qquad (3)$$

(3) բանաձևից հետևում է, որ շոգեգոյացման տեսակարար ջերմության միավորը 1 Ջ/կգ-ն է:

Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը որոշում են փորձով: Այսպես՝ ջրի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը 100 °C ջերմաստիճանում և նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ $2{,}3 \cdot 10^6$ Ջ/կգ է: Նշանակում է՝ 100 °C ջերմաստիճանում և նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ 1 կգ ջուրը գոլորշու փոխարկելու համար անհրաժեշտ է $2{,}3 \cdot 10^6$ Ջ էներգիա:

Ինչպես նշել ենք, սառույցի հալման տեսակարար ջերմությունը բավականաչափ մեծ է՝ $\lambda_u = 3{,}4 \cdot 10^5$ Ջ/կգ, սակայն մոտ 7 անգամ փոքր է ջրի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունից: Ո՞րն է նշված մեծությունների այսպիսի մեծ տարբերության պատճառը: Բանն այն է, որ հեղուկը գոլորշու վերածելու համար պահանջվող էներգիան ծախսվում է մոլեկուլների ձգողությունը հաղթահարելու, դրանք իրարից զգալիորեն հեռացնելու համար: Իսկ բյուրեղը հալելու համար պահանջվող էներգիան ծախսվում է մոլեկուլների կարգավորված դասավորությունը քանդելու համար, ընդ որում, նրանց միջև հեռավորությունները քիչ են փոխվում:

Եռման ջերմաստիճանում հեղուկից առաջացած գոլորշու ներքին էներգիան մեծ է նույն զանգվածով հեղուկի ներքին էներգիայից, քանի որ եռման պրոցեսում հեղուկին հաղորդվում է $Q = rm$ ջերմաքանակ:

Եռման ջերմաստիճանում խտանալիս m զանգվածով գոլորշին անջատում է նույն ջերմաքանակը, որը կլանել էր

Աղյուսակ 8

Որոշ նյութերի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունները (ճնշումը՝ 760 մմ սնդ. սյան)

Նյութ	r, Ջ/կգ	Նյութ	r, Ջ/կգ
Ջուր	$2{,}3 \cdot 10^6$	Ալյումին	$9{,}2 \cdot 10^6$
Ամոնիակ	$1{,}4 \cdot 10^6$	Երկաթ	$6{,}3 \cdot 10^6$
Սպիրտ	$9 \cdot 10^5$	Վոլֆրամ	$5 \cdot 10^6$
Եթեր	$4 \cdot 10^5$	Պղինձ	$4{,}8 \cdot 10^6$
Սնդիկ	$3 \cdot 10^5$	Կապար	$8{,}6 \cdot 10^5$

գոլորշու փոխարկվելիս: Այդ ջերմաքանակը որոշվում է

$$Q = -rm \qquad (4)$$

բանաձևով, որտեղ «–» նշանը ցույց է տալիս, որ խտացման պրոցեսում գոլորշին շրջապատին է տալիս rm ջերմաքանակ:

Գոլորշու խտացման համար անհրաժեշտ են խտացման կենտրոններ, որոնց դերը կատարում են, օրինակ, փոշեհատիկները:

8-րդ աղյուսակում տրված են որոշ նյութերի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունների արժեքները եռման ջերմաստիճանում և նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ինչի՞ համար է ծախսվում եռացող հեղուկին տրվող էներգիան:**
2. **Ի՞նչն են անվանում շոգեգոյացման ջերմություն:**
3. **Ի՞նչն են անվանում շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն:**
4. **Ո՞րն է շոգեգոյացման տեսակարար ջերմության միավորը միավորների ՄՀ-ում:**
5. **Ի՞նչ է նշանակում «սպիրտի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը $9 \cdot 10^5$ Ջ/կգ է» արտահայտությունը:**
6. **Ինչպե՞ս են հաշվում այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է եռման ջերմաստիճանում հեղուկը գոլորշու փոխարկելու համար:**
7. **Ինչպե՞ս կարելի է փորձով ցույց տալ, որ գոլորշու խտացման ժամանակ էներգիա է անջատվում:**
8. **Ո՞ր մարմինն ունի ավելի մեծ ներքին էներգիա՝ 100 °C ջերմաստիճանի ջուրը, թե՞ դրանից ստացված 100 °C ջերմաստիճանի գոլորշին:**
9. **Ինչու՞ մթնոլորտում ջրի գոլորշու խտացումն անձրևի կաթիլների կամ ձյան տեսքով հանգեցնում է օդի տաքացման:**
10. **Ինչու՞ սենյակի հատակը լվանալուց հետո սառնություն է զգացվում:**

Խնդիրների լուծման օրինակներ

1. **Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 2 կգ զանգվածով, 100 °C ջերմաստիճանի ջուրը նույն ջերմաստիճանի գոլորշու վերածելու համար:**

$m = 2$ կգ
$r = 2,3 \cdot 10^6$ Ջ/կգ
$Q = ?$

Լուծում: Քանի որ ջրի ջերմաստիճանը 100 °C է, ապա ջրին հաղորդված ամբողջ ջերմաքանակը ծախսվել է ջրի գոլորշիացման համար: Հետևաբար՝ որոնելի ջերմաքանակը՝

$$Q = rm = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Ջ/կգ} \cdot 2 \text{ կգ} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ $4,6 \cdot 10^6$ Ջ:

2. ***Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 10 °C ջերմաստիճանի, 3 կգ ջուրը նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ գոլորշու փոխարկելու համար:***

$m = 3$ կգ
$t_1 = 10$ °C
$t_2 = 100$ °C
$c = 4{,}2 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C
$r = 2{,}3 \cdot 10^6$ Ջ/կգ
$Q = ?$

Լուծում: Ծախսված լրիվ ջերմաքանակը՝ $Q = Q_1 + Q_2$, որտեղ Q_1-ն այն ջերմաքանակն է, որն անհրաժեշտ է ջուրը 10 °C-ից մինչև 100 °C տաքացնելու համար (նորմալ մթնոլորտային ճնշման տակ ջուրը եռում է 100 °C ջերմաստիճանում)՝ $Q_1 = mc(t_2 - t_1)$, իսկ Q_2-ը՝ այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է անփոփոխ (եռման) ջերմաստիճանում m զանգվածով ջուրը գոլորշու փոխարկելու համար՝ $Q_2 = rm$: Տեղադրելով մեծությունների թվային արժեքները, կստանանք՝

$$Q = mc(t_2 - t_1) =$$
$$= 4{,}2 \cdot 10^3 \text{ Ջ/կգ·°C} \cdot 3 \text{ կգ} \cdot (100 - 10)\text{°C} + 2{,}3 \cdot 10^6 \text{ Ջ/կգ} \cdot 3 \text{ կգ} = 8 \cdot 10^6 \text{ Ջ}:$$

Պատասխան՝ $8 \cdot 10^6$ Ջ:

3. ***Ի՞նչ քանակությամբ 100 °C ջրի գոլորշի է պահանջվում 80 կգ ջուրը 10 °C-ից մինչև 40 °C տաքացնելու համար:***

$m = 80$ կգ
$t_գ = 100$ °C
$t_1 = 10$ °C
$t_2 = 40$ °C
$c = 4{,}2 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C
$r = 2{,}3 \cdot 10^6$ Ջ/կգ
$m_գ = ?$

Լուծում: Q_1-ով նշանակենք այն ջերմաքանակը, որն անջատվում է $m_գ$ անհայտ զանգվածով գոլորշու խտացման պրոցեսում, -ով՝ այն ջերմաքանակը, որն անջատվում է, երբ $t_գ = 100$°C ջուրը վերածվում է t_2 ջերմաստիճանով ջրի, իսկ Q_3-ով՝ այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է m զանգվածով ջուրը մինչև 40°C տաքացնելու համար: Համաձայն ջերմային հաշվեկշռի հավասարման՝ $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$: Այս հավասարման մեջ տեղադրելով $Q_1 = -m_գ r$, $Q_2 = m_գ c(t_2 - t_գ)$, $Q_3 = mc(t_2 - t_1)$ արտահայտությունները, կստանանք՝

$$-m_գ r + m_գ c(t_2 - t_գ) + mc(t_2 - t_1) = 0,$$

որտեղից

$$m_գ = m\,\frac{c(t_2 - t_1)}{r - c(t_2 - t_գ)} = 80\,\frac{4{,}2 \cdot 10^3 \cdot 30}{2{,}3 \cdot 10^6 - 4{,}2 \cdot 10^3 \cdot (40 - 100)} \text{ կգ} = 3{,}95 \text{ կգ}:$$

Պատասխան՝ 3,95 կգ:

4. ***0,5 կգ զանգվածով և 20 °C ջերմաստիճանի ջրով լցված կալորաչափի մեջ գցում են 0,1 կգ զանգվածով և −20 °C ջերմաստիճանով սառույցի կտոր: Ի՞նչ վերջնական ջերմաստիճան կհաստատվի կալորաչափում: Կալորաչափի ջերմունակությունն անտեսել:***

$m_ջ = 0{,}5$ կգ
$t_1 = 20$ °C
$t_2 = -20$ °C
$c_ջ = 4{,}2 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C
$c_u = 2{,}1 \cdot 10^3$ Ջ/կգ·°C
$\lambda_u = 3{,}4 \cdot 10^3$ Ջ/կգ
$\vartheta = ?$

Լուծում: Q_1-ով նշանակենք այն ջերմաքանակը, որ տալիս է ջուրը, երբ նրա ջերմաստիճանը փոխվում է t_1-ից մինչև ϑ հաստատված ջերմաստիճան՝ $Q_1 = m_ջ c_ջ(\vartheta - t_1)$: Սառույցի կտորը կալորաչափում նախ տաքանում է մինչև հալման (0 °C) ջերմաստիճան, ստանալով $Q_2 = m_u c_u(0 - t_2)$ ջերմաքանակ, ապա հալվում է՝ կլանելով $Q_3 = m_u \lambda_u$ ջերմաքանակ, իսկ հալման հետևանքով առաջացած 0 °C ջուրը տաքանում է մինչև ϑ ջերմաստիճան՝ կլանելով $Q_4 = m_u c_ջ(\vartheta - 0)$

ջերմաքանակ: Համաձայն ջերմային հաշվեկշռի հավասարման՝ $Q_1+Q_2+Q_3+Q_4=0$: Այս հավասարման մեջ տեղադրելով $Q_1, \ldots, Q_4$ արտահայտությունները, կստանանք՝

$$m_{\text{ջ}}c_{\text{ջ}}(\vartheta-t_1)+m_{\text{ս}}c_{\text{ս}}(0-t_2)+m_{\text{ս}}\lambda_{\text{ս}}+m_{\text{ս}}c_{\text{ջ}}(\vartheta-0)=0,$$

որտեղից կորոշենք ϑ ջերմաստիճանը՝

$$\vartheta=\frac{m_{\text{ջ}}c_{\text{ջ}}t_1+m_{\text{ս}}c_{\text{ս}}t_2-m_{\text{ս}}\lambda}{(m_{\text{ջ}}+m_{\text{ս}})c_{\text{ս}}}=$$

$$=\frac{0{,}5\cdot 4{,}2\cdot 10^3\cdot 20-0{,}1\cdot 2{,}1\cdot 10^3\cdot 20-0{,}1\cdot 3{,}4\cdot 10^5}{4{,}2\cdot 10^3\cdot 0{,}6}\ ^\circ\text{C}=1{,}5\ ^\circ\text{C}$$

Պատասխան՝ 1,5 °C:

---

§53

ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔ 6

Ջրի եռման ջերմաստիճանի կախումը նրա մեջ լուծված աղի առկայությունից

Աշխատանքի նպատակը. պարզել, թե ջրի եռման ջերմաստիճանն ինչպես է կախված նրա մեջ լուծված աղի քանակությունից:

Անհրաժեշտ սարքեր և նյութեր. ջեռուցիչ, ջուր եռացնելու անոթ, ջերմաչափ, կերակրի աղ, թեյի գդալ:

Աշխատանքի ընթացքը.

1. Անոթի մեջ լցրեք 200 – 300 մլ ջուր:
2. Անոթը դրեք ջեռուցիչի վրա:
3. Ջերմաչափն իջեցրեք ջրի մեջ և ամրացրեք այնպես, որ նրա ծայրը չհպվի անոթի հատակին:
4. Երբ ջուրը սկսի եռալ, գրանցեք ջերմաչափի ցուցմունքը և անջատեք ջեռուցիչը:
5. Քիչ հովացած ջրի մեջ լցրեք մեկ թեյի գդալ աղ, խառնեք և միացրեք ջեռուցիչը: Եռումն սկսելու պահին նորից գրանցեք ջերմաչափի ցուցմունքը:
6. Փորձը նույնությամբ կրկնեք 2 և 3 թեյի գդալ աղ խառնելուց հետո:
7. Համեմատեք բոլոր փորձերի ընթացքում գրանցված եռման ջերմաստիճանները և կատարեք եզրահանգում:

§54 ՎԱՌԵԼԻՔԻ ԷՆԵՐԳԻԱՆ: ԱՅՐՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

Երկիր մոլորակի էներգիայի հիմնական աղբյուրն Արեգակն է: Երկրի մակերևույթի յուրաքանչյուր քառակուսի մետրը 1 վ-ում Արեգակից ստանում է մոտ 1,5 կՋ էներգիա: Դրա շնորհիվ Երկրի վրա ստեղծվել են կյանքի գոյության անհրաժեշտ պայմաններ:

Օգտակար հանածոների մեջ կուտակված արեգակնային էներգիան մարդն օգտագործում է իր առօրյա կյանքում՝ տարբեր նպատակներով: Այնպիսի օգտակար հանածոներ, ինչպիսիք են քարածուխը, նավթը, բնական գազը, տորֆը և այլն, օգտագործվում են որպես վառելիք: Վառելիքի այրման ժամանակ նրա մեջ պարունակվող ածխածնի ատոմները միանում են օդի թթվածնի ատոմներին, որի հետևանքով առաջանում է ածխաթթու գազ: Այդ միացման ռեակցիան ուղեկցվում է զգալի ջերմաքանակի անջատումով:

Առօրյա փորձից գիտենք, որ վառելիքի այրումից անջատված ջերմաքանակը կախված է նրա զանգվածից:

Նախապատրաստվելով ձմռանը՝ մարդիկ պահեստավորում են վառելիք՝ փայտ, ածուխ, նավթ և այլն: Ընդ որում, նրանք հաշվի են առնում, որ միևնույն զանգվածով տարբեր տեսակի վառելիքների այրումից անջատված ջերմաքանակները տարբեր են: Օրինակ՝ 1 կգ փայտի այրումից անջատվում է երեք անգամ փոքր ջերմաքանակ, քան 1 կգ քարածխի այրումից և ավելի քան չորս անգամ փոքր ջերմաքանակ՝ քան 1 կգ նավթի կամ գազի այրումից ստացվածը:

Վառելիքի արդյունավետությունը բնութագրելու համար օգտագործվում է հատուկ ֆիզիկական մեծություն՝ **վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը**: Այդ մեծությունը նշանակում են q (կարդացվում է՝ քյու) տառով:

Այն ֆիզիկական մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե ինչ ջերմաքանակ է անջատվում 1 կգ զանգվածով վառելիքի լրիվ այրումից, կոչվում է վառելիքի այրման տեսակարար ջերմություն:

m զանգվածով վառելիքի լրիվ այրումից անջատված Q ջերմաքանակը հաշվելու համար q այրման տեսակարար ջերմությունը բազմապատկում են այրված վառելիքի զանգվածով՝

$$Q = qm: \qquad (5)$$

(5) բանաձևից հետևում է, որ այրման տեսակարար ջերմության միավորը 1 Ջ/կգ-ն է:

Վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը որոշում են փորձով: 9-րդ աղյուսակում տրված են վառելիքի որոշ տեսակների այրման տեսակարար ջերմությունների արժեքները: Օրինակ՝ բենզինի այրման տեսակարար ջերմությունը $4{,}6 \cdot 10^7$ Ջ/կգ է: Նշանակում է՝ բենզինի լրիվ այրումից անջատվում է $4{,}6 \cdot 10^7$ Ջ էներգիա:

Վառելիքի մեծ չափերով օգտագործումը հանգեցնում է բնական պաշարների աղքատացման և շրջակա միջավայրի աղտոտման:

Ջերմաէլեկտրակայանները, կաթսայատները, ինչպես նաև ավտոմեքենաները շրջակա միջավայրի աղտոտման հիմնական աղբյուրներն են:

Բացի ածխաթթու գազից՝ վառելիքի այրման ժամանակ անջատվում են թունավոր շմոլ գազ և կյանքի համար վտանգավոր այլ գազեր, ինչպես նաև մոխիր և վառելիքային խարամ, որոնք աղտոտում են հողը և ջուրը:

Ածխաթթու գազի ավելցուկը մթնոլորտում առաջացնում է այսպես կոչված **ջերմոցային երևույթ**, որի հետևանքով Երկրի ջերմաստիճանը բարձրանում է:

Այս բացասական երևույթների դեմ պայքարելու համար անհրաժեշտ են հատուկ միջոցառումներ շրջակա միջավայրի պահպանման և վառելիքի անվտանգ օգտագործման նպատակով: Հրատապ է դառնում թե՛ արեգակնային էներգիայի, թե՛ քամու էներգիայի արդյունավետ օգտագործումը:

Աղյուսակ 9
Վառելիքի որոշ տեսակների այրման տեսակարար ջերմությունները

Վառելիք	q, Ջ/կգ	Վառելիք	q, Ջ/կգ
Ջրածին	$1{,}2 \cdot 10^8$	Անտրացիտ·	$3{,}0 \cdot 10^7$
Կերոսին	$4{,}6 \cdot 10^7$	Սպիրտ	$2{,}7 \cdot 10^7$
Բենզին	$4{,}6 \cdot 10^7$	Քարածուխ	$2{,}7 \cdot 10^7$
Նավթ	$4{,}4 \cdot 10^7$	Տորֆ	$1{,}4 \cdot 10^7$
Բնական գազ	$4{,}4 \cdot 10^7$	Չոր փայտ	$1{,}0 \cdot 10^7$
Փայտածուխ	$3{,}4 \cdot 10^7$	Վառոդ	$3{,}8 \cdot 10^6$

· բարձրորակ քարածխի տեսակ

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. Ի՞նչն է Երկրի էներգիայի գլխավոր աղբյուրը:
2. Ի՞նչ է վառելիքը: Վառելիքի ի՞նչ տեսակներ գիտեք:
3. Ի՞նչ է վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը:
4. Ի՞նչ միավորով է չափվում վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը միավորների ՄՀ-ում:
5. Ի՞նչ է նշանակում «բնական գազի այրման տեսակարար ջերմությունը $4{,}4 \cdot 10^7$ Ջ/կգ է» արտահայտությունը:
6. Ինչպե՞ս են հաշվում վառելիքի այրման ժամանակ անջատված ջերմաքանակը:
7. Ի՞նչ բացասական երևույթներ են առաջանում վառելիքի այրման հետևանքով:
8. Ինչպե՞ս կարելի է նվազեցնել շրջակա միջավայրի աղտոտումը:

Հետաքրքիր է իմանալ

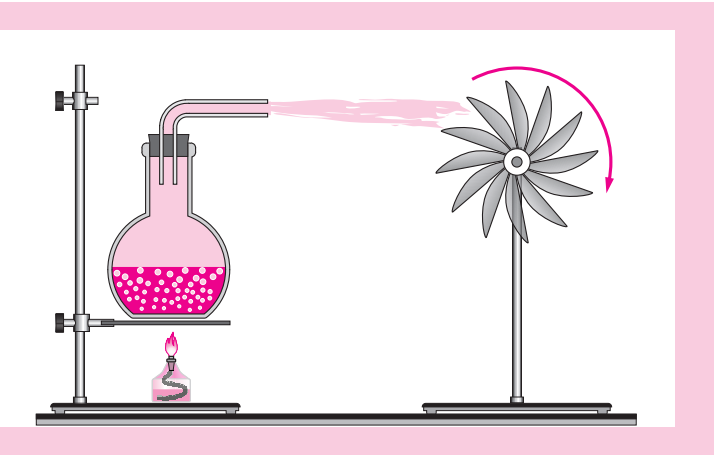
Վառելիքի դերը մարդու օրգանիզմում, որ պարունակում է կուտակված և օգտագործման համար պատրաստի էներգիա, կատարում է սնունդը: Այն որպես «վառելիք» մեր օրգանիզմում օգտագործվում է տարբեր նպատակների՝ մարմնի ջերմաստիճանի պահպանման, հյուսվածքների սնման ու թարմացման, ինչպես նաև ֆիզիկական աշխատանք կատարելու համար: Էներգիայի մի մասն օրգանիզմում պահեստավորվում է որպես ճարպ: Փորձերն ապացուցել են, որ սննդի էներգիայի միայն 28%-ն է փոխարկվում մկանային էներգիայի:

Սննդի տարբեր տեսակներ ունեն տարբեր «էներգատևականություն», և օրգանիզմի էներգիայի ծախսը լրացնելու համար պետք է օգտագործել համապատասխան սնունդ:

§54 ՋԵՐՄԱՇԱՐԺԻՉՆԵՐ: ՆԵՐՔԻՆ ԱՅՐՄԱՆ ՇԱՐԺԻՉՆԵՐ

Դարեր ի վեր մեխանիկական աշխատանք կատարելու համար մարդն օգտագործել է քամու, շարժվող ջրի, ինչպես նաև մկանային (մարդու, ընտանի կենդանիների) էներգիան: Միայն 18-րդ դարի սկզբից այդ նպատակով սկսեցին օգտագործել տաքացված մարմնի ներքին էներգիան:

85-րդ նկարում պատկերված է ներքին էներգիան մեխանիկական աշխատանքի փոխարկելու փորձերից մեկի սխեման: Ջրի և սպիրտայրոցի բոցի միջև ջերմափոխանակության հետևանքով ջրի ներքին էներգիան մեծանում է, և որոշ ժամանակ անց ջուրն սկսում է եռալ: Խողովակից դուրս ժայթքող ջրի գոլորշու շիթն աշխատանք է կատարում՝ պտտելով թևավոր անիվը՝ պտտանը: Այս դեպքում գոլորշու



Նկ. 85. *Գոլորշին կատարում է աշխատանք՝ պտտելով թևավոր անիվը:*

էներգիան փոխարկվում է պտտանի կինետիկ էներգիայի: Սա պարզագույն ջերմաշարժիչի օրինակ է:

Ջերմաշարժիչներ են անվանում այն մեքենաները, որոնք վառելիքի ներքին էներգիան փոխարկում են մեխանիկական էներգիայի:

Մարդու ստեղծած առաջին ջերմաշարժիչը շոգեմեքենան է: Ներկայումս արդյունաբերության մեջ, տրանսպորտում և կենցաղում օգտագործվում են ջերմաշարժիչների տարբեր տեսակներ՝ ներքին այրման շարժիչ, դիզելային շարժիչ, շոգետուրբին (գազատուրբին), ռեակտիվ շարժիչ և այլն:

Ջերմաշարժիչի հիմնական մասերն են՝ **ա. ջեռուցիչը**, որտեղ այրվում է վառելիքը, **բ. բանող մարմինը** (գազ կամ գոլորշի) և **գ. սառնարանը**:

Ջերմաշարժիչի աշխատանքի պրոցեսում բանող մարմինը ջեռուցիչից ստանում է որոշակի Q_1 ջերմաքանակ, որի մի մասը ծախսում է ընդարձակման պրոցեսում աշխատանք կատարելու համար: Սակայն բանող մարմինը չի կարող շարունակ ընդարձակվել: Ջերմաշարժիչի անընդհատ աշխատանքի համար անհրաժեշտ է ընդարձակման պրոցեսը դարձնել պարբերական: Այսինքն՝ ամեն անգամ, երբ բանող մարմինն ընդարձակվելով՝ աշխատանք է կատարում, նրան անհրաժեշտ է սեղմելով վերադարձնել սկզբնական վիճակին: Սեղմումից առաջ բանող մարմինը հովացնում են՝ սառնարանի օգնությամբ նրանից վերցնելով որոշակի Q_2 ջերմաքանակ ($|Q_2| < Q_1$), քանի որ սառը գազի ծավալը փոքրացնելիս ավելի քիչ աշխատանք պետք է կատարել, քան

տաք գազի ծավալը նույն չափով փոքրացնելիս: Հետևաբար՝ բանող մարմնի կատարած աշխատանքն սկզբնական վիճակից ընդարձակվելիս և ապա սեղմվելով՝ սկզբնական վիճակին վերադառնալիս (մեկ ցիկլում), հավասար է ընդարձակման պրոցեսում ստացած Q_1 և սեղմման պրոցեսում սառնարանին տված $|Q_2|$ ջերմաքանակների տարբերությանը: Այսպիսով՝ մեխանիկական աշխատանքի է վերածվում $Q_1 - |Q_2|$ ջերմաքանակ՝

$$A = Q_1 - |Q_2|: \qquad (6)$$

Ջերմաշարժիչի կարևորագույն բնութագիրը նրա օգտակար գործողության գործակիցն է (ՕԳԳ):

Ջերմաշարժիչի օգտակար գործողության գործակից է կոչվում կատարված օգտակար աշխատանքի հարաբերությունն այն ջերմաքանակին, որն ստացվել է վառելիքի այրումից:

ՕԳԳ-ն սովորաբար նշանակում են η (կարդացվում է՝ էտա) տառով և հաշվարկում են

$$\eta = \frac{A_{\text{օգտ}}}{Q_{\text{լր}}} \qquad (7)$$

բանաձևով, որտեղ $A_{\text{օգտ}}$-ն օգտակար աշխատանքն է, $Q_{\text{լր}}$-ը՝ վառելիքի այրումից ստացված լրիվ ջերմաքանակը:

Հաճախ ջերմաշարժիչի ՕԳԳ-ն արտահայտում են տոկոսով. այդ դեպքում

$$\eta = \frac{A_{\text{օգտ}}}{Q_{\text{լր}}} \cdot 100\%: \qquad (8)$$

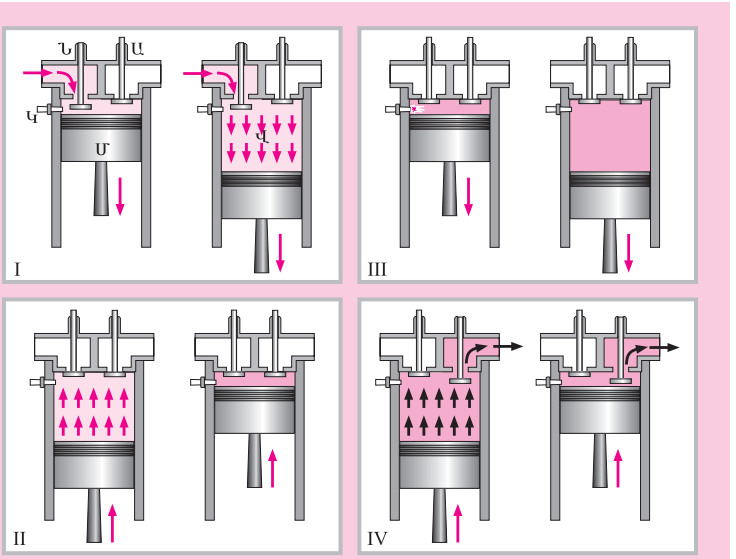
Քանի որ $A_{\text{օգտ}} = Q_1 - |Q_2|$, իսկ $Q_{\text{լր}} = Q_1$, ապա (8) բանաձևը կարելի է ներկայացնել նաև հետևյալ կերպ՝

$$\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} \cdot 100\%: \qquad (9)$$

Ջերմաշարժիչի ՕԳԳ-ն ցույց է տալիս, թե վառելիքի այրումից ստացված էներգիայի ո՞ր մասն է օգտագործվում աշխատանք կատարելու համար:

Օրինակ՝ դիզելային շարժիչի ՕԳԳ-ն՝ $\eta = 30\%$ (կամ 0,3) է: Նշանակում է՝ վառելիքի ամբողջ էներգիայի 0,3 մասն է օգտագործվում աշխատանք կատարելու համար:

Ինչպես երևում է ՕԳԳ-ի հաշվարկման բանաձևից, այն



Նկ. 86. *Ներքին այրման քառատակտ շարժիչի աշխատանքային սխեման. Ն. ներթողի կափույր, Ա. արտաթողի կափույր, Մ. մխոց, Վ. վառելախառնուրդ, Կ. կայծի աղբյուր*

մեծացնելու համար պետք է մեծացնել ջեռուցչից բանող մարմնին տրվող ջերմաքանակը և փոքրացնել սառնարանին տրվող ջերմաքանակը:

Այժմ ծանոթանանք ներքին այրման շարժիչի կառուցվածքին և աշխատանքի սկզբունքին:

Այս շարժիչում վառելանյութն այրվում է գազի ընդարձակման խցում, որի շնորհիվ էներգիայի կորուստները փոքրանում են:

86-րդ նկարում պատկերված է շարժիչի աշխատանքի սխեման: Շարժիչում մեկ աշխատանքային ցիկլը կատարվում է մխոցի չորս տակտի ընթացքում, ուստի այդպիսի շարժիչը կոչվում է քառատակտ:

Առաջին տակտ (ներթողում). մխոցը շարժվում է ներքև, և ներթողի կափույրով վառելախառնուրդը ներծծվում է գլանի մեջ:

Երկրորդ տակտ (սեղմում). մխոցը շարժվում է դեպի վեր, ներթողի կափույրը փակվում է, և վառելախառնուրդը սեղմվում է 4 – 7 անգամ: Քայլի վերջում ճնշումը 6 –12 մթնոլորտ է, իսկ խառնուրդի ջերմաստիճանը՝ 150 –350 °C:

Երրորդ տակտ (աշխատանքային). էլեկտրական կայծի օգնությամբ խառնուրդը բռնկվում է, նրա ջերմասիճանը բարձրանում է մինչև 1600 –1800 °C, իսկ ճնշումը՝ մինչև 25 –50 մթնոլորտ, որի հետևանքով մխոցն արագ շարժվում է

դեպի ներքև և իր էներգիան հաղորդում շարժիչի թափանիվ ունեցող ծնկաձև լիսեռին: Ուժեղ հրումից թափանիվն այնուհետև շարունակվում է պտտվել իներցիայով և տեղափոխել միացված մխոցը հաջորդ տակտերի ժամանակ:

Չորրորդ տակտ (արտաթողում). մխոցը շարժվում է դեպի վեր, արտաթողի կափույրը բացվում է, և 400 – 600°C ջերմաստիճանի այրման արգասիքները՝ գազերը, խլացուցիչի և արտաթողի խողովակով մղվում են մթնոլորտ:

Ավտոմեքենաներում լայնորեն կիրառում են քառագլան ներքին այրման շարժիչները: Գլանների աշխատանքն այնպես է համաձայնեցված, որ յուրաքանչյուրի մեջ հերթականորեն է կատարվում աշխատանքային տակտը, և ծնկաձև լիսեռը միշտ էներգիա է ստանում մխոցներից որևէ մեկից:

Ներքին այրման շարժիչների կիրառությունները չափազանց բազմազան են: Դրանք շարժման մեջ են դնում ինքնաթիռները, ջերմանավերը, ջերմաքարշերը, ավտոմեքենաները, տրակտորները և այլն:

Հարցեր և առաջադրանքներ

1. **Ի՞նչ է ջերմաշարժիչը: Ջերմաշարժիչների ի՞նչ տեսակներ գիտեք:**
2. **Ի՞նչ հիմնական մասեր ունի ջերմաշարժիչը:**
3. **Ո՞րն է՝ ա. ջեռուցչի դերը, բ. բանող մարմնի դերը, գ. սառնարանի դերը:**
4. **Ի՞նչ աշխատանք է կատարում ջերմաշարժիչը մեկ ցիկլի ընթացքում:**
5. **Ինչու՞ ջերմաշարժիչներում վառելիքի էներգիայի միայն մի մասն է փոխարկվում մեխանիկական էներգիայի:**
6. **Ի՞նչն են անվանում ջերմաշարժիչի ՕԳԳ: Գրեք ջերմաշարժիչի ՕԳԳ-ն հաշվելու բանաձևը:**
7. **Կարո՞ղ է արդյոք ջերմաշարժիչի ՕԳԳ-ն հավասար կամ մեծ լինել 100 %-ից: Ինչու՞:**
8. **Ի՞նչ է նշանակում «դիզելային շարժիչի ՕԳԳ-ն 25 % է» պնդումը:**
9. **Ի՞նչ հիմնական մասերից է բաղկացած ներքին այրման շարժիչը:**
10. **Ի՞նչ ֆիզիկական երևույթներ են տեղի ունենում ներքին այրման շարժիչում վառելախառնուրդի այրման ժամանակ:**
11. **Ինչու՞ է շարժիչը կոչվում քառատակտ:**
12. **Ի՞նչ պրոցեսներ են տեղի ունենում շարժիչում չորս տակտերից յուրաքանչյուրի ընթացքում: Ինչպե՞ս են կոչվում այդ տակտերը:**
13. **Ի՞նչ դեր է կատարում թափանիվը ներքին այրման շարժիչում:**

Հետաքրքիր է իմանալ

Յուրաքանչյուր փոխադրամիջոց էներգիայի որևէ տեսակ փոխարկում է մեխանիկականի: Օրինակ՝ ավտոմոբիլում վառելիքի այրումից ստացված էներգիան փոխարկվում է մեքենայի շարժման կինետիկ էներգիայի, և տեղի է ունենում էներգիայի անխուսափելի կորուստ շրջակա միջավայրում: Բոլոր տեսակի փոխադրամիջոցներում էներգիայի կորուստները մոտ 60–70% են:

Ավտոմոբիլը պերճանք չէ, այլ փոխադրամիջոց. դա բոլորին լավ հայտնի է: Բայց ավտոտրանսպորտը մթնոլորտային օդի գլխավոր աղտոտողներից է:

Ավտոմոբիլները մեկ տարում մթնոլորտ են արտանետում մոտ 40 միլիոն տոննա վնասակար նյութեր: Ավտոմոբիլը մի կողմից՝ թեթևացնում է մարդու կյանքը, իսկ մյուս կողմից, բառի իսկական իմաստով, թունավորում նրան: Միայն մեկ մարդատար ավտոմոբիլը մթնոլորտից տարեկան կլանում է միջին հաշվով 4 տոննա թթվածին՝ աշխատած գազերի հետ դուրս նետելով 800 կգ ածխածնի օքսիդ, մոտ 40 կգ ազոտի օքսիդ և համարյա 200 կգ տարբեր ածխաջրածիններ: Ահա թե ինչքան վնասակար են կենդանի օրգանիզմների համար մեր մոլորակի բոլոր ավտոմոբիլները:

Ներքին այրման շարժիչների արտանետած գազերում հայտնաբերվել է կյանքի համար վտանգավոր մոտ 200 նյութ:

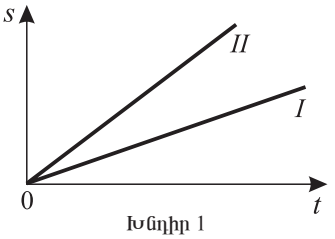
Մթնոլորտի մեջ վնասակար արտանետումները փոքրացնելու նպատակով մասնագետները քննարկում են տարբեր հնարավորություններ:

1. *Ավտոմոբիլների անցում դիզելային շարժիչների:*
2. *Բենզինի փոխարեն գազի (մասնավորապես ջրածնի) օգտագործում, որը լրիվ է այրվում:*
3. *Էլեկտրամոբիլների օգտագործում, որոնք օժտված են հատուկ լիցքավորման սարքերով:*
4. *Ավտոմոբիլների տանիքներին արեգակնային մարտկոցների տեղադրում՝ արեգակնային էներգիան օգտագործելու համար:*
5. *Մագնիսական և օդային կախովի գնացքներում էլեկտրաշարժիչների կիրառություն:*

Մարդկության խնդիրը բնակության առողջ միջավայր ստեղծելն է: Դրա համար անհրաժեշտ է խելամտորեն օգտագործել էներգիայի բոլոր տեսակները:

ԳԼՈՒԽ I. ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱ

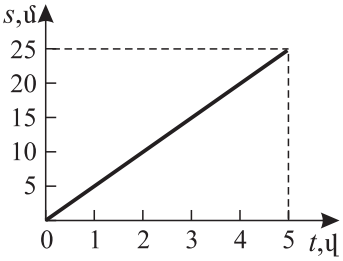
1. Նկարում պատկերված են միևնույն ուղղի երկայնքով շարժվող երկու մարմինների շարժման գրաֆիկները: Ո՞ր մարմինն է ավելի արագ շարժվում: Պատասխանը հիմնավորեք:



Խնդիր 1

2. Նկարում պատկերված է ուղղագիծ շարժման գրաֆիկը: Գրեք շարժման հավասարումը: Որքա՞ն ճանապարհ կանցնի մարմինը 3 վ-ում:

3. 72 կմ/ժ արագությամբ շարժվող մեքենան կտրուկ արգելակում է և 6 վ անց կանգ առնում: Արգելակման ընթացքում շարժումը համարելով հավասարաչափ արագացող՝ որոշեք, թե ի՞նչ ճանապարհ կանցնի մեքենան մինչև կանգ առնելը:

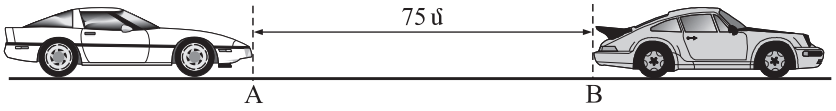


Խնդիր 2

4. Հեծանվորդը շարժվում է վերելքաշատ և վայրէջքաշատ ճանապարհով: Վերելքներում նրա արագությունը v_1 է, իսկ վայրէջքներում՝ v_2: Վերելքների ընդհանուր երկարությունը հավասար է վայրէջքների ընդհանուր երկարությանը: Ինչպիսի՞ն է հեծանվորդի միջին արագությունն ամբողջ ճանապարհին:

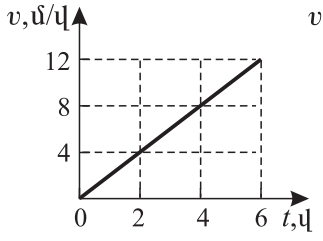
5. Մեքենան ճանապարհի 10 կմ երկարությամբ հատվածն անցավ 20 կմ/ժ արագությամբ, իսկ հաջորդ 10 կմ-ը՝ 60 կմ/ժ արագությամբ: Որքա՞ն է ավտոմեքենայի միջին արագությունն ամբողջ ճանապարհին:

6. Ուղղագիծ մայրուղով 10 մ/վ արագությամբ հավասարաչափ շարժվում է ավտոմեքենան: Երբ վերջինս անցնում էր մայրուղու B կետով, A կետից 2 մ/վ^2 արագացմամբ տեղից շարժվեց երկրորդ մեքենան (տես նկարը): Որքա՞ն ժամանակից երկրորդ մեքենան կհասնի առաջինին, եթե A և B կետերի հեռավորությունը 75 մ է:

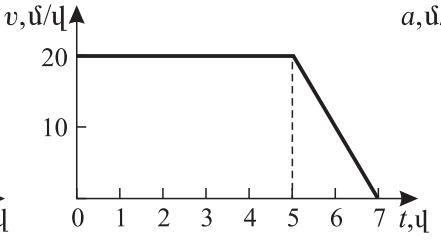


7. Նկարում պատկերված է մեքենայի շարժման արագության գրաֆիկը ժամանակի $t = 0$ պահից մինչև $t = 6$ վ պահը: Ի՞նչ շարժում է կատարում ավտոմեքենան: Կառուցեք մեքենայի շարժման արագացման գրաֆիկը:

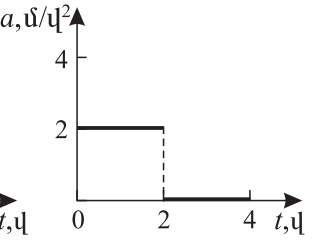
8. Ինչպիսի՞ շարժում է կատարում մարմինը, եթե նրա շարժման արագության գրաֆիկն ունի նկարում պատկերված տեսքը: Որոշեք այդ շարժման արագացումը: Հաշվեք մարմնի անցած ճանապարհը շարժման ամբողջ ընթացքում:



Խնդիր 7



Խնդիր 8



Խնդիր 9

9. Նկարում պատկերված է մարմնի շարժման արագացման գրաֆիկը: Կառուցեք շարժման արագության գրաֆիկը, եթե ժամանակի սկզբնապահին $\upsilon = 0$: Հաշվեք մարմնի անցած ճանապարհը շարժման առաջին 4վ-ի ընթացքում:

10. Մեքենան շարժումն սկսում է դադարի վիճակից: Ենթադրելով, որ այս շարժման արագացումը հաստատուն է՝ 4մ/վ^2, որոշեք մեքենայի արագությունը 10վ անց: Ի՞նչ միջին արագությամբ է շարժվում մեքենան և ինչքա՞ն ճանապարհ է անցնում այդ ընթացքում:

11. Որքա՞ն ժամանակում սահնակը, շարժումն սկսելով դադարի վիճակից, կանցնի 72մ ճանապարհ, եթե շարժվում է 4մ/վ^2 հաստատուն արագացմամբ:

12. Ավտոմեքենան, դուրս գալով կանգառից, 10վ-ում անցնում է 400մ ճանապարհ: Մեքենայի շարժումը համարելով հավասարաչափ արագացող՝ որոշեք այդ շարժման արագացումը և մեքենայի վերջնական արագությունը:

13. Որոշեք, թե ի՞նչ ճանապարհ կանցնի ավտոմեքենան արգելակումն սկսելու պահից մինչև կանգ առնելը, եթե արգելակման ընթացքում շարժումը հավասարաչափ արագացող է՝ 2մ/վ^2 արագացմամբ: Արգելակումն սկսելու պահին մեքենայի արագությունը 36կմ/ժ է:

14.* Որքա՞ն ժամանակ կբարձրանա ուղղաձիգ վեր նետված գնդակը, եթե նետման արագությունը 29,4մ/վ է:

15. Գնդակն ուղղաձիգ վեր են նետել 44,1մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որոշել, թե որքա՞ն ժամանակում գնդակը կհասնի ամենաբարձր կետին, և որքա՞ն է այդ կետի բարձրությունը: Որքա՞ն ժամանակ կտևի գնդակի թռիչքը: Ի՞նչ արագություն կունենա գնդակը գետին ընկնելու պահին:

16. Առանց սկզբնական արագության՝ ազատ ընկնող մարմինն անցավ 313,6մ ճանապարհ: Որքա՞ն է այդ մարմնի շարժման արագությունը ճանապարհի վերջում: Որքա՞ն ժամանակ էր մարմինն ընկնում:

17. Գնդիկն ընկնում է ազատ՝ առանց սկզբնական արագության: Ի՞նչ ճանապարհ է անցնում գնդիկը՝ ա) առաջին վայրկյանի ընթացքում, բ) երկրորդ վայրկյանի ընթացքում:

18. Ազատ ընկնող գնդիկի շարժման արագությունն անկման վերջում 49մ/վ է: Ի՞նչ բարձրությունից է ընկել գնդիկը, եթե մինչև այդ եղել է դադարի մեջ:

19. Քարը նետել են ուղղաձիգ դեպի վեր 58,8մ/վ սկզբնական արագությամբ: Որքա՞ն ժամանակից հետո այն նորից կընկնի գետին: Ի՞նչ ճանապարհ կանցնի

---

* 14-21 խնդիրներում օդի դիմադրությունն անտեսել:

քարն ամբողջ թռիչքի ընթացքում: Որքա՞ն կլինի քարի արագությունը գետին ընկնելու պահին:

20. Ի՞նչ բարձրությունից պետք է ընկնի առարկան, որպեսզի գետին ընկնելու պահին նրա արագությունը լինի 70,56 կմ/ժ:

21. Երկնաքեր շենքի այն պատուհանից, որը գետնից բարձր է 169 մ, երեխան պատահաբար ընկնում է: Այդ շենքի բնակարաններից մեկում, որի բարձրությունը 144 մ է, ապրում էր գերմարդը (սուպերմեն): Բարեբախտաբար, վերջինս դուրս է նայում պատուհանից հենց այն պահին, երբ երեխան անցնում էր իր պատուհանի մոտով: Նկատելով երեխային՝ գերմարդը շտապում է նրան փրկելու: Ի՞նչ նվազագույն արագացմամբ պետք է գերմարդը նետվի լուսամուտից, որ հասցնի բռնել երեխային գետնին հարվածելու պահին:

22. Երկրի արհեստական արբանյակը շարժվում է շրջանագծով, որի հեռավորությունը Երկրի մակերևույթից 630 կմ է: Արբանյակի պտտման պարբերությունը 97,5 ր է: Որոշեք արբանյակի արագության մոդուլը: Երկրի շառավիղը 6370 կմ է:

23. Մարմինը հավասարաչափ շարժվում է շրջանագծով, որի շառավիղը 50 մ է: Ի՞նչ ճանապարհ կանցնի այդ մարմինը 5 րոպեի ընթացքում, եթե պտտման պարբերությունը 10 վ է: Որքա՞ն է մարմնի շարժման արագությունը:

24. Որոշեք հասարակածի կետերի՝ Երկրի օրական պտույտով պայմանավորված արագությունը: Ընդունել, որ Երկրի շառավիղը 6400 կմ է:

25. Ժամացույցի րոպեացույց սլաքի երկարությունը 10 սմ է: Որքա՞ն է այդ սլաքի պտտման հաճախությունը: Ի՞նչ արագությամբ է շարժվում սլաքի ծայրը:

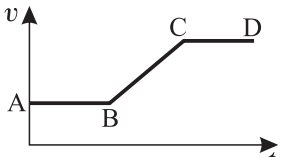
26. Լրացրեք աղյուսակի դատարկ վանդակները:

	R, մ	T, վ	n, վ$^{-1}$	υ, մ/վ
1	0,5	2		
2	0,1			10
3			5,3	5
4	2		0,25	
5		0,02		30

ԳԼՈՒԽ II. ԴԻՆԱՄԻԿԱ

27. Թվարկված ո՞ր դեպքերում են մարմնի վրա ազդող ուժերն իրար հավասարակշռում. ա. ուղղաթիռը կտրուկ բարձրանում է, բ. սուզանավը ջրի տակ անշարժ է, գ. արհեստական արբանյակը շրջանային ուղեծրով հավասարաչափ պտտվում է Երկրի շուրջը, դ. ավտոմեքենան հավասարաչափ շարժվում է ուղիղ ճանապարհով:

28. Նկարում պատկերված է մարմնի արագության՝ ժամանակից կախումն արտահայտող գրաֆիկը: Ո՞ր տեղամասում է մարմնի վրա ազդող ուժերի համազորը զրո:



Խնդիր 28

29. Ի՞նչ արագացում է ձեռք բերում 3 կգ զանգվածով մարմինը 6 Ն ուժի ազդեցությամբ:

30. Ի՞նչ արագացմամբ է թափ հավաքում 60 տ զանգվածով ռեակտիվ ինքնաթիռը, եթե նրա շարժիչի քարշի ուժը 90 կՆ է: Օդի դիմադրությունը հաշվի չառնել:

31. Որոշեք ավտոմեքենայի զանգվածը, եթե արգելակման ընթացքում նրա վրա ազդող 6կՆ շփման ուժի ազդեցությամբ այն շարժվում է 2մ/վ^2 արագացմամբ:

32. Որոշեք 200կգ զանգվածով մարմնին 0,2մ/վ^2 արագացում հաղորդող ուժի մոդուլը:

33. Որքա՞ն է գնդիկի զանգվածը, եթե այն 2Ն ուժի ազդեցությամբ ձեռք է բերում 8մ/վ^2 արագացում:

34. Ուղիղ ճանապարհով շարժվող մեքենայի վրա ազդում են $F_ք$ քարշի ուժը, $F_դ$ դիմադրության և $F_շ$ շփման ուժերը (տես նկարը, էջ 33): Ինչպիսի՞ն է շարժման բնույթը հետևյալ դեպքերում. $F_ք > F_դ + F_շ$, $F_ք < F_դ + F_շ$, $F_ք = F_դ + F_շ$:

35. Ինչ-որ ուժի ազդեցությամբ m զանգվածով մարմինը ձեռք բերեց a արագացում: Ինչպե՞ս կփոխվի մարմնի արագացումը, եթե մարմնի վրա ազդող ուժը մնա նույնը, իսկ մարմնի զանգվածը մեծանա 3 անգամ:

36. Որոշակի ուժի ազդեցությամբ մարմինը շարժվում է արագացմամբ: Ի՞նչ արագացում ձեռք կբերի այն, եթե մարմնի զանգվածը և ազդող ուժը մեծացնենք 4 անգամ:

37. Մարմինը 60Ն ուժի ազդեցությամբ շարժվում է 8մ/վ^2 արագացմամբ: Ի՞նչ ուժ է անհրաժեշտ կիրառել մարմնի վրա, որպեսզի այն շարժվի 2մ/վ^2 արագացմամբ:

38. Ինչ-որ ուժի ազդեցությամբ 10կգ զանգվածով մարմինը ձեռք է բերում 2մ/վ^2 արագացում: Ի՞նչ արագացում ձեռք կբերի այդ նույն ուժի ազդեցությամբ 5կգ զանգվածով մարմինը:

39. 400գ և 600գ զանգվածներով մարմինների վրա ազդում է միևնույն ուժը: Հաշվեք այդ մարմինների արագացումների հարաբերությունը:

40. 40Ն ուժը մարմնին հաղորդում է 0,8մ/վ^2 արագացում: Ի՞նչ ուժ է անհրաժեշտ նույն այդ մարմնին 0,15մ/վ^2 արագացում հաղորդելու համար:

41. Ի՞նչ ուժ է հարկավոր 100կգ զանգվածով սայլակին 1,2մ/վ^2 արագացում հաղորդելու համար, եթե նրա վրա ազդող շփման ուժը 50Ն է:

42. 36կմ/ժ արագությամբ շարժվող 2տ զանգվածով մեքենան, շարժիչն անջատելուց հետո, շփման ուժի ազդեցությամբ 40վ անց կանգ առավ: Որքա՞ն է մեքենան արգելակող ուժը:

43. Արգելակելիս 2տ զանգվածով մեքենայի վրա ազդում է 16կՆ ուժ: Որքա՞ն է մեքենայի սկզբնական արագությունը, եթե արգելակման ճանապարհը 50մ է:

44. Երկիրը ծառից կախված խնձորը ձգում է 3Ն ուժով: Ի՞նչ ուժով է խնձորը ձգում Երկիրը:

45. 40 և 50կգ զանգվածներով երկու չմշկորդներ կանգնած են սահադաշտում: Նրանցից մեկը մյուսին հրում է 10Ն ուժով: Ի՞նչ արագացում ձեռք կբերի նրանցից յուրաքանչյուրը:

46. Երկու աշակերտ ուժաչափը 50Ն ուժով քաշում են հակառակ ուղղություններով: Ի՞նչ ցույց կտա ուժաչափը:

47. Ինչո՞ւ նավակը չի շարժվում, երբ նրա մեջ նստած մարդը հրում է այն:

48. Գտեք 3տ զանգվածով Երկրի արհեստական արբանյակի իմպուլսը, եթե այն պտտվում է 8կմ/վ արագությամբ:

49. Որքա՞ն է 100գ զանգվածով մարմնի իմպուլսը, եթե այն շարժվում է 80մ/վ արագությամբ:

50. Նույն ծավալով երկաթե և կապարե գնդերը շարժվում են նույն արագությամբ: Համեմատեք այդ գնդերի իմպուլսները:

51. Ուղղագիծ ճանապարհով վազող տղան, որի զանգվածը 30կգ է, իր արագությունը 0,5մ/վ-ից մեծացրեց մինչև 2,5մ/վ: Որքա՞ն է նրա իմպուլսի փոփոխությունը:

52. Հարվածելով 0,5կգ զանգվածով գնդակին՝ նրան հաղորդում են 10մ/վ արագություն: Որոշեք հարվածի միջին ուժը, եթե հարվածի տևողությունը 0,02վ է:

53. Երկու հավասար զանգվածներով գնդեր շարժվում են իրար ընդառաջ՝ մոդուլով նույն արագություններով: Հարվածից հետո դրանք կանգ են առնում: Չի՞ հակասում արդյոք այս փաստը իմպուլսի պահպանման օրենքին:

54. Կարո՞ղ է արդյոք իդեալական հարթ հորիզոնական սառույցի վրա կանգնած մարդը տեղից շարժվել՝ որևէ ձևով չհրվելով սառույցից:

55. Կարո՞ղ է արդյոք հրթիռը թռչել անօդ տարածությունում:

56. Կարելի՞ է արդյոք առագաստանավը շարժման մեջ դնել՝ նրա մեջ տեղադրված հզոր օդամղիչով օդի հոսանքն ուղղելով դեպի առագաստը:

57. 1մ/վ արագությամբ շարժվող 60տ զանգվածով երկաթուղային վագոնը, բախվելով 40տ զանգվածով անշարժ վագոնին, կպվում է նրան: Որքա՞ն է վագոնների համատեղ շարժման արագությունը բախումից անմիջապես հետո:

58. m զանգվածով գնդակը ատրճանակի փողից դուրս է թռչում v արագությամբ: Ի՞նչ իմպուլս է ձեռք բերում ատրճանակը կրակելուց հետո:

59. Հարթ հորիզոնական սեղանին 1մ/վ արագությամբ շարժվող 0,2կգ զանգվածով գունդը բախվում է 0,4կգ զանգվածով անշարժ գնդին և անդրադառնում 0,5մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ արագություն է ձեռք բերում անշարժ գունդը բախումից անմիջապես հետո:

60. m_1 զանգվածով գունդը, շարժվելով 3մ/վ արագությամբ, բախվում է m_2 զանգվածով անշարժ գնդին, որից հետո նրանք շարժվում են միասին: Որոշեք բախումից հետո գնդերի համատեղ շարժման արագությունը, եթե $m_2 = 0,5m_1$:

61. Որքա՞ն է 20սմ/վ արագությամբ շարժվող 500գ զանգվածով սայլակի կինետիկ էներգիան:

62. Ի՞նչ կինետիկ էներգիայով է օժտված ինքնաձիգ հրացանի փողից 900մ/վ արագությամբ դուրս թռչող 20գ զանգվածով գնդակը:

63. Ի՞նչն ավելի մեծ կինետիկ էներգիա ունի. 800մ/վ արագությամբ շարժվող 9գ զանգվածով գնդա՞կը, թե՞ 20մ/վ արագությամբ շարժվող 4կգ զանգվածով գունդը:

64. Որքա՞ն է 10մ/վ արագությամբ շարժվող մարմնի զանգվածը, եթե նրա կինետիկ էներգիան 2,5կՋ է:

65. Կարո՞ղ են արդյոք տարբեր զանգվածներ ունեցող երկու մարմիններ ունենալ նույն կինետիկ էներգիան: Եթե այո, ապա ի՞նչ պայմանի դեպքում:

66. Մարդատար մեքենայի արագությունը երկու անգամ մեծ է բեռնատար մեքենայի արագությունից, իսկ բեռնատար մեքենայի զանգվածը երկու անգամ մեծ է մարդատար մեքենայի զանգվածից: Որոշեք մարդատար և բեռնատար մեքենաների կինետիկ էներգիաների հարաբերությունը:

67. Որքա՞ն է 3կգ զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիան գետնից 5մ բարձրությամբ կետում:

68. Ի՞նչ աշխատանք է կատարվում 40Ն կշռով մարմինը 120մ բարձրացնելիս: Ի՞նչ պոտենցիալ էներգիա է ձեռք բերում մարմինն այդ դեպքում:

69. Սեղանին դրված է մարմարի և կապարի նույն ծավալի երկու չորսու: Այդ մարմիններից ո՞րն ավելի մեծ պոտենցիալ էներգիա ունի հատակի նկատմամբ:

70. Ի՞նչ պայմանի դեպքում գետնից տարբեր բարձրությամբ երկու մարմիններ կունենան նույն պոտենցիալ էներգիան:

71. Որքա՞ն մեծացավ 48կգ զանգված ունեցող տղայի պոտենցիալ էներգիան, երբ նա աստիճաններով բարձրացավ 10մ:

72. 160 սմ հասակ ունեցող դպրոցականը ֆիզիկայի 350գ զանգվածով դասագիրքը հատակից բարձրացրեց 1,9մ: Որքա՞ն է գրքի պոտենցիալ էներգիան հատակի նկատմամբ, դպրոցականի գլխի ամենավերին կետի նկատմամբ:

73. Ազատ անկում կատարող 50գ զանգվածով մարմնի պոտենցիալ էներգիան հետագծի ինչ-որ տեղամասում փոխվեց 2Ջ-ով: Որքա՞ն է այդ տեղամասի երկարությունը:

74. Որքա՞ն է Երկրի մակերևույթից 40կմ բարձրությամբ և 1400մ/վ արագությամբ շարժվող 500կգ զանգվածով հրթիռի լրիվ մեխանիկական էներգիան:

75. Մեխանիկական էներգիայի ինչպիսի՞ փոխակերպումներ են տեղի ունենում, երբ քարն ինչ-որ արագությամբ նետում են ուղղաձիգ դեպի վեր:

76. Որքա՞ն է 10մ բարձրությունից ազատ անկում կատարող մարմնի արագությունը գետնին հարվածելու պահին:

77. 3կգ զանգվածով մարմինը դադարի վիճակից ազատ անկում է կատարում 5մ բարձրությունից: Որոշեք մարմնի կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները 2մ բարձրությունում:

78. 2կգ զանգվածով գունդը 20մ/վ արագությամբ նետել են ուղղաձիգ դեպի վեր: Որքա՞ն է նրա կինետիկ էներգիան 1մ բարձրությունում: Օդի դիմադրությունը հաշվի չառնել:

79. 50կգ զանգվածով մարմինը 10մ/վ արագությամբ ընկնում է 10մ բարձրությունից: Որքա՞ն է նրա կինետիկ էներգիան 5մ բարձրությունում: Օդի դիմադրությունը հաշվի չառնել:

ԳԼՈՒԽ III. ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

80. Կամերտոնի ոտիկները տատանվում են 440 Հց հաճախությամբ: Որքա՞ն է այդ տատանումների պարբերությունը: Քանի՞ տատանում կկատարեն կամերտոնի ոտիկները 1,5 վ-ում:

81. Ճոճանակը 72 վ-ում կատարում է 180 տատանում: Որոշեք ճոճանակի տատանումների պարբերությունը և հաճախությունը:

82. Զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների լայնույթը 5 սմ է: Ի՞նչ ճանապարհ կանցնի ճոճանակի զսպանակին ամրացված բեռը 4 լրիվ տատանման ընթացքում:

83. Առա՞ջ, թե՞ հետ կընկնի թելավոր ճոճանակ ունեցող և Երևանում ճշգրիտ ժամանակ ցույց տվող ժամացույցը, եթե այն տեղափոխենք՝ ա. հասարակած, բ. Հարավային բևեռ:

84. Ինչպե՞ս կփոխվի ճոճանակի տատանման պրոցեսը, եթե այն տեղափոխենք օդահան պոմպի զանգի տակ, որտեղից օդը հանված է:

85. Կմեծանա՞, թե՞ կփոքրանա թելավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը, եթե նրա երկաթե գնդիկի տակ մագնիս դնենք:

86. Երկար թելից կախված գնդիկը շեղեցին հավասարակշռության դիրքից այնպես, որ նրա բարձրությունը Երկրի մակերևույթից մեծացավ 5 սմ-ով: Ի՞նչ արագությամբ կանցնի գնդիկը հավասարակշռության դիրքով, եթե այն բաց թողնեն: Շփման և դիմադրության ուժերը հաշվի չառնել:

87. Երկար թելից կախված գնդիկը հավասարակշռության դիրքով անցնում է 0,7 մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ առավելագույն բարձրության է հասնում գնդիկը տատանումների ընթացքում:

88. Հաշվեք մաթեմատիկական ճոճանակի սեփական տատանումների հաճախությունը, եթե նրա երկարությունը 20 սմ է: Որքա՞ն ժամանակում այդ ճոճանակը կկատարի 10 տատանում:

89. Փորձով ազատ անկման արագացումը որոշելիս աշակերտը հաշվեց, որ ճոճանակը 1 րոպեում կատարում է 30 տատանում: Ազատ անկման արագացման ի՞նչ արժեք ստացավ աշակերտը, եթե ճոճանակի երկարությունը 1 մ է:

90. Որքա՞ն պետք է լինի մաթեմատիկական ճոճանակի երկարությունը, որպեսզի նրա տատանումների պարբերությունը լինի 1 վ:

91. Երկրի մակերևույթին ճոճանակի տատանումների պարբերությունը 2 վ է: Որքա՞ն կլինի այդ ճոճանակի տատանումների պարբերությունը Լուսնի մակերևույթին, որտեղ ազատ անկման արագացումը 6 անգամ փոքր է, քան Երկրի մակերևույթին:

92. Երկրի մակերևույթին ճոճանակի տատանումների պարբերությունը 2 վ է: Որքա՞ն կլինի ճոճանակի տատանումների պարբերությունը Հրատի մակերևույթին, որտեղ ազատ անկման արագացումը 3,76 մ/վ^2 է:

93. Զսպանակին ամրացված բեռի զանգվածը 100 գ է: Որոշեք բեռի սեփական տատանումների պարբերությունը, եթե զսպանակի կոշտությունը 40 Ն/մ է: Քանի՞ տատանում կկատարի այդ ճոճանակը 314 վ-ում:

94. Որքա՞ն է զսպանակավոր ճոճանակի սեփական տատանումների հաճախությունը, եթե այդ ճոճանակի բեռի զանգվածը 0,1 կգ է, իսկ զսպանակի կոշտությունը՝ 10 Ն/մ: Որքա՞ն ժամանակում ճոճանակը կկատարի 20 տատանում:

95. 100 Ն/մ կոշտությամբ զսպանակին ամրացված բեռը 1 ր-ում կատարում է 300 տատանում: Որքա՞ն է բեռի զանգվածը:

96. Որքա՞ն է զսպանակի կոշտությունը, եթե նրան ամրացված 30 գ զանգվածով մարմինը 1 ր-ում կատարում է 300 տատանում:

97. Զսպանակին ամրացված 10գ զանգվածով բեռը տատանվում է 5Հց հաճախությամբ: Ի՞նչ մեծությամբ ուժ է պետք կիրառել զսպանակին, հավասարակշռության դիրքից 0,1 մ-ով այն ձգելու համար:

98. Հաշվեք զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը, եթե ուղղածիգ դիրքում բեռի ազդեցությամբ զսպանակը երկարում է 1սմ-ով:

99. Զսպանակից կախված բեռը տատանվում է 0,5վ պարբերությամբ: Որքա՞ն կկարճանա զսպանակը, եթե բեռն անջատենք զսպանակից:

100. Զսպանակին ամրացված մարմինը կատարում է ազատ տատանումներ: Եթե մարմնի զանգվածն ավելացնենք 60գ-ով, ապա տատանման պարբերությունը կկրկնապատկվի: Որքա՞ն էր մարմնի զանգվածը սկզբում:

101. 36-րդ նկարում (էջ 71) պատկերված հարմարանքի բեռի զանգվածը 50գ է, իսկ զսպանակի կոշտությունը՝ 20Ն/մ: Կդիտվի՞ արդյոք ռեզոնանս, եթե շուռտվիկի բռնակի պտտման պարբերությունը՝ ա. 1 վ է, բ. 0,31 վ է:

102. Կարի մեքենայի բռնակի պտտման որոշակի արագության դեպքում այն սեղանը, որի վրա դրված է կարի մեքենան, սկսում է շատ ուժեղ ճոճվել: Ինչու՞:

103. Շենքի տատանումների սեփական հաճախությունը 10 Հց է: Կդիմանա՞ արդյոք այդ շենքը ոչ ուժեղ երկրաշարժի հարվածներին, եթե գետնի տատանումների պարբերությունը՝ ա. 0,05 վ է, բ. 0,1 վ է, գ. 0,2 վ է:

104. Ինչպե՞ս կարելի է փորձով ապացուցել, որ ալիքներն օժտված են էներգիայով:

105. Ի՞նչ փորձով կարելի է համոզվել, որ ձայնի արագությունը նույնն է տարբեր երկարության ձայնային ալիքների համար:

106. Աղմուկներից պաշտպանվելն այսօր ամենաարդիական հիմնախնդիրներից է: Դրա լուծման ուղիներից մեկն աղմուկ առաջացնող սարքերի տատանվող մակերևույթների մակերեսների փոքրացումն է: Օրինակ՝ հնարավորինս փոքրացնում են սարքերի և սարքավորումների չափերը կամ էլ դրանք մեկուսացնում են հատակից և պատերից: Մյուս եղանակն այն է, որ սարքերի մակերևույթները պատում են նյութի հաստ շերտով: Բացատրեք, թե յուրաքանչյուր դեպքում ինչու՞ է նվազում աղմուկը:

107. Կայծակի փայլատակումից 5վ անց լսվեց որոտը: Որքա՞ն է կայծակի հեռավորությունը դիտողից:

108. Կամերտոնը տատանվում է 128Հց հաճախությամբ: Որքա՞ն է նրա արձակած ձայնի ալիքի երկարությունն օդում:

109. Ձկնորսը նավակից կրակում է ափամերձ անտառի ուղղությամբ, և 5վ անց լսվում է կրակոցի արձագանքը: Որքա՞ն է նավակի հեռավորությունը ափից:

110. Ժայռից 1400մ հեռավորությամբ թնդանոթից կրակում են: 8վ անց ժայռի կողմից լսում է կրակոցի արձագանքը: Որոշեք ձայնի արագությունը:

111. Առաջին աղբյուրից արձակված առաձգական ալիքը տարածվում է օդում, իսկ երկրորդից արձակվածը՝ ջրում: Ալիքի երկարությունը երկու միջավայրում էլ նույնն է՝ 2սմ: Ո՞ր աղբյուրի արձակած առաձգական ալիքն է լսելի:

112. Օդում ձայնային ալիքները շատ հեռու չեն տարածվում, քանի որ, ի վերջո, մարում են: Ու՞ր է «կորչում» ձայնային ալիքների էներգիան:

113. Լայնական առաձգական ալիքներ գոյանում և տարածվում են պինդ մարմիններում, իսկ գազերում՝ ոչ: Պինդ մարմինների և գազերի ո՞ր ֆիզիկական հատկություններով կարելի է դա բացատրել:

114. Օդում տարածվող առաձգական ալիքի երկարությունը 50 մ է: Ինչպե՞ս կազդի այդ ալիքը մարդու ականջի վրա:

115. Ձայնի արագություն, հաճախություն, ալիքի երկարություն բնութագրերից ո՞րն է փոխվում և ո՞րը՝ ոչ, երբ ձայնն անցնում է մի միջավայրից մյուսը:

116. Դելֆիններն արձակում են 250000 Հց հաճախությամբ անդրաձայնային ալիքներ: Որոշեք այդպիսի անդրաձայնի ալիքի երկարությունը՝ ա. ջրում, բ. օդում:

117. Դելֆինները, չղջիկների նման, նույնպես ընդունակ են «նկատելու» փոքր չափերով առարկաներ: Հայտնի է, որ առարկան կարելի է «տեսնել» նրանից անդրադարձած ալիքների միջոցով, եթե միայն առարկայի չափերը մեծ են ալիքի երկարությունից: Ե՛վ չղջիկների, և՛ դելֆինների արձակած անդրաձայնի հաճախությունը, դիցուք, 100000 Հց է: Պարզեք, թե որքա՞ն է այն առարկաների նվազագույն չափը, որոնք կարողանում են հայտնաբերել չղջիկներն ու դելֆինները:

118. Ճանապարհորդը որոշում է լճի լայնությունը՝ լսելով հանդիպակաց ափի ժայռից եկած արձագանքը: Նա արձագանքը լսում է բղավոցից 1,2 վ անց: Որքա՞ն է լճի լայնությունը: Ձայնի տարածման արագությունն օդում 330 մ/վ է:

119. Քարն ազատ ընկնում է ջրհորի մեջ, և 3,4 վ անց լսվում է ջրի ճողփյունը: Որոշեք ջրհորի խորությունը: Ձայնի տարածման արագությունն օդում 330 մ/վ է:

120. Լարային նվագարանների (կիթառ, ջութակ, թառ և այլն) ձայնը կհնչեր չափազանց թույլ, եթե այդ նվագարանները չունենային յուրատեսակ ուժեղարար՝ *դեկա* (գերմաներեն՝ «դեկա» նշանակում է կափարիչ, խուփ. մի շարք լարային նվագարանների հնչարկղերի վերին մասը, որի վրա ձգվում են լարերը): Իրոք միայն տատանվող լարերը սեղմում և ընդարձակում են օդի ոչ մեծ ծավալներ: Լարը տատանվելիս դեկան նույնպես տատանվում է: Վերջինս հպվում է օդի ավելի մեծ մակերեսով շերտերի, որոնք, սեղմվելով-ընդարձակվելով, արձակում են ավելի մեծ ուժգնությամբ ձայնային ալիքներ, քան լարերը: Բայց այս դեպքում չի՞ խախտվում արդյոք էներգիայի պահպանման օրենքը: Չէ՞ որ երկու դեպքում էլ երաժիշտը նույն աշխատանքն է կատարում՝ տատանելով լարերը: Պատասխանը հիմնավորեք:

121. Գևորգը տեսավ, թե ինչպես շենքի տանիքից ինչ-որ առարկա ընկավ բազալտով սալարկված մայթին: Քիչ անց նա լսեց հարվածից առաջացած երկու ձայն՝ մեկը մյուսից 1,2 վ անց: Գևորգից որքա՞ն հեռու ընկավ առարկան:

122. Կրակելուց 1 վ անց հրաձիգը լսեց գնդակի՝ թիրախին հարվածելու ձայնը: Որքա՞ն էր թիրախի հեռավորությունը հրաձիգից: Օդի ջերմաստիճանը 20 °C է, իսկ գնդակի թռիչքի միջին արագությունը՝ 500 մ/վ:

123. Երկրակեղևի՝ երկրաշարժի կամ ուժեղ պայթյունի հետևանքով ծագող տատանումները տարածվում են երկայնական և լայնական ալիքների ձևով: Երկայնական ալիքները մինչև մարելը անցնում են հսկայական հեռավորություն, մինչդեռ լայնական ալիքները թափանցում են Երկրի խորքերը 3000 կմ-ից ոչ ավելի: Ինչու՞: Ի՞նչ եզրակացություն կարելի է անել երկրագնդի միջուկի մասին:

124. Երբեմն ոտքերի տակ ձյունը ճռճռում է: Բայց դա լինում է միայն այն օրերին, երբ օդի ջերմաստիճանը զգալիորեն ցածր է զրոյից: Ի՞նչն է ձայնի աղբյուրը:

125. Ինչու՞ է ձյան տեղալուց հետո լռություն տիրում: Իհարկե, մեքենաներ և մարդիկ փողոցում ավելի քիչ են, քան սովորաբար, բայց միայն դրանով չի կարելի բացատրել անսպասելիորեն հաստատված լռությունը: Ի՞նչ է տեղի ունենում ձյան տեղալուց անմիջապես հետո:

126. Ինչու՞ են հնդկացիները սովորաբար ծնկի իջնում և ականջը դնում գետնին, որպեսզի հայտնաբերեն հեռավոր և չերևացող հեծյալներին: Եթե գետնի միջոցով լսելի է հեռվում ձիերի սմբակների դոփյունը, ապա ինչու՞ այդ ձայնը լսելի չէ օդում:

127. Երբ դիտում ենք գերձայնային արագությամբ թռչող ինքնաթիռը, ապա այն տպավորությունն է ստեղծվում, որ կարծես շարժիչի ձայնը գալիս է ոչ թե ինքնաթիռից, այլ նրանից զգալիորեն հեռու կետերից: Ինչու՞:

128. «Օկտավա» են անվանում ձայնային հաճախությունների այն միջակայքը, որի սկզբնական և վերջնական հաճախությունները տարբերվում են երկու անգամ: Մոտավորապես քանի՞ օկտավա կա լսելի ձայնային տիրույթում:

ԳԼՈՒԽ IV. ՆՅՈՒԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

129. Նշված բառերից ո՞րն է վերաբերում «ֆիզիկական մարմին», և որը՝ «նյութ» հասկացություններին՝ **ավտոմեքենա, երկաթ, թթվածին, ակնոց, գիրք, նավթ, բաժակ, աղյուս, կավ:**

130. Ի՞նչ նյութերից են բաղկացած հետևյալ մարմինները՝ **ակնոց, բաժակ, մատիտ, ռետին, գդալ:**

131. Պողպատե գլանում լցված յուղի մասնիկները մեծ ճնշման տակ հայտնվում են գլանի արտաքին պատերին: Ինչպե՞ս կբացատրեք այս փաստը:

132. Լուսանկարում մի նյութի մոլեկուլի տեսանելի տրամագիծը 0,5 մմ է: Որքա՞ն է այդ նյութի մոլեկուլի իրական տրամագիծը, եթե լուսանկարի խոշորացումը 200 000 անգամ է:

133. 0,3 մմ^3 ծավալով յուղի կաթիլը բարակ շերտով տարածվել է ջրի մակերևույթին և զբաղեցրել 0,3 մ^2 մակերես: Ենթադրելով, որ շերտի հաստությունը հավասար է յուղի մոլեկուլի տրամագծին, որոշեք այն:

134. Թվարկեք մի քանի նյութ, որոնք բաղկացած եմ տարբեր տարրերի ատոմներից:

135. Նույն ծավալը և կառուցվա՞ծքն ունեն արդյոք տարբեր նյութերի մոլեկուլները: Բերեք օրինակներ:

136. Ինչու՞ է տաքանալիս պղնձե լարը երկարում:

137. Նույն ծավալը և կառուցվա՞ծքն ունեն արդյոք տաք և սառը ջրերի մոլեկուլները:

138. Ինչո՞վ է բացատրվում օդում նյութերի (օծանելիք, բենզին և այլն) հոտերի տարածվելը:

139. Ածխաթթու գազով լցված և կշեռքի մի նժարին դրված փակ անոթը հավասարակշռության մեջ է: Անոթը բացելուց որոշ ժամանակ անց կշեռքի հավասարակշռությունը խախտվում է: Ինչու՞: Ո՞ր կողմն է թեքվում կշեռքը: Ածխաթթու գազը օդից ծանր է:

140. Ջրածնով լցված և կշեռքի մի նժարին դրված փակ անոթը հավասարակշռության մեջ է: Անոթի բացելուց որոշ ժամանակ անց կշեռքի հավասարակշռությունը խախտվում է: Ինչու՞: Կշեռքի ո՞ր նժարն է իջնում:

141. Ջրածնով լցված փուչիկը մի քանի ժամվա ընթացքում սմքում է: Ինչո՞:

142. Շաքարի միանման կտորները միաժամանակ գցեցին ջրով լցված բաժակների մեջ: Ո՞ր բաժակում էր ջրի սկզբնական ջերմաստիճանն ավելի բարձր:

143. Ինչու՞ խորհուրդ չի տրվում մուգ գույնի թաց կտորը երկար ժամանակ հպված թողնել սպիտակ կտորին:

144. Որտե՞ղ ավելի լավ կպահպանվի ջրածնով լցված փուչիկը՝ ցու՞րտ, թե՞ տաք սենյակում:

145. Ինչպե՞ս կարելի է արագացնել դիֆուզիան պինդ մարմիններում:

146. Ինչու՞ կոտրված բաժակի կտորները չեն կպչում, երբ դրանք սեղմում ենք իրար:

147. Ինչու՞ թղթի թրջված թերթերն իրարից անջատելու համար շատ ավելի մեծ ճիգ է պահանջվում, քան չոր գիրքը թերթելու համար:

148. Ո՞ր նյութի (կապար, մոմ, պողպատ) միջմասնիկային փոխազդեցություններն են ամենամեծը, ամենափոքրը:

149. Մետաղամասերը կարելի է իրար կպցնել նաև առանց եռակցելու՝ սառը եղանակով, եթե դրանք միացնելով շատ ուժեղ սեղմենք: Ի՞նչ պայմանի դեպքում է դա հնարավոր:

150. Ինչու՞ ջրի մակերևույթին դրված ապակե թիթեղը ոետինե լարով վեր բարձրացնելիս լարը ձգվում է:

151. Պի՞նդ, թե՞ հեղուկ վիճակում է կապարի ատոմների ձգողությունն ավելի ուժեղ:

152. Ի՞նչն է ընդհանուրը թղթերի սոսնձման և մետաղե իրերի զոդման միջև:

153. Ինչու՞ է ջուրը բարձրանում ապակե մազանոթով:

154. Ինչու՞ է պղնձի մակերևույթին լցված սնդիկը տարածվում մակերևույթով:

155. Ինչու՞ են շինությունների ստորին հարկերի պատերը խոնավանում:

156. Օրինակներով հաստատեք, որ պինդ մարմինների ատոմների միջև փոխադարձ ձգողություն գոյություն ունի միայն շատ փոքր հեռավորություններում:

157. Ի՞նչ կարգի մեծություններ են մոլեկուլների ջերմային շարժման արագությունները:

158. Ինչու՞ դիֆուզիան ավելի արագ է ընթանում բարձր ջերմաստիճանում:

159. Ինչո՞վ է պայմանավորված մարմնի ջերմաստիճանը:

160. Ինչպիսի՞ ջրում պետք է լվանալ բժշկական ջերմաչափները՝ տա՞ք, թե՞ սառը:

161. Ի՞նչ տեղի կունենա ջերմաչափը տաք ջրի մեջ դնելիս, եթե ապակին ավելի շատ ընդարձակվի, քան սնդիկը:

162. Արեգակի կենտրոնում ջերմաստիճանը 25 000 000 °C է: Որքա՞ն է այս ջերմաստիճանը՝ ըստ Ֆարենհայտի սանդղակի: Եակա՞ն է արդյոք 32 °F-ը մի սանդղակից մյուսին անցնելու բանաձևերում՝ այդպիսի ջերմաստիճաններում:

163. Քանի՞ աստիճան է 0 °F ջերմաստիճանը՝ ըստ Ցելսիուսի սանդղակի:

164. Որքա՞ն է ձեր բնակարանում ծորակից հոսող ջրի ջերմաստիճանը՝ ըստ Ֆարենհայտի սանդղակի:

165. Կարելի՞ է արդյոք գազով լցնել բաց անոթի տարողության կեսը:

166. Փակ շիշը կիսով չափ լցված է սնդիկով: Կարելի՞ է պնդել, որ շշի վերին մասում սնդիկ չկա:

167. Թթվածինը և ազոտը կարող են լինել հեղուկ վիճակում: Իսկ պի՞ղ:

168. Կարո՞ղ է արդյոք երկաթը լինել գազային վիճակում: Իսկ հեղու՞կ:

169. Եթե, նույնիսկ խնամքով լվանալուց հետո, նավթի ամանի մեջ ջուր լցնեք, ապա, այնումենայնիվ, կզգաք նավթի հոտը: Ինչու՞:

170. Անագի կտորը տաքացնելով՝ վերածեցին հեղուկի: Ինչպե՞ս փոփոխվեց անագի մասնիկների շարժումը: Ինչպե՞ս փոխվեցին անագի մասնիկների փոխադարձ դիրքերը:

ԳԼՈՒԽ V. ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

171. Արգոնի ատոմը 10 անգամ ծանր է հելիումի ատոմից: Քանի՞ անգամ է հելիումի ատոմի ջերմային շարժման միջին արագությունը մեծ արգոնի ատոմի շարժման միջին արագությունից, եթե այդ գազերն ունեն նույն ջերմաստիճանը:

Յուցում: Նույն ջերմաստիճանում հելիումի և արգոնի ատոմների ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիաները հավասար են:

172. Ուժեղ փոթորկից հետո ծովի ջուրն ավելի տաք է: Ինչու՞:

173. Ջրի մոլեկուլն 9 անգամ ծանր է ջրածնի մոլեկուլից: Համեմատեք այդ նյութերի մոլեկուլների ջերմային շարժման միջին արագությունները նույն ջերմաստիճանում:

174. Կարելի՞ է արդյոք «ընկնող աստղեր» դիտել Լուսնի վրա:

175. Ջրվեժի ո՞ր մասում է ջերմաստիճանն ավելի բարձր: Ինչու՞:

176. Մի անոթում կա ջուր, իսկ մյուսում՝ սառույց: Ջրի և սառույցի զանգվածները հավասար են: Ո՞ր նյութի՝ ջրի՞, թե՞ սառույցի ներքին էներգիայի պաշարն է ավելի մեծ: Ինչու՞:

177. Մոտորանավակը սլանում է լճում: Փոփոխվու՞մ է արդյոք լճի ջրի ներքին էներգիան:

178. Գնացքն արգելակեց և կանգ առավ: Էներգիայի ի՞նչ տեսակի փոխակերպվեց գնացքի կինետիկ էներգիան:

179. Ի՞նչն է օժտված ավելի մեծ ներքին էներգիայով՝ բալոնում սեղմված օ՞դը, թե՞ նույն այդ օդը, բայց բալոնից դուրս:

180. Ճի՞շտ է, որ ձյունը տաքացնում է գետինը:

181. Տաքացնու՞մ է արդյոք մուշտակը:

182. Մի անգամ ամռանը, երբ սաստիկ շոգ էր, Դավիթը որոշեց խոհանոցը հովացնել՝ բացելով սառնարանի դուռը: Ի՞նչ եք կարծում, ճի՞շտ վարվեց նա:

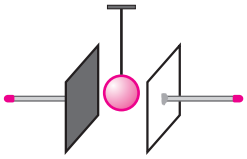
183. Ինչու՞ են շոգ օրերին մարդիկ սովորաբար սպիտակ վերնաշապիկ հագնում:

184. Ինչու՞ անսպասելի ցուրտը վտանգավոր չէ աշնանացանի համար, երբ այն ծածկված է ձյան հաստ շերտով:

185. Օդը վատ ջերմահաղորդիչ է: Իսկ ինչու՞ են տաք առարկաները օդում պաղում:

186. Ինչու՞ ցուրտ շենքում ամենից շատ մրսում են ոտքերը:

187. Թիթեղի շերտիկների միջև, որոնցից մեկը սևացրած է, իսկ մյուսը՝ փայլուն, կախված է պողպատե շիկացած գնդիկ: Թիթեղի ո՞ր շերտիկից մոմով ամրացված լուցկին ավելի շուտ կընկնի:


Խնդիր 187

188. Դաշտերից մեկը պատված է ձյունով, իսկ մյուսը՝ սառույցով: Ո՞ր դաշտում աշնանացանն ավելի լավ կպահպանվի: Ինչու՞:

189. Կարելի՞ է արդյոք բարձրացնել մարմնի ջերմաստիճանը՝ նրան ջերմություն չհաղորդելով:

190. Ո՞ր աղյուսն է ավելի լավ ջերմամեկուսիչ՝ սովորակա՞ն, թե՞ ծակոտկեն:

191. Սառույցի երկու միանման կտոր բերեցին սենյակ: Մեկը դրեցին սեղանին, իսկ մյուսը ծածկեցին բրդե կտորով: Սառույցի ո՞ր կտորն ավելի շուտ կհալվի: Ինչու՞:

192. Պատկերացնենք այսպիսի փորձ: Օդահան պոմպի զանգի տակ դրել են շիկացած թուջե գունդ, իսկ օդը զանգից հանել են: Կտաքանա՞ արդյոք զանգն այդ դեպքում: Ինչու՞:

193. Ինչու՞ պատուհանի մաքուր ապակին Արեգակի ճառագայթների ազդեցությամբ գրեթե չի տաքանում, իսկ մրոտված ապակին տաքանում է:

194. Արդուկներից մեկը տաքացած է մինչև 200 °C, իսկ մյուսը՝ մինչև 400 °C: Ո՞ր արդուկի արձակած ճառագայթային էներգիան է ավելի մեծ:

195. Կարելի՞ է արդյոք սովորական մոմի բոցով եռացնել մեկ դույլ ջուրը: Ինչու՞:

196. Երկու միատեսակ անոթների մեջ լցրեցին հավասար քանակով ջուր և դրեցին արևի տակ՝ անոթներից մեկը նախապես ծածկելով ապակիով: Ո՞ր անոթում ջուրն ավելի շուտ կտաքանա:

197. Շրջապատող միջավայրից ջերմամեկուսված և սենյակային ջերմաստիճանի ջուր պարունակող անոթի մեջ իջեցրին շիկացած առարկա: Որոշ ժամանակ անց ջրի և առարկայի ջերմաստիճանները հավասարվեցին: Ջերմահաղորդման ո՞ր երևույթի շնորհիվ ջերմաստիճանները հավասարվեցին: Ինչպե՞ս փոխվեց ջրի ներքին էներգիան: Իսկ առարկայի՞նը: Ինչպե՞ս է դրսևորվում էներգիայի պահպանման օրենքն այս դեպքում:

198. Ի՞նչ նվազագույն բարձրությունից պետք է ընկնի 20Ն կշռով մուրճը, որ նրա հարվածից 10գ զանգվածով պղնձե թիթեղը տաքանա 10 °C-ով: Ենթադրեք, թե տաքանում է միայն պղնձե թիթեղը:

199. Ինչու՞ են փայտե տների պատերն ավելի բարակ, քան աղյուսե տներինը:

200. Ե՞րբ է ավելի հարմար, որ առագաստանավերը մտնեն նավահանգիստ՝ կերե՞կը, թե՞ գիշերը: Ինչու՞:

201. Ճառագայթային ջերմափոխանակումն ինչո՞վ է տարբերվում ջերմահաղորդման մյուս եղանակներից՝ ջերմահաղորդականությունից և կոնվեկցիայից:

202. Որտե՞ղ է օդն առավել տաքանում՝ գետնի՞ մակերևույթի վրա, թե՞ ջրի:

203. Ո՞ր բույսերն են ավելի շատ տուժում գարնանային կրտահարությունից՝ սևահողերու՞մ, թե՞ բաց գույնի հողերում աճողները:

204. Ո՞ր հողերն են Արեգակի ճառագայթներից կերեկն ուժեղ տաքանում, իսկ գիշերը՝ արագ սառչում՝ սևահողե՞րը, թե՞ մոխրահողերը:

205. Ի՞նչ եղանակով է էներգիան հաղորդվում անօդ տարածության մեջ:

206. Ո՞ր դեպքում է գիշերը գետինն ավելի շատ սառչում ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ՝ պա՞րզ, թե՞ ամպամած եղանակին: Ինչու՞:

207. Ինչ-որ նյութից պատրաստված 4 կգ զանգվածով առարկան 50 °C-ով տաքացնելիս նրա ներքին էներգիան մեծացավ 480 կՋ-ով: Ի՞նչ նյութից էր պատրաստված առարկան:

208. Հրացանից արձակված գնդակի կինետիկ էներգիան 25 Ջ է: Դիպչելով տախտակին՝ գնդակը մնաց նրա մեջ: Ինչպե՞ս փոխվեց գնդակի մեխանիկական էներգիան: Իսկ ինչպե՞ս փոխվեցին գնդակի և տախտակի ներքին էներգիաները:

209. Չափումների և հաշվարկների միջոցով պարզվել է, որ անամպ եղանակին Երկրի մակերևույթի յուրաքանչյուր քառակուսի սանտիմետր մակերեսով տեղամաս, երբ արեգակնային ճառագայթներն այդ տեղամասի վրա ընկնում են ուղղահայաց, 1 ր-ում ստանում է 8 Ջ արեգակնային էներգիա: Ի՞նչ ջերմաքանակ կստանա Արեգակից պարզ եղանակին Երկրի մակերևույթի 1 մ^2 մակերեսով տեղամասը 1 վ-ում, 10 ժ-ում:

210. Գազը, տաքանալով, գլանածև անոթում բարձրացնում է մխոցը: Էներգիայի ի՞նչ փոփոխություններ և փոխակերպումներ են տեղի ունենում այդ դեպքում:

211. Դուք կանգնած եք խարույկի մոտ: Ի՞նչ եղանակով է հիմնականում ջերմությունը փոխանցվում ձեզ՝ ջերմահաղորդականությա՞մբ, կոնվեկցիայո՞վ, թե՞ ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ:

212. Հնարավո՞ր է արդյոք կոնվեկցիան անկշռության պայմաններում: Ինչու՞:

213. Երկու միատեսակ մետաղե գնդիկներից մեկը դրված է պատվանդանին, իսկ մյուսը կախված է թելից: Գնդիկները տաքացնում են մինչև միևնույն ջերմաստիճանը: Ո՞ր գնդիկը տաքացնելու համար ավելի շատ ջերմություն կծախսվի: Ենթադրեք, թե պատվանդանը և թելը ջերմություն չեն կլանում: Պատասխանը հիմնավորեք:

214. Կարո՞ղ է արդյոք սառույցը լինել ջեռուցիչ:

215. Ինչու՞ է տաք ջուրը թերմոսի մեջ ի վերջո պաղում:

216. Ամռանը բնակարանում զովանալու համար սովորաբար օգտագործում են կենցաղային օդափոխիչ: Պաղու՞մ է արդյոք սենյակի օդը, երբ օդափոխիչը միացնում ենք: Բացատրեք: Եթե ձեր պատասխանը բացասական է, այդ դեպքում ինչու՞ են օդափոխիչ օգտագործում:

217. Մի կապոց փայտ, բարձրացնելով երկրորդ հարկ, այրեցին վառարանում: Ու՞ր

«կորավ» փայտի պոտենցիալ էներգիան:

218. Կարելի՞ է արդյոք տաքացնել գազը՝ այն ջերմամեկուսացնելով շրջապատից: Ինչպե՞ս:

219. Պողպատե իրն ունի 2,5 կգ զանգված: Որքա՞ն կնվազի դրա ներքին էներգիան 40 °C-ից մինչև 20 °C պաղելիս:

220. Քանի՞ աստիճանով կտաքանա 1 կգ զանգվածով պղնձի կտորը, եթե ընկնի 500 մ բարձրությունից: Համարել, որ պղնձի կտորի մեխանիկական էներգիան լրիվ փոխակերպվում է ներքին էներգիայի:

221. Ալյումինե շինվածք դրոշմելիս կատարվել է 46 000 Ջ աշխատանք, որի 40 %-ը ծախսվել է 2 կգ ընդհանուր զանգվածով շինվածքների տաքացման համար: Քանի՞ աստիճանով կտաքանան այդ շինվածքները:

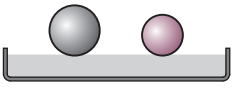
222. Տաշտակի մեջ լցրին 80 °C ջերմաստիճանի 20 լ և 5 °C ջերմաստիճանի 10 լ ջուր: Խառնելով ջուրը՝ չափեցին խառնուրդի ջերմաստիճանը: Այն 55 °C էր: Ի՞նչ ջերմաքանակ կորցրեց տաք ջուրը և ի՞նչ ջերմաքանակ ստացավ սառը ջուրը: Համեմատեք այդ ջերմաքանակները: Ինչպե՞ս կհիմնավորեք ստացված արդյունքը:

223. Երբ թուջե առարկան, որի զանգվածը 300 գ է, ջրի մեջ պաղեց 450 °C-ից մինչև 50 °C, կորցրեց 64,8 կՋ ջերմաքանակ: Այդ տվյալներով որոշեք թուջի տեսակարար ջերմունակությունը:

224. 300 գ զանգվածով մետաղե առարկան եռման ջրից հանեցին և իջեցրին գոլ ջրի մեջ, որի ջերմաստիճանը 39 °C է, իսկ զանգվածը՝ 200 գ: Որոշ ժամանակ անց ջրի և առարկայի ջերմաստիճանը դարձավ 44 °C: Ի՞նչ մետաղից էր պատրաստված առարկան: Շրջապատին տրված ջերմաքանակը հաշվի չառնել:

225. Համեմատելով ջրի և յամաքի տեսակարար ջերմունակությունները՝ բացատրեք, թե ինչու՞ է ցերեկն ափամերձ զեփյուռը փչում լճից յամաք, իսկ գիշերը՝ յամաքից լիճ:

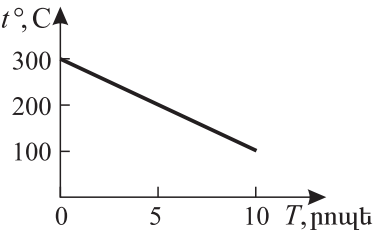
226. Նույն ջերմաստիճան և նույն զանգվածն ունեցող կինկե և պղնձե տաքացած գնդերը դրեցին սառույցին (տես նկարը): Ո՞ր գնդի տակ ավելի շատ սառույց կհալվի: Ինչու՞:


Խնդիր 226

227. Ջրով լցված ալյումինե կաթսան տաքացնում են էլեկտրասալիկի վրա: Ջրի և կաթսայի զանգվածները հավասար են: Դրանցից որի՞ ներքին էներգիան ավելի շատ կաճի և քանի՞ անգամ:

228. 50 մ^3 ծավալով սենյակի օդը տաքացնելիս ծախսվեց 645 կՋ ջերմաքանակ: Քանի՞ աստիճանով բարձրացավ սենյակի օդի ջերմաստիճանը: Համարել, որ օդի խտությունը 1,29 կգ/մ^3 է:

229. Նկարում պատկերված է ժամանակի ընթացքում ինչ-որ նյութի ջերմաստիճանի նվազումը պատկերող գրաֆիկը: Օգտվելով այդ գրաֆիկից՝ պարզեք, թե ի՞նչ նյութ է դա, եթե նրա զանգվածը 3 կգ է, իսկ պաղելիս կորցրած ջերմաքանակը՝ 300 կՋ:



230. Միևնույն զանգվածով պողպատե և ոսկե գնդիկներ, միևնույն բարձրությունից գետին

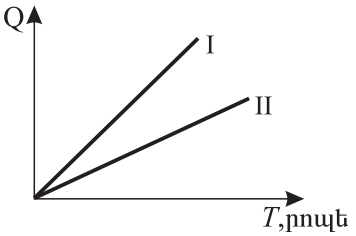
ընկնելով, տաքանում են: Էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումներ են տեղի ունենում այդ դեպքում: Նույն չափո՞վ կտաքանան արդյոք գնդիկները: Պատասխանը հիմնավորեք:

231. Անոթում լցված 5կգ զանգվածով ջրի ջերմաստիճանը 7 °C է: Երբ ջրի մեջ գցեցին 1103 °C ջերմաստիճան ունեցող երկաթե կշռաքար, որոշ ժամանակ անց դրանց ընդհանուր ջերմաստիճանը դարձավ 53 °C: Որքա՞ն է կշռաքարի զանգվածը: Անոթի ջերմունակությունը հաշվի չառնել:

232. 42գ զանգվածով գայլիկոնը 140-ից մինչև 40 °C պաղելիս կորցնում է այնքան ջերմաքանակ, որքան անհրաժեշտ է 92գ զանգվածով ջուրը 35-ից մինչև 40 °C տաքացնելու համար: Ի՞նչ մետաղից է պատրաստված գայլիկոնը:

233. Երկու երկաթե չորսուներ իրար շփելու ընթացքում կատարված աշխատանքը 4400 Ջ է: Որքա՞ն փոփոխվեց այդ չորսուների ներքին էներգիան, եթե մեխանիկական աշխատանքի միայն 40%-ը ծախսվեց չորսուների տաքացման համար:

234. Նկարում պատկերված են այն գրաֆիկները, որոնք արտահայտում են տաքացնելիս ալյումինե կաթսայի և ջրի ստացած ջերմաքանակների փոփոխությունները ժամանակի ընթացքում: Կաթսայի և ջրի զանգվածները հավասար են: Նշեք, թե ո՞ր գրաֆիկն է ջրինը՝ I-ը, թե՞ II-ը: Պատասխանը հիմնավորեք:



235. Ո՞ր դեպքում ավելի շատ ջերմաքանակ կպահանջվի՝ 100գ ջուրը 1°C-ով տաքացնելի՞ս, թե՞ նույն զանգվածով սառույցը −1 °C-ից մինչև 0 °C տաքացնելիս: Պատասխանը հիմնավորեք:

236. Ի՞նչ ջերմաքանակ է ստանում ձեր օրգանիզմը 60 °C ջերմաստիճանի մեկ բաժակ (200գ) թեյ խմելիս:

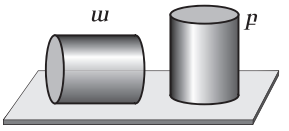
237. Միատեսակ զանգվածով ալյումինե և ոսկե գդալները իջեցրին եռման ջրի մեջ: Միևնո՞ւյն ջերմաքանակն անցավ արդյոք ջրից գդալներին: Պատասխանը հիմնավորեք:

238. 350կգ զանգվածով մուրճը 2մ բարձրությունից ընկավ 2կգ զանգվածով պողպատե առարկայի վրա: Կորսված մեխանիկական էներգիայի կեսը փոխակերպվեց առարկայի ներքին էներգիայի: Քանի՞ աստիճանով բարձրացավ առարկայի ջերմաստիճանը:

239. Կապարե գնդակը, թռչելով 200մ/վ արագությամբ, բախվում է արգելքին և կանգ առնում: Քանի՞ աստիճանով կբարձրանա գնդակի ջերմաստիճանը, եթե ենթադրենք, որ միայն գնդակն է տաքանում:

240. 0,4մ^3 ծավալով և 20 °C ջերմաստիճանի ջուրը խառնեցին 0,1մ^3 ծավալով և 70 °C ջերմաստիճանով ջրին: Որքա՞ն է ստացված խառնուրդի ջերմաստիճանը:

241. Պողպատե գլանը, հանելով եռման ջրից, դրեցին սեղանին: Ո՞ր դեպքում գլանի ջերմաստիճանն ավելի արագ կիջնի մինչև սենյակայինը՝ կողքի՞ (նկ. ա), թե՞ ուղիղ (նկ. բ) դնելիս:



Խնդիր 241

242. Գազի պղպջակը ջրամբարի հատակից լողում է դեպի վեր: Գազն այդ դեպքում աշխատանք կատարո՞ւմ է, թե՞ ոչ:

243. 60 Վտ հզորությամբ էլեկտրական լամպն իջեցրին թափանցիկ կալորաչափի մեջ, որը պարունակում էր 600 գ զանգվածով ջուր: 5 րոպեի ընթացքում ջուրը տաքացավ 4 °C-ով: Լամպի սպառած էներգիայի ո՞ր մասը դուրս եկավ կալորաչափից ճառագայթային էներգիայի տեսքով:

244. Ի՞նչ բարձրության կարելի է հասցնել 1 կգ զանգվածով կշռաքարն այն էներգիայի հաշվին, որը կորցնում է 196 սմ^3 ծավալով եռման ջուրը մինչև 0 °C ջերմաստիճան պաղելիս:

245. 200 մ բարձրությունից վայր ընկավ ինչ-որ առարկա: Օդի հետ շփվելիս և գետնին բախվելու հետևանքով առարկայի ջերմաստիճանը բարձրացավ 7 °C-ով: Ի՞նչ նյութից էր այդ առարկան, եթե ներքին էներգիայի փոխակերպվեց նրա մեխանիկական էներգիայի 50 %-ը:

246. 70 Վտ հզորությամբ շարժիչը 5 ր-ում պտտեցնում է կալորաչափում 5 լ ծավալով ջրի մեջ ընկղմված պտուտակի թիակները: Պտուտակի թիակների հետ շփվելու հետևանքով ջուրը տաքանում է: Ենթադրելով, որ ամբողջ էներգիան ծախսվել է ջրի տաքացման համար, որոշեք, թե քանի՞ աստիճանով փոխվեց ջրի ջերմաստիճանը:

ԳԼՈՒԽ VI. ՆՅՈՒԹԻ ԱԳՐԵԳԱՏԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ

247. Ջու՞րը, սառու՞յցը, թե՞ ջրի գոլորշին են օժտված ամենամեծ (ամենափոքր) ներքին էներգիայով, եթե նրանց զանգվածները հավասար են:

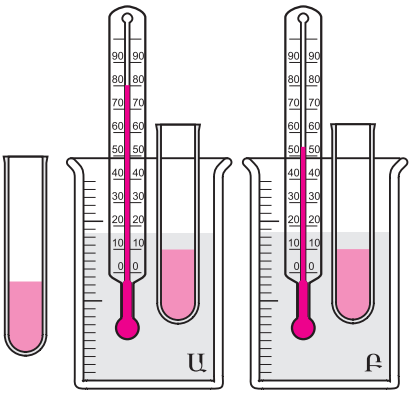
248. Անագը մի ագրեգատային վիճակից անցել է մի այլ վիճակի: Այն պնդացե՞լ է, թե՞ հալվել, եթե հայտնի է, որ նրա ներքին էներգիան փոքրացել է:

249. Կարելի՞ է արդյոք որոշակիորեն ասել, որ 1539 °C ջերմաստիճանում երկաթը կլինի հեղուկ վիճակում: Ինչո՞ւ:

250. Հեղու՞կ, թե՞ պինդ վիճակում կլինի անագը 300 °C ջերմաստիճանում, ցինկը՝ 450 °C ջերմաստիճանում, ալյումինը՝ 650 °C ջերմաստիճանում:

251. Դասագրքի 5-րդ աղյուսակում ներկայացված նյութերից որո՞նք կանցնեն հեղուկ վիճակի 20 °C ջերմաստիճանում: Որո՞նք կմնան պինդ վիճակում:

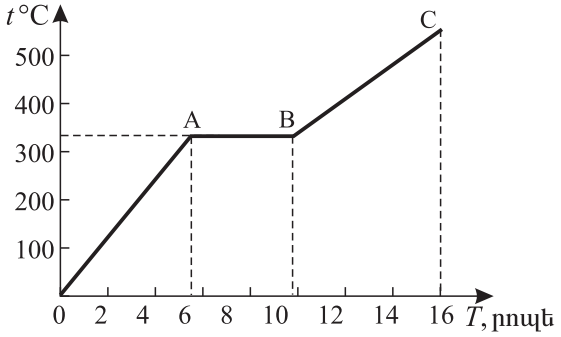
252. Ո՞ր մետաղի կտորը՝ պղնձի՞, թե՞ վոլֆրամի, կմնա պինդ վիճակում, եթե այն գցենք հալված երկաթի մեջ:



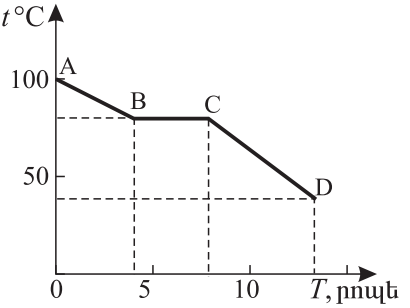
Նկար 253

253. Կբյուրեղանա՞ արդյոք սրվակում հալված նավթալինը, որի ջերմաստիճանը 80 °C է, եթե սրվակն իջեցնենք Ա անոթի մեջ, Բ անոթի մեջ:

254. Ըստ նկարում պատկերված գրաֆիկի որոշեք, թե ժամանակի ո՞ր պահին սկսվեց նյութի հալումը: Ե՞րբ այն ավարտվեց: Քանի՞ րոպե տևեց հալումը: Ո՞ր ջերմաստիճանում նյութն սկսեց հալվել: Ի՞նչ պրոցեսների են համապատասխանում գրաֆիկի OA, AB և BC հատվածները:



Խնդիր 254



Խնդիր 260

255. Լուսնի մակերևույթին գիշերը ջերմաստիճանն իջնում է մինչև −170 °C: Հնարավո՞ր է արդյոք այդպիսի ջերմաստիճանը չափել սնդիկային և սպիրտային ջերմաչափերով:

256. Մարդիկ ավելի վաղ ժամանակներից են սովորել ձուլել բրոնզ, քան երկաթ: Ինչո՞վ է դա բացատրվում:

257. Սառցե չորսուի վրայով գցված, նույն տրամագծով պղնձե և կապրոնե թելերից կախված են երկու միատեսակ բեռներ: Ինչու՞ պղնձե թելը կտրում է սառույցը, իսկ կապրոնե թելը՝ չի կտրում:

258. Ինչո՞ւ չմուշկները լավ են սահում սառույցի վրայով: Ինչու՞ սառնամանիքներին սահելը դժվարանում է:

259. Ունենք հալված նյութով լցված անոթ և նույն նյութից մի կտոր՝ պինդ վիճակում: Չսպասելով պնդացմանը՝ ինչպե՞ս կանխատեսել, թե ինչպե՞ս կփոխվի հալույթի ծավալը, երբ այն անցնի պինդ վիճակի:

260. Նկարում պատկերված է բյուրեղային մարմնի հալույթի հովացման և պնդացման գրաֆիկը:

ա. Որքա՞ն էր մարմնի ջերմաստիճանն առաջին դիտման ժամանակ:

բ. Ի՞նչ պրոցես է բնութագրում գրաֆիկի AB հատվածը:

գ. Ի՞նչ պրոցես է բնութագրում գրաֆիկի BC հատվածը:

դ. Ո՞ր ջերմաստիճանում է սկսվել նյութի պնդացման պրոցեսը:

ե. Որքա՞ն է տևել պնդացման պրոցեսը:

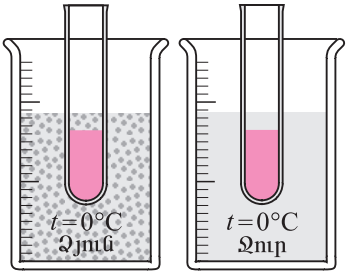
զ. Փոփոխվե՞լ է արդյոք մարմնի ջերմաստիճանը պնդացման ժամանակ:

է. Ի՞նչ պրոցես է բնութագրում գրաֆիկի CD հատվածը:

ը. Որքա՞ն էր մարմնի ջերմաստիճանը վերջին դիտման պահին:

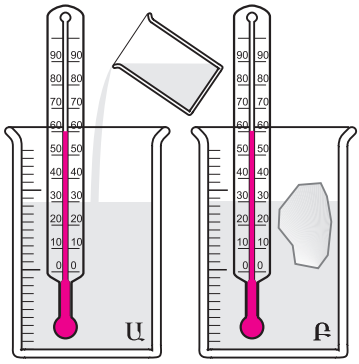
261. Կսառչի՞ արդյոք սրվակներից որևէ մեկում լցված ջուրը, եթե դրանք իջեցվել են նկարում պատկերված անոթների մեջ:

262. Ա անոթի մեջ ավելացնում են 0 °C ջերմաստիճանի ջուր, իսկ Բ անոթի մեջ գցում են նույն



Խնդիր 261

զանգվածով 0 °C ջերմաստիճանի սառույց: Ինչպե՞ս կփոփոխվեն ջերմաչափների ցուցմունքները (տես նկարը): Ո՞ր անոթում ջերմաչափի ցուցմունքի փոփոխությունը կլինի ավելի մեծ: Պատասխանը հիմնավորել:



Խնդիր 262

263. Որքա՞ն էներգիա է պահանջվում 5 կգ զանգվածով սառույցը 0 °C ջերմաստիճանում հալելու համար:

264. Սառցահոսքերի ժամանակ գետի մոտ օդի ջերմաստիճանն ավելի ցածր է, քան հեռվում: Ինչու՞:

265. Որքա՞ն էներգիա է պահանջվում 327 °C ջերմաստիճանի 3 կգ կապարը հալելու համար:

266. Ո՞ր դեպքում կանջատվի ավելի մեծ էներգիա՝ 2 կգ ալյումինի՞, թե 6 կգ երկաթի պնդացման ժամանակ, եթե դրանք հեղուկ վիճակում են՝ իրենց հալման ջերմաստիճաններում:

267. Որքա՞ն էներգիա կպահանջվի −20 °C ջերմաստիճանի 5 կգ սառույցը 0 °C ջերմաստիճանի ջրի վերածելու համար:

268. Դույլի մեջ լցրեցին 50 °C ջերմաստիճանի 10 լ ջուր: 0 °C ջերմաստիճանի որքա՞ն սառույց կարելի է հալել այդ ջրում: Դույլը շրջապատող առարկաների հետ ջերմափոխանակությունն անտեսել:

269. Ի՞նչ ջերմաքանակ կանջատվի 20 °C ջերմաստիճանի 3 կգ ջրի պնդացման պրոցեսում: Պատկերեք այդ պրոցեսի գրաֆիկը:

270. Ի՞նչ ջերմաքանակ է պահանջվում 0,5 կգ զանգվածով և 20 °C ջերմաստիճանի ցինկի կտորը հալելու համար: Պատկերեք այդ պրոցեսի գրաֆիկը:

271. Կհալվի՞ արդյոք 0 °C ջերմաստիճանի սառույցը, եթե այն գցենք 0 °C ջերմաստիճանի ջրով լցված անոթի մեջ, իսկ անոթը դնենք սենյակում, որտեղ ջերմաստիճանը 0 °C է:

272. Ինչու՞ թնդանոթի պողպատե փողը կրակոցի ժամանակ չի հալվում, չնայած կրակելիս առաջացած գազերի ջերմաստիճանը հասնում է 3600 °C: Պողպատի հալման ջերմաստիճանը 1400 °C է:

273. Գարնանն օդում արդեն տաք է, ջերմաստիճանը բարձր է 0 °C-ից, իսկ գետերում և լճերում սառույցը դեռևս չի հալչում: Ինչու՞:

274. Ասում են, որ սառույցն օժտված է «սառնության պաշարով»: Ինչպե՞ս կարելի է բացատրել այս արտահայտությունը:

275. Ի՞նչ ջերմաքանակ կպահանջվի 10 կգ զանգվածով պղնձի կտորը հալելու համար, եթե նրա սկզբնական ջերմաստիճանը 83 °C է:

276. Հալման ջերմաստիճանի 500 գ հալած կապարը հովանում է մինչև 27 °C: Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջատվում:

277. Կգոլորշիանա՞ արդյոք 22 մ³ լցված ջուրը, եթե այն կիպ փակված է խցանով:

278. Վերհիշեք Տորիչելիի փորձը: Ինչո՞վ է լցված այն տարածությունը, որը կոչվում է «տորիչելյան դատարկություն»:

279. Ծանրաչափը, որի մեջ սնդիկի փոխարեն ջուր է լցված, տալիս է ցուցմունքներ, որոնք հարկավոր է ճշգրտել: Ինչու՞: Բացատրեք:

280. Ինչու՞ շոգ եղանակին քրտնելիս մարդու մարմինը հովանում է:

281. Ինչու՞ ենք սառնություն զգում, երբ մեր հագուստը թրջվում է:

282. Ինչու՞ մարդն իր ձեռքին արտաշնչելիս տաքություն է զգում, իսկ փչելիս՝ սառնություն:

283. Ո՞ր ջուրը հավասար պայմաններում ավելի շուտ կեռա՝ ծորակից վերցրած ջուրը, թե՞ եռացրածը:

284. Ինչու՞ խոնավ փայտերը վառարանի մեջ «թշշում» են և քիչ են տաքացնում:

285. Եռացող ջուրը հնարավոր չէ մխոցավոր պոմպով բարձրացնել վեր: Ինչու՞:

286. Կգոլորշիանա՞ արդյոք բաժակի մեջ լցված ջուրը, եթե այն տաք սենյակից տեղափոխվի մեկ այլ սենյակ, որտեղ ջերմաստիճանը 0 °C է:

287. Երկու միատեսակ մետաղե թիթեղներից ո՞րն ավելի արագ կչորանա՝ տաքացվա՞ծը, թե՞ մյուսը, եթե երկուսն էլ թրջենք ջրով: Ինչու՞:

288. Ինչու՞ թարմ թխած հացն ավելի ծանր է, քան հովացածը:

289. Ջրի կաթիլը, ընկնելով շիկացած սալիկի վրա, սկսում է «թռչկոտել»: Ինչու՞:

290. Ինչու՞ շատ առարկաներ չորանալիս ծռմռվում են:

291. Ինչու՞ ռետինե հագուստի մեջ շոգը դժվար է տանել:

292. Կեռա՞ արդյոք բաժակի ջուրը, եթե բաժակը լողում է եռացող ջրով ամանում:

293. Նու՞յնն են արդյոք նույն ջերմաստիճանն ունեցող ջրի գոլորշու և ջրի մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիաները: Նու՞յնն են արդյոք այդ պայմաններում ջրի և գոլորշու ներքին էներգիաները:

294. Նու՞յն էներգիան կծախսվի արդյոք 1 կգ ջուրը եռման պրոցեսում գոլորշու փոխարկելիս կամ սենյակային ջերմաստիճանում գոլորշիացնելիս: Պատասխանը հիմնավորեք:

295. Նկարում պատկերված է հեղուկի տաքացման, եռման և հովացման գրաֆիկը: Դիտման սկզբից որքա՞ն ժամանակ անց հեղուկն սկսեց եռալ, և որքա՞ն տևեց եռման պրոցեսը:

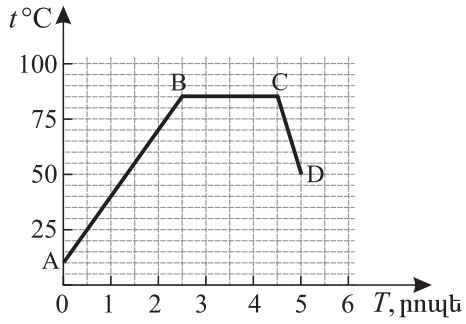
296. 50 °C ջերմաստիճանի 500 գ ջուրը տաքացրեցին մինչև 100 °C և գոլորշիացրին: Որքա՞ն էներգիա ծախսվեց այդ ամբողջ պրոցեսում:

297. Ի՞նչ ջերմաքանակ կպահանջվի 0 °C ջերմաստիճանի 4 կգ սառույցը հալելու, ստացված ջուրը մինչև եռման ջերմաստիճան տաքացնելու և նրա 200 գրամը գոլորշիացնելու համար:

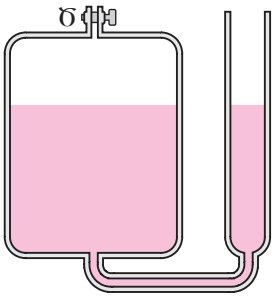
298. Կաթսայում եռացող ջրի մեջ մակարոն են եփում: Եռու՞մ է արդյոք ջուրը մակարոնների խողովակներում:

299. Ինչպե՞ս որոշել սարի բարձրությունը ջեռուցչի, ջրով լցված կաթսայի և ճշգրիտ ջերմաչափի օգնությամբ:

300. Հաղորդակից անոթները մասամբ լցրեցին ջրով և փակեցին Ծ ծորակը (տես նկարը): Որոշ ժամանակ անց շրջապատի օդի և ջրի անփոփոխ ջերմաստիճանի դեպքում ջրի մակարդակները հաղորդակից անոթների ծնկերում փոխվեցին: Ո՞ր ծնկում է հեղուկի մակարդակը բարձր և ինչու՞:



Խնդիր 295



Խնդիր 300

301. Տիեզերագնացը Լուսնի մակերևույթին բացեց ջրով լցված սրվակը: Նկարագրեք ջրի վարքը:

302. Ինչու՞ ջրի գոլորշին ավելի ուժեղ այրվածք է առաջացնում, քան նույն ջերմաստիճանի ջուրը:

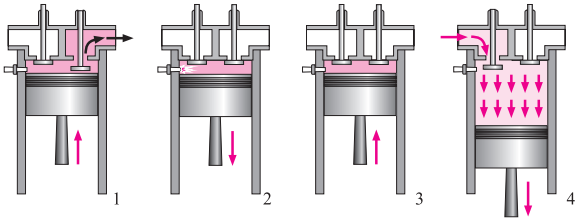
303. Ի՞նչ ջերմաքանակ կանջատվի 100 կգ քարածխի լրիվ այրումից:

304. 5 լ տարողությամբ բաքը լիքը լցված է բենզինով: Բավարա՞ր է արդյոք այդ քանակությամբ բենզինը, որպեսզի այն այրելիս անջատվի $23 \cdot 10^7$ Ջ էներգիա:

305. Ի՞նչ զանգվածով 0 °C ջերմաստիճանի ջուր կարելի է տաքացնել մինչև 50 °C այն էներգիայով, որն անջատվում է 200 գ կերոսինն այրելիս: Էներգիայի կորուստները անտեսել:

306. Ինչու՞ երբեմն թեյնիկի կափարիչը վեր-վեր է թռչում, երբ նրա մեջ ջուրը եռում է:

307. Նկարում պատկերված են ներքին այրման շարժիչի չորս տակտերը: Անվանեք յուրաքանչյուր տակտը: Ինչպե՞ս պետք է փոխել նկարների հերթականությունը, որպեսզի պատկերված տակտերի հերթականությունը համապատասխանի շարժիչի բնականոն աշխատանքին:



308. Ե՞րբ է գազի ներքին էներգիան ավելի մեծ ներքին այրման շարժիչի գլանում՝ սեղմման տակտի վերջո՞ւմ, թե՞ աշխատանքային տակտի վերջում:

309. Ներքին այրման շարժիչում ծախսվել է 0,5 կգ վառելիք, որի այրման տեսակարար ջերմությունը $46 \cdot 10^6$ Ջ/կգ է: Շարժիչը կատարել է $7 \cdot 10^6$ Ջ օգտակար աշխատանք: Ինչպիսի՞ն է շարժիչի ՕԳԳ-ն:

310. 36 կՎտ հզորությամբ ներքին այրման շարժիչը 1 ժամում ծախսեց 14 կգ կերոսին: Որոշեք շարժիչի ՕԳԳ-ն:

ԳԼՈՒԽ I

1. Երկրորդ:

2. 15 մ:

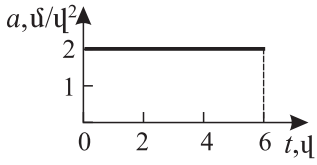
3. 60 մ:

4. $\frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$:

5. 30 կմ/ժ:

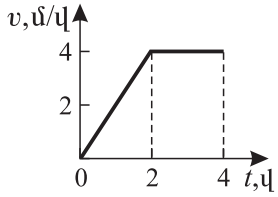
6. 15 վ:

7. Դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում: Տես նկարը:



8. Շարժման առաջին 5 վ-ում մարմինը շարժվել է հավասարաչափ, 20 մ/վ արագությամբ. շարժման վերջին 2 վ-ում կատարել է հավասարաչափ դանդաղող շարժում և $t = 7$վ պահին կանգ է առել: Առաջին 5վ-ում $a = 0$, իսկ վերջին 2վ-ում՝ $a = 10$մ/վ²: Մարմնի անցած ճանապարհը՝ $s = 120$ մ:

9. Տես նկարը: 12մ:



10. 40մ/վ, 20մ/վ, 200մ:

11. 6վ:

12. 8մ/վ², 80մ/վ:

13. 25մ:

14. 3վ:

15. 4,5վ, 99,225մ, 9վ, 44,1մ/վ:

16. 78,4մ/վ, 8վ:

17. 4,9 մ, 14,7 մ:

18. 122,5 մ:

19. 12վ, 352,8մ, 58,8մ/վ:

20. 19,6մ:

21. 22,05 մ/վ²:

22. 7514մ/վ:

23. 9420մ, 31,4մ/վ:

24. 465մ/վ:

25. 0,00028վ$^{-1}$, 0,00017մ/վ:

26. 1) 0,5վ$^{-1}$, 1,57 մ/վ,
2) 0,0628 վ, 15,9 վ$^{-1}$,
3) 0,15 մ, 0,19 վ,
4) 4 վ, 3,14 մ/վ,
5) 0,1 մ, 50 վ$^{-1}$:

ԳԼՈՒԽ II

27. բ և դ դեպքերում:

28. AB և CD տեղամասերում:

29. 2մ/վ²:

30. 1,5մ/վ²:

31. 3տ:

32. 40Ն:

33. 0,25կգ:

34. Հավասարաչափ արագացող՝ աճող արագությամբ, հավասարաչափ արագացող՝ նվազող արագությամբ, հավասարաչափ:

35. Կփոքրանա 3 անգամ:

36. Կմնա նույնը:

37. 15Ն:

38. 4մ/վ²:

39. 1,5:

40. 7,5Ն:

41. 170Ն:

42. 500Ն:

43. 28,3մ/վ:

44. 3Ն:

45. 0,25 մ/վ^2, 0,2 մ/վ^2:

46. 50Ն:

47. «Նավակ-մարդ» համակարգի վրա ազդող համազոր ուժը զրո է:

48. $2.4\cdot10^7$ կգմ/վ:

49. 8 կգմ/վ:

50. Երկաթե գնդի իմպուլսը 1,45 անգամ փոքր է, քան կապարե գնդինը:

51. 60 կգմ/վ:

52. 250Ն:

53. Ոչ:

54. Այո, նետելով իր մոտ եղած որևէ իր, միայն ոչ ուղղաձիգ ուղղությամբ:

55. Այո: Ռեակտիվ շարժում:

56. Ոչ: Կարելի է, եթե օդի հոսանքը չուղղվի առագաստի վրա:

57. 0,6 մ/վ:

58. mv, ուղղված է գնդակի արագությանը հակառակ:

59. 0,75 մ/վ:

60. 2 մ/վ:

61. 0,01 Ջ:

62. 8100 Ջ:

63. Գնդակը. գնդից 3,6 անգամ ավելի:

64. 50 կգ:

65. Այո, եթե $m_1/m_2 = (v_2/v_1)^2$

66. 2:

67. 147 Ջ:

68. 47040 Ջ, 47040 Ջ:

69. Կապարե չորսուն, մարմարե չորսուից մոտ 4,2 անգամ ավելի:

70. Եթե $m_1/m_2 = h_2/h_1$:

71. 4704 Ջ:

72. 6,517 Ջ, 1,029 Ջ:

73. 4,08 մ:

74. $6,86\cdot10^8$ Ջ:

75. Կինետիկը՝ պոտենցիալի և հակառակը:

76. 14 մ/վ:

77. 88,2 Ջ, 58,8 Ջ:

78. 380,4 Ջ:

79. 4950 Ջ:

ԳԼՈՒԽ III

80. 0,0023 վ, 660:

81. 0,4 վ, 2,5 Հց:

82. 0,8 մ:

83. Հասարակածում ազատ անկման արագացումն ավելի փոքր է, իսկ բևեռներում՝ ավելի մեծ, քան Երևանում: Հետևաբար՝ ճոճանակի տատանումների պարբերությունը հասարակածում ավելի մեծ է, իսկ բևեռներում՝ ավելի փոքր, քան Երևանում: Նշանակում է՝ ա. հասարակածում ժամացույցը հետ կընկնի, բ. Հարավային բևեռում՝ առաջ կընկնի:

84. Օդում, պայմանավորված դիմադրությամբ, ճոճանակի տատանումների լայնույթն աստիճանաբար փոքրանում է, և տատանումները, ի վերջո, մարում են: Օդահան պոմպի զանգի տակ տատանումները տեղի են ունենում անփոփոխ լայնույթով, եթե անտեսենք կախման կետում ճոճանակի թելի վրա ազդող շփման ուժը:

85. Կփոքրանա:

86. 0,99 մ/վ:

87. 2,5 սմ:

88. 1,1 Հց, 8,97 վ:

89. 9,86 մ/վ^2:

90. 24,8 սմ:

91. 4,9 վ:

92. 3,23 վ:

93. 0,314 վ, 1000:

94. 1,6 Հց, 12,56 վ:

95. 0,1կգ:

96. 29,6Ն/մ:

97. 1Ն:

98. 0,2վ:

99. 6,2սմ:

100. 20գ:

101. Ռեզոնանս կդիտվի, եթե շուռտվիկի բռնակի պտտման հաճախությունը համընկնի զսպանակի սեփական տատանումների հաճախության հետ: Այդ պայմանը տեղի ունի միայն բ դեպքում:
Հետևաբար՝ ա՝ոչ, բ՝այո:

102. Բռնակի պտտման հաճախությունը համընկնում է սեղանի սեփական տատանումների հաճախությանը:

103. Ոչ ուժեղ երկրաշարժի ժամանակ սեյսմակայուն շենքը կփլվի միայն ռեզոնանսի ժամանակ, այսինքն՝ երբ գետնի տատանումների հաճախությունը հավասար է շենքի սեփական տատանումների հաճախությանը: Այդ պայմանը տեղի ունի միայն բ դեպքում: Հետևաբար՝ ա՝ այո, բ՝ ոչ, գ՝ այո:

104. Հարկավոր է թողնել, որ ալիքը, որևէ խոչընդոտի (արգելքի) հանդիպելիս կատարի աշխատանք: Կարելի է նույնիսկ ջրի հանդարտ մակերևույթին առաջացնել ծփանք և դիտել, թե ինչպես է առաջացած ալիքը, ջրում տարածվելով, հասնում, օրինակ, մակերևույթին լողացող անշարժ խցանին և ստիպում նրան կատարել վեր ու վար շարժումներ:

105. Եթե տարբեր ալիքի երկարությամբ ձայնային ալիքները միևնույն միջավայրում ունենային տարբեր արագություններ, ապա մարդու խոսքը մեզ համար կլիներ անհասկանալի: Մենք չէինք կարողանա նաև ունկնդրել որևէ երաժշտություն: Միաժամանակ ծագած տարբեր բարձրության երաժշտական ձայներն ունկնդրին կհասնեին ոչ միաժամանակ, և ստեղծագործության ընկալումը կդառնար անհնար. իրականում, բարեբախտաբար, այդպես չէ:

106. Առաջին դեպքում օղի փոքր մակերեսով շերտեր են հպվում տատանվող մակերևույթին, որի հետևանքով օդում տարածվող աղմուկի էներգիան փոքր է: Երկրորդ դեպքում տատանվող մակերևույթի հաճախությունը փոքրանում է և կարող է դառնալ լսելիության ներքին սահմանից ավելի փոքր:

107. 1715մ:

108. 2,7մ:

109. 858մ:

110. 350մ/վ:

111. Առաջին:

112. Վերածվում է միջավայրի ներքին էներգիայի:

113. Պինդ մարմինների ձևի փոփոխությունից առաջանում են առաձգական ուժեր, իսկ գազերը չունեն ձև:

114. Չի ունենա,
6,86Հց (փոքր է 20Հց-ից):

115. Արագությունը և ալիքի երկարությունը փոխվում են, իսկ հաճախությունը՝ ոչ:

116. ա. 6մմ, բ. 1,3մմ:

117. 1,5սմ:

118. 198մ:

119. 51,8մ:

120. Էներգիայի պահպանման օրենքը չի խախտվում: Պարզապես դեկայով ևվագարաններում լարի հնչման տևողությունն ավելի կարճ է: Էլեկտրակիթառը դեկայի կարիք չունի, քանի որ նրա լարերի տատանումներն ուժեղացվում են

էլեկտրական սարքերի միջոցով:

121. 435,3 մ:

122. 203,4 մ:

123. Երկրագնդի միջուկը հեղուկ վիճակում է:

124. Եթե գետինը շատ է սառը (ջերմաստիճանը –20 °C-ից ցածր է), ապա քայլելիս սառույցն այլևս չի հալչում ոտքերի տակ և ճռճռում է (ինչպես բոլոր կոտրատվող պինդ մարմինները):

125. Նոր եկած ձյան խավիկների միջև կան փոքրիկ խոռոչներ, որոնց շնորհիվ այդպիսի ձյունը ձայնը կլանում է այնպես, ինչպես ձայնակլանիչ ծածկույթները ժամանակակից ծառայողական շենքերում: Ձյան խտացման հետ մեկտեղ ձայնի կլանումն աստիճանաբար թուլանում է:

126. Այն հանգամանքը, որ ձայնը գետնում տարածվում է ավելի արագ, քան օդում, տվյալ դեպքում նշանակություն չունի, քանի որ ձիու արագությունը, միևնույնն է, շատ անգամ ավելի փոքր է օդում ձայնի արագությունից: Գետինը ձայնի լավ «հաղորդիչ» է այն պատճառով, որ ձայնը գետնում ավելի քիչ է ցրվում և ավելի քիչ է կլանվում, քան օդում:

127. Այն ժամանակամիջոցում, որի ընթացքում ինքնաթիռի շարժիչի ձայնը հասնում է մարդու ականջին, ինքնաթիռը զգալիորեն տեղափոխվում է դեպի առաջ:

128. 10:

ԳԼՈՒԽ IV

132. 25 Å:

133. 10 Å:

139. Դիֆուզիայի հետևանքով ածխաթթու գազը, որն օդից ծանր է, տարածվում է օդում, իսկ անոթը լցվում է օդով: Կշեռքի՝ ածխաթթու գազով անոթի ձժարը բարձրանում է:

140. Ջրածնի դիֆուզիայի հետևանքով: Ջրածնով անոթի ձժարն իջնում է:

142. 3-րդ բաժակում:

144. Ցուրտ սենյակում:

146. Բաժակի կտորներն իրար կիպ մոտենում են միայն փոքր թվով կետերում, որտեղ ի հայտ են գալիս մոլեկուլների փոխադարձ ձգողության ուժերը:

147. Ջրի մոլեկուլների փոխադարձ ձգողության ուժերի պատճառով:

148. Պողպատի, կապարի, մոմի:

149. Մեծ ճնշման տակ մետաղների ատոմները պետք է մոտենան այնքան, որ փոխադարձ ձգողության ուժերը դառնան գերակշռող:

150. Ջրի և ապակու մոլեկուլները փոխազդում են զգալիորեն մեծ ձգողության ուժերով:

151. Պինդ:

152. Սոսնձի և զոդանյութի մասնիկները հնարավորինս մոտենում են իրար կպչվող մարմինների մակերևույթին՝ ապահովելով ձգողության ուժերի ազդեցությունը:

153. Ջրի և ապակու մոլեկուլների փոխադարձ ձգողության ուժերի շնորհիվ:

154. Պղնձի և սնդիկի ատոմների փոխադարձ ձգողության ուժերն ավելի մեծ են, քան սնդիկի ատոմների փոխադարձ ձգողության ուժերը:

155. Մազականության շնորհիվ:

160. Սառը:

161. Ջերմաչափի ցույցմունքը կնվազեր:

162. $t_F = 45\,000\,032$ °F:
32 °F-ը կարելի է անտեսել 45 000 000 °F-ի նկատմամբ:

166. Ոչ:

ԳԼՈՒԽ V

171. 3,16 անգամ:

172. Ջուրը տաքանում է ծովի ալիքների մեխանիկական էներգիայի հաշվին:

173. Ջրածնի մոլեկուլը երեք անգամ ավելի «արագաշարժ» է ջրի մոլեկուլից:

174. Ոչ, քանի որ Լուսինը մթնոլորտ չունի:

175. Ջերմաստիճանը բարձր է ջրվեժի հիմքի մոտ, քանի որ գահավիժող ջուրը գետնին հարվածելու հետևանքով տաքանում է:

176. Ջուրը: Ջրի մոլեկուլների միջին հեռավորությունը, հետևաբար՝ նաև նրանց փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան ավելի մեծ է, քան սառույցի մոլեկուլներինը:

177. Այո:

178. Ներքին էներգիայի:

179. Բալոնի սեղմված օդը:

180. Ձյունը չի տաքացնում գետինը, քանի որ ջերմության աղբյուր չէ: Սակայն, ունենալով շատ փոքր ջերմահաղորդականություն, ձյունը ծառայում է որպես ջերմամեկուսիչ շերտ՝ խանգարելով հողից ջերմության հաղորդումը սառն օդին:

181. Մուշտակը ջերմության աղբյուր չէ, ուստի չի տաքացնում մարդու մարմինը: Այն, պարզապես, շատ վատ ջերմահաղորդիչ է, և միայն խոչընդոտում է մարդու մարմնից ջերմության հաղորդմանը շրջապատին: Այլ կերպ ասած՝ մուշտակը միայն օգնում է, որ մենք մեզ տաքացնենք: Ճիշտ կլիներ ասել, որ մենք ենք տաքացնում մուշտակը, այլ ոչ թե մուշակը՝ մեզ:

182. Բացելով սառնարանի դուռը՝ Դավիթն իրոք կարող է իջեցնել խոհանոցի ջերմաստիճանը, սակայն շատ կարճ ժամանակով միայն: Հենց որ նորից միանում է սառեցնող հարմարանքը, որ տեղակայված է սառնարանի հետևի պատին մոտ, այդ պատն սկսում է տաքանալ՝ անջատելով ավելի շատ ջերմություն, քան այն, որ կլանում է սառնարանից դուրս եկող սառն օդը: Արդյունքում խոհանոցը, բնականաբար, տաքանում է:

183. Շոգ եղանակին հագուստը մարդուն պաշտպանում է Արեգակի ճառագայթներից: Մուգ գույնի հագուստն ավելի շատ է կլանում այդ ճառագայթները, քան սպիտակը, ուստի շոգ եղանակին խորհուրդ են տալիս հագնել սպիտակ գույնի հագուստ:

184. Ձյան ծածկույթը վատ ջերմահաղորդիչ է և, մեկուսացնելով գետինը (նաև՝ բույսերը) օդի սառը շերտերից, պահպանում է դրանց ներքին էներգիան:

185. Օդում տաք առարկաները պաղում են հիմնականում կոնվեկցիայի և ճառագայթային ջերմափոխանակման հետևանքով:

186. Կոնվեկցիայի հետևանքով օդի տաք շերտերը բարձրանում են վերև՝ դեպի առաստաղ, իսկ նրա տեղը զբաղեցնում են դեպի հատակ իջնող օդի ավելի սառը շերտերը: Այդ պատճառով ամենից շատ մրսում են ոտքերը:

187. Սևացրած:

188. Այն դաշտում, որը պատված է ձյունով, քանի որ ձյան ջերմահաղորդականությունն ավելի քան քսան անգամ փոքր է սառույցի ջերմահաղորդականությունից:

189. Այո: Օրինակ՝ դեֆորմացնելով մարմինը, ասենք, մուրճով հարվա-

ծելով և այլն:

190. Ծակոտկեն:

191. Բրդով չծածկված սառույցի կտորը:

192. Այո: Շնորհիվ ճառագայթային ջերմափոխանակման:

193. Մրոտված ապակին ավելի շատ ճառագայթային էներգիա է կլանում, որի հետևանքով էլ մեծանում է նրա ներքին էներգիան:

194. Երկրորդ:

195. Ոչ: Մեկ դույլ ջուրը եռացնելու համար պահանջվում է ավելի շատ ջերմաքանակ, քան այն ջերմաքանակը, որն անջատվում է մոմի լրիվ այրումից (անգամ, եթե անտեսենք անխուսափելի կորուստները):

196. Այն անոթում,
որը ծածկված չէ ապակիով:

197. Հիմնականում՝ կոնվեկցիայի: Ջրի ներքին էներգիան մեծացավ, իսկ առարկայինը՝ փոքրացավ: Ջրի ստացած էներգիան հավասար է առարկայի տված էներգիային:

198. 2մ:

199. Փայտն ավելի վատ ջերմահաղորդիչ է, քան աղյուսը:

200. Ցերեկը, քանի որ այդ ժամանակ ափամերձ զեփյուռը փչում է ծովից դեպի ցամաք:

201. Ճառագայթային ջերմափոխանակում հնարավոր է նաև վակուումում:

202. Գետնի վրա:

203. Սևահողերում:

204. Սևահողերը:

205. Ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ:

206. Պարզ: Ամպերը պահպանում են Երկրի կլանած ջերմաքանակը (տես, օրինակ, 197-րդ խնդիրը):

207. Կաղնու փայտ:

208. Գնդակի մեխանիկական էներգիան նվազեց 25 Ջ-ով: Գնդակ-տախտակ համակարգի ներքին էներգիան աճեց 25 Ջ-ով:

209. 1333 Ջ, 48 ՄՋ:

210. Տաքանալու շնորհիվ մեծանում է գազի ներքին էներգիան, որը մասամբ փոխակերպվում է մխոցի մեխանիկական էներգիայի:

211. Ճառագայթային ջերմափոխանակմամբ:

212. Ոչ: Կոնվեկցիա տեղի է ունենում տաքացած օդի զանգվածի վրա շրջապատի սառն օդի ստեղծած արքիմեդյան ուժի ազդեցության շնորհիվ. անկշռության պայմաններում արքիմեդյան ուժը զրո է:

213. Պատվանդանին դրված գնդիկին տաքացնելու համար ավելի շատ ջերմաքանակ է տրվում, քանի որ, բացի ներքին էներգիայից, մեծանում է նաև այդ գնդիկի պոտենցիալ էներգիան:

214. Այո, եթե սառույցին հպվող մարմինն ունենա ավելի ցածր ջերմաստիճան:

215. Ճառագայթային ջերմափոխանակման հետևանքով թերմոսի պատերից տեղի է ունենում էներգիայի առաքում: Էներգիան, ջերմահաղորդականությամբ, դուրս է «հոսում» նաև խցանի միջով:

216. Ոչ: Օդափոխիչն առաջացնում է օդի շարժում, իսկ շարժվող օդը, հանդիպելով մարդու մարմնին, արագացնում է մաշկից տեղի ունեցող գոլորշիացումը: Մաշկի խոնավության գոլորշիացման շնորհիվ մաշկի ջերմաստիճանն իջնում է. մարդը զովանում է:

217. Անցավ այրման արգասիքներին:

218. Այո: Արագ սեղմելով:

219. 25 կՋ-ով:

220. 12,25 °C:

221. 10 °C:

222. Տաք ջուրը կորցրել 2,1 ՄՋ ջերմաքանակ, սառը ջուրը ստացավ 2,1 ՄՋ ջերմաքանակ: Ջերմափոխանակման օրենքի միջոցով:

223. 540 Ջ/(կգ°C):

224. Արծաթ:

225. Ցամաքի տեսակարար ջերմունակությունը զգալիորեն փոքր է ջրի տեսակարար ջերմունակությունից: Ուստի արևի ճառագայթներից գետինն ավելի արագ է տաքանում, քան ջուրը, և ցերեկը ցամաքի ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քան ջրինը: Բարձր է նաև գետնին հպվող օդի շերտերի ջերմաստիճանը: Իսկ տաք օդը, ընդարձակվելով, բարձրանում է վեր: Նրա տեղը զբաղեցնում է ծովից եկող սառն օդը՝ առաջացնելով մեղմ քամի՝ զեփյուռ, որը փչում է ծովից դեպի ցամաք: Գիշերը, հակառակը, գետինն արագ է սառչում, իսկ ջուրը պահպանում է համեմատաբար բարձր ջերմաստիճանը: Զեփյուռը փչում է ցամաքից դեպի ծով:

226. Երկու գնդի տակ էլ կհալվի միևնույն զանգվածով սառույց, քանի որ և՛ ցինկը, և՛ պղինձն ունեն միևնույն տեսակարար ջերմունակությունը:

227. Ջրի ներքին էներգիան ավելի շատ կաճի, քան կաթսայինը. մոտավորապես 4,6 անգամ:

228. 10 °C-ով:

229. Պողպատ:

230. Գնդիկների մեխանիկական էներգիան փոխակերպվում է նրանց և շրջապատող մարմինների ներքին էներգիայի: Ոսկին ավելի շատ կտաքանա, քանի որ նրա ջերմունակությունը փոքր է պողպատի ջերմունակությունից:

231. 2 կգ:

232. Պողպատ:

233. 1760 Ջ-ով:

234. Ջրի տաքացման գրաֆիկը I-ն է: Իրոք, ժամանակի կամայական պահի ջրի և կաթսայի ջերմաստիճանները նույնն են: Քանի որ ջրի տեսակարար ջերմունակությունն ավելի մեծ է, ապա ջուրն ավելի շատ ջերմաքանակ կկլանի:

235. Ջուրը տաքացնելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը երկու անգամ մեծ է:

236. Մարդու օրգանիզմի ստացած ջերմաքանակը հավասար է 60 °C-ից մինչև 37 °C ջերմաստիճան պաղելիս ջրի կորցրած ջերմաքանակին, որը 19320 Ջ է:

237. Ոչ: Գդալների վերջնական ջերմաստիճանները հավասար են, ուստի ավելի շատ ջերմաքանակ ջրից կանցնի այն գդալին, որի տեսակարար ջերմունակությունն ավելի մեծ է, այսինքն՝ ալյումինե գդալին:

238. 3,4 °C-ով:

239. 143 °C-ով:

240. 30 °C:

241. Կողքի դնելիս, քանի որ այդ դեպքում գլանի՝ օդի հետ հպվող մակերևույթի մակերեսն ավելի մեծ է:

242. Այո, կատարում է: Իրոք, ջրամբարի հատակից վեր բարձրանալուն զուգընթաց ջրի հիդրոստատիկ ճնշումն ընկնում է: Պղպջակի ծավալը դրա հետևանքով մեծանում է: Գազը, հետևաբար, ընդարձակվում է՝ կատարելով աշխատանք արտաքին ուժերի նկատմամբ:

243. 0,44: Ցուցում. t ժամանակում լամպի սպառած էներգիան՝ $E = Nt$ (N-ը լամպի հզորությունն

է), իսկ ջրի կլանած ջերմաքանակը՝ $Q = cm\Delta t$: Ճառագայթման տեսքով շրջապատին հաղորդված էներգիան $E-Q$ է, որը սպառած էներգիայի

$\frac{E-Q}{E} = \frac{Nt - cm\Delta t}{Nt}$ մասն է:

Տեղադրելով $N = 60$ Վտ, $t = 5$ր$=300$վ, $c = 4200$ Ջ/(կգ°C), $m = 0{,}6$ կգ, $\Delta t = 4$ °C, կստանանք՝

$$\frac{E-Q}{E} = 0{,}44:$$

244. 8,4 կմ:

245. Կապար:

246. Ջուրը տաքացավ 1°C-ով:

ԳԼՈՒԽ VI

247. Ամենամեծը՝ գոլորշին, ամենափոքրը՝ սառույցը:

248. Պնդացել է:

249. Ոչ:

250. Անագը՝ հեղուկ, սիկը՝ հեղուկ, ալյումինը՝ պինդ:

251. Հեղուկ վիճակի կանգնեն ջրածինը, թթվածինը, ազոտը, օդը, սպիրտը, սնդիկը, սառույցը:

252. Վոլֆրամի:

253. Ա-ում՝ ոչ, Բ-ում՝ այո:

254. Սկսվեց 6-րդ րոպեին, ավարտվեց 10-րդ րոպեին, տևեց 4 րոպե: Հալումն սկսեց 327 °C ջերմաստիճանում: OA-ն՝ պինդ նյութի տաքացում, AB-ն՝ հալում, BC-ն՝ հեղուկի տաքացում:

255. Ոչ:

256. Բրոնզը հալվում է ավելի ցածր ջերմաստիճանում:

257. Պղինձը ջերմության լավ հաղորդիչ է, շրջապատից վերցնում է անհրաժեշտ ջերմաքանակ և հաղորդում սառույցին, որը թելի հպման տեղամասերում հալվում է, և սառույցի կտրման պրոցեսն արագանում է: Կապրոնի ջերմահաղորդականությունը շատ փոքր է, և կտրման պրոցեսը շատ դանդաղ է ընթանում:

258. Սահելիս չմուշկների և սառույցի միջև գոյանում է ջրի բարակ շերտ, որը և փոքրացնում է շփումը: Սառնամանիքներին ջրի շերտ չի գոյանում:

259. Պինդ կտորը գցենք հալույթի մեջ: Եթե այն սուզվի, կնշանակի, որ պնդանալիս նրա խտությունը մեծացել է, իսկ ծավալը՝ փոքրացել: Իսկ չսուզվելիս՝ հակառակը:

260. ա. 100 °C,
բ. հեղուկի հովացում,
գ. պնդացում,
դ. 80 °C-ում,
ե. 4 րոպե,
զ. ոչ,
է. պինդ նյութի հովացումը,
ը. 40 °C:

261. Ոչ:

262. Ցույցմունքները կփոքրանան: Բ անոթում, որովհետև սառույցի հալման համար լրացուցիչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ:

263. $1{,}7 \cdot 10^6$ Ջ:

264. Սառույցի հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը վերցվում է շրջապատի օդից:

265. $7{,}5 \cdot 10^4$ Ջ:

266. 6 կգ երկաթի:

267. $19{,}1 \cdot 10^5$ Ջ:

268. 6,176 կգ:

269. $12{,}72 \cdot 10^5$ Ջ:

270. $1{,}36 \cdot 10^5$ Ջ:

271. Ոչ:

272. Անգամ մինչև շատ բարձր ջերմաստիճանի գազերի տված ջերմաքանակի հաշվին (նրանց զանգվածի փոքրության պատճառով)

հնարավոր չէ մեծ զանգվածով թնդանոթի փողը տաքացնել մինչև հալման ջերմաստիճան և դեռ հաղորդել հալման համար լրացուցիչ ջերմաքանակ:

273. Սառույցի հալման տեսակարար ջերմության մեծ լինելը կարևոր նշանակության ունի բնության մեջ:

274. «Սառույցը հալման պրոցեսում շրջապատող մարմիններից վերցնում է մեծ ջերմաքանակ»:

275. $6{,}1 \cdot 10^6$ Ջ:

276. $3{,}35 \cdot 10^4$ Ջ:

277. Շշում՝ խցանի տակ, ջրի և գոլորշու միջև կստեղծվի շարժուն հավասարակշռություն: Այդ տարածության մեջ կլինի հագեցած գոլորշի, և ջրի մակարդակը չի փոփոխվի:

278. Սնդիկի հագեցած գոլորշիներով:

279. Ճշգրտումը պայմանավորված է ջրի մակերևույթին ջրային գոլորշիների ստեղծած ճնշման հաշվառմամբ:

280. Քրտինքը գոլորշիանում է մարդու մարմնի ներքին էներգիայի հաշվին, և նա հովանում է:

281. Թաց հագուստի ջուրը գոլորշիանում է մարդու մարմնի ներքին էներգիայի հաշվին:

282. Ձեռքին արտաշնչելիս բերանից դուրս եկած գոլորշին խտանում և էներգիա է հաղորդում ձեռքին, իսկ փչելիս շարժվող օդը ձեռքից հեռացնում է տաք օդի շերտը և առաջացնում սառնության զգացողություն:

283. Ծորակի թարմ ջուրը, որովհետև նրա մեջ կան շատ եռման կենտրոններ:

284. Նրա մեջ եղած ջուրը գոլորշիանում է և առաջացնում ձայն: Փայտի այրումից առաջացած էներգիայի մի մասը ծախսվում է նրա մեջ եղած ջրի գոլորշիացման համար:

285. Մխոցի տակ առաջանում է հագեցած գոլորշի, որի ճնշումը հավասար է լինում մթնոլորտային ճնշմանը:

286. Այո, ջուրը կգոլորշիանա ամեն մի ջերմաստիճանում:

287. Տաքացվածը, որովհետև գոլորշիացումն արագ տեղի կունենա:

288. Հովացածից հեռանում է նրա խոնավության մի մասը:

289. Շիկացած սալիկը, տաքացնելով կաթիլի մակերևույթը, նրա շուրջը ստեղծում է գոլորշու թաղանթ: Այդ գոլորշին էլ կաթիլը վեր է թռցնում:

290. Մարմնի մի մակերևույթն ավելի արագ է չորանում, քան մյուսը, որի հետևանքով այն սեղմվում է:

291. Մարդու մարմինն արագ գերտաքանում է, քանի որ քրտինքը չի գոլորշիանում:

292. Եռման համար անհրաժեշտ է էներգիայի հոսք, իսկ այստեղ երկու անոթներում էլ ջերմաստիճանը 100 °C է: Արտաքին անոթից ներքինին էներգիա չի հաղորդվի, ուստի բաժակում ջուրը չի եռա:

293. Կինետիկ էներգիաները նույնն են: Ներքին էներգիաները տարբեր են. գոլորշունը մեծ է:

294. Սենյակային ջերմաստիճանում գոլորշիացնելիս ավելի շատ էներգիա կպահանջվի:

295. 2,5 րոպեից հետո սկսեց եռալ և եռման պրոցեսը տևեց 2 ր:

296. $1{,}255 \cdot 10^6$ Ջ:

297. $3{,}5 \cdot 10^6$ Ջ:

298. Ոչ (տես 292-րդ խնդիրը):

299. Հայտնի է, որ ծովի մակերևույթից բարձրանալուն զուգընթաց մթնոլորտային ճնշումը նվազում է: Մյուս կողմից՝ ճնշման նվազման հետ մեկտեղ նվազում է ջրի եռման

ջերմաստիճանը: Այս հանգամանքը երբեմն օգտագործում են լեռնագնացները՝ վերելքի բարձրությունը որոշելու համար: Ճշգրիտ արդյունքներ են ստանում, եթե օգտագործում են հատուկ աղյուսակներ, իսկ կոպիտ հաշվումների համար պետք է հիշել, որ յուրաքանչյուր 100 մ բարձրանալիս ջրի եռման ջերմաստիճանը նվազում է 0,3 °C-ով:

300. Նեղ ծնկում ջրի մակարդակը կլինի ավելի բարձր, քան լայն ծնկում, որովհետև ժամանակի ընթացքում լայն ծնկում ջրի վրա առաջանում է գոլորշի, ուստի ճնշումը մեծանում է:

301. Ջուրը միաժամանակ կեռա և կսառչի:

302. Նույն ջերմաստիճանի գոլորշին ավելի մեծ ներքին էներգիա, ունի քան ջուրը:

303. $2{,}7 \cdot 10^9$ Ջ:

304. Ոչ: Կաճջատվի $16{,}33 \cdot 10^7$ Ջ:

305. 43,8 կգ:

306. Թեյնիկի մեջ ջրի եռման ժամանակ ջրի և կափարիչի միջև կուտակված գոլորշու ճնշման տակ կափարիչը վերև է բարձրանում և, բայց թողնելով գոլորշու որոշակի բաժին, նորից ընկնում է ներքև, և այդ պրոցեսը կրկնվում է:

307. 4-3-2-1:

308. Սեղմման քայլի վերջում:

309. 30,4 %:

310. 20,12 %:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԳԼՈՒԽ I
ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱ

Ներածություն 3
§1 Անհավասարաչափ շարժում: Միջին արագություն
§2 Հավասարաչափ արագացող շարժում: Արագացում 6
§3 Հավասարաչափ արագացող շարժման արագություն 8
§4 Ճանապարհը հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում 10
§5 Ազատ անկում: Ազատ անկման արագացում 13
§6 Հավասարաչափ շարժում շրջանագծով 18
§7 **Լաբորատոր աշխատանք 1**
Հավասարաչափ արագացող շարժման արագացման որոշումը 21

ԳԼՈՒԽ II
ԴԻՆԱՄԻԿԱ

Ներածություն 23
§8 Նյուտոնի առաջին օրենքը 24
§9 Նյուտոնի երկրորդ օրենքը 26
§10 Նյուտոնի երրորդ օրենքը 31
§11 Մարմնի իմպուլս 34
§12 Իմպուլսի պահպանման օրենքը 37
§13 Ռեակտիվ շարժում: Հրթիռային տեխնիկայի զարգացումը 39
§14 Էներգիա: Մեխանիկական էներգիա 43
§15 Կինետիկ էներգիա 45
§16 Պոտենցիալ էներգիա 49
§17 Մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումները:
Լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը 51
§18 **Լաբորատոր աշխատանք 2**
Լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքի ուսումնասիրումը 56
§19 Շարժվող ջրի և քամու էներգիայի օգտագործումը 57

ԳԼՈՒԽ III
ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

§20 Գաղափար մեխանիկական տատանումների մասին 61
§21 Մարող և չմարող տատանումներ:
Ազատ և հարկադրական տատանումներ 63
§22 Էներգիայի փոխակերպումները տատանողական շարժման ժամանակ 67
§23 Մաթեմատիկական և զսպանակավոր ճոճանակներ:
Սեփական տատանումների պարբերությունը 69
§24 Ռեզոնանսի երևույթը 73
§25 Մեխանիկական ալիքներ 76
§26 Ալիքի երկարություն և ալիքի տարածման արագություն 80
§27 Սեյսմիկ ալիքներ 83

§28 Ձայնային ալիքներ: Ձայնը տարբեր միջավայրերում 86
§29 Ձայնի բնութագրերը. ձայնի ուժգնություն և սաստկություն, տոնի բարձրություն 89
§30 Արձագանք: Ենթաձայն և անդրաձայն 93
§31 **Լաբորատոր աշխատանք 3**
Թելավոր ճոճանակի տատանումների ուսումնասիրումը 96

ԳԼՈՒԽ IV
ՆՅՈՒԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

§32 Ֆիզիկական մարմին և նյութ: Նյութի կառուցվածքը 98
§33 Ատոմներ և մոլեկուլներ 101
§34 Մոլեկուլների շարժումը: Դիֆուզիա 104
§35 Մոլեկուլների քաոսային շարժման արագությունը և մարմնի ջերմաստիճանը 107
§36 Ջերմաչափ: Ջերմաստիճանային սանդղակ 109
§37 **Լաբորատոր աշխատանք 4**
Փոքր մասնիկների չափերի որոշումը 114

ԳԼՈՒԽ V
ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

§38 Ներքին էներգիա 115
§39 Ներքին էներգիայի փոփոխման եղանակները 118
§40 Ջերմաքանակ 121
§41 Ջերմահաղորդականություն 124
§42 Կոնվեկցիա 128
§43 Ճառագայթային ջերմափոխանակում 132
§44 Տեսակարար ջերմունակություն 135
§45 Ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը 139
§46 **Լաբորատոր աշխատանք 5**
Պինդ մարմնի տեսակարար ջերմունակության որոշումը 144

ԳԼՈՒԽ VI
ՆՅՈՒԹԻ ԱԳՐԵԳԱՏԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ

§47 Նյութի ագրեգատային վիճակները 146
§48 Բյուրեղային մարմինների հալումն ու պնդացումը 149
§49 Հալման տեսակարար ջերմություն 152
§50 Գոլորշիացում և խտացում 156
§51 Եռում: Եռման ջերմաստիճան 159
§52 Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն 162
§53 **Լաբորատոր աշխատանք 6**
Ջրի եռման ջերմաստիճանի կախումը նրա մեջ լուծված աղի առկայությունից 166
§54 Վառելիքի էներգիան: Այրման տեսակարար ջերմություն 167
§55 Ջերմաշարժիչներ: Ներքին այրման շարժիչներ 169

ԽՆԴԻՐՆԵՐ 175
ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ՊԱՏԱՍԽԱՆՆԵՐ 196

ԷԴՈՒԱՐԴ ՂԱԶԱՐՅԱՆ
ԱԼԲԵՐՏ ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ
ԳԱԳԻԿ ՄԵԼԻՔՅԱՆ
ՌՈՍՏՈՄ ԹՈՍՈՒՆՅԱՆ
ՍՈՍ ՄԱՀԼՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱ 8

Հանրակրթական դպրոցի 8-րդ դասարանի դասագիրք

Հաստատել է
ՀՀ կրթության և գիտության նախարարությունը

Ձևավորումը, էջադրումը, նկարները՝
Արթուր Հարությունյանի

ԷԴԻԹ ՊՐԻՆՏ
հրատարակչություն

Թումանյան 12
(37410) 520848
(37410) 560841

Տպագրված է «Էդիթ Պրինթ» ՍՊԸ տպարանում:
Թուղթը՝ օֆսեթ: Չափսը՝ 70x100 1/16:
Տպագրական 13 մամուլ:
Տպաքանակը՝