

Ս. Վ. Գրոմով

Ն. Ա. Ռոդինա

ՖԻԶԻԿԱ

ԴԱՍԱԳԻՐՔ

ՆԱՆՐԱԿՐԹԱԿԱՆ ՆԱՍԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ

Ց-ՐԴ ԴԱՍԱՐԱՆԻ ՆԱՄԱՐ

Ռուսերենից թարգմանեց Ռ.Գ. Բարոյանը

Թարգմանված հրատարակությունը լույս է
տեսնում համաձայն «Պրոսվեժենիե»
հրատարակչության լիցենզիայի
Переводное издание выпущено в свет по
лицензии издательства "Просвещение"

«Անտարես» հրատարակչություն
Երևան - 2008

Издательство "Просвещение"
Москва - 2002

Издательство "Антарес"
Ереван - 2008



Օգտագործվող նշանակումներ

s – ճանապարհ	h – բարձրություն
v – արագություն	g – ազատ անկման արագացում
t – ժամանակ	λ – ալիքի երկարություն
a – արագացում	t – ջերմաստիճան
v – հաճախություն	U – ներքին էներգիա
T – պարբերություն	Q – ջերմաքանակ
m – զանգված	c – տեսակարար ջերմունակություն
F – ուժ	λ – հալման տեսակարար ջերմություն
P – կշիռ	r – շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն
p – իմպուլս	q – վառելիքի այրման տեսակարար ջերմություն
A – աշխատանք	
η – օգտակար գործողության գործակից	
E – մեխանիկական էներգիա	

Ս.Վ. Գրոմով, Ն.Ա. Ռոդինա

ՖԻԶԻԿԱ

Ռուսերենից թարգմանեց Ռ. Գ. Բարոյանը

Նանրակրթական դպրոցի 8-րդ դասարանի դասագիրք



§ 1. Գիպոթյուն մարմինների շարժման մասին

Ֆիզիկայի այն բաժինը, որ սկսում էր ուսումնասիրել, կոչվում է մեխանիկա: **Մեխանիկան** գիպոթյուն է մարմինների շարժման մասին:

Քննարկվող խնդիրների բնույթից ելնելով՝ մեխանիկան բաժանվում է երկու հիմնական մասի՝ *կինեմատիկա* և *դինամիկա*:

Կինեմատիկայում (հունարեն «կինեմա» բառը նշանակում է «շարժում») քրվում է մարմինների շարժման սուկ նկարագրությունը, թե ինչպես են նրանք շարժվում՝ առանց բացահայտելու պատճառները, թե ինչու են նրանք այդպես շարժվում: Այս կամ այն շարժումը պայմանավորող պատճառները ուսումնասիրում է **դինամիկան** (հունարեն «դինամիս»՝ «ուժ» բառից):

Նիշեցնենք, որ մարմնի **մեխանիկական շարժում** է կոչվում նրա դիրքի փոփոխությունը՝ որպես հաշվարկման մարմին ընտրված այլ մարմնի նկատմամբ: Այդ պատճառով, *որպեսզի կարողանանք դատողություն անել՝ որվյալ մարմինը շարժվո՞ւմ է, թե՛ ոչ, անհրաժաշտ է նախապես հաշվարկման մարմին ընտրել, որից հետո տեսնել՝ փոփոխվո՞ւմ է արդյոք դիրարկվող մարմնի դիրքը հաշվարկման մարմնի նկատմամբ*: Ընդ որում, դիրարկվող մարմինը կարող է շարժվել հաշվարկման որևէ մարմնի նկատմամբ և անշարժ մնալ հաշվարկման մեկ այլ մարմնի նկատմամբ:

Օրինակ՝ գեպնին ընկած քարը դադարի վիճակում է Երկրի նկատմամբ, բայց շարժվում է (Երկրի հետ միասին) Արեգակի նկատմամբ:

Տարածության մեջ մարմնի դիրքը որոշելու համար գիպնականներն օգտագործում են կոորդինատային համակարգ՝ միմյանց նկատմամբ ուղղահայաց երեք առանցքներ՝ X, Y, Z: Ժամանակը չափում են ժամացույցի միջոցով:

Տաշվարկման մարմինը, նրա հետ կապված կոորդինատային համակարգը և ժամանակ չափող սարքը միասին կազմում են **հաշվարկման համակարգ**:

Մեխանիկական շարժումը հարաբերական է: Դա նշանակում է, որ

1. առանց նշելու հաշվարկման մարմինը, որի նկատմամբ դիտարկվում է շարժումը, անիմաստ է խոսել մարմնի շարժման մասին,
2. հաշվարկման փարբեր մարմինների նկատմամբ (օրինակ՝ Երկրի, Արեգակի, ինքնաթիռի և այլն) միևնույն շարժումը կարող է գնահատվել փարբեր կերպ. փարբեր կարող են լինել շարժման հետագծերը, անցած ճանապարհները, արագությունները և այլն:

Սակայն հարաբերականի հետ միասին մեխանիկական շարժմանը բնորոշ են նաև բացարձակ հատկություններ: Բացարձակ են անվանում շարժման այնպիսի հատկություններ, որոնք կախված չեն հաշվարկման մարմնի ընտրությունից:

Օրինակ՝ եթե երկու՝ A և B մարմիններ Երկրի նկատմամբ մոտենում են միմյանց, ապա դա րեղի կունենա նաև հաշվարկման ցանկացած այլ մարմնի (ավտոմեքենայի, Լուսնի, Արեգակի և այլնի) նկատմամբ: Այլ խոսքով ասած՝ անհնար է գտնել այնպիսի հաշվարկման մարմին, որի նկատմամբ այդ երկու մարմինները միմյանց չմոտենան, այլ օրինակ՝ հեռանան միմյանցից: Այդ մարմինների միմյանց մոտենալը բացարձակ բնույթ է կրում:

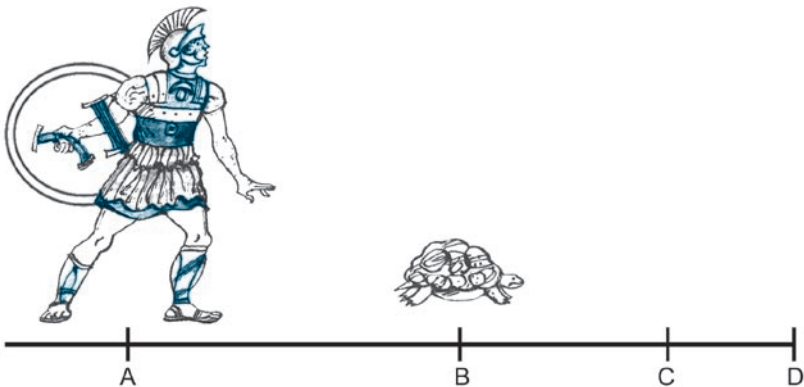
Մարմինների շարժման հետ կապված խնդիրներն անհիշելի ժամանակներից հետաքրքրել են մարդկանց: Այդ խնդիրների հետազոտությունները պայմանավորված էին ինչպես նրանց գործնական կարիքներով, այնպես էլ հետազոտողների հետաքրքրասիրությամբ: Մեխանիկական խնդիրների լուծումները շարք հաճախ մեծ հնարամտություն էին պահանջում (հիշենք, օրինակ՝ Արքիմեդին): Այդ պարճառով, զարմանալի չէ, որ մարմինների շարժման մասին գիտության անվանումը (մեխանիկա) թարգմանվում է «խորամանկություն», «հնարամտություն»:

Մարմինների շարժման մասին դարողություններ անելով՝ հին հույն գիտնականները երբեմն անսովոր փարօրինակությունների (պարադոքսների) էին հանգում: Դրանցից ամենազարմանալին Ջենոն Էլեյացու (մ. թ. ա. 5-րդ դար) պարադոքսներն են: Այն ժամանակ էլ, հիմա էլ դրանք կոչվում են

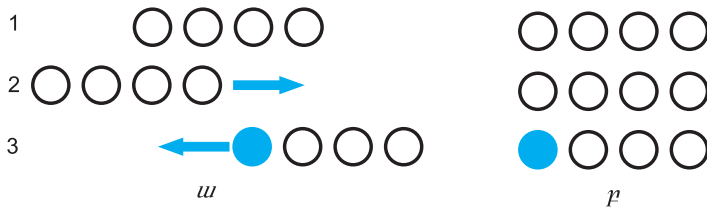
ապորիաներ: Ջենոնի ապորիաները գիտնականների կողմից քննարկվում են արդեն երկուս ու կես հազար փարի:

Ջենոնի ապորիաների մեջ ամենահռչակավորը թերևս «Աքիլեսն ու կրիան» անունը կրողն է: Նրանում Ջենոնն ապացուցում է, որ Տրոյական պատերազմի հերոս Աքիլեսը, չնայած իր հայտնի արագավազությանը, չի կարող հասնել դանդաղաշարժ կրիային: «Ընդունենք թե,– ասում է Ջենոնը,– Աքիլեսը կրիայի երկից սկսում է վազել՝ վազքն սկսելով նրա հետ միաժամանակ, բայց կրիայից հետո ընկած ինչ-որ AB հեռավորությունից (նկ. 1): Պարզ է, որ մինչև կրիային հասնելը Աքիլեսը պետք է հաղթահարի իրենց բաժանող AB հեռավորությունը: Սակայն մինչ նա այդ հեռավորությունը կվազի, կրիան նույնպես մի փոքր առաջ կտողա, և Աքիլեսն սրիաված պետք է լինի հաղթահարել լրացուցիչ BC հեռավորությունը: Բայց մինչ նա այդ կանի, կրիան նորից առաջ կգնա, և Աքիլեսը նորից պետք է լրացուցիչ հեռավորություն հաղթահարի: Այդ ընթացքում կրիան նորից կտողա ճանապարհի հաջորդ հատվածը, և այսպես մինչև անսահմանություն: Արդյունքում, կրիային հասնելու համար Աքիլեսից կպահանջվի հաղթահարել ճանապարհի անսահման հատվածներ, իսկ դրա համար կպահանջվի անսահման մեծ ժամանակ: Սա էլ հենց նշանակում է, որ Աքիլեսը երբեք չի հասնի կրիային»:

Իրականում, իհարկե, Աքիլեսը (ինչպես և ցանկացած այլ մարդ) առանց դժվարության կհասնի ու կանցնի առջևում սողացող կրիայից: Բայց փարօրինակը հենց այդ է. ինչպե՛ս է, որ իրականում մարդուն հաջողվում է հասնել կրիային և անցնել նրանից, եթե փեսականորեն (Ջենոնի կարծիքով իհարկե) դա անելն անհնար է:



Նկար 1



Նկար 2

Ոչ պակաս փարօրինակ եզրակացության է հանգեցնում նաև Ջենոնի մյուս ապորիան, որ կոչվում է «Մարգադաշտ»: Ենթադրենք մարգադաշտում ունենք մարմինների երեք շարք (նկ. 2, ա): Շարք 1-ը դադարի վիճակում է: Իսկ շարք 2-ի և 3-ի մարմինները միապեսակ արագությամբ սկսում են շարժվել դեմ հանդիման և որոշ ժամանակ անց հայտնվում են նկար 2, բ-ում ցույց տված իրավիճակում: Ընդ որում, շարք 3-ի առաջին մարմինը այդ ժամանակ անցնում է շարք 2-ի բոլոր մարմինների կողքով, այսինքն՝ որոշ S հեռավորություն: Միաժամանակ նա անցնում է և շարք 1-ի մարմինների կեսի կողքով՝ հաղթահարելով $S/2$ հեռավորություն: Քանի որ այդ երկու հեռավորություններն էլ միաժամանակ են հաղթահարվում, ապա սրացվում է, որ ամբողջը հավասար է իր կեսին՝

$$S = \frac{S}{2} :$$

Բայց սա անհեթեթություն է: Նաշվի առնելով, որ մենք այդ անհեթեթ եզրակացությանն ենք հանգել՝ համարելով, որ շարք 2-ը և շարք 3-ը շարժվում են, ապա պարզավոր ենք ընդունել, որ իրականում նրանք շարժվել չեն կարող:

Շարժում գոյություն չունի, այսպիսի փարօրինակ հեղուկության հանգեց Ջենոնը:

Ներաբրբիր է, որ երբ Ջենոնի ապորիանների հետ ծանոթացրին մի այլ հին հույն փիլիսոփայի՝ Դիոգենեսին, վերջինս վեր կացավ և սկսեց լուռ ելու առաջ շարժվել՝ դրանով ցույց տալով, որ շարժումն իրականում այնուամենայնիվ գոյություն ունի:

Շատ դարեր անց ցանկանալով արժանին մաթուցել Դիոգենեսի հնարամտությանը՝ Ա. Ս. Պուշկինը գրել է.

Շարժում չկա, ասաց իմաստունը մորուսավոր,

Մյուսը լուռ ուրբի ելավ ու նրա առաջ քայլեց...

Սակայն Դիոգենեսը բավականաչափ իմաստուն էր՝ հասկանալու համար, որ քայլելով Ջենոնին չես հերքի... դեռ ավելին, երբ նրա աշակերտներից մեկը լիովին բավարարվեց այդ «հերքումով», Դիոգենեսն սկսեց փայտով ծեծել նրան՝ ծեծելը հիմնավորելով այսպես. «Պետք չէ բավարարվել զգացմունքային ճշմարտությամբ, այլ անհրաժեշտ է հասկանալ»:

Այնպես որ, եթե ուզում եք գրել Ջենոնի ապորիաների լուծումը, ապա դա պետք է անել ոչ թե գործնականում, այլ Ջենոնի դատողություններում թույլ տրված սխալը որոնելու ուղիով:

Անհարժեշտ է նշել, որ Ջենոնի ապորիաների՝ բոլորի կողմից ընդունված լուծումներ առ այսօր գոյություն չունեն: Ջենոնի առաջարկած խնդիրների վերլուծությունը ցույց տվեց, որ մեխանիկական շարժմանն իսկապես հատուկ են փարօրինակ և նույնիսկ հակասական հատկություններ: Այդպիսի հատկություններից մեկն էլ հարաբերականության հատկությունն է:

Ջենոնն առաջինն էր, որ ընդհարվեց շարժման հարաբերականության խնդրի հետ: Իր «Մարգադաշտ» ապորիայում նա դիտարկում է մարմնի շարժումը երկու փարբեր հաշվարկման մարմինների նկատմամբ (հաշվարկման մի մարմինը շարք 1-ն է, մյուսը՝ շարք 2-ը): Երկու փարբեր հաշվարկման մարմինների նկատմամբ միևնույն մարմնի միաժամանակյա շարժման նկարագրությունը փարբեր արդյունքներ տվեց: Սակայն դրանից բխող ճիշտ եզրակացությունը ոչ թե շարժման անհնարինության գաղափարն է, այլ շարժմանը ներքուստ հատուկ հարաբերականության հատկության գոյության գաղափարը:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է մեխանիկան:
2. Ինչո՞վ է փարբերվում կինեմատիկական դինամիկայից:
3. Ի՞նչն է կոչվում մեխանիկական շարժում:
4. Ի՞նչ են հասկանում ասելով «շարժման հարաբերականություն»:
5. Ո՞վ է գրել շարժման մեջ՝ ավտորբուսով ընթացող ուղևորը, թե՛ կանգառում կանգնած մարդը:

§ 2. Անհավասարաչափ շարժում: Միջին արագություն

VII դասարանի դասագրքի աղյուսակ 2-ում բերված ոչ բոլոր մարմինների շարժումներն են հավասարաչափ: Միայն ձայնը, լույսը և ռադիոալիքները որոշակի պայմաններում փարածվում են հաստատուն արագությամբ: Աղյուսակում բերված մնացած մարմինների արագությունները շարժման ընթացքում փոփոխվում են: Այդ պարճառով դրանց համար բերված են արագությունների միջին կամ առավելագույն արժեքները, որոնց կարող են հասնել մարմինները շարժման ընթացքում:

Շարժումը, որի ընթացքում մարմնի արագությունը հեքագծի փարբեր փեղամասերում փարբեր է, կոչվում է **անհավասարաչափ**:

Անհավասարաչափ շարժումը բնութագրվում է **միջին արագությամբ**: Անհավասարաչափ շարժման միջին արագությունը գրնում են ճիշտ այնպես, ինչպես հավասարաչափ շարժման արագությունը, այսինքն՝ մարմնի անցած ճանապարհը բաժանում են շարժման ժամանակամիջոցի վրա.

$$v_{\text{միջ.}} = \frac{S}{t} :$$

Այս բանաճևով հաշվարկված միջին արագության արժեքը հեքագծի փարբեր փեղամասերում կարող է փարբեր լինել: Անհավասարաչափ շարժման դեպքում որոշ փեղամասերում մարմինն ունենում է փոքր արագություններ, այլ փեղամասերում՝ մեծ արագություններ: Օրինակ՝ կայարանից հեռացող գնացքը սկսում է մեճացնել իր արագությունը: Մոքենալով կայարանին՝ ընդհակառակը, գնացքն ասփճանարար փոքրացնում է իր արագությունը:

Միայն հավասարաչափ շարժման ընթացքում է, որ ամբողջ հեքագծի վրա մարմնի արագության թվային արժեքը չի փոխվում:

Նարցեր

1. Ո՛ր շարժումն է կոչվում անհավասարաչափ:
2. Բերե՛ք անհավասարաչափ շարժման օրինակներ:
3. Ինչպե՛ս են որոշում մարմնի միջին արագությունը:

Փորճարարական առաջադրանքներ: 1. Որոշե՛ք ձեր միջին արագությունը 100 մ փարածությունը վազքով անցնելիս: 2. Եթե ձեր փանը կա լարովի խաղալիք ավոմեքենա, ապա, կաքարելով համապաքասխան չափումներ, որոշե՛ք նրա միջին արագությունը որոշակի ճանապարհ անցնելիս: Չափման արդյունքները գրանցե՛ք փերում:

§ 3. Արագացում

Ֆիզիկայի VII դասարանի դասընթացում դուք ուսումնասիրել եք շարժման ամենապարզ տեսակը՝ հավասարաչափ ուղղագիծ շարժումը: Այդպիսի շարժման դեպքում մարմնի արագությունն անփոփոխ է, և ժամանակի ցանկացած հավասար հատվածներում մարմինը հավասար ճանապարհ է անցնում:

Շարժումների մեծ մասը, սակայն, չի կարելի հավասարաչափ համարել: Ճանապարհի որոշ հատվածներում մարմինները կարող են մեծ արագություն ունենալ, այլ հատվածներում՝ փոքր: Օրինակ՝ երկաթուղային կայարանից ճանապարհվող գնացքն սկսում է աստիճանաբար շարժվել ավելի ու ավելի արագ, իսկ հերթական կայարանին մոտենալիս, ընդհակառակը, սկսում է աստիճանաբար դանդաղեցնել ընթացքը:

Կարարենք այսպիսի փորձ: Փոքրիկ սայլակի վրա կաթոցիկ տեղադրենք, որից միատեսակ ժամանակահատվածներում ներկված հեղուկի կաթիլներ են կաթում: Սայլակը տեղադրենք թեք տախտակի վրա և բաց թողնենք: Կրտսնենք, որ սայլակի ներքև շարժվելու հետ կաթիլների թողած հետքերի միջև ընկած հեռավորությունը գնալով մեծանում է (նկ. 3): Դա նշանակում է, որ հավասար ժամանակահատվածներում սայլակն անհավասար ճանապարհներ է անցնում: Սայլակի արագությունն աճում է: Ընդ որում, դժվար չէ ապացուցել, որ թեք հարթությունից ներքև գլորվող սայլակի արագությունը հավասար ժամանակահատվածներում աճում է միշտ միևնույն չափով:

Անհավասարաչափ շարժման ժամանակ, եթե ցանկացած հավասար ժամանակահատվածներում մարմնի արագությունը փոխվում է միատեսակ, ապա շարժումն անվանում են **հավասարաչափ արագացող**:

Այսպես, օրինակ՝ փորձերով ապացուցված է, որ ազատ անկման մեջ գրկվող ցանկացած մարմնի արագությունը (օդի դիմադրության բացակա-



Նկար 3

յության դեպքում) յուրաքանչյուր վայրկյանում աճում է մոտ 9,8 մ/վ, այսինքն՝ եթե շարժման սկզբում մարմինը դադարի վիճակում է, ապա անկումն սկսելուց մեկ վայրկյան անց նրա արագությունը կհասնի 9,8 մ/վ-ի, էլի մեկ վայրկյան անց 19,6 մ/վ-ի, էլի մեկ վայրկյան անց՝ 29,4 մ/վ-ի և այլն:

Նավասարաչափ արագացող շարժման յուրաքանչյուր վայրկյանի ընթացքում մարմնի արագության փոփոխության չափը ցույց տվող ֆիզիկական մեծությունը կոչվում է **արագացում**:

a – արագացում:

Միավորների ՄՆ-ում արագացման միավոր է ընդունված այն արագացումը, որի դեպքում յուրաքանչյուր վայրկյանում մարմնի արագությունը փոխվում է 1 մ/վ-ով: Այս միավորը նշանակում են 1 մ/վ² և անվանում են «մեկ մետր վայրկյան քառակուսի»:

Արագացումը բնութագրում է արագության փոփոխության թափը: Եթե օրինակ, մարմնի արագացումը հավասար է 10 մ/վ², նշանակում է՝ մարմնի արագությունը յուրաքանչյուր վայրկյանում փոխվում է 10 մ/վ-ով, այսինքն՝ 10 անգամ արագ, քան 1 մ/վ² արագացման դեպքում:

Կյանքում հանդիպող արագացման օրինակներ կարելի է գտնել աղյուսակ 1-ում:

Աղյուսակ 1

Արագացումը

Մերձքաղաքային էլեկտրագնացքը	0,6 մ/վ ²
Տրոլեյբուսը կանգնած տեղից շարժվելիս	1,2 մ/վ ²
Ուղևորատար ինքնաթիռը թափ առնելիս	1,7 մ/վ ²
Արբանյակը արձակվելու դեպքում	10 մ/վ ²
Գնդակը Կալաշնիկովի ավտոմատի փողում	600.000 մ/վ ²

Ինչպես են հաշվում արագացումը, որով մարմիններն սկսում են շարժվել:

Ընդունենք, թե հայտնի է, որ կայարանից շարժվող էլեկտրագնացքի արագությունը 2 վայրկյանի ընթացքում աճում է 1,2 մ/վ-ով: Այդ դեպքում 1 վայրկյանի ընթացքում արագության աճն իմանալու համար անհրաժեշտ է

1,2 մ/վ-ը բաժանել 2 վ-ի վրա: Կարանանք 0,6 մ/վ²: Դա էլ հենց էլեկտրագնացքի արագացումն է:

Այսպիսով՝ հավասարաչափ արագացող շարժում սկսող մարմնի արագացումը որոշելու համար անհրաժեշտ է մարմնի ձեռք բերած արագությունը բաժանել այդ արագությունը ձեռք բերելու համար ծախսած ժամանակի վրա.

$$\text{արագացումը} = \frac{\text{ձեռք բերած արագություն}}{\text{ժամանակ}}:$$

Այս արտահայտության մեջ մերնող բոլոր մեծությունները նշանակենք լատիներեն տառերով. արագացումը՝ a -ով, ձեռք բերած արագությունը՝ v -ով, արագություն ձեռք բերելու վրա ծախսված ժամանակը՝ t -ով:

Այդ դեպքում արագացումը որոշելու բանաձևը կարելի է գրել հետևյալ տեսքով.

$$a = \frac{v}{t} : \quad (3.1)$$

Այս բանաձևը ճիշտ է, երբ հավասարաչափ արագացող շարժումն սկսվում է դադարի վիճակից, այսինքն՝ երբ մարմնի սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի: Մարմնի սկզբնական արագությունը նշանակում են v_0 -ով: Այսպիսով՝ (3.1) բանաձևը ճիշտ է այն դեպքում, երբ $v_0=0$:

Իսկ եթե զրոյի է հավասար ոչ թե սկզբնական, այլ շարժման վերջնական արագությունը, ապա արագացման բանաձևն այսպիսի տեսք է ստանում.

$$a = \frac{v_0}{t} : \quad (3.2)$$

Արագացման բանաձևն այս տեսքով գործածվում է այն դեպքերում, երբ v_0 արագություն ունեցող մարմինն սկսում է ավելի ու ավելի դանդաղ շարժվել, մինչև որ վերջապես կանգ է առնում ($v=0$):

Նենց այս բանաձևով պետք է հաշվենք ավտոմեքենայի և տրանսպորտային այլ միջոցների արգելակման արագացումը: Այդ դեպքում որպես t ժամանակ պետք է ընդունենք արգելակման ժամանակը:

Ինչպես և արագությունը, մարմնի արագացումը նույնպես բնութագրվում է ոչ միայն թվային արժեքով, այլև ուղղությամբ: Դա նշանակում է, որ արագացումը նույնպես *վեկտորական* մեծություն է: Այդ պատճառով նկարներում այն պատկերվում է սլաքի տեսքով:



Նկար 3

Եթե հավասարաչափ արագացող ուղղագիծ շարժման դեպքում մարմնի արագությունն աճում է, ապա արագացումը և արագությունը նույն ուղղությունն ունեն (նկ. 4, ա). իսկ եթե փոխյալ շարժման ժամանակ մարմնի արագությունը նվազում է, ապա արագացումն ուղղված է հակառակ ուղղությամբ (նկ. 4, բ):

Նավասարաչափ ուղղագիծ շարժման դեպքում մարմնի արագությունը չի փոխվում: Այդ պարճառով այդպիսի շարժման դեպքում արագացումը բացակայում է ($a=0$), և պարզ է, որ նկարներում որևէ կերպ պատկերվել չի կարող:

Նարցեր

1. Ո՞ր շարժումն են անվանում հավասարաչափ արագացող:
2. Ի՞նչ է արագացումը:
3. Ի՞նչ է բնութագրում արագացումը:
4. Ո՞ր դեպքերում է արագացումը հավասար գրոյի:
5. Նանգսքի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում ի՞նչ բանաձևով է որոշվում մարմնի արագացումը:
6. Շարժման արագությունը մինչև գրո նվազելու դեպքում ի՞նչ բանաձևով է որոշվում մարմնի արագացումը:
7. Ի՞նչ ուղղություն ունի արագացումը հավասարաչափ արագացող ուղղագիծ շարժման դեպքում:

Փորձարարական առաջադրանք: Քանոնն օգտագործելով որպես թեք հարթություն՝ նրա վերին ծայրին մեքադադրամ դրե՛ք և բաց թողե՛ք: Կշարժվի՞ արդյոք մեքադադրամը: Եթե շարժվի, ապա ինչպե՞ս՝ հավասարաչափ, թե՞ հավասարաչափ արագացող: Ինչպե՞ս է դա կախված քանոնի թեքության անկյունից:

§ 4. Նավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը

Նավասարաչափ արագացող շարժման փեսությունը մշակել է իտալացի նշանավոր գիտնական Գալիլեո Գալիլեյը: 1638 թվականին լույս տեսավ նրա «Գիտության երկու նոր ճյուղերին՝ Մեխանիկային և Տեղային շարժմանը վերաբերող գրույցներ և մաթեմատիկական ապացույցներ» գիրքը: Գալիլեյն առաջինը փվեց հավասարաչափ արագացող շարժման ձևակերպումը և ապացուցեց մի շարք թեորեմներ, որոնցով նկարագրվում էին այդ շարժման օրինաչափությունները:

Ջեոնամուխ լինելով *հավասարաչափ արագացող ուղղագիծ շարժման* հեղափոխությանը՝ սկզբում պարզենք, թե ինչպես է որոշվում մարմնի արագությունը, եթե հայտնի են մարմնի արագացումը և շարժման ժամանակը:

Բանաձև (3.1)-ից հետևում է, որ գրո ($v_0=0$) սկզբնական արագության դեպքում

$$v=at: \quad (4.1)$$

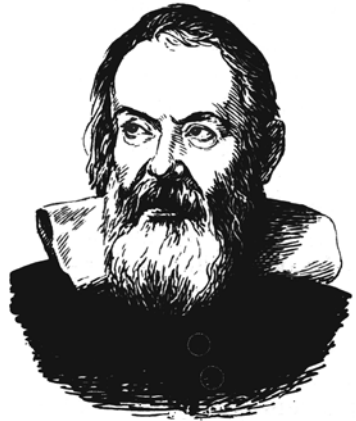
Այս բանաձևը ցույց է տալիս, որ *շարժումն սկսելուց t ժամանակ անց մարմնի արագությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է մարմնի արագացումը բազմապատկել շարժման ժամանակով:*

Նակատակ դեպքում, երբ մարմնի արագությունը գնալով նվազում է, և այն վերջիվերջո կանգ է առնում ($v=0$), արագացման (3.2) բանաձևը թույլ է տալիս որոշել մարմնի սկզբնական արագությունը.

$$v_0=at: \quad (4.2)$$

Նավասար արագացող շարժման դեպքում մարմնի արագության փոփոխության ակնառու պատկերը կարելի է ստանալ՝ կառուցելով **արագության գրաֆիկ:**

Արագության գրաֆիկները 14-րդ դարի կեսերին առաջին անգամ ներմուծել են ֆրանցիսկյան միաբանության վանական, գիտնական Զիովաննի դի Կազալիսը և Ռուան քաղաքի փաճարի ավագ սարկավագ Նիկոլա Օրենը, որը հետագայում Ֆրանսիայի թագավոր Կարլ 5-րդի խորհրդականը դարձավ:



Գալիլեո Գալիլեյ

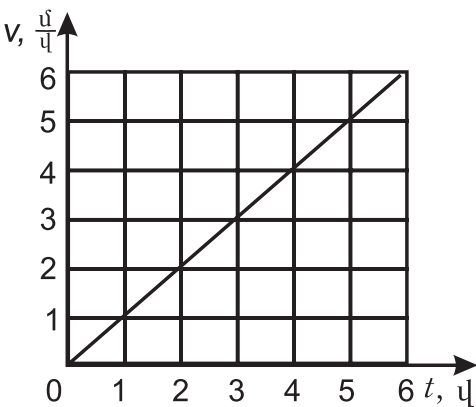
Նրանք առաջարկեցին հորիզոնական առանցքի վրա փեղադրել ժամանակը, իսկ ուղղահայաց առանցքի վրա՝ արագությունը: Նավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում կոորդինատների այդպիսի համակարգում արագության գրաֆիկները ուղիղ գծի փեղա ունեն, որոնց թեքությունը ցույց է տալիս, թե ինչքան արագ է փոխվում արագությունը ժամանակի ընթացքում:

Աճող արագությամբ շարժումը նկարագրող (4.1) բանաձևին համապատասխանում է նկար 5-ում պատկերված արագության գրաֆիկը: Նկար 6-ում պատկերված գրաֆիկը համապատասխանում է նվազող արագությամբ շարժմանը:

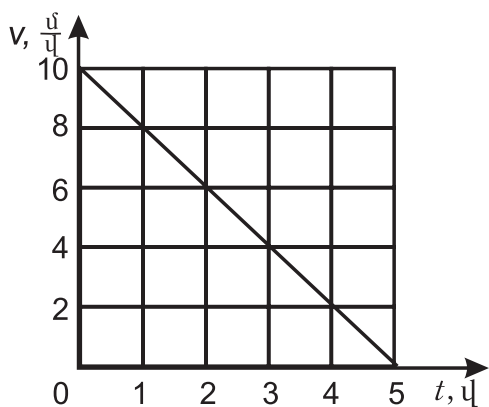
Նավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում մարմնի արագությունն անընդհատ փոխվում է: Արագության գրաֆիկները թույլ են տալիս մարմնի արագությունը որոշել ժամանակի փարբեր պահերին: Բայց երբեմն անհրաժեշտ է լինում իմանալ ոչ թե արագությունը ժամանակի այս կամ այն կոնկրետ պահին (այդպիսի արագությունն անվանում են *սկսնթարթային*), այլ շարժման միջին արագությունը ողջ ճանապարհի ընթացքում:

Առաջինը Գալիլեյի հաջողվեց լուծել հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում միջին արագությունը որոշելու խնդիրը: Իր ուսումնասիրություններում նա օգտագործեց շարժումը նկարագրելու գրաֆիկական եղանակը:

Նամաձայն Գալիլեյի փետության, եթե հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում մարմնի արագությունն աճում է գրոյից մինչև մի որոշ



Նկար 4



Նկար 5

v արժեք, ապա այդպիսի շարժման միջին արագությունը հավասար կլինի ձեռք բերված արագության կեսին.

$$v_{\text{միջ.}} = \frac{v}{2} : \quad (4.3)$$

Նմանօրինակ բանաձև ճիշտ է նաև նվազող արագությամբ շարժման դեպքում: Եթե այն մի որոշ v_0 սկզբնական արժեքից նվազում է մինչև զրո արժեքը, ապա այդպիսի շարժման միջին արագությունը հավասար կլինի

$$v_{\text{միջ.}} = \frac{v_0}{2} : \quad (4.4)$$

Ստացված արդյունքները կարելի է լուսաբանել արագության գրաֆիկի օգնությամբ: Այսպես օրինակ՝ նկար 5-ում պատկերված գրաֆիկին համապատասխանող շարժման միջին արագությունը որոշելու համար պետք է գտնենք 6 մ/վ-ի կեսը: Արդյունքում ստանում ենք 3 մ/վ: Սա էլ հենց դիտարկվող շարժման միջին արագությունն է:

Նարցեր

1. Ո՞վ է հավասարաչափ արագացող շարժման առաջին տեսության հեղինակը:
2. Ինչպե՞ս է որոշվում դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի արագությունը:
3. Նկար 5-ում պատկերված գրաֆիկից օգտվելով՝ որոշե՛ք մարմնի արագությունը շարժումն սկսելուց երկու վայրկյան անց:
4. Նկար 6-ում պատկերված գրաֆիկից օգտվելով՝ որոշե՛ք մարմնի շարժման միջին արագությունը ամբողջ շարժման ընթացքում:

§ 5. Նավասարաչափ արագացող շարժման ճանապարհը

Շարժման միջին արագությունը և ժամանակն իմանալով՝ կարելի է որոշել անցած ճանապարհը.

$$s = v_{\text{միջ.}} \cdot t : \quad (5.1)$$

Այս բանաձևում տեղադրելով (4.3) արտահայտությունը՝ կարանանք դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժում կատարող մարմնի անցած ճանապարհը.

$$s = \frac{vt}{2} : \quad (5.2)$$

Իսկ եթե մենք (5.1) բանաձևում փոխարենք (4.4) արտահայտությունը, ապա կորոշենք արգելակման դեպքում մարմնի անցած ճանապարհը.

$$s = \frac{v_0 t}{2} : \quad (5.3)$$

Վերջին երկու բանաձևերի մեջ մտնում են v_0 և v արագությունները: Այդ արագությունները կարելի է որոշել (4.1) և (4.2) բանաձևերով: Տեղադրելով (4.1) արտահայտությունը (5.2) բանաձևում, իսկ (4.2) արտահայտությունը (5.3) բանաձևում, կստանանք

$$s = \frac{at^2}{2} : \quad (5.4)$$

Ստացված բանաձևը ճիշտ է ինչպես դադարի վիճակից հավասարաչափ արագացող շարժման, այնպես էլ նվազող արագությամբ շարժման համար, երբ ճանապարհի վերջում մարմինը կանգ է առնում: Երկու դեպքում էլ անցած ճանապարհը համեմատական է շարժման ժամանակի քառակուսուն (այլ ոչ թե պարզապես ժամանակին, ինչպես հավասարաչափ արագացող շարժման դեպքում էր):

Գալիլեո Գալիլեյը առաջինը հայտնաբերեց այս օրինաչափությունը:

Ադյուսակ 2-ում ներկայացված են հավասարաչափ արագացող շարժումը նկարագրող հիմնական բանաձևերը:

Իր գիրքը, որի մեջ (ի թիվս այլ հայտնագործությունների) շարադրված էր հավասարաչափ արագացող շարժման փեսությունը, Գալիլեյը չտեսավ: Երբ այն հրատարակվեց, 74-ամյա գիտնականն արդեն կուրացել էր: Գալիլեյը շատ ծանր էր փանում փեսողության կորուստը:

Նավասարաչափ արագացող շարժում

Շարժման բնութագիրը	$v_0 = 0, v \neq 0$	$v_0 \neq 0, v = 0$
Արագացում	$a = \frac{v}{t}$	$a = \frac{v_0}{t}$
Ժամանակ	Թափավազքի ժամանակը $t = \frac{v}{a}$	Արգելակման ժամանակը $t = \frac{v_0}{a}$
Արագություն	Վերջնական արագությունը $v = at$	Սկզբնական արագությունը $v_0 = a t$
Անցած ճանապարհ	$s = \frac{at^2}{2}$	$s = \frac{at^2}{2}$

«Կարո՞ղ եք պարկերացնել,– գրում է նա,– ինչպես եմ րառապում, երբ գիտակցում եմ, որ այս երկինքը, այս աշխարհն ու Տիեզերքը, որոնք անցած հարյուրամյակների գիտության մարդկանց պարկերացումների համեմատ՝ իմ դիտարկումներով ու հսրակ ապացույցներով մի քանի հազար անգամ ընդարձակվել են, այժմ ինձ համար այսպես կրճարվել ու փոքրացել են»:

Դրանից հինգ տարի առաջ Գալիլեյին հավաքաբանության (ինկվիզիցիայի) դատին ենթարկեցին: Աշխարհի կառուցվածքի մասին նրա հայացքները (Գալիլեյը կողմնակից էր Կոպեռնիկոսի համակարգին, որի կենտրոնական մարմինը Արեգակն էր և ոչ թե Երկիրը) վաղուց արդեն դուր չէին գալիս եկեղեցու սպասավորներին: Դոմինիկյան վանական Կաչինին դեռևս 1614 թվականին Գալիլեյին հերերիկոս հայտարարեց, իսկ մաթեմատիկան՝ դիվային հորինվածք: Արդեն 1616 թվականին ինկվիզիցիան պաշտոնապես հայտարարեց, որ «Կոպեռնիկոսին վերագրվող ուսմունքը, որի համաձայն՝ Երկիրն է պտրվում Արեգակի շուրջը, Արեգակն էլ կանգնած է Տիեզերքի կենտրոնում, հակառակ է Սուրբ գրքին և այդ պարճառով պեք չէ այն ո՛չ պաշտպանել, ո՛չ էլ ընդունել որպես ճշմարտություն»: Կոպեռնիկոսի գիրքը և նրանում շարադրված համակարգի գաղափարը արգելվեց, իսկ Գալիլեյը զգուշացվեց, որ եթե նա «չհանգստանա, ապա նրան բանտարկության կդատարարեն»:

Սակայն Գալիլեյը «չհանգստացավ»: «Աշխարհում չկա ավելի մեծ արե-

լութուն,– գրում էր գիտնականը,– քան Կոստանտնուպոլսի Կաթոլիկոսության փոխարինող գիտնականը: 1632 թվականին լույս է տեսնում նրա «Երկխոսություն աշխարհի պարզամտության և կոպեռնիկոսյան երկու գլխավոր համակարգերի մասին» հոչակավոր գիրքը: Այդ գրքում Գալիլեյը սրվարաթիվ փաստարկներ է ներկայացնում Կոպեռնիկոսի համակարգի օգտին: Սակայն վաճառելի հաջողվեց «Երկխոսության» միայն 500 օրինակ՝ քանի որ մի քանի ամիս անց, Նոմի պապի կարգադրությամբ, գրքի հրատարակիչը հրաման ստացավ դադարեցնել վաճառքը:

Նույն տարվա աշնանը Գալիլեյը հավատաքնության (ինկվիզիցիայի) դատարանից գրավոր կարգադրություն է ստանում Նոմ ներկայանալու մասին, և որոշ ժամանակ անց 69-ամյա հիվանդ գիտնականին պարզաբարկով հասցնում են Նոմ: Այսպես՝ հավատաքնության դատարանի բանտում, Գալիլեյին ստիպում են հրաժարվել աշխարհի կառուցվածքի մասին իր հայացքներից: 1633 թվականի հուլիսի 22-ին Միներվայի հռոմեական մենաստանում Գալիլեյը կարդում և ստորագրում է հրաժարման վաղօրոք պատրաստված տեքստը. «Ես՝ Գալիլեյ Գալիլեյս, հանգուցյալ Վինչենցո Գալիլեյ Ֆլորենտացու որդին, 70 տարեկան, անձամբ բերված դատարան, Ձերդ Սրբազնությունների, Բարձրապատիվ պարոն կարդինալների, գլխավոր հավատաքնիչների առաջ, իմ առջև ունենալով Սուրբ Ավետարանը և ձեռքս դնելով նրա վրա, ծնկաչոք երդվում եմ, որ ես միշտ հավատացել եմ, այժմ էլ հավատում եմ և ապագայում էլ Աստուծո օգնությամբ պիտի հավատամ այն ամենին, որ սուրբ կաթոլիկական և առաքելական հռոմեական եկեղեցին ընդունում է, որոշում է ու քարոզում է»:

Դատարանի որոշման համաձայն՝ Գալիլեյի գիրքն արգելվեց, իսկ Գալիլեյը բանտարկության դատապարտվեց անորոշ ժամանակով: Սակայն Նոմի պապը ներում շնորհեց Գալիլեյին և բանտարկությունը փոխարինեց արքայով: Գալիլեյը տեղափոխվեց Արչեպիսկոպիտի և այնտեղ, փնային կալանքի տակ գտնվելով, գրեց «Գիտության երկու նոր ճյուղերին՝ Մեխանիկային և Տեղային շարժմանը վերաբերող զրույցներ ու մաթեմատիկական ապացույցներ» գիրքը: 1636 թվականին գրքի ձեռագիրն ուղարկվեց Նոլանդիա, որտեղ և այն տպագրվեց 1638 թվականին: Այս գրքում Գալիլեյն ամփոփում էր իր բազմամյա ֆիզիկական հետազոտությունների արդյունքները:

Այդ նույն փարում Գալիլեյը լիովին կուրացավ: Վիվիանին (Գալիլեյի աշակերտը), պատմելով մեծ գիտնականին պատահած ահավոր դժբախտության մասին, գրում է. «Նրա աչքերից փանջալից արտահոսք սկսվեց, այնպես, որ մի քանի ամիս անց բոլորովին առանց աչքերի մնաց, այո՛, ասում եմ՝ առանց իր աչքերի, որոնք կարճ ժամանակում այս աշխարհում ավելին էին փեսել, քան բոլոր մարդկային աչքերն անցյալ բոլոր դարերի ընթացքում»:

Գալիլեյին այցելության եկած Ֆլորենտացի հավաքաբննիչը Նոմո ուղարկած իր նամակում հաղորդում էր, թե նրան շար ծանր վիճակում է գրել: Այդ նամակի վրա հիմնվելով՝ Նոմոնի պապը Գալիլեյին թույլատրում է վերադառնալ Ֆլորենցիա՝ հարազատ փուն, որտեղ նրան անմիջապես գրավոր կարգադրություն են հանձնում. «Բանփում ցմահ բանտարկության և եկեղեցուց վարարվելու ահից քաղաք դուրս չգալ և ոչ մեկի հետ, ով ուզում է լինի, չխոսել Երկրի երկակի շարժման անիծյալ գաղափարի մասին»:

Սակայն Գալիլեյն իր փանը երկար չմնաց: Մի քանի ամիս անց նրան նորից հրամայեցին վերադառնալ Արչեպրի: Չորս փարի անց՝ 1642 թվականի հունվարի 8-ին՝ գիշերվա ժամը չորսին, Գալիլեյը մահացավ:

Նարցեր

1. Ինչո՞վ է փարբերվում հավասարաչափ արագացող շարժումը հավասարաչափ շարժումից:
2. Ինչո՞վ է փարբերվում հավասարաչափ արագացող շարժման ճանապարհի բանաձևը հավասարաչափ շարժման ճանապարհի բանաձևից:
3. Ի՞նչ գիտեք Գալիլեյի կյանքի ու սրելոճագործությունների մասին, ո՞ր թվականին է նա ծնվել:

§ 6. Ազատ անկում: Ազատ անկման արագացում

Արիստոտելի ժամանակներից սկսած համարվում էր, որ ծանր մարմինը թեթևից ավելի արագ է ընկնում:

Եթե մի մարմինը, ասենք, հարյուր անգամ ծանր է մյուսից, ապա, ըստ

Արիստոտելի, այն պետք է հարյուր անգամ ավելի արագ ընկնի (և եթե դրանք միաժամանակ են ընկնում հարյուր կանգուն բարձրությունից, ապա այն պահին, երբ ավելի ծանր մարմինը կհասնի գետնին, թեթևը կանցնի ընդամենը մեկ կանգուն տարածություն՝ առաջինից 99 կանգուն հետ մնալով): Թե ինչու էր նա այդպես մտածում, հայրնի չէ: Այդ ուղղությամբ Արիստոտելը հատուկ փորձեր չի կատարել: Ինչպես Օ. Լոջն է ասել, «հավանաբար նա հիշել է բարի և փետուրի օրինակը և բավարարվել է այդքանով»: Փաստորեն, այդքանով բավարարվել էին նաև մյուսները: Արիստոտելի հայացքները մարդկանց այնքան բնական և ակնհայտ էին թվում, որ հաջորդող 18 հարյուրամյակների ընթացքում գրեթե ոչ ոք դրանք կասկածի տակ չառավ:

Սակայն 1553 թ-ին իտալացի գիտնական Ջովանի Բենեդեկտտին մի հողված հրապարակեց, որում հայտարարեց, որ հակառակ Արիստոտելի՝ երկու մարմին, որոնք ունեն նույն ձևը և նույն խտությունը, բայց օժտված են տարբեր կշիռներով, նույն միջավայրում հավասար ժամանակամիջոցում հավասար ճանապարհներ են անցնում: Այս պնդումը փորձնական ապացուցում էր պահանջում: Ուստի XVI դարի վերջից այս ու այնտեղ տարբեր գիտնականներ սկսում են փորձեր կատարել՝ ծանր մարմինները աշտարակներից ներքև նետելով: Այդ փորձերից առաջինները կատարվեցին Պիզայի հանրահայտ ընկնող աշտարակից (նկ. 103): Լեզենդի համաձայն՝ առաջինը դա արեց Գալիլեյը: «Մի գեղեցիկ առավոտ,- գրում է Օ. Լոջը,- ամբողջ համալսարանի ներկայությամբ նա բարձրացավ հայրնի ընկնող աշտարակը՝ իր հետ վերցնելով հարյուր ֆունտանոց և մեկ ֆունտանոց երկու գունդ: Նա դրանք տեղադրեց աշտարակի եզրին և միաժամանակ բաց թողեց: Դրանք միասին ընկան և միասին էլ հասան գետնին: Գետնին ընկնող գնդերի խուլ հարվածը հնչեց որպես Ֆիզիկայի հին համակարգի թաղման զանգահարություն և ավերեց նորի ծնունդը»:

Երբ Արիստոտելի տեսության կողմնակիցներից մեկը կշտամբեց Գալիլեյին նրանում, որ խոսելով ծանր և թեթև գնդերի միաժամանակյա անկման մասին՝ նա խեղաթյուրում է ճշմարտությունը, գիտնականը պարասխանեց: «Այս փորձը կատարելով՝ դուք կտեսնեք, որ մեծ գունդը առաջ կանցնի փոքրից երկու մարնաչափ, ուստի երբ մեծը ընկնի գետնին, փոքրը նրանից հետ մնացած կլինի ընդամենը երկու մարնաչափով: Այս երկու մարով

դուք ուզում եք ծածկել Արիստոտելի իննսունինը կանգունը, և խոսելով իմ փոքր սխալի մասին՝ լռում եք մյուսի հսկայական սխալի մասին... Տարբեր զանգվածներ ունեցող մարմինների անկման արագության փարբերությունը կախված չէ նրանց կշիռներից, այլ պայմանավորված է արտաքին պայմաններով՝ գլխավորապես միջավայրի դիմադրությամբ, ուստի եթե վերացնենք այս վերջինը, ապա մարմինները նույն արագությամբ կընկնեն»:

Սա իսկապես այդպես է, և եթե փորձ կատարենք սրվակով, որի միջից հանվել է օդը, ապա կտեսնենք, որ թեթև փեփուրը և կապարե կոփորակը նույն արագությամբ կընկնեն: Անկման ընթացքում դրանք նույն ժամանակամիջոցում կանցնեն նույն փարածությունը և սրվակի հատակին կդիպչեն ժամանակի նույն պահին: Քանի որ ճանապարհը գրկում ենք $s=at^2/2$ բանաձևով, ապա մարմինների միաժամանակյա անկումից հետևում է, որ դրանց շարժումը փեղի է ունենում նույն արագացմամբ:

Տիշեցնենք, որ մարմինների անկումը միայն ծանրության ուժի ազդեցությամբ (օդի դիմադրության բացակայությամբ) անվանում են *ազատ անկում*, իսկ արագացումը, որով այն կատարվում է, նշանակում են g փառով և կոչում *ազատ անկման արագացում*:

Գալիլեյի ընդհանրացված օրենքն ասում է.

Տիեզերական ձգողականության նույն դաշտում բոլոր մարմինների ազատ անկումը, անկախ դրանց զանգվածից և ծավալից, փեղի է ունենում նույն արագացմամբ:

Նարցեր

1. Ո՞ր երևույթն է կոչվում ազատ անկում: 2. Ձևակերպե՛ք Գալիլեյի օրենքը ազատ անկման վերաբերյալ: 3. Ինչի՞ց է կախված ազատ անկման արագացումը:

§ 7. Նավասարաչափ շրջանագծային շարժում

Նավասարաչափ արագացող ուղղագիծ շարժման հետ միաժամանակ շար հաճախ հանդիպում ենք հավասարաչափ շրջանագծային շարժմանը: Այդպիսի շարժում են կատարում պարավող անիվների, լիսեռների, փուրբին-

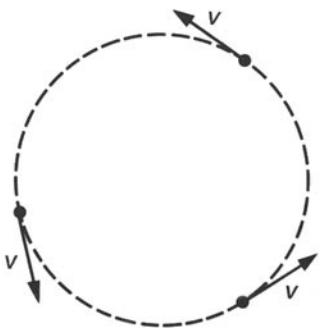
ների ռոտորների կետերը, Երկրի՝ շրջանաձև ուղեծրերով պտտվող արհեստական արբանյակները և այլն: Տավասարաչափ շրջանային շարժման դեպքում արագության թվային արժեքը մնում է հաստատուն: Մակայն այդպիսի շարժման դեպքում արագության ուղղությունն անընդհատ փոխվում է:

Շրջանագծային ուղեծրի յուրաքանչյուր կետում մասնիկի արագությունն ուղղված է այդ կետում հետագծին տարած շոշափողով (նկ. 7): Ասվածը դժվար չէ հաստատել փորձով: Պողպատե կրիչը հպենք պտտվող սրոցաքարին: Մենք կրեսենք, որ սրոցաքարի շիկացած մասնիկները թռչում են հպման կետում նրան տարված շոշափողի ուղղությամբ (նկ. 8):

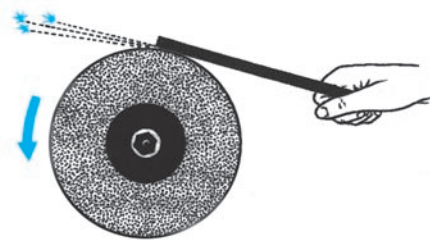
Շրջանագծով պտտվող մարմինը արագության ուղղության անընդհատ փոփոխության պատճառով արագացում է ձեռք բերում: Այդ արագացումը բնութագրում է ոչ թե արագության թվային արժեքի (այն չի փոփոխվում), այլ նրա ուղղության փոփոխության արագությունը:

Ինչպե՞ս է ուղղված արագացումը շրջանագծով հավասարաչափ շարժման դեպքում: Այն չի կարող ուղղված լինել ո՛չ շարժման ուղղությամբ (քանի որ այդ դեպքում մարմնի արագությունը կմեծանա, և շարժումը կդադարի հավասարաչափ լինել), ո՛չ էլ շարժմանը հակառակ ուղղությամբ (քանի որ այս դեպքում էլ մարմնի արագությունը կնվազի, ինչը շարժումը կդարձնի անհավասարաչափ):

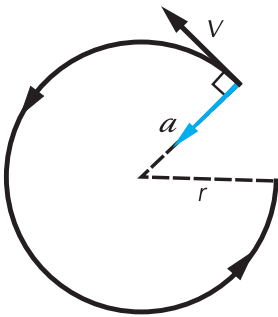
Շրջանագծային հավասարաչափ շարժման դեպքում մարմնի արագացումը միշտ ուղղված է դեպի շրջանագծի կենտրոնը (նկ. 9): Այդ պատճառով այն կոչվում է **կենտրոնաձիգ արագացում**:



Նկար 7



Նկար 8



Նկար 9

Կենտրոնաձիգ արագացումը որոշելու համար անհրաժեշտ է շարժման արագությունը քառակուսի աստիճանն բարձրացնել և բաժանել այն շրջանագծի շառավղի վրա, որով շարժվում է մարմինը:

$$a = \frac{v^2}{t} \quad (7.1)$$

Մենք չենք ապացուցի այս բանաձևը, քանի որ ապացույցը բավականաչափ բարդ է:

Նարցեր

1. Շրջանագծային հավասարաչափ շարժման դեպքում ի՞նչ է րեղի ունենում մարմնի արագության ուղղության և թվային արժեքի հետք:
2. Ի՞նչ է բնութագրում կենտրոնաձիգ արագացումը: Ինչո՞ւ է այն այդպես կոչվում:
3. Ի՞նչ բանաձևով է որոշվում կենտրոնաձիգ արագացումը:

§ 8. Պարաման պարբերություն և հաճախություն

Շրջանագծային հավասարաչափ շարժումը բնութագրվում է պարաման պարբերությամբ և հաճախությամբ:

Պարաման պարբերությունը այն ժամանակամիջոցն է, որի ընթացքում կատարվում է մեկ պտույտ: Եթե, օրինակ՝ շրջանագծով շարժվող մարմինը $t=4$ վ-ում կատարել է $n=2$ պտույտ, ապա դժվար չէ հասկանալ, որ մեկ պարաման փոդությունը 2 վ է: Սա էլ հենց պարաման պարբերությունն է: Այն նշանակվում է T տառով և որոշվում հետևյալ բանաձևով.

$$T = \frac{t}{n} \quad (8.1)$$

Այսպիսով՝ *պարաման պարբերությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է n թվով պտույտներ կատարելու վրա ծախսված ժամանակը բաժանել պտույտների թվի վրա:*

Շրջանագծային հավասարաչափ շարժումը բնութագրող մյուս մեծություններ պարաման հաճախությունն է:

Պարաման հաճախությունը մեկ վայրկյանում կատարվող պտույտների թիվն է: Եթե, օրինակ, $t=2$ վ-ում մարմինը կատարել է $n=10$ պտույտ, ապա դժվար չէ հասկանալ, որ 1 վ-ում այն հասցրել է կատարել 5 պտույտ: Այս թիվն էլ հենց արտահայտում է պարաման հաճախությունը: Այն նշանակվում է հունարեն ν (կարդացվում է նյու) փառով և որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\nu = \frac{n}{t} : \quad (8.2)$$

Այսպիսով՝ *պարաման հաճախությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է պտույտների թիվը բաժանել այն ժամանակի վրա, որի ընթացքում այդ պտույտները կատարվել են:*

Միավորների ՄՏ-ում պարաման հաճախության միավոր է ընդունված այն հաճախությունը, որի դեպքում յուրաքանչյուր վայրկյանում մարմինը կատարում է մեկ պտույտ: Այդ միավորը նշանակվում է այսպես. 1/վ կամ վ⁻¹ (կարդացվում է՝ վայրկյանի մինուս մեկ աստիճան): Նախկինում այս միավորն անվանում էին «պտույտ վայրկյանում», իսկ այժմ նման անվանումը հնացած է համարվում:

(8.1) և (8.2) բանաձևերը համեմատելու դեպքում կարելի է նկատել, որ պարբերությունն ու հաճախությունը միմյանց հակադարձ մեծություններ են: Այդ պարզաբանությամբ՝

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad \nu = \frac{1}{T} : \quad (8.3)$$

(8.1) և (8.3) բանաձևերը թույլ են տալիս որոշել պարաման T պարբերությունը, եթե հայտնի են պտույտների n թիվը և պտույտների t ժամանակը կամ պարաման ν հաճախությունը: Սակայն այն կարելի է որոշել նաև այն դեպքում, երբ այդ մեծություններից ոչ մեկը հայտնի չէ: Դրանց փոխարեն բավական է իմանալ մարմնի v արագությունը և այն շրջանագծի r շառավիղը, որով շարժվում է մարմինը: Նոր բանաձևը սրանալու համար հիշենք, որ պարաման պարբերությունն այն ժամանակամիջոցն է, որի ընթացքում շարժ-

վող մարմինը կտրարում է մեկ պտույտ, այսինքն անցնում է շրջանագծի երկարությանը հավասար ճանապարհ ($\ell_{\text{շրջ}} = 2\pi r$, որտեղ $\pi \approx 3,14$ -ը մաթեմատիկայի դասընթացից հայտնի «պի» թիվն է): Բայց մենք գիտենք նաև, որ հավասարաչափ շարժման դեպքում ժամանակը որոշվում է անցած ճանապարհը բաժանելով շարժման արագության վրա: Այսպիսով՝

$$T = \frac{\ell_{\text{շրջ}}}{v} = \frac{2\pi r}{v} : \quad (8.4)$$

Մարմնի պտտման պարբերությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է շրջանագծի երկարությունը, որով շարժվում է մարմինը, բաժանել նրա արագության վրա:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է պտտման պարբերությունը:
2. Ինչպե՞ս կարելի է որոշել մարմնի պտտման պարբերությունը, եթե հայտնի են պտույտների թիվն ու ժամանակը:
3. Ի՞նչ է պտտման հաճախությունը:
4. Ի՞նչ տառով է նշանակվում պտտման հաճախությունը:
5. Իմանալով ժամանակն ու պտույտների թիվը՝ ինչպե՞ս կարելի է որոշել պտտման հաճախությունը:
6. Միմյանց հետ ինչպե՞ս են կապված պտտման պարբերությունն ու հաճախությունը:
7. Մարմնի շարժման արագությունն ու շրջանագծի շառավիղն իմանալով՝ ինչպե՞ս կարելի է որոշել մարմնի պտտման պարբերությունը:

§ 9. Նյուտոնի առաջին օրենքը



Իսահակ Նյուտոն

1727 թվականի մարտի 20-ին վախճանվեց անգլիացի հանճարեղ գիտնական Իսահակ Նյուտոնը: Անգլիայի թագավոր Գեորգ I-ի հրամանագրով Լոնդոնի Վեստմինստերյան գերեզմանոցում գիտնականին մեծ հանդիսավորությամբ հանձնեցին հողին: Նուղարկավորությանը մասնակցեց անգլիական քոհմիկ ազնվականության վերնախավը՝ հերցոգներ, պերեր, կոմսեր: Նուղարկավորությունից հետո Վուլտերը¹ գրեց. «Նայանի մի ընկերախմբում վերջերս ծեծված ու անմիտ հարց էր քննարկվում, թե ո՞վ է եղել մարդկության մեծագույն մարդը՝ Նուլիոս Կեսսարը, Ալեքսանդր Մակեդոնացի՞ն, Լենկթեմո՞րը, թե՞ Կրոմվելը: Ինչ-որ մեկն ասաց, թե մեծագույն

մարդն անկասկած Իսահակ Նյուտոնն է: Եվ նա իրավացի էր: Մենք պետք է շնորհակալ լինենք Նյուտոնին, քանի որ նա մեր բանականությանը տիրեց ոչ թե բռնությամբ, այլ ճշմարտության ուժով»:

«Բնությունը նրա համար, – ավելի ուշ գրել է Էյնշտեյնը, – բաց գիրք էր, որը նա կարդում էր առանց դժվարության»:

Իր գիտական վաստակի համար Նյուտոնն ասպետի կոչում ստացավ: Եվ լիովին իրավունք ուներ մահվան մահճում ասելու. «Արեցի, ինչ կարող էի, ուրիշները թող ավելի լավ անեն»:

Նյուտոնը ծնվել է 1642 թվականին՝ Գալիլեյի մահվան փարում: Ծնվել է չափազանց թույլ և այնքան փոքր, որ նրան կարելի էր լողացնել զարեջրի մեծ գավաթում: Մի ամբողջ շաբաթ նրա կյանքը մագից էր կախված: Սակայն ճակատագրին հաճո էր, որ մահը պարտվի, և երեխան ողջ մնա:

1 Իսկական անունը՝ Ֆրանսուա Մարի Արուն Վուլտեր (1694-1778), ֆրանսիական լուսավորիչների դարաշրջանի հանրահայտ գրող և փիլիսոփա:

Դպրոցում Նյուտոնը սկզբում վաար էր սովորում, առաջադիմության ցուցակում զբաղեցնում էր նախավերջին տեղը: Սակայն համադասարանցու հետ ինչ-որ առիթով պատահաաձ ձեձկությունից հետո նա որոշում է ապացուցել, որ դասընկերոջը կարող է հաղթել նաև առաջադիմության ցուցակում նրանից առաջ անցնելով, և հրատարվելով ուսմամբ՝ սկսում է մեկը մյուսի երևից առաջ անցնել դասարանի բոլոր աշակերտներից: Շուտով Իսահակը դառնում է դպրոցի լավագույն աշակերտը:

Մանկության տարիներին Նյուտոնը անբժելու և մտքերի մեջ խորասուզվելու հակում ուներ: Նա ոգևորվաձ բանաստեղծություններ էր գրում, նկարում էր, ձեռքով զանազան բաներ պատրաստում՝ արևային ու ջրային ժամացույցներ, քամու ուժով աշխատող աղաց, թղթե օդապարիկ և այլն:

Դպրոցական տարիներին նրա միակ ընկերը իր կողմից ձեձվաձ համադասարանցու քույրն էր: Շատ տարիներ անց նա պատմում էր, որ Իսահակը «հանգիստ, կշռադարվաձ ու խելացի տղա էր: Նա երբեք չէր խաղում բակի տղաների հետ և նրանց բոձ զվարճանքներին չէր մասնակցում: Մնալով աղջիկների հետ՝ նա հաճախ էր փոքրիկ սեղանիկներ, գավաթիկներ և այլ խաղալիքներ պատրաստում և՛ իմ, և՛ իմ ընկերուհիների համար, որպեսզի մենք կարողանայինք տեղավորել մեր տիկնիկներն ու էժանագին զարդարանքները»:

1661 թվականին Նյուտոնն ընդունվում է Քեմբրիջի համալսարանի Տրինիտի թղջը: Չորս տարի անց ավարտում է այն՝ դառնալով արվեստների բակալավր:

1665 թվականին Անգլիայում խղերայի համաճարակ տարաձվեց: Փրկվելու համար քաղաքի բնակիչներն սկսեցին հեռանալ շրջակա նոտր բնակեցվաձ գյուղերը: Նյուտոնը նույնպես լքում է Քեմբրիջը և վերադառնում հայրենի գյուղ: Քաղաքային իրարանցումից հետո գյուղում անցկացրաձ այդ երկու տարիները նրա համար շատ արդյունավետ եղան: Իր գլխավոր հայտնագործությունները նա արեց այդ ժամանակ, մշակեց մաթեմատիկական հետազոտության նոտր եղանակներ, ստեղծեց գույների տեսությունը, բացահայտեց տիեզերական ձգողականության օրենքը և այլն: Սակայն այդ ժամանակ նրա ձեռք բերաձ արդյունքները հրատարակվեցին միայն շատ ժամանակ անց:

Նրա բազմամյա գիտական հետազոտությունների արդյունք եղավ «Բնական փիլիսոփայության մաթեմատիկական հիմունքները» վերնագրով հիմնարար աշխատությունը: 1687 թվականին լույս տեսած այդ գրքի առաջաբանում Նյուտոնը գրել է. «Այս աշխատանքը մեր կողմից առաջարկվում է որպես ֆիզիկայի մաթեմատիկական հիմունքներ: Ֆիզիկայի դժվարությունն այն է, որ շարժման երևույթներով ճանաչի բնության ուժերը, որից հետո այդ ուժերով բացատրի բնության մյուս երևույթները»:

Նյուտոնի գիրքն սկսվում էր մեխանիկայի արմատական հասկացությունների (գանգված, ուժ և այլն) ձևակերպումով: Դրան հաջորդում էին «աբստրակցիաները կամ շարժման օրենքները», որոնց վրա հիմնվելով ապացուցվում էին բազմաթիվ հետևանքներ ու թեորեմներ:

Նյուտոնի ձևակերպած աբստրակցիան այժմ կոչվում են *Նյուտոնի օրենքներ*:

Նյուտոնի առաջին օրենքը այնպես է.

Յուրաքանչյուր մարմին պահպանում է իր դադարի կամ հավասարաչափ ուղղագիծ շարժման վիճակը, քանի դեռ գտնվում է մեկուսացած վիճակում:

Մեկուսացած մարմին հասկացության տակ այս օրենքում նկատվում է առնվում Տիեզերքի մնացած բոլոր մարմիններից անսահման հեռու գտնվող մասնիկը (նյութական կեղև):

Նյուտոնի առաջին օրենքը գործում է ոչ բոլոր հաշվարկման համակարգերում: Նախապես համակարգերը, որոնցում գործում է Նյուտոնի առաջին օրենքը, կոչվում են **իներցիալ**: Եթե Արեգակի կենտրոնով փանենք կոորդինատային առանցքներ և դրանք ուղղենք միայնակ հեռավոր աստղերի ուղղություններով, ապա այդպիսի հաշվարկման համակարգի նկատմամբ ցանկացած մեկուսացած մարմնի արագությունը գործնականում կմնա անփոփոխ: Դա նշանակում է, որ Արեգակի և հեռավոր աստղերի հետ կապված հաշվարկման համակարգը բավարար ճշտությամբ կարելի է իներցիալ համարել: Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգը, խստորեն ասած, իներցիալ չէ, քանի որ հեռավոր երկնային մարմինները (որոնց գործնակա-

նում կարելի է մեկուսացած համարել) ուղիղ գծով շարժվելու փոխարեն Երկրի նկարմամբ օրական պտտական շարժման մեջ են գտնվում: Երկրային հաշվարկման համակարգի ոչ իներցիալությունը պայմանավորված է Երկրի պտույտով և՛ իր առանցքի, և՛ Արեգակի շուրջը: Սակայն այդ պտույտները համեմատաբար դանդաղ են տեղի ունենում, այդ պատճառով շատ դեպքերում Երկրի հետ կապված հաշվարկման համակարգը կարելի է մոտավորապես իներցիալ համարել:

Մենք հաշվարկման մարմին կրնդունենք Երկիրը: Այս դեպքում Նյուտոնի օրենքները կգործեն միայն մոտավոր ճշգրտությամբ, սակայն շատ խնդիրների լուծման համար այդ ճշգրտությունը լիովին բավարար է:

Խիստ ասած՝ բնության մեջ մեկուսացված մարմիններ գոյություն չունեն: Այդ պատճառով Նյուտոնի առաջին օրենքը նկարագրում է ոչ թե իրական, այլ երևակայական իրադրություն: Նրանում խոսվում է այն մասին, թե ինչպես կշարժվեր մարմինը, եթե նրան շրջապատող բոլոր մարմինները հանկարծ նրանից անսահման հեռու հայտնվեին: Մինչ Նյուտոնը կային փարբեր կարծիքներ: Ոմանք համարում էին, որ այդ դեպքում մարմինը կդադարեցնի շարժումը (քանի որ նրան շարժվել հարկադրող մարմինները անհետացել են), ուրիշները (հետևելով Գալիլեյին) այլ կարծիք էին արտահայտում: Նրանք համարում էին, որ միայն սկզբում հանգստի վիճակում գտնվող մարմինը կմնար հանգստի վիճակում, իսկ շարժվող մարմինը իներցիայով կշարունակի շարժվել իր սկզբնական արագությամբ:

Նյուտոնը Գալիլեյի հայացքների կողմնակիցն էր, ինչն էլ արտահայտեց իր առաջին օրենքում: Մնացած մարմիններից անսահման հեռավորության վրա գտնվող մարմիններ Տիեզերքում գոյություն չունեն: Բայց կարող են լինել իրադրություններ, երբ այդ հեռավորություններն այնքան մեծ են, որ դիտարկվող մարմինը բավական մեծ ճշգրտությամբ կարելի է մեկուսացած համարել: Այսպես օրինակ՝ միջաստղային դադարակ փարածությունում գտնվող փիեզերակայանը փիեզերական մարմիններից այնքան հեռու է հայտնվում, որ նրա շարժումը կարելի է նկարագրել Նյուտոնի առաջին օրենքի օգնությամբ: Շարժիչներն անջատելուց հետո, այդպիսի կայանը կանգ չի առնում, այլ անփոփոխ արագությամբ շարունակում է ուղիղ գծով շարժվել Արեգակի ու աստղերի նկարմամբ: Ներկա պահին հենց այդպես են շարժվում ԱՄՆ-ի

կողմից արձակված ավտոմատ կայաններ «Պիոներ-10»-ը (1972 թ. մարտի 3), «Պիոներ-11»-ը (1973 թ. ապրիլի 6), «Վոյաջեր-1»-ը (1977 թ. սեպտեմբերի 5), որոնք դուրս են եկել Արեգակնային համակարգության սահմաններից:

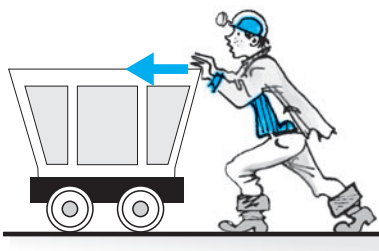
Նարցեր

1. Ինչո՞վ է տարբերվում դինամիկան կինեմատիկայից:
2. Ո՞րն է Նյուտոնի առաջին օրենքի էությունը:
3. Նյուտոնի առաջին օրենքում ո՞ր մարմնի նկատմամբ է դիտարկվում շարժումը:
4. Ո՞ր մարմինն են կոչում մեկուսացած: Գոյություն ունե՞ն նրանք բնության մեջ:
5. Ի՞նչ կարող եք ասել մեկուսացած մարմնի արագացման մասին:
6. Մեկուսացած մարմինների շարժման հարցում Գալիլեյի և Նյուտոնի հայացքներն ինչո՞վ են տարբերվում իրենց նախորդների պարկերացումներից:
7. Ի՞նչ է նշանակում հաշվարկման համակարգ:
8. Ո՞ր հաշվարկման համակարգերն են անվանում իներցիալ:

§ 10. Նյուտոնի երկրորդ օրենքը

Նյուտոնի առաջին օրենքում դիտարկվում էր Տեգերքի մնացած բոլոր մարմիններից անսահման հեռու գտնվող մարմինը: Այդպիսի մարմինը Արեգակի ու հեռավոր աստղերի նկատմամբ չի կարող փոխել իր արագությունը և այդ պատճառով նրանց նկատմամբ պահպանում է կան նախորդի, կան հավասարաչափ ուղղագիծ շարժման վիճակը:

Մենք հաշվարկման համակարգը կապելու ենք Երկրի հետ: Դիտարկելով մարմինների շարժումը Երկրի մակերևույթի մոտ՝ կարելի է նկատել, որ մարմնի արագությունը Երկրի նկատմամբ փոխվում է միայն այն ժամանակ, երբ նրա վրա սկսում են ազդել այլ մարմիններ: Դա լուսաբանենք մի քանի օրինակներով:



Նկար 10

Նրելով վագոնիկը՝ մենք շարժման մեջ ենք դնում այն (նկ.10): Այս դեպքում վագոնիկի արագությունը փոխվում է մարդու ձեռքի ազդեցության պատճառով:

Ջրի մեջ խցան իջեցնենք, որի վրա երկաթյա ամրակ է դրված: Մագնիսը, ձգելով երկաթյա ամրակը, շարժման մեջ է դնում և՛ ամրակը, և՛ խցանը (նկ.11): Այս դեպքում մագ-

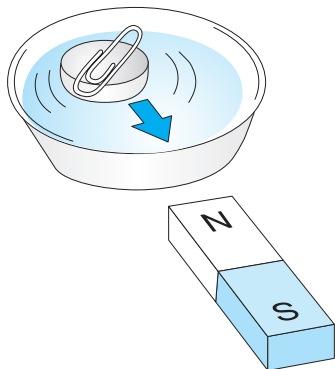
նիսն այն մարմինն է, որը փոխում է ամրակի և խցանի արագությունը:

Գնդի վրա ձեռքի ազդեցության դեպքում զսպանակի գալարներն սկսում են շարժվել և զսպանակը սեղմվում է (նկ. 12, ա): Բաց թողնելով այն՝ մենք կտեսնենք, թե ինչպես ուղղվելով, զսպանակը շարժման մեջ է դնում գունդը (նկ. 12, բ): Գնդի վրա ազդող մարմինն այսպեղ սկզբում մարդու ձեռքն էր, իսկ հետո ազդող մարմին դարձավ զսպանակը:

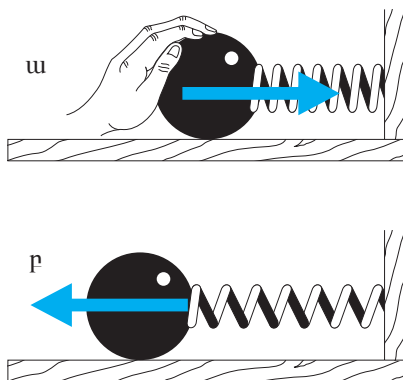
Ներկայացված բոլոր օրինակներում *մարմնի արագության փոփոխության (հեղուսքար նաև մարմնի կողմից արագացում ձեռք բերելու) պատճառը այլ մարմինների կողմից նրա վրա գործադրած ազդեցությունն էր:*

Այդ ազդեցության չափը վեկտորական (այսինքն՝ ուղղություն ունեցող) ֆիզիկական մեծություն է և կոչվում է **ուժ**:

Եթե մարմնի նկատմամբ ուժ չի գործադրվում ($F=0$), ապա նշանակում է, որ նրա վրա ոչ մի ազդեցություն չկա: Այդ պատճառով, այդպիսի մարմնի արագությունը Երկրի նկատմամբ (ինչպես նաև ցանկացած այլ իներցիալ



Նկար 11



Նկար 12

հաշվարկման համակարգի նկատմամբ) կմնա անփոփոխ: Իսկ եթե ընդհակառակը, ուժը $F \neq 0$, ապա մարմինը որոշակի ազդեցություն է կրում, և նրա արագությունը կփոխվի: Ընդ որում, այդ դեպքում մարմնի ձեռք բերած արագացումը կախված է ինչպես ազդող ուժից, այնպես էլ փվյալ մարմնի զանգվածից: Տիչեցնենք, որ m զանգվածը բնութագրում է մարմնի իներտությունը:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքն արտահայտում է արագացման, ուժի և զանգվածի միջև գործող կապը:

Մարմնի զանգվածի և արագացման արտադրյալը հավասար է այն ուժին, որով նրա վրա ազդում են շրջապատող մարմինները:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքը մաթեմատիկորեն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$ma = F: \tag{10.1}$$

Եթե մարմնի (նյութական կերպի) վրա միաժամանակ ազդում են մի քանի ուժեր, ապա (10.1) բանաձևում F -ը դրանց համագործ է: Եթե մարմնի նկատմամբ կիրառվող F ուժը հավասար է զրոյի, մարմնի արագությունը Երկրի նկատմամբ մնում է անփոփոխ: *Իսկ եթե համազոր ուժը զրոյից տարբեր է, ապա մարմինը արագացում է ձեռք բերում, որի ուղղությունը համընկնում է համազոր ուժի ուղղության հետ:*

Նյուտոնի երկրորդ օրենքի բանաձևից որոշենք արագացումը.

$$a = \frac{F}{m}: \tag{10.2}$$

Այստեղից կարելի է երկու հետևություն կատարել.

1. Ինչքան մեծ է փվյալ մարմնի վրա ազդող ուժը, այնքան մեծ է մարմնի արագացումը, և, հետևաբար, այնքան արագ է փոխվում փվյալ մարմնի արագությունը:
2. Ինչքան մեծ է մարմնի զանգվածը, այնքան փոքր արագացում է այն ձեռք բերում փվյալ ուժի ազդեցության արդյունքում և այդ պարճառով նույնքան էլ դանդաղ է փոխում իր արագությունը:

Նյուտոնի երկրորդ օրենքի հիման վրա ներմուծվում է ուժի միավոր՝ նյուտոնը (1 Ն): 1 նյուտոնն այն ուժն է, որով անհրաժեշտ է ազդել 1 կգ զանգված ունեցող մարմնի վրա՝ նրան 1 մ/վ² արագացում հաղորդելու համար:

Գործնականում կիրառվում են նաև ուժի այլ միավորներ, օրինակ՝ կիլոնյուտոնն ու միլինյուտոնը:

1 կՆ=1000 Ն, 1 մՆ=0,001 Ն:

Նյութոնի երկրորդ օրենքը երբեմն անվանում են դինամիկայի հիմնական օրենք: Օրենքի հայտնագործումից հետո մարմինների շարժմանը վերաբերող այնպիսի խնդիրների լուծման հնարավորություն առաջացավ, որոնք մինչ Նյութոնը անլուծելի էին համարվում: Նախկինում անհասկանալի թվացող շարժումները բացատրություն ստացան Փիզիկայի պարզ ու հստակ օրենքների հիման վրա: «Բնական փիլիսոփայության մաթեմատիկական հիմունքների» լույս տեսնելուց հետո Նյութոնի տեսությունն սկսեց շարքարագ փարածվել ողջ Եվրոպայով մեկ: Նյութոնի աշխատությունը թարգմանվեց բազմաթիվ լեզուներով: Նոր տեսության ժողովրդականությունն այնքան մեծ էր, որ նույնիսկ բացվեցին կանաչի դասընթացներ՝ «Նյութոնականությունը փիլանանց համար» անունով:

Այն մասին, թե Նյութոնի ժամանակակիցներն ինչպես ընդունեցին այդ հանճարեղ աշխատանքը, կարելի է դադարել նրա հրատարակչի հետևյալ խոսքերից. «Գրեթե անհնար է բառերով արտահայտել այն, թե ինչքան լույս, ինչպիսի վեհություն կա մեր ականավորագույն հեղինակի հիասքանչ սրեղծագործության մեջ: Նրա մեծագույն և երջանկագույն հանճարն այնպիսի դժվարագույն խնդիր է լուծել, այնպիսի սահմանների է հասել, որ հույս էլ չկար, թե մարդկային բանականությունն ի վիճակի է մինչև այնպեղ բարձրանալ»:

Նարցեր

1. Ի՞նչն է մարմինների արագության փոփոխության պատճառը: Բերե՛ք օրինակներ:
2. Ինչի՞ չափն է ուժը:
3. Ձևակերպե՛ք Նյութոնի երկրորդ օրենքը:
4. Ի՞նչ կարող եք ասել մարմնի արագության և արագացման մասին, եթե այդ մարմնի վրա ուժ չի ազդում ($F=0$):
5. Ինչպիսի՞ երկու հետևանքներ են բխում Նյութոնի երկրորդ օրենքից:
6. Ինչպե՞ս է կոչվում ուժի միավորը:

§ 11. Նյութոնի երրորդ օրենքը

Իր առաջին օրենքում Նյութոնը նկարագրում է մարմնի այնպիսի վիճակ, երբ վերջինս այլ մարմինների ազդեցություն չի կրում: Այս դեպքում մարմինը կան պահպանում է հանգստի իր վիճակը, կան շարժվում հավասարաչափ ուղղագիծ (իներցիալ հաշվարկման համակարգի նկարմամբ):

Նյութոնի երկրորդ օրենքում քննարկվում է հակառակ իրադրությունը: Այժմ Գլխավոր մարմնի վրա ազդում են արտաքին մարմիններ, ըստ որում ազդող մարմինների քանակը կարող է կամայական լինել: Դիտարկվող մարմինը, շրջակայքում գտնվող մարմինների ազդեցության փակ, սկսում է շարժվել արագացումով: Ըստ որում, պարզվում է, որ Գլխավոր մարմնի զանգվածի և արագացման արտադրյալը հավասար է ազդող ուժին:

Ձևակերպելով այս երկու օրենքները՝ Նյութոնը ձեռնամուխ եղավ այնպիսի իրադրության վերլուծությանը, երբ փոխազդեցությանը մասնակցում են միայն երկու մարմիններ: Ընդունենք, թե կան երկու՝ A և B մարմիններ, որոնք միմյանց ձգում են F և F' ուժերով: Այդ երկու ուժերից մեկը կարո՞ղ է մյուսից մեծ լինել: Այդ խնդրի շուրջ մտորումները Նյութոնին հանգեցրին այսպիսի եզրակացության. նման բան չի կարող լինել: Երկու մարմինների փոխազդեցության ուժերը միշտ հավասար են մեկը մյուսին: Ինչի՞ հիման վրա Նյութոնը հանգեց այդպիսի եզրակացության: Ահա թե ինչպես էր նա մտածում:

«Ինչ վերաբերում է ձգողականությանը, ապա կրճատ այն կարելի է շարադրել այսպես: Փոխադարձաբար միմյանց ձգող երկու մարմինների միջև անհրաժեշտ է պարկերացնել որևէ արգելապարնեշ, որը մարմիններին թույլ չի փախա մոտենալ միմյանց: Եթե այդ մարմիններից մեկը՝ A-ն, B մարմնի կողմից ավելի ուժեղ ձգվեր, քան B մարմինն է ձգվում A մարմնի կողմից, ապա արգելքը A մարմնի կողմից ավելի մեծ ճնշման կենթարկվեր, քան B մարմնի կողմից: Ներսարբար, հավասարակշռությունը կխախտվի: Գերակշռող ճնշման ազդեցությամբ այդպիսի համակարգը ազատ փարածության մեջ կշարժվեր արագացումով և կհեռանար դեպի անսահմանություն: Այսպիսի եզրակացությունն անհերթի է և հակասում է առաջին օրենքին... Այսպես ինչպես հետևում է, որ երկու մարմիններն էլ արգելապարնեշի վրա հա-

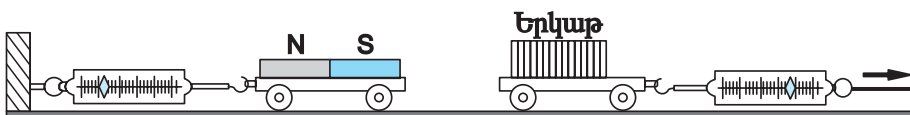
վասար ճնշում են գործադրում, ուրեմն և փոխադարձաբար նույն կերպ են ձգվում»:

Փորձերը հաստատում են Նյուտոնի եզրակացությունը: Վերցնենք երկու սայլակ: Մեկի վրա մագնիս ամրացնենք, մյուսի վրա՝ մի կտոր երկաթ և դրանք միացնենք ուժաչափերին: Մենք կրեսանենք, որ ուժաչափերի ցուցմունքները համընկնում են (նկ.13): Դա նշանակում է, որ այն ուժը, որով մագնիսը դեպի իրեն է ձգում երկաթը, մեծությամբ հավասար է այն ուժին, որով երկաթը դեպի իրեն է ձգում մագնիսը: Այդ ուժերը հավասար թվային արժեքներ ունեն, բայց հակառակ ուղղվածություններ. դեպի մագնիսը ձգող ուժն ուղղված է ձախ, իսկ դեպի երկաթը ձգող ուժը՝ աջ:

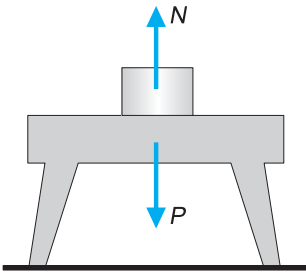
Յանկազած երկու մարմինների փոխազդեցության ուժերը մեծությամբ միշտ հավասար են, ուղղությամբ՝ հակառակ:

Այս պնդումը կոչվում է **Նյուտոնի երրորդ օրենք**: Նյուտոնի երրորդ օրենքը հիմնավորում է «փոխազդեցություն» հասկացության ներմուծումը: Եթե մի մարմին ազդում է մյուս մարմնի վրա, ապա երկրորդ մարմինը նույնպես ազդում է առաջինի վրա: Այլ խոսքով ասած՝ չի կարող այնպես լինել, որ մի մարմինն ազդի երկրորդի վրա, բայց երկրորդը չազդի առաջինի վրա: Ինչպես գրում է ինքը՝ Նյուտոնը, «ազդեցության նկատմամբ միշտ գործում է հավասար և հակադիր հակազդեցություն», մասնավորապես «եթե մեկը մատով սեղմում է քարը, ապա քարն էլ մատին է սեղմում, եթե ձին քաշում է ճուպանով կապված քարը, ապա հակառակը (եթե կարելի է այդպես արտահայտվել) ինքն էլ հավասար ուժով եր է ձգվում դեպի քարը»:

Նյուտոնի երրորդ օրենքից հետևում է, որ մարմնի կշիռը, այսինքն՝ ուժը, որով մարմինը ճնշում է իր հենարանի վրա (կամ ձգում կախոցը), մեծությամբ համընկնում է հենարանի կողմից փոխադրված մարմնի վրա ազդող ուժին: Ուժը, որով հենարանը ճնշում է իր վրա գրնվող մարմնին, կոչվում է **հենարանի հակազդեցության ուժ**: Հենարանի հակազդեցության ուժը նշանա-



Նկար 13



Նկար 14

կելով N փառով՝ կարող ենք գրել.

$$P = N: \quad (11.1)$$

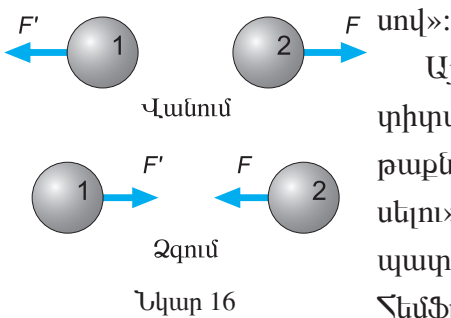
Տամապարասխան իրադրությունը ներկայացված է նկար 14-ում:

Սրացված բանաձևն ավելի ընդհանուր է, քան $P = mg$ բանաձևը, քանի որ այն արդարացի է և այն դեպքում, երբ մարմինը հենարանի հետ միասին արագացող շարժման մեջ է:

Բանաձև (11.1)-ով արտահայտված օրինաչափությունը կարելի է ստուգել փորձով: Վերցնենք կլոր ցուցադասարանով երկու ուժաչափ և դնենք մեկը մյուսի վրա (նկ. 15): Մենք կրեսնենք, որ վերևի ուժաչափը ճիշտ նույն ուժը ցույց կտա, ինչ որ ներքևինը:

Տարկ է հիշել, որ փոխազդեցության ուժերը, որոնց մասին խոսվում է Նյուտոնի երրորդ օրենքում, միևնույն մարմնի նկատմամբ կիրառվել չեն կարող. դրանք այն ուժերն են, որով մարմինները ազդում են միմյանց վրա (նկ.16):

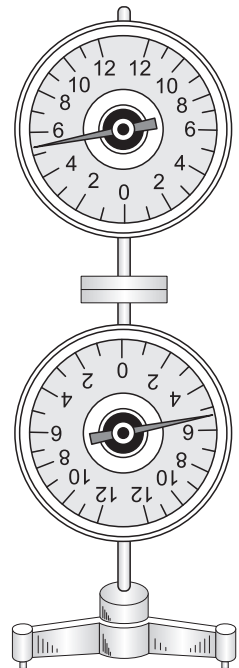
Երբ Նյուտոնին հարցրին, թե ինչ ուղիով է հասել հայրնագործություններին, նա պատասխանեց. «Մշտապես նրանց մասին էի մտածում: Ուսումնասիրության առարկան միշտ իմ առաջ է, և ես սպասում եմ, մինչև խավարը ճեղքող լուսաբացի առաջին ճառագայթներն աստիճանաբար լուսավորեն այն ուժեղ ու վառ լույ-



Նկար 16

Այն մասին, թե ինչպիսի փոխանակյալ աշխարհ է թաքնված «լուսաբացին սպասելու» երևում, հերագայում պարմեց նրա քարտուղար Տեմֆրին. «Նա (Նյուտոնը)

մշտապես գբաղված էր աշխարհանքով... Նա իրեն որևէ եղանակով հանգստանալու կամ շունչ քաշելու ժամանակ չէր տալիս՝ ձի չէր նստում, չէր գբոսնում, կեզլի չէր խաղում, սպորտով չէր գբաղվում: Նա կորած էր համարում յուրաքանչյուր ժամը, որը նվիրված չէր հերագություն-



Նկար 15

ներին: Նա գրեթե դուրս չէր գալիս իր աշխարասենյակից՝ բացառությամբ այն դեպքերի, երբ որպես լյուկասովյան պրոֆեսոր գնում էր դասախոսություններ կարդալու: Դասախոսություններին շատ քչերն էին հաճախում և շատ քիչ բան հասկանում: Դասախոսությունը հաճախ կարդացվում էր դարարկ լսարանում, միայն պատերի համար... Նա այնքան էր փարվում հեղափոխություններով, որ հաճախ մոռանում էր ճաշել: Ոչ հազվադեպ նրա սենյակ մտնելով՝ ես ճաշը գտնում էի սեղանին՝ բոլորովին ձեռք չըրված, և միայն իմ հիշեցումից հեքո նա ուրքի վրա մի բան էր ուտում... Գիշերվա ժամը 2-3-ից շուրջ հազվադեպ էր պառկում քնելու, իսկ որոշ դեպքերում առավոտյան ժամը 5-6-ին էր պառկում քնելու, նա միշտ 4-5 ժամ էր քնում, հարկապես աշնանն ու գարնանը: Նրա մտաբանությունից ու մշտական աշխարհանքից դարելով՝ կարծում եմ, որ նա ձգտում էր անցնել մարդկային ուժի ու արվեստի սահմանագիծը»:

Իրեն նախորդած մեծերի աշխարհանքներին հարգանքի փոքր մատուցելով՝ Նյուտոնն ասում էր, որ եթե ինքը նույնիսկ «ուրիշներից ավելի հեռուն է տեսել, ապա միայն այն պատճառով, որ կանգնած է եղել փրփրանների ուսերին»: Իսկ մահվանից մի փոքր առաջ նա գրեց. «Ես չգիտեմ՝ աշխարհն ինձ ինչպիսին է պատկերացնում, բայց ես ինքս ինձ ուղղակի երեխա եմ թվում, որ ծովափին խաղում է և սովորականից ավելի գեղեցիկ խեցի կամ ողորկ քարեր որոնելով՝ զվարճանում, մինչդեռ ճշմարտության՝ նրա առաջ փոված օվկիանոսը մնում է կարարելապես չբացահայտված»:

Քեմբրիջում կանգնեցված Նյուտոնի արձանին այսպիսի մակագրություն կա. «Բանականությամբ նա գերազանցում էր մարդկային ցեղին»:

Նյուտոնի փառքն այնքան մեծ էր, որ հայրնի մաթեմատիկոս Լուպիտալը դեռ Նյուտոնի կենդանության ժամանակ զարմանում էր, որ մի՞թե նա էլ սովորական մարդու նման ուտում, խմում, քնում է: Իսկ Վեստմինիստերյան աբբայությունում, որտեղ թաղված է Նյուտոնը, կարելի է կարդալ մահարձանին դրոշմված այսպիսի բառեր. «Թող մահկանացուները հրճվեն, որ գոյություն է ունեցել մարդկային ցեղի այսպիսի զարդ»:

Նսկայական է Նյուտոնի հայացքների ազդեցությունը ֆիզիկայի հեղափոխական զարգացման վրա: «Նյուտոնը, – գրում է ակադեմիկոս Վավիլովը, – ֆիզիկային սրիպեց մտածել իր նման՝ «դասականորեն», ինչպես արտա-

հայրվում ենք մենք այժմ: Նյուտոնի լեզվով մենք խոսում ու մտածում էինք, և միայն այժմ են նոր լեզու սրբազան փորձեր արվում: Ահա՛ ինչու կարելի է պնդել, թե ֆիզիկայի վրա նրա մտքի անհատական կնիքն էր խփված, առանց Նյուտոնի գիտությունը այլ կերպ կգարգանար»:

Նարցեր

1. Ձևակերպե՛ք Նյուտոնի երրորդ օրենքը:
2. Ենթադրենք, թե ավտոմեքենային ընդառաջ թռչող ճանճը բախվում է մեքենայի դիմապակուն: Նարվածի պահին, որ մեկն էր ավելի մեծ ուժով գործում՝ ճաճն, թե՛ ավտոմեքենան:
3. Նայրնի է, որ երկրագունդը դեպի իրեն է ձգում մոտիկ գտնվող մարմինները: Ձգում են արդյո՞ք այդ մարմինները երկրագնդին:
4. Ի՞նչն է ավելի ուժեղ ձգում՝ խնձո՞րը երկրագնդին, թե՛ երկրագունդը՝ խնձորին:
5. Նյուտոնի երրորդ օրենքի համաձայն՝ թվային արժեքով ո՞ր ուժի հետ է համընկնում մարմնի կշիռը:

§ 12. Մարմնի իմպուլս

Մենք գիտենք, որ մարմնի արագության փոփոխության պատճառը այլ մարմինների ազդեցությունն է: Պարզենք, թե ինչ ուժ է պահանջվում t ժամանակում մարմնի արագությունը 0 -ից մինչև մի որոշ v արժեք մեծացնելու համար: Ելնելով Նյուտոնի երկրորդ օրենքից՝ $F = ma$, իսկ (3.1) բանաձևի համաձայն՝ $a = v/t$, հետևաբար՝

$$F = \frac{mv}{t}: (12.1)$$

Մտազված արտահայտության աջ մասում գտնվող զանգվածի և արագության արտադրյալը նշանակենք p տառով.

$$p = mv:$$

Մարմնի զանգվածի և արագության արտադրյալին հավասար ֆիզիկական մեծությունը կոչվում է **մարմնի իմպուլս**.

p – մարմնի իմպուլս:

Եթե մարմինը դադարի վիճակում է, ապա նրա իմպուլսը հավասար է զրոյի: Արագության աճի հետ մարմնի իմպուլսը մեծանում է:

Իմպուլսը վեկտորական մեծություն է: Իմպուլսի վեկտորի ուղղությունը համընկնում է մարմնի արագության ուղղության հետ:

Միավորների ՄՆ-ում իմպուլսի միավոր է ընդունված 1կգ.մ/վ (կիլոգրամ մետր վայրկյանում): 1կգ.մ/վ-ը հավասար է 1մ/վ արագությամբ շարժվող և 1 կգ զանգված ունեցող մարմնի իմպուլսին:

«Իմպուլս» հասկացությունը ֆիզիկա է ներմուծել ֆրանսիացի գիտնական Ռենե Դեկարտը (1596-1650թթ.): Դեկարտը ինքը, ճիշտ է, այդ մեծությունն անվանում էր ոչ թե իմպուլս, այլ շարժման քանակ: Իմպուլս բառը հայերնվեց ավելի ուշ:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է իմպուլսը:
2. Թվարկվող մեծություններից որի՞ հետ է համընկնում իմպուլսի ուղղությունը՝ ո՞ժի, արագությա՞ն, թե՞ արագացման:
3. Ինչպե՞ս է որոշվում մարմնի ձեռք բերած իմպուլսը, եթե հայտնի են ուժը և նրա ազդեցության ժամանակը:
4. Ո՞վ է գիտություն ներմուծել «իմպուլս» հասկացությունը: Իմպուլսն ինչպե՞ս էին անվանում նախկինում:



Նկար 17

Խոթհրդածե՛ր: Ներսիսյալ պնդումը Դեկարտը համարում էր իր փիլիսոփայության հիմնական սկզբունքը. «Ես մտածում եմ՝ ուրեմն գոյություն ունեմ»: Նրա ժամանակակից ֆրանսիացի գիտնական Պ. Գասենդին դրան հակադրում էր մի այլ պնդում. «Քանի որ գոյություն ունեմ, ուրեմն մտածում եմ»: Այս պնդումներից ո՞րն է ձեզ ավելի ճիշտ թվում:

§ 13. Իմպուլսի պահպանման օրենքը

Իմպուլսի համար գործում է բնության արմատական օրենքներից մեկը, որը կոչվում է իմպուլսի (կամ շարժման քանակի) պահպանման օրենք: Այս օրենքը հայտնաբերել է Փրանսիացի Դեկարտը: Իր նամակներից մեկում նա գրում է. «Ես ընդունում եմ, որ Տիեզերքում սպեղծված ողջ նյութի մեջ կա շարժման հայտնի քանակ, որը երբեք չի մեծանում և չի փոքրանում, այնպես որ, եթե մի մարմին շարժման մեջ է դնում մյուսին, ապա իր շարժումից կորցնում է այնքան, որքան հաղորդում է»:

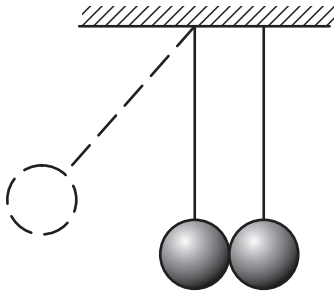
Առավել պարզ դեպքերում իմպուլսի պահպանման օրենքը կարող է ձևակերպվել հետևյալ կերպ.

Երկու մարմինների փոխազդեցության ժամանակ նրանց ընդհանուր իմպուլսը մնում է անփոփոխ (այսինքն՝ պահպանվում է):

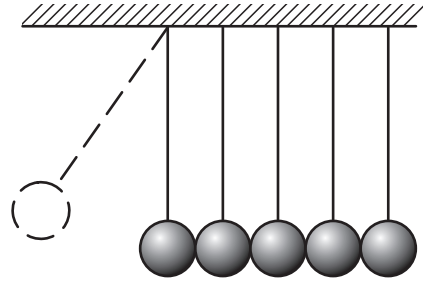
Փորձ կատարենք: Բարակ թելերից պողպատե երկու միապեսակ գունդ կախենք (նկ. 18): Ձախ գունդը հեռացնենք ու բաց թողնենք: Կրկանենք, որ գնդերի բախումից հետո ձախ գունդը կանգ կառնի, իսկ աջը կսկսի շարժվել: Բարձրությունը, որին կհասնի աջ գունդը, հավասար կլինի ձախ գնդի սկզբնական բարձրությանը: Դա վկայում է այն մասին, որ բախման ընթացքում ձախ գունդը աջ գնդին է փոխանցում իր ողջ իմպուլսը: Ինչքան պակասում է առաջին գնդի իմպուլսը, նույնքան էլ աճում է երկրորդ գնդի իմպուլսը: Գնդերի ընդհանուր (գումարային) իմպուլսն այս դեպքում մնում է անփոփոխ, այսինքն՝ պահպանվում է:

Իմպուլսի պահպանման օրենքն առավել հաճախ կիրառում են մարմինների բախման վերլուծության ժամանակ: Դիպարկենք մի հասարակ օրինակ: Ընդունենք, թե 50 կգ զանգված ունեցող փղան 3 մ/վրկ արագությամբ թռչում է իր առջև անշարժ կանգնած 2 կգ զանգված ունեցող սքեյտբորդի վրա: Դրանից հետո ինչպիսի՞ արագությամբ նա կսկսի շարժվել: Այդ հարցին պատասխանելու համար սկզբում հաշվենք փղայի և սքեյտբորդի ընդհանուր իմպուլսը մինչ բախումը: Գտնում ենք՝ $50 \text{ կգ} \cdot 3 \text{ մ/վ} = 150 \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ}$:

Իմպուլսի պահպանման օրենքի համաձայն՝ այդ նույն իմպուլսը պետք է



Նկար 18



Նկար 19

մնար նան այն բանից հետո, երբ փղան հայտնվեց սքեյփորդի վրա: Բայց այժմ արդեն փղան ու սքեյփորդը միասին կազմում են 52 կգ զանգված ունեցող և v արագությամբ շարժվող համակարգ: Արագությունը որոշելու համար կազմում ենք հավասարում.

$$52 \text{ կգ} \cdot v = 150 \text{ կգ} \cdot \text{մ/վ}:$$

Լուծելով հավասարումը՝ գտնում ենք $v = 2,9 \text{ մ/վ}$:

Տարցեր

1. Ո՞վ է հայտնագործել իմպուլսի պահպանման օրենքը:
2. Մարմինների բախման ժամանակ ինչպե՞ս է դրսևորվում իմպուլսի պահպանման օրենքը:
3. Նկար 19-ում պատկերված միասնակ առաձգական գնդերի համակարգում ի՞նչ փոփոխություններ կունենան, եթե ամենավերջին ձախ գունդը շեղենք դեպի ձախ և բաց թողնենք:

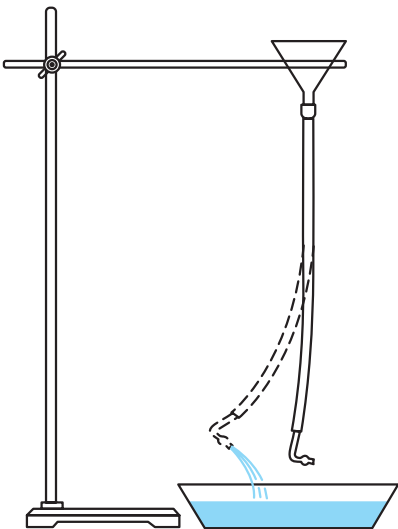
§ 14. Ռեակտիվ շարժում

Նյութոնի օրենքները թույլ են տալիս բացատրել մի շարք կարևոր մեխանիկական երևույթ՝ **ռեակտիվ շարժումը**: Այդպես են անվանում մարմնի շարժումը, երբ որոշակի արագություն ունենալով՝ մարմնից անջարվում է նրա մի մասը՝ մնացած մարմնին ստիպելով շարժվել հակառակ ուղղությամբ:

Վերցնենք, օրինակ՝ մանկական ռեպինե փուչիկը, լավ փչենք ու բերանը բաց՝ մի կողմ նետենք: Կտեսնենք, որ երբ օդն սկսի դուրս գալ մի կողմից, փուչիկը կթռչի հակառակ կողմ: Դա էլ հենց ռեակտիվ շարժումն է:

Ռեակտիվ շարժման սկզբունքով են տեղաշարժվում կենդանական աշխարհի որոշ ներկայացուցիչներ, օրինակ՝ ութոպնուկներն ու կակղամարները: Պարբերաբար դուրս մղելով իրենց մեջ ներքաշած ջուրը՝ նրանք ի վիճակի են 60-70 կմ/ժամ արագություն զարգացնել: Նմանօրինակ եղանակով են տեղաշարժվում մեղուզաները, սիպենները և մի քանի այլ կենդանիներ:

Ռեակտիվ շարժման օրինակներ կարելի է հայտնաբերել նաև բուսական աշխարհում: Օրինակ «կարադած» վարունգի հասուն պտուղները, անգամ թեթև հպման դեպքում ետ են թռչում պտղատրիկից և պոկված տեղում վարունգի վրա առաջացած անցքից մեծ ուժով ետ է շարժվում դառը հեղուկը, ըստ որում, վարունգը թռչում է հակառակ ուղղությամբ:



Նկար 20

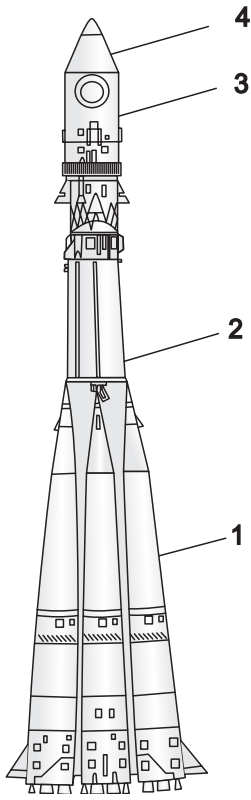
Ջրի արտանետման դեպքում առաջացող ռեակտիվ շարժումը կարելի է դիտել հետևյալ փորձի ընթացքում: 45° անկյան տակ ձուված ծայրակալ ունեցող ռեպինե փողրակին միացած ապակե ձագարի մեջ ջուր լցնենք (նկ.20): Նենց որ ջուրն սկսի դուրս թափվել ծայրակալից, փողրակը կսկսի շարժվել և կթեքվի ջրի հոսքին հակառակ ուղղությամբ:

Ռեակտիվ շարժման սկզբունքի վրա են հիմնված հրթիռների թռիչքները: Ժամանակակից տիեզերական հրթիռը չափազանց բարդ թռչող սարք է՝ կազմված հարյուրհազա-

րավոր, միլիոնավոր մասերից: Նրթիոի գանգվաճն ահուելի չափերի է հասնում: Այն կազմվաճ է աշխապրանքային մարմնի գանգվաճից (այսինքն՝ վառելիքի այրման արդյունքում առաջացաճ և ռեակտիվ շիթերի քեսքով դուրս ներվող շիկացաճ գազերից) և հրթիոի վերջին աստիճանից կաճ, ինչպես ասում են, «չոր» գանգվաճից, որը մնում է, երբ հրթիոից դուրս է ներվում աշխապրանքային մարմինը:

Նրթիոի «չոր» գանգվաճն իր հերթին կազմվաճ է կառուցվաճքային գանգվաճից (այսինքն՝ հրթիոի պապրյանից, նրա շարժիչներից, կառավարման համակարգերից և օգրակար բեռնվաճությունից գանգվաճից (այսինքն՝ գիպրական սարքավորումներից, ուղեճիր դուրս բերվող քիեզերական ապարից, անճնակազմից, նավի կենսապահովման համակարգից):

Աշխապրանքային մարմնի դուրս մղվելու ընթացքում ազաքվաճ բաքե-



4 ըր, պապրյանի ավելորդ մասերը սկսում են ճանրացնել
 3 հրթիոը անպերք բեռով՝ դճվարացնելով նրա թափ առնելը: Այդ պաքրճառով, քիեզերական արագություններ ճեռք բերելու համար օգրագորճում են բազմաստիճան հրթիոներ (նկ.21): Այդօրինակ հրթիոներում սկզբում աշխաքում են քանող հրթիոի առաջին աստիճանի կառույցահաքվաճները (1): Երբ նրանցում վերջանում են վառելիքի պաշարները, նրանք առանճնանում են, ցաճ ընկնում, և միանում է երկրորդ աստիճանը (2): Այսքեղ էլ վառելիքն սպառվելուց հեքո երկրորդ աստիճանը նույնպես ցաճ է ընկնում, և սկսում է աշխաքել երրորդ աստիճանը (3): Նրթիոի գլխամասում գրնվող արբանյակը կաճ էլ որևէ այլ քիեզերական սարք ճաճկվում է գլխամասային շրջոսիցով (4), որի շրջոսելի ճնր Երկրի մթնոլորքում հրթիոի թիչքի ընթացքում օճանդակում է օղի դիմադրության նվազեցմանը:

Նկար 21

Երբ ռեակտիվ գազային շիթը մնճ արագությամբ դուրս է ներվում հրթիոից, հրթիոն ինքը առաջ է մղվում հակառակ ուղղությամբ: Ի՞նչ պաքրճառով է դա քեղի ունենում:

Նյուտոնի երրորդ օրենքի համաձայն՝ F ուժը, որով հրթիռն ազդում է աշխարհաբային մարմնի վրա, մեծությամբ հավասար և ուղղությամբ հակառակ է աշխարհաբային մարմնի կողմից հրթիռի պատրյանի վրա ազդող F' ուժին.

$$F' = F: \quad (14.1)$$

Նենց F' ուժն էլ (որին անվանում են ռեակտիվ ուժ) հրթիռին թափավազք է հաղորդում:

(12.1) հավասարումից բխում է, որ մարմնին հաղորդվող իմպուլսը հավասար է ուժի և նրա ազդեցության ժամանակի արտադրյալին: Այդ պարճառով, մինևույն ժամանակահատվածում գործող միաբեսակ ուժերը մարմնիներին հավասար իմպուլսներ են հաղորդում: Տվյալ դեպքում հրթիռի կողմից ձեռք բերված $m_{\text{հրթ.}} \cdot v_{\text{հրթ.}}$ իմպուլսը պետք է հավասար լինի արտանետված գազերի $m_{\text{գազ.}} \cdot v_{\text{գազ.}}$ իմպուլսին.

$$m_{\text{հրթ.}} \cdot v_{\text{հրթ.}} = m_{\text{գազ.}} \cdot v_{\text{գազ.}} :$$

Այսպեղից հետևում է, որ հրթիռի արագությունը

$$v_{\text{հրթ.}} = \frac{m_{\text{գազ.}}}{m_{\text{հրթ.}}} v_{\text{գազ.}} : \quad (14.2)$$

Վերլուծենք սրացված արտահայտությունը: Մենք տեսնում ենք, որ ինչքան մեծ է արտանետվող գազերի արագությունը, ինչպես նաև աշխարհող մարմնի զանգվածի (այսինքն՝ վառելիքի զանգվածի) և հրթիռի վերջնական («չոր») զանգվածի հարաբերությունը, այնքան մեծ է հրթիռի արագությունը:

(14.2.) բանաձևը մոտավոր է: Նրանում հաշվի չի առնվում, որ վառելիքի այրմանը զուգընթաց սլացող հրթիռի զանգվածն ավելի ու ավելի է նվազում: Նրթիռի արագությունը որոշելու ճշգրիտ բանաձևը առաջին անգամ

հաշվարկել է Կ. Է. Յիոլկովսկին դեռևս 1897 թվականին: Բանաձևը կրում է Յիոլկովսկու անունը:



Կ. Է. Յիակովսկի

Յիոլկովսկու բանաձևը թույլ է տալիս հաշվարկել տրված արագությունը հաղորդելու համար հրթիռին անհրաժեշտ վառելիքի քանակը: Աղյուսակ 3-ում ներկայացված են հրթիռի սկզբնական m_0 և վերջնական m զանգվածների հարաբերության արժեքները հրթիռի տարբեր արագությունների դեպքում, երբ արտանետվող գազի արագությունը (հրթիռի նկատմամբ) $v=4$ կմ/վ է:

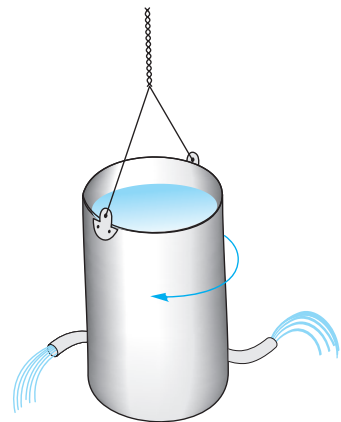
$V_{\text{հրթ.}}, \text{ կմ/վ}$	m_0/m	$V_{\text{հրթ.}}, \text{ կմ/վ}$	m_0/m	$V_{\text{հրթ.}}, \text{ կմ/վ}$	m_0/m
4	2,7	16	55	28	1100
8	7,4	20	148	32	2980
12	20,1	24	403	36	8100

Օրինակ՝ որպեսզի հրթիռը կարողանա գազերի արտահոսքի արագությունը 4 անգամ գերազանցող արագություն ձեռք բերել ($v_{\text{հրթ}}=16$ կմ/վ) հրթիռի նախնական զանգվածը (վառելիքի հետ միասին) վերջնական զանգվածին («չոր») պետք է գերազանցի 55 անգամ ($m_0/m=55$): Դա նշանակում է, որ թռիչքահրապարակում կանգնած հրթիռի զանգվածի առյուծի բաժինը պետք է կազմի հենց վառելիքի զանգվածը: Իսկ օգտակար բեռնվածությունը, նրա հետ համեմատարժ, պետք է շատ փոքր զանգված ունենա:

Ռեակտիվ շարժման տեսության զարգացման մեջ կարևոր ներդրում է կատարել Կ. Է. Յիուկովսկու ժամանակակից, ռուս գիտնական Ի. Վ. Մեջլերսկին (1859-1935թթ.): Փոփոխական զանգված ունեցող մարմնի շարժման բանաձևեր նրա անունն է կրում:

Տարցեր

1. Ի՞նչ է ռեակտիվ շարժումը: Բերե՛ք օրինակներ:
2. Նկար 22-ում պատկերված փորձում կորացրած ծայրափողերից ջրի դուրս հոսելու դեպքում, դույլիկը պտտվում է սլաքի ցույց տված ուղղությամբ: Բացատրե՛ք երևույթը:
3. Ինչի՞ց է կախված հրթիռի ձեռք բերած արագությունը:



Նկար 22

§ 15. Նրթիռային րեխնիկայի զարգացումը

Առաջին հրթիռները պարբասարվել են շար վաղուց: Նրանց հայրնվելը կապված էր վառողի գյուրի հեր: Չինասարանում վառողային հրթիռները գործադրվել են արդեն մեր թվագրության 10-րդ դարում: Նարյուրավոր րարինների ընթացքում այդպիսի հրթիռներն օգրագործվել են հիմնականում որպես ազդանշանային և հրավառության սարքեր: Ավելի ուշ հայրնվեցին մարրական (բոցավառող) հրթիռները:

18-րդ դարի վերջին, Սերինգապարում քաղաքի պաշարման ժամանակ հնդկական գորքերը անգլիական գաղութարարների դեմ վառողային հրթիռներ գործադրեցին: Դրանք սև, ծխարծակ վառողը որպես վառելիք օգրագործող, 3-6 կգ զանգված և թռիչքի մոտ 2 կմ հեռավորություն ունեցող հրթիռներ էին: Զավթիչների բանակում գրնվող անգլիացի գնդապետ Ու. Կոնգրևը հերաքրքրվեց այդ (Եվրոպայի համար նոր) զենքով և հայրենիք վերադառնալուց հերո սեփական կառուցվածքի մարրական հրթիռ մշակեց: Սակայն 1804 թվականին դրանց առաջին փործարկումներն այնքան էլ հաջող չէին: Կոնգրևը հերագայում այնքան կարարելագործեց իր հրթիռը, որ այն դարծավ մարրական ահարկու զենք: 20 կգ զանգվածի դեպքում նրա թռիչքի հեռավորությունը հասնում էր 2,5 կմ-ի: 1807 թվականին անգլիացիների կողմից Կոպենհագենի պաշարման ժամանակ բրիրանական նավարորմի նավերից մի քանի հազար այդպիսի հրթիռներ արծակվեցին: Նրթիռակոծության արդյունքում քաղաքին զգալի վնաս պարծարվեց:

Ռուսասարանում վառողային հրթիռները սպառազինության մեջ են ընդգրկվել 19-րդ դարի սկզբին: Դրանք հաջողությամբ գործադրվել են 1828-29 թ.թ. ռուս-թուրքական պարերագմում, 1853-56 թ.թ. Ղրիմի պարերագմում, ինչպես նաև 1877-78 թ.թ. ռուս-թուրքական պարերագմում:

Ռուսական հրթիռային զենքի զարգացման գործում մեծ ներդրում ունեցավ գիրնական-հրերանավոր, զեներալ-լեյրենանր Կ. Ի. Կոնսարանրինովը: 1850 թվականին, Պերերբուրգում նրա դեկավարությանբ սկսեց աշխարել հարուկ «հրթիռային գործարանը»: Ռուսական հրթիռների թռիչքի առավելագույն հեռավորությունը, 80 կգ ընդհանուր զանգվածի դեպքում, հասնում էր 4 կմ-ի: Այն ժամանակների համար դրանք ռեկորդային ցուցանիշներ

Էին: Կոնստանտինովն իր հեղափոխությունների արդյունքները տպագրեց «Մարտական հրթիռների մասին» վերնագրով գրքում: Այդ աշխատանքը մեծ հեղափոխություն առաջացրեց և շուտով տպագրվեց Ֆրանսիայում և Անգլիայում:

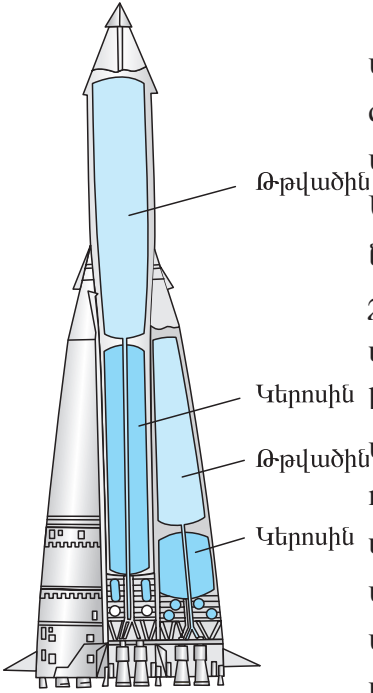
Սակայն 19-րդ դարի 80-ական թվականներին տեղը զիջելով ակոսավոր հրեպանուն՝ սև ծխավոր վառող օգտագործող մարտական հրթիռները արտադրությունից դուրս եկան, և դրանցով բանակի մարտավարումը դադարեցվեց: Նրթիռների մասին սկսեցին մոռանալ: Եվ միայն թոչոդ սարքերում դրանց կիրառման մասին երազող առանձին անհատ գյուրարարներ շարունակում էին հիշել հրթիռները:

Աշխարհում մարդու թռիչքի համար նախարեսված առաջին ռեակտիվ թոչոդ սարքի նախագծի հեղինակը ռուս հեղափոխական-նարողավուրեց Ն. Ի. Կիբալչիչն է (1835-1881 թթ.): Նա մահվան դարապարտվեց Ալեքսանդր 2-րդ ցարի վրա մահափորձ կատարելու նպատակով Ա. Գրեննիցկու պայթեցրած ռումբը պատրաստելու համար: Իր նախագիծը Կիբալչիչը մշակեց բանտում, մահվան դարապարտվելուց հետո: Մարտի 23-ին նա բանտային իշխանություններին հանձնեց հետևյալ հայտարարությունը. «Գտնվելով կալանքում, մահիցս մի քանի օր առաջ ես գրում եմ այս նախագիծը: Ես հավատում եմ իմ գաղափարի իրագործելիությանը, և իմ սարսափելի վիճակում այդ հավատը ինձ սատար է լինում: Եթե մասնագետ գիտնականների կողմից մանրամասն քննարկվելուց հետո իմ գաղափարը իրականացման ենթակա ճանաչվի, ապա ես երջանիկ կլինեմ՝ հայրենիքիս ու մարդկությանը մեծ ծառայություն մատուցած լինելուս համար: Այդժամ հանգիստ կընդունեմ մահը՝ գիտենալով, որ իմ գաղափարը չի մեռնի ինձ հետ միասին, այլ գոյություն կունենա մարդկության մեջ, որի համար պատրաստ եմ գոհել կյանքս»:

Նախագիծը գիտնականների քննարկմանը ներկայացնելու Կիբալչիչի խնդրանքը մերժվեց: Ապրիլի 3-ին նա մահապարժի ենթարկվեց: Իսկ նրա գրած նախագիծը հեղափոխությունից հետո գտնվեց ժանդարմական վարչության գործերում: 1918 թվականին այն հրատարակվեց, և մարդիկ նոր իմացան մի գյուրի մասին, որ 37 տարի անհայտ էր մնացել:

Առաջին հրթիռները վառողային (պինդվառելիքային) էին: Նեղուկային

հրթիռային շարժիչի սխեման մշակել է Կ. Է. Յիուկովսկին, 1903 թվականին: ԱՄՆ-ում նմանօրինակ շարժիչի մշակմամբ զբաղվում էր Ռ. Գոդդարդը: Նրա ղեկավարությամբ այդպիսի շարժիչի առաջին փորձարկումներն իրականացվել են 20-րդ դարի 20-ական թվականներին: Ռուսաստանում հեղուկային հրթիռային շարժիչներ կառուցել ու փորձարկվել են 1930-31 թվականներին:



Նկար 23

Ինչպես հայտնի է քիմիայից, վառելիքի այրումը շար արագ ընթացող օքսիդացման գործընթաց է: Այդ պատճառով այրման համար անհրաժեշտ է թթվածին (օքսիդացնող նյութ): Ավիացիոն ռեակտիվ շարժիչները այդ թթվածինը վերցնում են շրջակա օդից: Իսկ հրթիռային շարժիչները պետք է աշխատեն և՛ մթնոլորտի վերին շերտերում, որտեղ թթվածինը շար քիչ է, և՛ փեղեղական օդաբառնությունում, որտեղ այն ընդհանրապես չկա: Այդ պատճառով, վառելիքի (օրինակ՝ կերոսինի) բաբերի հետ միասին նաև օքսիդացնող նյութի (թթվածնի) զգալի պաշարներ են տեղադրում (նկ.23): Նախուկ պոմպերի միջոցով կամ էլ սեղմված գազի ճնշման փակ վառելիքն ու թթվածինը մղվում են այրման խցիկ: Վառելիքի բաղադրիչները, միմյանց հետ

քիմիական ռեակցիայի մեջ մտնելով, բոցավառվում են ու սկսում այրվել: Այրման արդյունքում առաջացած գազերի էլքը տեղի է ունենում հատուկ կառուցվածքի փքանցքերից:

Նրթիռային տեխնիկական նշանակալի զարգացում ապրեց երկրորդ համաշխարհային պատերազմի ժամանակ: ԽՍՀՄ-ում մշակվեցին անձուխ վառող օգտագործող ռեակտիվ արկեր, որոնք խորհրդային ավիացիայի կողմից փորձարկվեցին արդեն 1939 թվականին (Խալիսին Գ-ոլ գեպի մոտ մղած մարտերում): Դրան անմիջապես հետևեց բազմալիցք արձակման կայանքների ստեղծումը, որոնք տեղադրվում էին ավտոմեքենաների վրա: Այդ ռեակտիվ սարքերը (կապույտաները) Նայրենական մեծ պատերազմում կարևոր դեր

խաղացին ռուսական բանակի մարտական գործողություններում:

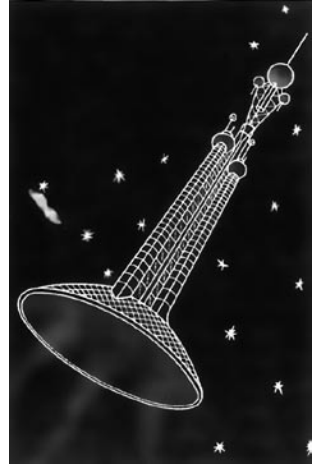
1942 թվականին Վերներ Փոն Բրաունի ղեկավարությամբ Գերմանիայում սկսվեցին կառավարվող հեղուկային Ֆաու-2 հրթիռի փորձարկումները: Ֆաու-2-ի թռիչքի հեռավորությունը կազմում էր 300 կմ, հեղազդի բարձրությունը 70-80 կմ, զանգվածը՝ մոտ 13 տոննա: 1944-45 թվականներին Լոնդոնի և Անգլիայի մյուս քաղաքների վրա 10 հազարից ավելի նման հրթիռներ արձակվեցին: Սակայն կառուցվածքային անկապարտության և թռիչքի ընթացքում անկառավարելիության պատճառով այդ հրթիռների արդյունավետությունը ցածր էր (38 %):

Շամանակակից մարտական հրթիռները ինչպես սովորական, այնպես էլ միջուկային լիցք են կրում, ունակ են մի քանի փասնյակ բռնակում մի քանի հազար կիլոմետր փարածություն հաղթահարել: Թռիչքահարթակի և նպատակակետի փեղից կախված՝ այդ հրթիռները բաժանվում են մի քանի խմբի՝ «երկիր-երկիր» (արձակվում են երկրի կամ ծովի մակերևույթից՝ վերգերնյա կամ ծովային նպատակակետերը ոչնչացնելու համար), «երկիր-օդ» (արձակվում են երկրի կամ ծովից մակերևույթից՝ օդային նպատակակետերը ոչնչացնելու համար), «օդ-երկիր» (արձակվում են ինքնաթիռներից՝ երկրային կամ ծովային նպատակակետերը ոչնչացնելու համար) և այլն:

Արբանյակներ և զանազան փիեզերակայաններ Տիեզերք արձակելու համար, 1957 թվականից սկսած (երբ ԽՍՀՄ-ում Ս. Պ. Կորոլյովի ղեկավարությամբ արձակվեց Երկրի առաջին արհեստական արբանյակը), կիրառվում են փիեզերական հրթիռներ (փանող հրթիռներ):

Շամանակակից փիեզերական հրթիռներին հասանելի արագությունները թույլ են փախս հաջողությամբ ուսումնասիրել Արեգակնային համակարգությունը: Մինչև ներկա պահը ավտոմատ միջնորակային կայանները հասել են Արեգակնային համակարգության գրեթե բոլոր մոլորակների շրջակայքը: Սակայն միջաստղային թռիչքների համար շար ավելի մեծ արագություններ են հարկավոր. ոչ թե 10-20 կմ/վ, այլ լույսի արագությանը մոտ արագություններ ($c \approx 300\ 000$ կմ/վ): Բայց նման արագությունների անհնար է հասնել գազի արտահոսքի $v=4$ կմ/վ արագության դեպքում: Նաշվարկները ցույց են փախս, որ նույնիսկ արտանետվող գազի $v=10$ կմ/վ արագության դեպքում (որն առայժմ անհասանելի է) հրթիռին $v=0,01$ c արագություն հա-

դորդելու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի հրթիռի մեկնարկային զանգվածը վերջնական զանգվածին գերազանցի 2×10^{130} անգամ: Դա նշանակում է, որ այդպիսի հրթիռում վառելիքի զանգվածը պետք է բազմակի գերազանցի ոչ միայն երկրագնդի, այլև Տիեզերքի ողջ դիսկոլո մասի զանգվածը: Այդպիսի աստղաթիռ կառուցելն իհարկե անհնար է: Այդ պատճառով, միջաստղային թռիչքներ իրականացնելու համար անհրաժեշտ է փեղերանավերին արագություն հաղորդելու սկզբունքորեն այլ միջոցներ որոնել: Այդպիսի միջոցներից մեկը Ֆոտոնային շարժիչ սարեղծելն է: Ֆոտոնային շարժիչում գազաշիթի դերն իր վրա է վերցնում լույսի հզոր հոսքը: Այս դեպքում արտահոսքի արագությունը $v=c$, որի շնորհիվ էլ Ֆոտոնային հրթիռը (նկ.24) կարող է մերձլուսային արագություն ձեռք բերել: Այս դեպքում ճանապարհորդությունները դեպի ուրիշ աստղեր կդառնան լիովին իրական: Բայց այդպիսի հրթիռների սարեղծումը հեռավոր ապագայի գործ է:



Նկար 24

Նարցեր

1. Ի՞նչ վառելիք էր օգտագործվում առաջին հրթիռներում:
2. Առաջինը ո՞վ է մշակել հեղուկային ռեակտիվ շարժիչի սխեման:
3. Ո՞ր թվականին և ո՞ւմ ղեկավարությամբ է արձակվել Երկրի առաջին արհեստական արբանյակը:
4. Քիմիական վառելիք օգտագործող հրթիռները պիտանի՞ են արդյոք միջաստղային թռիչքների համար: Ինչո՞ւ:

Խորհրդածե՛ք: «Ես ասում եմ մարդուն՝ հավատա՛ր ինքդ քեզ: Դու ամեն ինչ կարող ես: Դու կարող ես հավերժության բոլոր գաղտնիքները ճանաչել, բնության բոլոր գանձերի փերը դառնալ: Քո թիկունքին ոսկեհուռ թևեր կան: Թափահարի՛ր դրանք: Դե՛, թափահարի՛ր և դու հզոր, երջանիկ ու ազատ կլինես» (Կ. Է. Յիովկովսկի): Ի՞նչ եք կարծում՝ մարդու երջանկությունն ու ազատությունը իրո՞ք կախված են սեփական ուժերին վստահելուց և ինքն իրեն հավատալուց: Ձեր թիկունքին երբևէ զգացե՛լ եք ոսկեհուռ թևեր:

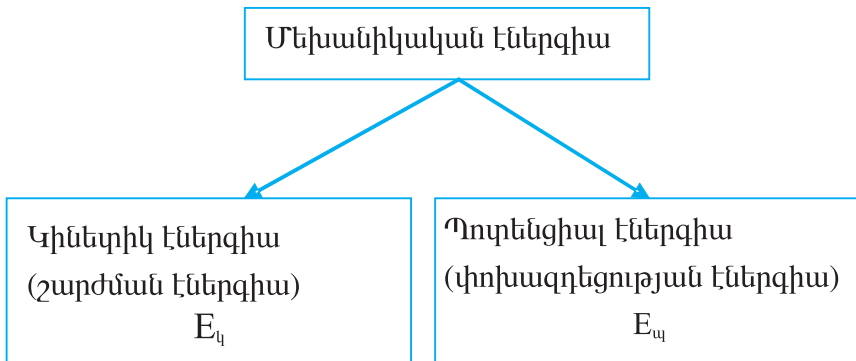
§ 16. Էներգիա

«Էներգիա» հասկացությունը գործածության մեջ է մտնում անգլիացի գիտնական Ռ. Յունգը, 1807 թվականին: Բառը հունարեն է, թարգմանաբար նշանակում է «գործողություն», «գործունեություն»:

Ուղղակի անհնար է ժամանակակից գիտությունը պատկերացնել առանց այդ հասկացության: Այն գոյություն ունի ֆիզիկայի բոլոր բաժիններում: Դա ն' էլեկտրական էներգիան է, ն' մագնիսական էներգիան, ն' ատոմային էներգիան և այլն: Մեխանիկայում հերթագրվող էներգիան կոչվում է մեխանիկական: Նենց դրանից էլ կսկսենք մեր ծանոթությունը այդ կարևորագույն հասկացության հետ:

Մեխանիկական էներգիան նշանակվում է E տառով և չափվում է նույն միավորներով, ինչ որ աշխատանքը, այսինքն՝ ջոուլներով (Ջ):

Քանի որ մեխանիկայում ուսումնասիրում են մարմինների շարժումը և նրանց փոխազդեցությունը մեկը մյուսի հետ, ապա ընդունված է տարբերակել մեխանիկական էներգիայի երկու տեսակ՝ մարմինների շարժմամբ պայմանավորված էներգիա և նրանց փոխազդեցությամբ պայմանավորված էներգիա: Դրանցից առաջինը կոչվում է *կինետիկ* էներգիա և նշանակվում է E_k տառով, երկրորդը կոչվում է *պոտենցիալ* էներգիա և նշանակվում է $E_{պ}$ տառով:

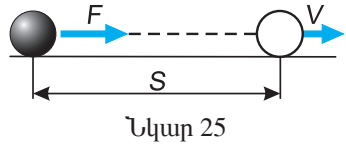


Եվ պոտենցիալ, և՛ կինետիկ էներգիան որոշելու համար գոյություն ունի ընդհանուր կանոն: *Մարմնի ունեցած էներգիան հաշվելու համար հարկավոր է որոշել տվյալ մարմինը գրոյական վիճակից տվյալ վիճակին հասցնող աշխատանքը* (գրոյական վիճակն այն վիճակն է,

որում մարմնի համապարասխան էներգիան համարվում է գրոյին հավասար): Ինչքան այդ աշխատանքը մեծ է, այնքան մեծ էներգիա ունի մարմինը փոխադրվելու:

Էներգիաներից յուրաքանչյուրը հաշվելու համար օգտվենք այս կանոնից:

1. *Կինետիկ էներգիա:* Որոշենք m զանգված ունեցող և v արագությամբ շարժվող մարմնի էներգիան: Կինետիկ էներգիան շարժման էներգիան է: Այդ պարճառով, մարմնի համար գրոյականը այն վիճակն է, երբ մարմինը չի շարժվում, այլ գտնվում է հանգստի վիճակում: Գտնելով մարմնին փոխադրված աշխատանքը հաղորդելու համար ծախսված աշխատանքը՝ մենք կորոշենք նաև նրա կինետիկ էներգիան: Օգտագործելով աշխատանքի սահմանումը ($A = Fs$), Նյուտոնի երկրորդ օրենքը ($F = ma$), ինչպես նաև (3.1) և (5.2) բանաձևերը՝ ստանում ենք (նկ.25)



$$A = Fs = mas = m \times \frac{v}{t} \times \frac{vt}{2} = \frac{mv^2}{2}:$$

Այսպես գրված արտահայտություններից վերջինն էլ հենց մարմնի կինետիկ էներգիան է.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} : (16.1)$$

Այսպիսով՝ *կինետիկ էներգիան հավասար է մարմնի զանգվածի և արագության քառակուսու արտադրյալի կեսին:*

2. *Պոտենցիալ էներգիա:* Որոշենք Երկրի հետ փոխազդեցության մեջ գտնվող մարմնի պոտենցիալ էներգիան: Զրոյական համարենք մարմնի դիրքը Երկրի վրա: Այդ դեպքում մի որոշ h բարձրության վրա գտնվող մարմնի պոտենցիալ էներգիան հավասար կլինի փոխադրված աշխատանքին:

Նավասարաչափ բարձրացնելու դեպքում, երբ մարմնի վրա գործադրվող ուժը մեծությամբ համապարասխանում է ծանրության ուժին (նկ.26), այդ աշխատանքը կարելի է որոշել հետևյալ կերպ.

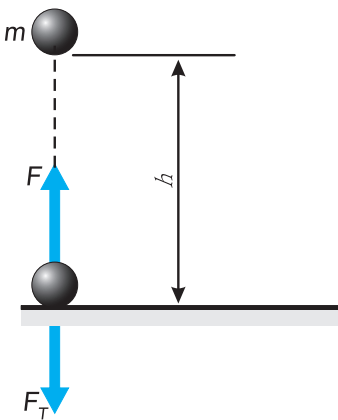
$$A = Fs = F_\delta h = mgh$$

Սա էլ հենց h բարձրության վրա գրավող մարմնի պոտենցիալ էներգիան է.

$$E_{պ} = mgh \quad (16.2)$$

Այսպիսով՝ Երկրի հետ փոխազդող գրավող մարմնի պոտենցիալ էներգիան հավասար է այդ մարմնի զանգվածի, ազար սնկման արագացման և մարմնի ունեցած բարձրության արտադրյալին:

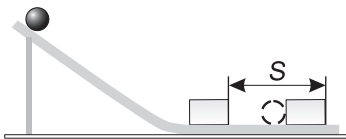
Պոտենցիալ էներգիան որոշելու դեպքում բնավ էլ պարտադիր չէ գրոյական համարել մարմնի՝ Երկրի մակերևույթին գրավելու դիրքը: Զրոյական կարելի է համարել և՛ հափալի մակարդակը սենյակում, և՛ սեղանի մակերևույթը և այլն: Մարմնի



Նկար 26

հ բարձրությունը հաշվարկելու համար ընդունված գրոյական կեփն ընփրում են կամայական, ղեկավարվելով, սովորաբար, պարզության ու հարմարավեփության նկարատումներով:

Երկրի հետ փոխազդող մարմնի պոտենցիալ էներգիան որոշում են (16.2) բանաձևով: Այլ փոխազդեցությունների պոտենցիալ էներգիան որոշվում է այլ բանաձևերով:



Նկար 27

Մարմինն ինչքան էներգիա է կրում, այնքան էլ աշխատանք կարող է կատարել: Ինչքան մեծ է մարմնի էներգիան, այնքան մեծ աշխատանք կկատարվի: Դա ցուցադրենք հասարակ փորձերով:

Վերցնենք թեք և հորիզոնական մասեր ունեցող ճոռ և նրա կորացած մասում ալյումինե գլան փեղադրենք (նկ. 27): Ճոռի թեք մասից բաց թողնենք փարբեր բարձրություններից, միևնույն զանգվածներով կամ միևնույն բարձրությունից փարբեր զանգվածներով գնդիկներ: Դժվար չի լինի նկատել. որքան մեծ պոտենցիալ էներգիա ունի գնդիկը, այնքան մեծ փարածության վրա այն կփեղաշարժի մեփաղյա գլանը:

Տարցեր

1. Ինչո՞վ է պայմանավորված կինետիկ էներգիան:
2. Ինչի՞ է հավասար մարմնի կինետիկ էներգիան:
3. Ինչո՞վ է պայմանավորված մարմնի պարենցիալ էներգիան:
4. Ինչի՞ է հավասար Երկրի հետ փոխազդող մարմնի պարենցիալ էներգիան:
5. Ինչպե՞ս է կոչվում էներգիայի միավորը:
6. Ո՞ր դեպքում է մարմնի կինետիկ էներգիան հավասար գրոյի:
7. Ինչպիսի՞ էներգիայով է օժտված երկնքում թռչող ինքնաթիռը՝ կինետիկ, պարենցիալ, թե՛ երկուսը՝ միաժամանակ:
8. Ինչպիսի՞ էներգիայով է օժտված հիդրոկայանի ամբարտակով արգելափակված ջուրը, և ինչպիսի՞ էներգիայով՝ ամբարտակի ջրանցակցերից ցած գահավիժող ջուրը:
9. Ինչպե՞ս են փոխվում ուղղահայաց դեպի վեր նետված գնդակի պարենցիալ և կինետիկ էներգիաները շարժման ընթացքում:

§ 17. Էներգիայի պահպանման օրենքը

Ընդհանուր առմամբ, մարմինը միաժամանակ կարող է ունենալ ինչպես կինետիկ, այնպես էլ պարենցիալ էներգիա: Դրանց երկուսի գումարն անվանում են **լրիվ մեխանիկական էներգիա**.

$$E = E_{\text{կ}} + E_{\text{պ}}: \quad (17.1)$$

Այս հասկացությունը ֆիզիկա է ներմուծել 26-ամյա գերմանացի գիտնական Ն. Նելմհոլցը, 1847 թվականին: Մարմնի շարժման ընթացքում ի՞նչ է փոփոխվում լրիվ մեխանիկական էներգիայի հետ: Պարզելու համար դիտարկենք մի պարզ փորձ:

Գնդակն ուղղահայաց վեր նետենք: Գնդակին արագություն հաղորդելով՝ մենք նրան մի որոշ կինետիկ էներգիա կհաղորդենք: Գնդակի վեր բարձրանալու հետ Երկրի ձգողության հերկանքով նրա շարժումը կդանդաղի և գնդակի արագությունը, միաժամանակ նաև կինետիկ էներգիան, կսկսեն ավելի ու ավելի փոքրանալ: Դրա հետ մեկտեղ գնդակի պարենցիալ էներ-

գիան, h բարձրության մեծանալու հետ կսկսի աճել: Ներագծի ամենաբարձր կետում (առավելագույն բարձրության վրա) գնդակի պոտենցիալ էներգիան իր առավելագույն արժեքին կհասնի, իսկ կինետիկ էներգիան կհավասարվի զրոյի: Դրանից հետո աստիճանաբար արագություն ձեռք բերելով՝ գնդակը կսկսի ցած ընկնել: Անկման ընթացքում կինետիկ էներգիան կսկսի աճել, իսկ պոտենցիալ էներգիան՝ բարձրության նվազման պատճառով, պակասել: Գետնին բախվելու պահին գնդակի կինետիկ էներգիան իր առավելագույն արժեքին կհասնի, իսկ պոտենցիալ էներգիան կդառնա զրո:

Այսպիսով, երբ մարմնի կինետիկ էներգիան նվազում է, աճում է պոտենցիալ էներգիան, և հակառակը, երբ մարմնի կինետիկ էներգիան աճում է, նվազում է պոտենցիալ էներգիան: Մարմնի ազատ անկման (օդի դիմադրության բացակայության դեպքում) ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ էներգիայի այս երկու տեսակներից որևէ մեկի ցանկացած նվազում ուղեկցվում է էներգիայի մյուս տեսակի նույնքան աճով: Ընդ որում, այդ ընթացքում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է:

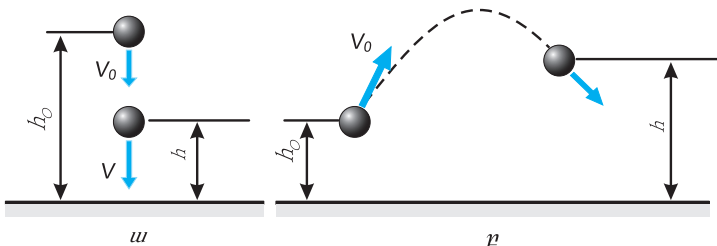
Սա է **մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:**

Մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան իր շարժման ընթացքում մնում է անփոփոխ, եթե նրա վրա չեն ազդում շփման ու դիմադրության ուժեր:

Եթե մարմնի սկզբնական և վերջնական էներգիաները նշանակենք որպես E և E' տառերով, ապա էներգիայի պահպանման օրենքը կարելի է արտահայտել հետևյալ հավասարումով.

$$E = E': \quad (17.2)$$

Ենթադրենք ազատ շարժվող մարմինը ժամանակի սկզբնական պահին գտնվում էր h_0 բարձրության վրա և ուներ v_0 արագություն: Այդ դեպքում նրա լրիվ մեխանիկական էներգիան ժամանակի այդ պահին հավասար էր.



Նկար 28

$$E = \frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 : (17.3)$$

Եթե որոշ ժամանակ անց ունենալով v արագություն դիտարկվող մարմինը հայրնվի h բարձրության վրա (նկ.28), ապա նրա լրիվ մեխանիկական էներգիան հավասար կլինի

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh : (17.4)$$

Էներգիայի պահպանման օրենքի համաձայն՝ էներգիայի այս երկու արժեքները պետք է համընկնեն: Այդ պարճառով՝

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 : (17.5)$$

Եթե հայրնի են h_0 և v_0 սկզբնական արժեքները, ապա այս հավասարումը թույլ է տալիս որոշել մարմնի v արագությունը՝ h բարձրության վրա կամ հակառակը, h բարձրությունը, որի վրա մարմինն ունի v արագություն: Ընդ որում, մարմնի գանգվածը որևէ դեր խաղալ չի կարող, քանի որ (17.5) հավասարման մեջ այն կրճարվում է:

Նարկ է հիշել, որ լրիվ մեխանիկական էներգիան պահպանվում է միայն այն դեպքում, երբ բացակայում են դիմադրության և շփման ուժերը: Իսկ եթե այդ ուժերն առկա են, ապա նրանց ազդեցությունը հանգեցնում է մեխանիկական էներգիայի նվազման:

Նարցեր

1. Ի՞նչն են անվանում լրիվ մեխանիկական էներգիա:
2. Ձևակերպե՛ք մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքը:
3. Ո՞ր էներգիայի հետ է համընկնում ազատ անկում կատարող մարմնի էներգիան գետնին բախվելու պահին՝ կինետիկ, թե՞ պոտենցիալ:
4. Ո՞ր էներգիայի հետ է համընկնում ուղղահայաց դեպի վեր ներված գնդակի լրիվ մեխանիկական էներգիան այն պահին, երբ գնդակը հասել է թռիչքի առավելագույն բարձրությանը:
5. Շփման և դիմադրության ուժերի առկայության դեպքում ի՞նչ է տեղի ունենում մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիայի հետ:

§ 18. Նոսող ջրի և քամու էներգիաների օգտագործումը

Ջուրը կարող է օժտված լինել ինչպես կինետիկ, այնպես էլ պոտենցիալ էներգիայով: Ամբարտակի օգնությամբ գետի ջրի մակարդակը բարձրացնելով՝ մենք մեծացնում ենք ջրի պոտենցիալ էներգիան: Ենիսեյ գետի վրա կառուցված Կրասնոյարսկի ՂԷԿ-ի ամբարտակի բարձրությունը 124 մետր է: Այդպիսի բարձրության վրա ցած ջրի նույնիսկ 1մ^3 -ն օժտված է միլիոն ջուրը գերազանցող պոտենցիալ էներգիայով: Ջրի անկման ժամանակ նրա պոտենցիալ էներգիան փոխակերպվում է կինետիկ էներգիայի: Շարժվող ջրի կինետիկ էներգիան օգտագործում են ջրային տուրբինի պտուտակները շարժման մեջ դնելու համար: Այդ տուրբինը էլեկտրական գեներատորի լիսեռին պտտական շարժում է հաղորդում և գեներատորն սկսում է էլեկտրական հոսանք արտադրել:

Կինետիկ էներգիայով օժտված է նաև շարժվող օդը՝ քամին: Նրա էներգիան օգտագործվում է հողմաշարժիչներում (նկ. 29): Շարժվող օդը ճնշում է գործադրում օդային անիվի հողմաթևերի կամ պտուտակների վրա և նրան շարժման մեջ դնում: Նողմաթևերի պտտական շարժումը փոխանցվում է այս կամ այն աշխատանքը կատարող սարքերին: Այդ սարքերը կարող են լեռնային արոտավայրերում կամ անապատներում ջուրը վեր հանել, ջուրը ջրաշտարակ բարձրացնել, էլեկտրաէներգիա ստանալ և այլն: Միջին դարերում լայնորեն օգտագործվում էին հողմաղացները:

Քամին միշտ չէ, որ նույն կողմից է փչում: Երբ քամու ուղղությունը փոխվում է, օդանիվը շրջվում է քամուն համընթաց: Շրջվելն ապահովում են հողմացույց կոչվող պոչուկային թիթեղները:

Քամու ժամանակակից շարժիչներում հաջողվում է կարգավորել նույնիսկ հողմապտուտակի պտույտների հաճախությունը: Ինչպես հայրնի է, քամու արագությունը փոփոխական է: Որպեսզի այդ փոփոխությունները հաշվի առնելու հնարավորություն ունենան, քամանիվի հողմաթևերը շրջադարձվող են անում: Երբ քամին ուժեղանում է, հողմաթևերը եզրերով շրջվում են դեպի քամին, երբ քամին թուլանում է, շրջվում են ամբողջ հարթությամբ:

Այն դեպքում, երբ հիդրոկայանների ամբարտակները, գետերի վրա արհեսական ծովեր առաջացնելով, խախտում են բնության հավասարակշ-

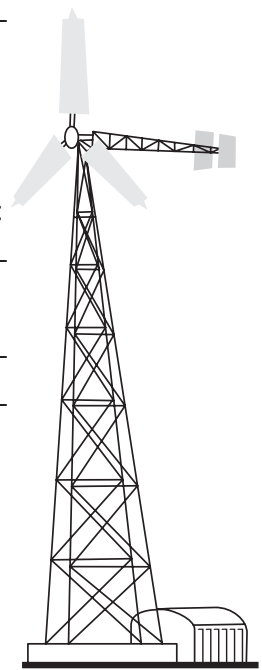
ությունը (փոխվում է մերձափնյա փարածքների միկրոկլիման, դժվարանում՝ ձկների ձվադրման գաղթը, գետի ափերը ջրասույգ են լինում և այլն), քամու էներգիա արտադրող կայանքները ներդաշնակորեն համադրվում են շրջակա միջավայրի հետ:

Ի փարբերություն ջերմային ու աբոմային էլեկտրակայանների՝ քամու կայանքները կառուցումից հետո վառելիքի ծախս այլևս չեն պահանջում: Նրանց կողմից օգտագործվող քամու էներգիան մատակարարվում է(վերականգնվում է) բնության կողմից: Բացի դրանից, քամու շարժիչների աշխատանքը վնասակար թափոններ չի գոյացնում (ինչպես վառելիքի այրման ժամանակ առաջացող գազերը կամ էլ ռադիոակտիվ թափոնները): Այդ պարճատով, քամու շարժիչները էներգիայի էկոլոգիապես մաքուր աղբյուրներ են:

Էկոլոգիապես մաքուր են նաև մակրնթացային էլեկտրակայանները (ՄԷԿ-ները), որոնք օգտագործում են ծովերի ու օվկիանոսների ջրի մակնթացությունն ու տեղաբաշխությունը: Այդպիսի մի քանի կայաններ գործում են Ռուսաստանի Դաշնությունում: Դրանց մեջ ամենահզորը Մեգենսկյան ՄԷԿ-ն է Սալիբակ ծովի ափին: Նրա ամբարտակի բարձրությունը 6 մետր է, երկարությունը 93 մետր: Տեղադրված է 80 հիդրոպուրբին: Այս կայանի հզորությունը 15200 մեգավատ է:

Նարցեր

1. Որտե՞ղ է օգտագործվում շարժվող ջրի էներգիան:
2. Ինչպիսի՞ էներգիա է օգտագործվում քամու շարժիչներում:
3. Նիդրոկայանների, ջերմակայանների, աբոմակայանների հետ համեմատած՝ ի՞նչ առավելություններ ունեն քամու կայանքները:
4. Ի՞նչ է ՄԷԿ-ը:



Նկար 29

§ 19. Մեխանիկական փափանումներ

Տափանումները շարժման չափազանց փարածված փեսակ են: Տափանումների թվին են պարկանում քամուց ծառերի ճյուղերի ճոճվելը, երաժշտական գործիքների լարերի թրթիռները, ավտոմեքենայի շարժիչի գլաններում միտոցների շարժվելը, ճոճանակի ճոճվելը, պարի ճամացույցի և նույնիսկ մեր սրբի զարկերը:

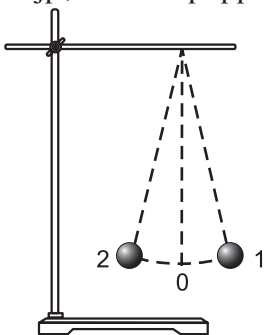
Տափանողական շարժումը դիտարկենք թելավոր և գսպանակավոր ճաճանակների օրինակներով:

Թելավոր ճոճանակը պարկերված է նկար 30-ում: Այն բարակ ու թեթև թելից կախված գնդիկ է: Եթե գնդիկը հավասարակշռության դիրքից հանելով մի կողմ շեղենք ու բաց թողնենք, այն կսկսի **փափանվել**, այսինքն՝ կրկնվող շարժումներ կատարել՝ պարբերաբար անցնելով հավասարակշռության դիրքով:

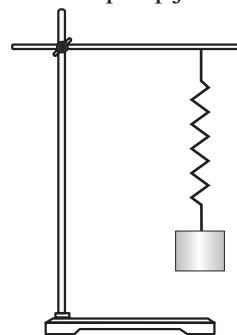
Նկար 31-ում պարկերված է *գսպանակավոր ճոճանակ*: Այս ճոճանակը գսպանակից կախված բեռ է և ի վիճակի է փափանվել գսպանակի առաձգականության ուժի շնորհիվ:

Տափանողական շարժումը բնութագրում են լայնույթով, պարբերությամբ և հաճախությամբ.

A – լայնույթ, T – պարբերություն, ν – հաճախություն



Նկար 30



Նկար 31

Տաքանումների լայնույթն այն առավելագույն հեռավորությունն է, որի չափով իր հավասարակշռության դիրքից կարողանում է հեռանալ փափանվող մարմինը: Տաքանումների լայնույթը չափվում է երկարության միավորներով՝ մետրերով, սանտիմետրերով:

Տաքանումների պարբերությունը մեկ փափանում կատարելու համար անհրաժեշտ ժամանակամիջոցն է: Տաքանումների պարբերությունը չափվում է ժամանակի միավորներով՝ վայրկյաններով, րոպեներով:

Տաքանումների հաճախությունը մեկ վայրկյանում կատարվող փափանումների թիվն է: Միավորների ՄՏ-ում հաճախականության չափման միավոր է ընդունված հերցը (1 Նց)՝ գերմանացի ֆիզիկոս Ն. Ներցի պատվին (1857-1894 թթ.): Եթե փափանումների հաճախությունը հավասար է 1 Նց-ի, նշանակում է յուրաքանչյուր վայրկյանի ընթացքում կատարվում է մեկ փափանում: Իսկ եթե, օրինակ՝ հաճախությունը $\nu=50$ Նց, նշանակում է, որ մեկ վայրկյանի ընթացքում կատարվում է 50 փափանում:

Տաքանումների T պարբերության և ν հաճախության համար ճիշտ են այն նույն բանաձևերը, որ մենք սրացանք շրջանագծային հավասարաչափ շարժման հաճախության և պարբերության համար (տե՛ս § 8):

1. Տաքանումների պարբերությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է t ժամանակը բաժանել այդ ընթացքում կատարված փափանումների n թվի վրա.

$$T = \frac{t}{n} : (19.1)$$

2. Տաքանումների հաճախությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է փափանումների n թիվը բաժանել այն ժամանակի վրա, որի ընթացքում այդ փափանումները Կրեդի են ունեցել.

$$\nu = \frac{n}{t} : (19.2)$$

Տաքանումների թիվը հաշվելու համար անհրաժեշտ է գործնականում հստակ պարկերացնել, թե իրենից ինչ է ներկայացնում մեկ (լրիվ) փափանումը: Եթե օրինակ՝ ճոճանակն սկսում է շարժվել 1 կետից (տե՛ս նկար 30), ապա մեկ փափանում է համարվում նրա այնպիսի շարժումը, երբ ճոճանակն անցնելով նշված հավասարակշռության 0 դիրքը, հետո հասնելով 2 դիրքին, եր է վերադառնում, անցնում է հավասարակշռության 0 դիրքը և նորից հասնում 1 դիրքին:

Նամեմարելով (19.1) և (19.2) բանաձևերը՝ րեանում ենք, որ րաբանումների պարբերությունն ու հաճախությունը հակադարձ մեծություններ են, այսինքն՝

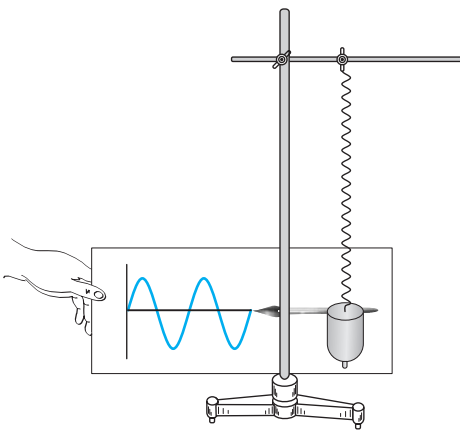
$$T = \frac{1}{\nu}, \quad \nu = \frac{1}{T} : (19.3)$$

Տարանման ժամանակ մարմնի դիրքն անընդհար փոփոխվում է: Տարանվող մարմնի կորդինատների՝ ժամանակից կախման գրաֆիկն անվանում են **րաբանումների գրաֆիկ**: Այս գրաֆիկի հորիզոնական առանցքի վրա րեղադրում են t ժամանակը, ուղղահայացի առանցքի վրա՝ x կորդինատը: Այդ կորդինատի մոդուլը ցույց է րալիս, թե ժամանակի րվյալ պահին հավասարակշռության դիրքից ինչ հեռավորության վրա է գրնվում րաբանվող մարմինը (նյութական կեբը): Եբբ մարմինն անցնում է հավասարակշռության դիրքով, կորդինատի նշանը փոխվում է հակառակի՝ դրանով ցույց րալով, որ մարմինը հայրնվել է միջին դիրքի մյուս կողմում:

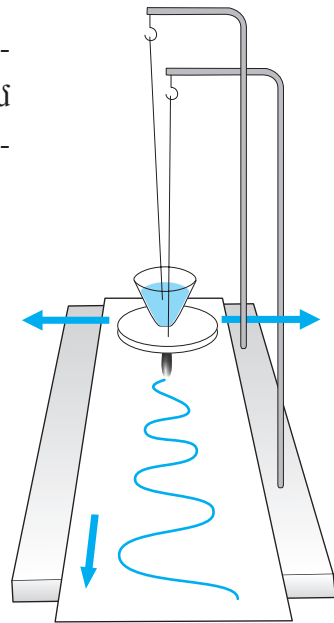
Տարանումների գրաֆիկի ձևի մասին կարելի է դարել՝ հիմնվելով հերկյալ փորձերի վրա:

Ջսպանակավոր ճոճանակը միացնենք գրող սարքի հեր և րաբանվող մարմնի առաջ սկսենք հավասարաչափ շարժել թղթե ժապավենը (նկ.32): Գրող սարքը թղթե ժապավենի վրա գիժ կնկարի, որը ձևով կհամընկնի րաբանումների գրաֆիկի հեր:

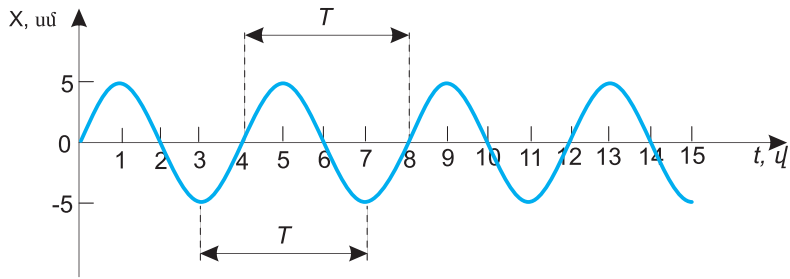
Թելավոր ճոճանակի րաբանումների գրաման համար կարելի է օգրագորժել նկար 33-ում պարկերված սարքը: Այսրեղ ճոճանակ է ժառա-



Նկար 32



Նկար 33



Նկար 34

յում ավագով լցված ձագարը: Եթե փափանկող ձագարի փակ հավասարաչափ փեղաշարժենք թղթե ժապավեն (կամ բարակ փախարակ), ձագարից բարակ շիթով ցած թափվող ավագը նրա վրա հեղք կթողնի:

Բավականաչափ փոքր շփումների և կարճ ժամանակահատվածների դեպքում ճոճանակներից յուրաքանչյուրի փափանումների գրաֆիկը նման է սինուսոիդ կորի կամ, կարճ ասած, սինուսոիդ է:

Տափանումների գրաֆիկով կարելի է որոշել փափանողական շարժման բոլոր բնութագրերը: Այսպես, օրինակ՝ նկար 34-ում պարկերված գրաֆիկը նկարագրում է $A=5$ սմ լայնությամբ, $T=4$ վ պարբերությամբ և $v = 1/T=0,25$ Նց հաճախությամբ փափանումներ:

Նարցեր

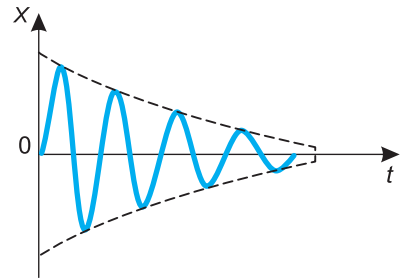
1. Բերե՛ք փափանումների օրինակներ:
2. Ի՞նչն են անվանում փափանման լայնությ:
3. Ի՞նչ է փափանման պարբերությունը:
4. Ի՞նչն են անվանում փափանման հաճախություն:
5. Ինչպե՛ս է կոչվում փափանման հաճախության միավորը:
6. Ինչո՞վ է պարբերվում զսպանակավոր ճոճանակը թելավոր ճոճանակից:
7. Նավասարակշռության դիրքից հեռանալիս թելավոր ճոճանակին ի՞նչ ուժ է սրիպում հեղ շարժվել: Ինչո՞ւ նա կանգ չի առնում հավասարակշռության դիրքում:
8. Ի՞նչ ուժի ազդեցությամբ են փեղի ունենում զսպանակավոր ճոճանակի փափանումները:

§ 20. Էներգիայի փոխակերպումները Կրամերի ժամանակ

Օդի դիմադրության պատճառով ճոճանակի Կրամերի ժամանակը մարդը բնույթ են կրում. դրանց լայնությունը աստիճանաբար նվազում, է և ի վերջո ճոճանակը կանգ է առնում (նկ. 35):

Սակայն եթե օդի դիմադրությունը փոքր է, ապա ճոճանակի Կրամերի ժամանակը փոքր հատվածներում այն կարելի է հաշվի չառնել: Այս դեպքում ճոճանակի նկատմամբ կարելի է կիրառել էներգիայի պահպանման օրենքը:

Որպես օրինակ քննարկենք թելավոր ճոճանակը: Երբ այն հանում են հավասարակշռության վիճակից, այդպիսով նրան հա-



Նկար 35

ղորդում են որոշակի $E_{\text{պ}}$ պոտենցիալ էներգիա: Տարանումների սկզբում, երբ ճոճանակը, թափ առնելով շրջանի աղեղով, սրբնթաց ցած է իջնում (դեպի հավասարակշռության դիրքը), նրա պոտենցիալ էներգիան նվազում է, իսկ կինետիկը՝ աճում: Միջին դիրքում $E_{\text{կ}}$ կինետիկ էներգիան առավելագույնն է, իսկ պոտենցիալը՝ նվազագույնը (հավասար է զրոյի): Այն բանից հետո, երբ ճոճանակը իներցիայով անցնի հավասարակշռության դիրքից, նրա կինետիկ էներգիան կսկսի նվազել, իսկ պոտենցիալը՝ աճել: Եզրային դիրքում ճոճանակի պոտենցիալ էներգիան կհասնի իր առավելագույն արժեքին, իսկ կինետիկ էներգիան կվերածվի զրոյի: Այնուհետև այս ամենը կկրկնվի հակառակ հաջորդականությամբ:

Ընդունված է ասել, որ ճոճանակի Կրամերի ժամանակի ընթացքում նրա պոտենցիալ էներգիան պարբերաբար փոխակերպվում է կինետիկ էներգիայի, իսկ կինետիկ էներգիան՝ պոտենցիալի.

$$E_{\text{պ}} \rightarrow E_{\text{կ}} \rightarrow E_{\text{պ}} \rightarrow \dots$$

Այս էներգիաներից յուրաքանչյուրն առանձին-առանձին փոփոխվում է, սակայն դրանց գումարը (այսինքն՝ E լրիվ մեխանիկական էներգիան) շփման և դիմադրության ուժերի բացակայության դեպքում մնում է անփոփոխ:

Տարցեր

1. Ինչո՞ւ են մարում ճոճանակի փափանումները:
2. Էներգիայի ինչպիսի՞ փոխակերպումներ են րեղի ունենում ճոճանակի չմարող փափանումների դեպքում:
3. Ճոճանակի ո՞ր դիրքերում է նրա արագությունը հավասարվում գրոյի: Ո՞ր դիրքում է այն առավելագույնը: Ինչո՞ւ:

Փորձարարական առաջադրանք: Թելից փոքր բեռ կախն՛ք: Այն դուրս բերեք հավասարակշռության դիրքից և բաց թողեք: Մի որոշ ժամանակ հեկնե՛ք ճոճանակի փափանումներին: Պարկերե՛ք ճոճանակը՝ նշելով ճոճանակի այն դիրքերը, որոնցում ա) կինեպիկ էներգիան առավելագույնն է, բ) կինեպիկ էներգիան նվազագույնն է, գ) պոտենցիալ էներգիան նվազագույնն է, դ) պոտենցիալ էներգիան առավելագույնն է:

§ 21. Տափանումների տեսակները

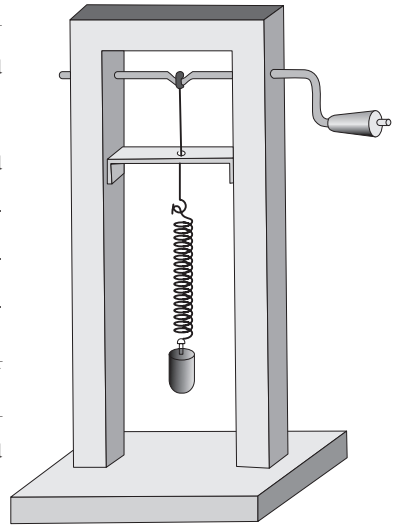
Ջսպանակավոր և թելավոր ճոճանակների փափանումները, որոնք քննարկվեցին նախորդ պարագրաֆներում, կոչվում են ազատ: **Ազատ** փափանումները րեղի են ունենում «ինքնարերարար», առանց արտաքին, պարբերարար փոփոխվող ուժերի ազդեցության: Իսկ այդպիսի ուժերի առկայության դեպքում փափանումները կոչվում են **հարկադրական**:

Անհարթ ճանապարհով շարժվող ավրոմեքենայի ցնցումները, նավախելի թեթև փափանումները՝ պայմանավորված թիապրուտակի աշխատանքով, ինչ-որ մեկի կողմից պարբերարար հրվող մանկական ճլորթու շարժումը. այս բոլորը հարկադրական փափանումներ են:

Տարկադրական փափանումներն ուսումնասիրելու համար կարելի է օգտագործել նկ. 36-ում պարկերված սարքը: Բռնակով շուռվիկին ամրացնում են զսպանակավոր ճոճանակ: Բռնակը հավասարաչափ պրտելու դեպքում զսպանակի միջոցով բեռին կհաղորդվի պարբերարար փոփոխվող ուժի ազդեցությունը: Բռնակի պրտման հաճախությանը հավասար հաճախությամբ փոփոխվելով՝ այդ ուժը կսրիպի բեռին հարկադրական փափանումներ կարարել:

Չնայած արտաքին նմանությանը՝ ազատ և հարկադրական տատանումների միջև էական տարբերություններ կան:

Շփման և միջավայրի դիմադրության առկայության պարճառով ազատ տատանումները մարում են. նրանց էներգիան և լայնությունը ժամանակի ընթացքում նվազում են: Տարկադրական տատանումները չեն մարում. այդ տատանումների ընթացքում տեղի ունեցող էներգիայի կորուստները փոխհատուցվում են արտաքին ուժի աղբյուրից եկող էներգիայով:



Նկար 36

Տարկադրական տատանումների հաճախությունը և պարբերությունը կարող են կամայական լինել. դրանք համընկնում են արտաքին ուժի փոփոխության հաճախության և պարբերության հետ (օրինակ՝ նկ. 36-ում պարկերված բռնակի պտտման հաճախության հետ): Ազատ տատանումները կարող են տեղի ունենալ միայն որոշակի հաճախություններով և պարբերություններով, որոնք կախված են տատանողական համակարգի բնութագրիչներից:

Այսպես, օրինակ՝ զսպանակավոր ճոճանակը բնութագրվում է m զանգվածով և զսպանակի k կոշտությամբ, որոնցով էլ որոշվում է զսպանակից կախված բեռի ազատ տատանումների պարբերությունը.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} : \quad (21.1)$$

Թելավոր ճոճանակի ազատ տատանումների պարբերությունը կախված է թելի l երկարությունից և ազատ անկման g արագացումից.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} : \quad (21.2)$$

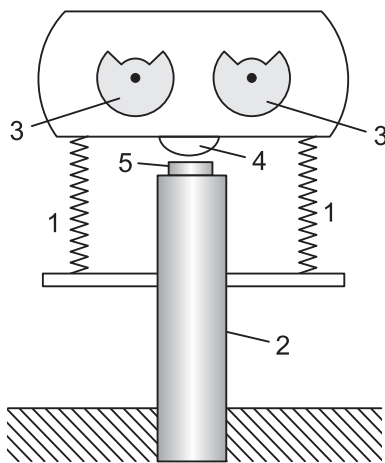
Թելավոր ճոճանակի տատանումների պարբերությունը կախված չէ մարմնի զանգվածից:

Իմանալով պարբերությունը՝ կարելի է գտնել ազատ տատանումների հաճախությունը: Այն կոչվում է տատանողական համակարգի **սեփական հաճախություն**: Այս անվանումը պայմանավորված է նրանով, որ տատանողական յուրաքանչյուր համակարգ ունի իր բնութագրիչները, և առանց

դրանք փոխելու անհնար է փոխել սեփական հաճախությունը:

Բնության մեջ և տեխնիկայում ամենատարբեր հաճախությունների տարանումներ են հանդիպում: Այսպես, օրինակ՝ Պեպերբուրգի Իսակիևյան փաճարում փափանվող ճոճանակի սեփական հաճախությունը 0,05 Նգ է, երկաթուղային գապակավոր վագոնի փափանումների հաճախությունը կազմում է մոտ 1 Նգ, կամերտոնների փափանումների հաճախությունները կազմում են փասնյակ հերցից մինչև մի քանի կիլոհերց, իսկ մոլեկուլներում ապոմների փափանումների հաճախությունը կարող է հասնել միլիոնավոր մեգահերցերի:

Ազատ փափանումները ժամանակի ընթացքում մարում են: Այդ պատճառով գործնական նպատակներով ավելի հաճախ օգտագործում են ոչ թե ազատ, այլ հարկադրական փափանումները: Առավել լայնորեն դրանք կիրառվում են զանազան վիբրացիոն մեքենաներում: Դրանցից մեկի՝ հան-



Նկար 37

քահատ մուրճի մասին արդեն խոսվել է VII դասարանի դասագրքում: Այլ տեսակի վիբրացիոն մեքենաներում հարկադրական փափանումներն առաջ են գալիս չհավասարակշռված պտտվող ռոտորների (այսպես կոչված հակահավասարակշիռների) պարբերական ներգործության արդյունքում: Այսպիսի մեքենայի օրինակ է վիբրացիոն մուրճը:

Վիբրացիոն մուրճը հարվածային վիբրացիոն մեքենա է, որը նախատեսված է գեյզի մեջ տարբեր տեսակի գցեր, խողովակներ և այլն խփելու համար: Այս մեքենայի ուրվագիծը պատկերված է նկ. 37-ում: Վիբ-

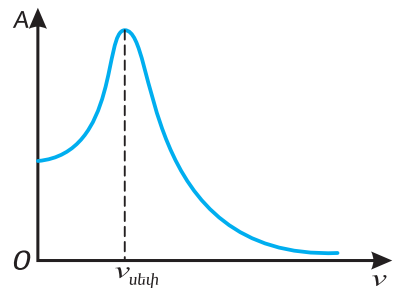
րացիոն մուրճը գապանակե կախցի (1) միջոցով միացնում են գցին (2): Տակահավասարակշիռների (3) պտտման ժամանակ առաջ են գալիս հարկադրական փափանումներ, որոնք ուղեկցվում են գցի սալի (5) վրա կռանի (4) հարվածային իմպուլսներով: Ցցի տակի գեպինը փխրեցվում է, և ծանրության ուժի գործողության ազդեցությամբ ցիցը ներքև է իջնում:

Տարցեր

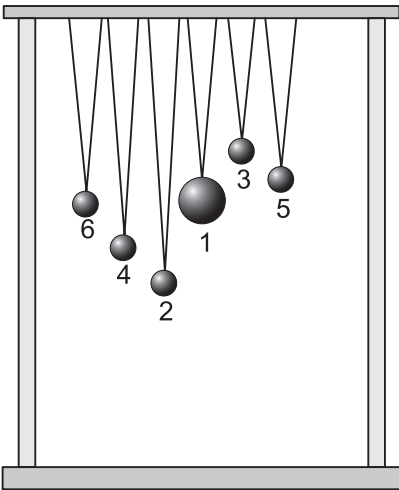
1. Ո՞ր փափանտումներն են կոչվում ազապ: Բերե՛ք օրինակներ:
2. Ո՞ր փափանտումներն են կոչվում հարկադրական: Բերե՛ք օրինակներ:
 3. Ո՞ր փեսակի (ազա՛փ, թե՛ հարկադրական) փափանտումներին են վերաբերում հեփնյալ երևույթները. ներքին այրման շարժիչում միտոցի շարժումը, սեղանի շարժումը, որ առաջացել է նրա վրա ծանր առարկա ընկնելու պարճառով, աշխատող կարի մեքենայի ասեղի փեղաշարժը, լարի փափանտումները, որոնք առաջացել են միանգամյա ներգործության արդյունքում:
4. Ինչո՞ւ ազապ փափանտումները ժամանակի ընթացքում մարում են, իսկ հարկադրականները՝ ոչ:
5. Ինչո՞վ է որոշվում ազապ փափանտումների հաճախությունը: Ինչո՞ւ են այն անվանում փափանողական համակարգի սեփական հաճախություն:
6. Ի՞նչ բանաձևերով են հաշվարկվում զսպանակավոր և թելավոր ճոճանակների ազապ փափանտումների պարբերությունները:
7. Ո՞ր մեքենաներում են օգտագործվում հարկադրական փափանտումները:

§ 22. Ռեզոնանս

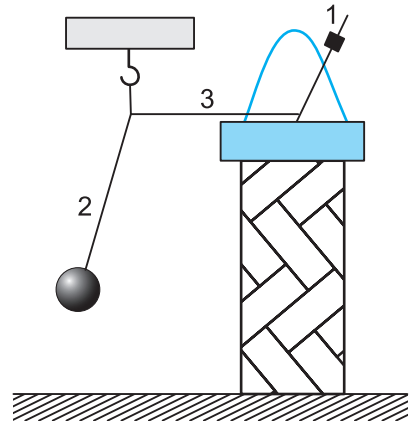
Տարկադրական փափանտումների փարբերիչ առանձնահատկությունը դրանց A լայնության կախվածությունն է արտաքին ուժի փոփոխման ν հաճախությունից: Այս կախվածությունն ուսումնասիրելու համար կարելի է օգտվել նկ. 36-ում պատկերված մեզ արդեն ծանոթ սարքից: Եթե շուտովիկի բռնակը շար դանդաղ պտտեցնենք, ապա բեռը զսպանակի հեփ միասին վեր ու վար կտեղաշարժվի այնպես, ինչպես կախման O կետը: Այս դեպքում հարկադրական փափանտումների լայնությունը մեծ չի լինի: Ավելի արագ պտտելու դեպքում բեռը կսկսի ավելի ուժեղ փափանվել, և զսպանակավոր ճոճանակի սեփական հաճախությանը հավասար պտույտի հաճախության դեպքում



Նկար 38



Նկար 39



Նկար 40

($v = v_{սևփ}$) նրա փափուկների լայնությունը կհասնի առավելագույնին: Բռնակի պրոյեկտի հաճախության հերթագա մեծացման ժամանակ բեռի հարկադրական փափուկների լայնությունը կրկին կփոքրանա: Իսկ բռնակը շարարագ պրոյեկտի դեպքում բեռը կգտնվի գրեթե անշարժ վիճակում. իր իներտության պարճառով չհասցնելով հերթել արտաքին ուժի փոփոխություններին՝ զսպանակավոր ճոճանակը պարզապես կսկսի «փեղում դողալ»:

$v = v_{սևփ}$ դեպքում հարկադրական փափուկների լայնության կտրուկ աճը կոճվում է **ռեզոնանս**:

Արտաքին ուժի փոփոխության հաճախությունից հարկադրական փափուկների լայնության կախվածության գրաֆիկը պարկերված է նկ. 38-ում: Այս գրաֆիկն անվանում են *ռեզոնանսային կոր*: Այս կորի առավելագույն կետը համապարասխանում է այն v հաճախությանը, որը հավասար է փափուկների $v_{սևփ}$ սեփական հաճախությանը:

Ռեզոնանսի երևույթը կարելի է ցուցադրել նաև թելավոր ճոճանակների միջոցով: Փայտե ձողից կախենք մի մեծ գունդ (1) և մի քանի թեթև, փարբեր երկարության թելեր ունեցող ճոճանակներ (նկ. 39): Այդ ճոճանակներից յուրաքանչյուրն ունի փափուկների իր սեփական հաճախությունը, որը կարելի է որոշել՝ իմանալով թելի երկարությունը և ազատ անկման արագացումը: Այժմ, ձեռք չբալով թեթև ճոճանակներին, հավասարակշռության վիճակից հանենք մեծ գունդը և բաց թողնենք: Ծանր գնդի ճոճվելու պարճառով ձողը կսկսի պարբերաբար ճկվել, ինչն էլ կհանգեցնի նրան, որ թեթև

ճոճանակներից յուրաքանչյուրի վրա կսկսի ազդել պարբերաբար փոփոխվող առաձգականության ուժ: Դրա փոփոխման հաճախությունը հավասար կլինի գնդի փափանույնների հաճախությանը: Այս ուժի ներգործության ներքո ճոճանակները կսկսեն հարկադրական փափանույններ կատարել: Ընդ որում մենք կրեսնենք, որ 2 և 3 ճոճանակները համարյա անշարժ կմնան: 4 և 5 ճոճանակները կսկսեն փափանվել մի փոքր ավելի մեծ լայնությամբ: Իսկ 6 ճոճանակը, որն ունի թելի նույն երկարությունը, հեղուկաբար և փափանույնների նույն սեփական հաճախությունը, ինչ մեծ գունդը, կփափանվի ամենամեծ լայնությամբ: Սա հենց ռեզոնանսի երևույթն է:

Ռեզոնանսը կարելի է դիտել նաև նկ. 40-ում պատկերված սարքի միջոցով: Մեքրոնոմի 1 ճոճանակի հիմքը թելով միացնում են 2 ճոճանակի թելին: Այս փորձի դեպքում ճոճանակը ճոճվում է առավելագույն լայնությամբ այն ժամանակ, երբ մեքրոնոմի (որը «քաշում է» ճոճանակի թելից) փափանույնների հաճախությունը համընկնում է այդ ճոճանակի ազատ փափանույնների հաճախությանը:

Ռեզոնանսն առաջանում է այն պարճառով, որ արտաքին ուժը, մարմնի ազատ փափանույններին համաքայլ գործելով, անընդհատ դրական աշխատանք է կատարում: Այս աշխատանքի շնորհիվ փափանվող մարմնի էներգիան մեծանում է, և փափանույնների լայնությունն աճում է:

Ռեզոնանսի երևույթը կարող է ն' դրական, ն' բացասական դեր խաղալ:

Նայրնի է, օրինակ՝ որ մեծ զանգի ծանր լեզվակը կարող է փարուբերել անգամ երեխան, եթե նա պարանի վրա ազդի լեզվակի ազատ փափանույններին համապատասխան:

Ռեզոնանսի կիրառման վրա է հիմնված *լեզվակավոր հաճախաչափի* աշխատանքը: Այս սարքը ընդհանուր հիմքի վրա ամրացված փարբեր երկարության առաձգական թիթեղների հավաքածու է: Ամեն մի թիթեղի սեփական հաճախությունը հայրնի է: Տարանդակական համակարգի հետ, որի հաճախությունը պետք է որոշել, հաճախաչափի շփման ժամանակ առավելագույն լայնությամբ սկսում է փափանվել այն թիթեղը, որի հաճախությունը համընկնում է չափվող հաճախությանը: Տեսնելով, թե որ թիթեղն է մտել ռեզոնանսի մեջ, մենք կորոշենք համակարգի փափանույնների հաճախությունը:

Ռեզոնանսի կարող ենք հանդիպել նաև այնպիսի դեպքերում, երբ այն միանգամայն անցանկալի է: Այսպես, օրինակ՝ 1750 թվականին Ֆրանսիայի Անժեր քաղաքի մոտակայքում 102 մ երկարությամբ շղթայակապ կամրջի վրայով անցնում էր համաչափ քայլող զինվորների ջոկատը: Նրանց քայլերի հաճախությունը համընկավ կամրջի ազատ փափանսումների հաճախությանը: Դրա պարճառով կամրջի փափանսումների թափը կտրուկ մեծացավ (սկավեց ռեզոնանսը), և շղթաները պոկվեցին: Կամուրջն ընկավ գետը:

1830 թվականին նույն պարճառով փլվեց Անգլիայի Մանչեսթր քաղաքի մոտ գտնվող կախովի կամուրջը, երբ նրա վրայով շարային քայլով անցնում էր զինվորական ջոկատը:

1906 թվականին ռեզոնանսի պարճառով կործանվեց Պերերբուրգի, այսպես կոչված, Եգիպտական կամուրջը, որով հեծելագոր էր անցնում:

Այժմ նման պարահարները կանխելու նպատակով կամրջով անցնելու դեպքում գորամասերին հրաման է տրվում շարժվել ոչ թե շարային, այլ ազատ քայլով:

Իսկ եթե կամրջով գնացք է անցնում, ապա ռեզոնանսից խուսափելու համար այն կամ դանդաղ է շարժվում, կամ, ընդհակառակը, առավելագույն արագությամբ, որպեսզի ռելսերի կցաբեղերի վրա գնացքի անիվների հարվածների հաճախությունը հավասար չլինի կամրջի սեփական հաճախությանը:

Իր սեփական հաճախությունն ունի նաև վագոնը, որը փափանվում է իր գսպակների վրա: Երբ ռելսերի կցաբեղերի վրա վագոնի անիվների հարվածների հաճախությունը հավասարվում է այդ հաճախությանը, վագոնը սկսում է ուժեղ ճոճվել:

Ռեզոնանսի կարելի է հանդիպել ոչ միայն ցամաքում, այլև ջրում և անգամ օդում: Այսպես, օրինակ՝ թիալիսեռի պարաման որոշակի հաճախության դեպքում ռեզոնանսի մեջ են մտնում ամբողջական նավեր: Իսկ ավիացիայի զարգացման արշալույսին որոշ շարժիչներ օդանավերի մասերի ռեզոնանսային այնպիսի հոմկու փափանսումներ էին առաջացնում, որ դրանք կործանվում էին օդում:

Տարցեր

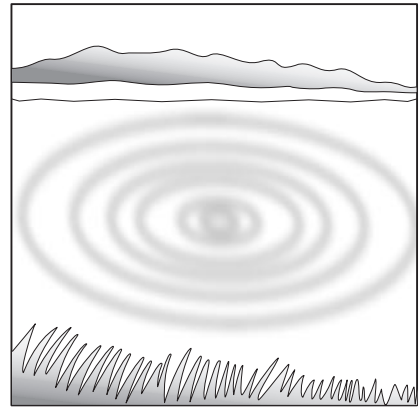
1. Ի՞նչ է ռեզոնանսը: Ի՞նչ պայմաններում է այն ի հայտ գալիս:
2. Նկարագրե՛ք փորձեր, որոնց ժամանակ դիտվում է ռեզոնանսի երևույթը:
3. Ի՞նչ դեր (օգտակա՞ր, թե՛ վնասակար) է խաղում ռեզոնանսը մարդկանց կյանքում: Բերե՛ք օրինակներ:

§ 23. Մեխանիկական ալիքներ

Նշո՞ւմ եք՝ ինչ էր գրում Կոզմա Պրուփկովը. «Ջրի մեջ քարեր նետելիս նայիր դրանցից առաջացող շրջանների, հակառակ դեպքում նետումդ դափարկ գրադնունք կլինի»: Իրար հաջորդող կարարների և գոգավորությունների տեսքով այդ շրջանները մինչ այդ ջրի հանգիստ մակերևույթի *խտություններ* են: Առաջանալով մի տեղում (ուր նետվել էր քարը)՝ դրանք անմիջապես սկսում են տարածվել բոլոր կողմերով (նկ. 41): Մրանք ալիքներն են:

Նեղուկի մակերևույթին ալիքները գոյություն ունեն շնորհիվ հեղուկի մասնիկների վրա ծանրության ուժի և միջնուլեկուլային փոխազդեցության ուժի ներգործության: Այս տեսակի ալիքներից ամենատարածվածը և ուշագրավը ծովի ալիքներն են, այսինքն՝ ծովերի և օվկիանոսների մակերևույթի ալիքները:

Անգլիացի գիտնական Ա. Էդինգտոնը գրում էր, որ «նավով ճանապարհորդողին թվում է, թե օվկիանոսը կազմված է ալիքներից, այլ ոչ թե ջրից»: Ալիքների առաջին նշույլները (մեղմ ծփանքը՝ գուգահեռ շարքերի տեսքով) ի հայտ են գալիս այն բանից հետո, երբ ջրի մակերևույթի վրա ներգործող քանո արագությունը հասնում է 1,1 մ/վ-ի: Քանո արագության մեծանալուն զուգընթաց ալիքների բնույթը փոխվում է.



Նկար 41

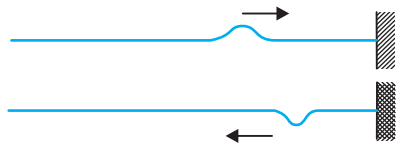
կապարների բարձրությունը մեծանում է, իսկ ձևը՝ բարդանում: Բայթիկ ծովում ալիքների բարձրությունը հասնում է 5 մ-ի, Արլանսի օվկիանոսում՝ մինչև 9 մ-ի, իսկ հարավային կիսագնդի ջրերում պատահել են 12-13 մետրանոց ալիքներ, որոնք տեղաշարժվել են մոտ 20 մ/վ արագությամբ:

Երբ ծովի ալիքները հասնում են ափին, ապա նրա մոտ ջրային շերտի խորության կտրուկ փոփոխության դեպքում կարող են ջրի չափազանց բարձր (երբեմն մի քանի տասնյակ մետր բարձրությամբ) նետումներ առաջանալ: Այս դեպքում ջրի հսկայական զանգվածի կինետիկ էներգիան հաղորդվում է հանդիպակաց ափամերձ արգելքներին, որոնք հնարավոր է չկարողանան դիմագրավել ջրի ճնշմանը և քանդվեն: Ալեքսիսի կործանիչ ուժը երբեմն հասնում է զարմանալիորեն մեծ արժեքների: Այսպես, օրինակ՝ Շեպլենդյան կղզիներում կարելի է գտնել մինչև 13 տ զանգվածով ժայռաբեկորներ, որոնք ալեքսիսի հետևանքով նետվել են մոտ 20 մ բարձրության վրա: Իսկ Բիլբաոյում (Իսպանիա) ալեքսիսի շրջել և տեղահան է արել 1700 տ բեպոնե զանգվածը:

Նեղուկի մակերևույթի վրա առաջացող ալիքներից բացի, մեխանիկան ուսումնասիրում է, այսպես կոչված, **առաձգական ալիքները**, որոնք տարածվում են տարբեր միջավայրերում՝ շնորհիվ նրանցում գործող առաձգականության ուժերի: Այդ միջավայրերը կոչվում են *առաձգական*:

Վերցնենք, օրինակ՝ երկար պարան (կամ ռետինե բուր) և նրա ծայրերից մեկն ամրացնենք պարփն: Ձգելով պարանը՝ ձեռքի կտրուկ շարժումով հարվածենք նրա չամրացված եզրին: Մենք կտեսնենք, որ այդ կարճաբև խտրորումը «կվազի» պարանի երկայնքով և հասնելով պարփն՝ հետ կանդրադառնա (նկ. 42):

Միջավայրի սկզբնական խտրորումը, որը հանգեցնում է նրանում ալիքի առաջացմանը, պայմանավորված է միջավայրում որևէ օբյար մարմնի ազդեցությամբ: Վերջինս կոչվում է ալիքի *աղբյուր*: Դա կարող է լինել



Նկար 42

մարդու ձեռքը, որը հարվածել է պարանին, փոքրիկ բարը, որ նետվել է ջուրը և այլն:

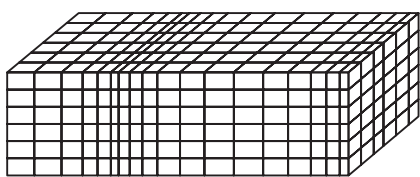
Եթե աղբյուրի ներգործությունը կարճաբև բնույթ է կրում, ապա միջավայրում առաջ է գալիս, այսպես կոչված, միայնակ

ալիք (տես նկ. 42): Իսկ եթե ալիքի աղբյուրը երկարաբան փայտանոցական շարժում է կատարում, ապա ալիքները միջավայրում սկսում են գնալ մեկը մյուսի հետևից: Նման պարկեր կարելի է տեսնել, եթե ջրով լի փաշտի վերևում տեղադրենք փայտանոց թիթեղ, որի ծայրն իջեցված է ջրի մեջ:

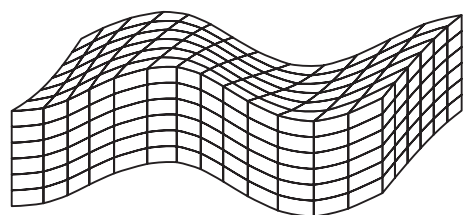
Ալիքի առաջացման անհրաժեշտ պայմանը խտրորման պահին արգելակիչ ուժի, օրինակ՝ առաձգականության ուժերի երևան գալն է: Այդ ուժերը ձգվում են մտրեցնել միջավայրի հարևան մասնիկները, եթե դրանք հեռացել են իրարից, և հեռացնել, եթե դրանք մտրեցնել են: Ազդելով աղբյուրից ավելի ու ավելի հեռու գտնվող միջավայրի մասնիկների վրա՝ առաձգականության ուժերը սկսում են դրանք դուրս բերել հավասարակշռության վիճակից: Աստիճանաբար միջավայրի բոլոր մասնիկները մեկը մյուսի հետևից ներգրավվում են փայտանոցական շարժման մեջ: Այս փայտանումների փայտածուխն էլ ներկայանում է ալիքի տեսքով:

Ցանկացած առաձգական ալիքում միաժամանակ գոյություն ունեն երկու տեսակի շարժումներ՝ միջավայրի մասնիկների փայտանումներ և խտրորման փայտածուխը: Այն ալիքը, որում միջավայրի մասնիկները փայտանվում են նրա փայտածման ուղղության երկայնքով, կոչվում է **երկայնական**, իսկ այն ալիքը, որում միջավայրի մասնիկները փայտանվում են նրա փայտածման ուղղությանն ուղղահայաց, կոչվում է **լայնական**:

Երկայնական ալիքում խտրորումը ներկայանում է միջավայրի խտացումների և նոսրացումների ձևով, (նկ. 43, ա), իսկ լայնականում՝ միջավայրի որոշ շերտերի՝ մյուսների նկատմամբ տեղաշարժերի սահիքի տեսքով (նկ. 43 բ): Խտացումը միշտ ուղեկցվում է առաձգականության ուժերի ի հայտ գալով, մինչդեռ սահիքը հանգեցնում է առաձգականության ուժերի առաջացմանը միայն պինդ մարմիններում: Շերտերի տեղաշարժերը գազերում և հեղուկներում առաձգականության ուժեր չեն առաջացնում: Ուստի *երկայ-*

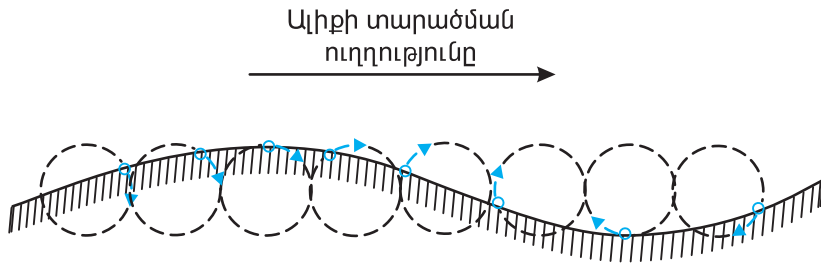


ա Երկայնական ալիք



բ Լայնական ալիք

Նկար 43



Նկար 44

նակյան ալիքները կարող են փարածվել բոլոր միջավայրերում (և՛ հեղուկ, և՛ պինդ, և՛ գազային), իսկ *լայնակյանները*՝ միայն պինդ միջավայրերում:

Ջրի (կամ ցանկացած այլ հեղուկի) մակերևույթի ալիքները ո՛չ երկայնական են, ո՛չ էլ լայնական: Դրանք բարդ, երկայնա-լայնական բնույթ ունեն, որի ժամանակ հեղուկի մասնիկները շարժվում են կամ շրջանագծով (նկ. 44), կամ հորիզոնական ուղղությամբ ձգված էլիպսներով: Դրանում հեշտ է համոզվել, եթե հետևենք ջրի վրա թեթև փաշեղի փեղաշարժերին: Բայց սա դեռ ամենը չէ: Ջրի մակերևույթին մասնիկների շրջանաձև շարժումները (հատկապես փափուկների մեծ լայնության դեպքում) ուղեկցվում են ալիքի փարածման ուղղությամբ դրանց դանդաղ փեղաշարժմամբ: Նենց սրանով է բացատրվում «ծովային բարիքների» առկայությունը ծովափերին:

Նարցեր

1. Ինչո՞վ են փարբերվում առաձգական ալիքները հեղուկի մակերևույթի ալիքներից:
2. Ի՞նչ են հասկանում առաձգական միջավայրի խտրորում ասելով:
3. Ո՞րն է ալիքի առաջացման անհրաժեշտ պայմանը:
4. Ո՞ր ալիքներն են կոչվում երկայնական, որո՞նք՝ լայնական:
5. Ո՞ր միջավայրերում են փարածվում երկայնական ալիքները, որոնցո՞ւմ՝ լայնականները:
6. Մասնիկներն ինչպե՞ս են շարժվում ջրի մակերևույթի ալիքներում:

§ 24. Ալիքի արագություն և երկարություն

Ցանկացած ալիք փարածվում է որոշակի արագությամբ: **Ալիքի արագություն** ասելով հասկանում են խտրորման փարածման արագությունը:

Օրինակ՝ պողպատե ձողի ճակատին հարվածելիս նրանում առաջանում է տեղային խրատում, որն այնուհետև ձողի երկայնքով տարածվում է մոտ 5 կմ/վ արագությամբ:

Ալիքի արագությունը որոշվում է այն միջավայրի հատկություններով, որում այդ ալիքը տարածվում է: Մի միջավայրից մեկ այլ միջավայր անցնելու դեպքում ալիքի արագությունը փոխվում է:

Արագությունից բացի ալիքի կարևոր բնութագրիչներից է ալիքի երկարությունը: **Ալիքի երկարություն** է կոչվում այն տարածությունը, որն անցնում է ալիքը տարանունների պարբերությանը հավասար ժամանակամիջոցում:

Քանի որ ալիքի արագությունը հաստատուն մեծություն է (տվյալ միջավայրի համար), ապա ալիքի անցած տարածությունը հավասար է արագության և նրա տարածման ժամանակի արտադրյալին: Այսպիսով՝ *ալիքի երկարությունը գրնելու համար պետք է նրա արագությունը բազմապատկել տարանունների պարբերությամբ.*

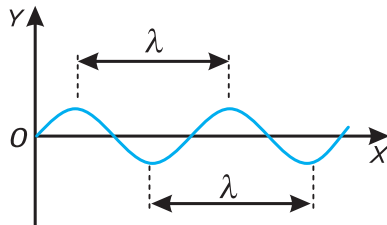
$$\lambda = vT, \quad (24.1)$$

որտեղ

v -ն ալիքի արագությունն է, T -ն՝ ալիքում տարանունների պարբերությունը, λ -ն (հունարեն «լամբդա» տառը)՝ ալիքի երկարությունը:

Իբրև ալիքի տարածման ուղղություն ընտրելով x առանցքը և y -ով նշանակելով ալիքում տարանվող մասնիկների կոորդինատը՝ կարելի է կառուցել **ալիքի գրաֆիկը**: Մինուտի դասն ալիքի գրաֆիկը (ժամանակի փրված t պահի համար) պատկերված է նկար 45-ում: Նարևան կատարների (կամ գոգավորությունների) միջև հեռավորությունն այս գրաֆիկում համընկնում է ալիքի λ երկարությանը:

(24.1) բանաձևն արտահայտում է ալիքի երկարության կապը նրա արագության և պարբերության հետ: Նաշվի առնելով, որ տարանունների



Նկար 45

պարբերությունը հակադարձ համեմատական է հաճախությանը, այսինքն՝ $T=1/v$, կարելի է սրանսլ մի բանաձև, որը կարտահայտի ալիքի երկարության կապը նրա արագության և հաճախության հետ.

$$\lambda=vT=v\cdot 1/v,$$

$$\text{որտեղից՝} \quad v = \lambda v \quad (24.2)$$

Ստացված բանաձևը ցույց է տալիս, որ *ալիքի արագությունը հավասար է ալիքի երկարության և տատանումների հաճախության արտադրյալին*:

Ալիքում տատանումների հաճախությունը համընկնում է աղբյուրի տատանումների հաճախությանը (քանի որ միջավայրի մասնիկների տատանումները հարկադրական են) և կախված չէ այն միջավայրի հատկություններից, որում ալիքը տարածվում է: *Մի միջավայրից մեկ այլ միջավայր անցնելու դեպքում ալիքի հաճախությունը չի փոխվում, փոխվում են միայն ալիքի արագությունն ու երկարությունը*:

Նարցեր

1. Ի՞նչ են հասկանում ալիքի արագություն ասելով:
2. Ի՞նչ է ալիքի երկարությունը:
3. Ինչպե՞ս է կապված ալիքի երկարությունը նրա արագության և տատանումների պարբերության հետ:
4. Ինչպե՞ս է ալիքի երկարությունը կապված արագության և տատանումների հաճախության հետ:
5. Ալիքի հետևյալ բնութագրերից որո՞նք են փոխվում ալիքը մի միջավայրից մեկ այլ միջավայր անցնելու դեպքում. ա) ալիքի հաճախությունը, բ) պարբերությունը, գ) արագությունը, դ) երկարությունը:

Փորձարարական առաջադրանք: Տաշտի մեջ ջուր լցրե՛ք և մատով (կամ քանոնով) ջրին ռիթմիկ հպումների միջոցով նրա մակերևույթին ալիքներ առաջացրե՛ք: Օգտագործելով տատանումների տարբեր հաճախություններ (օրինակ՝ ջրին հավելով վայրկյանում մեկ կամ երկու անգամ)՝ ուշադրություն դարձրե՛ք ալիքների հարևան կատարների միջև հեռավորությանը: Տատանումների ինչպիսի՞ հաճախության դեպքում է

ալիքի երկարությունն ավելի մեծ:

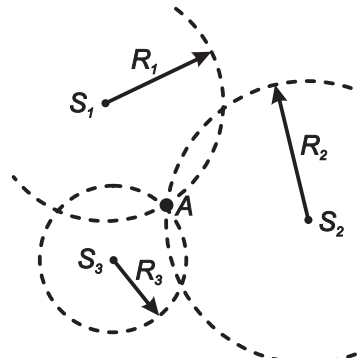
§ 23. Սեյսմիկ ալիքներ

Սեյսմիկ ալիքներ են կոչվում այն ալիքները, որոնք փարաձվում են Երկրի ներսում երկրաշարժերի կամ այլ հզոր պայթյունների օջախներից: Քանի որ Երկիրը հիմնականում պինդ է, ուստի նրանում միաժամանակ կարող են առաջ գալ երկու տեսակի ալիքներ՝ երկայնական և լայնական: Այս ալիքների արագությունը նույնը չէ. երկայնական ալիքները լայնականներից ավելի արագ են փարաձվում: Օրինակ՝ 500 կմ խորության վրա լայնական սեյսմիկ ալիքների արագությունը մոտավորապես 5 կմ/վ է, իսկ երկայնական ալիքներինը՝ մոտավորապես 10 կմ/վ:

Սեյսմիկ ալիքներով պայմանավորված Երկրի մակերևույթի փոփոխումների արձանագրումն ու գրանցումն իրականացվում է *սեյսմոգրաֆ* կոչվող սարքի միջոցով: Սեյսմոգրաֆի հիմնական մասը ճոճանակն է, որը սկսում է փոփոխվել սեյսմիկ ալիքների ի հայտ գալուց: Սարքավորման պարզագույն տեսակի դեպքում ճոճանակը միացնում են գրող սարքին, որը հափուկ ժապավենի վրա գծում է փոփոխումների գրաֆիկը:

Տարածվելով երկրաշարժի օջախից՝ առաջինը սեյսմիկ կայանին են հասնում երկայնական ալիքները, իսկ որոշ ժամանակ անց՝ լայնականները: Իմանալով երկրակեղևում ալիքների փարաձման արագությունը՝ կարելի է որոշել մինչև երկրաշարժի էպիկենտրոնն ընկած R փարաձությունը: Էպիկենտրոնի կոնկրետ փեղն իմանալու համար օգտագործում են մի քանի սեյսմիկ կայաններից ստացված փվյալները: Ենթադրենք, որ երկրաշարժի էպիկենտրոնից մինչև S_1 սեյսմիկ կայանն ընկած հեռավորությունը հավասար է R_1 -ի, մինչև S_2 կայանը՝ R_2 , իսկ մինչև S_3 -ը՝ R_3 : Այդ դեպքում քարտեզի վրա սեյսմիկ կայանների շուրջը գծելով համապատասխան շառավիղներով շրջանագծեր և գտնելով դրանց հատման կետը՝ կիմանանք՝ որտեղ է գտնվում սեյսմիկ ալիքների աղբյուրը (նկ. 46-ում A կետը):

Երկրագնդում փարեկան հարյուր հազարա-



Նկար 46

վոր երկրաշարժեր են գրանցվում: Դրանց գերակշիռ մասը թույլ են, սակայն ժամանակ առ ժամանակ պատրաստում են այնպիսիները, որոնք խախտում են երկրակեղևի ամբողջականությունը, ավերում են շինությունները և հանգեցնում մարդկային զոհերի:

Երկրաշարժերի ուժգնությունը որոշում են 12 բալանոց սանդղակի միջոցով (աղ. 4):

Աղյուսակ 4

Բալ	Երկրաշարժի անվանումը	Նամատոյ բնութագիրը
1	Աննշան	Գրանցվում է միայն սեյսմիկ սարքավորումների միջոցով:
2	Շարք թույլ	Զգում են միայն լիակատար հանգստի վիճակում գտնվող հասարակներ մարդիկ:
3	Թույլ	Զգում է բնակչության մի փոքր մասը:
4	Չափավոր	Բնորոշ է առարկաների, ամանեղենի և պարուհանների ապակիների թեթև զնգզնգոցը և փայտանումը, դռների և պարերի ճռոցը:
5	Բավականաչափ ուժեղ	Շենքերի ընդհանուր ցնցումներ, կահույքի փայտանումներ: Լուսամուսների ապակիների և պարերի սվաղի ճաքեր: Քնած մարդիկ արթնանում են:
6	Ուժեղ	Զգում են բոլորը: Պարերին ամրացված նկարները ցած են ընկնում: Սվաղի կտորներ են պոկվում: Շենքերը թեթև վնասվածքներ են ստանում:
7	Շարք ուժեղ	Ճաքում են քարե փերի պարերը: Սեյսմակայուն և փայտե շինություններն անվնաս են մնում:
8	Ավերիչ	Ճաքեր են առաջանում գառիթափ լանջերին և խոնավ հողում: Նուշարձանները փրկաշարժվում են կամ շրջվում:
9	Անայացնող	Քարե փերի մեծ վնասվածքներ և ավերումներ:
10	Կործանիչ	Նոդի խոշոր ճեղքվածքներ: Փլուզումներ և սողվածքներ: Քարե շինությունների ավերումներ: Երկաթգծի ռելսերը ծռմովում են:
11	Աղետ	Նոդում լայն ճեղքեր: Բազմաթիվ փլուզումներ և սողվածքներ: Քարե փերն ամբողջովին ավերվում են:
12	Սաստիկ աղետ	Բնահողի փոփոխությունները հասնում են հսկայական չափերի: Բազմաքանակ ճեղքվածքներ, փլուզումներ, սողվածքներ: Զրվեժների, լճերում ենթալճակների առաջացում, գետերի հոսանքների շեղում: Ոչ մի շինություն կանգուն չի մնում:

Օրինակ՝ Աշխարադի 1948 թ-ի երկրաշարժը գնահատվում է 9-10 բալ,

իսկ 1966 թ-ի Տաշքենդի երկրաշարժը՝ 8 բալ: Նման աղերսների ժամանակ հսկայական քանակությամբ մարդիկ են զոհվում: Նայաստանում Սպիտակի երկրաշարժի ժամանակ (1988 թ.) մի քանի տասնյակ հազար մարդ զոհվեց, իսկ Չինաստանում Տյան Շանի երկրաշարժի ժամանակ (1976 թ.) մարդկային զոհերի թիվը հասավ մի քանի հարյուր հազարի:

Ուժեղ երկրաշարժերի ավերիչ հետևանքներին դիմակայել հնարավոր է միայն սեյսմակայուն շինություններ կառուցելու միջոցով: Սակայն այսպիսի շինարարությունները բավականին թանկ արժեն, և բացի այդ միշտ չէ, որ հասարակապես հայրնի է, թե որտեղ պետք է կառուցել այդպիսի շինությունները: Երկրաշարժերի կանխատեսումը շատ բարդ խնդիր է: Այս խնդրի լուծմամբ են զբաղվում հատուկ ազգային ծառայությունները և գիտահետազոտական ինստիտուտները:

Երկրի ներսում սեյսմիկ ալիքների տարածման հետազոտությունը հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրելու մեր մոլորակի խորքային կառուցվածքը: Նման ուսումնասիրությունների պարզագույն ուրվագիծը հետևյալն է: Ինչ-որ մի տեղ հողի մեջ պայթուցիկ լիցք են տեղադրում, որից հետո ստորերկրյա պայթեցում են իրականացնում: Պայթյունի վայրից բոլոր կողմերով տարածվող սեյսմիկ ալիքները Երկրի ներսում հասնում են տարբեր շերտերի: Դրանցից յուրաքանչյուրի սահմանին առաջանում են անդրադարձող ալիքներ: Այդ ալիքները վերադառնում են Երկրի մակերևույթ և գրանցվում են հատուկ սեյսմահետախուզական կայանների կողմից: Այս կերպ, օրինակ՝ հասարակեց, որ Երկրի ընդերքը կարելի է բաժանել երեք հիմնական մասի՝ երկրակեղևի, միջնապատյանի և միջուկի: Չափումները ցույց տվեցին, որ մոտավորապես 2800 կմ խորության վրա (միջնապատյանի և միջուկի սահմանագծին) երկայնական ալիքները արագությունը թռիչքաձև նվազում է՝ 13,6-ից դառնալով 8,1 կմ/վ, իսկ լայնական ալիքների արագությունը՝ 7,3 կմ/վ-ից հավասարվելով գրոյի: Լայնական ալիքների համար միջուկի անթափանցելիությունը վկայում է, որ միջուկի արտաքին շերտը ոչ թե պինդ է, այլ հեղուկ:

Երկրագնդի կառուցվածքի ուսումնասիրությունից բացի սեյսմիկ հետախուզությունը հայրնաբերում է այն վայրերը, որոնք նպատակավոր են նավթի և գազի կուտակման համար:

Սեյսմիկ հետազոտություններ իրականացվում են ոչ միայն Երկրում, այլև երկնային այլ մարմիններում: Այսպես, օրինակ՝ 1969 թ-ին ամերիկյան աստղագնացները սեյսմիկ կայաններ տեղադրեցին Լուսնի վրա: Այդ կայանները տարեկան 600-ից մինչև 3000 թույլ լուսնաշարժեր են գրանցում: Իսկ 1976 թ-ին ամերիկյան «Վիկինգ» փեզերական ապարարը սեյսմոգրաֆ տեղակայեց Մարսի վրա: Սակայն կապի խիստ խանգարումների պատճառով Մարսի սեյսմիկ վիճակի մասին հավասարի տվյալներ ստանալ չի հաջողվել:

Նարցեր

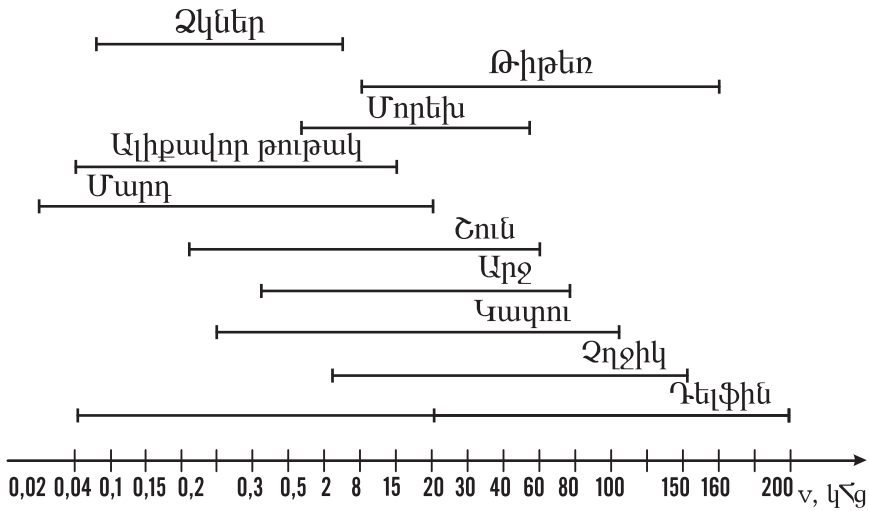
1. Ո՞ր ալիքներն են կոչվում սեյսմիկ:
2. Պինդ մարմիններում ո՞ր ալիքների արագությունն է ավելի մեծ՝ երկայնականների՞նր, թե՞ լայնականներինը:
3. Ի՞նչ կերպ կարելի է որոշել երկրաշարժի էպիկենտրոնի տեղը:
4. Երկրի ուսումնասիրման ո՞ր մեթոդներն են հնարավորություն տալիս որոշելու նրա ներքին կառուցվածքը:
5. Ինչի՞ց է հետևում, որ Երկրի միջուկի արտաքին շերտը հեղուկ է:

§ 26. Չայնային ալիքներ

Առաձգական ալիքները, որոնք տարածվում են օդում, ինչպես նաև հեղուկներում և պինդ մարմիններում, անտեսանելի են: Սակայն որոշակի պայմաններում դրանք կարելի է լսել:

Կատարենք հետևյալ փորձը: Մամլակի մեջ սեղմենք երկար պողպատյա քանոնը: Եթե քանոնի մեծ մասը գտնվի մամլակից վերև (նկ. 47 ա), ապա այն տատանվելով՝ մենք չենք լսի նրանից առաջացող ալիքների ձայնը: Բայց եթե կարճացնենք մամլակից վեր գտնվող մասը և դրանով իսկ մեծացնենք նրա տատանումների հաճախությունը, ապա կհայտնաբերենք, որ քանոնը սկսեց հնչել (նկ. 47 բ):

Առաձգական ալիքները, որոնք կարող են մարդու մոտ լսողական զգացողություն առաջացնել, կոչվում են ձայնային ալիքներ կամ պարզապես ձայն:



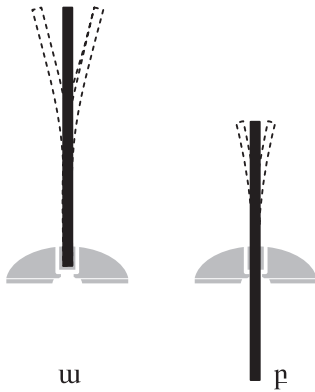
Մարդու ականջը ընդունակ է ընկալել մոտավորապես 16 Նց-ից մինչև 20 կՆց հաճախությամբ առաձգական ալիքները: Դրա համար էլ 16 Նց-ից մինչև 20 կՆց-ն ընդգրկվող հաճախությունները կոչվում են ձայնային: Ցանկացած մարմին, որ փափանկում է ձայնային հաճախությամբ, ձայնի աղբյուր է, քանի որ նրան շրջապատող միջավայրում առաջանում են նրանից փարավող ձայնային ալիքներ:

Կենդանիները որպես ձայն ընկալում են այլ հաճախությունների ալիքներ:

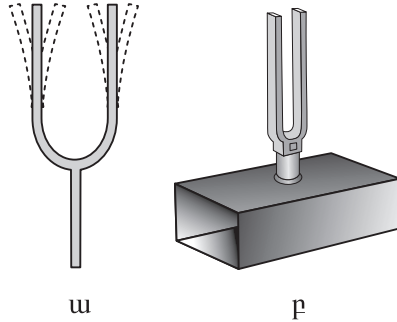
Գոյություն ունեն ձայնի բնական և արհեստական աղբյուրներ: Ձայնի արհեստական աղբյուրներից մեկը *կամերպոնն* է (նկ. 48): Այն սրեղծել է անգլիացի երաժիշտ Ջ.Շորը 1711 թ-ին՝ երաժշտական գործիքներ լարելու համար:

Կամերպոնը երկու ճյուղի փեսքով կորացված, մեջքեղում բռնիչ ունեցող մեքաղե ձող է: Ռեպինե մուրճով կամերպոնի ճյուղերից մեկին հարվածելով՝ որոշակի ձայն կլսենք: Այս ձայնն առաջանում է կամերպոնին հարվածելուց հետո. նրա ճյուղերը սկսում են թրթռալ՝ իրենց շուրջը սրեղծելով օդի փոփոխական խտացումներ և նոսրացումներ (նկ. 48 ա): Տարածվելով օդում՝ այդ փափանումները ձայնային ալիք են սրեղծում:

Կամերպոնի փափանումների սրանդարը հաճախությունը 440 Նց է: Սա նշանակում է, որ 1 վայրկյանում նրա ճյուղերը հասցնում են 440 փափանում կատարել: Աջքի համար դրանք փեսանելի չեն: Սակայն եթե հավեր հնչող



Նկար 47



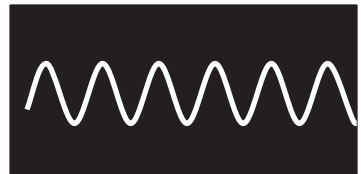
Նկար 48

կամերտոնին, ապա կզգաք նրա թրթռոցը: Կամերտոնի փափրանումների բնույթը որոշելու համար հարկավոր է նրա ճյուղերից մեկին ասեղ ամրացնել: Կամերտոնը հնչեցնելով՝ նրան ամրացված ասեղով այն փանեմք մրուրված ապակու շերտի վրայով: Շերտի վրա կհայտնվի սինուսոիդի փեսքով հեղք (նկ. 49):

Կամերտոնի արձակած ձայնն ուժեղացնելու համար նրա բռնիչը ամրացնում են փայտե արկղիկի վրա, որի մի կողմը բաց է (նկ. 48 բ): Այս արկղիկն անվանում են ռեզոնատոր: Կամերտոնի փափրանումների ժամանակ արկղիկի թրթռումը հաղորդվում է նրա մեջ գտնվող օդին: Ռեզոնանսի պարզապատկերում, որն առաջանում է արկղի ճիշտ ընտրված չափսերի դեպքում, օդի հարկադրական փափրանումների լայնույթը մեծանում է, և ձայնը ուժգնանում է: Նրա ուժգնացմանը նպաստում է նաև ճառագայթող մակերևույթի մակերեսի մեծացումը, որը փեղի է ունենում կամերտոնը արկղիկին միացնելու դեպքում:

Նամանման երևույթ է փեղի ունենում այնպիսի երաժշտական գործիքներում, ինչպիսիք են կիթառը, ջութակը և այլն: Այս գործիքների լարերը ինքնուրույնաբար թույլ ձայն են արձակում: Այն ուժգնանում է շնորհիվ բացվածք ունեցող որոշակի ձևի իրանի առկայության, որի միջից ձայնային ալիքներ են դուրս գալիս:

Ձայնի աղբյուր կարող են լինել ոչ միայն փափրանվող պինդ մարմինները, այլև որոշ երևույթներ, որոնք շրջակա միջավայրում ճնշման փափրանումներ են առաջացնում (պայթյունը, հրա-



Նկար 49

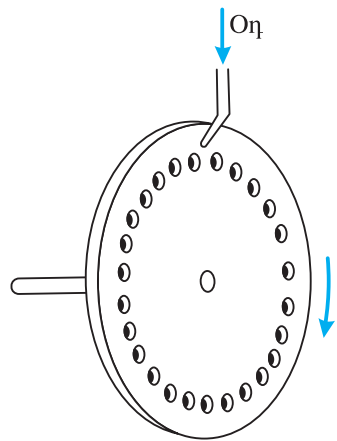
ցանի գնդակի թռիչքը, քամու ոռնոցը և այլն): Այս երևույթի վառ օրինակ է *կայծակը*: Ամպրոպի ժամանակ ջերմաստիճանը կայծակի փրկույթում բարձրանում է մինչև 30 000 °C: Ճնշումը կտրուկ աճում է, և օդում առաջանում է հարվածային ալիք, որն աստիճանաբար վերածվում է ձայնային փափանումների (60 Նգ բնութագրական հաճախությամբ), որոնք փարսածվում են՝ առաջացնելով որոպ:

Ձայնի հերաքրքրական աղբյուր է սկավառակաձև շշակը, որ հայրնագործել է գերմանացի ֆիզիկոս Ս. Զեյբելը (1770–1831): Սա էլեկտրական շարժիչին միացված, անցքեր ունեցող սկավառակ է, որը գտնվում է օդի ուժեղ շիթի դիմաց (նկ. 50): Սկավառակի պտտվելու ժամանակ օդի հոսքը, անցնելով անցքերի միջով, ժամանակ առ ժամանակ ընդհատվում է, ինչի արդյունքում առանձնահատուկ սուր ձայն է առաջանում: Այս ձայնի հաճախությունը կարելի է գտնել $v = nk$ բանաձևով, որտեղ n -ը սկավառակի պտտման հաճախությունն է, k -ն՝ նրա վրա եղած անցքերի թիվը:

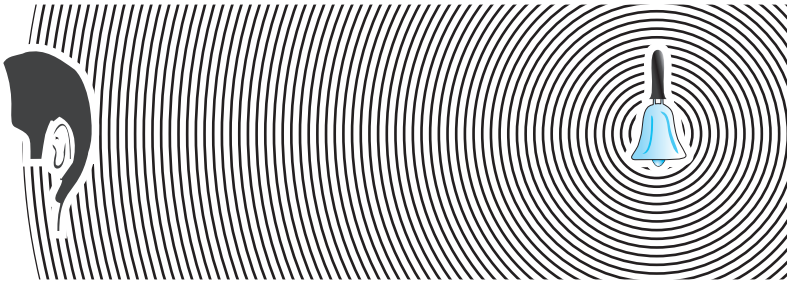
Սկավառակի վրա փարբեր քանակությամբ անցքեր բացելով և կարգավորելով սկավառակի պտտման հաճախությունը՝ կարելի է փարբեր հաճախության ձայներ ստանալ: Գործնականում կիրառվող այս շշակների հաճախությունը սովորաբար գտնվում է 200 Նգ-ից մինչև 100 կՆգ-ի սահմաններում:

Գազերում և հեղուկներում ձայնային ալիքները փարսածվում են խրատացման և նոսրացման երկայնակյան ալիքների փեսքով (նկ. 51): Միջավայրի խրատումները և նոսրացումները, որոնք ի հայտ է գալիս ձայնի աղբյուրի (գանգակի, լարի, կամերտոնի, հեռախոսի մեմբրանի, ձայնալարերի և այլն) փափանումների արդյունքում, որոշ ժամանակ անց հասնում են մարդու ականջին և սփռվելով ականջի թմբկաթաղանթին հարկադրական փափանումներ կատարել՝ մարդու մոտ որոշակի լսողական զգացողություն են առաջացնում:

Մարդու ականջը շար գգայուն սարք է: Ձայնը մենք սկսում ենք ընկալել արդեն այն ժամանակ, երբ ալիքում օդի մասնիկների փափանումների



Նկար 50



Նկար 51

լայնույթը հավասար է լինում ընդամենը օտոմի շառավղին:

Տարիքի հետ թմբկաթաղանթի էլաստիկության կորստի պատճառով մարդու կողմից ընկալվող հաճախությունների վերին սահմանը աստիճանաբար իջնում է: Միայն երիտասարդներն են ընդունակ լսելու 20 կՆց հաճախության ձայները: Միջին, առավել ևս փարեց հասակում և՛ փղամարդիկ, և՛ կանայք դադարում են ընկալել այն ձայները, որոնց հաճախությունը մեծ է 12-14 կՆց-ից:

Մարդկանց լսողությունը վարանում է ուժեղ ձայների փոսկան ազդեցության պատճառով: Նզոռ ինքնաթիռների հարևանությամբ կամ գործարանների աղմկոտ արտադրամասերում աշխատանքը, հաճախակի այցելությունները դիսկոպեկներ և ականջակալներով բարձր երաժշտություն լսելը վնասակար ազդեցություն են թողնում ձայների (հատկապես բարձր հաճախությունների) սուր ընկալման վրա և որոշ դեպքերում կարող են հանգեցնել խլացման:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է ձայնը:
2. Մարդու ականջը ի՞նչ հաճախության ալիքներ է ընկալում:
3. Թվարկե՛ք ձեզ հայտնի ձայնի աղբյուրներ: Դրանցից որո՞նք են բնական, որո՞նք՝ արհեստական:
4. Ի՞նչ է կամերտոնը: Ինչո՞ւ են այն ամրացնում փայտե արկղիկին:
5. Ո՞ր փեսակին (երկայնակա՞ն, թե՛ լայնակա՞ն) են պատկանում գազերում և հեղուկներում հանդիպող ձայնային ալիքները:

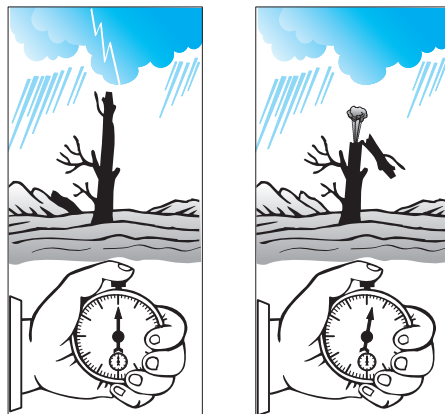
Փորձարարական առաջադրանք: Ձեռքի ափը դնելով կոկորդին՝ ձայնավոր որևէ հնչյուն արտաբերե՛ք: Բացապրե՛ք ձեր զգացողությունները:

§ 27. Ձայնը տարրեր միջավայրերում

Ձայնի տարածման համար առաձգական միջավայր է անհրաժեշտ: Անօդ տարածության մեջ ձայնային ալիքները չեն կարողանում տարածվել, բանի որ տարանվելու բան չկա: Դրանում կարելի է համոզվել հետևյալ պարզ փորձով: Եթե ապակյա գանգի տակ էլեկտրական գանգ դնենք, ապա պոմպով գանգից օդն աստիճանաբար հանելիս կնկատենք, որ գանգի ձայնը սկսում է կամաց-կամաց թուլանալ, մինչև որ ընդհանրապես կտրվում է:

Ձայնը գազերում: Նայտնի է, որ ամպրոպի ժամանակ մենք սկզբում տեսնում ենք կայծակի փայլատրակումը, և միայն որոշ ժամանակ անց լսում ամպերի որոտը (նկ. 52): Այս հասպաղումն առաջ է գալիս այն պատճառով, որ օդում ձայնի արագությունը զգալիորեն փոքր է կայծակից եկող լույսի արագությունից:

Օդում ձայնի արագությունն առաջին անգամ չափել է ֆրանսիացի գիտնական Մ. Մերսենը 1636 թվականին: 20 °C ջերմաստիճանում այն հավասար է 343 մ/վ-ի, այսինքն՝ 1235 կմ/ժ-ի: Նկատենք, որ 800 մ տարածության վրա հենց մինչև այս արժեքն է նվազում գնդակի արագությունը, որը դուրս է թռչել Կալաշնիկովի գնդացրից (ԿԳ): Գնդակի սկզբնական արագությունը



Նկար 52

825 մ/վ է, ինչը զգալիորեն գերազանցում է օդում ձայնի արագությունը: Դրա համար էլ մարդը, լսելով կրակոցի ձայնը կամ գնդակի սուլոցը, կարող է չանհանգստանալ. այդ գնդակը նրա կողքից է անցել: Գնդակն առաջ է անցնում կրակոցի ձայնից և իր գոհին է հասնում նախքան այդ ձայնի տեղ հասնելը:

Ձայնի արագությունը կախված է միջավայրի ջերմաստիճանից. օդի ջերմաստիճանը բարձրանալիս այն մեծանում է, իսկ ցածրանալիս՝ նվազում: 0 °C ջերմաստիճանում օդում ձայնի արագությունը կազմում է 331 մ/վ:

Տարբեր գազերում ձայնը տարածվում է տարբեր արագությամբ: Որքան մեծ է գազի մոլեկուլների զանգվածը, այնքան փոքր է դրանում ձայնի արագությունը: Այսպես՝ 0 °C ջերմաստիճանում ձայնի արագությունը ջրածնում 1284 մ/վ է, հելիումում՝ 965 մ/վ, իսկ թթվածնում՝ 316 մ/վ:

Ձայնը հեղուկներում: Նեղուկներում ձայնի արագությունը, որպես կանոն, մեծ է գազերում ձայնի արագությունից: Ջրում ձայնի արագությունն առաջինը չափել են Ժ. Կոլադոնը և Յա. Շպուրմը 1826 թվականին: Իրենց փորձերը նրանք կատարում էին Շվեյցարիայում՝ Ժնևյան լճում (նկ. 53): Մի նավակի վրա վառող այրելով՝ միաժամանակ հարվածում էին ջրի մեջ իջեցրած զանգին: Այս զանգի ձայնը ընդունվում էր առաջին նավակից 14 կմ հեռավորության վրա գտնվող երկրորդ նավակից ջրի մեջ իջեցված հատուկ ձայնափողի միջոցով: Լույսի բռնկման և ձայնային ազդանշանի տեղ հասնելու միջև ընկած ժամանակամիջոցի հիման վրա որոշեցին ջրում ձայնի արագությունը: Պարզվեց, որ 8 °C ջերմաստիճանում այն հավասար է մոտավորապես 1440 մ/վ-ի:

Երկու տարբեր միջավայրերի սահմանագծին ձայնային ալիքի մի մասն անդրադառնում է, իսկ մյուս մասն անցնում է առաջ: Օդից ջրի մեջ անցնելիս ձայնային էներգիայի 99,9 %-ը հեղձ է անդրադառնում, սակայն ջրի մեջ



Նկար 53

անցած ձայնային ալիքում ճնշումը 2 անգամ ավելի մեծ է լինում: Ձկների լսողական ապարատը հենց սրան է արձագանքում: Դրա համար էլ ջրի մակերևույթի վրա գոռոցն ու աղմուկը ծովային բնակիչներին վախեցնելու վստահելի միջոց են: Ջրի փակ հայտնված մարդուն այդ ձայները չեն խլացնի. ջրի մեջ սուզվելիս նրա ականջների մեջ օդային «խցաններ» են մնում, որոնք էլ փրկում են նրան ձայնային գերբեռնվածությունից:

Չայնր ջրից օդի մեջ անցնելիս դարձյալ անդրադառնում է նրա էներգիայի 99,9 %-ը: Բայց եթե օդից ջրի մեջ անցնելիս ձայնային ճնշումը մեծանում էր, ապա այժմ, ընդհակառակը, այն կտրուկ նվազում է: Նենց այդ պարճատու էլ, ասենք, մարդու ականջին չի հասնում ջրի փակ քարերի բախման ձայնը:

Ջրի և օդի սահմանագծին ձայնի նման վարքն է մեր նախնիներին հիմք տվել ստորջրյա աշխարհը «լռության աշխարհ» համարելու: Այստեղից է «Նամր է ձկան պես» արտահայտությունը: Սակայն դեռևս Լեոնարդո դա Վինչին էր առաջարկում լսել ստորջրյա ձայները՝ ականջը ջրի մեջ իջեցրած թիակին հպելով: Օգտվելով այս միջոցից՝ կարելի է համոզվել, որ ձկներն իրականում բավականին շարախոս են:

Չայնր պինդ մարմիններում: Պինդ մարմիններում ձայնի արագությունն ավելի մեծ է, քան հեղուկներում և գազերում: Եթե ձեր ականջը հպեր ռելսին, ապա դրա մյուս ծայրին հարվածելուց հետո դուք երկու ձայն կլսեք: Դրանցից մեկը ձեր ականջին կհասնի ռելսի միջոցով, մյուսը՝ օդով:

Չայնի լավ հաղորդականություն ունի հողը: Դրա համար հին ժամանակներում պաշարման ժամանակ ամրոցի պատերի մոտ «լսողներ» էին կանգնում, որոնք հողից հաղորդվող ձայնի միջոցով կարողանում էին որոշել՝ թշնամին փորո՞ւմ է իրենց ամրոցի պատերի մոտ, թե՞ ոչ: Ականջը գեղնին դնելով՝ հեղնում էին թշնամու հեծելագործի մոտենալուն:

Պինդ մարմինները լավ են հաղորդում ձայնը: Դրա շնորհիվ լսողությունը կորցրած մարդիկ երբեմն կարողանում են պարել երաժշտության փակ, որը նրանց լսողական նյարդերին է հասնում ոչ թե օդի և արտաքին ականջի, այլ հատակի և ոսկորների միջոցով:

Նարցեր

1. Ինչո՞ւ ամպրոպի ժամանակ մենք նախ փեսնում ենք կայծակը և հետո նոր լսում որոպը:
2. Ինչի՞ց է կախված գազերում ձայնի արագությունը:
3. Ինչո՞ւ գեպի ափին կանգնած մարդը չի լսում ջրի փակ առաջացող ձայները:
4. Ինչո՞ւ «լսողները», որոնք հին ժամանակներում հեղուկում էին թշնամու հողային աշխարանքներին, հաճախ կույր մարդիկ էին:

Փորձարարական առաջադրանք: Ձեռքի ժամացույցը դնելով փախփախի (կամ փայլեն երկար քանոնի) ծայրին՝ ձեր ականջը հպե՛ք մյուս ծայրին: Ի՞նչ եք լսում: Բացատրե՛ք այդ երևույթը:

§ 28. Ձայնի ուժգնություն և բարձրություն: Արձագանք

Լսողական զգայությունները, որոնք մեզ մոտ առաջացնում են փարբեր ձայները, մեծ մասամբ կախված են ձայնային ալիքի լայնությանց և նրա հաճախությունից: Լայնությո՞ւր և հաճախությունը ձայնային ալիքի ֆիզիկական բնութագրիչներն են: Այս ֆիզիկական բնութագրիչներին համապատասխանում են որոշակի ֆիզիոլոգիական բնութագրիչներ, որոնք կապված են ձայնի մեր ընկալման հետ: Այդպիսի ֆիզիոլոգիական բնութագրիչներ են ձայնի ուժգնությունը և բարձրությունը:

Ձայնի ուժգնությունը որոշվում է նրա լայնությով. *ինչքան մեծ է ձայնային ալիքում փափանկումների լայնությունը, այնքան մեծ է ձայնի ուժգնությունը*: Այսպես, երբ հնչող կամերպոնի փափանկումները մտնում են, լայնությի հետ միասին փոքրանում է նաև ձայնի ուժգնությունը: Եվ հակառակը, կամերպոնին ավելի ուժեղ հարվածելով և դրանով մեծացնելով նրա փափանկումների լայնությունը, մենք առաջացնում ենք ավելի ուժգին ձայն:

Ձայնի ուժգնությունը կախված է նաև նրանից, թե ինչքանով է մեր ականջը զգայուն այդ ձայնի նկատմամբ: Մարդու ականջն առավել զգայուն է 1–5 կՆց հաճախությամբ ձայնային ալիքների նկատմամբ:

Չափելով այն էներգիան, որը ձայնային ալիքը 1 վայրկյանում փեղափոխում է 1 մ² մակերեսով մակերևույթի միջով, մենք կստանանք մի մեծություն, որը կոչվում է *ձայնի ինտենսիվություն*: Պարզվում է, որ ամենատեղիներին ձայների (երբ ցավի զգացողություն է առաջանում) ինտենսիվությունը գերազանցում է մարդու ընկալմանը հասու ամենաթույլ ձայների ինտենսիվությունը 10 քառակուսի անգամ: Այս առումով սրացվում է, որ մարդու ականջը շատ ավելի կարարյալ սարքավորում է, քան սովորական չափից սարքերից յուրաքանչյուրը: Դրանցից ոչ մեկով արժեքների այդպիսի լայն փոփոխյալ չափել հնարավոր չէ (սարքերում այն հազվադեպ է անցնում 100-ից):



Նկար 54

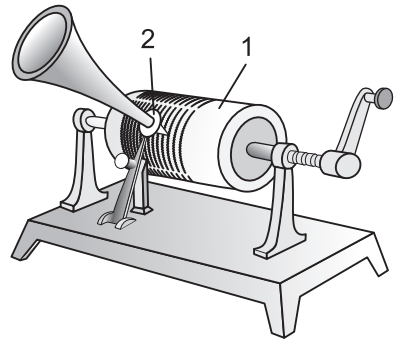
Ուժգնության միավորը կոչվում է *սոն* (լատիներեն «սոնուս» - ձայն): 1 սոն ուժգնություն ունի խլացված խոսակցությունը: Ժամացույցի փրկարկոցը բնութագրվում է մոտ 0,1 սոն ուժգնությամբ, սովորական խոսակցությունը 2 սոն է, գրամեքենայի թխկթխկոցը՝ 4 սոն, փողոցային ուժգին աղմուկը՝ 8 սոն: Դարբնացում ձայնի ուժգնությունը հասնում է 64 սոնի, իսկ ռեակտիվ ինքնաթիռի աշխարհող շարժիչից 4 մ հեռավորության վրա 256 սոն է: Ավելի մեծ ուժգնության ձայները սկսում են ցավի զգացողություն առաջացնել:

Մարդկային ձայնի ուժգնությունը կարելի է մեծացնել բարձրախոսի միջոցով: Դա կոնսաձև ձայնափող է, որ մտրեցվում է խոսող մարդու բերանին (նկ. 54): Այս դեպքում ձայնի ուժեղացումը փեղի է ունենում ճառագայթվող ձայնային էներգիայի ձայնափողի առանցքի ուղղությամբ կուրակվելու շնորհիվ: Ուժգնության առավել մեծացման կարելի է հասնել էլեկտրական բարձրախոսի միջոցով, որի ձայնափողը միացված է միկրոֆոնի և հատուկ փրանգիստորային ուժեղացուցիչի հետ:

Ձայնափողը կարելի է կիրառել նաև ընկալվող ձայնը ուժեղացնելու նպատակով: Դրա համար հարկավոր է այն դնել ականջին: Նին ժամանակ-

ներում (երբ դեռ չկային հայրուկ լսողական սարքեր) դրանից հաճախ էին օգտվում վար լսողություն ունեցող մարդիկ:

Չայնափողն օգտագործվել է նաև ձայնագրման և ձայնի վերարտադրման առաջին սարքերում: Չայնի մեխանիկական գրանցման եղանակը հայտնագործել է Թ. Էդիսոնը (ԱՄՆ) 1877 թվականին: Նրա սրեղծած սարքը կոչվում էր ձայնագրիչ (Ֆոնոգրաֆ): Իր ձայնագրիչներից մեկը (նկ. 55) նա ուղարկել է Լ.Ն. Տոլստոյին:



Նկար 55

Չայնագրիչի հիմնական մասերն են 1 գլանիկը, որը ծածկված է անագե թիթեղով, և 2 մեմբրանը, որը միացած է շափյուղյա ասեղին: Չայնային ալիքը ձայնափողի միջով ազդելով մեմբրանի վրա հարկադրում է ասեղին փափանկել և երբեմն ավելի ուժեղ, երբեմն ավելի թույլ խրվել թիթեղի մեջ: Բռնակը պտտելիս գլանիկը (որի առանցքը պարուրածն ակոսներ ունի) ոչ միայն պտտվում է, այլև փեղաշարժվում է հորիզոնական ուղղությամբ: Թիթեղի վրա փոփոխական խորության պտտության ակոսիկ է առաջանում: Գրանցված ձայնը լսելու համար ասեղը փեղադրում էին ակոսիկի սկզբում և մեկ անգամ էլ պտտեցնում գլանիկը:

Ներագայում պտտվող գլանիկը ձայնագրիչում փոխարինվեց փափակ սկավառակով, իսկ նրա վրայի ակոսը փաթաթվող պարույրի փեսք սրացավ: Այսպես առաջ եկան գրամոֆոնային սկավառակները:

Բացի ուժգնությունից, ձայնը բնութագրվում է բարձրությամբ: Չայնի **բարձրությունը** որոշվում է նրա հաճախությամբ. *որքան մեծ է ձայնային ալիքում փափանսումների հաճախությունը, այնքան բարձր է ձայնը*: Փոքր հաճախությամբ փափանսումներին համապատասխանում են ցածր ձայները, մեծ հաճախությամբ փափանսումներին՝ բարձր ձայները:

Այսպես, օրինակ՝ իշամեղուն թռչելիս իր թևիկներն ավելի փոքր հաճախությամբ է շարժում, քան մոծակը. իշամեղվի համար այն կազմում է վայրկյանում 220 թափահարում, իսկ մոծակի համար՝ 500-600: Դրա համար իշամեղվի թռիչքն ուղեկցվում է ցածր ձայնով (բզզոցով), իսկ մոծակինը՝ բարձր (փզզոցով):

Որոշակի հաճախությամբ ձայնային ալիքն այլ կերպ կոչում են *երաժշտական տոն*: Ուստի ձայնի բարձրության փոխարեն հաճախ ասում են տոնի բարձրություն:

Նիմնական տոնը մի քանի այլ հաճախությունների փափանումների «խառնուրդով» առաջացնում է *երաժշտական ձայն*: Օրինակ՝ ջութակի և դաշնամուրի ձայները կարող են 15-20 փարբեր փափանումներ պարունակել: Յուրաքանչյուր բարդ ձայնի կազմից է կախված նրա *տևմբրը*:

Լարի ազատ փափանումների հաճախությունը կախված է նրա չափերից և ձգվածությունից: Դրա համար էլ ցցիկների օգնությամբ կիթառի լարը ձգելով և սեղմելով դրանք կիթառին՝ փարբեր մասերում, մենք փոխում ենք լարի սեփական հաճախությունը, հերևաբար նաև դրա արձակած ձայնի բարձրությունը:

Աղյուսակ 5-ում բերված են երաժշտական փարբեր գործիքների արձակած ձայների հաճախությունները:

Աղյուսակ 5

Ջութակ	260 – 15000 Նց
Դաշնամուր	90 – 9000 Նց
Թմբուկ	90 – 14000 Նց
Երգեհոն	22 – 16000 Նց
Սաքսոֆոն (բաս)	80 – 8000 Նց

Երգիչների և երգչուհիների ձայներին համապատասխանող հաճախությունների փիրությունը կարելի է գտնել աղյուսակ 6-ում:

Աղյուսակ 6

Կանանց ձայներ		Տղամարդկանց ձայներ	
Կոնտրալպո	170 – 780 Նց	Բաս	80 – 350 Նց
Մեցցո սոպրանո	200 – 900 Նց	Բարիտոն	100 – 400 Նց
Սոպրանո	250 – 1000 Նց	Տենոր	130 – 500 Նց
Կոլորապուրային սոպրանո	260 – 1400 Նց		

Սովորական խոսքի ժամանակ փղամարդու ձայնում հանդիպում են 100-ից 7000 Նց, իսկ կնոջ ձայնում 200-ից 9000 Նց հաճախության փափանումներ: Առավել բարձր հաճախություն ունեցող փափանումները մտնում են «ս» բաղաձայնի կազմության մեջ:

Ձայնի ընկալման բնույթը շատ բանով կախված է այն տարածքի նախագծից, որտեղ ունկնդրվում է խոսքը կամ երաժշտությունը: Սա բացատրվում է նրանով, որ փակ տարածքներում բացի անմիջական ձայնից ունկնդիրն ընկալում է նաև այդ ձայնի արագ իրար հաջորդող կրկնությունների միավորյալ շարքը, որն առաջանում է տարածքում գտնվող առարկաներից, պատերից, առաստաղից և հատակից ձայնի բազմակի անդրադարձումներից:

Ձայնի տրոհության մեծացումը, որն առաջ է գալիս տարբեր արգելքներից ձայնի անդրադարձումների շնորհիվ, կոչվում է ռեվերբերացիա: Ռեվերբերացիան մեծ է լինում դատարկ տարածքներում, որտեղ այն թնդացող արձագանք է առաջացնում: Եվ հակառակը, փափուկ պաստառապար պատերով, վարագույրներով, փափուկ կահույքով, գորգերով, ինչպես նաև մարդկանցով լցված տարածքները լավ են կլանում ձայնը, ուստի ռեվերբերացիան դրանցում աննշան է:

Ձայնի անդրադարձումով է բացատրվում նաև արձագանքը: **Արձագանքը** ձայնային ալիքներ են, որոնք անդրադարձել են որևէ արգելքից (շենքից, բլուրից, անտառից և այլնից) և վերադարձել դեպի իրենց սկզբնաղբյուրը: Եթե մեզ են հասնում այնպիսի ձայնային ալիքներ, որոնք հաջորդաբար անդրադարձել են տարբեր արգելքներից և բաժանված են իրարից $t > 50-60$ մվ ժամանակային ինտերվալով, ապա առաջանում է բազմակի արձագանք: Այսպիսի արձագանքներից մի քանիսը համաշխարհային ճանաչում են ստացել: Այսպես, օրինակ՝ Չեխիայում Ադերսբախի մոտ շրջանաձև դասավորված ժայռերը որոշակի վայրում երեք անգամ կրկնում են 7 վանկ, իսկ Անգլիայում՝ Վուդսթոք ամրոցում, արձագանքը պարզորոշ կրկնում է 17 վանկ:

Անգլերեն echo, ռուսերեն эхо (= արձագանք) բառերի ծագումը կապված է հավերժահարս Էբոյի հետ, որը, հին հունական առասպելի համաձայն, անպարասխան սիրով սիրում էր Նարգիզին: Տառապելով Նարգիզի հանդեպ տաժաժ սիրուց՝ Էբոն չորացավ և քարացավ, իսկ նրանից մնաց միայն ձայնը, որն ընդունակ է կրկնել իր ներկայությամբ արտասանված բառերի վերջավորությունները:

Նարցեր

1. Ինչո՞վ է որոշվում ձայնի ուժգնությունը:

2. Ինչպե՞ս է կոչվում ձայնի ուժգնության միավորը:
3. Կամերպոնին մուրճով հարվածելուց հետո ինչո՞ւ է նրա ձայնն աստիճանաբար թուլանում:
4. Ինչո՞վ է որոշվում ձայնի բարձրությունը:
5. Ինչի՞ց է «կազմված» երաժշտական ձայնը:
6. Ի՞նչ է արձագանքը:
7. Բացադրե՛ք Էդիսոնի ձայնագրիչի գործողության սկզբունքը:

§ 29. Ենթաձայն և անդրաձայն

Ձայնային ալիքները բնութագրվում են 16 Նց-ից մինչև 20 կՆց հաճախությամբ: $v < 16$ Նց հաճախության առաձգական ալիքները կոչվում են *ենթաձայնեք* (ինֆրաձայնեք), իսկ $v > 20$ կՆց հաճախություն ունեցողները՝ *անդրաձայնեք* (ուլտրաձայնեք) (նկ. 56):

Ենթաձայն: Ենթաձայնային ալիքները մարդկային ականջը չի ընկալում: Չնայած այդ բանին՝ դրանք ընդունակ են մարդու վրա որոշակի ֆիզիոլոգիական ազդեցություն ունենալ: Այդ ազդեցությունը բացադրվում է ռեզոնանսով: Մեր մարմնի ներքին օրգանների սեփական հաճախությունները բավականին ցածր են. որովայնախոռոչինը և կրծքավանդակինը՝ 5-8 Նց, գլխինը՝ 20-30 Նց: Ռեզոնանսային հաճախության միջին արժեքն ամբողջ մարմնի համար կազմում է 6 Նց: Նույն կարգի հաճախություններ ունենալով՝ ենթաձայնային ալիքները սրիպում են մեր օրգաններին թրթռալ և շարք մեծ ինտենսիվության դեպքում կարող են ներքին արյունազեղումներ առաջացնել:

Նաբուկ փորձերը ցույց են տվել, որ մարդկանց ճառագայթումը բավականաչափ ինտենսիվ ենթաձայնով կարող է հանգեցնել հավասարակշռության զգացողության կորստի, սրտխառնոցի, ականախնձորի ականա պրոյպրների և այլն: Օրինակ՝ 4-8 Նց հաճախության դեպքում մարդը ներքին օրգանների



Նկար 56

տեղաշարժի զգացողություն է ունենում, իսկ 12 Նոյեմբերի դեպքում ծովային հիվանդության նույնիսկ է սկսվում:

Պատմում են, որ մի անգամ ամերիկացի ֆիզիկոս Ռ.Վուդը (որն իր գործընկերների շրջանում յուրօրինակ և զվարճասեր մարդու համբավ էր ձեռք բերել) թափոն բերեց հատուկ մի սարք, որը ենթաձայնային ալիքներ էր ճառագայթում, և միացնելով այն՝ ուղղեց դեպի բեմը: Ոչ ոք ոչ մի ձայն չլսեց, սակայն դերասանուհին ընկավ հիստերիայի մեջ:

Մարդու օրգանիզմի վրա ցածր հաճախություն ունեցող ձայների ռեզոնանսային ազդեցությամբ է բացատրվում նաև ժամանակակից ռոք երաժշտության գրգռիչ ներգործությունը, որը հազեցած է թմբուկների, բաս-կիթառների և այլնի բազմապարիկ ուժեղացված ցածր հաճախություններով:

Մարդու ականջը չի ընկալում ենթաձայնը, սակայն այն կարողանում են լսել որոշ կենդանիներ: Օրինակ՝ մեղուզաները վստահորեն ընկալում են 8-13 Նոյեմբերի հաճախությամբ ենթաձայնային ալիքները, որոնք առաջանում են փոթորկի ժամանակ ծովի ալիքների կարարների հետ օդի հոսանքների փոխազդեցության արդյունքում: Նասնելով մեղուզաներին՝ այդ ալիքները նախապես (15 ժամ առաջ) «նախազգուշացնում են» նրանց փոթորկի մոտենալու մասին:

Ենթաձայնի աղբյուր կարող են լինել ամպրոպի պարպումը, թնդանոթի կրակոցը, հրաբխի ժայթքումը, արոմային ռումբի պայթյունը, երկրաշարժը, ռեակտիվ ինքնաթիռի աշխարող շարժիչը, ծովի ալիքների կարարները շրջանցող քամին և այլն:

Ենթաձայնին բնորոշ է փարբեր միջավայրերում նրա փոքր կլանումը, ինչի արդյունքում այն կարողանում է փարածվել շատ մեծ հեռավորությունների վրա: Սա հնարավորություն է փարածվել հզոր պայթյունի վայրը, կրակող թնդանոթի տեղը, հսկողություն սահմանել սպորտերկրյա միջուկային պայթյունների նկատմամբ, կանխապես գունամին և այլն:

Անդրաձայն: Անդրաձայնը ևս մարդու ականջը չի ընկալում: Սակայն այն կարող են արձակել և ընկալել որոշ կենդանիներ: Այսպես, օրինակ՝ դելֆինները դրա շնորհիվ վստահ կողմնորոշվում են պղպոռ ջրում: Ուղարկելով և ընդունելով հետ դարձած անդրաձայնային ազդակները, նրանք ընդունակ են 20-30 մ հեռավորության վրա հայտնաբերել անգամ փոքրագույն

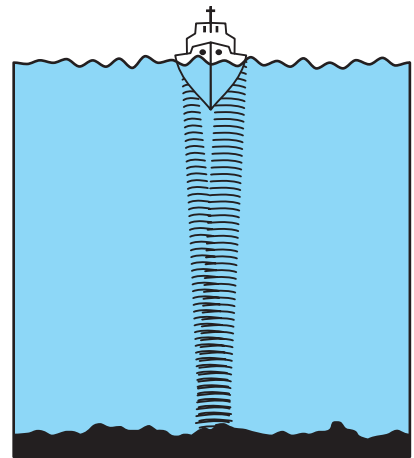
կոտորակը, որը զգուշորեն իջեցվել է ջրի մեջ: Անդրաձայնն օգնում է նաև չղջիկներին, որոնք վաղ փետողություն ունեն կամ էլ ընդհանրապես ոչինչ չեն փեսնում: Իրենց լսողական ապարարի միջոցով անդրաձայնային ալիքներ (վայրկյանում մինչև 250 անգամ) արձակելով՝ նրանք կարողանում են կողմնորոշվել թռչելիս և հաջողությամբ որս են անում անգամ լիակատար խավարի մեջ: Ներաբրբրական է, որ որոշ միջատների մոտ սրան ի պատասխան հատուկ պաշտպանական ռեակցիա է մշակվել. գիշերային թիթեռների և բզեզների որոշ փեսակներ կարողանում են ընկալել չղջիկների արձակած անդրաձայները և լսելով դրանք՝ անմիջապես ծալում են թևերը, ընկնում ներքև և անշարժանում գեղմին:

Անդրաձայնային ազդանշանները օգտագործում են նաև որոշ արամնավոր կեղեր: Այս ազդանշանները նրանց հնարավորություն են փայլի կադամարներ որսալ լույսի լիակատար բացակայության պայմաններում:

Նասարարված է նաև, որ 25 կՆց-ից մեծ հաճախության անդրաձայնային ալիքները ցավի զգացողություն են առաջացնում թռչունների մոտ: Սա օգտագործվում է ճայերին խմելու ջրի ամբարներից հեռու վանելու նպատակով:

Անդրաձայնը լայն կիրառում է սրանում գիտության մեջ և փնիսիկայում, որտեղ այն սրանում են փարբեր մեխանիկական (օրինակ՝ շչակը) և էլեկտրամեխանիկական սարքավորումների միջոցով:

Անդրաձայնի աղբյուրներ են փեղաղրվում նավերի և սուզանավերի վրա: Անդրաձայնային ալիքների կարճ ազդակներ ուղարկելով՝ կարելի է որսալ դրանց անդրադարձումը ջրի հատակից կամ այլ առարկաներից: Անդրադարձող ալիքի ուշանալու ժամանակից ելնելով՝ կարելի է դարել մինչև արգելքն ընկած հեռավորության մասին: Այս դեպքերում օգտագործվող էխոլոտները (ձայնախորաչափերը) և հիդրոլոկատորները (ձայնափեղորոշիչները) հնարավորություն են փայլի չափել ծովի խորությունը (նկ. 57), լուծել նավագնացության փարբեր խնդիրներ (ժայերի, խութերի մոտով



Նկար 57

լողալը և այլն), ձկնորսական հեփախուզություն իրականացնել (հայրնաբերել ձկների վրառներ), ինչպես նաև ռազմական խնդիրներ լուծել (թշնամու սուզանավերի որոնում, առանց շրջադիրակի փորպեղահարումներ և այլն):

Արդյունաբերության մեջ մերադակական ձուլվածքներում եղած ճեղքերից անդրաձայնի անդրադարձման միջոցով գրնում են արպադրանքի թերությունները:

Անդրաձայները մանրացնում են հեղուկ և պինդ նյութերը՝ սրեղծելով փարբեր էմուլսիաներ և սուսպենզիաներ:

Անդրաձայնի միջոցով հաջողվում է գողել այլումինե ապրանքները, ինչը մյուս եղանակներով չի սրացվում, քանի որ այլումինի մակերևույթին միշտ օքսիդային թաղանթի հասար շերտ կա: Անդրաձայնային գողիչի ծայրը ոչ միայն փաքանում է, այլև մոտ 20 կՆց հաճախության փաքանումներ է կաքարում, ինչի շնորհիվ այլումինի վրայի օքսիդային թաղանթը քայքայվում է:

Անդրաձայնի վերածումը էլեկտրական փաքանումների և ապա լույսի թույլ է փալիս ձայնաքեսություն իրականացնել: Ձայնաքեսության շնորհիվ հնարավոր է առարկաները քեսնել անլուսաքալիանց ջրում:

Բժշկության մեջ անդրաձայնի միջոցով կոքրված ոսկորներ են կպցնում, հայրնաքերում են ուռուցքներ, մանկաքարծության բնագավառում ախարորոշիչ հերազոքություններ են իրականացնում և այլն: Անդրաձայնի կենսաքանական ազդեցությունը (որը սպանում է մանրէներին) թույլ է փալիս այն օգքազործել կաթի, դեղանյութերի, ինչպես նաև բժշկական գործիքների մանրէազերծման նպաքակով:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է ենթաձայնը:
2. Բերնք ենթաձայնային ալիքների ադքյուրների օրինակներ:
3. Ինչո՞վ է բացաքրվում ենթաձայնի ֆիզիոլոգիական ազդեցությունը մարդու վրա:
4. Ի՞նչ է անդրաձայնը:
5. Բերնք կենդանական աշխարհի ներկայացուցիչների կողմից անդրաձայնային ալիքների օգքազործման օրինակներ:
6. Որպե՞ղ և ի՞նչ նպաքակներով են օգքազործվում ենթա- և անդրաձայները:

§ 30. Զերմաստիճան

Մեխանիկայի ուսումնասիրության ժամանակ մեզ հետաքրքրում էր մարմինների շարժումը: Այժմ մենք կքննարկենք երևույթներ, որոնք կապված են դադարի վիճակում գտնվող մարմինների հարկությունների հետ: Մենք ուսումնասիրելու ենք օդի տաքանալու և սառչելու, սառույցի, մեկադների հալվելու, ջրի եռալու և նման այլ երևույթներ: Այս երևույթները կոչվում են *ջերմային երևույթներ*:

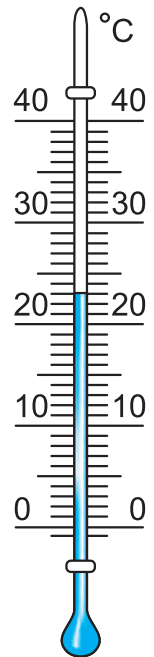
Մենք գիտենք, որ տաքացնելիս սառը ջուրը նախ գոլանում է, ապա տաքանում: Կրակից դուրս բերված մեկադն աստիճանաբար է սառչում: Շոգեջեռուցման մարտկոցը շրջապատող օդը տաքանում է և այլն:

«Սառը», «գոլ», «տաք» բառերով մենք նշում ենք մարմինների ջերմային վիճակը: Մարմնի ջերմային վիճակը բնորոշող մեծությունը **ջերմաստիճանն է**:

Բոլորին է հայտնի, որ տաք ջրի ջերմաստիճանը բարձր է սառը ջրինից, որ ձնուանը օդի ջերմաստիճանը դրսում ավելի ցածր է, քան ամռանը:

Սարքերը, որոնք ծառայում են ջերմաստիճանը չափելու համար, կոչվում են **ջերմաչափեր**: Դրանցից մեկը պատկերված է նկ. 58-ում: Այդպիսի ջերմաչափի աշխատանքը հիմնված է նյութերի ջերմային ընդարձակման վրա: Տաքանալիս ջերմաչափում օգտագործվող նյութի (օրինակ, սնդիկի կամ սպիրտի) սյունը բարձրանում է, սառչելիս՝ իջնում: Կենցաղում գործածվող ջերմաչափերը նյութի ջերմաստիճանն արտահայտում են Ցելսիուսի աստիճաններով (°C):

Ա. Ցելսիուսը (1701–1744) շվեդ գիտնական է, որը ջերմութ-



Նկար 58

յունը չափելու համար հարյուր աստիճան ունեցող սանդղակ է առաջարկել: Յելսիուսի ջերմաստիճանային սանդղակում 0-ին համապատասխանում է հալվող սառույցի ջերմաստիճանը, իսկ 100 աստիճանին՝ նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում ջրի եռման ջերմաստիճանը:

Բնության մեջ և փոխնիկայում հանդիպող ջերմաստիճանների օրինակներ բերված են աղյուսակ 7-ում:

Աղյուսակ 7

Մարդու կրիտիկական ջերմաստիճանը, որի դեպքում նա կորցնում է գիտակցությունը	+ 42 °C
Երկրագնդի վրա (Նյուսիսային Աֆրիկա) ամենաբարձր ջերմաստիճանը	+ 58 °C
Երկրագնդի վրա (Անտարկտիդա) ամենացածր ջերմաստիճանը	- 88 °C
Միջին ջերմաստիճանը Մարսի վրա	- 60 °C
Միջին ջերմաստիճանը Վեներայի վրա	+ 470 °C
Թողի բոցավառման ջերմաստիճանը	+ 233 °C
Սպիրտայրոցի բոցի ջերմաստիճանը	+ 1100 °C
Արեգակի մակերևույթի ջերմաստիճանը	+ 6000 °C
Նեդուկ ազոտի ջերմաստիճանը	- 200 °C

Նարկավոր է հիշել, որ ամեն մի ջերմաչափ միշտ իր սեփական ջերմաստիճանն է ցույց տալիս: *Միջավայրի ջերմաստիճանը որոշելու համար պետք է ջերմաչափը փոխադրել այդ միջավայրում և սպասել այնքան, մինչև սարքի ջերմաստիճանը դադարի փոփոխվել և ձևորեն այն արժեքը, որը հավասար է շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանին:* Միջավայրի ջերմաստիճանի փոփոխության դեպքում կփոխվի նաև ջերմաչափի ջերմաստիճանը:

Մի փոքր այլ կերպ է աշխատում բժշկական ջերմաչափը, որը նախապես կառուցված է մարդու մարմնի ջերմությունը չափելու համար: Այն ամրագրում է ամենաբարձր ջերմաստիճանը, մինչև որն ինքը փաթեցել է: Ձեր ջերմությունը չափելով՝ կարող եք նկատել, որ ավելի սառը (մարդու մարմնի ջերմության համեմատ) միջավայրում հայտնվելով՝ բժշկական ջերմաչափը շարունակում է ցույց տալ իր նախկին արժեքը: Մոդիկի սյունը նախկին դիրքին

վերադարձնելու համար հարկավոր է ջերմաչափը թափ փայլ: Լաբորատոր ջերմաչափի դեպքում, որն օգտագործվում է միջավայրի ջերմաստիճանը չափելու համար, նման բան անել պետք չէ:

Առաջին հեղուկային ջերմաչափը հայտնագործել է ֆրանսիացի ֆիզիկոս Ժ. Ռեյը 1631 թվականին: Սակայն սովորելով չափել ջերմաստիճանը՝ մարդիկ չէին հասկանում, թե ինչն են հափկապես չափում: Նարցը, թե ինչ է ջերմաստիճանը, շար բարդ դուրս եկավ: Ինչո՞վ է, ասենք, փաթ ջուրը փարբերվում սառը ջրից: Երկար ժամանակ այս հարցին հստակ պատասխան չէր տրվում:

Այսօր մենք գիտենք, որ ցանկացած ջերմաստիճանում ջուրը կազմված է նույն մոլեկուլներից: Այդ դեպքում ի՞նչն է փոխվում ջրում նրա ջերմաստիճանը բարձրացնելիս:

Դիմենք հետևյալ փորձին: Վերցնենք երկու կտոր շաքար, դրանցից մեկը զցենք սառը, մյուսը եռման ջրի մեջ: Կրեսնենք, որ փաթ ջրում շաքարը զգալիորեն ավելի արագ է փարբայում: Տարբայումը տեղի է ունենում դիֆուզիայի շնորհիվ: Այսպիսով՝ *դիֆուզիան բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում ավելի արագ է տեղի ունենում, քան ցածր ջերմաստիճանի դեպքում:*

Սակայն դիֆուզիայի պարճառը մոլեկուլների շարժումն է: Նշանակում է՝ մոլեկուլների շարժման արագության և մարմնի ջերմաստիճանի միջև կապ կա. *բարձր ջերմաստիճան ունեցող մարմնում մոլեկուլներն ավելի արագ են շարժվում:*

Օրինակ՝ 0 °C-ում թթվածնի մոլեկուլների միջին արագությունը 440 մ/վ է: Ընդճենք, որ ջերմաստիճանը որոշվում է հենց մոլեկուլների *միջին* արագությամբ: Մարմնի առանճին մոլեկուլների շարժման արագությունները փարբերվում են իրարից և տրված ջերմաստիճանում կարող են միջինից և բարճր, և ցածր լինել:

Սակայն ջերմաստիճանը միայն մոլեկուլների միջին արագությունից չի կախված: Այսպես, օրինակ՝ թթվածինը, որի մոլեկուլների շարժման միջին արագությունը 440 մ/վ է, ունի 20 °C ջերմաստիճան, իսկ ազոտը մոլեկուլների շարժման նույն միջին արագության դեպքում ունի 16 °C ջերմաստիճան: Ազոտի ավելի ցածր ջերմաստիճանը պայմանավորված է նրանով, որ ազո-

տի մոլեկուլներն ավելի թեթև են թթվածնի մոլեկուլներից: Այսպիսով՝ նյութի ջերմաստիճանը որոշվում է ոչ միայն նրա մոլեկուլների շարժման միջին արագությամբ, այլև նրանց զանգվածով:

Մենք գիտենք մեծություններ, որոնք կախված են ինչպես մասնիկի արագությունից, այնպես էլ զանգվածից: Դրանք են իմպուլսը և կինետիկ էներգիան: Գիտնականները հաստատել են, որ հասկանալի մոլեկուլների կինետիկ էներգիան է որոշում մարմնի ջերմաստիճանը:

Ջերմաստիճանը մարմնի մասնիկների միջին կինետիկ էներգիայի չափն է. որքան մեծ է այդ էներգիան, այնքան բարձր է մարմնի ջերմաստիճանը:

Այսպիսով՝ մարմնի տաքացման դեպքում մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան մեծանում է, և նրանք սկսում են ավելի արագ շարժվել, սառեցման դեպքում մոլեկուլների էներգիան նվազում է, և նրանք սկսում են ավելի դանդաղ շարժվել:

Մարմինը կազմող մասնիկների անկանոն շարժումը կոչվում է **ջերմային շարժում**: Ջերմային շարժումը փարբերվում է սովորական մեխանիկական շարժումից նրանով, որ նրա ինտենսիվությունը կախված է մարմնի ջերմաստիճանից, և այդ շարժմանը միշտ մասնակցում են հսկայական քանակությամբ մասնիկներ, որոնք շարժվում են շարք քարդ և խճճված հետագծերով:

Նարցեր

1. Ի՞նչ ջերմային երևույթներ գիտեք:
2. Ինչպե՞ս է ընթանում դիֆուզիան փարբեր ջերմաստիճանների դեպքում:
3. Նյութի ջերմաստիճանն ի՞նչ կախվածություն ունի մոլեկուլների միջին արագությունից և նրանց զանգվածից:
4. Մարմնի ջերմաստիճանն ինչի՞ չափն է:
5. Ինչո՞վ է փարբերվում տաք ջուրը սառը ջրից:
6. Ինչպիսի՞նք փա՞ք, թե՞ սառը լուծույթում են ավելի արագ աղիանում վարունգները: Ինչո՞ւ:
7. Ի՞նչ է ջերմային շարժումը: Ինչո՞ւ է այն այդպես կոչվում: Ինչո՞վ է այն փարբերվում մարմինների մեխանիկական շարժումից:

8. Ինչի՞ վրա է հիմնված ջերմաչափի աշխատանքը:

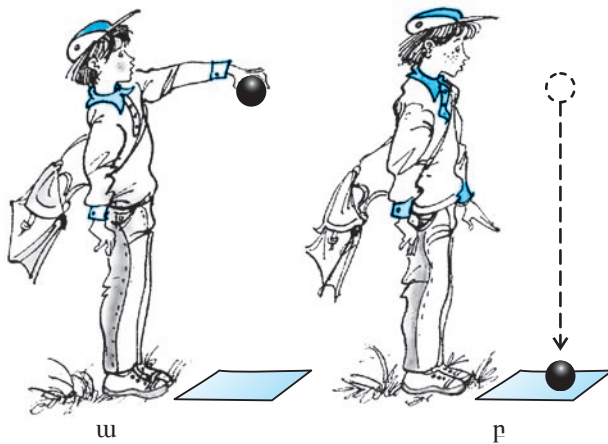
9. Ո՞վ և ե՞րբ է հայտնագործել առաջին հեղուկային ջերմաչափը:

§ 31. Ներքին էներգիա

Մենք գիտենք, որ գոյություն ունի մեխանիկական էներգիայի երկու տեսակ՝ կինետիկ և պոտենցիալ: Մարմինները կինետիկ էներգիայով են օժտվում իրենց շարժման շնորհիվ, իսկ պոտենցիալով՝ այլ մարմինների հետ փոխազդեցության պարճառով:

Ուսումնասիրելով մեխանիկական երևույթները՝ մենք իմացանք, որ կինետիկ և պոտենցիալ էներգիաները կարող են փոխակերպվել մեկը մյուսի: Այդպիսի փոխակերպման օրինակներ կարելի է գտնել § 17-ում և 20-ում:

Քննարկենք ևս մեկ օրինակ: Ենթադրենք, թե կապարե սալի վրա կապարե գունդ է դրված: Գունդը բարձրացնում ենք վեր և բաց թողնում (նկ. 59, ա): Գունդը վեր բարձրացնելով՝ նրան պոտենցիալ էներգիա հաղորդեցինք: Գնդի անկման ժամանակ այդ էներգիան սկսում է նվազել, քանի որ գունդը գնալով ավելի ներքև է իջնում: Սակայն արագության մեծացմանը զուգընթաց աստիճանաբար մեծանում է գնդի կինետիկ էներգիան: Տեղի է ունենում մարմնի պոտենցիալ էներգիայի փոխակերպում կինետիկ էներգիայի: Եվ ահա գունդը բախվեց կապարե սալին և կանգ առավ (նկ. 9 բ): Նրա և՛ կինետիկ, և՛ պոտենցիալ էներգիաները սալի նկատմամբ այդ պահին հավասարվեցին զրոյի:



Նկար 59

Արդյո՞ք դա նշանակում է, որ Էներգիան, որով մինչ այդ պահը օժտված էր գունդը, անհետ կորել է: Ո՛չ, չի նշանակում: Նարվածից հետո գննելով գունդը և սալը՝ տեսնում ենք, որ գունդը մի քիչ տափակել է, իսկ սալը մի փոքր փոս է ընկել: Չափելով դրանց ջերմաստիճանը՝ տեսնում ենք նաև, որ դրանք տաքացել են:

Բայց մենք արդեն գիտենք, որ տաքանալիս մեծանում է մարմնի մոլեկուլների միջին կինետիկ Էներգիան: Մոլեկուլներն օժտված են նաև պոտենցիալ Էներգիայով, քանի որ նրանք փոխազդում են միմյանց հետ. ձգում են իրար, իսկ միմյանց շար մոտենալիս՝ վանում: Դեֆորմացիայի ժամանակ փոխվում է մարմնի մասնիկների փոխադարձ դասավորությունը, ուստի փոխվում է նաև նրանց պոտենցիալ Էներգիան:

Այսպիսով՝ կարող ենք պնդել, որ գունդը սալին բախվելու արդյունքում տեղի է ունենում այդ մարմինների մասնիկների կինետիկ և պոտենցիալ Էներգիաների փոփոխություն: Սա նշանակում է, որ մեխանիկական Էներգիան, որ փորձի սկզբում ուներ գունդը, անհետ չի կորել. այն փոխակերպվել է մոլեկուլների Էներգիայի:

Մարմինը կազմող մասնիկների շարժման և փոխազդեցության Էներգիան կոչվում է մարմնի **ներքին Էներգիա**: Ներքին Էներգիան նշանակում են *U* տառով:

Մոլեկուլների ջերմային շարժումը երբեք չի դադարում: Ուստի յուրաքանչյուր մարմին ցանկացած պահի օժտված է որևէ ներքին Էներգիայով:

Ջերմային երևույթների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ ինչքանով նվազում է մարմինների մեխանիկական Էներգիան, այդքանով մեծանում է նրանց ներքին Էներգիան: *Մարմնի ամբողջական Էներգիան, որ հավասար է նրա մեխանիկական և ներքին Էներգիաների գումարին, ցանկացած պրոցեսի ընթացքում մնում է անփոփոխ*: Սա **Էներգիայի պահպանման օրենքն** է՝ տարածված ջերմային երևույթների վրա:

Էներգիան ոչնչից չի առաջանում և չի կորչում անհետ: Այն կարող է պարզապես մի տեսակից փոխակերպվել մեկ ուրիշի՝ պահպանելով իր ամբողջական (ընդհանուր) արժեքը: Այսպես, օրինակ՝ հրթիռի թռիչքի պահին այրվող վառելիքի ներքին Էներգիան փոխակերպվում է հրթիռի պարյանի մեխանիկական Էներգիայի, քանո առաջացման դեպքում տաքացած օդի

ներքին էներգիան փոխակերպվում է շարժվող օդային զանգվածների կինետիկ էներգիայի և այլն:

Առաջիններից մեկը, ով ուշադրություն դարձրեց էներգիայի տարբեր տեսակների միմյանց փոխակերպումներին, գերմանացի գիտնական Ռոբերտ Մայերն էր (1814 – 1878): 1838 թվականին նա բժշկության դոկտորի աստիճանի թեզ պաշտպանեց և երկու տարի անց որպես նավի բժիշկ ուղևորվեց Ճավա կղզի: Նավարկության ընթացքում նա մտածում էր այն մասին, թե ինչու ուժեղ փոթորկից հետո ծովի ջուրը միշտ ավելի տաք է լինում, քան նախքան փոթորիկը: Իսկ հասնելով կղզի՝ Մայերն ուշադրություն դարձրեց իր բուժած նավաստիների արյան անսովոր վառ գույնի վրա: Նյութաբանական փորձերում մարդկանց արյունն ուրիշ, ավելի մուգ երանգ ուներ: Նարց էր առաջանում. ինչո՞ւ: Մայերն այնպես էր հափշտակվել այս խնդրով, որ դրանից բացի ուրիշ ոչ մի բանի մասին չէր մտածում: Ներագայում ընկերոջն ուղղված նամակում նա գրել էր. «Ես այնպիսի սիրով ձեռնամուխ եղա այդ աշխատանքին, որ շատ քիչ էի հետաքրքրվում աշխարհի այդ հեռավոր մասով (ինչը կարող է ոմանց ծիծաղը հարուցել), ավելի հաճույքով մնում էի նավում, որտեղ կարող էի անարգել տրվել իմ աշխատանքին, և որտեղ որոշ ժամերի ես ինձ խիստ ոգեշնչված էի գգում: Նման բան, որքան հիշում եմ, չեմ գգացել ոչ դրանից առաջ և ոչ էլ հետո»:

Մտորելով մարդու օրգանիզմում կատարվող պրոցեսների (կախված ջերմաստիճանային պայմաններից, որտեղ գտնվում է մարդը) և էներգիայի մասին, որն առաջանում է նրա մեջ սննդի «այրումից»՝ Մայերն ի վերջո հայտնագործեց ֆիզիկայի ամենահիմնարար օրենքներից մեկը՝ էներգիայի պահպանման և փոխակերպման օրենքը:

Նարցեր

1. Էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումներ են տեղի ունենում գնդի բարձրացման և անկման ժամանակ:
2. Ի՞նչ փոփոխություններ են կրում կապարե գունդն ու սալը բախման արդյունքում:
3. Գնդի մեխանիկական էներգիան ի՞նչ էներգիայի է փոխակերպվում սալին բախվելուց հետո:

4. Ո՞ր էներգիան են անվանում մարմնի ներքին էներգիա:
5. Ո՞րն է էներգիայի պահպանման օրենքը ջերմային երևույթների դեպքում:
6. Կարո՞ղ է արդյոք մարմինն օժտված լինել մեխանիկական էներգիայով, բայց չունենալ ներքին էներգիա:
7. Կարո՞ղ է մարմինն օժտված լինել ներքին էներգիայով, բայց չունենալ մեխանիկական էներգիա:
8. Էներգիայի ի՞նչ փոխակերպումով է պայմանավորված փոթորկից հետո ծովի ջրի տաքանալը:

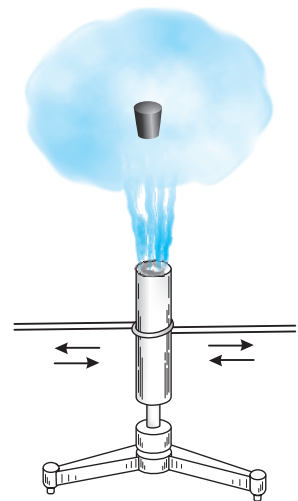
§ 32. Ներքին էներգիայի փոփոխման եղանակները

Մարմնի ներքին էներգիան կախված է նրա մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիայից, իսկ այս էներգիան էլ իր հերթին կախված է ջերմաստիճանից: Դրա համար էլ փոփոխելով մարմնի ջերմաստիճանը՝ մենք փոփոխում ենք նրա ներքին էներգիան: *Տարացնելիս մարմնի ներքին էներգիան մեծանում է, սառեցնելիս՝ նվազում:*

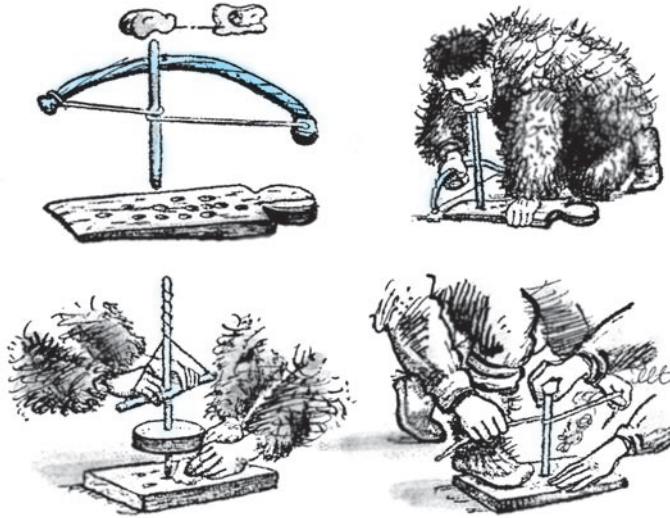
Կատարենք հետևյալ փորձը: Նենարանի վրա ամրացնենք բարակ պարեր ունեցող արույրն խողովակ: Դրա մեջ մի քիչ եթեր լցնենք և ամուր փակենք: Այժմ խողովակը ոլորենք պարանով և սկսենք դրանով շփել այն՝ արագ մեկ այս, մեկ այն կողմ ձգելով պարանը: Որոշ ժամանակ անց եթերով խողովակի ներքին էներգիան այնքան կմեծանա, որ եթերը կսկսի եռալ, և առաջացած գոլորշին դուրս կմղի խցանը (նկ. 60):

Այս փորձը ցույց է տալիս, որ *մարմնի ներքին էներգիան կարելի է փոփոխել այդ մարմնի վրա աշխատանք կատարելու, մասնավորապես շփման միջոցով:*

Ըփման միջոցով փոփոխելով փայտի կտորի ներքին էներգիան՝ մեր նախնիները կրակ են ստացել: Փայտի բռնկման ջերմաստիճանը 250 °C է: Ուստի կրակ ստանալու համար անհրաժեշտ է փայտի մի



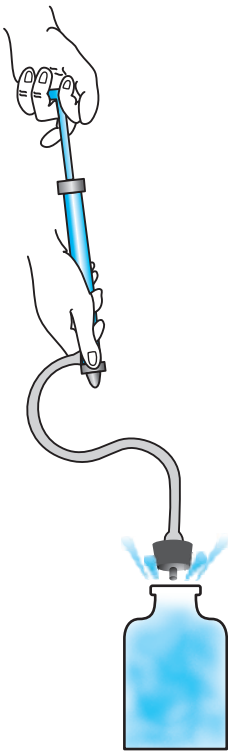
Նկար 60



Նկար 61

կտորը մյուսի հետ շփել այնքան ժամանակ, մինչև դրանց ջերմաստիճանները հասնեն այդ արժեքին: Նեշտր է, արդյոք, դա անելը: Երբ այդ եղանակով փորձեցին կրակ սրանալ Ժյուլ Վեռնի «Խորհրդավոր կղզի» վեպի հերոսները, նրանց մոտ բան չստացվեց: Նրանց անհաջողության պատճառն այն էր, որ կրակ պետք է սրանային ոչ թե պարզապես փայտի մի կտորը մյուսին շփելու միջոցով, այլ սրված փայտիկով փախսակը շաղափելով (նկ. 61): Այդ դեպքում որոշ հմտություն ունենալով կարելի է 1 վայրկյանում փայտիկի բնում ջերմաստիճանը մեծացնել 20°C -ով: Իսկ փայտիկը այրվելու աստիճանի հասցնելու համար կպահանջվի ընդամենը $250/20=12,5$ վայրկյան:

Շատ մարդիկ մեր ժամանակներում էլ կրակ են սրանում շփման եղանակով՝ լուցկին փուփի եզրին քսելով: Իսկ ե՛րբ է սրեղծվել լուցկին: Առաջին լուցկիների (ֆոսֆորային) արտադրությունը սկսվել է XIX դ. 30-ական թվականներին: Ֆոսֆորը բռնկվում է բավականին թույլ փաքացումից, երբ նրա ջերմաստիճանը հասնում է ընդամենը 60°C : Դրա համար էլ ֆոսֆորն լուցկին վառելու համար բավական էր այն քսել ցանկացած մակերևույթի (սկսած մոտակա պատից մինչև կոշիկի ճիւղից): Մակայն այս լուցկիները շատ վտանգավոր էին. դրանք թունավոր էին և դյուրավատ լինելով՝ հրդեհի պատճառ էին դառնում: Անվտանգ լուցկիները (որոնք մենք գործածում ենք մինչ օրս) հայտնագործվել են 1855 թվականին Շվեդիայում (այսպետից էլ



Նկար 62

դրանց անվանումը՝ «շվեդական լուցկիներ»): Այս լուցկիներում ֆոսֆորը փոխարինված է այլ դյուրավատ նյութերով:

Այսպիսով՝ շփման միջոցով կարելի է բարձրացնել նյութի ջերմաստիճանը: *Մարմնի նկատմամբ աշխարհանք կատարելով* (ասենք՝ մուրճով հարվածելով կապարի կտորին, մեքադալարը ճկելով և ուղղելով, մի առարկան մյուսի մակերևույթով փրկաշարժելով կամ մխոցային գլանում գտնվող գազը սեղմելով)՝ *մենք մեծացնում ենք նրա ներքին էներգիան: Եթե մարմինն ինքն է աշխարհանք կատարում (իր ներքին էներգիայի հաշվին), ապա մարմնի ներքին էներգիան նվազում է, և այն սառչում է:*

Դիտարկենք դա փորձով: Վերցնենք հասարակապետ ունեցող անոթ և ամուր փակենք այն անցք ունեցող ռետինե խցանով: Այդ անցքի միջով օդամղիչ պոմպով սկսենք օդ լցնել անոթի մեջ: Որոշ ժամանակ անց խցանն աղմուկով դուրս կթռչի անոթից, իսկ անոթում մառախուղ կառաջանա (նկ. 62): Մառախուղի առաջացումը նշանակում է, որ անոթում օդը սառել է, և հերևաբար նրա ներքին էներգիան նվազել է: Դա բացատրվում է նրանով, որ անոթում գտնվող սեղմված օդը, խցանը դուրս մղելով, աշխարհանք է կատարել իր ներքին էներգիայի նվազման հաշվին: Դրա համար էլ օդի ջերմաստիճանն իջել է:

Մարմնի ներքին էներգիան կարելի է փոփոխել նաև առանց աշխարհանք կատարելու: Այսպես, օրինակ՝ այն կարելի է մեծացնել գազօջախի վրա ջրով թեյնիկը փաթացնելով կամ գոլալը փաթ թելով բաժակի մեջ մրցնելով: Տաքանում է վառարանը, որի մեջ կրակ է վառվում, շենքի փանիքը, որը լուսավորված է արևով և այլն: Այս բոլոր դեպքերում մարմինների ջերմաստիճանի բարձրացումը նշանակում է նրանց ներքին էներգիայի մեծացում, սակայն այդ մեծացումը փրկի է ունենում առանց աշխարհանք կատարելու:

Առանց աշխարհանք կատարելու մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը կոչվում է **ջերմափոխանակություն**: *Ջերմափոխանակությունն*

ատաջանում է փարբեր ջերմաստիճան ունեցող մարմինների (կամ նույն մարմնի փարբեր մասերի) միջև:

Օրինակ՝ ինչպե՛ս է փեղի ունենում ջերմափոխանակությունը փաք ջրի հետ սառը գդալի շփման ժամանակ: Սկզբում փաք ջրի մոլեկուլների միջին արագությունը և կինետիկ էներգիան գերազանցում են մեքադից պարբերապարված գդալի մասնիկների միջին արագությունն ու կինետիկ էներգիան: Բայց այն մասերում, որտեղ գդալը հպվում է փաք ջրին, փաք ջրի մոլեկուլները սկսում են իրենց կինետիկ էներգիայի մի մասը փոխադրել գդալի մասնիկներին, և դրանք սկսում են ավելի արագ շարժվել: Ջրի մոլեկուլների կինետիկ էներգիան այդ ընթացքում նվազում է, իսկ գդալի մասնիկների կինետիկ էներգիան՝ մեծանում: Էներգիայի հետ մեկտեղ փոփոխվում է նաև ջերմաստիճանը. ջուրն աստիճանաբար սառչում է, իսկ գդալը՝ փաքանում: Դրանց ջերմաստիճանների փոփոխությունը շարունակվում է մինչև այն պահը, երբ և՛ ջուրը, և՛ գդալն ունենում են նույն ջերմաստիճանը:

Ջերմափոխանակության ժամանակ մի մարմնից մյուսին հաղորդվող ներքին էներգիայի մասը նշանակվում է Q փառով և կոչվում է **ջերմաքանակ:**

Ջերմաքանակը պետք է շփոթել ջերմաստիճանի հետ: Ջերմաստիճանը չափվում է աստիճաններով, իսկ ջերմաքանակը (ինչպես էներգիայի ցանկացած փոխանակություն)՝ ջոուլներով:

Տարբեր ջերմաստիճաններ ունեցող մարմինների հպման դեպքում փաք մարմինը որոշ քանակության ջերմություն է փոխադրում իսկ սառը մարմինը ստանում է այն:

Այսպիսով՝ գոյություն ունի ներքին էներգիայի փոփոխման երկու եղանակ. 1) *աշխատանքի կատարում* և 2) *ջերմափոխանակություն*: Այս եղանակներից առաջինի իրականացման դեպքում մարմնի ներքին էներգիան փոփոխվում է կատարված A աշխատանքի մեծության չափով, իսկ երկրորդ եղանակի դեպքում՝ հաղորդվող Q ջերմաքանակի չափով:

Ներաբերքական է, որ դիտարկված երկու եղանակներն էլ կարող են հանգեցնել միանման արդյունքի: Ուստի, վերջնական արդյունքով հնարավոր է որոշել, թե՛ հարկապես որ եղանակով է այն ձեռք բերվել: Այսպես՝ սեղանի վրայից վերցնելով պողպատե փաք շյուղը՝ մենք չենք կարող ասել,

թե որ եղանակով են այն տաքացրել՝ շփման, թե՛ տաք մարմնի հետ համան միջոցով: Սկզբունքորեն կարող է լինել և՛ մեկը, և՛ մյուսը:

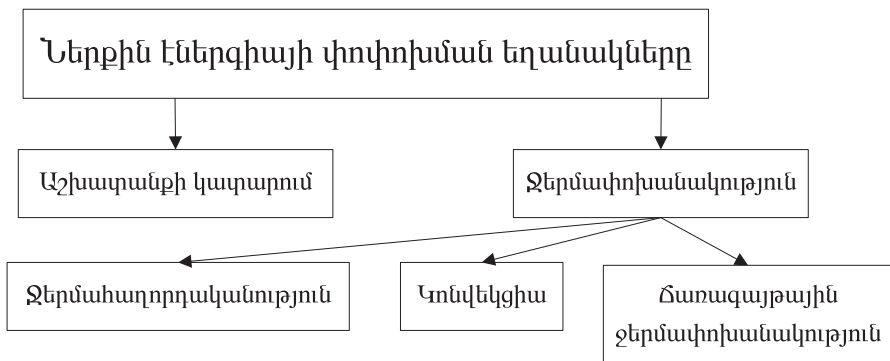
Նարցեր

1. Նշե՛ք մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխման երկու եղանակները:
2. Բերե՛ք մարմնի նկատմամբ աշխարանք կատարելու միջոցով նրա ներքին էներգիայի մեծացման օրինակներ:
3. Բերե՛ք ջերմափոխանակության եղանակով մարմնի ներքին էներգիայի մեծացման և փոքրացման օրինակներ:
4. Ի՞նչ է ջերմաքանակը: Ի՞նչ տառով է այն նշանակվում:
5. Ի՞նչ միավորով է չափվում ջերմաքանակը:
6. Ի՞նչ եղանակներով կարելի է կրակ ստանալ:
7. Ե՛րբ է սկսվել լուցկու արտադրությունը:

Փորձարարական առջադրանք: Մերադադրամբ կամ փայլաթիթեղը սեղմե՛ք սրվարաթղթին կամ փախարակին: Սկզբում 10, հետո 20 և այդպես շարունակ մեկ այս, մեկ այն կողմ շարժումներ անելով՝ ուշադրություն դարձրե՛ք, թե շփման ընթացքում ինչ է կատարվում մարմինների ջերմաստիճանի հետ: Ինչպե՛ս է կախված մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը կատարված աշխարանքի մեծությունից:

§ 33. Ջերմափոխանակության տեսակները

Մարմնի ներքին էներգիան կարելի է փոփոխել երկու եղանակով՝ աշխարանք կատարելով և ջերմափոխանակությամբ: Ջերմափոխանակությունը



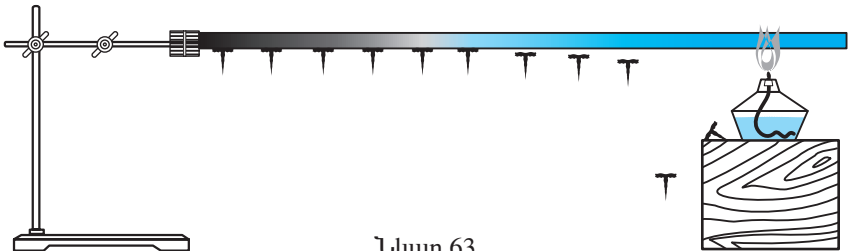
կարող է տարբեր ձևերով իրականացվել: Տարբերում են ջերմափոխանակության երեք տեսակ՝ ջերմահաղորդականություն, կոնվեկցիա և ճառագայթային ջերմափոխանակություն:

1. **Ջերմահաղորդականությունը** ջերմափոխանակության տեսակ է, որի ժամանակ տեղի է ունենում էներգիայի անմիջական փոխանցում մարմնի ավելի տաքացած մասի մասնիկներից նրա պակաս տաքացած մասի մասնիկներին: Ջերմահաղորդականության դեպքում նյութն ինքը մարմնի երկայնքով չի տեղաշարժվում, տեղափոխվում է միայն էներգիան:

Դիմենք հետևյալ փորձին: Ամրակալանին պղնձե հասար մեքաղալար ամրացնենք, իսկ մեքաղալարին մոմով (կամ պլաստիլինով) մի քանի մեխեր կպցնենք (նկ. 63): Մեքաղալարի մյուս ծայրը սպիրտայրոցի բոցով տաքացնելիս մոմը հալչում է, և մեխերն աստիճանաբար պոկվում են մեքաղալարից: Ընդ որում, սկզբում ընկնում են նրանք, որոնք ավելի մոտ են կրակի բոցին, հետո հերթականությամբ մյուս բոլորը: Սա բացատրվում է հետևյալ կերպ:

Սկզբում մեծանում է մեքաղի այն մասնիկների շարժման արագությունը, որոնք մոտ են կրակին: Այդ մասում մեքաղալարի ջերմաստիճանը բարձրանում է: Այդ մասնիկների և դրանց հարևանությամբ գտնվող մասնիկների փոխազդեցության ժամանակ վերջիններիս արագությունը նույնպես մեծանում է, ինչի արդյունքում բարձրանում է մեքաղալարի այդ հատվածի ջերմաստիճանը: Այնուհետև մեծանում է հաջորդ մասնիկների արագությունը և այդպես շարունակ, մինչև որ տաքանում է ամբողջ մեքաղալարը:

Տարբեր նյութեր տարբեր ջերմահաղորդականություն ունեն. մի քանիսինը ավելի մեծ է, մյուսներինը՝ ավելի փոքր: Մեր կենսափորձից գիտենք, որ եթե ձեռքերս վերցնենք երկաթյա որևէ իր (ասենք՝ մեխ) և սկսենք տաքացնել կրակի վրա, ապա այն չենք կարողանա ձեռքում երկար պահել: Եվ հակառակը, վառվող լուցկին կարող ենք պահել այնքան ժամանակ, քանի դեռ



Նկար 63

կրակի բոցը չի հասել մեր ձեռքին: Սա նշանակում է, որ փայտն ավելի փոքր ջերմահաղորդականություն ունի, քան երկաթը:

Առավել մեծ ջերմահաղորդականությամբ օժտված են մետաղները, հատկապես արծաթը և պղինձը: Նեղուկների (բացառությամբ հալեցրած մետաղների) ջերմահաղորդականությունը փոքր է: Գազերինն ավելի փոքր է, քանի որ դրանց մոլեկուլներն անհամեմատ ավելի հեռու են գտնվում իրարից, և էներգիայի փոխանցումը մի մասնիկից մյուսին դժվարությամբ է կատարվում:

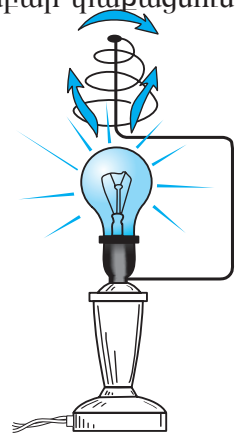
Եթե փարբեր նյութերի ջերմահաղորդականությունները համեմատենք պղնձի ջերմահաղորդականության հետ, ապա կպարզվի, որ երկաթինը փոքր է մոտ 5 անգամ, ջրինը՝ 658, ծակոտկեն աղյուսինը՝ 840, նոր եկած ձյանը՝ գրեթե 4000 անգամ, բամբակինը, փայտի սղոցուկինը և ոչխարի մորթունը՝ գրեթե 10000 անգամ, իսկ օդի ջերմահաղորդականությունը փոքր է մոտավորապես 20000 անգամ:

Բրդի, բմբուլի, մորթու վապ ջերմահաղորդականությունը (որը պայմանավորված է նրանց մանրաթելերի միջև օդի առկայությամբ) թույլ է փալիս կենդանու մարմնին պահպանել օրգանիզմի սրտեղծած էներգիան և այդպիսով խուսափել սառչելուց: Ցրտից պաշտպանում է նաև ճարպի շերտը, որն առկա է լողացող թռչունների, կետերի, ծովափղերի, փոկերի և մի քանի այլ կենդանիների մոտ:

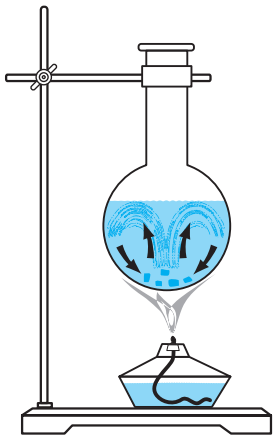
2. **Կոնվեկցիան** ջերմափոխանակությունն է հեղուկ և գազային միջավայրերում, որն իրականացվում է նյութի հոսքերով (կամ շիթերով):

Բոլորին է հայտնի, որ հեղուկները և գազերը սովորաբար տաքացնում են փակից: Ջրով թեյնիկը դնում են կրակին, ջեռուցման մարկոցները տեղադրում են պատուհանների փակ: Պատահականությո՞ւն է դա:

Ձեռքը պահելով փաթ սալօջախի կամ վառվող լամպի վրա՝ մենք զգում ենք, որ սալօջախից կամ լամպից վեր են բարձրանում օդի փաթ հոսանքներ: Այդ հոսանքները կարող են պտտել լամպի վերևում տեղադրված ոչ մեծ թղթե պտտանը (նկ. 64): Որտեղի՞ց են առաջանում այդ հոսանքները:



Նկար 64

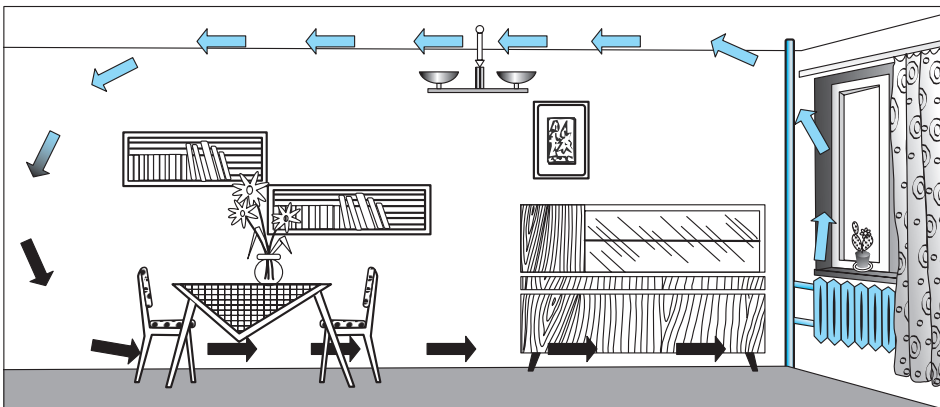


Նկար 65

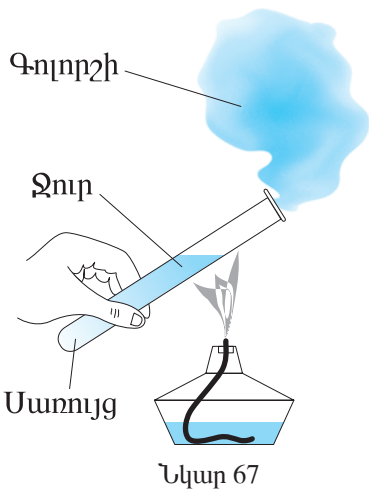
Օդի այն մասը, որ սահմանակից է սալօջախին կամ լամպին, տաքանում է և դրա հեղուկացող ընդարձակվում: Նրա խտությունը դառնում է ավելի փոքր, քան իրեն շրջապատող (ավելի սառը) միջավայրինը, և արքիմեդյան ուժի ազդեցությամբ այն սկսում է բարձրանալ վեր: Նրա տեղը ներքևում զբաղեցնում է սառը օդը: Որոշ ժամանակ անց օդի այս շերտը տաքանալով նույնպես բարձրանում է վեր՝ իր տեղը զիջելով օդի հաջորդ բաժնին և այդպես շարունակ: Սա էլ հենց կոնվեկցիան է:

Նույն կերպ է էներգիան տեղաշարժվում նաև հեղուկների տաքացման ժամանակ: Տաքացնելիս հեղուկի շերտերի տեղաշարժը դիտելու համար ջրով լի ապակե փորձանոթի մեջ ներկանյութի (ասենք, կալիումի պերմանգանատի) բյուրեղիկ են գցում և փորձանոթը դնում կրակի վրա: Որոշ ժամանակ անց ջրի ներքին շերտերը, որոնք կալիումի պերմանգանատի պատճառով ներկվել են մանուշակագույն, սկսում են բարձրանալ վերև (նկ. 65): Դրանց տեղը զբաղվում է սառը ջուրը, որը տաքանալով նույնպես բարձրանում է վեր և այսպես շարունակ: Աստիճանաբար ամբողջ ջուրը տաքանում է: Կոնվեկցիայի շնորհիվ է տաքանում նաև մեր բնակարանների օդը (նկ. 66):

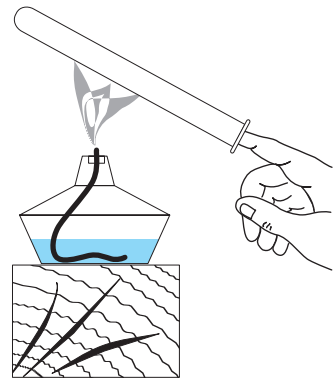
Կտաքանա՞ն, արդյոք, օդը և հեղուկները, եթե դրանք տաքացնենք վերևից: Կրկին դիմենք փորձին: Փորձասրվակի մեջ մի կտոր սառույց դնենք, դրա վրա տեղադրենք մեքսադե մանեկ և անոթի մեջ սառը ջուր լցնենք:



Նկար 66



Նկար 67



Նկար 68

Սրվակը վերևից փաթագնելիս կարելի է ջրի վերին շերտերը հասցնել եռման աստիճանի (նկ. 67), մինչդեռ ջրի ստորին շերտերը սառը կմնան (և անգամ սառույցը չի հալվի): Սա բացատրվում է նրանով, որ փաթագման այս եղանակի դեպքում կոնվեկցիա չի կատարվում: Տաքացած շերտերը բարձրանալու փող չունեն. դրանք առանց այդ էլ վերևում են: Իսկ ստորին (սառը) շերտերը այդպես էլ կմնան ներքևում: Ճիշտ է, ջուրը կարող է փաթանալ ջերմահաղորդականության շնորհիվ, սակայն այն շատ թույլ է, այնպես որ, երկար պեպք է սպասել, որ դա փողի ունենա:

Նույն ձևով կարելի է բացատրել, թե ինչու չի փաթանում նկ. 68-ում պարկերված փորձասրվակում գտնվող օդը: Տաքանում է միայն նրա վերին մասը, իսկ ստորին մասը մնում է սառը:

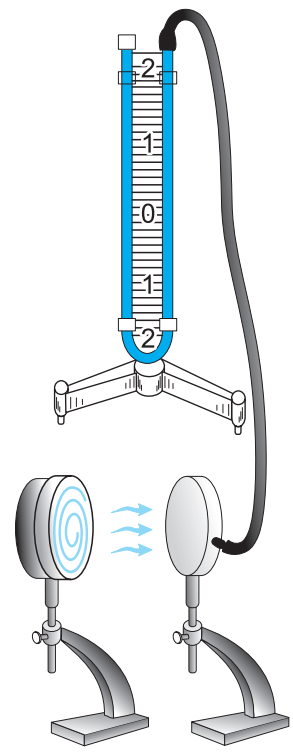
Նկ. 67-ում և 68-ում պարկերված փորձերը ոչ միայն ապացուցում են, որ հեղուկներն ու գազերը պեպք է փաթացնել ներքևից, այլև որ դրանք վար ջերմահաղորդականություն ունեն:

3. Ճառագայթային ջերմափոխանակությունը այն ջերմափոխանակությունն է, որի դեպքում էներգիան փողափոխվում է փարթեր ճառագայթների միջոցով: Դրանք կարող են լինել արեգակնային ճառագայթները, ինչպես նաև մեր շուրջը գտնվող փաթացած մարմիններից առաքվող ճառագայթները:

Այսպես, օրինակ՝ վառարանի կամ խարույկի մոտ նստելիս զգում ենք, թե ինչպես է ջերմությունը կրակից փոխանցվում մեր մարմնին: Սակայն

այսպիսի ջերմափոխանցման պատճառով ոչ ջերմահաղորդականությունն է (քանի որ կրակի և մեր մարմնի միջև գտնվող օդի ջերմահաղորդականությունը շատ փոքր է) և ոչ էլ կոնվեկցիան (քանի որ կոնվեկցիոն հոսանքները միշտ ուղղված են լինում դեպի վեր): Այսպես գործում է ջերմափոխանակության երրորդ տեսակը՝ ճառագայթային ջերմափոխանակությունը:

Վերցնենք ջերմարևոտնիչը: Սա շրջանաձև փափակ փուփի տեսքով սարք է, որի մի երեսը հայելու պես փայլեցված է, իսկ մյուսը պատված է սև անփայլ ներկով: Տուփի ներսում օդ կա, որը կարող է դուրս գալ հատուկ անցքի միջով: Ջերմարևոտնիչը միացնենք հեղուկային մանոմետրին (նկ. 69) և ջերմարևոտնիչին մոտեցնենք էլեկտրական սալիկ կամ բարձր ջերմաստիճանի տաքացված մետաղի կտոր: Կտեսնենք, որ մանոմետրի հեղուկի սյունը տեղաշարժվում է: Բայց սա նշանակում է, որ ջերմարևոտնիչում գտնվող օդը տաքացել և ընդարձակվել է: Ջերմարևոտնիչի օդի տաքացումը կարելի է բացատրել միայն տաքացրած մարմնից նրան էներգիայի փոխանցմամբ: Ի՞նչ ձևով փոխանցվեց էներգիան: Պարզ է, որ ոչ ջերմահաղորդականության եղանակով, քանի որ տաքացված մարմնի և ջերմարևոտնիչի միջև օդ կա, որը փոքր ջերմահաղորդականությամբ է օժտված: Այսպես կոնվեկցիա էլ տեղի չի ունեցել, քանի որ ջերմարևոտնիչը գտնվում է ոչ թե տաքացված մարմնի վերևում, այլ կողքին: Տվյալ դեպքում էներգիան փոխանցվել էր տաքացված մարմնից արձակված անտեսանելի ճառագայթների շնորհիվ: Այդ ճառագայթներն անվանում են *ջերմային ճառագայթում*:



Նկար 69

Ջերմային ճառագայթման (տեսանելի կամ անտեսանելի) շնորհիվ է Երկրին փոխանցվում Արեգակի էներգիան: Ջերմափոխանակության այս տեսակի առանձնահատկությունն այն է, որ այն կարող է իրականանալ նաև անօդ տարածության միջով:

Ջերմային ճառագայթում են առաքում բոլոր մարմինները՝ էլեկտրական սալիկը, լամպը, հողը, թեյով բաժակը, մարդու մարմինը և այլն: Սակայն

ցածր ջերմաստիճան ունեցող մարմինների մոտ այն թույլ է: Եվ հակառակը, ինչքան բարձր է մարմնի ջերմաստիճանը, այնքան շարք էներգիա է նա հաղորդում ճառագայթման ճանապարհով:

Երբ ճառագայթումը, փարածվելով աղբյուր հանդիսացող մարմնից, հասնում է այլ մարմինների, ապա նրա մի մասն անդրադառնում է, իսկ մի մասը կլանվում է նրանց կողմից: Կլանման ժամանակ ջերմային ճառագայթման էներգիան վերածվում է մարմինների ներքին էներգիայի, և դրանք տաքանում են:

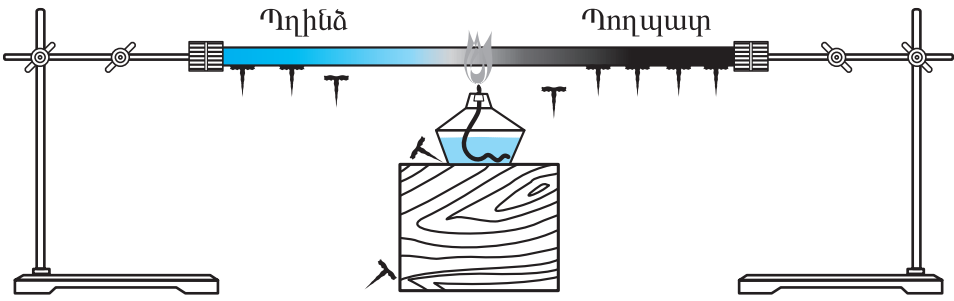
Մարմինների բաց և մուգ գույնի մակերևույթները ճառագայթումը փարբեր կերպ են կլանում: Եթե ջերմաընդունիչը (նկ. 69) ճառագայթող մարմնին ուղղենք նախ սև, ապա փայլեցրած մակերևույթով, ապա մանոմետրի հեղուկի սյունն առաջին դեպքում ավելի մեծ չափով կտեղաշարժվի, քան երկրորդ դեպքում: Սա ցույց է տալիս, որ մուգ մակերևույթ ունեցող մարմինն ավելի լավ է կլանում էներգիան (հեղևաբար ավելի շարք է տաքանում), քան բաց գույնի կամ հայելային մակերևույթով մարմինը:

Մուգ մակերևույթ ունեցող մարմինները ոչ միայն ավելի լավ են կլանում, այլև ավելի լավ են ճառագայթում էներգիան: Ավելի շարք ճառագայթելով՝ նրանք ավելի արագ են սառչում: Օրինակ՝ մուգ թեյնիկում տաք ջուրն ավելի արագ է սառչում, քան բաց գույնի թեյնիկում:

Ճառագայթվող էներգիան փարբեր կերպ կլանելու ունակությունը լայն կիրառում է գրել փեխնիկայում: Օրինակ՝ օդապարիկները և ինքնաթիռների թևերը շարք հաճախ ներկում են արծաթագույն ներկով, որպեսզի դրանք ավելի քիչ տաքանան արեգակնային ճառագայթներից: Իսկ եթե անհրաժեշտ է օգտագործել արեգակնային էներգիան (օրինակ՝ արհեստական արբանյակների վրա փեղաղրված որոշ սարքերի տաքացման նպատակով), ապա այդ սարքավորումները ներկում են մուգ գույնով:

Նարցեր

1. Թվարկել՝ ջերմափոխանակման տեսակները:
2. Ի՞նչ է ջերմահաղորդականությունը: Ո՞ր մարմինների ջերմահաղորդականությունն է լավ, որո՞նցը՝ վատ:
3. Ի՞նչ եք կարծում, ի՞նչ է ցույց տալիս նկ. 70-ում պատկերված փորձը:



Նկար 70

4. Ի՞նչ է կոնվեկցիան:
5. Ինչո՞ւ են հեղուկներն ու գազերը փաթացնում ներքևից:
6. Ինչո՞ւ կոնվեկցիան հնարավոր չէ պինդ մարմիններում:
7. Ջերմափոխանակման ո՞ր տեսակը կարող է իրականանալ անօդ փաթածությունում:
8. Ի՞նչ կառուցվածք ունի ջերմաընդունիչը:
9. Ո՞ր մարմիններն են ավելի լավ, և որո՞նք են ավելի վատ կլանում ջերմային ճառագայթման էներգիան:
10. Ի՞նչու բաց գույնի թեյնիկում փաթ ջուրն ավելի ուշ է սառչում, քան մուգ թեյնիկում:

Փորձարարական առաջադրանքներ: 1. Լինելով փանր, փողոցում կամ փրանսպորտում՝ սրուզե՛ք, թե շոշափելիս որ առարկաներն են թվում ավելի սառը: Ի՞նչ կարող եք ասել դրանց ջերմահաղորդականության մասին: Ձեր դիտարկումների հիման վրա կազմե՛ք նյութերի անվանումների շարքը՝ դրանց ջերմահաղորդականության աճմանը համապատասխան: 2. Միացրեք էլեկտրական լամպը և ձեր ձեռքը մոտեցրե՛ք դրան (առանց լամպին հպվելու): Ի՞նչ եք գգում: Տվյալ դեպքում ջերմափոխանակման ո՞ր տեսակն է տեղի ունենում: 3. Տաքացնո՞ւմ է, արդյոք, մուշտակը: Դա պարզելու համար վերցրե՛ք ջերմաչափը և հիշելով նրա ցուցմունքը՝ փաթաթե՛ք մուշտակով: Կես ժամից հանեք այն: Փոխվե՛լ է, արդյոք, ջերմաստիճանի ցուցմունքը: Ինչո՞ւ:

§ 34. Ջերմափոխանակության օրինակներ բնության մեջ և փրենսիկայում

1. **Քամիները:** Մթնոլորտում եղած բոլոր քամիներն իրենցից հսկայական մասշտաբի կոնվեկցիոն հոսանքներ են ներկայացնում: Կոնվեկցիայով են, օրինակ՝ բացափրվում առափնյա գեփյուռները՝ ծովերի և մեծ լճերի ափերին գոյացող գիշերային և ցերեկային քամիները:

Ամռան օրերին ցամաքն արևի կողմից ավելի արագ է փաթանում, քան ջուրը, ուստի և ցամաքի վրա օդն ավելի շատ է փաթանում, քան ջրի վրա: Այդ դեպքում ցամաքի վրայի օդն ընդարձակվում է, ինչի պատճառով նրա ճնշումը դառնում է ավելի փոքր, քան ծովի վրա եղած սառը օդի ճնշումը: Արդյունքում, ինչպես հաղորդակից անոթներում, սառը օդը ծովից (որտեղ ճնշումը մեծ է) փրենսիկայում է ափ (որտեղ ճնշումն ավելի փոքր է): Սա ցերեկային գեփյուռն է:

Գիշերը ջուրն ավելի դանդաղ է սառչում, քան ցամաքը, և ցամաքի վրայի օդն ավելի սառն է դառնում, քան ջրի վրայինը: Այժմ ավելի բարձր ճնշումը լինում է ցամաքի վրա, և դրա համար էլ օդը սկսում է շարժվել ափից դեպի ծով: Սա գիշերային գեփյուռն է:

2. **Քարշում:** Մենք գիտենք, որ առանց թարմ օդի հոսքի վառելիքի այրումն անհնար է: Եթե հնոցի կամ վառարանի մեջ օդ չմտնի, այրումը կդադարի: Այրմանը նպաստելու նպատակով հաճախ օգտագործում են օդի բնական հոսքը՝ քարշումը: Դրա համար այն մասի վրա, որտեղ վառելիքն է այրվում, խողովակ են փրենսիկայում: Տաքանալով օդն ընդարձակվում է, իսկ ճնշումը հնոցում և խողովակում դառնում է ավելի փոքր, քան արտաքին օդի ճնշումը: Ճնշումների փարբերության հետևանքով սառը օդը դրսից ուղղվում է հնոցը, իսկ փաքը խողովակով վեր է բարձրանում: Սա էլ հենց քարշումն է:

Խողովակի բարձրությունը մեծացնելիս քարշումն ուժեղանում է, քանի որ որքան բարձր է հնոցի վրա դրված խողովակը, այնքան մեծ է դրսի և խողովակի միջի օդի ճնշումների փարբերությունը:

3. **Ջրաջեռուցում:** Երկրագնդի բարեխառն և սառը գոտիների երկրների բնակիչները հարկադրված են ցուրտ եղանակին փաթացնելու իրենց բնակարանները: Բնակելի փարածքներում մարդու համար առավել բարենպաստ

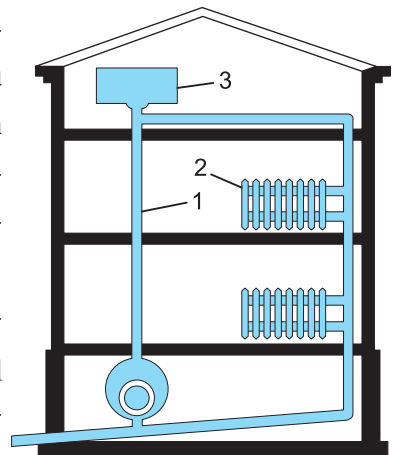
է օդի 18-20 °C ջերմաստիճանը: Այդ ջերմաստիճանը պահպանելու համար բազմաթիվ փնտրում կիրառում են ջրաջեռուցումը:

Կենտրոնական ջեռուցման համակարգերում ջրի տաքացումը տեղի է ունենում ջեռուցվող շենքի սահմաններից դուրս (կաթսայատներում կամ ջերմաէլեկտրակայաններում՝ ջէկ-երում): Ջեռուցիչից տաք ջուրը խողովակաշարով հասնում է շենք: Այսպես (նկ. 71) այն (1) գլխավոր կանգնուկով բարձրանում է վերև, այնպեղից խողովակներով մտնում է (2) ջեռուցման սարքերի (ռադիատորների) մեջ: Երբ ջուրը դրանց մեջ սառչում է, վերադառնում է ներքև և հասնում ջեռուցիչին: Այսպես իրականացվում է ամբողջ համակարգում ջրի անդադար շրջապտույտը: Փոքր շինություններում այդ շրջապտույտը առաջանում է շնորհիվ բնական կոնվեկցիայի, իսկ քաղաքային մեծ փնտրում այն տեղի է ունենում հատուկ պոմպերի աշխատանքի շնորհիվ (արհեստական կամ հարկադրական կոնվեկցիա):

Տաքացվող հեղուկի ընդարձակման դեպքում ճնշման մեծացման պատճառով ջեռուցման համակարգում հնարավոր վթարները կանխելու նպատակով (1) գլխավոր կանգնուկին միացնում են ընդարձակման (3) բաբը:

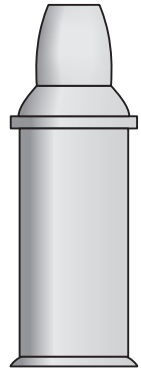
4. **Թերմոս:** Ավելի շատ տաքացած մարմնից ջերմության փոխանցումն ավելի սառը մարմնին հանգեցնում է դրանց ջերմաստիճանների հավասարեցմանը: Այդ պատճառով, օրինակ, գազօջախից վերցրած տաք թեյնիկը, շփվելով իրեն շրջապատող օդի հետ, որոշ ժամանակ հետո սառչում է: Մարմնի սառեցմանը (կամ տաքացմանը) խոչընդոտելու համար անհրաժեշտ է կանխել հնարավոր ջերմափոխանակությունը, ընդ որում նրա բոլոր երեք դրսևորումներով (կոնվեկցիա, ջերմահաղորդականություն և ճառագայթում): Դրան կարելի է հասնել մարմինը հատուկ Դյուարի անոթի մեջ տեղադրելու միջոցով: Այն հայտնագործել է անգլիացի գիտնական Ջեյմս Դյուարը 1892 թվականին:

Դյուարի անոթները սկզբում օգտագործվում էին միայն արագ գոլորշացող հեղուկ գազերը (ասենք՝ հեղուկ հելիումը) պահպանելու համար: Ներագայում դրանք սկսեցին



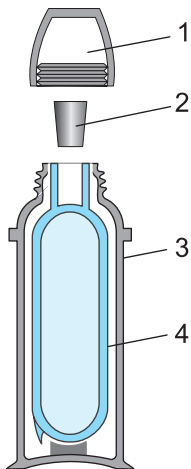
Նկար 71

գործածվել կենցաղային նպատակներով, այն է՝ դրանց մեջ տեղադրվող սննդամթերքը անփոփոխ ջերմաստիճանում պահելու համար: Դյուարի այսպիսի անոթները սկսեցին կոչվել *թերմոսներ* (նկ. 72):



Նկար 72

Նեղուկներ պահելու համար նախատեսված թերմոսի կառուցվածքը ցուցադրված է նկ. 73-ում: Այն կազմված է կրկնակ պատեր ունեցող ապակե 4 անոթից: Այդ պատերի ներքին մակերևույթը պատված է փայլուն մետաղական շերտով, իսկ պատերի միջի տարածությունից օդը հանված է: Թերմոսի ապակե իրանը վնասվելուց պաշտպանելու համար այն տեղադրում են սրվարաթղթե կամ մետաղե (3) պատյանի մեջ: Անոթը ամուր փակում են (2) խցանով, իսկ պատյանը վերևի մասում փակում են պտուտակավոր (1) կափարիչով:



Նկար 73

Թերմոսն այնպես է պատրաստված, որ նրա պարունակության և շրջապատող միջավայրի ջերմափոխանակությունը հասցվի նվազագույնի: Նրա պատերի միջև օդի բացակայությունը խոչընդոտում է կոնվեկցիայի կամ ջերմահաղորդականության եղանակներով էներգիայի հաղորդումը, իսկ թերմոսի ներքին մակերևույթի փայլուն շերտը խանգարում է ճառագայթման միջոցով էներգիայի փոխանցմանը:

Նարցեր

1. Ինչո՞ւ է ցերեկային գեփյուռը փչում ծովից ցամաք ուղղությամբ, իսկ գիշերայինը՝ ցամաքից դեպի ծով:
2. Ինչի՞ արդյունքում է առաջանում քարշումը:
3. Ի՞նչ կառուցվածք ունի ջրաջեռուցման համակարգը:
4. Բացատրե՛ք թերմոսի կառուցվածքը: Ինչի՞ հաշվին է հնարավոր լինում նրանում նվազեցնել ջերմափոխանակությունը: Ինչո՞ւ է տաք սնունդը թերմոսում ի վերջո սառչում:

§ 35. Ներքին էներգիայի փոփոխության հաշվարկը

Մենք գիտենք, որ մարմնի ներքին էներգիան կարելի է փոփոխել երկու եղանակով՝ աշխատանք կատարելով և ջերմափոխանակության միջոցով: Այս եղանակներից առաջինի կիրառման դեպքում մարմնի ներքին էներգիան փոփոխվում է կատարված աշխատանքի A մեծության չափով, իսկ երկրորդի դեպքում՝ փոխանցված ջերմության Q քանակին հավասար մեծությամբ:

Մարմնի սկզբնական ներքին էներգիան նշանակենք U_1 -ով, իսկ վերջնականը (փոփոխումից հետո)՝ U_2 -ով: Այդ դեպքում մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը հավասար կլինի $U_2 - U_1$ փարբերությանը: Ֆիզիկական ցանկացած մեծության փոփոխությունը ֆիզիկայում ընդունված է նշանակել հունական Δ (դելտա) տառով: Նեպեսաբար կարող ենք գրել.

ΔU -ն ներքին էներգիայի փոփոխությունն է,

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Ներքին էներգիայի փոփոխությունը կարող է արտահայտվել ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական մեծությամբ.

1) եթե մարմնի ներքին էներգիան մեծանում է, ապա $U_2 > U_1$ և, հեպեսաբար, $\Delta U > 0$,

2) եթե մարմնի ներքին էներգիան նվազում է, ապա $U_2 < U_1$ և, հեպեսաբար, $\Delta U < 0$:

Մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխության եղանակից (աշխատանքի կատարման կամ ջերմափոխանակության) կախված՝ այդ փոփոխությունը կարելի է հաշվել երկու եղանակով.

$$\Delta U = A - \text{աշխատանքի կատարման դեպքում,} \quad (35.1)$$

$$\Delta U = Q - \text{ջերմափոխանակության դեպքում:} \quad (35.2)$$

(35.1) հավասարումը կիրառելիս հարկավոր է հիշել, որ նրա աջ կողմում գտնվում է մարմնի վրա ազդող *արտաքին ուժերի* կատարած աշխատանքը: Մարմնի կատարած $A_{\text{մարմնի}}$ աշխատանքը փարբերվում է դրանից միայն նշանով.

$$A_{\text{մարմնի}} = -A$$

Ջերմաքանակը՝ Q -ն, նույնպես կարող է լինել դրական կամ բացասական.

1) եթե մարմնի ներքին էներգիան մեծանում է ջերմափոխանակության ընթացքում, ապա $Q > 0$ (մարմինը ջերմաքանակ է սրանում),

2) եթե մարմնի ներքին էներգիան նվազում է ջերմափոխանակության ընթացքում, ապա $Q < 0$ (մարմինը ջերմաքանակ է հաղորդում):

Ընդհանուր դեպքում մարմնի (կամ մարմինների համակարգի) ներքին էներգիան կարող է փոփոխվել միաժամանակ երկու եղանակով՝ աշխարանքի կատարման և ջերմափոխանակության միջոցով: Այդ դեպքում ներքին էներգիայի փոփոխությունը հաշվելու համար օգտագործում են հետևյալ հավասարումը.

$$\Delta U = A + Q \quad (35.3)$$

Նամաձայն այս հավասարման՝ *համակարգի ներքին էներգիայի փոփոխությունը հավասար է արդարքին ուժերի կատարած աշխարանքի և համակարգի սրացած ջերմաքանակի գումարին:*

Նարցեր

1. Ինչպե՞ս են նշանակվում մարմնի ներքին էներգիան և մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը:
2. Ո՞ր դեպքում է մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը դրական մեծություն և ո՞ր դեպքում՝ բացասական:
3. Ի՞նչ նշան ունի. ա) մարմնի սրացած ջերմաքանակը, բ) մարմնի տված ջերմաքանակը: Ինչո՞ւ:
4. Գրե՛ք այն բանաձևը, որով հաշվում են ջերմափոխանակության ընթացքում մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը:
5. Գրե՛ք այն բանաձևը, որով հաշվում են մարմնի նկատմամբ աշխարանք կատարելու շնորհիվ նրա ներքին էներգիայի փոփոխությունը:
6. Ի՞նչ բանաձևով են հաշվում մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխությունը ընդհանուր դեպքում:

§ 36. Տեսակարար ջերմունակություն

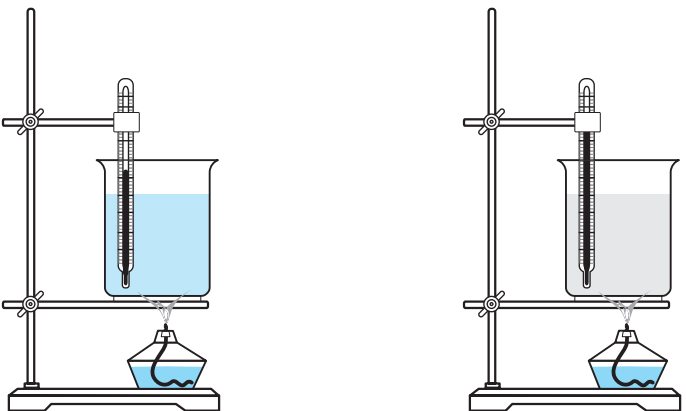
Կատարենք հետևյալ փորձը: Վերցնենք միանման երկու անոթ, մեկի մեջ լցնենք 400 գ ջուր, մյուսի մեջ՝ 400 գ ձեթ և սկսենք դրանք տաքացնել միանման այրոցների վրա (նկ. 74): Նկատելով ջերմաչափերի ցուցմունքներին՝ մենք նկատում ենք, որ ձեթն ավելի արագ է տաքանում: Ջուրը և ձեթը մինչև միևնույն ջերմաստիճանը տաքացնելու համար ջուրը պետք է ավելի երկար տաքացնել: Բայց ինչքան երկար ենք տաքացնում ջուրը, այնքան ավելի մեծ քանակությամբ ջերմություն է նա ստանում այրոցից:

Այսպիսով՝ միևնույն զանգվածով տարբեր նյութեր մինչև նույն ջերմաստիճանը տաքացնելու համար տարբեր քանակությամբ ջերմություն է պահանջվում: *Մարմնի տաքացման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կախված է մարմնի նյութի տեսակից:*

Այսպես, օրինակ՝ 1 կգ ջրի ջերմաստիճանը 1°C -ով բարձրացնելու համար պահանջվում է 4200 Ջ ջերմաքանակ, իսկ նույն զանգվածով արևածաղկի ձեթը 1°C -ով տաքացնելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կազմում է 1700 Ջ:

Ֆիզիկական այն մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե ինչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ նյութի 1 կգ-ը 1°C -ով տաքացնելու համար, կոչվում է այդ նյութի **տեսակարար ջերմունակություն**:

Յուրաքանչյուր նյութ իր տեսակարար ջերմունակությունն ունի: Այն նշանակվում է լատինական *c* տառով և չափվում է ջոուլը բաժանած կիլոգրամ անգամ աստիճանով ($\text{Ջ}/(\text{կգ }^{\circ}\text{C})$).



Նկար 74

Որոշ նյութերի տեսակարար ջերմունակությունները կարելի է գտնել աղյուսակ 8-ում:

Աղյուսակ 8

Մի քանի նյութերի տեսակարար ջերմունակությունը, Ջ/(կգ °C)

Ոսկի	130	Գրաֆիտ	750
Սնդիկ	140	Լարդրապոր ապակի	840
Կապար	140	Աղյուս	880
Անագ	230	Ալյումին	920
Արծաթ	250	Արևածաղկի ձեթ	1700
Պղինձ	400	Սառույց	2100
Ցինկ	400	Կերոսին	2100
Արույր	400	Եթեր	2350
Երկաթ	460	Փայտ (կաղնու)	2400
Պողպատ	500	Սպիրտ	2500
Թուջ	540	Ջուր	4200

Աղյուսակից, օրինակ, երևում է, որ կապարի տեսակարար ջերմունակությունը հավասար է 140 Ջ/(կգ °C): Այս թիվը ցույց է տալիս, որ 1 կգ կապարը 1 °C-ով տաքացնելու համար պահանջվում է 140 Ջ-ին հավասար ջերմաքանակ: Եվ նույն (ըստ մոդուլի) ջերմաքանակը կանջարվի 1 կգ կապարը 1 °C-ով սառչելու դեպքում:

Ագրեգատային տարբեր վիճակներում (պինդ, հեղուկ, գազային) միևնույն նյութի տեսակարար ջերմունակությունը տարբեր է: Այսպես՝ ջրի տեսակարար ջերմունակությունը 4200 Ջ/(կգ °C) է, իսկ սառույցինը՝ 2100 Ջ/(կգ °C), պինդ վիճակում ալյումինի տեսակարար ջերմունակությունը 920 Ջ/(կգ °C) է, իսկ հեղուկ վիճակում՝ 1080 Ջ/(կգ °C):

Նկատենք, որ ջուրը խիստ մեծ տեսակարար ջերմունակություն ունի (տես աղ. 8): Ուստի, օվկիանոսների և ծովերի ջուրը, ամռանը տաքանալով, օդից մեծ քանակությամբ ջերմություն է կլանում: Շնորհիվ դրա այն վայրերում, որոնք մեծ ջրամբարների մոտ են գտնվում, ամառն այդքան շոգ չի լինում, ինչպես ջրից հեռու վայրերում:

Նարցեր

1. Նկարագրե՛ք փորձ, որն ապացուցում է, որ մարմնի տաքացման հա-

մար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կախված է այն նյութի տեսակից, որից կազմված է:

2. Ո՞ր մեծությունն են անվանում տեսակարար ջերմունակություն:
3. Թ-դրի տեսակարար ջերմունակությունը հավասար է 1500 Ջ/(կգ °C): Ի՞նչ է դա նշանակում:
4. Ի՞նչ կերպ է ջրի տեսակարար ջերմունակությունն անդրադառնում կլիմայի վրա:

§ 37. Մարմնի տաքացման համար անհրաժեշտ և սառչելիս նրանից անջարվող ջերմաքանակի հաշվարկը

Մարմնի տաքացման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը հաշվելու համար նախ պարզենք, թե ինչ մեծություններից է այն կախված:

Նախորդ պարագրաֆից մենք արդեն գիտենք, որ ջերմաքանակը կախված է այն նյութի տեսակից, որից կազմված է մարմինը (այսինքն՝ տեսակարար ջերմունակությունից)։

Q-ն կախված է c-ից:

Բայց սա դեռ ամենը չէ:

Եթե ուզում ենք թեյնիկի ջուրը տաքացնել այնքան, որ նա պարզապես գոլանա, ապա մենք երկար չենք տաքացնի այն: Իսկ որպեսզի ջուրը շարք տաքանա, մենք ավելի երկար պիտի տաքացնենք այն: Բայց ինչքան երկար ժամանակ թեյնիկը շփվի ջեռուցիչին, այնքան ավելի մեծ քանակությամբ ջերմություն կստանա նրանից: Ներկայումս, ինչքան շարք է փոփոխվում տաքացման ընթացքում մարմնի ջերմաստիճանը, այնքան ավելի մեծ ջերմաքանակ է այն ստանում:

Մարմնի սկզբնական ջերմաստիճանը նշանակենք $t_{սկզբ}$ -ով, իսկ վերջնական ջերմաստիճանը՝ $t_{վերջ}$ -ով: Այդ դեպքում մարմնի ջերմաստիճանի փոփոխությունը կարտահայտվի դրանց տարբերությամբ.

$$\Delta t = t_{վերջ} - t_{սկզբ}.$$

և ջերմաքանակը կախված կլինի այդ մեծությունից.

Q-ն կախված է Δt -ից:

Վերջապես, բոլորին հայտնի է, որ, ասենք, 2 կգ ջուրը փաքացնելու համար ավելի երկար ժամանակ է պահանջվում, քան 1 կգ-ը փաքացնելու համար: Սա նշանակում է, որ մարմնի փաքացման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը կախված է այդ մարմնի զանգվածից.

Q-ն կախված է m-ից:

Այսպիսով՝ ջերմաքանակը հաշվելու համար անհրաժեշտ է իմանալ այն նյութի տեսակարար ջերմունակությունը, որից պարբերաբար կախված է մարմնը, այդ մարմնի զանգվածը և նրա վերջնական ու սկզբնական ջերմաստիճանների փոփոխությունը:

Ենթադրենք՝ պահանջվում է որոշել այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է 5 կգ զանգվածով երկաթն դեպքում փաքացնելու համար այն դեպքում, երբ նրա սկզբնական ջերմաստիճանը հավասար է 20 °C-ի, իսկ վերջնականը պետք է հասցվի 620 °C-ի:

Աղյուսակ 8-ից տեղեկանում ենք, որ երկաթի տեսակարար ջերմունակությունը՝ $c = 460 \text{ Ջ}/(\text{կգ } ^\circ\text{C})$: Սա նշանակում է, որ 1 կգ երկաթը 1 °C-ով փաքացնելու համար պահանջվում է 460 Ջ:

1 °C-ով 5 կգ երկաթը փաքացնելու համար կպահանջվի 5 անգամ ավելի մեծ ջերմաքանակ, այսինքն՝ $460 \text{ Ջ} \times 5 = 2300 \text{ Ջ}$:

Երկաթը ոչ թե 1 °C-ով, այլ $\Delta t = 600 \text{ } ^\circ\text{C}$ -ով փաքացնելու համար կպահանջվի ևս 600 անգամ ավելի ջերմաքանակ, այսինքն՝ $2300 \text{ Ջ} \times 600 = 1\,380\,000 \text{ Ջ}$: Նույնպիսի (ըստ մոդուլի) ջերմաքանակ է անջարվում այդ երկաթը 620 °C-ից 20 °C-ը սառչելիս:

Այսպիսով՝ *մարմնի փաքացման համար անհրաժեշտ կամ սառչելիս նրանից անջարվող ջերմաքանակը գրնելու համար պետք է մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը բազմապատկել նրա զանգվածով և նրա վերջնական ու սկզբնական ջերմաստիճանների փոփոխությամբ.*

$$Q = cm (t_{\text{վերջ.}} - t_{\text{սկզբ.}}):$$

Մարմնի փաքացման դեպքում $t_{\text{վերջ.}} > t_{\text{սկզբ.}}$ և, հետևաբար, $Q > 0$: Մարմնի սառեցման դեպքում $t_{\text{վերջ.}} < t_{\text{սկզբ.}}$ և, հետևաբար, $Q < 0$:

Տարցեր

1. Բերե՛ք օրինակներ, որոնք վկայում են, որ փաթանալիս մարմնի սրագամ ջերմաքանակը կախված է նրա զանգվածից և ջերմաստիճանի փոփոխությունից:
2. Ո՞ր բանաձևով են հաշվում մարմնի փաթացման համար անհրաժեշտ կամ սատչելիս նրանից անջարվող ջերմաքանակը:

§ 38. Ներքին էներգիայի պահպանման օրենքը և ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը

(33.3) հավասարման համաձայն համակարգի ներքին էներգիայի փոփոխությունը հավասար է արտաքին ուժերի աշխատանքի և համակարգի սրացած ջերմաքանակի գումարին.

$$\Delta U = A + Q:$$

Այս հավասարումից հետևում է, որ եթե մարմինների համակարգը մեկուսացնենք արտաքին ներգործությունից, ապա նրա ներքին էներգիան անփոփոխ կմնա՝ անկախ համակարգի ներսում տեղի ունեցող պրոցեսներից:

Իրոք, այդ դեպքում $A = 0$ և $Q = 0$: Ուստի, $\Delta U = 0$: Բայց եթե ներքին էներգիայի փոփոխությունը հավասար է զրոյի, ապա, նշանակում է, ներքին էներգիան հաստատուն մեծություն է:

Այսպիսով՝

Մեկուսացած համակարգում ընթացող ցանկացած պրոցեսների դեպքում նրա ներքին էներգիան անփոփոխ է մնում:

Սա ներքին էներգիայի պահպանման օրենքն է: Մեկուսացած համակարգի ներքին էներգիայի պահպանումը նշանակում է այդ համակարգը կազմող մասնիկների հավերժական ջերմային շարժում:

Ներքին էներգիայի պահպանման օրենքը կիրառենք փարբեր ջերմաստիճաններ ունեցող երկու մարմնից բաղկացած փակ համակարգի համար: Այս

մարմինների հայման դեպքում նրանց միջև ջերմափոխանակություն կսկսվի: Ջերմափոխանակության ընթացքում ավելի քաբ մարմինը կքա իր էներգիան, իսկ ավելի սառը կընդունի այն: Սա կշարունակվի այնքան ժամանակ, մինչև դրանց ջերմաստիճանները հավասարվեն: Քանի որ այդ մարմինների գումարային ներքին էներգիան պեք է պահպանվի, ոսքի, որքանով նվազում է մարմիններից մեկի ներքին էներգիան, այնքանով կմեծանա մյուս մարմնի ներքին էներգիան: Սակայն (35.2) բանաձևի համաձայն՝ այդ մարմիններից յուրաքանչյուրի ներքին էներգիայի փոփոխությունը հավասար է ջերմաքանակին: Ուսքի, *ջերմափոխանակության ընթացքում ավելի քաբ մարմնի հադորդաձ ջերմաքանակը ըսդ մոդուլի հավասար է ավելի սառը մարմնի սքացաձ ջերմաքանակին*.

$$Q_{\text{սք.}} = |Q_{\text{քվ.}}|:$$

Սա ջերմային հաշվեկշռի հավասարումն է:

Ջերմային հաշվեկշռի հավասարման ճշմարտագիությունը կարելի է սքուգել փորձով: Ջերմություն չհադորդող անոթում (Դյուարի անոթում) $m_1 = 0,8$ կգ գանգվաձ և $t_1 = 25$ °C ջերմաստիճան ունեցող ջուրը իսառնենք $m_2 = 0,2$ կգ գանգվաձով եոման ջրի հեք (եոման ջրի ջերմաստիճանը՝ $t_2 = 100$ °C): Որոշ ժամանակ անց չափելով սքացվաձ իսառնուրդի ջերմաստիճանը՝ մենք պարգում ենք, որ այն դարձել է՝ $t = 40$ °C: Նաշվենք քաբ ջրի հադորդաձ ջերմաքանակը և այն համեմաքենք սառը ջրի սքացաձ ջերմաքանակի հեք:

Եոման ջուրը 100-ից մինչև 40 °C սառչելով քալիս է հեքելյալ ջերմաքանակը.

$$Q_{\text{քվ.}} = cm_2(t - t_2),$$

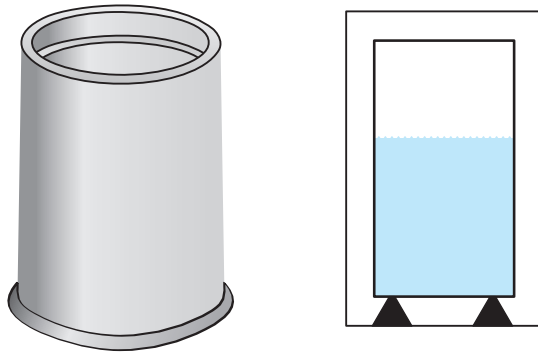
$$Q_{\text{քվ.}} = 4200 \cdot 0,2 \cdot (40 - 100) \text{ Ջ} = - 50 400 \text{ Ջ}:$$

Իսկ ջուրը, որը լցրել էինք եոման ջրի վրա, 25-ից քաբանալով մինչև 40 °C, սքանում է հեքելյալ ջերմաքանակը.

$$Q_{\text{սք.}} = cm_1(t - t_1),$$

$$Q_{\text{սք.}} = 4200 \cdot 0,8 \cdot (40 - 25) \text{ Ջ} = 50 400 \text{ Ջ}:$$

Տեսում ենք, որ, իրոք, ջերմափոխանակության ժամանակ քաբ ջրի քվաձ ջերմաքանակը մոդուլով հավասար է այդ ընթացքում սառը ջրի սքացաձ ջերմաքանակին:



Նկար 75

Դպրոցական պայմաններում նմանօրինակ փորձի անցկացման ժամանակ Դյուարի անոթի փոխարեն օգտագործում են ավելի հասարակ մի սարք, որ կոչվում է կալորիմետր (նկ. 75): Այն բաղկացած է երկու անոթից, որոնք բաժանված են օդային միջանցքով: Ներսի անոթի հափակը դրսինի հափակից առանձնացված է հափուկ հենարաններով: Իհարկե, այսպիսի անոթը չի կարող լիովին խոչընդոտել անոթի պարունակության և շրջապատող միջավայրի միջև ջերմափոխանակության իրականացումը, սակայն նվազեցնել այն կարող է: Եթե փորձը հնարավորինս արագ կատարվի, ապա կարելի է հասնել նրան, որ շրջապատող միջավայրի (և կալորիմետրի պատերի) հետ ջերմափոխանակության ընթացքում կորցրած ջերմաքանակն աննշան լինի:

Նարցեր

1. Ձևակերպե՛ք և ապացուցե՛ք ներքին էներգիայի պահպանման օրենքը:
2. Ներքին էներգիայի պահպանման օրենքից արտաձե՛ք ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը:
3. Ինչո՞ւ ջերմային հաշվեկշռի հավասարման մեջ մարմնի տված ջերմության քանակը վերցվում է մոդուլով:
4. Ի՞նչ է կալորիմետրը:
5. Ինչո՞ւ կալորիմետրում տաք և սառը ջրերը խառնելիս տաք ջրի հաղորդած ջերմաքանակի մոդուլը հավասար չի լինում սառը ջրի ստացած ջերմաքանակին: Դրանցից ո՞րն ավելի մեծ կլինի:

§ 39. Նյութի ագրեգատային վիճակները

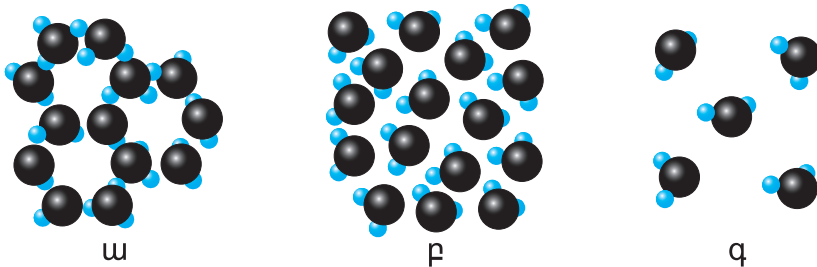
Ձմռանը ջուրը լճերի և գետերի մակերևույթին սառչում է՝ վերածվելով սառույցի: Սառույցի փակ ջուրը մնում է հեղուկ վիճակում: Այսպես միաժամանակ գոյություն ունեն ջրի երկու փառքեր ագրեգատային վիճակները՝ պինդ (սառույց) և հեղուկ (ջուր): Գոյություն ունի նաև ջրի երրորդ՝ գազային վիճակը. անփեսանելի ջրային գոլորշին գտնվում է մեզ շրջապատող օդում:

Ցանկացած նյութ ունի փառքեր ագրեգատային վիճակներ: Այդ վիճակներն իրարից փառքերվում են ոչ թե մոլեկուլներով, այլ նրանով, թե ինչ դասավորություն ունեն այդ մոլեկուլները և ինչպես են շարժվում: Նույն նյութի՝ ջրի ագրեգատային փառքեր վիճակներում մոլեկուլների դասավորության առանձնահատկությունները պարկերված են նկ. 76-ում:

Որոշակի պայմանների առկայության դեպքում նյութերը կարող են մի վիճակից անցնել մեկ այլ վիճակի: Ննարավոր բոլոր փոխակերպումները պարկերված են նկ. 77-ում: Պ, Ն և Գ փառքերը նշանակում են նյութերի համապատասխանաբար պինդ, հեղուկ և գազային վիճակները, սլաքները ցույց են տալիս այս կամ այն պրոցեսի ընթացքի ուղղությունը:

Ընդհանուր հաշվով փառքերում են վեց պրոցես, որոնց դեպքում տեղի են ունենում նյութերի ագրեգատային փոխակերպումները:

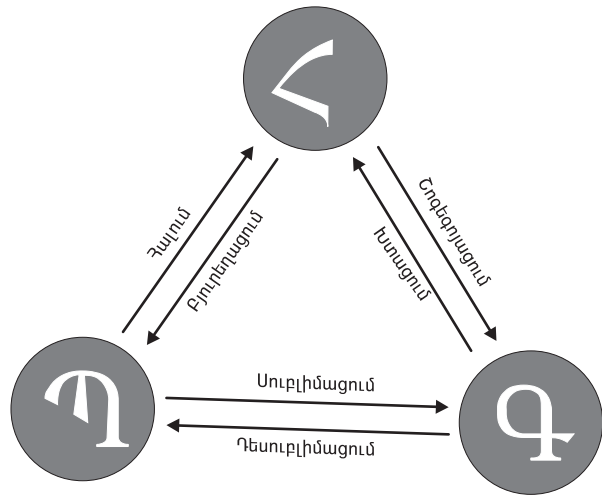
Պինդ (բյուրեղային) վիճակից նյութի անցումը հեղուկ վիճակի կոչվում



Նկար 76

է **հալում**, իսկ հակառակ պրոցեսը՝ **բյուրեղացում** կամ **պնդացում**: Նալման օրինակ է սառույցի հալումը, հակառակ պրոցեսը րեղի է ունենում ջրի սառցակալման ժամանակ:

Նյութի անցումը հեղուկ վիճակից գազայինի կոչվում է **շոգեգոյացում**, հակառակ պրոցեսը կոչվում է **խտացում** (կոնդենսացիա, լար.



Նկար 77

«կոնդենսաբիո» - «խտացում» բառից): Շոգեգոյացման օրինակ է ջրի գոլորշացումը, խտացման՝ ցողի առաջացումը:

Նյութի անցումը պինդ վիճակից գազայինի (շրջանցելով հեղուկ վիճակը) կոչվում է սուբլիմացիա (լարիներեն «սուբլիմ» - «բարձրացնում են» բառից), հակառակ պրոցեսը՝ դեսուբլիմացիա: Օրինակ՝ գրաֆիտը կարելի է րաքացնել մինչև հազար, երկու հազար և անգամ երեք հազար աստիճան, և այդուհանդերձ, այն չի վերածվի հեղուկի, նա սուբլիմացիայի կենթարկվի, այսինքն՝ պինդ վիճակից միանգամից կանցնի գազայինի: Միանգամից գազային վիճակի է անցնում (շրջանցելով հեղուկ վիճակը) նաև, այսպես կոչված, «չոր սառույցը» (պինդ ածխածնի օքսիդը՝ CO₂), որը կարելի է րեսնել պաղպաղակի պահպանման և րեղափոխման համար նախաըրևված բեռնարկերում: Բոլոր հոյերը, որոնցով օժրված են պինդ մարմինները (ասենք՝ նավթալինը), նույնպես պայմանավորված են սուբլիմացիայով. պինդ մարմնից մթնոլորտ դուրս գալով՝ մոլեկուլները նրա վրա գազ (կամ գոլորշի) են գոյացնում, ինչն էլ հոյի զգացողություն է առաջացնում:

Դեսուբլիմացիայի օրինակ կարող է ծառայել ձմռանը լուսամուրների վրա սառույցի բյուրեղիկներից նախշերի առաջացումը: Այս գեղեցիկ նախշերը օդում գրնվող ջրային գոլորշու դեսուբլիմացիայի արդյունքն են:

Նյութի մի ագրեգաբային վիճակից մյուսին անցումները կարևոր դեր են խաղում ոչ միայն բնության մեջ, այլև րեխնիկայում: Այսպես, օրինակ՝ ջու-

րը գոլորշու վերածելով՝ մենք կարող ենք այն հեղուկ օգտագործել էլեկտրակայանների շոգեփոխաններում: Գործարաններում մեքաղները հալելով՝ մենք հնարավորություն ենք ստանում դրանցից փարբեր համաձուլվածքներ ստանալ՝ պողպատ, թուջ, արույր և այլն: Այս բոլոր պրոցեսներն ըմբռնելու համար պետք է իմանալ, թե ինչ է տեղի ունենում նյութի հեղ նրա ագրեգատային վիճակի փոփոխման ժամանակ, և ինչ պայմաններում է այդ փոփոխությունը հնարավոր: Այս մասին կխոսվի հաջորդ պարագրաֆներում:

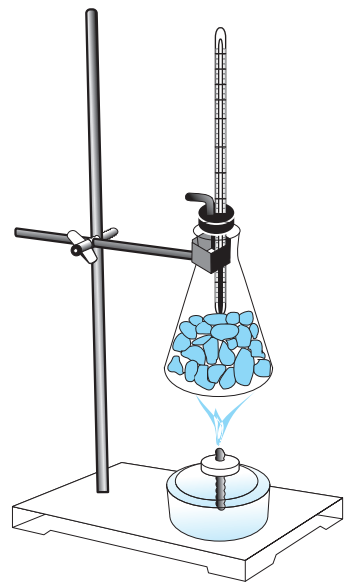
Նարցեր

1. Անվանե՛ք նյութի ագրեգատային երեք վիճակները:
2. Թվարկե՛ք բոլոր հնարավոր պրոցեսները, որոնց դեպքում նյութը մի ագրեգատային վիճակից անցնում է մեկ ուրիշի:
3. Բերե՛ք սուրլիմացիայի և դեսուրլիմացիայի օրինակներ:
4. Ագրեգատային փոխակերպումների ի՞նչ գործնական կիրառություններ գիտեք:
5. Նկ. 76-ում ո՞ր փառով (ա, բ կամ գ) են նշանակված ջրի պինդ, հեղուկ և գազային վիճակները:

§ 40. Բյուրեղային մարմինների հալումն ու պնդացումը

Բյուրեղային պինդ մարմինը հալելու համար անհրաժեշտ է նրան որոշակի ջերմաքանակ հաղորդել:

Կատարենք հետևյալ փորձը: Կոնաձև փորձանոթը լցնենք սառույցի մանր կտորներով: Նրա մեջ ջերմաչափ տեղադրենք և խցանով փակելով փորձանոթը՝ սկսենք տաքացնել այն (նկ. 78): Կտեսնենք, որ ոչ $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, ոչ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ և ոչ էլ $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանների դեպքում սառույցի հեղ ոչինչ չի կատարվում. այն նախկինի պես պինդ է մնում: Փոփոխությունները սկսում են տեղի ունենալ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ում: Այդ պահից սառույցը սկսում է հալվել՝ վե-



Նկար 78

րածվելով ջրի, և մինչև ամբողջ սառույցը ջուր չդառնա, նրա ջերմաստիճանն անփոփոխ է մնում: Փորձանոթում նյութի ջերմաստիճանը կսկսի նորից բարձրանալ այն բանից հետո միայն, երբ նրանում միայն ջուր լինի: Երբ ջուրը տաքանա մինչև $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, անջատենք այրոցը:

Եթե կառուցենք փորձանոթի նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից կախվածության գրաֆիկը, ապա կտրանանք մի գիծ, որը պատկերված է նկ. 79-ում:

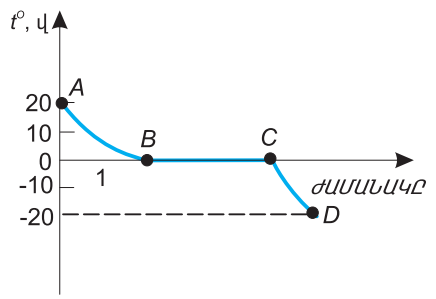
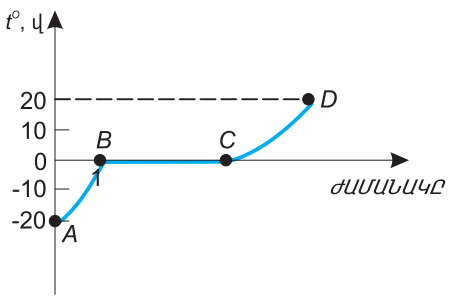
Այս գրաֆիկի AB հատվածը նկարագրում է սառույցի -20 -ից մինչև $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ տաքանալը: Տաք կուրայի հետ շփման շնորհիվ սառույցի մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան մեծանում է, և սառույցի ջերմաստիճանը բարձրանում է:

BC հատվածում ամբողջ էներգիան, որը ստանում է փորձանոթի պարունակությունը, ծախսվում է սառույցի բյուրեղային ցանցի քայքայման վրա. նրա մոլեկուլներն այնպիսի դասավորություն են ստանում, որի դեպքում նյութը հեղուկ է դառնում: Այդ ընթացքում մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան անփոփոխ է մնում: Այդ պարճառով էլ անփոփոխ է մնում նաև նյութի ջերմաստիճանը:

Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում նյութը հալվում է, կոչվում է այդ նյութի **հալման ջերմաստիճան**:

CD հատվածը նկարագրում է սառույցի հալումից առաջացած ջրի տաքանալը: Այրոցից էներգիա ստանալով՝ ջրի մոլեկուլները սկսում են ավելի ու ավելի արագ շարժվել: Դրանց միջին կինետիկ էներգիան մեծանում է, և ջրի ջերմաստիճանը բարձրանում է:

Նկ. 80-ում պատկերված է հակառակ պրոցեսի գրաֆիկը: Սկզբում ջուրը, էներգիա հաղորդելով, սառչում է 20 -ից մինչև $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: Այդ ընթացքում նրա



մոլեկուլները ասֆիճանաբար սկսում են ավելի դանդաղ շարժվել: 0 °C-ում նրանք սկսում են որոշակի կարգով դասավորվել՝ ձևավորելով սառույցի բյուրեղային ցանցը: Քանի այս պրոցեսը, որը կոչվում է բյուրեղացում, չի ավարտվել, նյութի ջերմաստիճանը չի փոփոխվի:

Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում նյութը պնդանում է (բյուրեղանում է), կոչվում է այդ նյութի **բյուրեղացման ջերմաստիճան**:

Գրաֆիկից (տես նկ. 80) երևում է, որ ջերմաստիճանը, որի դեպքում ջուրը վերածվում է սառույցի, համընկնում է այն ջերմաստիճանին, որի դեպքում սառույցը դառնում է ջուր: Սա պարահական փաստ է: Փորձերը ցույց են տալիս, որ ամեն մի նյութ բյուրեղանում և հալվում է նույն ջերմաստիճանում:

Տարբեր նյութերի հալման (և պնդացման) ջերմաստիճանները կարելի է գտնել աղյուսակ 9-ում: Այդ աղյուսակից երևում է, որ որոշ նյութեր (ասենք՝ ջրածինը և թթվածինը) հալվում (և պնդանում) են խիստ ցածր, մյուսները (ասենք՝ օսմիումը և վոլֆրամը)՝ շատ բարձր ջերմաստիճանների պայմաններում:

Աղյուսակ 9

Մի քանի նյութերի հալման ջերմաստիճանը, °C

(նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում)

Ջրածին	- 259	Յինկ	420
Թթվածին	- 219	Ալյումին	660
Ազոտ	- 210	Արծաթ	962
Սպիրտ	- 114	Ոսկի	1064
Մեթիլ	- 39	Պղինձ	1085
Սառույց	0	Թուջ	1200
Յեզիում	29	Պողպատ	1500
Կալիում	63	Երկաթ	1539
Նատրիում	98	Պլատին	1772
Անագ	232	Օսմիում	3045
Կապար	327	Վոլֆրամ	3400
Սաթ	360		

1650 °C-ից բարձր ջերմաստիճանում հալվող մետաղները կոչվում են *դժվարահալ* (տիտան, քրոմ, մոլիբդեն և այլն): Դրանցից հալման ամենաբարձր ջերմաստիճանն ունի վոլֆրամը (մոտավորապես 3400 °C): Դժվար

րահալ մներադները և դրանց միացություններն օգտագործում են ինքնաթիռաշինության մեջ, հրթիռային և տիեզերական տեխնիկայում, արոմային էներգետիկայում և այլն:

Նալվելիս նյութը էներգիա է ստանում: Բյուրեղացման ընթացքում այն, ընդհակառակը, էներգիա է տալիս շրջապատող միջավայրին: Բյուրեղացման ժամանակ անջատվող էներգիան ստանալով՝ միջավայրը տաքանում է: Սա շար լավ հայտնի է բազմաթիվ թռչունների: Դրա համար էլ ձմռան սառնամանիքին նրանց կարելի է տեսնել գետերի և լճերի սառցակալած մակերևույթին նստած: Բանն այն է, որ սառույցի առաջացման ժամանակ անջատվող էներգիայի շնորհիվ սառույցի վրայի օդը մի քանի աստիճանով ավելի տաք է լինում, քան անտառում՝ ծառերի վրա, և թռչունները դրանից օգտվում են:

Նարցեր

1. Ո՞ր պրոցեսն են կոչում հալում:
2. Ի՞նչ է բյուրեղացումը:
3. Նյութի հալման կամ բյուրեղացման ժամանակ ի՞նչ է կատարվում նրա ջերմաստիճանի հետ:
4. Ինչի՞ են հավասար սառույցի, անագի, պղնձի հալման ջերմաստիճանները:
5. Ո՞ր ջերմաստիճանում է պնդանում հեղուկ ազոտը, սնդիկը, հալեցրած ոսկին:
6. Ինչի՞ վրա է ծախսվում ջեռուցիչի էներգիան, որը հալման ընթացքում կլանվում է նյութի կողմից: Ինչո՞ւ այդ ընթացքում նյութի ջերմաստիճանը չի փոփոխվում:
7. Նկարագրե՛ք՝ ինչ է տեղի ունենում նյութի հետ այն ժամանակամիջոցներում, որոնք համապատասխանում են նկ. 79 և 80-ում պատկերված գրաֆիկների տարբեր հարվածներին: Ազրեգտաբային ո՞ր վիճակներն են համապատասխանում A, B, C և D կետերին:
8. Ինչո՞ւ են ձմռանը թռչունները նստում գետերն ու լճերը ծածկող սառույցի վրա:

§ 41. Մարմնի հալման համար անհրաժեշտ և բյուրեղացման ընթացքում նրանից անջատվող ջերմաքանակը

Նալման ընթացքում մարմնի ջերմաստիճանը չի փոփոխվում: Այդ դեպքում նրա սրացած ամբողջ էներգիան ծախսվում է բյուրեղային ցանցը քայքայելու և մարմնի մոլեկուլների պոպրենցիալ էներգիան մեծացնելու վրա:

Փորձով նույն զանգվածով փարբեր նյութերի հալման պրոցեսն ուսումնասիրելով՝ կարելի է նկատել, որ դրանք հեղուկի վերածելու համար փարբեր ջերմաքանակ է հարկավոր: Օրինակ՝ 1 կգ սառույցը հալելու համար անհրաժեշտ է ծախսել 332 կՋ էներգիա, իսկ 1 կգ կապարը հալելու համար՝ 25 կՋ:

Ֆիզիկական այն մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե ինչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ հալման ջերմաստիճանում գտնվող 1 կգ բյուրեղային նյութը նույն ջերմաստիճանի հեղուկի վերածելու համար, կոչվում է **հալման տեսակարար ջերմություն**:

Նալման տեսակարար ջերմությունը չափում են ջուրը բաժանած կիլոգրամով (Ջ/կգ) և նշանակում հունական λ (լամբդա) տառով.

λ -ն հալման տեսակարար ջերմությունն է:

Նյութի բյուրեղացման ընթացքում մոլեկուլների պոպրենցիալ էներգիան նվազում է, և շրջակա միջավայր է արձակվում նույն ջերմաքանակը (ըստ մոդուլի), ինչքան կլանվում է նրա հալման ընթացքում: Ուստի, օրինակ՝ 1 կգ ջրի սառեցման ժամանակ անջատվում է այն նույն 332 կՋ էներգիան, որն անհրաժեշտ է նույն զանգվածով սառույցը ջրի վերածելու համար:

Տարբեր նյութերի հալման տեսակարար ջերմության արժեքները տրված են աղյուսակ 10-ում:

Աղյուսակ 10

Մի քանի նյութերի հալման տեսակարար ջերմությունը, Ջ/(կգ °C)
(հալման ջերմաստիճանի և նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում)

Ալյումին	$3,9 \cdot 10^5$	Սպիրտ	$1,1 \cdot 10^5$	Անագ	$0,59 \cdot 10^5$
Սառույց	$3,4 \cdot 10^5$	Արծաթ	$0,87 \cdot 10^5$	Կապար	$0,25 \cdot 10^5$
Երկաթ	$2,7 \cdot 10^5$	Պողպատ	$0,84 \cdot 10^5$	Թթվածին	$0,14 \cdot 10^5$
Պղինձ	$2,1 \cdot 10^5$	Ոսկի	$0,67 \cdot 10^5$	Սնդիկ	$0,12 \cdot 10^5$
Պարաֆին	$1,5 \cdot 10^5$	Ջրածին	$0,59 \cdot 10^5$		

Այս աղյուսակից երևում է, որ, օրինակ՝ պղնձի հալման փեսակարար ջերմությունը՝ $\lambda = 2,1 \cdot 10^5$ Ջ/կգ: Այս թիվը ցույց է փալիս, որ 1 կգ պղնձը հալելու համար պահանջվում է ծախսել $2,1 \cdot 10^5$ Ջ էներգիա. նույն ջերմաքանակը (ըստ մոդուլի) կանջարվի 1 կգ հեղուկ պղնձից նրա բյուրեղացման ընթացքում:

2 կգ պղնձ հալելու համար կպահանջվի երկու անգամ ավելի էներգիա, 3 կգ-ի համար՝ երեք անգամ ավելի և այլն:

Կամայական զանգվածով բյուրեղային մարմնի հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը գրնելու համար պետք է այդ մարմնի հալման փեսակարար ջերմությունը բազմապատկել նրա զանգվածով.

$$Q = \lambda m: \quad (41.1)$$

Մարմնից անջարված ջերմաքանակը համարվում է բացասական: Ուստի m զանգվածով նյութի բյուրեղացման ընթացքում անջարվող ջերմաքանակը հաշվելիս պետք է օգրվել նույն բանաձևից, սակայն «միևուս» նշանով.

$$Q = - \lambda m: \quad (41.2)$$

Պետք է հիշել, որ (41.1) և (41.2) բանաձևերը կարելի է կիրառել միայն այնպիսի մարմինների նկարմամբ, որոնք արդեն գրնվում են իրենց հալման ջերմաստիճանում: Եթե մարմնի ջերմաստիճանը փարբերվում է իր հալման ջերմաստիճանից, ապա նախապես պետք է հաշվել այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է մարմնի փաքացման համար, կամ որն անջարվում է մարմնից նրա սառեցման դեպքում:

Նարցեր

1. Ո՞ր մեծությունն են անվանում մարմնի հալման փեսակարար ջերմություն:
2. Ոսկու հալման փեսակարար ջերմությունը հավասար է 67 կՋ/կգ-ի: Ի՞նչ է ցույց փալիս այդ թիվը:
3. Ո՞ր բանաձևով են հաշվում մարմնի հալման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը:
4. Ո՞ր բանաձևով են հաշվում նյութի բյուրեղացման ընթացքում անջարվող ջերմաքանակը:

§ 42. Գոլորշացում և խարացում

Շոգեգոյացման դեպքում նյութը հեղուկ վիճակից վերածվում է գազայինի (գոլորշու): Գոյություն ունի շոգեգոյացման երկու տեսակ՝ գոլորշացում և եռում:

Գոլորշացումը շոգեգոյացում է, որը տեղի է ունենում հեղուկի ազատ մակերևույթից:

Ինչպե՞ս է տեղի ունենում գոլորշացումը: Մենք գիտենք, որ ցանկացած հեղուկի մոլեկուլները գտնվում են անընդհար և անկանոն շարժման մեջ, ընդ որում դրանց մի մասն ավելի արագ է շարժվում, մյուսներն՝ ավելի դանդաղ: Նեղուկից դուրս թռչելուն դրանց խանգարում են միմյանց միջև գործող ձգողության ուժերը: Բայց եթե ջրի մակերևույթին հայտնվի բավականին մեծ կինետիկ էներգիա ունեցող մոլեկուլ, ապա նրան կհաջողվի հաղթահարել միջմոլեկուլային ձգողության ուժերը, և դուրս կթռչի հեղուկից: Նույնը տեղի կունենա մեկ այլ արագաշարժ մոլեկուլի հետ, հետո երկրորդի, երրորդի և այդպես շարունակ: Դուրս թռչելով՝ այս մոլեկուլները հեղուկի վրա գոլորշի են առաջացնում: Այս գոլորշու առաջացումն էլ հենց գոլորշացումն է:

Քանի որ գոլորշացման ժամանակ հեղուկից դուրս են թռչում առավել արագաշարժ մոլեկուլները, ապա հեղուկի մեջ մնացած մոլեկուլների ներքին կինետիկ էներգիան աստիճանաբար սկսում է նվազել: Դրա հետևանքով *գոլորշացող հեղուկի ջերմաստիճանն իջնում է. հեղուկը սառչում է:* Նենց այդ պարճատով է, որ մարդը թաց հագուստով ավելի է մրսում, քան չոր հագուստով (մանավանդ քամու ժամանակ):

Միաժամանակ բոլորին է հայտնի, որ եթե ջուր լցնենք բաժակի մեջ և թողնենք սեղանին, ապա, չնայած գոլորշացմանը, այն չի կարող անընդհար սառչել մինչև սառցակալելը: Ի՞նչն է դրան խանգարում: Պարասխանը շար պարզ է. բաժակը շրջապատող փաթ օդի հետ ջրի ջերմափոխանակությունը:

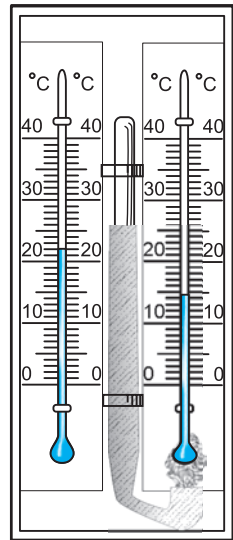
Գոլորշացման ընթացքում հեղուկի սառչելն ավելի ակնհայտ է այն դեպքում, երբ գոլորշացումը բավական արագ է կատարվում (այնպես, որ հեղուկը, շնորհիվ շրջապատող միջավայրի հետ ջերմափոխանակության, չի հասցնում վերականգնել իր ջերմաստիճանը): Արագ են գոլորշանում ցնդող

հեղուկները, որոնց միջնուկուլային ձգողականությունը փոքր է, օրինակ՝ եթերը, սպիրտը, բենզինը: Եթե այդ հեղուկից կաթեցնենք մեր ձեռքին, սառնություն կզգանք: Ձեռքի մակերևույթից գոլորշանալով՝ այդպիսի հեղուկը կսկսի սառչել և որոշ ջերմաքանակ վերցնել ձեռքից:

Արագ գոլորշացող նյութերը լայն կիրառում են գտնում փեխնիկայում: Օրինակ՝ փեղկերական փեխնիկայում այսպիսի նյութերով են պատում փեղկերը արձակվող սարքավորումները: Մոլորակի մթնոլորտի միջով անցնելիս փեղկերանավի իրանը շփման արդյունքում փաքանում է, և այն ծածկող նյութը սկսում է գոլորշանալ: Գոլորշանալով այն սառեցնում է փեղկերանավը՝ այդպիսով փրկելով այն գերփաքացումից:

Գոլորշացման ընթացքում ջրի սառչելն օգտագործվում է օդի խոնավությունը չափող սարքում՝ պսիխրոմետրում (հունարեն «պսիխրոս» - սառը): Պսիխրոմետրը (նկ. 81) բաղկացած է երկու ջերմաչափից: Դրանցից մեկը (չորը) ցույց է տալիս օդի ջերմաստիճանը, իսկ մյուսը (որի ռեզերվուարը փաթաթված է ջրի մեջ մտքրած բարիստով) ցույց է տալիս ավելի ցածր ջերմաստիճան, որը պայմանավորված է խոնավ բարիստից գոլորշացման ինտենսիվությամբ: Որքան չոր է օդը, որի խոնավությունը չափվում է, այնքան ուժեղ է գոլորշացումը, և, հետևաբար, ցածր է թրջած ջերմաչափի ցուցմունքը: Եվ, ընդհակառակը, որքան մեծ է օդի խոնավությունը, այնքան ավելի փոքր է գոլորշացումը, ուստի այդ ջերմաչափն ավելի բարձր ջերմաստիճան է ցույց տալիս: Չոր և խոնավացրած ջերմաչափերի ցուցմունքների հիման վրա և հատուկ (պսիխրոմետրական) աղյուսակի միջոցով որոշում են օդի խոնավությունը՝ արտահայտված փոխանցումով: Առավելագույն խոնավությունը կազմում է 100 % (օդի այսպիսի խոնավության դեպքում առարկաների վրա ցող է հայտնվում): Մարդու համար առավել բարենպաստ է համարվում 40-60 % խոնավությունը:

Նասարակ փորձերի միջոցով հեշտորեն կարելի է պարզել, որ գոլորշացման արագությունը մեծանում է հեղուկի ջերմաստիճանի բարձրացման, ինչպես նաև նրա ազատ մակերևույթի մակերեսի մեծացման և քամու առկայության դեպքերում:



Նկար 81

Ինչո՞ւ է քամու առկայության դեպքում հեղուկն ավելի արագ գոլորշանում: Բանն այն է, որ գոլորշացման հեպ միաժամանակ հեղուկի մակերևույթին տեղի է ունենում նաև հակառակ պրոցեսը՝ խտացումը: Այն տեղի է ունենում այն պատճառով, որ գոլորշու մոլեկուլների մի մասը, անկանոն ձևով տեղաշարժվելով հեղուկի վերևում, դարձյալ վերադառնում է դեպի հեղուկը: Իսկ քամին բշում է հեղուկից դուրս թռած մոլեկուլները և չի թողնում, որ դրանք հեպ դառնան:

Խտացումը կարող է տեղի ունենալ նաև այն ժամանակ, երբ գոլորշին չի շփվում հեղուկի հեպ: Նենց խտացմամբ է բացատրվում ամպերի առաջացումը. Երկրի վրա բարձրացող ջրային գոլորշու մոլեկուլները մթնոլորտի ավելի սառը շերտերում խմբավորվում են ջրի մանր կաթիլների, որոնց կուտակումներն էլ հենց ամպերն են: Մթնոլորտում ջրային գոլորշու խտացման հետևանք են նաև անձրևն ու ցողը:

Գոլորշացման ժամանակ հեղուկը սառչում է, և դառնալով ավելի սառը, քան շրջապատող միջավայրն է՝ սկսում է կլանել նրա էներգիան: Իսկ խտացման դեպքում, ընդհակառակը, տեղի է ունենում որոշ ջերմաքանակի փոխանցում շրջապատող միջավայրին, և նրա ջերմաստիճանը մի փոքր բարձրանում է:

Նարցեր

1. Շոգեգոյացման ի՞նչ երկու տեսակ է հանդիպում բնության մեջ:
2. Ի՞նչ է գոլորշացումը:
3. Ինչի՞ց է կախված հեղուկի գոլորշացման արագությունը:
4. Ինչո՞ւ է գոլորշացման ժամանակ հեղուկի ջերմաստիճանն իջնում:
5. Ի՞նչ եղանակով է հնարավոր լինում կանխել մոլորակի մթնոլորտի միջով անցնող տիեզերանավի գերտաքացումը:
6. Ի՞նչ է խտացումը:
7. Ո՞ր երևույթներն են բացատրվում գոլորշու խտացմամբ:
8. Ո՞ր սարքի միջոցով են չափում օդի խոնավությունը: Ինչպե՞ս է այն կառուցված:

Փորձարարական առաջադրանքներ: 1. Երկու միանման ափսեի մեջ լցրե՛ք նույն քանակությամբ ջուր (ասենք՝ երեքական ճաշի գդալ):

Առաջին աստիճանը դրե՛ք փաթ փեղ, երկրորդը՝ սառը: Չափե՛ք այն ժամանակամիջոցները, որոնց ընթացքում գոլորշանում են երկու աստիճանների ջրերը: Բացափրե՛ք գոլորշացման արագությունների տարբերությունը:

2. Կաթոցիկից թղթի վրա մեկական կաթիլ ջուր և սպիրտ կաթեցրե՛ք: Չափե՛ք ժամանակը, որն անհրաժեշտ է դրանց գոլորշացման համար: Այդ հեղուկներից որի՞ միջնուկելուլային ձգողության ուժն է ավելի փոքր:

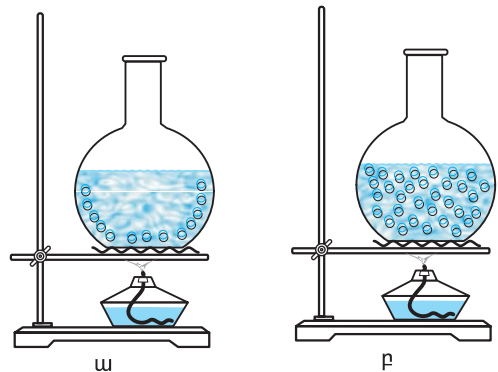
3. Նույն քանակի ջուր լցրե՛ք բաժակի և ասիսի մեջ: Չափե՛ք ժամանակը, որի ընթացքում ջուրը կգոլորշանա: Բացափրե՛ք ջրի գոլորշացման արագությունների տարբերությունը:

§ 43. Եռում

Ի տարբերություն գոլորշացման, որը փեղի է ունենում հեղուկի ցանկացած ջերմաստիճանում, շոգեգոյացման մյուս փուլերը՝ եռումը, հնարավոր է միայն միանգամայն որոշակի (սովորաբար ճնշման դեպքում) ջերմաստիճանի՝ եռման ջերմաստիճանի առկայության դեպքում:

Դիտարկենք այս երևույթը փորձի միջոցով: Սկսենք փաթացնել բաց փորձանոթի մեջ լցված ջուրը՝ պարբերաբար չափելով դրա ջերմաստիճանը: Որոշ ժամանակ անց մենք կրեսնենք, որ անոթի հատակն ու պատերը պատվում են պղպջակներով (նկ. 82, ա): Դրանք առաջանում են օդի այն մանրագույն պղպջակների ընդարձակման արդյունքում, որոնք գոյություն ունեն անոթի ամբողջովին չթրջված պատերի փոսիկներում և մանր ճեղքերում:

Ջերմաստիճանի բարձրացմանը գուրդնթաց մեծանում է ջրի գոլորշացման ինտենսիվությունը այդ պղպջակների ներսում: Ուստի, ավելանում է ջրային գոլորշու քանակությունը, իսկ դրա հետ մեկտեղ մեծանում է պղպջակների ներսի ճնշումը: Երբ ջրի ստորին շերտերի ջերմաստիճանը մոտենում է 100 °C-ի, պղպջակների



Նկար 82

ներսում ճնշումը հավասարվում է դրանց շուրջը եղած ճնշմանը, որից հետո պղպջակները սկսում են ընդարձակվել: Պղպջակների ծավալի մեծացման հետ աճում է նաև նրանց վրա ազդող դուրս հրող (արքիմեդյան) ուժը: Այդ ուժի ազդեցությամբ առավել խոշոր պղպջակները պոկվում են անոթի պարերից և բարձրանում են վեր: Եթե ջրի վերին շերտերը դեռ չեն հասցրել փափանալ մինչև 100 °C-ը, ապա այդպիսի (ավելի սառը) ջրում պղպջակների ներսի ջրային գոլորշու մի մասը խարանում և կրկին ջուր է դառնում. այդ դեպքում փոքրանում են պղպջակների չափերը, և ծանրության ուժը սրիպում է դրանց նորից իջնել ներքև: Այսպես դրանք դարձյալ ընդարձակվում են և կրկին լողում վերև: Ջրի ներսում պղպջակների փոփոխական մեծացումն ու փոքրացումն ուղեկցվում են նրանում բնորոշ ձայնային ալիքների առաջացմամբ. եռացող ջուրն «աղմկում է»:

Երբ ամբողջ ջուրը փափանում է մինչև 100 °C, վերև բարձրացած պղպջակներն այլևս չեն փոքրանում, այլ պայթում են ջրի մակերևույթին՝ դուրս նետելով գոլորշին (նկ. 82, բ): Առաջանում է յուրահասարակ բլթբլթոց. ջուրը եռում է:

Եռում է կոչվում ինտենսիվ շոգեգոյացումը, որի դեպքում հեղուկի ներսում աճում և վերև են բարձրանում գոլորշու պղպջակները: *Դա սկսվում է այն քանից հետո, երբ պղպջակների ներսում ճնշումը հավասարվում է շրջապատող հեղուկի ճնշմանը:*

Եռման ժամանակ հեղուկի և նրա վրայի գոլորշու ջերմաստիճանը չի փոխվում: Այն անփոփոխ է մնում այնքան ժամանակ, քանի դեռ ամբողջ հեղուկը չի եռացել վերջացել:

Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում հեղուկը եռում է, կոչվում է **եռման ջերմաստիճան:**

Եռման ջերմաստիճանը կախված է հեղուկի ազատ մակերևույթի վրա ազդող ճնշումից: Այդ ճնշումը մեծացնելու դեպքում հեղուկի մեջ պղպջակների աճն ու վերելքը սկսվում են ավելի բարձր ջերմաստիճանում, իսկ ճնշումը փոքրացնելու դեպքում՝ ավելի ցածր ջերմաստիճանում:

Նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում մի քանի նյութերի եռման ջերմաստիճանները բերված են աղյուսակ 11-ում:

Մի քանի նյութերի եռման ջերմաստիճանները, °C

(նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում)

Ջրածին	-253	Կաթ	100	Սպիրտ	78	Սնդիկ	357	Պղինձ	2567
Թթվածին	-183	Եթեր	35	Ջուր	100	Կապար	1740	Երկաթ	2750

Բոլորին հայտնի է, որ ջուրը եռում է 100 °C-ում: Բայց պետք չէ մոռանալ, որ դա ճշմարիտ է միայն նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում (մոտավորապես 101 կՊա): Ճնշումը մեծացնելու դեպքում ջրի եռման ջերմաստիճանը բարձրանում է: Այսպես, օրինակ՝ շուրեփուկ կաթսաներում կերակուրը եփում են մոտ 200 կՊա ճնշման տակ: Ջրի եռման ջերմաստիճանն այդ դեպքում հասնում է 120 °C-ի: Այդպիսի ջերմաստիճանի ջրում «եփումը» շատ ավելի արագ է տեղի ունենում, քան սովորական եռացող ջրում: Դրանով է բացատրվում «շուրեփուկ» անվանումը:

Եվ, հակառակը, ճնշումը փոքրացնելիս ջրի եռման ջերմաստիճանն իջնում է 100 °C-ից: Օրինակ՝ լեռնային շրջաններում (3 կմ բարձրության վրա, որտեղ մթնոլորտային ճնշումը 70 կՊա է) ջուրը եռում է 90 °C-ում: Ուստի, այդ շրջանների բնակիչներին եռման ջրի օգտագործմամբ կերակուր պատրաստելու համար ավելի շատ ժամանակ է պահանջվում, քան հարթավայրերի բնակիչներին: Իսկ այդպիսի եռացող ջրում հավի ձու եփելն ընդհանրապես հնարավոր չէ, քանի որ սպիտակուցը 100 °C-ից ցածր ջերմաստիճանում չի պնդանում:

Նեղուկի եռման ջերմաստիճանի ցածր լինելը կարող է նաև օգտակար դեր ունենալ: Այսպես, օրինակ՝ մթնոլորտային նորմալ ճնշման դեպքում հեղուկ ֆրեոնը եռում է մոտավորապես 30 °C-ում: Իսկ ճնշումը փոքրացնելու միջոցով կարելի է ֆրեոնի եռման ջերմաստիճանը իջեցնել 0 °C-ից: Սա օգտագործվում է *սառնարանում*: Կոմպրեսորի աշխատանքի շնորհիվ սառնարանում ցածր ճնշում է առաջանում, և ֆրեոնը սկսում է վերածվել գոլորշու՝ կլանելով խցիկի պատերի ջերմությունը: Սրա շնորհիվ է տեղի ունենում սառնարանի ներսում ջերմաստիճանի իջեցումը:

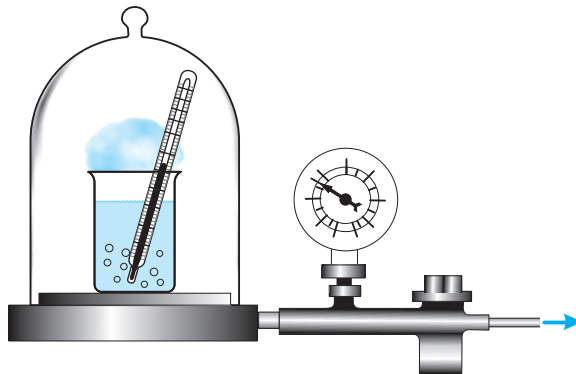
Աղյուսակ 11-ից երևում է, թե մթնոլորտային նույն ճնշման դեպքում ինչ մեծ փարբերություններ կարող են լինել տարբեր նյութերի եռման ջերմաստիճանների միջև: Օրինակ՝ հեղուկ թթվածինը եռում է -183 °C-ում, իսկ երկաթը՝ 2750 °C-ում:

Տարբեր նյութերի եռման ջերմաստիճանների փոփոխությունը լայնորեն օգտագործվում է փոխնիկայում, մասնավորապես, *նավթի թորման* ընթացքում: Նավթը մինչև $360\text{ }^{\circ}\text{C}$ փաքացնելիս նրա այն մասը (մազուք), որը եռման ամենաբարձր ջերմաստիճանն ունի, մնում է նրա մեջ, իսկ մյուս մասերը, որոնց եռման ջերմաստիճանը ցածր է $360\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ից, գոլորշանում են: Առաջացած գոլորշուց ստանում են բենզին և վառելիքի մի քանի այլ փեսակներ:

Նարցեր

1. Ի՞նչ է եռումը:
2. Ինչո՞ւ է եռացող ջուրն «աղմկում»:
3. Եռման ընթացքում, արդյո՞ք, հեղուկն ավելի է փաքանում:
4. Եռացող ջուրը որտե՞ղ է ավելի փաք՝ ծովի մակերևույթի՞ն, լեռան գագաթի՞ն, թե՞ խոր հանքահորում:
5. Ինչի՞ վրա է հիմնված շուրեփուկ կաթսայի աշխատանքի սկզբունքը:
6. Օգտագործելով նկ. 83-ը՝ բացատրե՛ք՝ ինչպես կարելի է ջուրը եռացնել սովորական սենյակային ջերմաստիճանում:
7. Ինչի՞ հաշվին է փեղի ունենում սառնարանի ներսի ջերմաստիճանի նվազումը:

Փորձարարական առաջադրանքներ: Վերցրե՛ք ջրով լցված մեծ կաթսա: Նրա մեջ դարձյալ ջրով լցված ավելի փոքր կաթսա փեղադրե՛ք այնպես, որ այն լողա՝ առանց մեծ կաթսայի պատերին դիպչելու: Դրանք դրե՛ք գազօջախին և սկսե՛ք փաքացնել: Ի՞նչ կլինի փոքր կաթսայի ջրի



Նկար 37

հետ, երբ մեծ կաթասայի ջուրը սկսի եռալ: Ինչո՞ւ: Մեծ կաթասայի մեջ մի բուռ աղ լցրեք: Դրանից հետո ի՞նչ կկատարվի փոքր կաթասայի ջրի հետ: Բացադրե՛ք դիտարկվող երևույթը: Ի՞նչ կարող եք ասել եռացող աղաջրի ջերմաստիճանի մասին:

§ 44. Շոգեգոյացման համար անհրաժեշտ և խտացման դեպքում անջատվող ջերմաքանակը

Եթե եռացող ջրով անոթը վերցնենք ջեռուցիչից (տես նկ. 82), ապա ջրի եռումն արագ կդադարի: Ջրի ջերմաստիճանը կսկսի նվազել, և որոշ ժամանակ անց այն կդառնա այնպիսին, ինչպիսին նրան շրջապատող օդի ջերմաստիճանն է:

Որպեսզի ջուրը շարունակի եռալ, նրա ջերմաստիճանը պետք է անփոփոխ մնա: Իսկ դրա համար ջուրն անընդհատ պետք է բավարար ջերմաքանակ սրանա: Միայն այդ դեպքում այն կշարունակի եռալ, և դա կավարտվի այն ժամանակ, երբ ամբողջ ջուրը կվերածվի գոլորշու:

Փորձնական ճանապարհով ապացուցվել է, որ 1 կգ ջուրը (եռման ջերմաստիճանում) ամբողջովին գոլորշի դարձնելու համար անհրաժեշտ է ծախսել 2,3 ՄՋ էներգիա: Նույն զանգվածով ուրիշ հեղուկների լրիվ գոլորշացման համար պահանջվում է այլ ջերմաքանակ: Օրինակ՝ սպիրտի դեպքում այն կազմում է 0,9 ՄՋ:

Ֆիզիկական այն մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե հաստատվում ջերմաստիճանում ինչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 1 կգ հեղուկի գոլորշացման համար, կոչվում է **շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն:**

Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը նշանակում են r տառով և չափում են ջոուլը բաժանած կիլոգրամով (Ջ/կգ)։

r –ը շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունն է:

Մի քանի նյութերի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը բերված է աղյուսակ 12-ում:

Մի քանի նյութերի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը, Ջ/(կգ)
 (եռման ջերմաստիճանում և նորմալ մթնոլորտային ճնշման դեպքում)

Ջուր	$2,3 \cdot 10^6$	Սպիրտ	$0,9 \cdot 10^6$	Սնդիկ	$0,3 \cdot 10^6$
Ամոնիակ (հեղուկ)	$1,4 \cdot 10^6$	Եթեր	$0,4 \cdot 10^6$	Օդ (հեղուկ)	$0,2 \cdot 10^6$

Այս աղյուսակից երևում է, որ, օրինակ՝ եթերի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը հավասար է $0,4 \cdot 10^6$ Ջ/կգ-ի: Այս թիվը ցույց է տալիս, որ 1 կգ եթերը (նրա եռման ջերմաստիճանում) գոլորշու վերածելու համար անհրաժեշտ է ծախսել $0,4 \cdot 10^6$ Ջ էներգիա: Նույն (ըստ մոդուլի) ջերմաքանակը կանջարվի նույն զանգվածն ու ջերմաստիճանն ունեցող եթերի գոլորշուց՝ դրա խտացման արդյունքում:

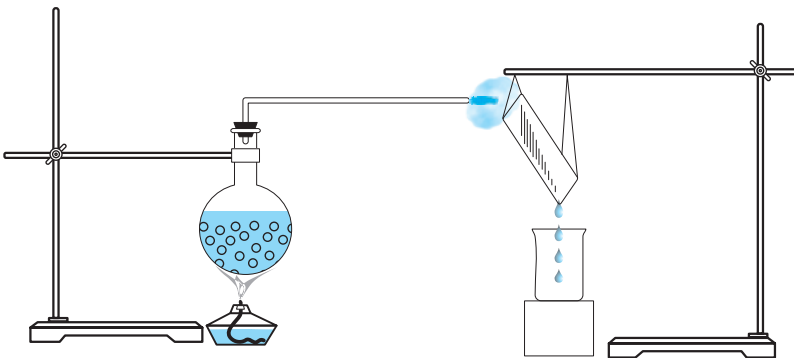
2 կգ հեղուկի գոլորշացման համար պահանջվող ջերմաքանակը երկու անգամ ավելի կլինի, 3 կգ հեղուկի համար՝ երեք անգամ ավելի և այլն:

Կամայական m զանգված ունեցող և եռման ջերմաստիճանում գտնվող հեղուկի գոլորշացման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը գրենելու համար պետք է այդ հեղուկի շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը բազմապատկել նրա զանգվածով.

$$Q = rm \tag{44.1}$$

Եռման ջերմաստիճանում m զանգված ունեցող գոլորշու խտացումից անջարվող ջերմաքանակը որոշվում է նույն բանաձևով, սակայն «մինուս» նշանով.

$$Q = -rm \tag{44.2}$$



Նկար 84

Տարցեր

1. Ինչո՞ւ է ջեռուցիչի անջապումից հետո հեղուկի եռումը դադարում:
2. Ի՞նչ է շոգեգոյացման փեսակարար ջերմությունը:
3. Ջրի շոգեգոյացման փեսակարար ջերմությունը հավասար է 2.3 ՄՋ/կգ-ի: Ի՞նչ է ցույց փալիս այդ թիվը:
4. Նկարագրե՛ք այն երևույթները, որ փեղի են ունենում նկ. 84-ում պարկերված փորձի ընթացքում:
5. Ի՞նչ էներգիա է անջապվում 78 °C ջերմաստիճանում 1 կգ զանգված ունեցող սպիրտի գոլորշու խտացման դեպքում:

§ 45. Վառելիքի այրման ժամանակ անջապվող ջերմաքանակը

Մարմինները փաթացնելու համար հաճախ օգտագործում են վառելիքի այրման ժամանակ անջապվող էներգիան: Սովորական վառելիքը (ածուխը, նավթը, բենզինը) ածխածին է պարունակում: Այրման ժամանակ ածխածնի ատոմները միանում են օդում պարունակվող թթվածնի ատոմներին, ինչի արդյունքում առաջանում են ածխաթթու գազի մոլեկուլներ: Այդ մոլեկուլների կինետիկ էներգիան ավելի մեծ է լինում, քան ելակերային մասնիկներինը: Այրման ընթացքում մոլեկուլների կինետիկ էներգիայի մեծացումն էլ հենց անվանում են էներգիայի անջապում:

Վառելիքի լրիվ այրման դեպքում առաջացող էներգիան կոչվում է այդ վառելիքի այրման ջերմություն:

Վառելիքի այրման ջերմությունը (կամ նրա այրման ընթացքում անջապվող ջերմաքանակը) կախված է վառելիքի փեսակից և նրա զանգվածից: Որքան մեծ է վառելիքի զանգվածը, այնքան ավելի մեծ ջերմաքանակ է անջապվում նրա լրիվ այրման ընթացքում:

Ֆիզիկական այն մեծությունը, որը ցույց է փալիս, թե ինչ ջերմաքանակ է անջապվում 1 կգ վառելիքի լրիվ այրման դեպքում, կոչվում է այդ վառելիքի **այրման փեսակարար ջերմություն:**

Վառելիքի այրման փեսակարար ջերմությունը նշանակում են q փառով և չափում են ջոուլը բաժանած կիլոգրամով (Ջ/կգ):

q -ն վառելիքի այրման փեսակարար ջերմությունն է:

Տարբեր տեսակի վառելիքների այրման տեսակարար ջերմությունը բերված է աղյուսակ 13-ում:

Աղյուսակ 13

Մի քանի տեսակի վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը, Ջ/կգ

Վառող	$0,38 \cdot 10^7$	Սպիրտ	$2,7 \cdot 10^7$	Նավթ	$4,4 \cdot 10^7$
Չոր փայտ	$1,0 \cdot 10^7$	Անտրացիտ	$3,0 \cdot 10^7$	Բենզին	$4,6 \cdot 10^7$
Տորֆ	$1,4 \cdot 10^7$	Փայտածուխ	$3,4 \cdot 10^7$	Կերոսին	$4,6 \cdot 10^7$
Քարածուխ	$2,7 \cdot 10^7$	Բնական գազ	$4,4 \cdot 10^7$	Ջրածին	$12 \cdot 10^7$

Այս աղյուսակից երևում է, որ, օրինակ՝ փորֆի այրման տեսակարար ջերմությունը հավասար է $1,4 \cdot 10^7$ Ջ/կգ-ի: Այս թիվը ցույց է տալիս, որ 1 կգ զանգվածով փորֆի լրիվ այրման ժամանակ անջարվում է $1,4 \cdot 10^7$ Ջ-ին հավասար ջերմաքանակ: 2 կգ փորֆի այրման դեպքում անջարվում է երկու անգամ ավելի մեծ էներգիա, 3 կգ-ի դեպքում՝ երեք անգամ ավելի և այլն:

Կամայական զանգվածով վառելիքի այրման ժամանակ անջարվող ջերմաքանակը գտնում են հետևյալ բանաձևով.

$$Q = qm$$

Կամայական զանգվածով վառելիքի լրիվ այրման ժամանակ անջարվող ջերմաքանակը գտնելու համար պետք է այդ վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը բազմապատկել նրա զանգվածով:

Նարցեր

1. Ի՞նչ նկատի ունեն, երբ խոսում են վառելիքի այրման ժամանակ առաջացող էներգիայի մասին:
2. Ո՞ր մեծությունն են անվանում վառելիքի այրման տեսակարար ջերմություն:
3. Ի՞նչ միավորով են չափում վառելիքի այրման տեսակարար ջերմությունը:
4. Նավթի այրման տեսակարար ջերմությունը հավասար է $4,4 \cdot 10^7$ Ջ/կգ-ի: Ի՞նչ է ցույց տալիս այս թիվը:

§ 46. Ջերմային շարժիչներ

Տեխնիկայի զարգացումը շարքում պայմանավորված է վառելիքում պարունակվող ներքին էներգիայի պաշարները հնարավորինս լրիվ օգտագործելու կարողությունից:

Ներքին էներգիան օգտագործելը նշանակում է օգտակար աշխատանք կատարել, օրինակ՝ տեղաշարժել միացր, բեռ բարձրացնել և այլն:

Կատարենք հետևյալ փորձը: Փորձասրվակի մեջ մի քիչ ջուր լցնենք, այնուհետև այն ամուր փակենք խցանով և ջուրը տաքացնենք եռալու աստիճան: Առաջացած գոլորշու ներգործությամբ խցանը դուրս կթռչի և վեր կբարձրանա: Այս փորձի սկզբում վառելիքի էներգիան վերածվեց գոլորշու ներքին էներգիայի: Այնուհետև գոլորշին ընդարձակվելով աշխատանք կատարեց՝ բարձրացրեց խցանը:

Եթե մենք փորձասրվակը փոխարինենք ամուր մեքսաղե գլանով, իսկ խցանը՝ կիպ հարմարեցված միացով, որը կարող է շարժվել գլանի ներսում, ապա կունենանք պարզագույն *ջերմաշարժիչ*:

Ջերմաշարժիչ է կոչվում այն մեքենան, որն աշխատանք է կատարում վառելիքի ներքին էներգիայի օգտագործման հաշվին:

Գոյություն ունեն ջերմաշարժիչների տարբեր տեսակներ՝ *շոգեմեքենա*, *ներքին այրման շարժիչ*, *գազատուրբին*, *շոգետուրբին*, *ռեակտիվ շարժիչ*: Դրանցից յուրաքանչյուրում նախ վառելիքի էներգիան վերածվում է գազի (կամ գոլորշու) էներգիայի, որն այնուհետև ընդարձակվելով՝ աշխատանք է կատարում: Այդ աշխատանքի կատարման ընթացքում գազի ներքին էներգիայի մի մասը վերածվում է շարժիչի շարժվող մասերի մեխանիկական էներգիայի:

Աշխատանք կատարելիս ջերմաշարժիչը օգտագործում է վառելիքի այրումից ստացվող էներգիայի միայն մի որոշ մասը:

Ֆիզիկական այն մեծությունը, որը ցույց է տալիս, թե վառելիքի այրումից ստացվող էներգիայի որ մասն է կազմում շարժիչի կատարած աշխատանքը, կոչվում է ջերմաշարժիչի **օգտակար գործողության գործակից (ՕԳԳ)**:

Ջերմաշարժիչի ՕԳԳ-ն գրնում են հետևյալ բանաձևով.

$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100 \%,$$

որտեղ Q-ն վառելիքի այրումից ստացված ջերմաքանակն է, A-ն շարժիչի կարարած աշխատանքը:

Քանի որ A-ն միշտ փոքր է Q-ից, ապա ցանկացած ջերմաշարժիչի օգտակար գործողության գործակիցը փոքր է 100 %-ից:

Առաջին ջերմաշարժիչները ստեղծվեցին XVIII դարի վերջում: Դրանք *շոգեմեքենաներն* էին:

Շոգեմեքենայի հիմնական մասը գլանն է, որի ներսում գտնվում է մխոցը: Մխոցը շարժման մեջ է դրվում շոգեկաթսայից եկող գոլորշու միջոցով:

Առաջին համապիտանի շոգեմեքենան կառուցել է անգլիացի գյուրարար Ջեյմս Ուատերը: 1768 թ-ից սկսած՝ փարիներ շարունակ նա զբաղվել է դրա կառուցվածքի կարարելագործմամբ: Խոշոր արդյունաբերող Բոլտոնի աջակցությամբ փասը փարվա ընթացքում՝ 1775-1785 թթ-ին, Ուատերի ընկերությունը 66 շոգեմեքենա կառուցեց. դրանցից 22-ը պղնձահանքերի, 17-ը մետալուրգիական գործարանների, 7-ը ջրագծերի, 5-ը քարածխային հանքահորերի և 2-ը տեքստիլ ֆաբրիկաների համար: Նաջորդ փասնամյակում այդ ընկերությունն արդեն 144 շոգեմեքենա ստեղծեց:

Շոգեմեքենայի հայտնագործությունը հսկայական դեր ունեցավ մեքենայական արտադրության անցնելու գործում: Իգուր չէ Ուատերի հուշարձանին գրված. «Մեծացրեց մարդու իշխանությունը բնության վրա»:

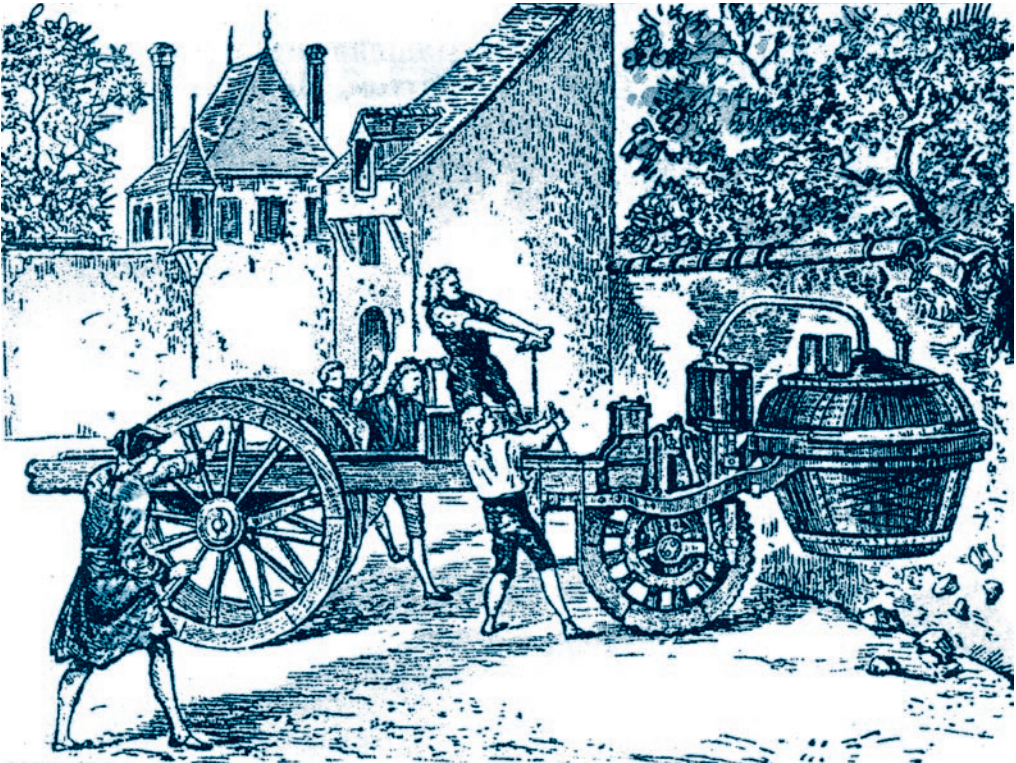
Նարցեր

1. Բերե՞ք գոլորշու ներքին էներգիան մեխանիկական էներգիայի վերածվելու օրինակներ:
2. Ի՞նչ է ջերմաշարժիչը:
3. Թվարկե՞ք ջերմաշարժիչների տեսակները:
4. Ի՞նչն են անվանում ջերմաշարժիչի օգտակար գործողության գործակից:
5. Ո՞վ է հայտնագործել շոգեմեքենան:

§ 47. Ավտոմեքենայի և շոգեքարշի հայտնագործումը

Շոգեմեքենաների լայն կիրառման եռանդուն կողմնակիցը լինելով հանդերձ Ուստրը, այնուամենայնիվ, դեմ էր իրրև փրանսպորտ այն օգտագործելուն: Նրա անհանգստությունը հիմքեր ուներ. շոգեկաթսաների պայթյուններն այն ժամանակ հազվադեպ երևույթ չէին: Մակայն փեխնիկական առաջընթացը կանգնեցնելն անհնար էր:

1770 թ-ին ֆրանսիացի ինժեներ Ժ. Այունյոն սրեղծեց առաջին ինքնաշարժ սայլը, որը նախատեսված էր հրեփանու փեղաշարժի համար: «Այունյոյի սայլը» շարժվում էր գոլորշու ճնշման ուժի շնորհիվ և առաջին (շոգե) *ավտոմեքենան* էր: Այն շարժանքաշարժ էր, դժվար կառավարելի և առաջին իսկ փորձարկման ժամանակ բախվեց պապին (նկ. 85): Չնայած դրան՝ բոլորը ցնծության մեջ էին: Փարիզի «Տեղեկաբու» թերթը այսպես բնութագրեց «Այունյոյի սայլը». «Այնքան մեծ էր նրա շարժման ուժը, որ հնարավոր չէր կառավարել այն: Իր ճանապարհին քարն պապի հանդիպելով՝ այն հեշտությամբ կործանեց արգելքը»:



Նկար 85

Որոշ ժամանակ անց մեկ այս, մեկ այն քաղաքում սկսեցին ի հայտ գալ շոգիով աշխատող հանրակառքերը՝ շոգեշարժիչով ավտոմեքենաները, որոնք նախատեսված էին որոշակի երթուղիներով ուղևորների կանոնավոր տեղափոխման համար: Իրենց աշխատանքը կորցնելու վրանգ զգալով՝ ձիաքարշ հանրակառքերի տերերն անմիջապես պայքար ծավալեցին տրանսպորտի նոր տեսակի դեմ: Դրա դեմ կարևորագույն փաստարկ ծառայեց 1834 թ-ին Շտրլանդիայում նոր հանրակառքերից մեկի շոգեկաթսայի պայթյունը: Այս աղետից փութեց 5 մարդ: Սակայն այն ժամանակվա թերթերը փորձեցին այս վթարին ավելի սարսափելի տեսք տալ՝ նկարի վրա պատկերելով փասնյակ մարդկանց՝ պոկված ձեռքերով, ոտքերով և անգամ գլուխներով:

Ենթարկվելով հասարակության որոշակի ազդեցիկ շրջանների ճնշմանը՝ անգլիական կառավարությունը որոշում ընդունեց կտրուկ սահմանափակել շոգեմեքենաների ազատ տեղաշարժը: Այս նպատակով այն հատուկ փորձ նշանակեց այս մեքենաների օգտագործման համար և ճանապարհային երթուղիության նոր կանոններ հաստատեց.

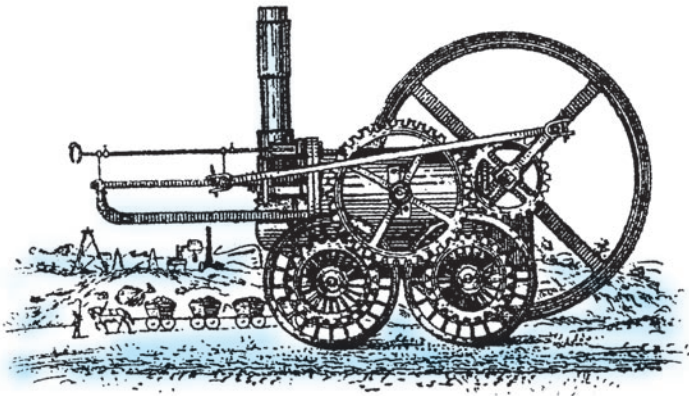
1. Շոգեհանրակառքի առջևից հինգ մետր փարածությամբ պետք է կարմիր դրոշակով մարդ գնար: Կառքերի կամ հեծյալների հանդիպելիս նա պետք է զգուշացներ իր հետևից եկող շոգեմեքենայի մասին:

2. Նանրակառքերը վարողներին խստիվ արգելվում էր սուլիչի ձայնով վախեցնել ձիերին: Մեքենայից գոլորշի բաց թողնելը թույլատրվում էր միայն այն դեպքում, երբ ճանապարհին ձիեր չկային:

3. Շոգեմեքենայի շարժման արագությունը չպետք է գերազանցեր գյուղում 6 կմ/ժ-ը, իսկ քաղաքում 3 կմ/ժ-ը:

Սակայն միայն ձիաքարշ հանրակառքերը չէին առաջին ավտոմեքենաների թշնամիները: Նրանց վերջնական հարվածը հասցրեց իրենց «փոքր եղբայրը»՝ *շոգեքարշը*:

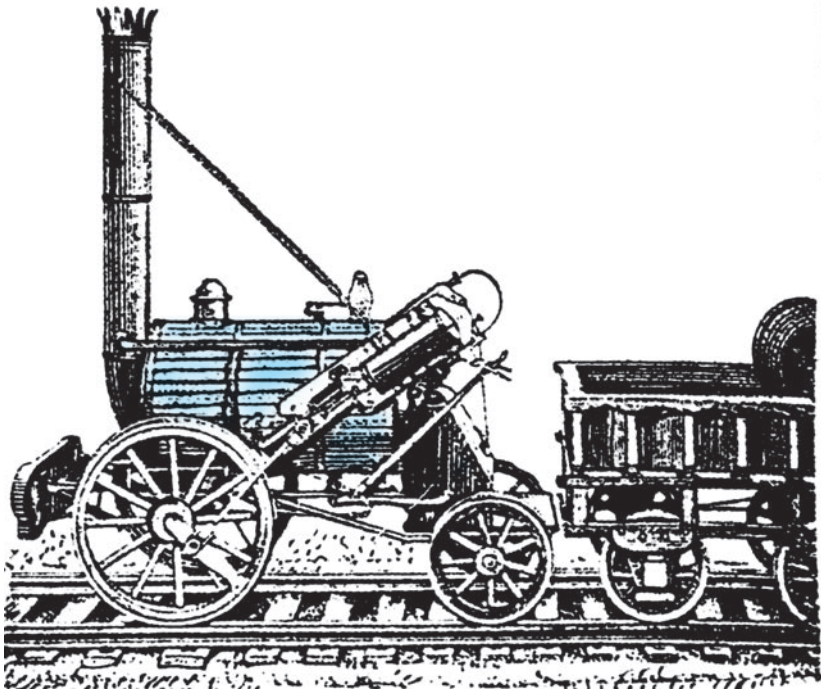
Շոգեքարշի ճակատագիրը նույնպես հասարակ չէր: Առաջին շոգեքարշը (տե՛ս նկ. 86) 1803 թ-ին կառուցեց անգլիացի գյուղատարար Ռիչարդ Տրևիսիկը: Շոգեքարշի զանգվածը 5 տ էր, և երբ այն սկսեցին օգտագործել ձիերի համար նախատեսված թուջն ճանապարհի վրա, այն կոտրապեց ռելսերը: Նինգ փարի անց Տրևիսիկը նոր շոգեքարշ կառուցեց: Այն կոչվում էր «Բոննեթ



Նկար 86

ինձ, ով կարող է» և մինչև 30 կմ/ժ արագություն էր զարգացնում: Սակայն Տրևիսիսիկին չհաջողվեց իր հայրնազործությանը հեղափոխել արդյունաբերողներին: Նրա շոգեքարշն օգտագործվում էր միայն որպես ավրակցիոն՝ այն մի քանի ուղևորով սայլակ էր տեղափոխում ոչ մեծ շրջանաձև ճանապարհով: Աջակցություն չստանալով՝ Տրևիսիսիկը սնանկացավ և 1816 թ-ին մեկնեց Նարավային Ամերիկա:

Կառուցվածքի անկախարության, ինչպես նաև համապարասխան երկաթգծի բացակայության պատճառով Տրևիսիսիկի շոգեքարշը նրա ժամանակակիցներին չհամոզեց տրանսպորտի այդ նոր տեսակի հեռանկարային լինելը: Այն ժամանակ տեխնիկական շրջանակների ներկայացուցիչներից շատերը նախկինի պես կարծում էին, որ հարթ անիվներով շոգեքարշը չի կարող քաշել վագոնները, որոնց քաշը մեծ է շոգեքարշի քաշից: Ենթադրելով, որ շոգեքարշի անիվները գնացքի շարժման ժամանակ պետք է կառչեն կամ հրվեն ինչ-որ բանից (որպեսզի կանխվի սահումը)՝ որոշ մեքենաշինարարներ սկսեցին շոգեքարշեր նախագծել հափուկ հրող «ոտքերով», ավամնավոր անիվներով (որոնք շարժվում էին ավամնավոր ձողերի վրայով) և այլն: Սակայն շուտով հափուկ փորձերի արդյունքում հաջողվեց ապացուցել, որ ինքնագնաց կառքի (ներառյալ նաև շոգեքարշը) տանող անիվների շփման ուժը զգալիորեն գերազանցում է տարվող անիվների շփման ուժը: Այստեղից հետևում էր, որ շոգեքարշն ունակ է այնպիսի քաշի ուժ ստեղծել, որը բավարար լինի տեղափոխել վագոններ, որոնց կշիռը գերազանցում է շոգեքարշի կշիռը: Արամնավոր անիվների օգտագործումն անհարկի դարձավ, և գյուտարարները կրկին վերադարձան հարթ անիվներին:



Նկար 87

Շոգեքարշային երկաթուղային տրանսպորտի զարգացման գործում վճռական դերը պատկանում է անգլիացի կոնստրուկտոր և գյուտարար Ջորջ Ստեֆենսոնին (1781–1848): Շոգեքարշերի շինարարությամբ նա սկսեց գրառվել 1814 թ-ից: 1823 թ-ին նա հիմնեց աշխարհում առաջին շոգեքարշի գործարանը: Ստեֆենսոնի ղեկավարությամբ երկաթգծեր կառուցվեցին, որոնցով սկսեցին շարժվել նրա շոգեքարշերը: Իսկ երբ 1829 թ-ին տեղի ունեցավ լավագույն լոկոմոտիվների մրցույթը, առաջին տեղը գրավեց Ստեֆենսոնի «Նրթիո» շոգեքարշը (տես նկ. 87): Նրա հզորությունը 13 ձիաուժ էր, իսկ առավելագույն արագությունը հասնում էր 47 կմ/ժ-ի:

Երկաթուղային տրանսպորտի շնորհիվ ստացվող հսկայական շահույթը ցրեց դրա շահավետության վերաբերյալ անգամ շոգեքարշերի ամենաակտիվ հակառակորդների կասկածները: Այն լորդերը, որոնք նախկինում ամեն գնով խանգարում էին երկաթգիծն իրենց հողերով անցկացնելուն, այժմ պատրաստ էին այն անցկացնել անգամ «իրենց սեփական ննջարանով»:

Ռուսաստանում առաջին շոգեքարշը կառուցել են 1834 թ-ին ճորտ ինժեներ փարպեյրներ հայր և որդի Ե.Ա. և Մ.Ե. Չերեպանովները:

Ավելի քան հարյուր տարվա ընթացքում շոգեքարշը աշխարհում գլխավոր տրանսպորտային միջոցն էր: Ռուսաստանում շոգեքարշերի արտադրությունը դադարեցվել է 1956 թ-ին, երբ դրանք փոխարինվեցին *էլեկտրաքարշերով* և *ջերմաքարշերով*: Այս լոկոմոտիվներում շոգեմեքենաներն արդեն չէին գործածվում: Դրանց փոխարեն սկսեցին կիրառվել էլեկտրաշարժիչները (էլեկտրաքարշերում) և ներքին այրման շարժիչները (ջերմաքարշերում):

Նարցեր

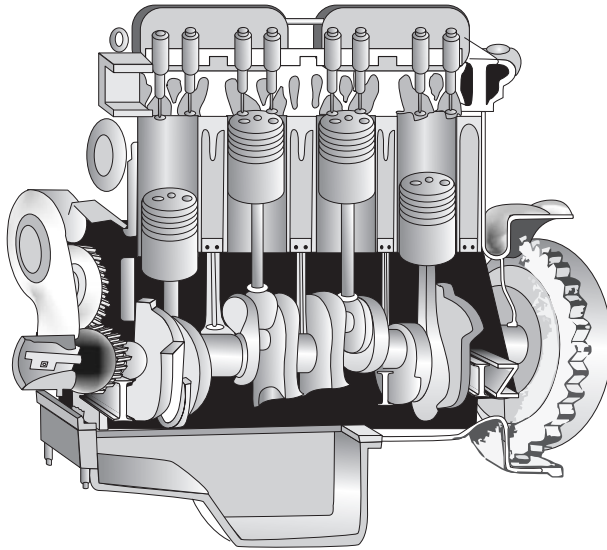
1. Ո՞վ է ստեղծել առաջին ավտոմեքենան: Ի՞նչ շարժիչ էր օգտագործվում այդ մեքենայում:
2. Ի՞նչ գիտեք շոգեքարշերի ստեղծման պատմությունից:
3. Ի՞նչ շարժիչներ են օգտագործվում էլեկտրաքարշերում և ջերմաքարշերում:

§ 48. Ներքին այրման շարժիչ

Ներքին այրման շարժիչը հայտնագործել է ֆրանսիացի մեխանիկ Է. Լենուարը 1860 թ-ին: Շարժիչն իր անվանումը ստացել է այն պատճառով, որ վառելիքն այրվում էր ոչ թե դրսում, այլ շարժիչի գլանի ներսում: Լենուարի սարքի կառուցվածքն անկապար էր, ՕԳԳ-ն՝ ցածր (մոտ 3%), և մի քանի տարի անց դրան փոխարինելու եկան ավելի կապարյալ շարժիչներ:

Դրանց մեջ ամենալայն տարածումը գտավ ներքին այրման *քառափակփայտ* շարժիչը, որը նախագծել է գերմանացի գյուտարար Ն. Օտտոն 1878 թ-ին: Այս շարժիչի աշխատանքային յուրաքանչյուր ցիկլը չորս փակվել է պարունակում՝ *վառելիքի ներթողում, սեղմում, աշխատանքային քայլ և այրման արգասիքների արտաթողում*: Այսպես ինչ էլ շարժիչի քառափակփայտ անվանումը:

Լենուարի և Օտտոյի շարժիչներն աշխատում էին լուսագազի հեղու օդի խառնուրդով: Բենզինով աշխատող ներքին այրման շարժիչը ստեղծել է գերմանացի գյուտարար Գ. Դայմլերը 1885 թ-ին: Գրեթե նույն ժամանակ բենզինով աշխատող շարժիչ էր նախագծել նաև Օ.Ս.Կոստովիչը Ռուսաս-



Նկար 88

դանում: Այս շարժիչում վառելիախառնուրդը (բենզինի և օդի խառնուրդը) պատրաստվում էր հատուկ սարքի՝ *կարբյուրատորի* միջոցով:

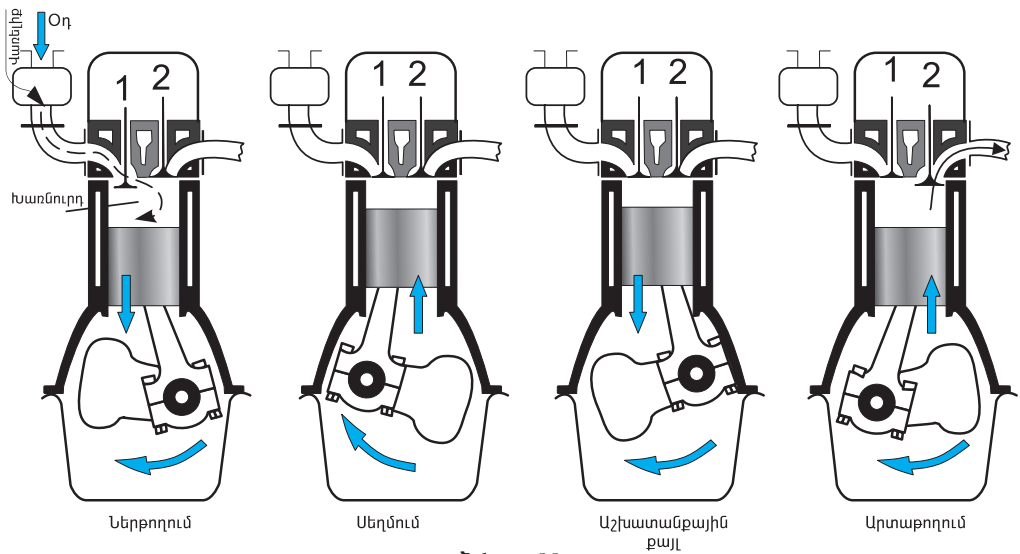
Փամանակակից քառազյան ներքին այրման շարժիչը պատկերված է նկ. 88-ում: Շարժիչի գլանների մեջ գտնվող միացները միացած են ծնկաձև (1) լիսեռով: Այդ լիսեռին ամրացված է 2 ծանր թափանիվը: Յուրաքանչյուր գլանի վերևի մասում երկու կափույր կա. դրանցից մեկը կոչվում է ներթողիչ, մյուսը՝ արտաթողիչ: Առաջին կափույրով վառելիախառնուրդը մտնում է գլանի մեջ, իսկ երկրորդով վառելիքի այրման արգասիքներն են դուրս գալիս:

Միազյան ներքին այրման շարժիչի աշխատանքի սկզբունքը ներկայացված է նկ. 89-ում:

1-ին փուլ – *ներթողում*: Բացվում է (1) կափույրը: (2) Կափույրը փակ է: Ներքև իջնող (3) միացը վառելիախառնուրդը ներքաշում է գլանի մեջ:

2-րդ փուլ – *սեղմում*: Երկու կափույրն էլ փակ են: Վեր բարձրացող միացը սեղմում է վառելանյութը: Սեղմման ընթացքում վառելանյութը փաքանում է:

3-րդ փուլ – *աշխատանքային քայլ*: Երկու կափույրն էլ փակ են: Երբ միացը հայտնվում է վերին եզրային դիրքում, խառնուրդը վառվում է մոմի էլեկտրական կայծով: Խառնուրդի այրման արդյունքում առաջանում են շիկացած գազեր, որոնց ճնշումը կազմում է 3-6 ՄՊա, իսկ ջերմաստիճանը հասնում է 1600–2200 °C-ի: Այս գազերի ճնշման ուժը միացը ներքև



Նկար 89

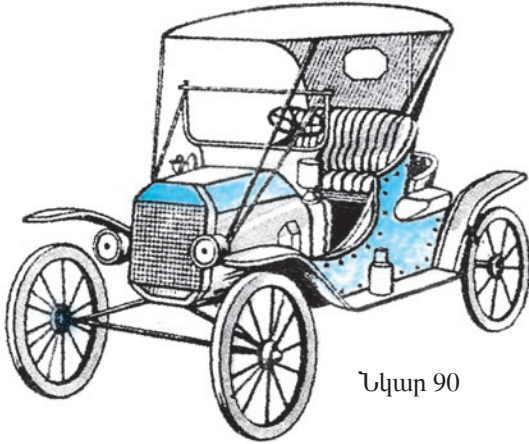
Է հրում: Միացի շարժումը հաղորդվում է թափանիվով ձևկաձև լիսեռին: Ուժեղ ցնցում սրանալով՝ թափանիվը շարունակում է շարժվել իներցիայով՝ այդպիսով ապահովելով միացի փեղաշարժը նաև հաջորդ փակվերում:

4-րդ փակը – *արդարաթողում*: Բացվում է (2) կափույրը: (1) կափույրը փակ է: Միացը շարժվում է վեր: Վառելիքի այրման արգասիքները դուրս են գալիս գլանից և *խլացուցիչով* (նկարում ցույց չի փրված) բաց են թողնվում մթնոլորտ:

Տեսնում ենք, որ միագլան շարժիչում օգտակար աշխատանք կատարվում է միայն երրորդ փակում: Քառագլան շարժիչում (փն՛ն նկ. 88) միացներն այնպես են ամրացված, որ չորս փակներից յուրաքանչյուրի ժամանակ դրանցից մեկը գրնվում է աշխատանքային քայլի փուլում: Դրա շնորհիվ ձևկաձև լիսեռը 4 անգամ ավելի հաճախ է էներգիա սրանում: Այդ դեպքում մեծանում է շարժիչի հզորությունը, և լավագույնս ապահովվում է լիսեռի պտույտի հավասարաչափությունը:

Ներքին այրման շարժիչների մեծամասնության դեպքում լիսեռի պտույտի հաճախությունը կազմում է բոպկում 3000-ից 7000 պտույտ:

1897 թ. գերմանացի ինժեներ Ռ. Դիզելը նախագծեց ներքին այրման շարժիչ, որում սեղնվում էր ոչ թե վառելախառնուրդը, այլ օդը: Այդ սեղնման ընթացքում օդի ջերմաստիճանն այնքան էր բարձրանում, որ նրա մեջ ընկնող վառելիքը բոցավառվում էր: Վառելիքի բոցավառման համար հատուկ



Նկար 90

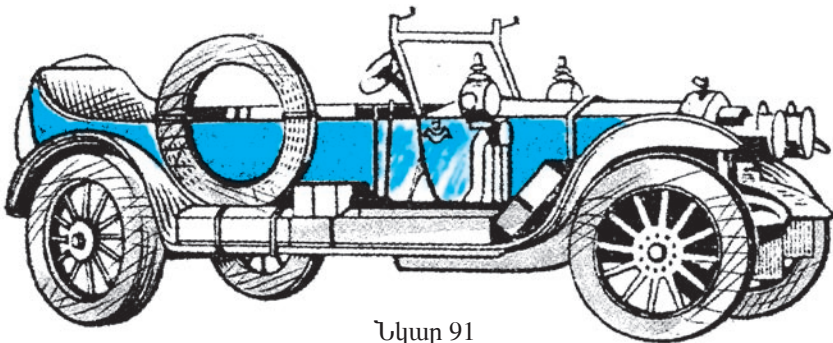
սարքի կարիքն այս շարժիչում այլևս չկար. պետք չէր նաև կարբյուրատորը: Նոր շարժիչը սկսեց կոչվել *դիզել*:

Դիզելի շարժիչը ջերմաշարժիչներից ամենախնայողականն է. այն աշխատում է վառելիքի էժան փոսակներով և ունի 31-44 % ՕԳԳ (մինչդեռ կարբյուրատորային շարժիչի ՕԳԳ-ն սովորաբար 25-30 %

է): Ներկայումս այդ շարժիչն օգտագործվում է փրակտորներում, ջերմաքաշերում, փանկերում, բեռնատարներում, շարժական էլեկտրակայաններում:

Իսկ նոր շարժիչի գյուտարարի ճակատագիրը ողբերգական էր: 1913 թ-ի սեպտեմբերի 29-ին նա նստեց Լոնդոն մեկնող շոգենավը: Առավոտյան նրա նավասենյակը դատարկ գտան: Տաղանդավոր ինժեներն անհետ կորել էր: Ենթադրում են, որ նա ինքնասպան է եղել՝ գիշերն իրեն նետելով Լա Մանշի ջրերի մեջ:

Ներքին այրման շարժիչի հայտնագործումը հսկայական դեր խաղաց մեքենաշինության մեջ: Բենզինով աշխատող ներքին այրման շարժիչով առաջին ավտոմեքենան սրեղծվեց 1886 թ-ին Գ.Դայմլերի կողմից: Միաժամանակ Դայմլերը պատենավորեց իր շարժիչի փրեզերումը մոտորանավակի և մոտոցիկլետի վրա: Նույն թվականին՝ մի փոքր ավելի ուշ, երևան եկավ Կ. Բենցի եռանիվ ավտոմեքենան: Ծանրաշարժ և դժվար կառավարելի շոգենեքենաները սկսեցին դուրս մղվել նոր մեքենաների կողմից: Ներազա



Նկար 91

տարիները դարձան ավտոմեքենաների արդյունաբերական արտադրության սկիզբը:

1892 թ-ին իր առաջին ավտոմեքենան սրեղծեց Ն. Ֆորդը (ԱՄՆ): 11 տարի անց նրա ավտոմեքենաները (նկ. 90) զանգվածային արտադրության թույլտվություն ստացան:

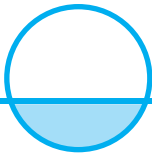
1908 թ-ին ավտոմեքենաներ սկսեցին արտադրել Ռիգայի Ռուս-բալթիական գործարանում: «Ռուստրալթ» ռուսական առաջին ավտոմեքենաներից մեկը պատկերված է նկ. 91-ում:

Տրանսպորտի նոր տեսակի զարգացման և տարածման գործում կարևոր դեր խաղացին ավտոմոբիլային մրցարշավները, որոնք սկսեցին կազմակերպվել 1894 թ-ից: Առաջին մրցարշավում ավտոմեքենաների արագությունն ընդամենը 24 կմ/ժ էր: Սակայն արդեն հինգ տարի հետո այն հասավ 70 կմ/ժ-ի, իսկ ես հինգ տարի հետո՝ 100 կմ/ժ-ի:

1900 թ-ից սկսվեց հատուկ մրցարշավային ավտոմեքենաների արտադրությունը: Տարեցտարի դրանց արագությունը մեծանում էր: 60-ական թվականներին միտոցային շարժիչով ավտոմեքենայի արագությունը գերազանցեց 600 կմ/ժ-ը, իսկ ավտոմեքենայի վրա գազատուրբինային շարժիչի տեղադրումից հետո այն գերազանցեց 900 կմ/ժ-ը: Վերջապես, 1997 թ-ին Է. Գրինը (Մեծ Բրիտանիա) իր «Տրաստ SSC» հրթիռային ավտոմեքենայով 1227,985 կմ/ժ արագության հասավ, ինչը գերազանցում է օդում ձայնի արագությունը:

Նարցեր

1. Նկարագրե՛ք քառագլան ներքին այրման շարժիչի աշխատանքի սկզբունքը: Ի՞նչ տակտերից է բաղկացած նրա յուրաքանչյուր աշխատանքային ցիկլը:
2. Շարժիչում ի՞նչ դեր է խաղում թափանիվը:
3. Ինչո՞վ է տարբերվում ներքին այրման դիզելային շարժիչը կարբյուրատորայինից:
4. Ո՞վ սրեղծեց ներքին այրման շարժիչով առաջին ավտոմեքենաները:



Գլուխ 1

1. Նշե՛ք, թե որ մարմինների նկարմամբ է ջերմանալի նավասենյակում նստած ուղևորը գտնվում հարաբերական դադարի վիճակում և որոնց նկարմամբ է շարժվում:
2. Նշե՛ք, թե որ մարմինների նկարմամբ է փանը գիրք կարդացող աշակերտը գտնվում հարաբերական դադարի վիճակում և որոնց նկարմամբ է շարժվում:
3. Արագության հերևյալ արժեքներն արտահայտե՛ք մ/վ-ով. 9 կմ/ժ, 36 կմ/ժ, 108 կմ/ժ, 30 մ/ր, 20 սմ/վ:
4. Արագության հերևյալ արժեքներն արտահայտե՛ք մ/վ-ով. 18 կմ/ժ, 54 կմ/ժ, 72 կմ/ժ, 120 մ/ր, 5 սմ/վ:
5. 54 կմ/ժ արագությամբ գնացքը քանի՞ անգամ է ավելի արագ շարժվում 5 մ/վ արագություն ունեցող ճանճից:
6. Ամենասարագաշարժ կաթնատունը վագրակարուն է: Կարճ փարածություններում նրա արագությունը կարող է հասնել մինչև 112 կմ/ժ-ի: Քանի՞ անգամ է այս արագությունը գերազանցում 20 մ/վ արագությամբ շարժվող ավտոմեքենայի արագությունը:
7. Ճանապարհի առաջին 3 կմ-ն ավտոբուսն անցավ 6 մ/վ արագությամբ, իսկ հաջորդ 13 կմ-ը՝ 10 մ/վ արագությամբ: Գտնե՛ք ամբողջ ճանապարհի ընթացքում ավտոբուսի միջին արագությունը:

Տված է.	ՄԳ
$s_1 = 3$ կմ	3000 մ
$v_1 = 6$ մ/վ	6 մ/վ
$s_2 = 13$ կմ	13 000 մ
$v_2 = 10$ մ/վ	10 մ/վ
$v_{\text{միջ}} = ?$	

Լուծում՝

$$v_{\text{միջ}} = \frac{s}{t}, s = s_1 + s_2,$$

$$s = 3000\text{մ} + 13000\text{մ} = 16000\text{մ}$$

$$t = t_1 + t_2,$$

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1}, t_1 = \frac{3000}{6} \text{վ} = 500\text{վ},$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2}, t_2 = \frac{13000}{10} \text{վ} = 1300\text{վ},$$

$$t = 500\text{վ} + 1300\text{վ} = 1800\text{վ},$$

$$v_{\text{միջ}} = \frac{16000 \text{ մ}}{1800 \text{ վ}} = 8.9 \frac{\text{մ}}{\text{վ}}:$$

Պատ՝. $v_{\text{միջ}} = 8.9 \text{մ/վ}:$

8. A քաղաքից մինչև B քաղաքն ընկած ճանապարհը հեծանվորդն անցավ 10 կմ/ժ արագությամբ: Վերադառնալիս նա շարժվում էր 14 կմ/ժ արագությամբ: Ինչի՞ է հավասար հեծանվորդի միջին արագությունը նրա անցած ամբողջ ճանապարհի ընթացքում, եթե քաղաքների միջև փարածությունը 28 կմ է:

9. Նկարն՝ ստորև թվարկվող իրավիճակները և նկարի վրա նշե՛ք դիֆարկվող մարմնի շարժման արագացման ուղղությունը. ա) ուղղաձիգ ներքև իջնելով և ասփիճանաբար արագությունը նվազեցնելով՝ ուղղաթիռը նստում է գեպնին, բ) ճյուղից պոկվելով՝ խնձորն ընկնում է ներքև, գ) ավտոբոսն արգելակում է կանգառի մոտ:

10. Նկարն՝ ստորև թվարկվող իրավիճակները և նկարի վրա նշե՛ք դիֆարկվող մարմնի շարժման արագացման ուղղությունը. ա) ավտոմեքենան շարժվում է փեղից, բ) հրթիռը մեկնարկում է փինգերակայանից, գ) կրակոցից հետո հորիզոնական ուղղությամբ սլացող գնդակը դիպչում է հողաթմբին և մնում նրա մեջ:

11. Ի՞նչ արագացմամբ պետք է արգելակի 54 կմ/ժ արագությամբ շարժվող էլեկտրաքարշը, որպեսզի 30 վ անց կանգ առնի:

Տված է.		Լուծում՝
$v_0 = 54 \text{ կմ/ժ}$	15 մ/վ	$\alpha = \frac{v_0}{t},$
$v = 0 \text{ կմ}$		$\alpha = \frac{15 \text{ մ}}{30 \text{ վ}^2} = 0.5 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2} :$
$t = 30 \text{ վ}$	30 վ	
$a - ?$		Պատ՝ $\alpha = 0.5 \text{ մ/վ}^2 :$

12. Մրցարշավային ավտոմեքենան շարժվում է փեղից և 7 վայրկյանում ձեռք բերում 98 մ/վ արագություն: Որոշե՛ք ավտոմեքենայի արագացումը:

13. Ուղևորափոխ գնացքը փեղից շարժվում է 0,075 մ/վ² արագացմամբ: Ի՞նչ արագություն ձեռք կբերի այն 3 րոպեում:

14. Ի՞նչ արագությամբ է սառույցի վրա սկսել սահել փափօղակը, եթե այն կանգ է առել 10 վայրկյան հետո: Տափօղակի արագացումը 1,2 մ/վ² է:

15. Ի՞նչ ժամանակահատվածում է Կալաշնիկովի ինքնաձիգի փողում գնդակի արագությունը 0-ից հասնում 715 մ/վ-ի: Գնդակի արագացումը 600000 մ/վ² է:

16. Ինչքա՞ն է փնել ավտոմեքենայի արգելակումը մինչև կանգ առնելը, եթե նրա սկզբնական արագությունը 72 կմ/ժ է, իսկ արագացումը արգելակման դեպքում՝ 5 մ/վ²:

17. Մոպոցիկլիստը շարժվում է փեղից և 10 վ-ում ձեռք է բերում 54 կմ/ժ արագություն: Այդ ընթացքում ինչքա՞ն ճանապարհ է նա անցնում:

18. 18 կմ/ժ արագությամբ շարժվող փրակափորը սկսում է արգելակել և 5 վ անց կանգ է առնում: Ի՞նչ ճանապարհ է նա անցնում այդ ժամանակամիջոցում:

19. Որոշե՛ք ավտոմեքենայի արգելակման ընթացքում անցած ճանապարհը, եթե արգելակումը 6 մ/վ² արագացման դեպքում փնել է 4 վ:

20. Նրթիռը մեկնարկում է փիեզերակայանից 45 մ/վ² արագացմամբ: Ի՞նչ ճանապարհ այն կանցնի 4 վ-ում:

Տված է.	ՄՀ	Լուծում՝
$v_0 = 0$		$s = \frac{at^2}{2},$
$t = 2$ վ	2 վ	$2s = at^2,$
$s = 132$ կմ	1.32 մ	$a = \frac{2s}{t^2},$
$a - ?$		$a = \frac{2 \times 1.32}{4} \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2} = 0.66 \frac{\text{մ}}{\text{վ}^2},$
		Պատ՝. $\alpha = 0.66 \text{ մ/վ}^2 :$

21. Գնդիկը սկսում է գլորվել թեք դրված ճոռով և 2 վ-ում անցնում է 132 սմ ճանապարհ: Ի՞նչ արագացմամբ էր շարժվում գնդիկը:

22. Ի՞նչ արագացմամբ պետք է արգելակի ավտոբուսը, որպեսզի 8 վ-ում անցնի 44,8 մ և կանգ առնի:

23. Նկ. 5-ում պատկերված արագության գրաֆիկի հիման վրա որոշե՛ք. ա) մարմնի սկզբնական արագությունը, բ) մարմնի արագությունը 6 վ հետո, գ) մարմնի արագացումը, դ) 6 վ-ում մարմնի անցած ճանապարհը:

24. Նկ. 6-ում պատկերված արագության գրաֆիկի հիման վրա որոշե՛ք. ա) մարմնի սկզբնական արագությունը, բ) մարմնի արագությունը 5 վ հետո, գ) մարմնի արագացումը, դ) 5 վ-ում մարմնի անցած ճանապարհը:

25. Նկ. 92-ում պատկերված արագության գրաֆիկի հիման վրա որոշե՛ք մարմնի արագացումը և 8 վ-ում անցած ճանապարհը:

26. Նկ. 93-ում պատկերված արագության գրաֆիկի հիման վրա որոշե՛ք մարմնի արագացումը և 4 վ-ում անցած ճանապարհը:

27. Ինչի՞ է հավասար գնացքի կենտրոնաձիգ արագացումը, եթե այն շարժվում է 1000 մ շառավիղ ունեցող ոլորանով և ունի 54 կմ/ժ արագություն: Ո՞ր կողմն է ուղղված նրա արագացումը:

28. Ավտոմեքենան շարժվում է ուռուցիկ կամրջով, որի կորության շառավիղը 30 մ է: Ավտոմեքենայի արագությունը 36 կմ/ժ է: Ինչի՞ է հավասար նրա արագացումը: Ո՞ր կողմն է այն ուղղված:

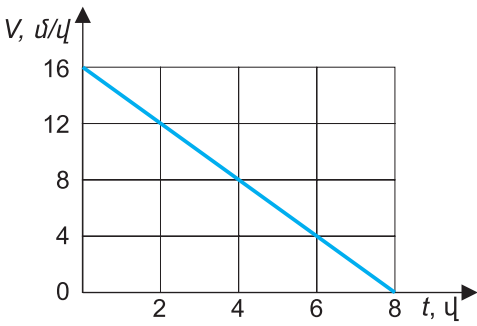
29. Որոշե՛ք ժամացույցի ժամսլաքի պտտման պարբերությունն ու հաճախությունը:

30. Որոշե՛ք ժամացույցի բոպեններ ցույց փվող սլաքի պտտման պարբերությունն ու հաճախությունը:

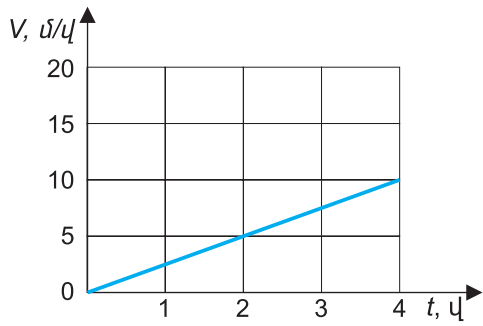
31. 100 ժամվա ընթացքում Յուպիտերը (Արեգակնային համակարգության ամենամեծ մոլորակը) իր առանցքի շուրջը մոտ 10 պտույտ է կատարում: Ի՞նչ հաճախությամբ է պտտվում այդ մոլորակը: Ինչքա՞ն է տևում մեկ օրը Յուպիտերի վրա:
32. Տուրբինի ռոտորը 10 վ-ում 2000 պտույտ է կատարում: Որոշե՞ք րոտորինի պտտման պարբերությունն ու հաճախությունը:
33. Սկավառակի պտտման հաճախությունը $2,5 \text{ վ}^{-1}$ է: Քանի՞ պտույտ կանի այս սկավառակը 20 վ-ի ընթացքում:
34. Ուղղաթիփի պտտության պարբերությունը $0,2 \text{ վ}$ է: Քանի՞ պտույտ է անում այս պտտության 10 վ-ում:
35. Ի՞նչ արագությամբ և արագացմամբ են շարժվում Երկրի հասարակածի կետերը իր առանցքի շուրջը երկրագնդի պտտման ժամանակ: Երկրի հասարակածային շառավիղը 6378 կմ է:
36. Ի՞նչ արագությամբ և արագացմամբ է Երկիրը պտտվում Արեգակի շուրջը: Երկրի ուղեծրի շառավիղը $150 \cdot 10^6 \text{ կմ}$ է:

Գլուխ 2

37. Մրոցաբարի պտտման ժամանակ նրա բոլոր մասնիկները շարժվում են շրջանագծով: Բայց բավական է, որ մասնիկներից մեկը պոկվի քարից, այն սկսում է ուղղագիծ շարժվել (տե՛ս նկ. 8): Ինչո՞ւ:
38. Ինչո՞ւ է սայթաքող մարդը դեպի առաջ ընկնում:
39. Կարո՞ղ է, արդյոք, մարմինը շարժվել ուժի ներգործության ուղղությանը հակառակ: Այդ դեպքում ի՞նչ տեղի կունենա նրա արագության հետ: Ո՞ր կողմն ուղղված կլինի նրա արագացումը: Կարո՞ղ են, արդյոք, մարմնի արագությունն ու արագացումը միշտ հակառակ կողմեր ուղղված լինել:
40. Մարմնի (նյութական կեփի) նկատմամբ կիրառված է հավասար մեծության, բայց հակադիր ուղղության երկու ուժ: Կարո՞ղ է, արդյոք, այդ մարմինը շարժվել: Եթե այո, ապա ինչպե՞ս. հավասարաչափ, թե՛ հավասարաչափ արագացող, ո՞ր ուղղությամբ:
41. Ի՞նչ արագացում կարող է հաղորդել 2 կգ զանգվածով քարին 20 Ն ուժը:
42. 4 կգ զանգված ունեցող մարմինը շարժվում է $0,5 \text{ մ/վ}^2$ արագացմամբ: Ինչի՞ է



Նկար 96



Նկար 97

հավասար մարմնին այս արագացումը հաղորդող ուժը:

43. Խնձորի զանգվածը 40 գ է: Ի՞նչ ուժով է Երկիրը ձգում այն: Ի՞նչ ժամանակահատվածում այն կընկնի խնձորենուց, եթե ճյուղը, որից այն կախված էր, գտնվում է 2,4 մ բարձրության վրա:

Տված է.	ՄՀ	Լուծում՝
$m = 40$ կգ	0.04 կգ	$F_g = mg$
$s = 2.4$ մ	2.4 մ	$F_g = 0.04 \times 10 \text{ Ն} = 0.4 \text{ Ն}$
$a = g \approx 10$ մ/վ ²	10 մ/վ ²	$s = \frac{at^2}{2},$
$F_T - ?$		$at^2 = 2s,$
$t - ?$		$t^2 = \frac{2s}{a},$
		$t = \sqrt{\frac{2s}{a}},$
		$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.4}{10}} \text{ վ} \approx 0.7 \text{ վ},$
		Պատ՝. $F_g = 0.4 \text{ Ն}; t = 0.7$

44. 2,4 մ բարձրության վրա կախված է 30 գ զանգված ունեցող փանձ: Ինչի՞ է հավասար նրա վրա ազդող ծանրության ուժը: Ի՞նչ արագությամբ այդ փանձը կբախվի գետնին, եթե պոկվի ճյուղից:

45. Նկ. 94-ում պարկերված է ժամանակից մարմնի արագության կախվածության գրաֆիկը: Նկարագրե՛ք մարմնի շարժման բնույթը: Ո՞ր հատվածում է մարմինը. ա) դադարի վիճակում, բ) շարժվում հաստատուն արագությամբ, գ) արագությունը մեծացնում, դ) շարժվում նվազող արագությամբ: Ինչի՞ է հավասար յուրաքանչյուր հատվածում մարմնի արագացումը: Ի՞նչ ճանապարհ է անցնում մարմինն իր շարժման ողջ ընթացքում: Որոշե՛ք յուրաքանչյուր հատվածում մարմնի վրա ազդող ուժը, եթե մարմնի զանգվածը 2 կգ է:

46. Նկ. 95-ում պարկերված է ժամանակից մարմնի արագության կախվածության գրաֆիկը: Նկարագրե՛ք մարմնի շարժման բնույթը: Ո՞ր հատվածում է մարմինը. ա) դադարի վիճակում, բ) շարժվում հաստատուն արագությամբ, գ) շարժվում նվազող արագությամբ: Ինչի՞ է հավասար յուրաքանչյուր հատվածում մարմնի արագացումը: Ի՞նչ ճանապարհ է անցնում մարմինն իր շարժման ողջ ընթացքում: Որոշե՛ք յուրաքանչյուր հատվածում մարմնի վրա ազդող ուժը, եթե մարմնի զանգվածը 10 կգ է:

47. Ավտոմեքենայի բարձի ուժը 1000 Ն է, նրա շարժմանը դիմադրող ուժը՝ 700 Ն: Ինչի՞ է հավասար համագոր ուժը:

Տված է.

$$F_1 = 1000 \text{ H}$$

$$F_2 = 700 \text{ H}$$

$$F = ?$$

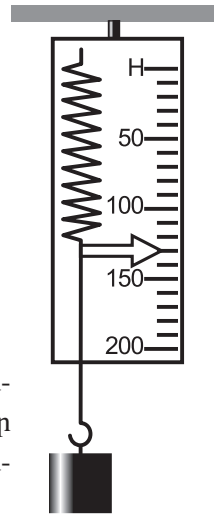
Լուծում՝

Հակառակ ուղղված ուժերի համագոր ուժը գտնելու համար հարկավոր է մեծ ուժի արժեքից հանել փոքրի արժեքը:

$$F = F_1 - F_2,$$

$$F = 1000 \text{ H} - 700 \text{ H} = 300 \text{ H},$$

Պատ՝. $F = 300 \text{ H}$:



Նկար 96

48. Մարդը վայրէջք է կատարում պարաշյուտով: Մարդու և պարաշյուտի ծանրության ուժը միասին 700 Ն է: Ինչի՞ է հավասար օդի դիմադրության ուժը, եթե պարաշյուտիստի շարժումը հավասարաչափ է:

49. 15 ր գանգվածով ավտոբուսը փեղից շարժվում է 15 կՆ քարշի ուժի ազդեցությամբ: Ինչի՞ է հավասար ավտոբուսի արագացումը, եթե նրա վրա ազդող դիմադրության ուժը 4,5 կՆ է:

Տված է.

$$m = 15 \text{ տ}$$

$$F_1 = 15 \text{ կՆ}$$

$$F_2 = 4.5 \text{ կՆ}$$

$$a = ?$$

ՄՀ

$$15000 \text{ կգ}$$

$$15000 \text{ Ն}$$

$$4500 \text{ Ն}$$

Լուծում՝

$$a = \frac{F}{m},$$

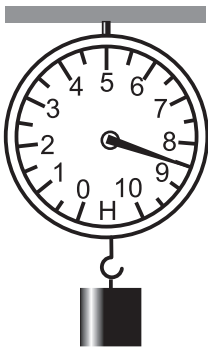
$$F = F_1 - F_2,$$

$$F = 15000 \text{ Ն} - 4500 \text{ Ն} = 10500 \text{ Ն},$$

$$a = \frac{10500 \text{ մ}}{15000 \text{ կգ}^2} = 0.7 \frac{\text{մ}}{\text{կգ}^2}.$$

Պատ՝. $a = 0.7 \text{ մ/կգ}$:

50. Ի՞նչ արագացում է հաղորդում էլեկտրաքարշը 3250 ր գանգվածով շարժակազմին, եթե փեղից շարժվելիս այն 650 կՆ քարշի ուժ է զարգացնում: Շարժման դիմադրության ուժը 162,5 կՆ է:



Նկար 97

51. Ի՞նչ ուժ է պետք կիրառել 20 կգ գանգված ունեցող արկղի նկատմամբ այն 1 մ/վ² արագացմամբ բարձրացնելու համար:

52. 3 կգ գանգվածով քարը ընկնում է 8 մ/վ² արագացմամբ: Գտնե՛ք օդի դիմադրության ուժը:

53. Նկ. 96-ում պարկերված է ուժաչափից կախված բեռ: Որոշե՛ք ուժաչափի սանդղակի բաժանման արժեքը: Ինչի՞ են հավասար բեռի ծանրության ուժը և կշիռը:

54. Նկ. 97-ում պարկերված է ուժաչափից կախված բեռ: Որոշե՛ք

ուժաչափի սանդղակի բաժանման արժեքը: Ինչի՞ են հավասար բեռի ծանրության ուժը և կշիռը:

55. Տախտակի վրա 50 գ զանգվածով փայտե չորսու է դրված: Կհաջողվի՞, արդյոք, տեղաշարժել չորսուն՝ նրա նկատմամբ հորիզոնական ուղղությամբ 0,25 Ն ուժ կիրառելով:

56. Ի՞նչ նվազագույն ուժ պետք է կիրառել փայտե հորիզոնական հարթության վրա դրված պողպատե չորսուն տեղաշարժելու համար: Փայտի հետ պողպատի դադարի շփման առավելագույն ուժը կազմում է չորսուի կշռի 0,55 մասը: Չորսուի զանգվածը 1 կգ է:

57. Սեղանի վրա 2 կգ զանգվածով բեռ է դրված (տե՛ս նկ. 14): Ինչի՞ է հավասար այդ բեռի վրա սեղանի հակազդեցության ուժը: Գտնե՛ք այդ բեռի կշիռը:

58. Գեկոնին 6 կգ զանգված ունեցող արկղ է դրված: Ինչի՞ են հավասար արկղի վրա հենարանի հակազդեցության ուժը և արկղի կշիռը: Նկարի վրա պատկերե՛ք այդ ուժերը:

59. Նրթիռում գտնվող փինգերագնացի զանգվածը 85 կգ է: Նրթիռի մեկնարկի ժամանակ փինգերագնացի վրա ազդող հենարանի հակազդեցության ուժը մեծացավ մինչև 1700 Ն: Այդ դեպքում քանի՞ անգամ ավելացավ փինգերագնացի կշիռը:

60. Ուղևորը վերելակի հասակին դրեց 40 Ն կշռով ճամպուրով: Երբ վերելակը սկսեց ցած իջնել, ճամպուրի վրա ազդող հենարանի հակազդեցության ուժը նվազեց մինչև 35 Ն: Ինչքանո՞վ նվազեց ճամպուրի կշիռը:

61. Մարդը ուղղահայաց պատին է սեղմել փայտե չորսուն: Ի՞նչ ուժով է նա չորսուն սեղմում պատին, եթե պատի հակազդեցության ուժը հավասար է 5 Ն:

62. Ձին սայլ է քաշում: Սակայն, Նյուտոնի երրորդ օրենքի համաձայն, սայլը ձիուն հետ է քաշում նույն մեծության ուժով, ինչով ձին է քաշում սայլը: Այդ դեպքում ինչո՞ւ է հենց ձին շարժում սայլը և ոչ թե հակառակը: Ինչո՞ւ են նրանք ընդհանրապես շարժվում:

63. Նավասարակշռված կշեռքի նժարին կիսով չափ լցված անոթ է դրված: Կխախտվի՞, արդյոք, կշեռքի հավասարակշռությունը, եթե զգուշորեն անոթի մեջ մտնենք ձեր մատը, ընդ որում առանց անոթի հասակին կամ պատերին դիպչելու:

64. Թռչունը գտնվում է փակ արկղում, որը դրված է կշեռքի նժարներից մեկի վրա: Քանի դեռ թռչունը նստած է արկղի հասակին, կշեռքը հավասարակշռության դիրքի է բերվում մյուս նժարին դրվող կշռաքարերի միջոցով: Կխախտվի՞, արդյոք, կշեռքի հավասարակշռությունը, եթե թռչունը թռչելով մնա օդում, արկղի մեջ:

65. Ինչի՞ է հավասար 8 կմ/վ արագությամբ շարժվող փինգերանավի իմպուլսը: Տիեզերանավի զանգվածը 6,6 տ է:

66. Ի՞նչ իմպուլսով է օժտված 60 կգ զանգված ունեցող և 6 կմ/ժ արագությամբ վազող մարդը:

67. Նայրենական Մեծ պատերազմի տարիներին խորհրդային բանակում լայնորեն գործածվում էր Գ. Ս. Շպագինի ստեղծած արթնանակ-գնդացիորը: Որոշե՛ք այս

ինքնաձիգից կրակելիս հեղուկացածի արագությունը, եթե 6 գ-անոց գնդակը դուրս է թռչում նրանից 500 մ/վ արագությամբ: Ինքնաձիգի զանգվածը 5,3 կգ է:

68. Թռչկոտելի մարդը ուրբերով հրվում է երկրագնդից և որոշակի արագություն է հաղորդում նրան: Որոշե՛ք այդ արագությունը, եթե մարդու զանգվածը 60 կգ է, և Երկրից նա հրվում է 4,4 մ/վ արագությամբ: Երկրագնդի զանգվածը $6 \cdot 10^{24}$ կգ է:

69. Պարկերացրեք, որ գրնվում եք սառցակալած մեծ լճակի մեջփեղում: Ենթադրենք, թե սառույցն այնքան ողորկ է, որ անհնար է նրա վրայով քայլելը կամ սողալը: Ի՞նչ պելք է անե՛ք՝ ափ հասնելու համար:

70. Սկյուռին, որը ընկույզները թաթերով իրեն է սեղմել, նստեցրին շապ ողորկ սեղանի վրա և թեթևակի հրեցին դեպի եզրը: Մոտենալով սեղանի եզրին՝ սկյուռիկը զգաց վրանգը: Նա գիտեր ֆիզիկայի օրենքները և կանխեց իր անկումը ողորկ սեղանից: Ինչպե՞ն նա դա արեց:

71. Նաշվե՛ք 20 գ վառելիքի այրումից հետո 0,5 կգ զանգված ունեցող վառողային հրթիռի ձեռք բերած արագությունը: Վառելիքի այրման արգասիքների արտահոսքի արագությունը կազմում է 800 մ/վ:

72. Ինչի՞ է հավասար 1 կգ զանգվածով վառողային հրթիռի արագությունն այն բանից հետո, երբ նրանից 500 մ/վ արագությամբ արտահոսել են 0,1 կգ զանգվածով այրման արգասիքներ:

73. Ի՞նչ աշխատանք է կատարում սեղանի մակերևույթով 40 սմ տեղաշարժված արկղի վրա ազդող սահքի շփման ուժը: Շփման ուժը հավասար է 5 Ն-ի:

	ՄՀ	Լուծում՝
Տված է. $s = 40$ սմ $F_2 = 5$ Ն	0.4 մ 5 Ն	Շարժման ուղղությամբ ազդող հաստատուն ուժի աշխատանքը հավասար է ուժի մեծության և անցած ճանապարհի արտադրյալին: Տվյալ դեպքում ուժի ուղղությունը հակադիր է տեղաշարժին: Ուստի, նրա աշխատանքը բացասական է:
$A = ?$		$A = -F_2 \cdot s,$ $A = -5 \text{ Ն} \cdot 0.4 \text{ մ} = -2 \text{ Ջ}$ Պատ՝. $A = -2 \text{ Ջ}:$

74. 20 Ն ուժ գործադրելով՝ բեռն ուղղաձիգ վեր են բարձրացնում: Ի՞նչ աշխատանք է կատարում այդ ուժը բեռը 2 մ բարձրացնելիս:

75. Գրե՛ք, թե ինչ աշխատանք է անհրաժեշտ կատարել 0,5 մ³ ծավալով գրանիտե սալը հավասարաչափ 20 մ վեր բարձրացնելու համար: Գրանիտի խտությունը 2500 կգ/մ³ է:

Տված է.
 $V = 0.5 \text{ մ}^3$
 $s = 20 \text{ մ}$
 $\rho = 2500 \text{ կգ/մ}^3$
 $A = ?$

Լուծում՝

$$A = F \cdot s,$$

որտեղ F -ը բարձրացնելիս սալի վրա կիրառված ուժն է: Եթե բարձրացումը հավասարաչափ է, ապա այդ ուժը մեծությամբ հավասար է ծանրության ուժին:

$$F = mg,$$

$$m = \rho V,$$

$$m = 2500 \cdot 0.5 \text{ կգ} = 1250 \text{ կգ},$$

$$F = 1250 \cdot 10 \text{ Ն} = 12500 \text{ Ն},$$

$$A = 1250 \cdot 20 \text{ Ջ} = 250000 \text{ Ջ}$$

Պատ՝. $A = 250 \text{ կՋ}$:

- 76.** Անբարձիչի միջոցով 2,5 տ գանգված ունեցող բեռը բարձրացրին 12 մ: Ի՞նչ աշխատանք է կատարվում այդ դեպքում:
- 77.** Ինչի՞ է հավասար 10 գ գանգված ունեցող և 800 մ/վ արագությամբ սլացող գնդակի կինետիկ էներգիան:
- 78.** Ի՞նչ կինետիկ էներգիայով է օժտված 61 կմ/ժ արագությամբ թռչող աղավնին, որի գանգվածը 400 գ է:
- 79.** Ի՞նչ բարձրության վրա պետք է բարձրացնել 0,5 կգ գանգվածով գնդակը, որպեսզի այն Երկրի մակերևույթի նկատմամբ ձեռք բերի 25 Ջ պոտենցիալ էներգիա:
- 80.** Ինչի՞ է հավասար 2 մ բարձրության վրա 1 լ ջրի պոտենցիալ էներգիան:
- 81.** Միևնույն բարձրության վրա են գտնվում նույն չափերի փայտե և երկաթե չորսուներ: Չորսուներից ո՞րն է օժտված ավելի մեծ պոտենցիալ էներգիայով:
- 82.** Կարո՞ղ են, արդյոք, երկու մարմին ունենալ միևնույն կինետիկ էներգիան, եթե դրանք. ա) ունեն նույն գանգվածը, բ) ունեն փարբեր արագություններ: Ո՞ր դեպքում է դա հնարավոր:
- 83.** Մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան հավասար է 0,8 կՋ-ի: Ինչի՞ է հավասար նրա կինետիկ էներգիան, եթե պոտենցիալը 250 Ջ է:
- 84.** Մարմնի լրիվ մեխանիկական էներգիան հավասար է 1,2 կՋ-ի: Ինչի՞ է հավասար նրա պոտենցիալ էներգիան, եթե կինետիկը 900 Ջ է:
- 85.** Որոշե՛ք 200 գ գանգվածով, 4 մ բարձրության վրա 10 մ/վ արագությամբ շարժվող քարի լրիվ մեխանիկական էներգիան:
- 86.** Ինչի՞ է հավասար 1,8 կգ գանգվածով նոնակի լրիվ մեխանիկական էներգիան, եթե 3 մ բարձրության վրա այն ունի 70 մ/վ արագություն:
- 87.** Գնդակը զեպնից վերև են նետում 10 մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ բարձրության վրա այդ գնդակը կունենա 6 մ/վ արագություն:

Տված է.

$$h_0 = 0$$

$$v_0 = 10 \text{ մ/վ}$$

$$v = 6 \text{ մ/վ}$$

$h = ?$

Լուծում՝

Ըստ էներգիայի պահպանման օրենքի

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2},$$

$$\frac{v^2}{2} + gh = \frac{v_0^2}{2},$$

$$\frac{36}{2} + 10h = \frac{100}{2}$$

$$h = 3.2 \text{ մ}$$

Պատ՝ $h = 3,2 \text{ մ}$:

88. Գնդակը ուղղաձիգ ներքև են նետում 10 մ/վ արագությամբ: Ի՞նչ բարձրության վրա հեղ Կցարվի գնդակը գեղնին բախվելուց հեղո, եթե բարձրությունը, որից նետել են գնդակը, եղել է 1 մ: Գնդակի գեղնին դիպչելու ժամանակ էներգիայի կորուստները անտեսել:

89. Ի՞նչ բարձրությունից է ընկել խնձորը, եթե այն գեղնին է դիպել 6 մ/վ արագությամբ:

90. Առավելագույն ի՞նչ բարձրության կհասնի աղեղից ուղղաձիգ վերև բաց թողած նետը, որի արագությունը 40 մ/վ է: Օդի դիմադրությունը հաշվի չառնել:

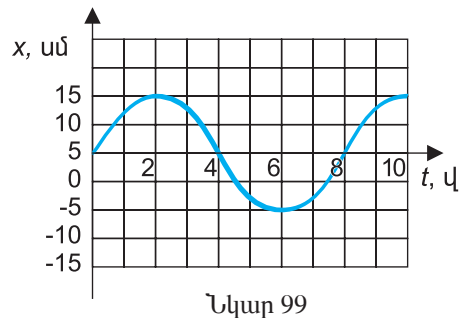
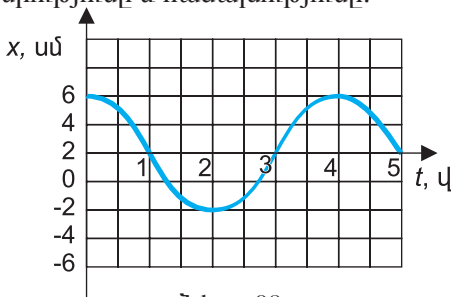
Գլուխ 3

91. Կամերպոնի ճյուղերը քարանվում են 440 Նց հաճախությամբ: Ինչի՞ է հավասար այդ քարանումների պարբերությունը: Քանի՞ քարանում են կարարում այդ կամերպոնի ճյուղերը 1,5 վ-ում:

92. Ճոճանակը 72 վ-ում 180 քարանում է կարարել: Որոշե՛ք ճոճանակի քարանումների պարբերությունը և հաճախությունը:

93. Նկ. 98-ում պարկերված քարանումների գրաֆիկով որոշե՛ք քարանումների լայնությունը, պարբերությունը և հաճախությունը:

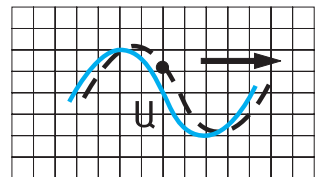
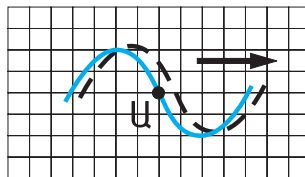
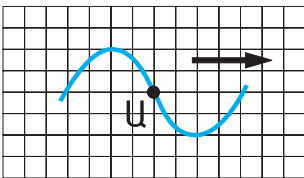
94. Նկ. 99-ում պարկերված գրաֆիկով որոշե՛ք քարանումների լայնությունը, պարբերությունը և հաճախությունը:



95. Ճոճանակի փափանումների լայնությունը 5 սմ է: Ի՞նչ փարածություն է անցնում ճոճանակը՝ 4 լրիվ փափանում կատարելով:
96. Ճոճանակի փափանումների լայնությունը 4 սմ է: Ի՞նչ ճանապարհ է անցնում ճոճանակը փափանումների 3 պարբերությանը հավասար ժամանակահատվածում:
97. Երկար թելից կախած գունդը հավասարակշռության դիրքից շեղեցին այնպես, որ գեղնից նրա բարձրությունը մեծացավ 5 սմ-ով: Ի՞նչ արագությամբ կանցնի գունդը հավասարակշռության դիրքով ազատ փափանումների ժամանակ:
98. Երկար թելից կախված փափանվող մեքենայի գունդը հավասարակշռության դիրքն անցնում է 0,6 մ/վ արագությամբ: Առավելագույն ի՞նչ բարձրության (հավասարակշռության դիրքի նկատմամբ) կհասնի այն փափանումների ժամանակ:
99. Նաշվե՞ք 1 մ երկարությամբ թելավոր ճոճանակի ազատ փափանումների հաճախությունը: Ի՞նչ ժամանակում կկատարվի այդ ճոճանակի 10 փափանումը:
100. Պետրերբուրգի Իսակիևյան փաճարում կախված է 98 մ երկարությամբ ճոճանակ: Ինչի՞ է հավասար նրա փափանումների պարբերությունը: Քանի՞ փափանում է այն կատարում 1 րոպեում:
101. Զսպանակից կախված բեռի զանգվածը 100 գ է: Որոշե՞ք նրա ազատ փափանումների պարբերությունը, եթե զսպանակի կոշտությունը 40 Ն/մ է: Քանի՞ փափանում կկատարի այս զսպանակավոր ճոճանակը 20 վ-ում:
102. Ինչի՞ է հավասար զսպանակին ամրացված բեռի ազատ փափանումների հաճախությունը, եթե բեռի զանգվածը 0,1 կգ է, իսկ զսպանակի կոշտությունը՝ 10 Ն/մ: Ինչքա՞ն ժամանակ է անհրաժեշտ այս ճոճանակի 20 փափանման համար:
103. Նկ. 36-ում պատկերված սարքում բեռի զանգվածը 50 գ է, զսպանակի կոշտությունը՝ 20 Ն/մ: Արդյո՞ք այս համակարգում ռեզոնանսի երևույթ կդիտվի, եթե ոլորանի բռնակը պտտենք վայրկյանում 1 պտույտ հաճախությամբ:
104. Նկ. 36-ում պատկերված սարքում բեռի զանգվածը 50 գ է, զսպանակի կոշտությունը՝ 20 Ն/մ: Արդյո՞ք այս համակարգում ռեզոնանսի երևույթ կդիտարկվի, եթե ոլորանի բռնակը պտտենք 0,31 վ պարբերությամբ:
105. Նկ. 100-ում բերված է դեպի աջ փարածվող լայնական ալիքի պատկերը: Ո՞ր ուղղությամբ է շարժվում փայլա պահին A փառով նշանակված միջավայրի մասնիկը:

Լուծում՝

Քանի որ ալիքը լայնական է, ապա քննարկվող մասնիկը պետք է շարժվի ալիքի փա-



Նկար 100

րածման ուղղությանն ուղղահայաց ուղղությամբ: Բայց ո՞ր՝ վերև՝, թե՞ ներքև: Այս հարցին պատասխանելու համար գծենք ալիքի այն պատկերը, որը կհամապատասխանի որոշ ժամանակ անց նրա գրաված դիրքին: Նաշվի առնելով, որ ալիքը դեպի աջ է տարածվում՝ սրանում ենք նկ. 100-ում կերտագծերով պատկերված գիծը: A կետով փարված ուղղահայացի և ալիքի նոր դիրքի հարման կետը ցույց կտա, թե որտեղ պետք է հայտնվի այդ մասնիկը կարճ ժամանակ անց: Դեպի այդ կետն է շարժվում (այսինքն՝ վերև) փվյալ պահին դիրարկվող մասնիկը (նկ. 100, գ):

106. Նկ. 101-ում բերված են լայնական ալիքների պատկերները: Ալիքներից մեկը շարժվում է դեպի աջ, մյուսը՝ ձախ: Ո՞ր ուղղությամբ է շարժվում A մասնիկը յուրաքանչյուր դեպքում:

107. Նավակը ճոճվում է ծովի ալիքների վրա 2 վ պարբերությամբ: Որոշե՛ք ծովի ալիքի երկարությունը, եթե այն տարածվում է 4 մ/վ արագությամբ:

108. Ձկնորսը նկատեց, որ լողանը ջրի վրա 0,5 Նց հաճախությամբ փափանումներ է կատարում, իսկ լողանի փափանումներ առաջացնող ալիքների հարևան կատարների միջև հեռավորությունը 6 մ է: Ինչի՞ է հավասար այդ ալիքների փարածման արագությունը:

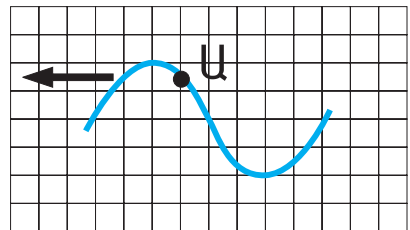
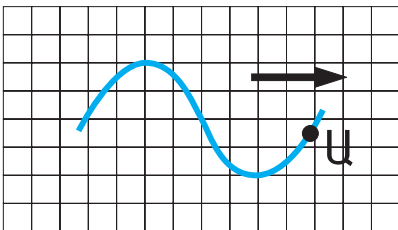
109. Լճի մեջ մի ճյուղ ընկավ: Այդտեղով վազող եղջերուն հասցրեց նկատել, որ ճյուղի ընկնելու պատճառով առաջացած ալիքն ափին հասավ 10 վ-ում, ընդ որում ալիքների հարևան կատարների միջև փարածությունը 10 սմ է, և 2 վ-ում 4 ճողփյուն է եղել ափին: Օգնե՛ք եղջերուին որոշել, թե ափից ի՞նչ հեռավորության վրա է ընկել ճյուղը:

110. Ինչի՞ է հավասար այն ալիքի երկարությունը, որը տարածվում է 5 մ/վ արագությամբ, և որում 10 վ-ի ընթացքում 4 փափանում է տեղի ունենում:

111. Ձայնախորաչափի միջոցով ձկների վրառի հայտնաբերման ժամանակ նկատեցին, որ ձայնային ազդանշանի ուղարկման և ընդունման պահերի ժամանակամիջոցը կազմել է 0,7 վ: Ի՞նչ փարածության վրա է գտնվում ձկների վրառը, եթե ջրում ձայնի արագությունը 1400 մ/վ է:

112. Ինչքա՞ն է ծովի խորությունը, եթե ջրատեղորոշչի միջոցով ուղարկված ձայնային ազդանշանը վերադարձել է 0,9 վ-ից: Ջրում ձայնի արագությունը համարել 1400 մ/վ:

113. Կարո՞ղ է Լուսնի վրա տեղի ունեցող հզոր պայթյունի ձայնը լսվել Երկրի վրա:



Նկար 101

114. Ենթադրենք, թե Լուսնի վրա գտնվող աստղագնացների ռադիոկապը խափանվել է: Ի՞նչ պետք է նրանք անեն իրար լսելու համար:

Գլուխ 4

115. Մի բաժակի մեջ լցրեցին 100 մլ սառը ջուր, իսկ մյուսի մեջ՝ նույն քանակությամբ տաք ջուր: Ո՞ր բաժակի ջուրն է օժտված ավելի մեծ ներքին էներգիայով:

116. Ի՞նչ է պատահում մարդու ներքին էներգիայի հետ, երբ ջերմնուց հետո նրա մոտ վերականգնվում է նորմալ ջերմաստիճանը:

117. Ի՞նչն է պատճառը, որ ձողով կամ ճուպանով արագ ներքև սահելիս կարելի է այրել ձեռքերը:

118. Դեղալը խարսելիս և՛ դեղալը, և՛ խարսոցը տաքանում են: Ինչո՞ւ:

119. Ի՞նչն է պատճառը, որ չմշկասահորդը հեշտությամբ սահում է սառույցի վրա, մինչդեռ ապակու վրա, որն ավելի ողորկ մակերևույթ ունի, նա սահել չի կարող:

120. Ինչո՞ւ է երկնաքարը շիկանում Երկրի մթնոլորտով անցնելիս:

121. Սեղանին դրված մկրաբն ու մարիպր նույն ջերմաստիճանն ունեն: Իսկ ո՞րն է պատճառը, որ շոշափելիս մկրաբը մարիպրից ավելի սառն է թվում:

Լուծում՝

Սովորական պայմաններում մարդու ձեռքն ավելի բարձր ջերմաստիճան ունի, քան մարիպրն ու մկրաբը: Ուստի, այս առարկաների հետ ձեռքի հպման ժամանակ ջերմափոխանակություն է սկսվում. ձեռքը որոշակի ջերմաքանակ է կորցնում, իսկ մարիպրն ու մկրաբը այն սրանում են: Սակայն փայրի, որից պատրաստված է մարիպրը, ջերմահաղորդականությունը զգալիորեն փոքր է մերաղե մկրաբի ջերմահաղորդականությունից: Այդ պատճառով էլ ձեռքի և մարիպրի միջև ջերմափոխանակությունը փոքր է կտրուկ, քան ձեռքի և մկրաբի միջև: Այդ ավելի արագ ջերմահաղորդումն է առաջացնում սառնության զգացողությունը, որ մենք ունենում ենք մկրաբին հպվելիս:

122. Ինչո՞ւ է մարդը շոգում օդի 25 °C ջերմաստիճանի պայմաններում, իսկ նույն ջերմաստիճանն ունեցող ջրում նա սրտում է:

123. Ինչո՞ւ է խոր, փխրուն ձյունը աշնանացան հացաբույսերը պաշտպանում ցրտահարումից:

124. Ինչի՞ց է, որ մորթե վերարկուն և գլխարկը մարդու մարմինը պաշտպանում են և՛ ցրտից, և՛ սաստիկ շոգից: Մոտավորապես ի՞նչ ջերմաստիճանի դեպքում իմաստ ունի հագնել դրանք շոգ եղանակին:

125. Արդյո՞ք սենյակում դրված պաղպաղակն ավելի արագ կհալչի, եթե այն փաթաթենք մուշտակով:

126. Ո՞րն ավելի տաք կպահի մարմինը. երեք վերնաշապի՞կը, թե՛ եռակի հասարակությամբ վերնաշապի՞կը:

127. Ինչո՞ւ է քամու բացակայության պայմաններում մոմի բոցը ուղղաձիգ լինում:

128. Ինչո՞ւ նկուղը փան ամենասառը մասն է:

129. Ամռանն ինչպիսի՞ հագուստով է ավելի հով՝ սպիտակ, թե՛ մուգ: Ինչո՞ւ:

130. Ինչո՞ւ է հերկած արքան ավելի ուժեղ փաքանում արևի ճառագայթներից, քան կանաչ մարգագերիինը:

131. Գազի ներքին էներգիան հավասար էր 0,03 ՄՋ-ի: Ջերմափոխանակության արդյունքում այն դարձավ 38 կՋ: Գտնե՛ք այս գազի ներքին էներգիայի փոփոխությունը: Այդ ընթացքում ինչպե՞ս է փոփոխվել գազի ջերմաստիճանը՝ բարձրացնել է, թե՛ իջել: Ինչի՞ է հավասար գազի սրացած ջերմաքանակը:

132. Ինչի՞ էր հավասար գազի ներքին էներգիան, եթե ջերմափոխանակության հետևանքով այն նվազել է 10 կՋ-ով և դարձել 10,05 ՄՋ: Այդ ընթացքում ի՞նչ փոփոխություն է կրել գազի ջերմաստիճանը՝ բարձրացնել է, թե՛ իջել: Ի՞նչ ջերմաքանակ է սրացել գազը:

133. Ինչքանո՞վ է փոխվել գազի ներքին էներգիան, եթե 8 ՄՋ էներգիա սրանալով՝ գազը 6 ՄՋ աշխատանք է կատարել:

	Լուծում՝
Տված է.	$\Delta U = A + Q$
$Q = 8 \text{ ՄՋ}$	$A = -A_{\text{գազ}} = -6 \text{ ՄՋ},$
$A_{\text{գազ}} = 6 \text{ ՄՋ}$	$\Delta U = -6 \text{ ՄՋ} + 8 \text{ ՄՋ} = 2 \text{ ՄՋ}$
$\Delta U - ?$	Պատ՝. $\Delta U = 2 \text{ ՄՋ}:$

134. Գազին 15 կՋ ջերմաքանակ հաղորդելիս այն կատարեց 40 կՋ աշխատանք: Ինչի՞ է հավասար գազի ներքին էներգիայի փոփոխությունը: Գազը սառնել է, թե՛ փաքացել:

135. 500 կՋ ջերմաքանակ սրանալով՝ գազը որոշ աշխատանք կատարեց: Ի՞նչ աշխատանք կատարեց գազը, եթե նրա ներքին էներգիայի լրիվ փոփոխությունը կազմել է 200 կՋ:

136. Ի՞նչ ջերմաքանակ է սրացել գազը, եթե նրա ներքին էներգիան մեծացել է 0,2 ՄՋ-ով և այդ ընթացքում կատարել է 100 կՋ աշխատանք:

137. Օգտվելով աղյուսակ 8-ից՝ հաշվե՛ք (բանավոր) ա) 2 կգ զանգվածով ջուրը, բ) 2 կգ զանգվածով սառույցը 1 °C-ով փաքացնելու համար անհրաժեշտ ջերմաքանակը:

138. Օգտվելով աղյուսակ 8-ից՝ հաշվե՛ք (բանավոր) ա) 1 կգ զանգվածով ջուրը, բ) 1 կգ զանգվածով սառույցը 2 °C-ով սառեցնելու դեպքում անջարվող ջերմաքանակը:

139. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 50 գ զանգված ունեցող ալյումինե գդալը 50 °C-ով փաքացնելու համար:

140. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 500 գ զանգված ունեցող պողպատե դեպոսիտը 20 °C-ով փաքացնելու համար:

141. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 200 գ զանգված ունեցող սառցակտորը 0-ից մինչև -10°C սառեցնելիս:

142. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 100 գ զանգված ունեցող ջուրը 90 -ից մինչև 20°C սառեցնելիս:

143. Ունենք միևնույն զանգվածն ու ջերմաստիճանն ունեցող երկու առարկա. մեկը՝ կապարից, մյուսը՝ պողպատից: Դրանցից ո՞րն ավելի մեծ ջերմաքանակ կանջարի մինչև նույն ջերմաստիճանը դրանք սառեցնելու դեպքում:

144. Ունենք միևնույն զանգվածն ու ջերմաստիճանն ունեցող երկու առարկա. մեկը՝ պղնձից, մյուսը՝ ալյումինից: Դրանցից ո՞րն ավելի բարձր ջերմաստիճան կունենա երկուսին էլ նույն ջերմաքանակը հաղորդելու դեպքում:

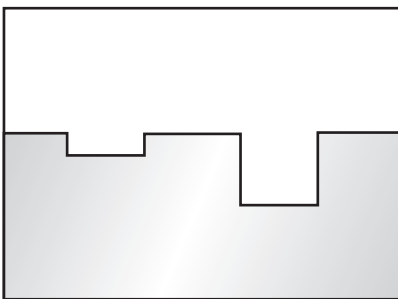
145. 1 կգ զանգվածով կապարն և պղնձն գլանները հանելով եռման ջրից՝ արեղադրեցին սառույցի վրա: Դրանցից ո՞րի փակ ավելի շար սառույց կհալչի: Փոսիկներից (նկ. 102) ո՞րն է առաջացել կապարն և ո՞րը պղնձն գլանի փակ:

146. Նույն զանգվածն ունեցող պողպատյա և ալյումինե գլանները հանելով եռման ջրից՝ արեղադրեցին պարաֆինի վրա: Դրանցից ո՞րի փակ ավելի շար պարաֆին կհալչի: Փոսիկներից (նկ. 103) ո՞րն է առաջացել պողպատյա և ո՞րը ալյումինե գլանի փակ:

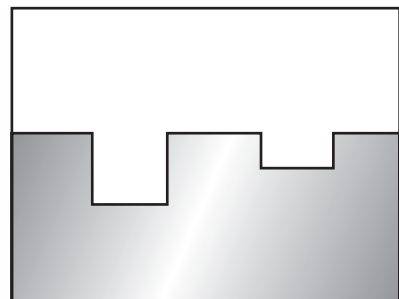
147. Ո՞ր դեպքում 1 կգ կապարն ավելի ուժեղ կտաքանա. երբ նրա ջերմաստիճանը բարձրացնեն 10°C -ով, թե՛ երբ նրան հաղորդեն 10 Ջ ջերմաքանակ:

148. Ո՞ր դեպքում 1 գ կապարն ավելի ուժեղ կտաքանա. երբ նրա ջերմաստիճանը բարձրացնեն 5°C -ով, թե՛ երբ նրան հաղորդեն 5 Ջ ջերմաքանակ:

149. 10 կգ զանգվածով երկաթե կաթսայի մեջ 20 կգ ջուր է լցված: Ի՞նչ ջերմաքանակ պետք է հաղորդել ջրով կաթսային, որպեսզի դրանց ջերմաստիճանը 10 -ից դառնա 100°C :



Նկար 102



Նկար 103

Տված է.

$$m_1 = 10 \text{ կգ}$$

$$m_2 = 20 \text{ կգ}$$

$$t_{\text{սկզբ}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{վերջ}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Q - ?

Լուծում`

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_{\text{վերջ}} - t_{\text{սկզբ}}),$$

որտեղ $c_1 = 460 \text{ Ջ/(կգ}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$ - ը

երկաթի տեսակարար ջերմունակությունն է

(տես աղյուսակ 8),

$$Q_1 = 460 \cdot 10 \cdot (100 - 10) \text{ Ջ} = 414000 \text{ Ջ}$$

Ջրի ստացած ջերմաքանակը հավասար է.

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_{\text{վերջ}} - t_{\text{սկզբ}}),$$

որտեղ $c_2 = 4200 \text{ Ջ/(կգ}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$ - ը

ջրի տեսակարար ջերմունակությունն է

(տես աղյուսակ 8),

$$Q_2 = 4200 \cdot 20 \cdot (100 - 10) \text{ Ջ} = 7560000 \text{ Ջ}$$

Լրիվ ջերմաքանակը, որը ծախսվել է կաթսայի և ջրի տաքացման համար, հավասար է.

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$Q = 414000 \text{ Ջ} + 7560000 \text{ Ջ} =$$

$$= 7974000 \text{ Ջ}$$

$$\text{Պատ. } Q = 7974000 \text{ Ջ:}$$

150. Ինչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ 800 գ զանգված ունեցող կաթսան, որի մեջ 5 կգ զանգվածով ջուր է լցված, 20-ից 100 °C տաքացնելու համար:

151. Դույլի մեջ լցված է 9 °C ջերմաստիճան ունեցող 5 կգ զանգվածով ջուր: Ինչքան է տան ջուր պերք է ավելացնել դույլի մեջ, որպեսզի ջրի ջերմաստիճանը 30 °C դառնա: Ջերմային կորուստներն անտեսել:

Տված է.

$$m_1 = 5 \text{ կգ}$$

$$t_1 = 9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_2 = ?$$

Լուծում`

Այս խնդիրը լուծվում է ջերմային հաշվեկշռի հավասարման օգնությամբ (տե՛ս § 38).

$$Q_{\text{ստաց.}} = |Q_{\text{անջատ.}}|,$$

որտեղ $Q_{\text{ստաց.}}$ - ը` սառը ջրի ստացած

ջերմաքանակն է, իսկ $Q_{\text{անջատ.}}$ - ը` տաք ջրի

անջատած ջերմաքանակը:

$$Q_{\text{ստաց.}} = cm_1(t - t_1),$$

$$|Q_{\text{անջատ.}}| = cm_2|t - t_2| = cm_2(t_2 - t)$$

Տեղադրելով այս արտահայտությունները ջերմային հաշվեկշռի հավասարման մեջ` ստանում ենք

$$cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t),$$

որտեղից`

$$m_2 = \frac{m_1(t - t_1)}{t_2 - t},$$

$$m_2 = \frac{5(30 - 9)}{100 - 30} \text{ կգ} = 1.5 \text{ կգ}$$

$$\text{Պատ` } m_2 = 1.5 \text{ կգ:}$$

152. 200 գ զանգված ունեցող մեկադե գլանը եռման ջրի մեջ փաթացրին մինչև 100 °C և այնուհետև իջեցրին 22 °C ջերմաստիճան ունեցող 400 գ զանգվածով ջրի մեջ: Որոշ ժամանակ անց գլանի և ջրի ջերմաստիճանը դարձավ 25 °C: Ինչի՞ է հավասար այդ մեկադեի փոխակարար ջերմունակությունը, որից պարբաասրված է գլանը: Ջերմային կորուստներն անտեսվեն:

Գլուխ 5

153. Կարելի՞ է, արդյոք, ցինկե փարայի մեջ այլումին հալել: Ինչո՞ւ:

154. Կարելի՞ է, արդյոք, պղնձե փարայում ոսկի հալել: Ինչո՞ւ:

155. Նավվող սառույցը բերեցին մի սենյակ, որտեղ օդի ջերմաստիճանը $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ է: Այս սենյակում սառույցը կշարունակի՞ հալվել:

156. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճան ունեցող ջրի մեջ գցեցին նույն ջերմաստիճանն ունեցող սառցակտոր: Ի՞նչ կլինի. սառույցը կհալի՞, թե՞ ջուրը կսառցակալի: Ինչի՞ց է դա կախված:

157. Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

ա) ջուր ($t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow սառուց ($t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

բ) սառույց ($t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow սառույց ($t_2 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$)

գ) սառույց ($t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow ջուր ($t_2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

դ) ջուր ($t_1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow սառույց ($t_2 = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Պարզության համար գրաֆիկներում բոլոր հապվածները կարելի է պատկերել ուղղաձիգի հապվածների տեսքով:

158. Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

ա) սառույց ($t_1 = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow ջուր ($t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

բ) ջուր ($t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow սառույց ($t_2 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

գ) ջուր ($t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow ջուր ($t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

դ) սառույց ($t_1 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow ջուր ($t_2 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Պարզության համար գրաֆիկներում բոլոր հապվածները կարելի է պատկերել ուղղաձիգի հապվածների տեսքով:

159. Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

ա) արծաթ ($t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow արծաթ ($t_2 = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$)

բ) ազոտ ($t_1 = -200\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow ազոտ ($t_2 = -220\text{ }^{\circ}\text{C}$)

160. Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

ա) անագ ($t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow անագ ($t_2 = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$)

բ) սպիրտ ($t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) \rightarrow սպիրտ ($t_2 = -130\text{ }^{\circ}\text{C}$)

161. Ինչքա՞ն է ներգիս պեպք է ծախսել 100 գ զանգվածով և հալման ջերմաստիճանում գտնվող արծաթի կտորը հալելու համար:

162. Ինչքա՞ն է ներգիս պեպք է ծախսել 20 կգ զանգվածով և հալման ջերմաստիճանում գտնվող կապարը հալելու համար:

163. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 3 կգ զանգվածով սպիրտը սառչելիս:

164. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 2 կգ զանգված ունեցող սնդիկի պնդացման ժամանակ:

165. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակները, որոնք անջարվում կամ կլանվում են 157 խնդրում թվարկված պրոցեսների ընթացքում: Բոլոր դեպքերում մարմնի զանգվածը ընդունեք 2 կգ:

166. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակները, որոնք անջարվում կամ կլանվում են 158 խնդրում թվարկված պրոցեսների ընթացքում: Բոլոր դեպքերում մարմնի զանգվածը ընդունեք 5 կգ:

167. Ո՞ր եղանակին են ավելի արագ չորանում անձրևից առաջացած ջրափոսերը. մե՞ղմ, թե՞ քամոք, փա՞ք, թե՞ սառը: Ինչո՞ւ:

168. Ինչո՞ւ եք շոգին ավելի հեշտ դիմանում, երբ միացնում եք էլեկտրական հովհարիչը կամ ձեռքի հովհար եք օգտագործում:

169. Ինչո՞ւ քիչ խոնավ օդում շոգին դիմանալն ավելի հեշտ է, քան շատ խոնավ օդում:

170. Եթե շոգ եղանակին ջրով անոթը փաթաթենք թաց շորով և դնենք քամոք փեղ, ապա նրա միջի ջրի ջերմաստիճանը զգալիորեն կիջնի: Ինչո՞ւ:

171. Ի՞նչն է պատճառը, որ երբ շնչում ենք մեր ձեռքին, փաթություն ենք զգում, իսկ երբ փչում ենք, սառնության զգացողություն ենք ունենում (Ի՞նչ կարող եք ասել երկու դեպքերում մաշկի մակերևույթից գոլորշացման ինտենսիվության մասին: Ո՞ր օդն է ավելի փաք, ա՞յն, որը մենք արտաշնչում ենք, թե՞ մեզ շրջապատողը):

172. Ինչո՞ւ է շապրվանի մոք ավելի հով:

173. Գծե՞ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոքավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

- ա) ջուր ($t_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$)
- բ) ջուր ($t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 110\text{ }^\circ\text{C}$)
- գ) սառույց ($t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$)
- դ) թթվածին ($t_1 = -230\text{ }^\circ\text{C}$) → թթվածին ($t_2 = 20\text{ }^\circ\text{C}$)

174. Գծե՞ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոքավոր գրաֆիկները հետևյալ պրոցեսների համար.

- ա) ջուր ($t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 120\text{ }^\circ\text{C}$)
- բ) սառույց ($t_1 = -10\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$)
- գ) սառույց ($t_1 = -20\text{ }^\circ\text{C}$) → գոլորշի ($t_2 = 110\text{ }^\circ\text{C}$)

դ) սնդիկ ($t_1 = -50\text{ }^\circ\text{C}$) \rightarrow սնդիկ ($t_2 = 400\text{ }^\circ\text{C}$)

175. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ եռման ջերմաստիճանում 2 կգ զանգվածով հեղուկ օդը գազի վերածելու համար:

176. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անհրաժեշտ $100\text{ }^\circ\text{C}$ -ում գրնվող 4 կգ զանգվածով ջուրը գոլորշի դարձնելու համար:

177. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է 173 (գ) խնդրում նկարագրված պրոցեսի իրականացման համար: Մարմնի զանգվածն ընդունե՛ք 5 կգ:

178. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է 173 (ա) խնդրում նկարագրված պրոցեսի իրականացման համար: Մարմնի զանգվածն ընդունե՛ք 2 կգ:

179. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է $27\text{ }^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում գրնվող 0,1 կգ զանգվածով սնդիկը գոլորշու փոխարկելու համար:

180. Նաշվե՞ք այն ջերմաքանակը, որն անհրաժեշտ է 174 (բ) խնդրում նկարագրված պրոցեսի իրականացման համար: Մարմնի զանգվածն ընդունե՛ք 2 կգ:

181. Ջրային գոլորշին, որի ջերմաստիճանը $100\text{ }^\circ\text{C}$ է, խտանում է, և նրանից առաջացած ջուրը սառչում է մինչև $0\text{ }^\circ\text{C}$: Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում այդ դեպքում, եթե գոլորշու զանգվածը 1 կգ է: Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկը դիտարկվող պրոցեսի համար:

182. Սպիրտի գոլորշին խտանում է $78\text{ }^\circ\text{C}$ -ի դեպքում, որից հետո առաջացած սպիրտը սառեցվում է մինչև $18\text{ }^\circ\text{C}$: Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում այդ դեպքում, եթե սպիրտի զանգվածը 0,1 կգ է: Գծե՛ք նյութի ջերմաստիճանի՝ ժամանակից ունեցած կախվածության մոտավոր գրաֆիկը դիտարկվող պրոցեսի համար:

183. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 20 կգ զանգվածով քարածխի լրիվ այրման դեպքում:

184. Ի՞նչ ջերմաքանակ է անջարվում 2 կգ զանգվածով բենզինի լրիվ այրման դեպքում:

185. Տորֆի այրման ժամանակ անջարվել է 42 ՄՋ էներգիա: Որոշե՛ք այրված տորֆի զանգվածը:

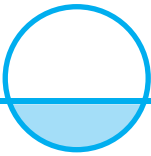
186. Նավթի այրումից անջարվել է 22 ՄՋ էներգիա: Որոշե՛ք այրված նավթի զանգվածը:

187. Ի՞նչ զանգվածով փայր է հարկավոր այրել, որպեսզի նրանից անջարված ջերմաքանակով հնարավոր լինի տաքացնել ջրով լցված կաթսան (տե՛ս 150 խնդիրը): Ջերմային կորուստներն անտեսե՛ք:

188. Ի՞նչ զանգվածով բնական գազ է հարկավոր այրել, որպեսզի դրանից անջարված ջերմաքանակով հնարավոր լինի տաքացնել ջրով լցված կաթսան (տե՛ս 149 խնդիրը): Ջերմային կորուստներն անտեսե՛ք:

189. Որոշե՛ք փրակտորի շարժիչի ՕԳԳ-ն, որը 15 ՄՋ աշխատանք կատարելու համար ծախսել է 42 ՄՋ/կգ այրման արեսակարար ջերմությամբ 1,2 կգ վառելիք:

190. Ծախսելով 2 կգ բենզին՝ շարժիչը կատարել է 23 ՄՋ աշխատանք: Որոշե՛ք շարժիչի ՕԳԳ-ն:



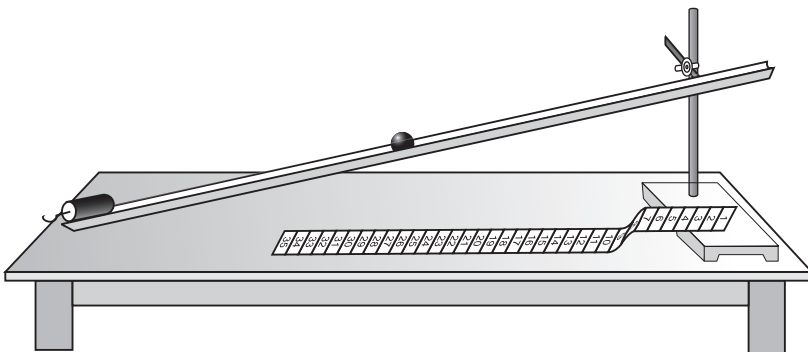
Լաբորատոր աշխատանք 1

Նավասարաչափ արագացող շարժման արագացման չափումը

Սարքավորում. ճոռ, գնդիկ, ամրակալան՝ կցորդիչով և թաթիկով, մեքա-դական գլան, չափաժապավեն, մեքրոնոմ կամ վայրկենաչափ:

Ցուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

1. Ճոռն ամրացրեք ամրակալանին այնպես, ինչպես ցույց է տրված նկ. 104-ում: Նորիզոնի նկատմամբ ճոռի թեքության անկյունը պետք է մեծ չլինի:
2. Եթե ժամանակը չափելու համար օգտագործում եք մեքրոնոմ, ապա այն կարգավորեք այնպես, որ բռայետում 120 զարկ կատարի (այդ դեպքում մեքրոնոմի երկու իրար հաջորդող զարկերի միջև ընկած ժամանակամիջոցը կկազմի 0,5 վ):
3. Գնդիկը դնում ենք ճոռի վերին ծայրին և բաց ենք թողնում մեքրոնոմի որևէ զարկի հետ միաժամանակ: Չափումը հեշտացնելու համար ճոռի մյուս ծայրին մեքադական գլան ենք տեղադրում այնպես, որ գլորվող գնդիկի նրան դիպչելու պահը ևս համապատասխանի մեքրոնոմի որևէ զարկի:



Նկար 104

4. Չափե՛ք ճոռով գնդիկի շարժման ժամանակը: Մեքրոնոմի օգտագործման դեպքում հաշվի առե՛ք, որ $t = n \cdot 0,5$, որպեսզի n -ը 0,5 վայրկենանոց ժա-

մանակահատվածների թիվն է, որը ծախսել է գնդիկը ամբողջ փարածույթունն անցնելիս:

5. Չափաժապավենի միջոցով որոշե՛ք գնդիկի անցած s ճանապարհը:

6. Չափումների արդյունքում սրացած փվյալները գրանցե՛ք աղյուսակում.

n	$t, \text{ ս}$	$s, \text{ մ}$

7. Օգտվելով (5.4) բանաձևից՝ գտեք գնդիկի արագացումը:

Լաբորատոր աշխատանք 2

Կոնաձև ճոճանակի շարժման ուսումնասիրումը

Սարքավորում. ամրակալան՝ կցորդիչով և օղակով, գնդիկ, թել, ժամացույց (կամ վայրկենաչափ), թղթի թերթ, որի վրա գծված է $r = 8$ սմ շառավղով շրջանագիծ:

Ցուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

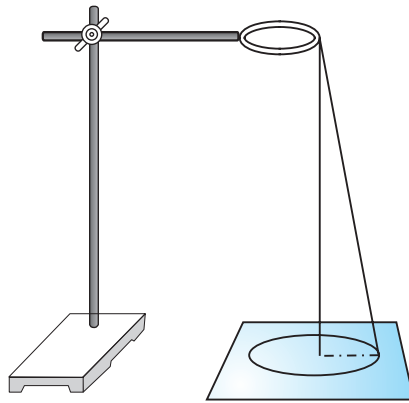
1. Թելն ամրացրե՛ք գնդիկին, որից հետո այն կախեք ամրակալանի օղակից:

2. Երկու մատով բռնելով թելի կախման կետից՝ սրիպեք գնդիկին պտտվել նախապես թղթի վրա գծված շրջանագծով: Սա էլ հենց կոնաձև ճոճանակն է (նկ. 105):

3. Որոշե՛ք այն t ժամանակը, որի ընթացքում ճոճանակը $n = 40$ պտույտ է կատարում:

4. Գրանցեք աղյուսակում r , n և t մեծությունների արժեքները:

$r, \text{ մ}$	n	$t, \text{ ս}$



Նկար 105

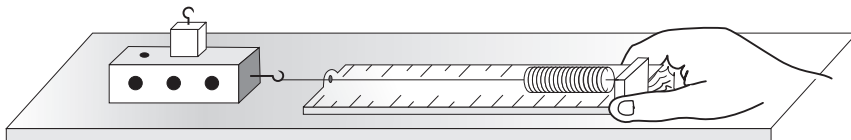
5. Օգտագործելով (8.1), (8.2), (8.4) և (7.1) բանաձևերը՝ գտեք պարաման պարբերությունը և հաճախությունը, ինչպես նաև կոնաձև ճոճանակի արագությունը և կենտրոնաձիգ արագացումը:

Լաբորատոր աշխատանք 3 Սահքի շփման ուժի չափումը

Սարքավորում. փախարակ, փայլե չորսու, 100 գրամանոց բեռներ, ուժաչափ:

Ցուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

1. Ուժաչափով որոշե՛ք չորսուի P կշիռը մեկ, երկու, երեք բեռներով հանդերձ:
2. Չորսուն դրե՛ք հորիզոնական հարթությամբ փախարակի վրա, իսկ չորսուի վրա բեռն փեղադրե՛ք:



Նկար 106

3. Ուժաչափն ամրացրե՛ք չորսուին (նկ. 106) և հնարավորինս հավասարաչափ կերպով ձգե՛ք այն փախարակի երկայնքով: Նավասարաչափ շարժման դեպքում ուժաչափի առաձգականության ուժը, որն ազդում է չորսուի

վրա, հավասարակշռվում է հակառակ ուղղված սահքի շփման ուժի հետ:
Չափե՛ք այդ ուժը ($F_{շփ}$):

4. Կրկնե՛ք փորձը՝ չորսուի վրա դնելով երկու, ապա երեք բեռ:

5. Սպասցված փոխյալները գրանցե՛ք աղյուսակում:

Չորսուի վրա դրված բեռների քանակը	$P, Ն$	$F_{շփ}, Ն$
1		
2		
3		

6. *Սահքի շփման գործակից* են անվանում μ թիվը, որը հավասար է սահքի շփման ուժի և հենարանի հակազդեցության ուժի (կամ դրան հավասար մարմնի կշռի) հարաբերությանը.

$$\mu = F_{շփ} / P:$$

Կիրառելով այս բանաձևը՝ հաշվեք սահքի շփման գործակիցը երեք փորձերից յուրաքանչյուրի դեպքում:

7. Պարասխանե՛ք հետևյալ հարցերին. ա) սահքի շփման ուժը ի՞նչ կախվածություն ունի մարմնի կշռից, բ) սահքի շփման ուժը կախվա՞ծ է մարմնի կշռից:

Լաբորատոր աշխատանք 4

Թելավոր ճոճանակի փափանույնների ուսումնասիրումը

Մարքավորում. թելից կախված գնդիկ, ամրակալան՝ կցորդիչով և օղակով, չափաժապավեն, ժամացույց (կամ վայրկենաչափ):

Ցուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

1. Սեղանի եզրին փեղադրե՛ք ամրակալանը: Դրա օղակից կախե՛ք թելով գնդիկը (թելը պետք է երկար լինի այնքան, որպեսզի գնդիկը հափափից հեռու լինի 3-5 սմ):
2. Չափե՛ք թելի 1 երկարությունը:
3. Գնդիկը շեղե՛ք հավասարակշռության դիրքից 4-5 սմ և բա՛ց թողեք:

4. Որոշե՛ք t ժամանակը, որի ընթացքում ճոճանակը $n = 30$ լրիվ փափանում է կարարել:
5. Նաշվե՛ք փափանումների պարբերությունը և հաճախությունը:
6. Կրկնե՛ք փորձը՝ այս անգամ թելի երկարությունը 4 անգամ կարճացնելով:
7. Չափումների և հաշվումների արդյունքները գրանցե՛ք աղյուսակում:

№	$l, \text{մ}$	$t, \text{վ}$	n	$T, \text{վ}$	$\nu, \text{Տգ}$
1					
2					

8. Ի՞նչ եզրակացության կարող եք հանգել թելի երկարությունից ճոճանակի փափանումների պարբերության և հաճախության կախվածության վերաբերյալ:

Լաբորատոր աշխատանք 5

Ջերմաքանակների համեմատումը փարբեր ջերմաստիճանի ջրերը խառնելիս

Սարքավորում. կալորիմետր, չափազլան, ջերմաչափ:

Յուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

1. Չափազլանով չափեք 100 մլ սառը ջուր (զանգվածը $m = 100\text{գ}$) և լցրե՛ք կալորիմետրի մեջ:
2. Որոշե՛ք կալորիմետրի միջի սառը ջրի t_1 ջերմաստիճանը:
3. Չափազլանի մեջ լցրե՛ք 100 մլ փաք ջուր:
4. Որոշե՛ք չափազլանի միջի փաք ջրի t_2 ջերմաստիճանը:
5. Զգուշորեն փաք ջուրը լցրե՛ք կալորիմետրի մեջ, ջերմաչափով խառնե՛ք սրացված խառնուրդը և չափե՛ք դրա t ջերմաստիճանը:
6. Չափումների արդյունքները գրանցե՛ք աղյուսակում:

$m, \text{կգ}$	$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$

7. Նաշվե՛ք փաթ ջրի հաղորդած ջերմաքանակը:
8. Նաշվե՛ք սառը ջրի սրացած ջերմաքանակը:
9. Նամենափե՛ք փաթ ջրի հաղորդած և սառը ջրի սրացած ջերմաքանակները և եզրակացություն արե՛ք:

Լաբորատոր աշխատանք 6

Գոլորշացման ընթացքում ջրի հովացման դիֆուզիոն և օդի խոնավության որոշումը

Սարքավորում. ջերմաչափ, սենյակային ջերմաստիճանի ջրով բաժակ, թանգիֆի (կամ բամբակի) կտոր:

Ցուցումներ աշխատանքի վերաբերյալ

1. Չափե՛ք դասարանում օդի t_1 ջերմաստիճանը:
2. Ջերմաչափը փաթաթե՛ք չոր թանգիֆով կամ բամբակով այնպես, որ կտորի ծայրը կախված մնա:
3. Ջերմաչափը վերևից բռնելով՝ կտորի ազատ մասը մտցրե՛ք ջրի մեջ: Ջուրը պետք է թրջի կտորը: Ընդ որում ջերմաչափը պետք է բաժակի ջրի մակարդակից վերև լինի:
4. Ջերմաչափի ցուցմունքներին հետևելով՝ ընտրե՛ք t_2 ջերմաստիճանի ամենացածր արժեքը:
5. Չափումների արդյունքները գրանցե՛ք աղյուսակում:

$t_1, ^\circ C$	$t_2, ^\circ C$	$t_1 - t_2, ^\circ C$

6. Պսիխրոմետրական աղյուսակի միջոցով (աղյուսակ 14) որոշե՛ք դասարանում օդի խոնավությունը:

ՊԱՏԱՄԻԱՆՆԵՐ

Աղյուսակ 14

Պսիխրոմետրական աղյուսակ

Չոր ջերմաչափի ցուցմունքները, $t_1, ^\circ\text{C}$	Չոր և խոնավ ջերմաչափերի ցուցմունքների սարքերությունը, $^\circ\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Օդի խոնավությունը, %										
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18/	7	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	90	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	91	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	92	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

- 5.** 3 սնգամ
6. 1,55 սնգամ
8. 11,7 կմ/ժ
12. 14 մ/վ²
13. 13,5 մ/վ
14. 12 մ/վ
15. 1,2 մվ
16. 4 վ
17. 75 մ
18. 12,5 մ
19. 48 մ
20. 360 մ
22. 1,4 մ/վ²
25. 2 մ/վ², 64 մ
26. 2,5 մ/վ², 20 մ
27. 0,225 մ/վ²
28. 3,3 մ/վ²
32. 0,005 վ, 200 վ⁻¹
33. 50
34. 50
35. 464 մ/վ, 0,03 մ/վ²
36. 30 կմ/վ, 0,006 մ/վ²
41. 10 մ/վ²
42. 2 Ն
44. 0,3 Ն, 6,9 մ/վ
50. 0,15 մ/վ²
51. 220 Ն
52. 6 Ն
55. Ոξ
56. 5,5 Ն
57. 20 Ն
58. 60 Ն
59. 2 սնգամ
60. 5 Ն
63. Կիսախարվի
64. Ոξ
65. 52,8 · 10⁶ կգ · մ/վ
66. 100 կգ · մ/վ
67. 0,57 մ/վ
68. 44 · 10⁻²⁴ մ/վ
71. 32 մ/վ
72. 50 մ/վ
74. 40 Ջ
76. 300 կՋ
77. 3,2 կՋ
78. 57,4 Ջ
79. 5 մ
80. 20 Ջ
83. 550 Ջ
84. 300 Ջ
85. 18 Ջ
86. 4464 Ջ
88. 6 մ
89. 1,8 մ
90. 80 մ
91. 2,3 մվ, 660
92. 0,4 վ, 2,5 Նգ
95. 80 սմ
96. 48 սմ
97. 1 մ/վ
98. 1,8 սմ
99. 0,5 Նգ
100. 20 վ, 3
101. 0,31 վ, 64
102. 1,6 Նգ, 12,5 վ
107. 8 մ
108. 3 մ/վ
109. 2 մ
110. 12,5 մ
111. 490 մ
112. 630 մ
131. 8 կՋ
132. 60 կՋ, - 60 կՋ
134. - 25 կՋ
135. 300 կՋ
136. 300 կՋ
139. 2,3 կՋ
140. 5 կՋ
141. - 4,2 կՋ
142. - 29,4 կՋ
150. 1 738 880 Ջ
152. 336 Ջ / (կգ · °C)
161. 8,7 կՋ
162. 500 կՋ
163. - 330 կՋ
164. - 24 կՋ
165. ա) - 848 կՋ
 բ) - 42 կՋ
 գ) 1016 կՋ
 դ) - 1163 կՋ
166. ա) 1857,5 կՋ
 բ) - 1752,5 կՋ
 գ) 2100 կՋ
 դ) 3485 կՋ
175. 400 կՋ
176. 9,2 ՄՋ
177. 15,3 ՄՋ
178. 5272 կՋ
179. 34 620 Ջ
180. 6162 կՋ
181. - 2,72 ՄՋ
182. - 105 կՋ
183. 540 ՄՋ
184. 92 ՄՋ
185. 3 կգ
186. 0,5 կգ
187. 0,17 կգ
188. 0,18 կգ
189. 30 %
190. 25 %

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐ

ԳԼՈՒԽ 1. ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱ

§ 1. Գիպոթյուն մարմինների շարժման մասին.....	3
§ 2. Անհավասարաչափ շարժում: Միջին արագություն.....	8
§ 3. Արագացում	9
§ 4. Նավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը	13
§ 5. Նավասարաչափ արագացող շարժման ճանապարհը	15
§ 6. Ազատ անկում: Ազատ անկման արագացում.....	19
§ 7. Շրջանագծային հավասարաչափ շարժում.....	21
§ 8. Պտտման պարբերություն և հաճախություն	23

ԳԼՈՒԽ 2. ԴԻՆԱՄԻԿԱ

§ 9. Նյութոնի առաջին օրենքը.....	26
§ 10. Նյութոնի երկրորդ օրենքը.....	30
§ 11. Նյութոնի երրորդ օրենքը	34
§ 12. Մարմնի իմպուլս	38
§ 13. Իմպուլսի պահպանման օրենքը.....	40
§ 14. Ռեակտիվ շարժում	42
§ 15. Նրթիռային տեխնիկայի զարգացումը	46
§ 16. Էներգիա	51
§ 17. Էներգիայի պահպանման օրենքը.....	54
§ 18. Նոսող ջրի և քամու էներգիայի օգտագործումը.....	57

ԳԼՈՒԽ 3. ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

§ 19. Մեխանիկական փափանկումներ	59
§ 20. Էներգիայի փոխակերպումները փափանկումների ժամանակ	63
§ 21. Տափանկումների տեսակները	64
§ 22. Ռեզոնանս.....	67
§ 23. Մեխանիկական ալիքներ.....	71
§ 24. Ալիքի արագություն և երկարություն	74
§ 25. Սեյսմիկ ալիքներ.....	77

§ 26. Չայնային ալիքներ.....	80
§ 27. Չայնը փարբեր միջավայրերում.....	85
§ 28. Չայնի ուժգնություն և բարձրություն: Արձագանք.....	88
§ 29. Ենթաձայն և անդրաձայն	93

ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐ

ԳԼՈՒԽ 4. ՆԵՐՔԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱ

§ 30. Ջերմաստիճան.....	97
§ 31. Ներքին էներգիա	101
§ 32. Ներքին էներգիայի փոփոխման եղանակները	104
§ 33. Ջերմափոխանակության տեսակները	108
§ 34. Ջերմափոխանակության օրինակներ բնության մեջ և արհեստական.....	116
§ 35. Ներքին էներգիայի փոփոխության հաշվարկը.....	119
§ 36. Տեսակարար ջերմունակություն.....	121
§ 37. Մարմնի փաթեցման համար անհրաժեշտ և սատչելիս նրանից անջատվող ջերմաքանակի հաշվարկը	123
§ 38. Ներքին էներգիայի պահպանման օրենքը և ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը	125

ԳԼՈՒԽ 5. ՆՅՈՒԹԻ ԱԳՐԵԳԱՏԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

§ 39. Նյութի ագրեգատային վիճակները.....	128
§ 40. Բյուրեղային մարմինների հալումն ու պնդացումը.....	130
§ 41. Մարմնի հալման համար անհրաժեշտ և բյուրեղացման ընթացքում նրանից անջատվող ջերմաքանակը	134
§ 42. Գոլորշացում և խտացում	136
§ 43. Եռում.....	139
§ 44. Շոգեգոյացման համար անհրաժեշտ և խտացման դեպքում անջատվող ջերմաքանակը	143
§ 45. Վառելիքի այրման ժամանակ անջատվող ջերմաքանակը	145
§ 46. Ջերմային շարժիչներ.....	147
§ 47. Ավտոմեքենայի և շոգեքարշի հայտնագործումը.....	149
§ 48. Ներքին այրման շարժիչ.....	153

ՆԱՎԱՍԱՐԱԶԱՓ ՈՒՂՂԱԳԻԾ ՇԱՐԺՈՒՄ

$$s = vt, \quad v = s/t, \quad t = s/v$$

ՆԱՎԱՍԱՐԱԶԱՓ ԱՐԱԳԱՅՈՂ ՈՒՂՂԱԳԻԾ ՇԱՐԺՈՒՄ

$$v = at, \quad s = vt/2, \quad s = at^2/2$$

ՆԱՎԱՍԱՐԱԶԱՓ ՇՐՋԱՆԱԳԾԱՅԻՆ ՇԱՐԺՈՒՄ

$$a = v^2/r, \quad T = t/n, \quad v = n/t$$

ՆՅՈՒՏՈՆԻ ԵՐԿՐՈՐԴ ՕՐԵՆՔԸ

$$ma = F,$$

որտեղ m -ը մարմնի զանգվածն է,

a -ն արագացումն է,

F -ը՝ համազոր ուժը

ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒՇԸ

$$F_{\text{ծայր}} = mg,$$

որտեղ m -ը մարմնի զանգվածն է,

$g = 9,8 \text{ մ/վ}^2$ –ն ազատ անկման արագացումն է

ՄԱՐՄՆԻ ԿՇԻՌԸ

$$P = N,$$

որտեղ N –ը հենարանի հակազդեցության ուժն է

ՏԱՔԱՅՈՒՄ ԵՎ ՍԱՌԵՅՈՒՄ

$$Q = c m (t_{\text{վերջ}} - t_{\text{սկզբ}})$$

Նյութ	$c, \text{Ջ} / (\text{կգ} \cdot ^\circ\text{C})$
ալյումին	920
ջուր	4200
երկաթ	460
սառույց	2100
պղինձ	400
կապար	140
պողպատ	500

ՎԱՌԵԼԻՔԻ ԱՅՐՈՒՄԸ

$$Q = q m$$

Նյութ	$q, \text{ՄՋ/կգ}$
բենզին	46
բնական գազ	44
չոր փայտ	10
նավթ	44
պորֆ	14
քարածուխ	27

ՆԱԼՈՒՄ ԵՎ ԲՅՈՒՐԵՂԱՅՈՒՄ

$$Q = \pm \lambda m$$

Նյութ	$t_{\text{հալ}} \text{ } ^\circ\text{C}$	λ , կՋ/կգ
ազոտ	- 210	26
ալյումին	660	390
ոսկի	1064	67
սառույց	0	340
պղինձ	1085	210
անագ	232	59
սնդիկ	- 39	12
կապար	327	25
արծաթ	962	87
սպիրտ	- 114	110
ցինկ	420	112

ՇՈՔԵԳՈՅԱՅՈՒՄ ԵՎ ԽՏԱՅՈՒՄ

$$Q = \pm r m$$

Նյութ	$t_{\text{տր}} \text{ } ^\circ\text{C}$	r , ՄՋ/կգ
ջուր	100	2,3
օդ	- 193	0,2
թթվածին	- 183	0,2
սնդիկ	357	0,3
սպիրտ	78	0,9

Օգտագործվող նշանակումները

s – ճանապարհ

v – արագություն

t – ժամանակ

a – արագացում

v – հաճախություն

T – պարբերություն

m – զանգված

F – ուժ

P – կշիռ

p – իմպուլս

A – աշխատանք

η – օգտակար գործողության գործակից

E – մեխանիկական էներգիա

h – բարձրություն

g – ազատ անկման արագացում

λ – ալիքի երկարություն

t – ջերմաստիճան

U – ներքին էներգիա

Q – ջերմաքանակ

c – փեսակարար ջերմունակություն

λ – հալման փեսակարար ջերմություն

r – շոգեգոյացման փեսակարար ջերմություն

q – վառելիքի այրման փեսակարար ջերմություն

