

У.500

ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТЛАРИ УЧУН УКУВ КУЛЛАНМАСИ

УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИДААН МАСАЛАЛАР ТУПЛАМА



УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИДАН МАСАЛАЛАР ТЎПЛАМИ

М. С. Цедрик таҳрири остида

СССР Халқ таълими Давлат комитети педагогика
институтларининг № 2105 «Физика» ихтиссолиги
бўйича ўқувчи талабалари учун ўқув
қўлланмаси сифатида рухсат этган



ТОШКЕНТ — «ЎҚИТУВЧИ» — 1991

Муаллифлар:

А. Г. Загуста, Г. А. Макеева, А. С. Микулич,
И. Ф. Савицкая, М. С. Цедрик

Тақризчилар: М. В. Ломоносов номидаги Архангельск давлат педагогика инсти-
тутининг физика кафедраси (кафедра мудури доц. А. Н. Суровцев); МИФИ умумий
физика кафедраси профессори И. Е. Иродов.

Ўқув қўлланмасида асосий назарий билимларнинг қисқача баёни, умумий физика
курсининг барча бўлимларига доир масалалар, масалаларни ечишда фойдаланиш
мумкин бўлган жавоблар ва кўрсатмалар берилган.

Ц 1604010000 — 294 82 — 91
353 /04/ — 91

ISBN 5 — 645 — 01372 — 7

© Издательство «Просвещение», 1989
© «Ўқитувчи» нашриёти, 1991 й.

СЎЗ БОШИ

Педагогика институти талабаларининг физикадан назарий билимларни ўзлаштиришлари ва уларни амалий машқларда қўллай билишлари умумтаълим мактаблари учун физика ўқитувчиларини тайёрлаш сифатини яхшиловчи омиллардан бири ҳисобланади. Масалалар ечиш амалий кўникмаларни ривожлантиришга ёрдам беради. Ушбу тўпламдаги масалаларни ечишда эгалланган малакалар студентларнинг келгуси педагогик фаолиятлари учун фойдали бўлади.

Эътиборингизга ҳавола қилинаётган тўплам амалдаги ўқув программасига мос бўлиб, умумий физика курсининг барча бўлимлари бўйича масалаларни ўз ичига олган. Ҳар бир параграфнинг бошида масалаларни ечишда фойдаланиладиган асосий қонунлар ва формулаларни ўз ичига олган қисқача назарий маълумотлар келтирилган. Тўпламнинг охирида масалаларнинг жавоблари, энг мураккаб масалаларнинг ечимлари ҳамда барча зарур бўладиган маълумотлар берилган.

Тўпламнинг 1—6, 8—10, 21—23-§ ларини А. С. Микулич, 11—16-§ ларини И. Ф. Савицкая, 17—20-§ ларини Г. А. Загуста, 24—30-§ ларини Г. П. Макеева, 7, 31—36-§ ларини, сўз боши ва иловаларини М. С. Цедрик тайёрлаган.

Муаллифлар қўлёзмани тақриз қилиш заҳматини зиммаларига олган МИФИ умумий физика кафедрасининг профессори И. Е. Иродовга, М. В. Ломоносов номидаги Архангельск педагогика институтининг А. Н. Суровцев раҳбарлигидаги физика кафедрасининг коллективига, А. М. Горький номидаги Минск педагогика институти умумий физика кафедрасининг ходимларига, В. И. Ленин номидаги МДПИ доценти Ю. Н. Пашинга самимий миннатдорчиликларини изҳор қиладилар. Уларнинг танқидий мулоҳазалари қўлёзмани нашрга тайёрлашда ҳисобга олинди ва унинг сифатини ҳар томонлама яхшилашга кўп жиҳатдан ёрдам берди.

1-§. КИНЕМАТИКА

Нуқтанинг ўртача тезлиги:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

бу ерда $\Delta \vec{r}$ катталиқ — $\vec{r}(t) = \vec{i}x(t) + \vec{j}y(t) + \vec{k}z(t)$ [радиус-векторнинг Δt вақт оралиғидаги орттирмаси ($\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — тўғри бурчакли координаталар системаси ўқларининг бирлик векторлари (ортлари), $x(t), y(t), z(t)$ — нуқта координаталари).

Оний тезлик:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Тезлик модули:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \frac{ds}{dt},$$

бу ерда ds — нуқтанинг dt вақт ичида босиб ўтган йўли.

Галилейнинг тезликларни қўшиш қонуни:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0,$$

бу ерда \vec{v} — моддий нуқтанинг шартли қўзғалмас координаталар системасидаги тезлиги (абсолют тезлик), \vec{v}' — унинг ҳаракатланаётган координаталар системасидаги тезлиги (нисбий тезлик), \vec{v}_0 — ҳаракатдаги координаталар системасининг қўзғалмас системага нисбатан тезлиги (кўчма тезлик).

Нуқтанинг ўртача тезланиши:

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t},$$

бу ерда $\Delta \vec{v}$ — тезликнинг Δt вақт ичидаги орттирмаси.

Оний тезланиш:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Тезланиш модули:

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{\left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)^2}.$$

Эгри чизиқли ҳаракатда тўла тезланиш:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau = \vec{n} \frac{v^2}{R} + \vec{\tau} \frac{dv}{dt},$$

бу ерда \vec{a}_n ва \vec{a}_τ — нормал ва тангенциал тезланишлар, \vec{n} ва $\vec{\tau}$ — траекторияга ўтказилган бош нормал ва уринма йўналишидаги бирлик векторлар, R — траекториянинг эгрилик радиуси.

Тўла тезланиш векторининг йўналишини

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_n}{a_\tau}$$

муносабатдан топиш мумкин, бу ерда α — тўла тезланиш билан тезлик векторлари орасидаги бурчак.

Айланма ҳаракатда бурчак тезлик ва бурчак тезланиш:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Чизиқли тезлик билан бурчак тезлик орасидаги боғланиш:

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}],$$

бу ерда \vec{r} — текширилаётган нуқтанинг айланиш ўқидаги ихтиёрий нуқтага нисбатан радиус-вектори.

Бурчак тезлик билан айланиш даври T ва айланиш частотаси n орасидаги боғланиш:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n.$$

Текис айланаётган жисм нуқтасининг нормал ва тангенциал тезланишлари:

$$a_n = \omega^2 R, \quad a_\tau = \varepsilon R,$$

бу ерда R — айланиш ўқидан нуқтагача бўлган масофа.

Гармоник тебранишлар тенгламаси ва унинг ечими:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0, \quad x = A \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

бу ерда x — силжиш, A — амплитуда, ω_0 — тебранишларнинг хусусий частотаси, φ — бошланғич фаза.

Бир томонга йўналган, бир хил частотали иккита

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

гармоник тебранишнинг қўшилишида ҳосил бўладиган мураккаб тебранишнинг амплитудаси ва фазаси

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

муносабатлардан аниқланади.

Частоталари ν_1 ва ν_2 бўлган гармоник тебранишларнинг қўшилишидан ҳосил бўладиган тебкили тебранишлар частотаси:

$$\nu = |\nu_1 - \nu_2|.$$

Тўғри чизиқли ҳаракат

1.1. Қандай ҳолда моддий нуқта босиб ўтган йўл билан кўчиш векторининг модули ўзаро мос тушади?

1.2. Моддий нуқта координаталари вақт ўтиши билан $x = 4t$, $y = 3t$, $z = 0$ қонун бўйича ўзгаради¹. Нуқта босиб ўтган йўлнинг вақтга боғланишини топинг (масофани нуқтанинг бошланғич ҳолатидан бошлаб ҳисобланг). Нуқта 5 с ичида қанча йўлни босиб ўтади?

1.3. Мотоциклчи йўлнинг биринчи чорагини $v_1 = 10$ м/с, иккинчи чорагини $v_2 = 15$ м/с, учинчи чорагини $v_3 = 20$ м/с, ва сўнгги чорагини $v_4 = 5$ м/с тезлик билан ўтди. Мотоциклчининг шу йўлдаги ўртача тезлигини аниқланг.

1.4. Агар автомобиль ўз ҳаракат вақтининг $1/4$ қисмида 16 м/с, қолган қисмида эса 8 м/с тезлик билан юрган бўлса, унинг ўртача тезлигини топинг.

1.5. 15 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган электропоезддаги йўловчи қарама-қарши йўналишда ҳаракатланаётган ва узунлиги 210 м бўлган поезд унинг ёнидан $6,0$ с ичида ўтиб кетганини аниқлади. Шу поезднинг тезлигини топинг.

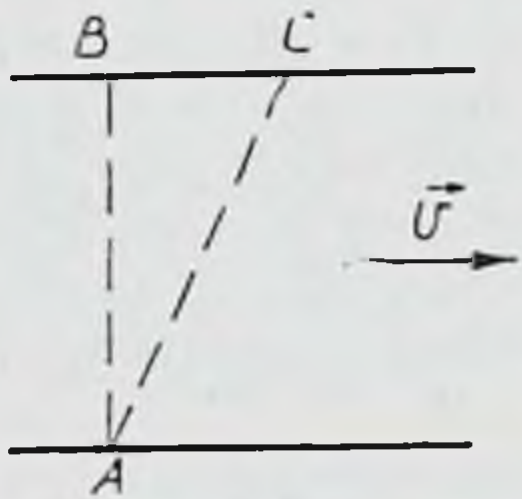
1.6. Агар бир йўналишда ҳаракатланганда пиёда ҳар минутда велосипедчидан $S_1 = 210$ м ортда қолиб, қарама-қарши йўналишда ўша тезликлар билан ҳаракатланганда эса ҳар 2 минутда улар орасидаги масофа $S_2 = 780$ м га камайса, велосипедчи ва пиёданинг тезликларини аниқланг.

1.7. Метро эскалатори тўхтаб турганда йўловчи $t_1 = 120$ с да, ҳаракатдаги эскалатор зиналарига нисбатан ўшандай тезлик билан ҳаракатланганда эса $t_2 = 30$ с да кўтарилади. Йўловчининг ҳаракатдаги эскалаторда тинч турган ҳолдаги кўтарилиш вақтини топинг.

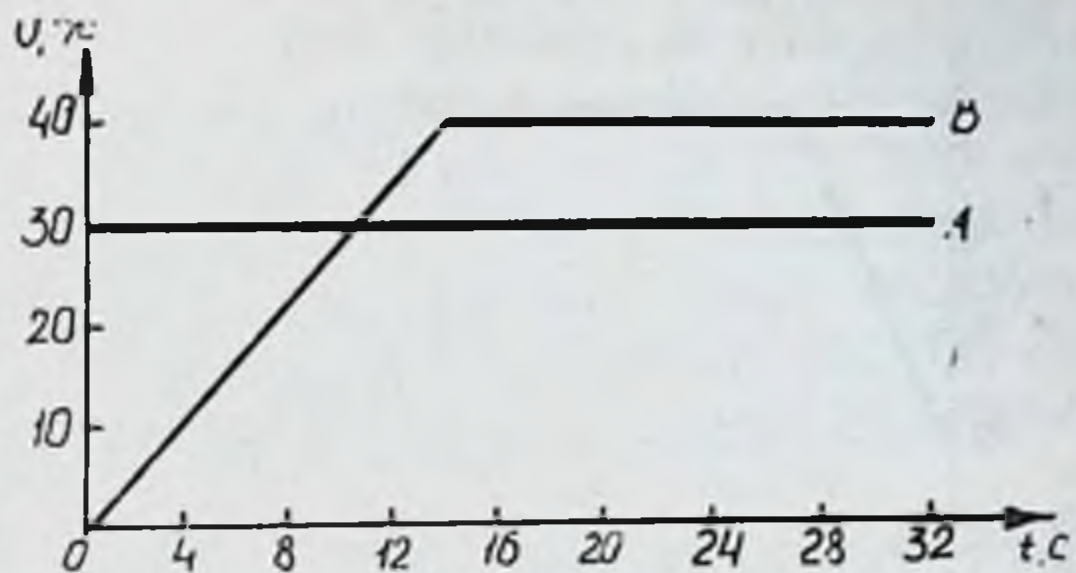
1.8. Моторли қайиқ дарё бўйлаб бир пунктдан иккинчи пунктга ва яна орқага сузиб борди. Агар оқимнинг тезлиги $v_1 = 2,0$ м/с, қайиқнинг сувга нисбатан тезлиги эса $v_2 = 10$ м/с бўлса, қайиқнинг оқимга қарши ҳаракат вақти оқим бўйлаб ҳаракат вақтидан неча марта катта бўлади?

1.9. Агар моторли қайиқнинг дарёдаги оқим бўйлаб тезлиги 10 м/с, оқимга қарши йўналишдаги тезлиги эса $6,0$ м/с бўлса, унинг сувга нисбатан тезлигини топинг. Дарё сувининг оқиш тезлиги қанча?

¹ Бу ерда ва бундан сўнг ҳаракат тенгламаларидаги катталиклар СИ бирликларида ифодаланган.



1.1- расм



1.2- расм

1.10. Рўпарадан эсаётган шамол тезлиги $v_2 = 25$ м/с, самолётнинг ҳавога нисбатан ўртача тезлиги эса $v_2 = 250$ м/с бўлса, бир — биридан 1000 км масофада жойлашган пунктларнинг биридан иккинчисига самолёт қанча вақтда учиб боради? Шамол орқадан эсган ҳолда самолётнинг учиб бориш вақти қанча бўлади?

1.11. Агар $v_1 = 15$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган автобус ойнасида тезлигининг вертикал ташкил этувчиси $v_2 = 10$ м/с бўлган ёмғир томчиларидан $\alpha = 30^\circ$ бурчакка оғишган излар ҳосил бўлса, рўпарадан эсаётган шамолнинг тезлигини аниқланг.

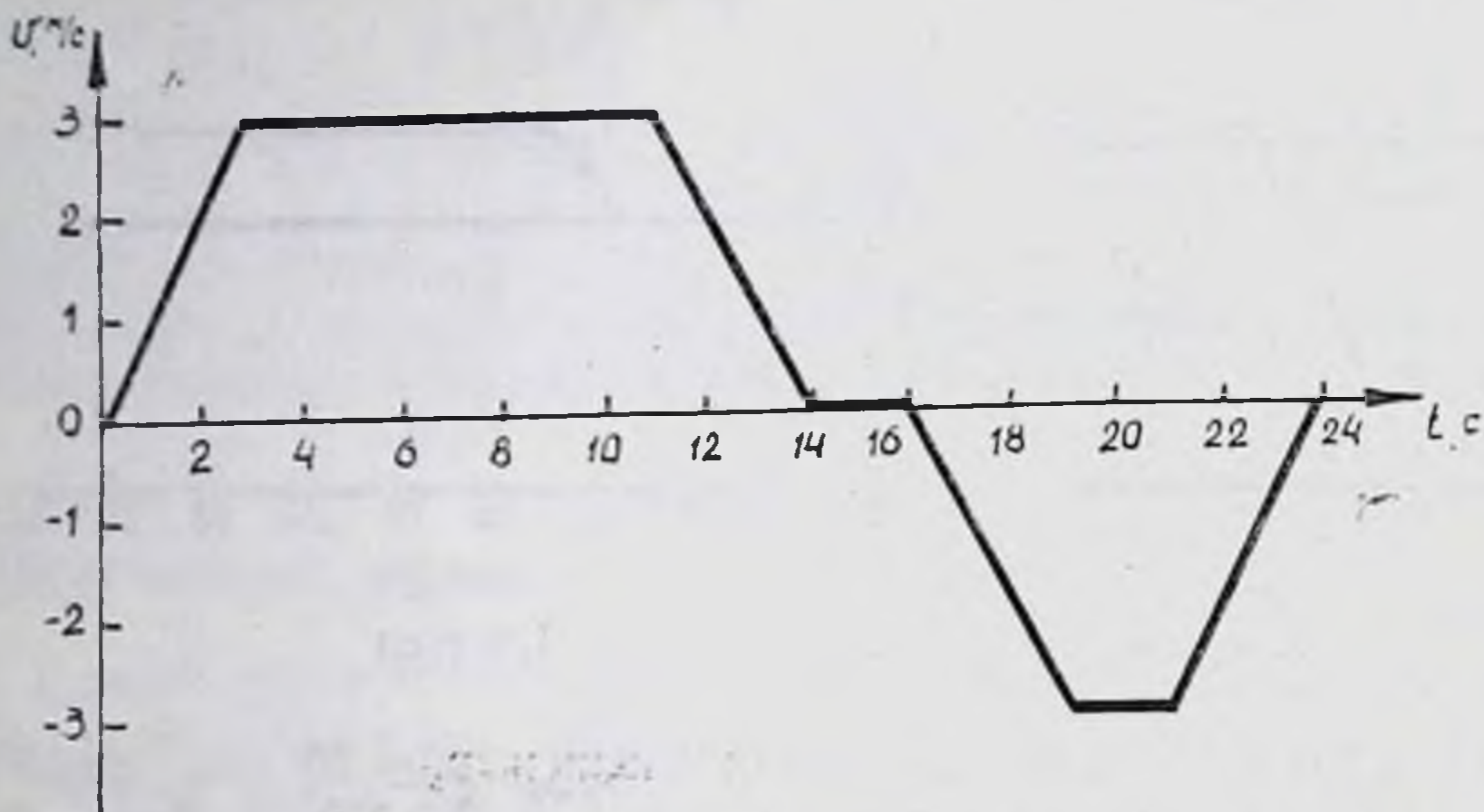
1.12. Агар самолётнинг ҳавога нисбатан тезлиги $v_1 = 100$ м/с, ҳаракат йўналишига $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида рўпарадан эсаётган шамол тезлиги $v_2 = 30$ м/с бўлса, ораларидаги масофа 500 км бўлган пунктларнинг биридан иккинчисига самолётнинг учиб бориш вақтини топинг.

1.13. Агар зонт 2,0 м баландликда тутиб турилган ва унинг чети 0,30 м олдинга чиқиб турган бўлса, киши оёғига ёмғир тушмаслиги учун қандай энг катта тезлик билан ҳаракатланиши керак? Ёмғир томчилари вертикал йўналишда 8,0 м/с тезлик билан тушади.

1.14. Турбореактив самолёт 1,5 соат ичида 700 км масофани учиб ўтди. Агар самолётнинг ҳавога нисбатан тезлиги 200 м/с бўлиб, шамолнинг йўналиши самолёт ҳаракатининг йўналиши билан $\alpha = 90^\circ$ бурчак ташкил қилса, шамолнинг тезлигини аниқланг.

1.15. Иккита сув ости кемаси ҳар бири бир-бирига томон v тезлик билан сузмоқда. Биринчи кемадан юборилган ультратовуш сигнали иккинчи кемага урилиб, t вақтдан сўнг қайтиб келди. Сигналнинг тезлиги c га тенг. Сигнал юборилган пайтда қайиқлар бир-биридан қанча масофада бўлган?

1.16. Икки қайиқчи А пунктдан В пунктга дарёни сузиб ўтиши керак эди (1.1.-расм). Улардан бири қайиқни АВ тўғри чизиқ буйлаб йўналтириб, дарёнинг нариги қирғоғидаги С пунктга етиб борди. В пунктга бориш учун у қирғоқ буйлаб оқимга қарши сузди. Иккинчи қайиқчи қайиқни шундай йўналтирдики, дарёнинг нариги қирғоғида у айнан В нуқтага етиб борди. Агар қайиқнинг сувга нисбатан тезлиги $v_1 = 2,0$ м/с, сув оқимининг тезлиги эса $v_2 = 1,2$ м/с бўлса, қайиқчилардан қайси бири В пунктга тезроқ ва неча марта тезроқ етиб борган? Сувнинг дарё ўртасидаги ва қирғоқ ёнидаги оқим тезлигини бир хил деб ҳисобланг.



1.3- расм

1.17. Моддий нуқтанинг ҳаракати $x = at + bt^2 + ct^3$ тенглама билан берилган, бу ерда $a = 5,0$ м/с, $b = 0,20$ м/с², $c = 0,10$ м/с³. Нуқтанинг вақтнинг $t_1 = 2,0$ с ва $t_2 = 4,0$ с моментларидаги тезликларини ҳамда t_1 дан t_2 гача вақт оралиғидаги ўртача тезлигини топинг.

1.18. Ҳаракати $x = 4t^2 + 2$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$ тенгламалар билан берилган нуқтанинг траекториясини аниқланг. Нуқта босиб ўтган йўлининг вақтга боғланиш графигини чизинг.

1.19. Моддий нуқта ҳаракати $x = 8t^2 + 4$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$ тенгламалар билан берилган. Нуқтанинг вақтнинг $t = 10$ с momentiдаги тезлик ва тезланиш модулларини топинг.

1.20. Ҳаракат тенграмаси $x = 2t^2 + 3t + 4$; $y = 3t^2 + 4t - 2$; $z = 0$ бўлган жисм ҳаракат бошидан бошлаб $t = 10$ с вақт ичида қанча йўлни босиб ўтади?

1.21. 1.2-расмда тўғри чизиқли ҳаракат қилаётган иккита A ва B жисмлар тезликларининг графиги келтирилган. Бошланғич $t = 0$ пайтда уларнинг координаталари мос келган. Қанча вақтдан кейин жисмларнинг кўчишлари бир хил бўлади?

1.22. Нуқтанинг тўғри чизиқли ҳаракати $\vec{r} = 3t^2\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 8t\vec{k}$ тенглама билан тавсифланади. Нуқтанинг биринчи 4 с ичида босиб ўтган йўлини топинг.

1.23. X ўқи бўйлаб ҳаракатланаётган моддий нуқтанинг тезлиги $v_x = 0,2 - 0,1t$ тенглама билан аниқланади. Агар бошланғич моментда моддий нуқта $x_0 = 1$ нуқтада турган бўлса, унинг вақтнинг $t = 10$ с momentiдаги координатасини топинг.

1.24. 1.3-расмда лифт кабинаси ҳаракат тезлиги вертикал проекциясининг вақтга боғланиш графиги келтирилган. Кабинанинг кўчиши ва босиб ўтган йўлини топинг. Кабина тезланишининг вақтга боғланиш графигини чизинг.

1.25. Самолёт учиб кетиши учун 100 м/с тезликка эга бўлиши керак. Агар югуриш йўли 600 м бўлса, самолётнинг югуриш вақти ва тезланишини топинг, бунда самолётнинг ҳаракатини текис тезланувчан деб ҳисобланг.

1.26. Автомобиль $v_1 = 25$ м/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. $s = 40$ м масофада тормозлангач, унинг тезлиги $v_2 = 15$ м/с гача камайган. Автомобиль текис секинланувчан ҳаракат қилган деб ҳисоблаб, тезланишнинг модулини ва тормозланиш вақтини топинг.

1.27. Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган жисм бир-бирига уланиб кетган ва узунлиги $s = 15$ м дан бўлган йўл кесмаларини мос равишда $t_1 = 2,0$ с ва $t_2 = 1,0$ с вақт ичида босиб ўтган. Жисмнинг биринчи кесма бошидаги тезланиши ва тезлиги модуларини топинг.

1.28. Агар заррачанинг тезлиги $v = 30 + 2t$ қонуният билан ўзгарса, унинг тўғри чизиқли траектория бўйлаб 10 с мобайнида босиб ўтадиган йўлини аниқланг. Бошланғич $t_0 = 0$ моментда $s = 0$.

1.29. Қозиқоёқ қоқиш қурилмасидаги юк 5 с ичида 4,9 м га бир текис кўтарилгандан сўнг, бирданига қозиқоёқ устига тушади. Юк ҳар минутда қозиқоёққа неча марта зарба беришини топинг.

1.30. Кўп қаватли бинодаги лифт ҳаракатга келишида ва тормозланишида $a = 1,0$ м/с² тезланишли текис ўзгарувчан, йўлнинг ўрта қисмида эса $v = 2,0$ м/с тезликли текис ҳаракат қилади деб ҳисоблаб, унинг кўтарилиш вақтини топинг. Кўтарилиш баландлиги $h = 60$ м.

1.31. Агар юқорига тик отилган жисм 60 м даги белги ёнидан 4,0 с вақт ичида 2 марта ўтган бўлса, унинг бошланғич тезлигини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.32. Бошланғич 19,6 м/с тезлик билан вертикал равишда пастга ташланган жисм охириги секунд давомида бутун йўлнинг $1/4$ қисмини босиб ўтди. Жисмнинг тушиш вақти ва охириги тезлигини топинг. Жисм қандай баландликдан ташланган?

1.33. Жисм 21 м/с бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган. Жисмнинг максимал баландликнинг ярмига мос нуқтадан ўтиш пайтлари орасидаги вақтни топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.34. Вертикал осилган ингичка ипга n та қўрғошин шарча, энг пастдагиси полга деярли тегадиган қилиб маҳкамланган. Ипнинг юқориги учу қўйиб юборилса, шарчалар бирин-кетин полга урилади. Урилишлар тенг вақтлар оралиғида эшитилиши учун шарчалар орасидаги масофалар ҳамда шарчалардан полгача бўлган масофалар қандай нисбатда бўлиши керак?

1.35. Юқорига тик отилган жисм $t = 6$ с дан сўнг қайтиб тушиши учун унга қандай бошланғич тезлик бериш зарур? Максимал кўтарилиш баландлиги қанча бўлади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.36. Заррача $\vec{a} = 2t \vec{i} + 4t \vec{j} + 3 \vec{k}$ тезланиш билан ҳаракатланмоқда. Агар бошланғич $t = 0$ вақт momentiдаги тезлик $\vec{v}_0 = 3 \vec{i} + 1 \vec{j} - 1 \vec{k}$ бўлса, заррача тезлигининг $t = 2$ с вақт momentiдаги модулини аниқланг.

1.37. Жисм қиялиги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текисликда турибди. Бу жисм эркин тушиши учун қия текисликка горизонтал йўналишда бериладиган тезланишнинг минимал қиймати қанча бўлиши керак?

Эгри чизиқли ҳаракат

1.38. Нуқтанинг координаталар бошига нисбатан радиус-вектори вақт бўйича $\vec{r} = 2t\vec{i} + 8t^2\vec{j}$ қонун бўйича ўзгараётган бўлса, нуқта қандай траектория бўйлаб ҳаракатланаётир?

1.39. Заррачанинг радиус-вектори $\vec{r} = 3t\vec{i} + 0,5t^2\vec{j}$ ифода билан аниқланади. Заррача тезлиги ва тезланишининг вақтнинг $t = 5$ с momentiдаги модулларини топинг.

1.40. Тўппончадан горизонтал йўналишда отилган ўқ бир-биридан $l = 20$ м масофада вертикал равишда осиб қўйилган юпқа қоғоз варақларини тешиб ўтган. Агар иккинчи қоғоздаги тешик биринчи қоғоздагидан $h = 5$ см пастда ҳосил бўлган бўлса, ўқнинг тезлигини топинг.

1.41. Горизонтга нисбатан $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида $v_0 = 90,4$ м/с бошланғич тезлик билан ракета учирилган. Ракета ўз траекториясининг энг юқори нуқтасида портлаган бўлса, ракета пилтасининг ёниш вақтини топинг.

1.42. Сув оқимининг кўтарилиш баландлиги унинг учиш узоқлигига тенг бўлиши учун уни горизонтга нисбатан қандай бурчак остида йўналтириш керак?

1.43. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмаганда, горизонтга нисбатан $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида отилган жисмнинг учиш узоқлиги максимал бўлишини исботланг.

1.44. Агар жисмнинг энг юқorigа кўтарилиш баландлиги учиш узоқлигининг $1/4$ қисмига тенг эканлиги маълум бўлса, у горизонтга нисбатан қандай бурчак остида отилганлигини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.45. Жисм баландлиги $19,6$ м бўлган минорадан горизонтал йўналишда 10 м/с тезлик билан отилган. Жисм траекториясининг тенгламасини ёзинг. Жисмнинг тушиш momentiдаги тезлиги қанча бўлади? Бу тезлик горизонтал йўналиш билан қандай бурчак ҳосил қилади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.46. Бир нуқтадан икки жисм бир вақтда горизонтга нисбатан ҳар хил α_1 ва α_2 бурчак остида отиб юборилди. Агар $v_0 = 10$ м/с, $\alpha_1 = 30^\circ$ ва $\alpha_2 = 60^\circ$ бўлса, ҳаракат бошлангандан сўнг $t = 2,0$ с ўтган пайтдаги жисмлар орасидаги масофани топинг.

1.47. Горизонтга нисбатан $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида $v_0 = 20$ м/с бошланғич тезлик билан отилган жисм тезлигининг вектори қандай баландликда горизонт билан $\beta = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.48. Горизонтга нисбатан $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида 20 м/с бошланғич тезлик билан отилган жисм тезлигининг вектори қанча вақтдан кейин горизонт билан $\beta = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

1.49. Жисм тоғ чўққисидан $19,6$ м/с тезлик билан горизонтал йўналишда отилган. Ҳаракат бошлангандан $2,0$ с ўтган пайтдаги жисмнинг тангенциал ва нормал тезланишларини топинг. Тўла тезланиш вектори тезлик вектори билан қандай бурчак ҳосил қилади?

1.50. Моддий нуқтанинг XU текисликдаги ҳаракати $x = 3 \sin \omega t$, $y = 3 \cos \omega t$ тенгламалар билан ифодаланади. Нуқта траекториясининг тенгламасини ёзинг. $t = 0$ момент учун $s = 0$ деб ҳисоблаб, нуқта босиб ўтган йўлнинг вақтга боғланишини топинг.

1.51. Моддий нуқта XU текисликда ҳаракатланмоқда. Агар унинг ҳаракати $x = 3 \sin \omega t$, $y = 2 \cos \omega t$ тенгламалар билан ифодаланса, нуқтанинг траекториясини аниқланг.

Айланма ҳаракат

1.52. Самолёт Хабаровскдан маҳаллий вақт билан соат 6 да учиб, Москвага Москва вақти билан соат 6 да келган бўлса, унинг ўртача тезлигини топинг. Москва ва Хабаровск 50° географик кенгликда жойлашган деб ҳисобланг.

1.53. 200 айл/с тезлик билан айланаётган горизонтал валга бир-бирдан 20 см масофада иккита юпқа диск ўрнатилган. Ўқнинг тезлигини аниқлаш мақсадида ўқ шундай отилганки, у иккала дискни айланиш ўқидан бир хил масофада тешиб ўтган. Тешикларнинг бурчак силжиши 18° бўлса, ўқнинг тезлигини аниқланг.

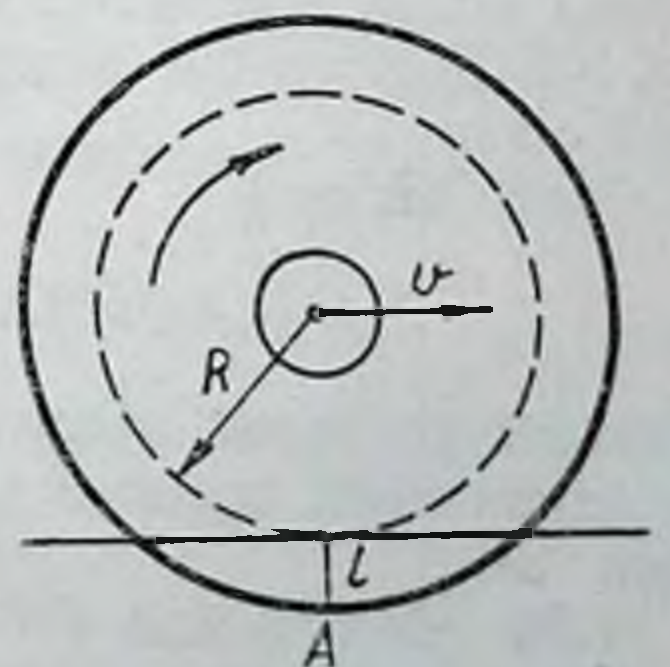
1.54. 24 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган трактор бурилганда унинг масса маркази радиуси $R = 9,0$ м бўлган ёй чизади. Агар трактор гусеничалари орасидаги масофа $d = 1,5$ м бўлса, уларнинг тезликлари орасидаги фарқни топинг.

1.55. Текис майдончада X ўқи бўйлаб $v_{ox} = 5,0$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган аравачага маҳкамланган двигателнинг ўқига диаметри $D = 20$ см бўлган ва $n = 13$ айл/с тезлик билан айланаётган диск ўрнатилган. Диск айланишининг йўналиши шундай танланганки, унинг ихтиёрий нуқтасининг энг қуйи вазиятдаги чизиқли тезлиги X ўқи бўйлаб йўналади. Агар диск ўқдан чиқиб кетса, у қандай ҳаракатланади? Диск майдонча устида филдираганда сирпаниш бўлмайди деб ҳисобланг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

1.56. Кинофильм намоёниши пайтида $N = 12$ та спицали орқа филдирак ҳаракатсиз бўлиб кўринса, кинога олинаётган пайтда арава қандай тезлик билан ҳаракатланган? Филдиракнинг диаметри $D = 1,0$ м. Кинофильм $v_1 = 24$ кадр/с тезлик билан олинган.

1.57. Тезлиги $v_0 = 60$ км/соат бўлган автомобиль тормозланганда $t = 3,0$ с дан сўнг тўлиқ тўхтаган бўлса, унинг филдираклари автомобиль тўхтагунгача неча марта айланган? Филдираклар диаметри $D = 0,70$ м. Тормозланиш вақтида филдиракларнинг ўртача бурчак тезланиши қанча бўлган?

1.58. Электрпоезднинг тезлиги 36 км/соат. Электрпоезд филдираги гардишидаги A нуқтанинг (1.4-расм) рельсга нисбатан тезлигини унинг энг юқориги вазиятида, энг пастки вазиятида ва филдирак ўқи баландлигида бўлган ҳоллар учун аниқланг. Филдирак радиуси 0,50 м. A нуқта рельс сиртидан



1.4- расм

5,0 см пастда жойлашган. Ғилдирак айланишининг бурчак тезлиги нимага тенг?

1.59. Маховик $N=20$ марта тўла айланганда унинг айланиш частотаси $n_0=1,0$ айл/с дан $n=5,0$ айл/с гача бир текис ортиб борган бўлса, маховикнинг бурчак тезлигини аниқланг.

1.60. Ствол ичидаги ҳаракат мобайнида ўқ тўла бир марта айланади. Агар ўқнинг стволдан чиқиш пайтидаги тезлиги $v=86$ м/с, ствол узунлиги эса $l=1,0$ м бўлса, ўқ айланишининг ўртача бурчак тезлиги қандай бўлган? Ўқнинг ўртача бурчак тезланиши-чи?

1.61. Қўзғалмас Z ўқ атрофида $\varphi=at - bt^2$ қонун бўйича айланаётган қаттиқ жисмнинг бурчак тезлиги ва бурчак тезланишини топинг: $a=20$ с⁻¹, $b=1$ с⁻² деб олинг. Жисм ҳаракатининг характери қандай? Бурчак тезлик ва бурчак тезланишининг вақтга боғланиш графикларини чизинг.

Тебранма ҳаракат

1.62. Гармоник тебранишнинг амплитудаси 5,0 см, даври 4,0 с. Агар бошланғич пайтда нуқта максимал силжиш ҳолатида турган бўлса, тебранаётган нуқтанинг максимал тезлиги ва тезланишини топинг.

1.63. Даври 12 с ва бошланғич фазаси 0 га тенг бўлган гармоник тебранма ҳаракат қилаётган нуқта ҳаракат бошлангандан сўнг қанча вақт ичида мувозанат вазиятидан амплитуданинг ярмига тенг масофага силжийди?

1.64. Амплитудаси 5 см, даври 2 с, бошланғич фазаси эса 45° бўлган тебранишда иштирок этаётган моддий нуқта тебранма ҳаракатининг тенгламасини ёзинг.

1.65. Моддий нуқтанинг тебранишлари $x = 0,03 \sin \pi (t + 0,5)$ тенглама билан тавсифланади. Нуқта тезлиги ва тезланишининг энг катта қийматларини топинг. Ҳаракат бошлангандан 5,0 с кейин тебраниш фазаси қандай бўлади?

1.66. Синусоидал қонун бўйича тебранаётган жисмнинг силжиши ҳаракат бошлангандан 0,25 с ўтгач амплитуданинг ярмига тенг бўлса, жисм гармоник тебранишининг бошланғич фазасини топинг. Тебраниш даври 6,0 с.

1.67. Автомобиль двигатели цилиндридаги поршень ҳаракатини гармоник тебраниш деб ҳисоблаб, поршень тезлиги ва тезланишининг максимал қийматларини топинг. Автомобилнинг ҳаракат тезлиги $v=72$ км/соат, ғилдиракларнинг радиуси $R=344$ мм, поршеннинг юриши $l=100$ мм деб олинг.

1.68. Иккита

$$x = 4 \sin 2\pi \left(t + \frac{1}{3}\right); \quad y = 3 \sin \left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

тенгламалар билан ифодаланган, бир хил йўналган гармоник тебранишларда иштирок этаётган моддий нуқта тебранма ҳаракатининг тенгламасини ёзинг.

1.69. Частоталари 440 ва 440,5 Гц бўлган бир хил йўналган икки гармоник тебранишни қўшишдан ҳосил бўлган мураккаб тебранишнинг амплитудасининг ўзгариш частотаси қандай бўлади?

1.70. $x = 2 \sin \pi (2t + 1)$, $y = 2 \sin (2\pi t + 90^\circ)$ тенгнамалар билан берилган ўзаро перпендикуляр тебранишларда иштирок этаётган моддий нуқта ҳаракати траекториясининг тенгнамасини топинг. Ҳаракат йўналишини кўрсатинг.

1.71. Даврлари мос равишда 1 ва 2 с га тенг, амплитудалари ва фазалари бир хил бўлган икки ўзаро перпендикуляр тебранишларни график усул билан қўшинг.

2-§. МОДДИЙ НУҚТА ВА МОДДИЙ НУҚТАЛАР СИСТЕМАСИНИНГ ДИНАМИКАСИ

Динамиканинг асосий тенгнамаси (Ньютоннинг иккинчи қонуни):

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F},$$

бу ерда $\vec{p} = m\vec{v}$ — заррача импульси, m — унинг массаси, \vec{v} — тезлиги.

Системанинг импульси унинг таркибига кирувчи заррачалар импульсларининг йиғиндисига тенг:

$$\vec{P} = \sum_i \vec{P}_i.$$

Заррачалар системасининг илгариланма ҳаракатини бир нуқтанинг система масалалар марказининг ҳаракати билан характерлаш мумкин:

$$m \frac{d\vec{v}_c}{dt} = \vec{F},$$

бу ерда $m = \sum_i m_i$ — текширилаётган системага кирувчи барча заррачаларнинг умумий массаси, $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$ — барча ташқи кучларнинг тенг таъ-

сир этувчиси, \vec{v}_c — массалар маркази ҳаракатининг тезлиги.

Заррачалар системаси массалар марказининг фазодаги ихтиёрий O нуқтага нисбатан вазиятини белгилловчи радиус-вектор:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i},$$

бу ерда m_i — i -заррача массаси, \vec{r}_i — унинг O нуқтага нисбатан радиус-вектори.

Ўзгарувчан массали жисм ҳаракатининг тенгнамаси:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{u} \frac{dm}{dt} + \vec{F},$$

бу ерда \vec{u} — ажралаётган (қўшилаётган) модданинг ҳаракатланаётган жисмга нисбатан тезлиги.

Ракетанинг тезлиги (Циолковский формуласи):

$$v = u \ln \frac{M_0}{M},$$

бу ерда μ — заррачаларнинг ракетага нисбатан тезлиги, M_0 ва M — ракетанинг бошланғич ва оний массаси.

Сирпанишдаги ишқаланиш кучи:

$$F = \mu N,$$

бу ерда μ — ишқаланиш коэффициенти, N — нормал босим кучи.

2.1. Маълум бир куч таъсирида $m = 3$ кг массали жисм $x = 2t^3 - 3t^2 + 5t + 4$ тенглама билан характерланувчи тўғри чизиқли ҳаракат қилмоқда. Вақтнинг $t = 5$ с momentiда жисмга таъсир этаётган куч қандай бўлади? Кучнинг вақтга боғланиш графигини чизинг.

2.2. Ўқнинг массаси $m = 2,5$ г, ствол узунлиги $l = 0,70$ м, милтиқ калибри $D = 5,0$ мм, отилиш пайтидаги ҳавонинг ўртача босими эса $P = 9,8$ МПа бўлса, ўқнинг пневматик милтиқдан учиб чиқишидаги тезлиги қандай бўлган?

2.3. Массаси 10^4 кг бўлган вагон юриб кетаётган составдан ажралиб қолгач, текис секинланувчан ҳаракат қилиб 20 с ичида 20 м йўл босиб ўтиб тўхтади. Ишқаланиш кучини, ишқаланиш коэффициентини ва вагоннинг бошланғич тезлигини топинг.

2.4. Одатда сирпанчиқ йўлдан кичик қадамлар билан юрилади. Агар киши оёғининг узунлиги 1 м, оёқ кийими билан йўл орасидаги ишқаланиш коэффициенти 0,1 бўлса, киши йиқилиб кетмаслиги учун қадамнинг катталиги қандай бўлиши керак?

2.5. Автомобиль қия йўлдан $v = 10$ м/с тезлик билан кўтарилиб бормоқда. Агар ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,5$ ва қиялик бурчаги $\alpha = 10^\circ$ бўлса, автомобилнинг тўхтагунча босиб ўтган йўли ва ҳаракатланиш вақтини топинг.

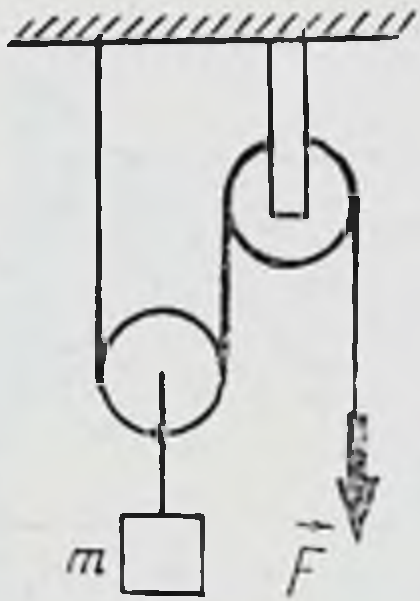
2.6. Агар $v_0 = 5,0$ м/с бошланғич тезлик билан ҳаракат қилаётган жисм қия текислик бўйлаб кўтарилиб, $s = 2,0$ м йўлни босиб ўтган бўлса, қия текислик билан жисм орасидаги ишқаланиш коэффициентини топинг. Текисликнинг қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$.

2.7. Қия текисликка параллел йўналишда бошланғич тезлик олган жисм қия текислик бўйлаб кўтарилиб, сўнгра қайтиб тушади. Агар жисм олдинги вазиятга қайтиб тушса, қайси ҳолда ҳаракатланиш вақти катта ва неча марта катта бўлади — кўтарилишдами ёки тушишдами? Тушишдаги охириги тезлик кўтарилишдаги бошланғич тезликка тенг бўладими? Қия текислик билан жисм орасидаги ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,20$. Текисликнинг қиялик бурчаги $\alpha = 45^\circ$.

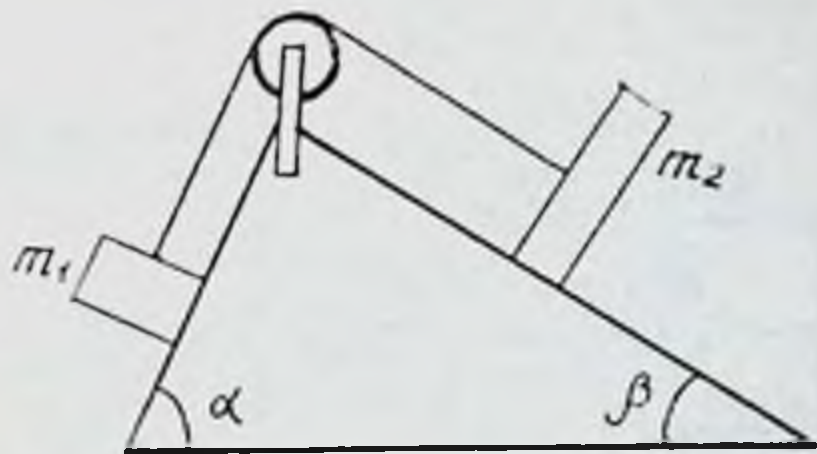
2.8. Агар тезлиги $v = 10$ м/с бўлган автомобилнинг тормозланиш йўли $s = 8,0$ м бўлса, автомобиль гилдираклари билан йўл орасидаги ишқаланиш коэффициенти қанчага тенг?

2.9. Массаси $m_1 = 20$ кг бўлган аравача устига $m_2 = 5,0$ кг массали юк қўйилган. Юкка юкли аравачага a тезланиш берадиган F куч қўйилган. Куч йўналиши горизонт билан 30° бурчак ташкил қилади. Юк аравачада сирпанмаслиги учун унга қўйилган кучнинг максимал қиймати қандай бўлиши керак? Юк билан аравача орасидаги ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,20$. Аравача билан йўл орасидаги ишқаланишни ҳисобга олманг. F куч таъсирида аравача қандай тезланиш билан ҳаракатланади?

2.10. Қўзғалмас блокдан ўтказилган ингичка чўзилмайдиган ипнинг



2.1- расм



2.2- расм

икки учига массалари $m_1 = 200$ г ва $m_2 = 300$ г бўлган юклар осилган. 1 с вақт ичида ҳар бир юк қанча йўл босиб ўтади? Блок ишқалишсиз айланади деб ҳисобланг. Блокнинг массасини ҳисобга олманг.

2.11. Массаси $m = 10$ кг бўлган юк қўзғалмас ва қўзғалувчи блокдан иборат система ёрдамида юқорига кўтарилади (2.1-расм). Қўзғалмас блокдан ўтказилган ипнинг учига $F = 60$ Н куч қўйилган бўлса, юкнинг тезланишини аниқланг. Ип ва блок массаларини ҳисобга олманг.

2.12. Узунлиги $L = 5,0$ м бўлган бир жинсли стержень унинг учларидан бирига қўйилган $F = 500$ Н куч таъсирида тик юқорига кўтарилмоқда. Стерженнинг пастки учидан $l = 1,0$ м масофада олинган кесимда стерженга қандай чўзувчи куч таъсир қилади?

2.13. m массали жисм қиялиги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текисликда ётибди. Агар қия текислик пастга томон $a = 3,8$ м/с² тезланиш билан ҳаракатлана бошласа, жисм 1,0 с ичида қия текислик бўйлаб қанча йўлни босиб ўтади? Ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,20$.

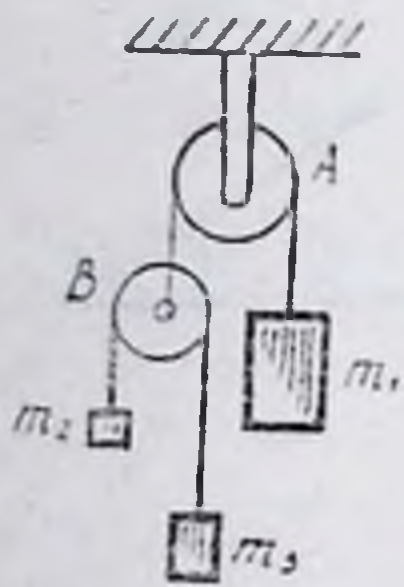
2.14. Массалари $m_1 = 4,0$ кг ва $m_2 = 1,0$ кг бўлган икки юк призмага маҳкамланган блокдан ўтказилган ип учларига боғланган (2.2-расм) ва призма ёқлари бўйлаб сирпаниши мумкин. Агар $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$, ишқаланиш коэффициенти эса $\mu = 0,20$ бўлса, юкларнинг тезланишини топинг. Мумкин бўлган ҳолларни қараб чиқинг.

2.15. Агар гилдиракларнинг йўл қопламасига ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,5$ бўлса, қиялик бурчаги $\alpha = 20^\circ$ бўлган қия йўлдан юқорига ҳаракатланаётган автомобиль қандай энг катта тезланишга эришиши мумкин? Кўтарилиш бошланишидаги тезлик $v_0 = 10$ м/с бўлса, автомобиль $t = 10$ с ичида қанча йўл босиб ўтади?

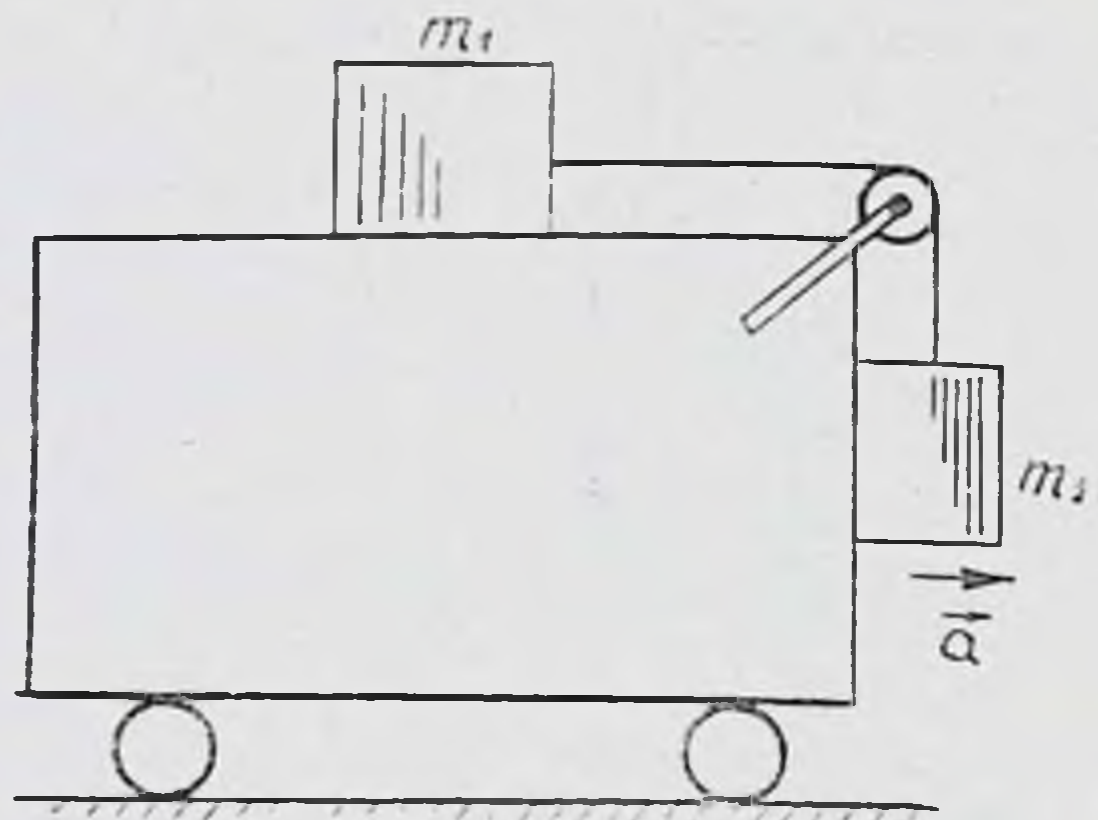
2.16. Горизонтал текисликда 5,0 кг массали жисм ётибди. Горизонтга нисбатан $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида йўналган $F = 50$ Н куч таъсирида жисм $t = 1,0$ с вақт ичида қанча йўлни босиб ўтади? Жисм билан текислик орасидаги ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,20$ деб олинг.

2.17. Горизонт билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилувчи $F = 5,0$ Н куч таъсирида $m = 2,0$ кг массали жисм горизонтал йўналишда қандай тезланиш билан ҳаракатланади? Ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,10$.

2.18. Узунлиги l бўлган бир жинсли оғир эгилувчан ип призманинг горизонт билан α бурчак ҳосил қилган қия текислигида ётибди, ипнинг бир учи призманинг вертикал ёғи бўйлаб осилиб турибди. Агар ишқаланиш коэффициенти μ бўлса, ипнинг осилиб турган қисмининг узунлиги энг камида қанча бўлганда ип призмадан сирганиб туша бошлайди?



2.3- расм



2.4- расм

2.19. Бир жинсли занжир бир учи осилиб турган ҳолда столнинг горизонтал сиртида ётибди. Агар занжирнинг осилиб турган қисмининг узунлиги бутун узунлигининг $1/6$ қисмига тенг бўлганда занжир столдан сирпаниб туша бошласа, ишқаланиш коэффициентини топинг.

2.20. Лифт кабинасининг шифтига осилган динамометрга 50 кг массали юк маҳкамлаб қўйилган. Лифт юқорига ҳаракатланмоқда. Агар лифт тезлашишидаги динамометр кўрсатиши тормозланишдаги кўрсатишидан 15 Н га катта бўлса, лифтнинг тезланишини топинг. Тезланиш модулини тезлашиш ва тормозланиш ҳоллари учун бир хил деб ҳисобланг.

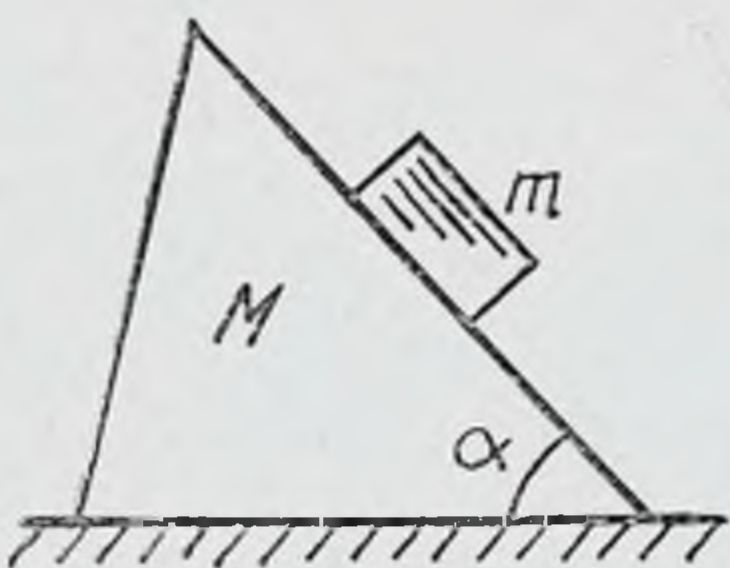
2.21. Лифт кабинасининг шифтига маҳкамланган динамометрга блок осилган. Блокдан ўтказилган чилвир учларига массалари $m_1 = 1,0$ кг ва $m_2 = 2,0$ кг бўлган юклар осилган. Лифт тинч турганда ёки юқорига $3,0$ м/с² тезланиш билан кўтарилганда юклар ҳаракатланишида динамометр нимани кўрсатади? Блок ва чилвир массаларини ҳисобга олманг.

2.22. Қўзғалмас A блокдан ўтказилган ипнинг бир учига $m_1 = 3,0$ кг массали юк, иккинчи учига эса бошқа B блок осилган. B блокдан ўтказилган ип учларига массалари $m_2 = 1,0$ кг ва $m_3 = 2,0$ кг бўлган юклар осилган (2.3-расм). Агар бутун системани ўз ҳолига қўйилса B блок қандай тезланиш билан ҳаракатланади? Блоклар ва иплар массаларини ҳисобга олманг. Мумкин бўлган ҳолларни текширинг.

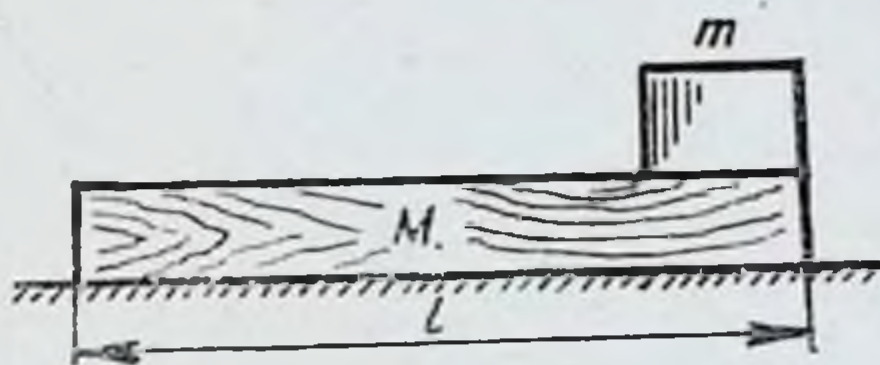
2.23. Аравачанинг горизонтал сиртида ётган $m_1 = 2,0$ кг массали юк аравачага маҳкамланган қўзғалмас блокдан ўтказилган ингичка чўзилмас ип ёрдамида иккинчи $m_2 = 1,0$ кг массали юк билан боғланган (2.4-расм). Юклар аравачага нисбатан тинч ҳолатда бўлиши учун уни ўнг томонга қандай энг катта тезланиш билан ҳаракатлантириш керак? Ҳар иккала юкнинг аравача сиртига ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,1$.

2.24. Сувли бак қиялиги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текисликда турибди. Бакдаги сув сирти қия текисликка параллел бўлиши учун қия текисликни горизонтал йўналишда қандай тезланиш билан ҳаракатлантириш керак?

2.25. Горизонтал йўналишда $a = 9,8$ м/с² тезланиш билан ҳаракатланаётган аравача устига шоқул ўрнатилган. Ипга осилган юк массаси



2.5- расм



2.6- расм

$m=0,10$ кг бўлган ҳол учун шоқул ипнинг таранглиги ва ипнинг вертикал билан ҳосил қилган бурчагини топинг.

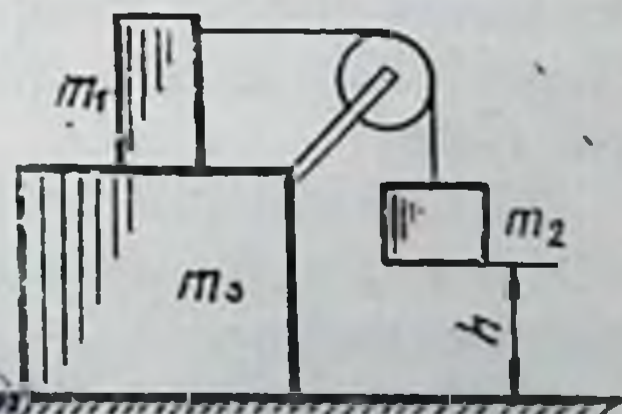
2.26. $m = 1,0$ кг массали жисм столнинг горизонтал силлиқ сирти устида ётган $M=2,0$ кг массали понанинг ён ёғидан сирпаниб тушмоқда. Понанинг ён ёқлари $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилади (2.5-расм). Агар жисм билан пона ва пона билан стол орасида ишқаланиш бўлмаса, пона стол бўйлаб қандай тезланиш билан ҳаракатланади?

2.27. Столнинг силлиқ сирти устида ётган M массали l узунликдаги тахтанинг учида m массали кичик тахтача жойлашган (2.6-расм). Тахта тахтача остидан сирпаниб чиқиб кетиши учун унга зарб билан қандай v тезлик бериш керак? Тахтанинг тахта сирти устида сирпанишдаги ишқаланиш коэффициентини μ . Тахтанинг стол сиртига ишқаланишини ҳисобга олманг.

2.28. Қўзғалмас блокдан ўтказилган ингичка чўзилмайдиган ипнинг учларига $m_1=1,0$ кг ва $m_2=2,0$ кг массали юклар осилган. Вақтнинг бошланғич momentiда ҳар икки юк бир хил баландликда бўлган. Ҳаракат бошлангандан сўнг $t = 1,0$ с ўтгач, юкларнинг массалар маркази қанча масофага силжиганини аниқланг. Ишқаланиш йўқ, блок ва ип массалари жуда кичик, деб олинг. Юклар массалар марказининг тезланишини топинг.

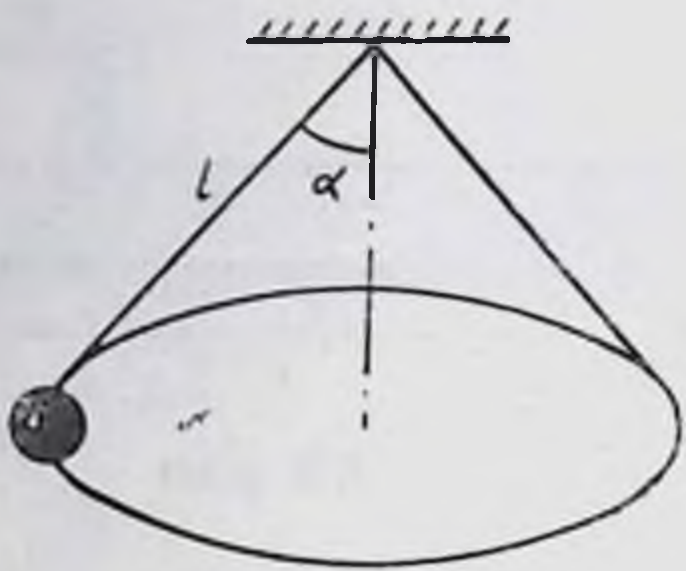
2.29. $m_1 = 70$ кг массали одам сувда ҳаракатсиз турган қайиқ тумшуғидан унинг қуйруғига ўтганда қайиқ қанча масофага силжийди? Қайиқнинг узунлиги $2,5$ м, массаси $m_2=100$ кг, деб олинг. Сувнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

2.30. $m_1 = 0,1$ кг, $m_2 = 0,2$ кг ва $m_3 = 0,3$ кг массали кубчалар столнинг силлиқ горизонтал сиртида жойлашган (2.7-расм). m_2 массали кубча стол сиртидан $h=30$ см баландликда тутиб турилибди. Уни қўйиб юборилса система ҳаракатга келади. m_2 массали кубча стол сиртига теккунга қадар m_3 массали кубча қанча масофага силжийди? Кубчалар орасидаги ишқаланиш коэффициентини μ га тенг. Блокда ишқаланиш йўқ, блок ва ипнинг массалари жуда кичик деб ҳисобланг.

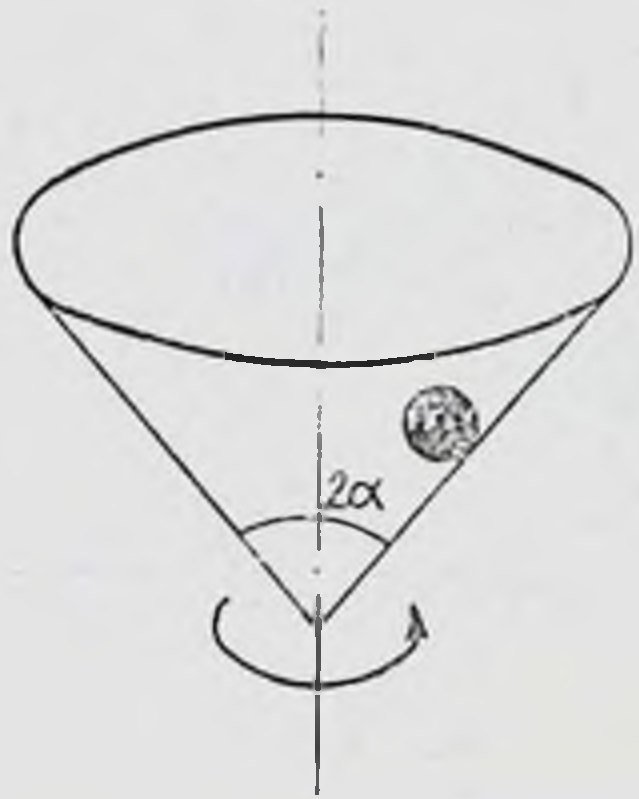


2.7- расм

2.31. $M=15 \cdot 10^3$ кг массали суюқ ёнилгили ракета вертикал йўналишда учирилмоқ-



2.8- расм



2.9- расм

да. Ёнилғи сарфи $Q = 150$ кг/с. Агар ёнган газларнинг соплодан чиқиш тезлиги $u = 3,0$ км/с бўлса, двигатель ишлаб турган $t = 1$ мин вақт ичида ракета қандай баландликка кўтарилади?

2.32. Учиш бошлангандан маълум вақт ўтгач оғирлик майдонида қўзғалмай туриши учун юқорига тик йўналган M бошланғич массали ракета ҳар секундига қандай массали газни чиқариб туриши керак? Газ оқимининг ракетага нисбатан тезлигини u деб олинг. Оғирлик кучи тезланишининг баландлик бўйича ўзгаришини ҳисобга олманг.

2.33. Қум билан тўлдирилган платформа тубидаги тешикдан қум $Q = 10$ кг/с тезлик билан тўкилмоқда. Агар бошланғич $t = 0$ пайтда платформа тезлиги $v_0 = 0$, массаси $M = 20 \cdot 10^3$ кг бўлиб, унга доимий $F = 1000$ Н тортиш кучи таъсир қила бошлаган бўлса, ҳаракат бошланганидан $t = 2$ мин кейин платформанинг тезлиги қандай бўлган? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

2.34. Горизонтал ҳолатдаги диск ўзининг маркази орқали ўтган вертикал ўқ атрофида айланмоқда. Диск устида айланиш ўқидан $R = 10$ см масофада юк жойлашган. Айланиш частотаси $n = 0,5$ ай/с бўлганда юк диск сирти бўйлаб сирпана бошлаган бўлса, диск билан юк орасида тинчликдаги ишқаланиш коэффициенти қандай бўлган?

2.35. Агар автомобиль шиналари билан асфальт орасида ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,60$ бўлса, асфальт шоссенинг радиуси $R = 100$ м бўлган бурилиш қисмида автомобиль эришиши мумкин бўлган тезликнинг максимал қийматини аниқланг.

2.36. Автомобиль тезлиги қандай бўлганда унинг ботиқ кўприкка берадиган босими қавариқ кўприкка берадиган босимидан 2 марта катта бўлади? Ҳар иккала ҳолда ҳам кўприкнинг эгрилик радиусини $R = 30$ м деб олинг.

2.37. Узунлиги $l = 49$ см, ипининг вертикал билан ҳосил қилган бурчаги эса $\alpha = 60^\circ$ бўлган конуссимон маятникнинг (2.8-расм) айланиш даврини топинг.

2.38. $m = 200$ г массали жисм $l = 80$ см узунликдаги ипга осилган. Жисм мувозанат ҳолатидан осилиш нуқтаси баландлигигача оғдириб қўйиб юборилганда ип узилиб кетган. Агар ип $F = 4,0$ Н куч таъсирида

узунладиган бўлса, ипнинг узилиш пайтида жисм қандай баландликда бўлган?

2.39. $l=1$ м узунликдаги ипга осилган сувли идиш вертикал текисликда сув тўкилиб кетмайдиган тарзда айлантирилмоқда. Айланиш даврининг максимал қийматини топинг.

2.40. Вертикал жойлашган, учидаги бурчаги $2\alpha = 90^\circ$ бўлган конус ичига жисм солиб қўйилган (2.9-расм). Агар жисм билан конус сирти орасидаги ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,20$, конуснинг ўз ўқи атрафида айланишидаги бурчак тезлиги $\omega = 7,0$ рад/с бўлса, жисм конус учидан энг камида қанча масофада бўлиши мумкин? Бу масофанинг максимал қиймати қандай?

3-§. ЭНЕРГИЯ, ИМПУЛЬС ВА ИМПУЛЬС МОМЕНТИНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

\vec{F} кучининг $d\vec{r}$ кўчишда бажарган элементар иши:

$$dA = \vec{F} d\vec{r}.$$

\vec{F} кучининг қуввати:

$$N = \vec{F} \vec{v},$$

бу ерда \vec{v} — тезлик.

Майдон кучларининг бажарган иши берилган майдондаги заррача потенциал энергиясининг камайишига тенг:

$$A = E_{p1} - E_{p2}.$$

Заррача кинетик энергиясининг орттирмаси:

$$E_{k2} - E_{k1} = A,$$

бу ерда A — заррачага таъсир қилаётган барча кучлар тенг таъсир этувчисининг бажарган иши. Потенциал майдондаги заррача тўла механик энергиясининг орттирмаси:

$$E_2 - E_1 = A_T.$$

бу ерда A_T — барча ташқи кучлар бажарган ишларнинг алгебраик йиғиндиси.

Система импульсининг ўзгариши қонуни:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F},$$

бу ерда \vec{F} — барча ташқи кучларининг тенг таъсир этувчиси.

Ёпиқ системада тўлиқ импульс ўзгармайди (импульсининг сақланиши қонуни):

$$\vec{p} = \sum \vec{p}_i = \sum m_i \vec{v}_i = \text{const}.$$

Кучнинг бирор O нуқтага нисбатан моменти \vec{M} :

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}],$$

бу ерда \vec{r} — O нуқтадан F кучнинг қўйилиш нуқтасига ўтказилган радиус-вектор.

Заррача импульсининг бирор O нуқтага нисбатан моменти \vec{L} :

$$\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = m [\vec{r}, \vec{v}],$$

бу ерда \vec{r} — O нуқтадан заррача жойлашган нуқтага ўтказилган радиус-вектор, $\vec{p} = m\vec{v}$ — заррача импульси.

Система импульс моменти \vec{L} нинг ўзгариши қонуни:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M},$$

бу ерда \vec{M} — барча ташқи кучларнинг жамланган моменти.

Импульс моментининг сақланиши қонуни:

$$\vec{L} = \sum \vec{L}_i = \text{const},$$

яъни, ёпиқ заррачалар системасининг импульс моменти ўзгармасдир.

3.1. Агар кўтарилиш вақти $t = 2,0$ с, ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,10$ бўлса, $m = 10$ кг массали юкни қиялик бурчаги $\alpha = 45^\circ$ бўлган қия текислик бўйлаб $s = 2$ м масофага кўтаришда бажарилган ишни топинг.

3.2. $m = 70$ кг массали спортчи парашютни очмасдан сакраганда $t = 15$ с да $v = 60$ м/с тезликка эришади. Парашютчининг ҳаракатини текис тезланувчан деб ҳисоблаб, ҳавонинг қаршилигини енгилда бажариладиган ишни топинг.

3.3. Қиялик бурчаги $\alpha = 20^\circ$, ишқаланиш коэффициентини эса $\mu = 0,20$ бўлса, $m = 5 \cdot 10^3$ кг массали прицепни қиялик бўйлаб юқорига $v = 1,0$ м/с тезлик билан тортиб чиқиши учун тракторнинг қуввати қандай бўлиши керак?

3.4. $m = 1,0$ кг массали жисм Ернинг сиртидан горизонтга нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида $v = 8,0$ м/с бошланғич тезлик билан отилди. Жисм отилгандан $t = 5,0$ с ўтган пайтдаги оғирлик кучининг қувватини топинг. Бу куч $t = 5,0$ с вақт ичида қандай иш бажаради? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.5. Агар электропоезднинг массаси $1,2 \cdot 10^6$ кг, ишқаланиш коэффициентини эса $0,05$ бўлса, қиялик бурчаги 10° бўлган қиялик бўйлаб юқорига $1,5$ м/с² с тезланиш билан 100 м масофага кўтарилганда электропоезднинг двигателлари қанча иш бажаради?

3.6. Агар $1,0 \cdot 10^4$ кг массали юкни 200 м чуқурликдан 60 с вақт ичида олиб чиқадиган шахта лифтининг ФИК 80% бўлса унинг двигателнинг қувватини топинг.

3.7. $1,0 \cdot 10^6$ кг массали поезд қиялик бурчаги $\alpha = 10^\circ$ бўлган қиялик бўйлаб юқорига 15 м/с тезлик билан чиқиб, $2,0$ км йўлни босиб

ўтган. Поезднинг ҳаракати давомида тепловознинг бажарган иши ва ўртача қувватини топинг. Ишқаланиш коэффициентини 0,05.

3.8. Электрпоезд ҳаракат бошлангандан кейин $t = 10$ с вақт мобайнида $v = 10$ м/с тезликка эришган бўлса, унинг моторлари қандай қувватга эга бўлган? Поезд массалари $m = 4,0 \cdot 10^3$ кг бўлган $n = 6$ та вагондан иборат, ишқаланиш коэффициентини эса 0,20 га тенг деб олинг.

3.9. Массаси 5 кг, қиррасининг узунлиги эса 0,1 м бўлган кубни бир ёғидан иккинчи ёғига ағдариш учун қандай иш бажариш лозим?

3.10. Учига 30,0 кг массали крестовина (крест шаклидаги ёғоч) ўрнатилган 200 кг массали телеграф симёғочини горизонтал ҳолатдан вертикал ҳолатга ўтказиш учун қанча иш бажариш лозим? Симёғочнинг узунлигини 10,0 м деб олинг.

3.11. Тошни бир марта v_1 тезлик билан музнинг горизонтал сирти бўйлаб, иккинчи марта эса v_2 тезлик билан ҳавога, горизонтга 45° бурчак остида отилган. Агар иккала ҳолда ҳам тошнинг кўчиши бир хил бўлган бўлса, бошланғич тезлик қайси ҳолда ва неча марта катта бўлган? Тошнинг муздаги ишқаланиш коэффициентини 0,02 га тенг деб олинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.12. Массаси 2,0 кг бўлган жисм 50 Н куч таъсирида қиялик бурчаги 30° бўлган қия текислик бўйлаб 1,0 м баландликка кўтарилган. Агар жисмнинг қия текисликка ишқаланиш коэффициентини 0,20 га тенг бўлса, бажарилган иш қанча бўлади? Бу иш нимага сарфланади?

3.13. Узунлиги 0,50 м бўлган ингичка илга стволи горизонтал ҳолда жойлашадиган қилиб пружинали пистолет сшиб қўйилган. Массаси $m = 20$ г бўлган ўқ стволдан $v = 10$ м/с тезлик билан чиқса, ўқ отилгандан сўнг ил қандай бурчакка олади? Пистолетнинг массаси $M = 200$ г.

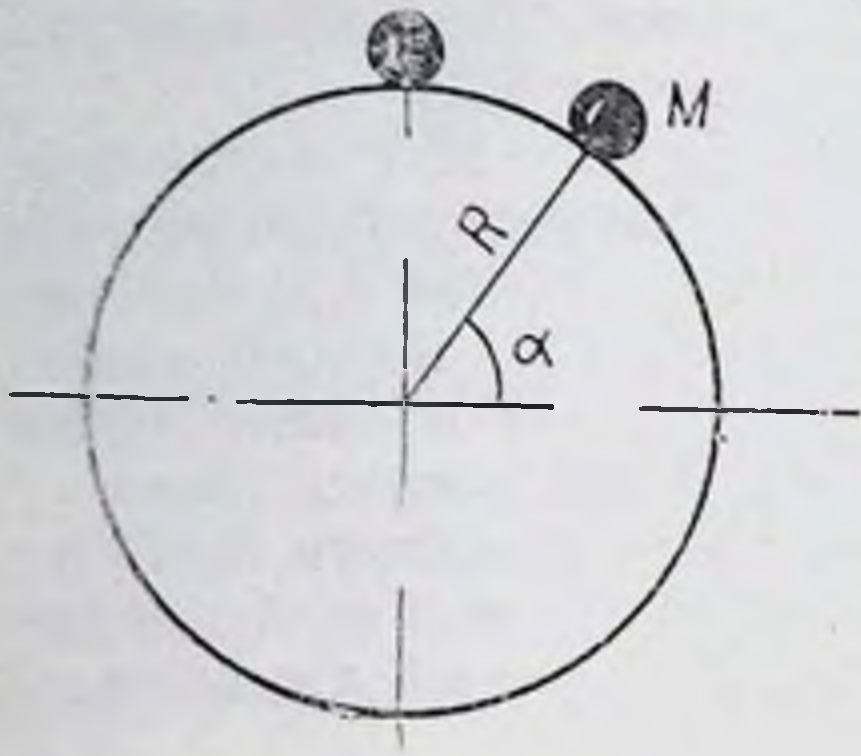
3.14. Ниагара шаршарасининг баландлиги $h = 50$ м, йиллик ўртача сув сарфи эса $Q = 5900$ м³/с бўлса, шаршара қандай қувватга эга?

3.15. Массаси 2,0 кг бўлган жисм қиялик бурчаги 30° бўлган қия текислик бўйлаб 1,0 м баландликка кўтарилган бўлса, унинг кинетик энергияси қанча бўлган? Жисм билан қия текислик орасидаги ишқаланиш коэффициентини 0,10 га тенг.

3.16. Массаси m бўлган ўқ M массали баллистик маятникка урилиб, унга санчилиб қолди. Ўқ кинетик энергиясининг қанча қисми иссиқликка айланади?

3.17. Массалари $m_1 = 0,20$ кг ва $m_2 = 0,80$ кг бўлган икки шар узунликлари 2,0 м дан бўлган иккита параллел илга сиртлари бир-бирига тегиб турадиган қилиб сшиб қўйилган. Кичик шарни дастлабки вазиятдан 90° га четлатилиб қўйиб иссирилди. 1) Урилишни абсолют эластик деб ҳисоблаб, шарларнинг урилишдан кейинги тезликларини топинг; 2) урилиш абсолют ноэластик бўлганда шарларнинг урилишдан кейинги тезликлари қандай бўлади? Энергиянинг қанча қисми шарларни иситишга сарф бўлади?

3.18. Массалари $m_1 = m_2 = 4,0$ кг дан бўлган шарлар бир-бирига томси $v_1 = 3,0$ м/с ва $v_2 = 8,0$ м/с тезлик билан келиб урилганда уларни диссипациялаш учун қанча энергия сарфланган? Урилиш тўғри ва ноэластик деб ҳисобланг.



3.1- расм

3.19. Иккита шар сиртлари бир-бирига тегиб турадиган қилиб ингичка параллел ипларга осиб қўйилган. Кичик шар дастлабки ҳолатдан 90° га четлатиб, қўйиб юборилди. Урилишдан кейин шарлар бир хил баландликка кўтарилган. Агар катта шарнинг массаси $0,6$ кг, урилиш эса абсолют эластик бўлса, кичик шарнинг массасини топинг.

3.20. Массаси m бўлган шарча горизонтал йўналишда ҳаракатланиб, M массали призма сиртига урилади ва сапчиб, вертикал йўналишда h баландликка кўтарилади. Урилишни абсолют эластик деб ҳисоблаб, урилиш

натijasида призманинг олган тезлигини топинг. Призманинг сиртга ишқаланишини ҳисобга олманг.

3.21. Массаси $0,80$ кг бўлган болғача миxнинг қалпоқчасига урилиш пайтида $1,5$ м/с тезликка эга бўлиб, миxни ходага $5,0$ мм чуқурликка киритган. Миx хода ичига шунча чуқурликка кириши учун унинг қалпоқчаси устига қанча массали юк қўйиш керак?

3.22. Массаси $1,0$ кг бўлган жисм эркин тушишининг биринчи секунди охиридаги оғирлик кучининг оний қувватини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.23. Радиуси $1,0$ м бўлган катта шар сиртида кичик шарча жойлашган (3.1-расм). Қиялиги $\alpha = 60^\circ$ бўлган M нуқтада катта шар сиртидан ажралиб кетиши учун кичик шарча қанча бошланғич тезликка эга бўлиши керак? 1) Ишқаланишни ҳисобга олманг. 2) Шарлар орасидаги ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,30$ деб олинг.

3.24. Радиуси $r = 15$ мм, массаси $m = 5,0$ г бўлган стол теннис шарчаси $h = 30$ см чуқурликка сувга ботирилган. Қўйиб юборилгач шарча сув сиртидан $h_1 = 10$ см баландликка кўтарилган. Шарчанинг сувга ишқаланишида қанча иссиқлик ажралган?

3.25. Массаси $m = 5,0$ кг бўлган юк кўчиш йўналиши билан $\beta = 30^\circ$ бурчак ҳосил қиладиган $F = 40$ Н куч таъсирида қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текислик бўйлаб кўтарилмоқда. Агар бошланғич тезлик нолга тенг бўлиб, ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,10$ бўлса, тезлиги $v = 1,0$ м/с бўлгунга қадар юк қия текислик бўйлаб қанча масофага силжийди?

3.26. Қоптокни юқорига тик отилди. Кўтарилиш вақти каттами ёки тушиш вақтими?

3.27. Пуфлаб шиширилган катта шарни минорадан ташлаётиб, биринчи бор унга юқорига тик йўналган бошланғич тезлик, иккинчи марта эса пастга тик йўналган ўшандай тезлик берилган. Қайси ҳолда шарнинг ерга урилиш пайтида вертикал йўналишдаги тезлиги катта бўлади?

3.28. Массаси m бўлган юк h баландликка кўтарилмоқда. Бунда кўтарувчи механизмнинг бажараётган иши кўтарилиш тезлигига борлиқ бўладими? Нима учун?

3.29. Массаси m ва узунлиги l бўлган тахтача столнинг горизонтал сиртида турибди. Агар тахтачанинг столга ишқаланиш коэффициентини μ бўлса, уни горизонтал текисликда массалар маркази атрофида кичик α бурчакка буриш учун қанча иш бажариш керак?

3.30. $8,0$ м/с тезлик билан учиб кетаётган граната портлаганда иккита парча ҳосил бўлган. Граната массасининг $0,3$ қисмига тенг масса-ли парча дастлабки йўналишда 30 м/с тезлик билан ҳаракат қилишда давом этган. Иккинчи парчанинг тезлигини топинг.

3.31. Массаси 150 г бўлган 6 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган тўп деворга урилганда унинг урилишгача ва урилгандан кейинги тезликлари векторлари ўзаро 60° ли бурчак ҳосил қилган. Ўртача урилиш кучини 20 Н, урилишни эса абсолют эластик деб ҳисоблаб, урилиш вақтини топинг.

3.32. Кесими $S = 5,0$ см² бўлган брандспойт (шлангага ўрнатилган учлик) дан сув $v = 10$ м/с тезлик билан отилиб чиқиб, рельода турган вагончанинг вертикал деворига урилади ҳамда девор бўйлаб эркин оқиб тушади. Агар вагончанинг массаси $m = 200$ кг, сув оқимининг йўналиши эса рельсларга параллел бўлса, вагонча қандай тезланиш билан ҳаракатланади? Вагончанинг ҳаракатига кўрсатилаётган қаршилик вагонча оғирлигининг $r = 0,01$ қисмига тенг, деб олинг.

3.33. Муз устида сирпаниб бораётган хоккей шайбаси бортга урилгунгача $S = 5,0$ м йўлни босиб ўтган, абсолют эластик урилишдан сўнг маълум масофани босиб ўтиб, $t = 2,0$ с дан кейин тўхтаган бўлса, унинг бошланғич тезлиги қандай бўлган? Шайбанинг музга ишқаланиш коэффициенти $0,10$ га тенг, деб олинг.

3.34. Тўғри чиқиқ бўйлаб $2,0$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган вагончага унинг ҳаракатига перпендикуляр йўналишда $m_2 = 60$ кг массали одам сакраб чиқиб олган. Вагончанинг массаси $m_1 = 240$ кг. Вагончанинг одам чиқиб олгандан кейинги тезлигини топинг.

3.35. Массаси $1,1 \cdot 10^3$ кг бўлган замбаракдан 54 кг массали снаряд горизонтал йўналишда отилган. Снаряднинг Ерга нисбатан тезлиги $v = 900$ м/с. Замбаракнинг снаряд отилиш пайтидаги эркин орқага силтаниш тезлигини топинг.

3.36. Платформага қўзғалмас қилиб ўрнатилган замбаракдан темир йўл йўналишида горизонтга 45° бурчак остида ўқ отилмоқда. Агар ўқ отилгандан сўнг платформа $3,0$ м масофага орқага кетган бўлса, ўқнинг бошланғич тезлиги қандай бўлган? Замбарак билан бирга платформанинг массаси $M = 2,0 \cdot 10^4$ кг, ўқнинг массаси $m = 10$ кг, платформа филдираклари билан рельс орасидаги думалаш ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,002$ деб олинг.

3.37. Граната горизонтга 45° бурчак остида $v_0 = 20$ м/с тезлик билан улоқтирилган. Улоқтириш пайтидан $2,0$ с вақт ўтгач граната портлаб, массалари $1:2$ нисбатда бўлган иккита бўлакка бўлиниб кетган. Портлаш натижасида кичик бўлак улоқтириш йўналиши билан мос бўлган горизонтал йўналишда қўшимча $v_1 = 50$ м/с тезлик олган. Кичик бўлак $S_1 = 83$ м масофада ерга тушган бўлса, катта бўлакнинг учини масофасини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.38. Массалари $M = 250$ кг дан бўлган учта қайиқ $v = 5,0$ м/с тезлик билан бир-бирининг кетидан сузиб бормоқда. Иккинчи қайиқдан

бир вақтнинг ўзида биринчи ва учинчи қайиқлар томон $m = 20$ кг массали юклар улоқтирилди. Юкларнинг ўртадаги қайиққа нисбатан тезлиги $u = 2,0$ м/с бўлган. Қайиқларнинг юклар улоқтирилгандан кейинги тезликларини топинг.

3.39. Массалари $M = 100$ кг дан бўлган иккита қайиқ параллел курс бўйлаб бир-бирига томон бир хил $5,0$ м/с тезлик билан сузиб келмоқда. Улар учрашган пайтда биринчи қайиқдан иккинчисига, сўнгра иккинчи қайиқдан биринчисига массалари $m = 25$ кг дан бўлган юклар улоқтирилди. Кейинги сафар юклар бир вақтнинг ўзида улоқтирилди. Ҳар иккала ҳол учун қайиқларнинг тезликларини топинг.

3.40. Массаси 20 кг бўлган босқон $h = 1,2$ м баландликка кўтарилиб, сандон устига ташлаб юборилди. Урилиш абсолют ноэластик, урилиш вақти эса $0,005$ с бўлса, босқоннинг сандонга ўртача урилиш кучини топинг.

3.41. Вазияти $\vec{r} = 3\vec{i} + 2\vec{j} + 4\vec{k}$ радиус-вектор билан аниқланадиган моддий нуқтага $\vec{F} = 5\vec{i} + 4\vec{j} + 3\vec{k}$ куч таъсир қилмоқда. Кучнинг координаталар бошига нисбатан momenti \vec{M} , бу векторнинг модули ва кучнинг Z ўқига нисбатан momenti M_z ни топинг.

3.42. Массаси $m = 100$ г бўлган жисм $v_0 = 20$ м/с тезлик билан горизонтга $\alpha = 45^\circ$ бурчак остида отилган. Жисм траекториянинг энг юқори нуқтасида турганда отилиш нуқтасига нисбатан импульс моментининг модулини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.43. Марказий куч майдонида ҳаракат қилаётган жисмнинг майдон қутби ҳисобланган нуқтага нисбатан импульс momenti ўзгармас катталик эканлигини исбот қилинг.

3.44. Сайёралар марказий кучлар таъсирида ясси траекториялар бўйлаб ҳаракат қилишини исбот қилинг. Қаршилиқ кучларини ҳисобга олманг.

3.45. Силлиқ горизонтал текислик устида узунлиги $l = 0,50$ м ва массаси $m = 1,0$ кг бўлган бир жинсли стержень турибди. Текислик бўйлаб $m_1 = 0,30$ кг массали шарча стерженга перпендикуляр йўналишда $v = 10$ м/с тезлик билан сирпаниб келмоқда. Шарча стерженга урилиб тўхтаб қолади. Урилиш нуқтаси стерженнинг ўртасидан $l_1 = 20$ см масофада жойлашган. Шарчанинг диаметри стержень диаметрига тенг. Стерженнинг урилишдан кейинги илгариланма ҳаракатининг тезлиги ва массалар марказига нисбатан бурчак тезлигини топинг.

3.46. Идеал силлиқ горизонтал текисликда турган одам қўлини боши устида айлантирганда вертикал ўқ атрофида бурилиши мумкин эканлигини исботланг.

3.47. Кеплернинг иккинчи қонуни (Қуёшдан сайёрага ўтказилган радиус-вектор тенг вақтлар ичида тенг юзалар чизиб чиқади) импульс momenti сақланиш қонунининг натижаси эканлигини исбот қилинг.

3.48. Массаси m бўлган жисм v тезлик билан горизонтга α бурчак остида отилди. Жисмнинг отилиш нуқтасига нисбатан импульс моментининг модулининг вақтга боғланишини топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

3.49. Координаталари $(0,3,0)$ (м) бўлган нуқтадан $m = 0,5$ кг массали жисм юқорига қараб $v = 5$ м/с тезлик билан отилган. Жисм

юқорига чиқиб, яна қайтиб тушганда унинг координаталар бошига нисбатан импульс моменти қанчага ортган? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг. Уқ юқорига йўналган.

4-§. ҚАТТИҚ ЖИСМ МЕХАНИКАСИ

Қўзғалмас Z ўқи атрафида айланаётган қаттиқ жисм динамикасининг тенгламаси:

$$I \varepsilon_z = M_z,$$

бу ерда M_z — ташқи ўқуларнинг Z ўқиға нисбатан моментларининг алгебраик йиғиндиси.

Баъзи жисмларнинг инерция моменти:

1) айланиш ўқидан R масофадаги m массали нуқта учун:

$$I = mR^2;$$

2) узунлиги l бўлган бир жинсли стерженнинг унга перпендикуляр бўлиб, масса марказидан ўтган ўққа нисбатан инерция моменти:

$$I = \frac{1}{12} ml^2,$$

бу ерда m — стержень массаси. Агар айланиш ўқи стерженга перпендикуляр бўлиб, унинг учи орқали ўтган бўлса:

$$I = \frac{1}{3} ml^2;$$

3) радиуси R ва массаси m бўлган бир жинсли диск ёки цилиндрнинг ўқиға нисбатан инерция моменти:

$$I = \frac{1}{2} mR^2;$$

4) юпқа деворли труба ёки ҳалқанинг геометрик ўқиға нисбатан инерция моменти:

$$I = mR^2;$$

5) массаси m бўлган қоқак цилиндрнинг симметрия ўқиға нисбатан инерция моменти:

$$I = \frac{1}{2} m(R_2^2 - R_1^2),$$

бу ерда R_1 ва R_2 — ички ва ташқи радиуслар;

6) массаси m ва радиуси R бўлган бир жинсли шарнинг масса марказидан ўтган ўққа нисбатан инерция моменти:

$$I = \frac{2}{5} mR^2;$$

7) радиуси R ва массаси m бўлган юпқа дискнинг диаметри билан устма-уст тушган ўққа нисбатан инерция моменти:

$$I = \frac{1}{4} mR^2.$$

Жисмнинг ихтиёрий ўққа нисбатан инерция моменти Штейнер теоремасига кўра аниқланади:

$$I = I_0 + ma^2,$$

бу ерда I_0 — жисмнинг берилган ўққа параллел бўлиб, массалар маркази орқали ўтган ўққа нисбатан инерция моменти, a — ўқлар орасидаги масофа.

Қаттиқ жисмни қўзғалмас ўқ атрафида буришда ташқи кучларнинг бажарган иши:

$$A = \int_0^\varphi M_z d\varphi.$$

Қўзғалмас ўқ атрафида айланаётган қаттиқ жисмнинг кинетик энергияси:

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}.$$

Ясси ҳаракат қилаётган қаттиқ жисмнинг кинетик энергияси:

$$E_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

бу ерда m — жисм массаси, v_c — масса марказининг тезлиги, I — жисмнинг масса маркази орқали ўтган ўққа нисбатан инерция моменти, ω — ўша ўқ атрафида айланишнинг бурчак тезлиги.

Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас Z ўққа нисбатан импульс моменти:

$$L_z = I_z \omega_z,$$

бу ерда I_z — жисмнинг Z ўққа нисбатан инерция моменти, ω_z — бурчак тезлик.

Қаттиқ жисм мувозанатининг шартлари:

1. Қаттиқ жисмга қўйилган барча ташқи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлиши керак, яъни

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0.$$

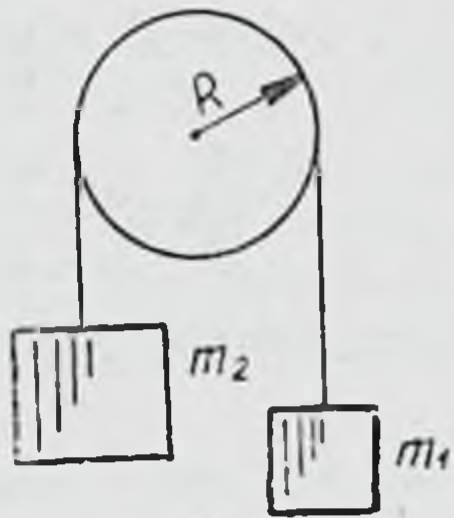
2. Ташқи кучларнинг ихтиёрий нуқтага нисбатан жамланган моменти нолга тенг бўлиши керак, яъни

$$\vec{M} = \sum \vec{M}_i = 0.$$

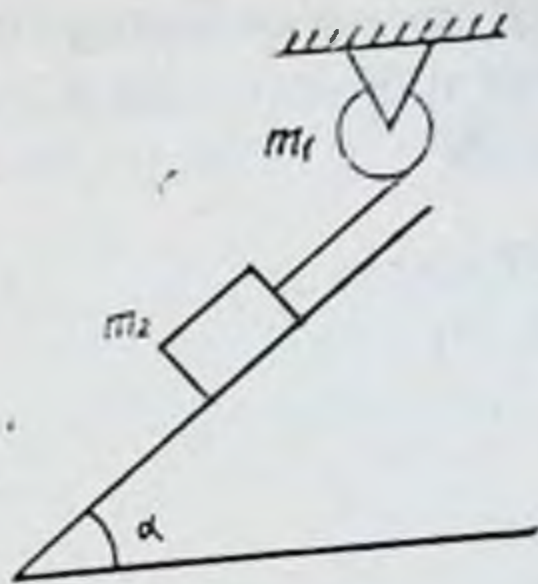
Қаттиқ жисм айланма ҳаракати динамикаси

4.1. Шарнинг унинг сиртига ўтказилган уринма билан мос тушувчи ўққа нисбатан инерция моментини аниқланг. Шарнинг массаси 5 кг, радиуси эса 0,1 м.

4.2. Узунлиги 0,5 м, массаси эса 0,2 кг бўлган ингичка тўғри стерженнинг унга перпендикуляр бўлиб, учларининг биридан 0,15 м масофада бўлган нуқтасидан ўтган ўққа нисбатан инерция моментини топинг.



4.1- расм



4.2- расм

4.3. Ерни радиуси $6,4 \text{ Мм}$ ва массаси $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ бўлган шар деб ҳисоблаб, унинг айланиш ўқиға нисбатан инерция моментини аниқланг.

4.4. Учига $m = 0,50 \text{ кг}$ массали юк осилган ип радиуси $R = 10 \text{ см}$ бўлган барабанға ўраб қўйилган. Юк $a = 1,0 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан тушаётган бўлса, барабаннинг инерция моментини топинг.

4.5. Массаси $m = 10 \text{ кг}$, радиуси эса $R = 10 \text{ см}$ бўлган дискдан иборат маховик марказидан ўтган ўқ атрофида 6 с^{-1} доиравий частота билан эркин айланмоқда. Тормозланганда маховик $t = 5 \text{ с}$ дан кейин тўхтаган бўлса, тормозловчи моментни аниқланг.

4.6. Массаси $m = 100 \text{ г}$ бўлган блокдан ўтказилган ингичка эгилувчан чўзилмайдиган ип учларига массалари $m_1 = 200 \text{ г}$ ва $m_2 = 300 \text{ г}$ бўлган иккита юк осилган (4.1-расм). Юклар қўзғалмас ҳолатда тутиб турилибди. Юклар ўз ҳолиға қўйилса улар қандай тезланиш билан ҳаракат қилади? Блокнинг радиуси 10 см бўлса, у қандай бурчак тезланишға эға бўлади? Ишқаланишни ҳисобға олманг.

4.7. Қудуқдан массаси $m = 10 \text{ кг}$ бўлган сувли челак чиғир ёрдамида тортиб олиноқда. Челак сув юзидан $h = 5,0 \text{ м}$ баландликда бўлган пайтда чиғир дастаси чиқиб кетиб, челак пастға томон туша бошлади. Челак сув сиртиға урилган пайтда чиғир дастаси қандай чиқиқли тезликка эға бўлган? Дастанинг радиусини $R = 30 \text{ см}$, чиғир ўқининг радиусини $r = 10 \text{ см}$, массасини эса $m_1 = 20 \text{ кг}$ деб олинг. Ишқаланишни ва челак осилган арқон массасини ҳисобға олманг.

4.8. Массаси $m_1 = 1,0 \text{ кг}$ бўлган маховик радиуси $r = 5,0 \text{ см}$, массаси эса $m_2 = 200 \text{ г}$ бўлган шкивға ўрнатилган бўлиб, шкив унга ўралган ипнинг учига осилган $m_3 = 500 \text{ г}$ массали юк ёрдамида ҳаракатға келтирилади. Қанча вақтдан кейин маховик $n = 5,0 \text{ айл/с}$ тезликка эришади? Маховикнинг барча массаси унинг айланиш ўқидан $R = 40 \text{ см}$ масофада жойлашган гардиши бўйлаб тақсимланган деб ҳисобланг.

4.9. Массаси $m_1 = 200 \text{ г}$ бўлган цилиндрсимон яхлит қўзғалмас блокка ўралган ингичка чўзилмас ипнинг учига қиялик бурчаги $\alpha = 45^\circ$ бўлган қия текисликда ётган $m_2 = 500 \text{ г}$ массали жисм боғлаб қўйилган (4.2-расм). Жисмни тортиб турган ип қия текисликка параллел. Агар қия текисликда сирпаниш ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,10$ бўлса, $t = 1,0 \text{ с}$ да жисм қия текислик бўйлаб қанча йўлни ўтади? Блокдаги ишқаланишни ҳисобға олманг.

4.10. Қия текисликка параллел йўналишда $7,0 \text{ м/с}$ бошланғич тезликка эга бўлган диск сирпанишсиз юқори томонга қиялиги 30° бўлган қия текислик бўйлаб қанча йўлни босиб ўтади?

4.11. Қиялик бурчаги 30° бўлган қия текислик бўйлаб шар думалаб тушмоқда. Агар бошланғич тезлиги нолга тенг бўлса, шарнинг маркази $1,5 \text{ с}$ дан кейин қия текисликка нисбатан қандай тезликка эга бўлади?

4.12. Радиуси $R = 1,0 \text{ м}$, массаси $m = 1000 \text{ кг}$ бўлган диск шаклидаги гироскопнинг бурчак тезлиги $t = 1$ мин вақт ичида $\omega = 31 \text{ рад/с}$ га етган бўлса, гироскопни ҳаракатга келтирадиган моторнинг қуввати қанча бўлиши керак? Ишқаланиш ва ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

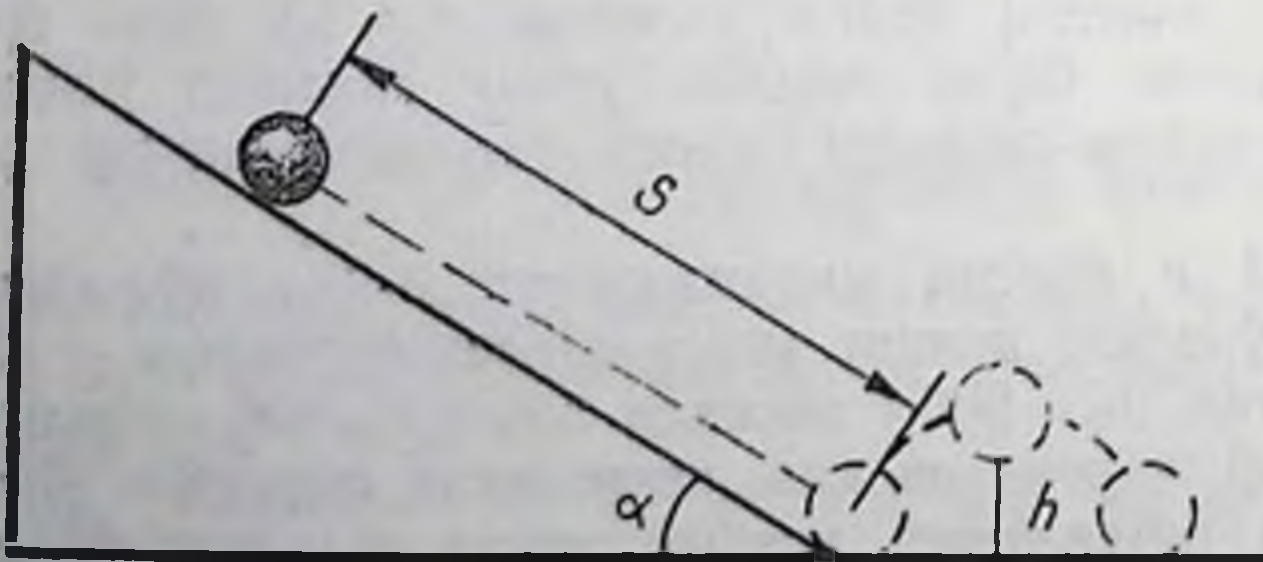
4.13. Массаси 2 кг бўлган, горизонтал сирт бўйлаб 2 м/с нисбий тезлик билан сирпанишсиз думалаб кетаётган дискнинг кинетик энергиясини ҳисоблаб топинг.

4.14. Массаси 100 кг ва радиуси $0,4 \text{ м}$ бўлган диск шаклидаги тинч турган маховикни $n = 10 \text{ айл/с}$ частота билан айлантириш учун қанча иш бажариш керак?

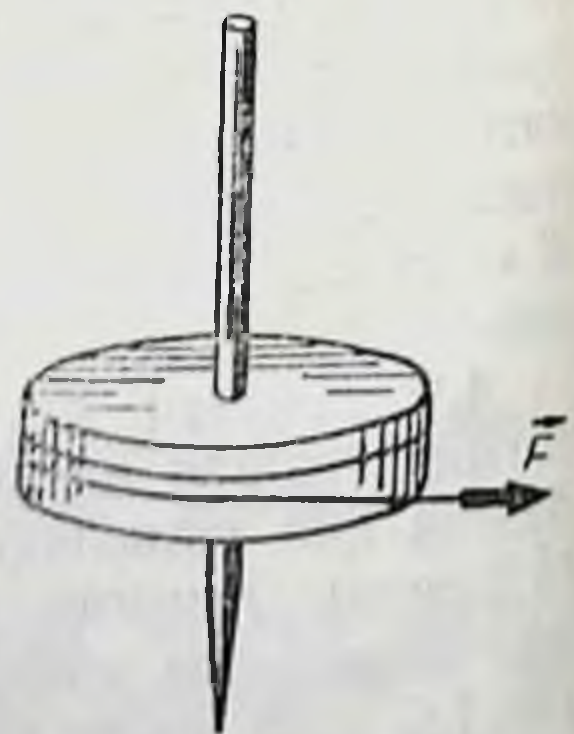
4.15. $n = 20 \text{ айл/с}$ тезлик билан айланаётган $m = 50 \text{ кг}$ массали ва радиуси $R = 0,30 \text{ м}$ бўлган маховикни $t = 20 \text{ с}$ вақт ичида тўхтатиш учун унга қандай тормозловчи момент қўйиш лозим? Маховикнинг массаси унинг гардиши бўйлаб тақсимланган, деб ҳисобланг. Тормозловчи момент қанча иш бажаради?

4.16. Массаси $m_1 = 280 \text{ кг}$ ва радиуси $R = 1,0 \text{ м}$ бўлган диск шаклидаги платформа четида массаси $m_2 = 60 \text{ кг}$ бўлган одам турибди. Платформа $t = 30 \text{ с}$ вақт ичида $n = 1,2 \text{ айл/с}$ частотага мос тезликка эришган бўлса, платформани ҳаракатга келтирувчи двигателнинг фойдали қувватини топинг.

4.17. $n = 10 \text{ айл/мин}$ тезлик билан айланаётган $m_1 = 5 \text{ кг}$ массали ва $R = 5 \text{ см}$ радиусли диск худди шундай радиусли массаси $m_2 = 10 \text{ кг}$ бўлган ҳаракатланмаётган дискка теккизиб қўйилган. Дисклар теккизилганда сирпаниш бўлмаган бўлса, дискларни қиздириш учун сарф бўлган энергияни ҳисоблаб топинг.



4.3- расм



4.4- расм

4.18. Ишқаланиш борлигида чамбарак қия текисликдан думалаб тушади, ишқаланиш йўқолганда эса сирпаниб тушади. Қия текисликнинг охирига етиб борганда чамбаракнинг олган тезлиги қайси ҳолда ва неча марта катта бўлади?

4.19. Қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текислик бўйлаб сирпанишсиз думалаб тушаётган шарча горизонтал текисликка урилади ва $h = 12,5$ см баландликка сакраб кетади (4.3-расм). Ишқаланишни ҳисобга олмасдан, урилишни абсолют эластик деб ҳисоблаб, шарчанинг қия текислик бўйлаб ўтган s йўлини топинг.

4.20. R радиусли диск вертикал ўқ атрофида l узунликдаги, доимий F куч билан тортиб турилган ип ёрдамида айлантириб юборилди (4.4-расм). Шундан сўнг диск ўқдан чиқиб, горизонтал текисликка тушади. Агар дискнинг массаси M , унинг текисликка ишқаланиш коэффициентини μ бўлса, диск тўла тўхтагунча текислик устида неча марта айланади?

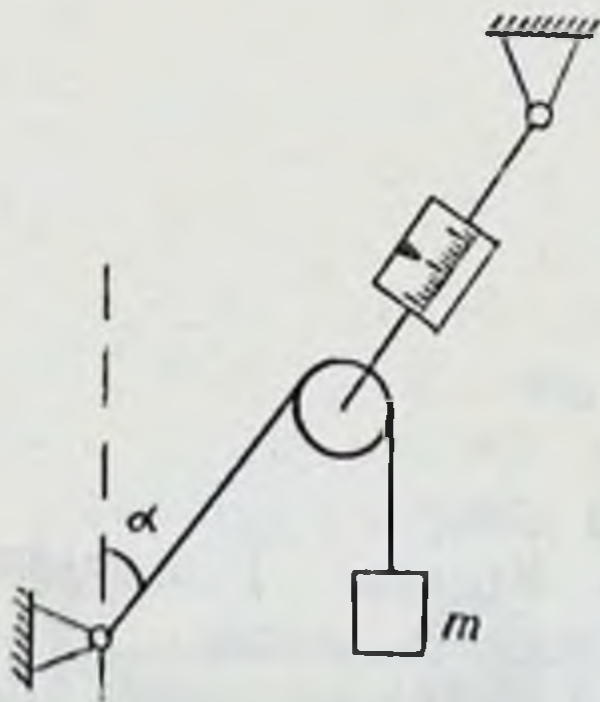
4.21. Алюминий ва мисдан тайёрланган бир хил ўлчамли иккита шар бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда марказлари орқали ўтган умумий қўзғалмас ўқ атрофида $\omega_1 = 5,0$ рад/с ва $\omega_2 = 10$ рад/с бурчак тезликлари билан айланмоқда. Шарлар бир-бири билан бириктириб қўйилса, улар қандай бурчак тезлик билан айланар эди?

Қаттиқ жисмнинг мувозанати

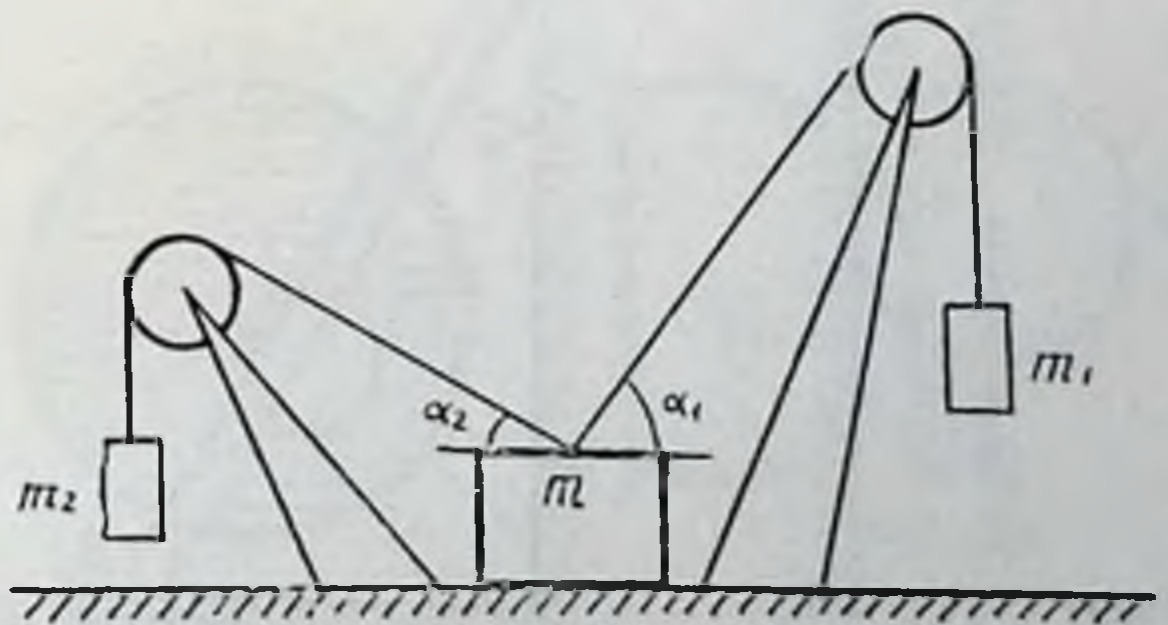
4.22. Узунлиги 1,0 м ва массаси 5,0 кг бўлган стержень иккита ўзаро параллел, бир хил узунликдаги ипга горизонтал ҳолда осиб қўйилган. Стерженьга бир учидан 0,25 м масофада 10 кг массали юк маҳкамлаб қўйилган. Ипларнинг тарангликларини аниқланг.

4.23. Динамометрга маҳкамланган блокдан ип ўтказилган бўлиб, унинг бир учи вертикал билан $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилган ҳолда маҳкамланган, иккинчи учига эса $m = 5,0$ кг массали юк осилган (4.5-расм). Динамометрнинг кўрсатишини топинг.

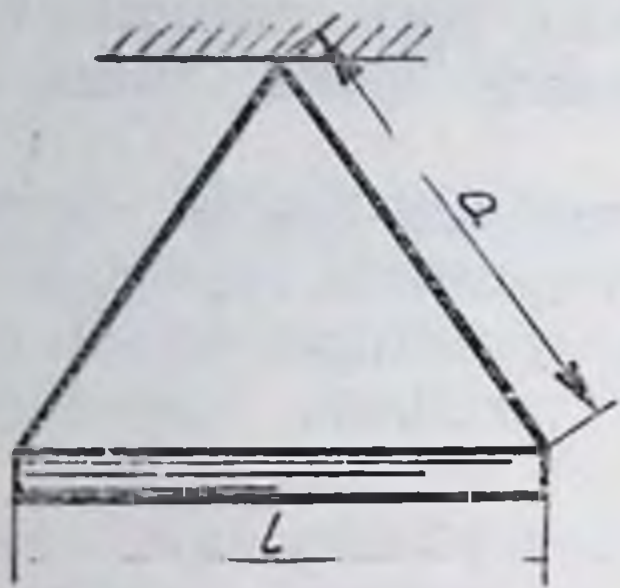
4.24. Горизонтал текисликда $m = 10$ кг массали юк бўлиб, унга блоклардан ўтказилган иккита ип маҳкамланган (4.6-расм). Ипларнинг учларига m_1 ва m_2 массали юклар осилган. $m_2 = 5,0$ кг бўлганда сис-



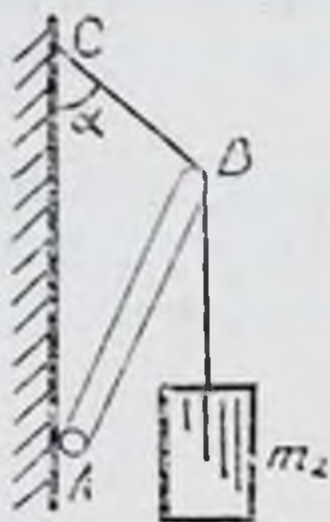
4.5- расм



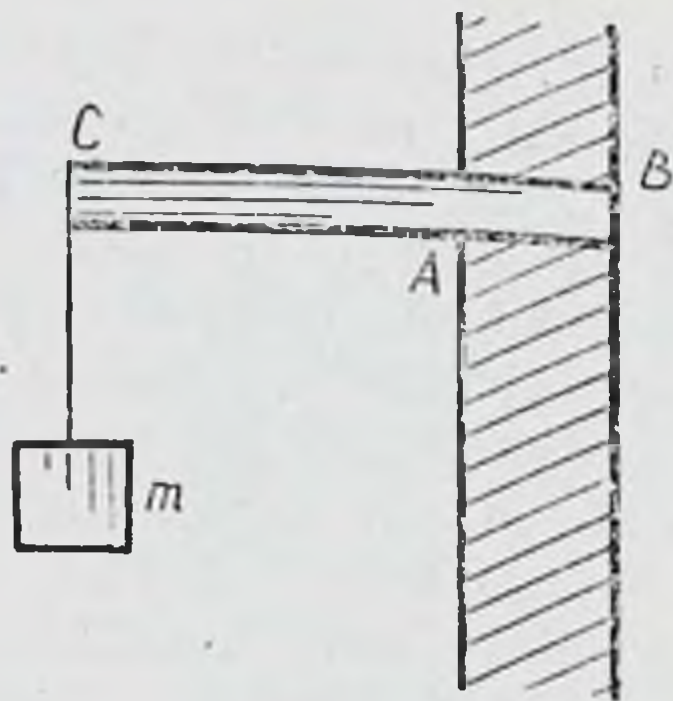
4.6- расм



4.7- расм



4.8- расм



4.9- расм

тема мувозанатда бўлиши учун m_1 юкнинг массаси энг кўпи билан қанча бўлиши мумкин? $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, юкнинг горизонтал текисликка ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,50$ деб олинг. Блоклар ва ипларнинг массалари ҳамда блоклардаги ишқаланишни ҳисобга олманг.

4.25. Массаси $m_1 = 2,0$ кг бўлган бир жинсли стержень узунликлари $a = 50$ см дан бўлган иккита илга осиб қўйилган (4.7-расм). Агар ипларнинг тарангликлари $F = 30$ Н бўлса, стерженнинг узунлигини топинг.

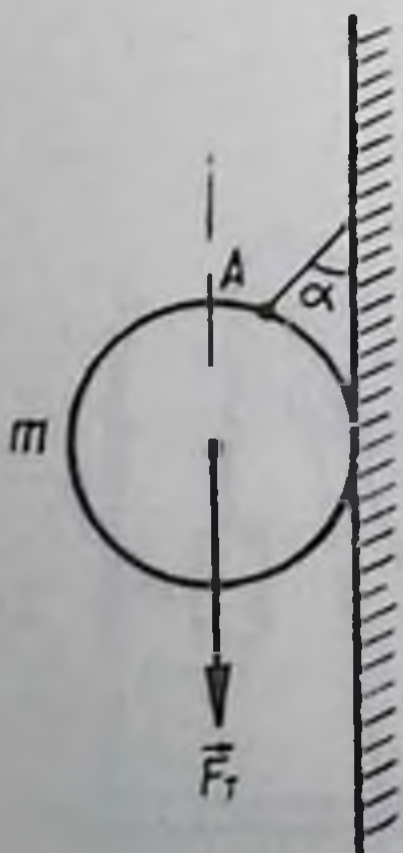
4.26. Массаси $m_1 = 5,0$ кг бўлган AB стерженнинг пастки учи шарнир ёрдамида деворга маҳкамланган (4.8-расм). Деворга CB арқон билан тортиб қўйилган юқориги учига эса $m_2 = 3,0$ кг массали юк осилган. $\alpha = 45^\circ$, CB арқон узунлиги AB стержень узунлигидан 2 марта қисқа бўлса, арқоннинг таранглигини аниқланг.

4.27. Қиялик бурчаги 35° бўлган қия текисликда радиуси 10 см бўлган бир жинсли тўғри цилиндр турибди. Цилиндр ағдарилиб тушмаслиги учун у энг кўпи билан қандай баландликка эга бўлиши мумкин?

4.28. Узунлиги 1,5 м, массаси эса 50 кг бўлган горизонтал тўсин қалинлиги 50 см бўлган деворнинг A ва B нуқталарига таяниб турадиган қилиб ўрнатилган (4.9-расм). Тўсиннинг учига 100 кг массали юк осилган. Таянч нуқталаридаги реакция кучларини аниқланг.

4.29. Массаси 2 кг бўлган бир жинсли шар вертикал деворга ип ёрдамида осиб қўйилган (4.10-расм). Агар ип девор билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилган бўлса, шар деворга қандай куч билан босади? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

4.30. Ишқаланиш коэффициентининг қандай энг кичик қийматида ип маҳкамлан-



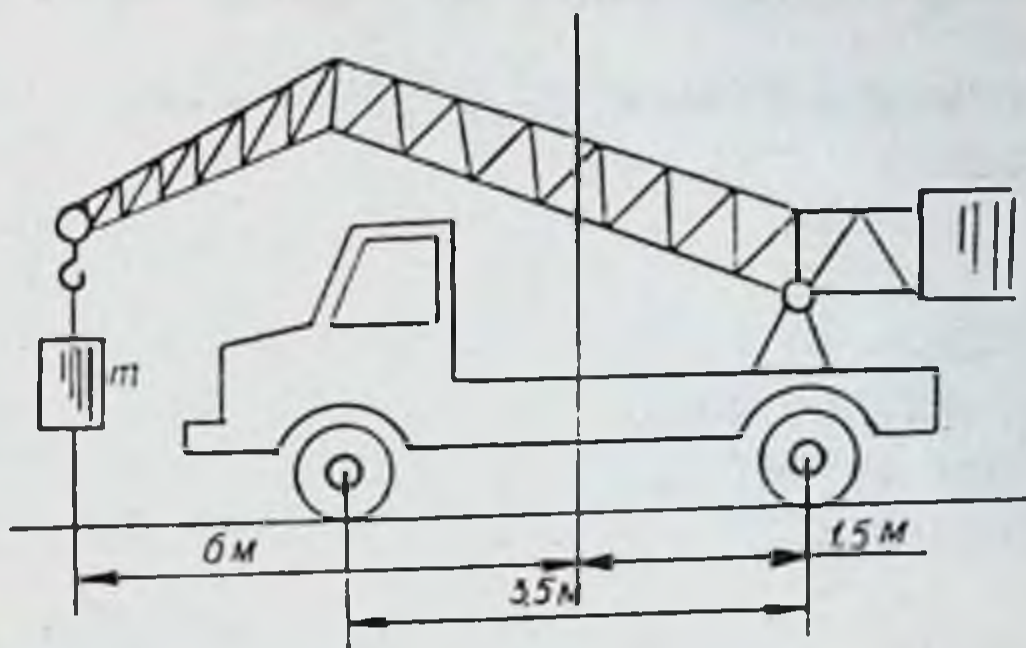
4.10- расм



4.11- расм

ган A нуқта билан шарнинг маркази бир вертикал чизикда ётади (4.10-расм)?

4.31. AB нарвон A учи билан вертикал силлиқ деворга, B учи билан эса полга таяниб турибди (4.11-расм). Нарвоннинг полга ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,3$. Нарвон мувозанатда бўлиши учун унинг вертикал девор билан ҳосил қилган φ бурчаги энг кўпи билан қандай бўлиши мумкин?



4.12- расм

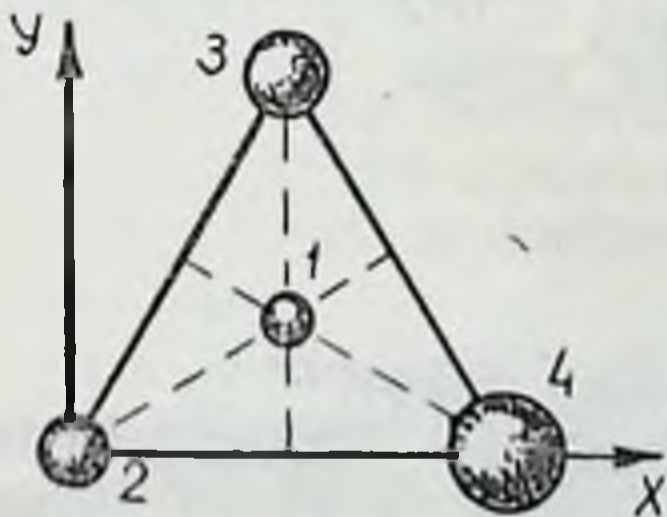
4.32. Юк автомобилга кўтариш крани ўрнатилган (4.12-расм). Автомобилнинг кран билан биргаликдаги массаси $3 \cdot 10^3$ кг. Олдинги ва орқа гилдираклар ўқлари орасидаги масофа 3,5 м. Агар орқа ўқ ва юк осилган нуқта кранли автомобилнинг массалар марказидан ўтган вертикал текисликдан мос равишда 1,5 ва 6 м масофада жойлашган бўлса, бу кран қандай максимал юкни кўтара олади?

4.33. Томонлари 20 см дан бўлган тенг томонли учбурчак учларида ва марказида жойлашган, массалари $m_1 = 100$, $m_2 = 200$, $m_3 = 300$ ва $m_4 = 400$ г бўлган тўртта шарчадан иборат система массалар марказининг координаталарини топинг. Координата ўқларининг йўналишини 4.13-расмдагидек танлаб олинг.

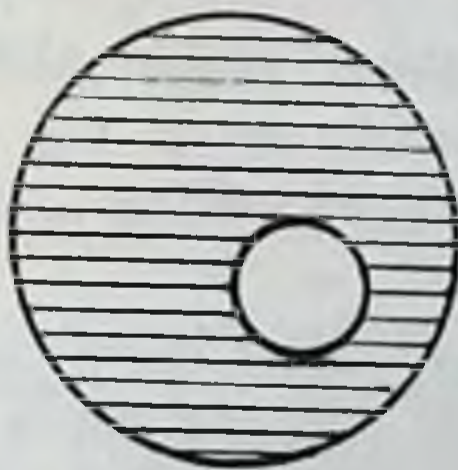
4.34. Кўндаланг кесимлари тенг бўлган, бир хил узунликдаги иккита қўрғошин ва темир бўлақларидан ташкил топган стерженнинг умумий узунлиги 0,50 м бўлса, унинг массалар маркази ўрнини аниқланг.

4.35. Диаметри 60 см бўлган бир жинсли дискда диаметри 20 см бўлган юмалоқ тешик очилган, тешикнинг маркази диск марказидан 8,0 см масофада жойлашган (4.14-расм). Диск массалар марказининг ўрнини аниқланг.

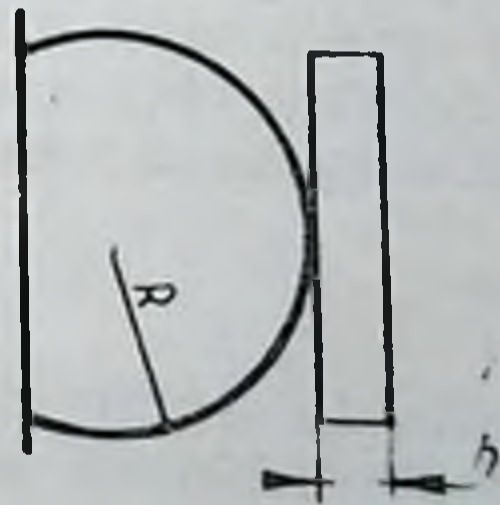
4.36. Қалинлиги h бўлган тахтача R радиусли қўзғалмас цилиндр устида турибди (4.15-расм). h билан R орасидаги нисбат қандай бўлганда тахтача турғун мувозанатда бўлади? Тахтача билан цилиндр орасидаги ишқаланиш етарлича катта, деб ҳисобланг.



4.13- расм



4.14- расм



4.15- расм

5-§. СУЮҚЛИКЛАР ВА ГАЗЛАР МЕХАНИКАСИ

■ Сиқилмайдиган суюқликнинг стационар оқими учун узлуксизлик тенгламаси,

$$vS = \text{const}$$

ўринлидир, бу ерда v — суюқлик тезлиги, S — оқим трубкасининг кўндаланг кесими юзи.

Оқим трубкасининг ихтиёрий кесими орқали вақт бирлиги ичида ўтаётган суюқлик ҳажми (суюқлик сарфи);

$$Q = vS.$$

Идеал суюқликнинг кенг идишдаги кичик тешикдан оқиб чиқиш тезлиги:

$$v = \sqrt{2gh},$$

бу ерда h — идишдаги тешикнинг суюқлик сатҳига нисбатан чуқурлиги
Бернулли тенгламаси:

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{const},$$

бу ерда ρ — суюқлик зичлиги, P — суюқликнинг статик босими, v — суюқлик оқимининг тезлиги, h — трубка кесимининг бирор сатҳга нисбатан баландлиги.

Ҳажми V бўлган суюқлик P_1 босимли фазодан P_2 босимли фазога ўтганда ташқи босим томонидан бажарилган иш:

$$A = (P_2 - P_1) V$$

га тенг бўлади.

Ламинар оқимда суюқликка ботирилган жисмга таъсир этадиган пешона қаршилиқ:

$$F = r\eta v,$$

бу ерда r — жисмнинг шакли ва ўлчамига боғлиқ бўлган коэффицент, η — ёпишқоқлик, v — оқим тезлиги.

Ёпишқоқ муҳитда ҳаракат қилаётган шарга таъсир этадиган қаршилиқ кучи (Стокс формуласи):

$$F = 6\pi R\eta v,$$

бу ерда R — шар радиуси.

Ламинар оқиш пайтида узунлиги l ва радиуси R бўлган қувур (труба) орқали t вақт ичида оқиб ўтаётган суюқлик ҳажми Пуазейль формуласи ёрдамида топилади:

$$V = \frac{1}{\eta} \frac{\pi R^4}{8l} \Delta p t,$$

бу ерда Δp — қувур (труба) учларидаги босимлар фарқи.

Турбулент оқиш пайтида унчалик катта бўлмаган тезликларда пешона қаршилиқ:

$$F = C_x S \rho v^2,$$

бу ерда C_x — жисм шаклига ва Рейнольдс сонига боғлиқ бўлган пешона қаршилик коэффициенти, S — жисмнинг оқим тезлигига перпендикуляр текисликка проекциясининг юзи, ρ — муҳитнинг зичлиги.

Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{l\rho v}{\eta}$$

бу ерда l — жисмнинг чизиқли ўлчамларини характерловчи катталиқ.

Гидро- ва аэростатика

5.1. Тепкиси босилганда отилмаслиги учун $d = 7,00$ мм калибрли ҳаво пистолетини сувга қандай чуқурликка ботириш керак? Пистолет стволининг узунлигини $l = 22$ см, ўқнинг массасини $m = 17,0$ г, ҳавода отилганда ўқнинг стволдан чиқиш пайтидаги тезлигини $v = 27$ м/с деб олинг.

5.2. Ҳажми $2,4$ м³ бўлган темир-бетон плитани $0,5$ м/с² тезланиш билан сувдан кўтариб олинаятгандаги трос таранглигини аниқланг. Пешона қаршиликни ҳисобга олманг. Темир-бетоннинг зичлигини $\rho_T = 2,2 \cdot 10^3$ кг/м³ деб олинг.

5.3. Массаси $m = 5 \cdot 10^4$ кг бўлган юкни кўтаришда кичик поршень $t = 1,5$ мин вақт ичида $n = 100$ юриш қилган бўлса, поршенларининг юзлари $1 : 100$ нисбатда бўлган гидравлик пресси ҳаракатга келтирувчи двигателнинг ФИКни топинг. Кичик поршеннинг юриши $h_1 = 20$ см. Двигателнинг қуввати $N = 2,0$ кВт.

5.4. Биринчи яхлит, иккинчиси эса ковак бўлган алюминий ва мис шарларни елкалари тенг бўлмаган ричагга осиб, ҳавода мувозанатга келтирилган. Агар шарларни сувли идишга ботирилганда мувозанат бузилмаган бўлса, шарлардан қайси бири ковак эканлигини аниқланг. Агар мис шарнинг массаси $0,4$ кг бўлса, ковакнинг ҳажмини топинг.

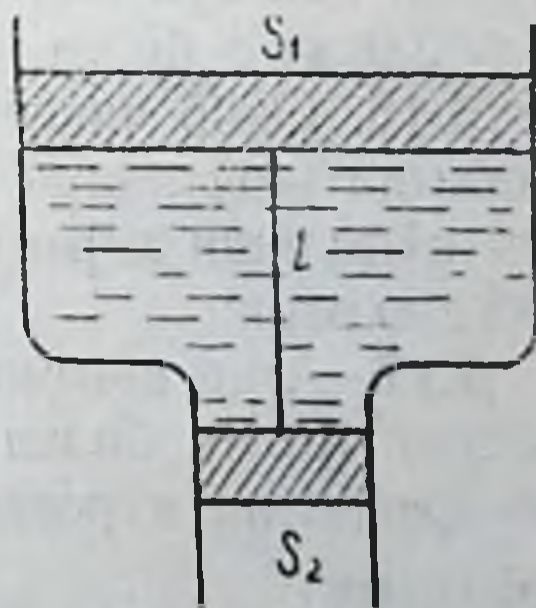
5.5. Симоб билан сув қуйилган идишга пўлат шарча ташланган. Шарча ҳажмининг қанча қисми сувда бўлади?

5.6. Массаси $m_1 = 60$ кг бўлган одамнинг боши ва елкалари (ҳажмининг $n = 1/8$ қисмини сувга ботмайдиган ҳолда тутиб тура оладиган пўкак белбоғ массасини аниқланг. Одам танасининг зичлигини $\rho_1 = 1007$ кг/м³ деб олинг.

5.7. Сувли идиш юқорига йўналган $a = 1,2$ м/с² тезланиш билан вертикал равишда ҳаракат қилмоқда. $h = 0,20$ м чуқурликдаги босимни аниқланг.

5.8. Сувда сузиб юрган $V = 50$ дм³ ҳажмли пўкак белбоққа боғланган ипга темир юк осилган. Агар белбоғ ҳажмининг $1/2$ қисми сувга ботган бўлса, юкнинг массаси ва ипнинг таранглигини топинг.

5.9. Қесимлари S_1 ва S_2 бўлган иккита вертикал най бир-бири билан туташтирилиб, вазнсиз поршенлар билан беркитилган. Поршенлар ўзаро l узунликдаги ингичка вазнсиз ип билан боғланган (5.1-расм). Поршенлар орасидаги бўшлиқ зичлиги



5.1- расм

р бўлган сув билан тўлдирилган. Идишларнинг учлари атмосфера билан туташган бўлса, ипнинг таранглигини топинг.

5.10. Цистернаси бензин билан тўлдирилган бензин ташувчи автомобиль $v = 36$ км/соат тезлик билан ҳаракатланган ва тормозланиш натижасида $t = 10$ с вақт ичида тўхтаган. Цистернани узунлиги $l = 3,0$ м бўлган тўғри бурчакли параллелепипед деб ҳисоблаб, тормозланиш вақтида цистернанинг олдинги деворига таъсир этадиган босим кучи орқа деворига таъсир этаётган босим кучидан неча марта катта эканлигини топинг. Цистернанинг бензин билан тўлдирилиш баландлиги $h = 0,50$ м.

Гидро- ва аэродинамика

5.11. Кенг цилиндрсимон идишга 75 см баландликкача сув тўлдирилган бўлиб, идиш деворида очилган иккита тешикдан сув тизиллаб оқиб чиқмоқда. Пастки тешик идиш тубидан 25 см баландликда жойлашган. Иккала тешикдан чиқаётган сув шарралари идиш туби билан баравар жойлашган горизонтал текисликни бир нуқтада кесиб ўтаётган бўлса, юқориги тешик қандай баландликда жойлашган?

5.12. Паровознинг тендеригаги узунлиги $l = 4,0$ м бўлган бак сув билан тўлдирилган. Бакнинг орқа деворида, сув сатҳидан $h = 1,0$ м пастда ҳосил бўлган тешикдан сув оқиб чиқмоқда. Агар паровоз $a = 0,50$ м/с² тезланиш билан ҳаракат қилаётган бўлса, тешикдан чиқаётган сув оқимининг тезлигини топинг. Паровоз шундай тезланиш билан тормозланганда оқим тезлиги қандай бўлади?

5.13. Сув билан тўлдирилган кенг идиш деворидаги $h = 0,1$ м баландликда жойлашган, кесим юзаси $S = 2$ см² бўлган тешикдан сув оқиб чиқмоқда. Идишга юқоридан туширилган трубадан келиб турган сув туфайли идишдаги сув сатҳи ўзгармай турибди. Тешикдан чиқаётган сув идиш четидан $l = 0,5$ м масофада, идиш туби билан баравар сатҳда жойлашган нуқтага етиб бориши учун идишга ҳар секундда қанча сув қўйилиб туриши керак?

5.14. Сув қўйилган челақча пружинага осилган бўлиб, даври 2,0 с ва амплитудаси 10 см бўлган вертикал гармоник тебранишлар бажармоқда. Челақча тубининг ўртасидаги кичик тешикдан сув оқиб чиқмоқда. Агар челақчадаги сув сатҳи 10 см бўлса, тешикдан оқиб чиқаётган сувнинг энг катта ва энг кичик тезликларини топинг.

5.15. Тўғри бурчакли қилиб букилган $S = 4,0$ см² кесимли қувур (труба) дан сув оқиб турибди. Агар сувнинг ҳар секунддаги сарфи $Q = 2,0$ кг/с бўлса, қувурга сув қандай куч билан таъсир қилади?

5.16. Оқиб чиқаётган сувнинг тезлиги $v = 10$ м/с бўлиши учун горизонтал жойлашган сувпуркагич (спринцовка) нинг поршенига қандай куч қўйилиши керак? Поршень радиуси $R = 2,0$ см. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

5.17. Агар автомобилнинг олд сирти юзаси 3,0 м² бўлса, у 144 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётганда урилаётган ҳаво оқими қандай қаршилик кўрсатади? Пешона қаршилик коэффициенти $C_x = 0,6$ деб олинг.

5.18. Мотоциклчи рўпарадан $v_1 = 10$ м/с тезликда шамол эсаётганда $v_2 = 20$ м/с тезлик билан ҳаракатланган бўлса, мотоцикл двигатели-

нинг қуввати қандай бўлган? Мотосиклнинг мотоцикл билан биргаликдаги массаси $m = 200$ кг, ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,20$, олд сиртининг умумий юзаси $S = 1,2$ м², деб олинг.

5.19. Агар электропоезд олд сиртининг юзаси 10 м² бўлса, у 100 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётганда урилаётган ҳаво оқимининг қувватини топинг.

5.20. Горизонтал жойлашган ўзгарувчан кесимли қувур орқали минутига 2 м³ ҳажмли сув ўтмоқда. Диаметрлари $0,3$ ва $0,1$ м бўлган кесимларда жойлашган манометрик трубкалардаги сув сатҳлари фарқини топинг.

5.21. Горизонтал жойлашган ўзгарувчан кесимли қувурнинг тор қисмининг радиуси кенг қисмининг радиусидан 3 марта кичик, кенг ва тор қисмларидаги босимлар фарқи эса $\Delta p = 10$ кПа. Қувурнинг кенг қисмида сувнинг оқиш тезлигини аниқланг.

5.22. Юракнинг ҳар бир уришида чап қоринчаси қисқариб $m = 70$ г массали қонни $p = 26$ кПа босим сстида аортага ҳайдаб чиқарса, $t = 1$ мин вақт ичида тахминан $n = 75$ марта қисқарадиган юракнинг қувватини топинг.

5.23. Ҳажми 2 м³ бўлган суени ўзгарувчан кесимли горизонтал қувур бўйлаб 50 кПа босимли кесимдан 20 кПа босимли кесимга кўчиришда бажарилган ишни топинг.

5.24. Радиуси $0,50$ мм бўлган шиша шарча глицерин қуйилган катта идиш ичида $5,0$ см/с барқарор тезлик билан тушиб бормоқда. Агар шишанинг зичлиги $2,7 \cdot 10^3$ кг/м³, глицериннинг зичлиги эса $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³ бўлса, глицериннинг ёпишқоқлигини топинг.

5.25. Сигими $V = 2,0$ м³ бўлган ёғоч бочка $t = 5,0$ мин вақт ичида сув билан тўлдирилиши зарур. Агар бочкадан $l = 500$ м масофада жойлашган сув қувури (водопровод) минорасидаги сув сатҳи бочкадаги сув қуйиладиган тешикдан $h = 20$ м баландликда бўлса, минорани бочка билан туташтирадиган қувурнинг радиуси энг камида қандай бўлиши керак?

5.26. Ҳавода 10 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган $0,5$ м диаметрли шарчага қандай қаршилик кучи таъсир қилади? Шар учун пешона қаршилиқнинг коэффициентини $C_x = 0,25$ деб олинг.

5.27. Диаметри $2,0$ см бўлган қувурдаги сув оқими ламинарлигича қолиши учун унинг тезлиги энг кўпи билан қанча бўлиши мумкин? Труба учун Рейнольдс сонининг критик қиймати тахминан 3000 деб олинг. Диаметри $0,10$ см бўлган қувурдаги мазкур оқим тезлиги қандай бўлиши мумкин?

5.28. Сууюқликлар ёпишқоқлигини аниқлашнинг усулларидадан бири текширилаётган сууюқлик билан тўлдирилган цилиндрда шарчанинг тушиш тезлигини ўлчаб, η ни Стокс формуласи ёрдамида ҳисоблашдан иборат. Шарча учун Рейнольдс сонининг критик қийматини $Re = 0,05$ деб ҳисоблаб, глицериннинг ёпишқоқлигини аниқлашда фойдаланиш мумкин бўлган пўлат шарча радиусининг максимал қийматини топинг.

5.29. $h = 200$ км баландликда атмосферанинг зичлиги $\rho = 1,6 \cdot 10^{-10}$ кг/м³. Шу баландликда кўндаланг кесими $S = 0,50$ м² ва массаси $m = 10$ кг бўлган сунъий йўлдошга таъсир қиладиган қаршилик кучини аниқланг.

5.30. Идишга бир-бирига аралашмайдиган, зичликлари ρ_1 ва ρ_2 бўлган идеал суюқликлар қўйилган. Суюқликлар мос равишда h_1 ва h_2 қатламларни ҳосил қилади. Суюқликнинг юқори сиртидан идишга шарча тушириб юборилган. Агар идиш тубига етиб борганда шарчанинг тезлиги нолга тенг бўлса, шарча ясалган модданинг зичлигини топинг.

6-§. НОИНЕРЦИАЛ САНОҚ СИСТЕМАЛАРИ. ИНЕРЦИЯ КУЧЛАРИ

Бирор инерциал саноқ системасига нисбатан \vec{a} тезланиш билан тўғри чизиқли илгариланма ҳаракат қилаётган саноқ системасида жисмга қўйидаги инерция кучи таъсир қилади:

$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}.$$

Бирор инерциал саноқ системасига нисбатан доимий ω бурчак тезлик билан айланаётган саноқ системасида марказдан қочирма инерция кучи

$$\vec{F}_{мк} = m\omega^2\vec{R}$$

ва Кориолис кучи

$$\vec{F}_к = 2m[\vec{v}', \vec{\omega}]$$

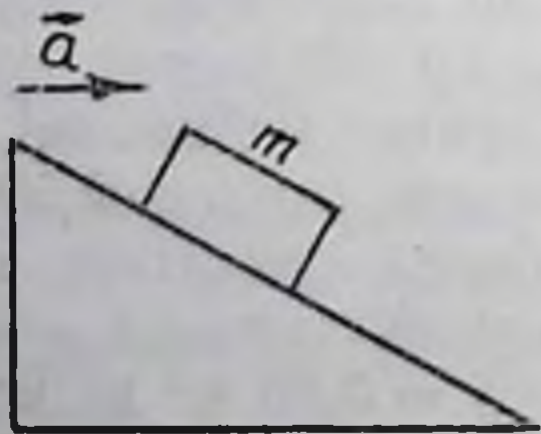
таъсир қилади. Бу ерда \vec{R} — айланиш ўқидан жисмнинг масса марказига ўтказилган радиус-вектор, \vec{v}' — жисмнинг айланаётган ноинерциал системага нисбатан тезлиги.

6.1. Электрпоезд $s = 200$ м йўлни босиб тўхтаган, вагонга осилган шоқул эса тормозланиш вақтида $\alpha = 5^\circ$ га оған бўлса, поезднинг тормозланиш бошланган пайтдаги тезлигини аниқланг. Ҳаракатни текис секинланувчан деб ҳисобланг.

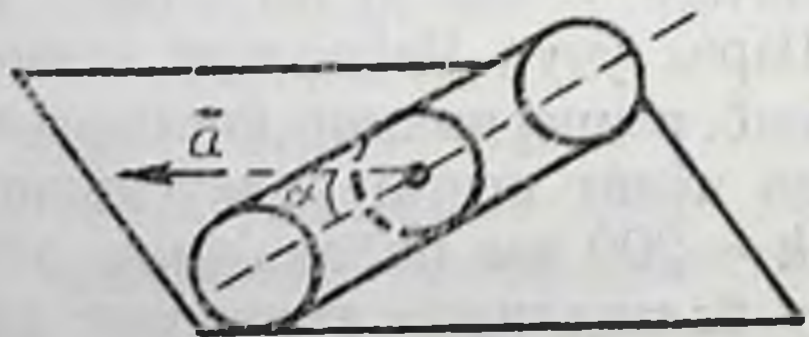
6.2. Ишқаланиш бўлмаганда қия текислик устида турган жисм унга нисбатан ҳаракатсиз қолиши учун қиялик бурчаги $\alpha = 30^\circ$ бўлган қия текислик горизонтал йўналишда қандай тезланиш билан ҳаракатланиши лозим?

6.3. Қия текислик устида турган жисм юқорига томон силжиши учун қиялик бурчаги α бўлган қия текислик горизонтал йўналишда энг камида қандай тезланиш билан ҳаракатланиш керак? Жисм билан қия текислик орасидаги ишқаланиш коэффициентини μ деб олинг.

6.4. Қиялик бурчаги $\alpha = 10^\circ$ бўлган қия текислик устида жисм турибди. Қия текислик 6.1-расмда кўрсатилганидек горизонтал йўнал-



6.1- расм



6.2- расм

ган $a = 1 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан ҳаракатланмоқда. Жисм сирпаниб кетмаслиги учун μ билан қия текислик орасидаги ишқаланиш коэффициентини энг камда қандай бўлиши керак? Қия текисликнинг тезланиши тескари йўналишда бўлганда-чи?

6.5. Горизонтал ҳолатдаги қувур ичида шарча жойлашган (6.2-расм). Агар қувурнинг горизонтал йўналишда ҳаракатлангандаги $a = 2,0 \text{ м/с}^2$ тезланиши қувур билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилса, шарча $t = 1,0 \text{ с}$ вақт ичида қанча йўлни бошиб ўтади? Шарча билан қувур орасидаги сирпаниш ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,20$ деб олинг.

6.6. Вертикал ўқ атрофида айланаётган горизонтал диск устида айланиш ўқидан $R = 8 \text{ см}$ масофада жисм турибди. Агар бурчак тезлик $\omega = 5 \text{ рад/сек}$ га етганда жисм диск сирти бўйлаб сирпана бошлаган бўлса, диск билан жисм орасидаги ишқаланиш коэффициентини топинг.

6.7. Велосипедчи горизонтал йўлда радиуси 10 м бўлган ёй бўйлаб ҳаракатланмоқда. Агар унинг тезлиги $6,0 \text{ м/с}$ бўлса, велосипедчи горизонтга нисбатан қандай бурчакка оғади?

6.8. Мотоциклчи $R = 12 \text{ м}$ радиусли цилиндр шаклидаги бинонинг ички вертикал деворида горизонтал айлана бўйлаб ҳаракатланиши учун унинг тезлиги энг камда қанча бўлиши керак? Филдиракнинг деворга ишқаланиш коэффициенти $\mu = 0,50$, мотоциклчи билан мотоциклнинг массалари маркази девордан $l = 1,0 \text{ м}$ масофада, деб ҳисобланг.

6.9. Узунлиги $l_1 = 0,50 \text{ м}$ бўлган горизонтал ҳолатдаги стержень унинг ўртасидан ўтган вертикал ўқ атрофида ўзгармас $\omega = 2,0 \text{ рад/с}$ бурчак тезлик билан айланмоқда. Стерженга узунлиги $l_2 = 10 \text{ см}$ бўлган ип билан ўзаро боғланган, айланиш ўқига нисбатан симметрик жойлашган иккита кичик муфта кийдирилгин. Агар ип куйдириб юборилса, муфталар стержень учларига унга ниобатан қандай тезлик билан етиб келади? Ишқаланишни ҳисобга олманг.

6.10. Вертикал ўқ атрофида айланаётган идишдаги суюқлик сирти параболоид шаклида бўлишини исбот қилинг.

6.11. Радиуси $R = 2 \text{ м}$ бўлган горизонтал ҳолатдаги дискнинг ўртасига нишон, четига эса ҳаво тўппончаси ўрнатилган. Диск ҳаракатсиз бўлганда шарча нишоннинг марказига тегади. Диск унинг марказидан ўтган вертикал ўқ атрофида ўзгармас $\omega = 0,5 \text{ рад/с}$ бурчак тезлик билан айланганда эса шарча нишон марказидан $s = 10 \text{ см}$ масофада жойлашган нуқтага бориб тегади. Шарчанинг тезлигини топинг.

6.12. Массани 10^5 кг бўлган электровоз шимолий яримшарнинг 60° ли кенглигида шимолдан жанубга томон горизонтал йўналишда 30 м/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Электровоз томонидан рельсларга таъсир қилаётган кучнинг горизонтал ташкил этувчисини топинг.

6.13. Массаси m бўлган, экватор бўйлаб v тезлик билан шарқдан ғарбга томон ҳаракатланаётган жисм ҳаракатининг йўналиши қарама-қарши томонга ўзгарганда Ер сиртига бўлган босим кучи қанчага ўзгаришини аниқланг.

6.14. $\varphi = 60^\circ$ географик кенгликда жисм Ерга $h = 200 \text{ м}$ баландликдан эркин тушмоқда. Еرنинг айланиши натижасида вужудга келадиган Кориолис кучи таъсирида жисм қанчага оғишини аниқланг.

6.15. Географик кенглиги $\varphi = 60^\circ$ бўлган нуқтада тик юқорига қараб милтиқдан ўқ узилди. Бироз вақтдан кейин ўқ Ерга қайтиб тушди.

Агар бошланғич тезлиги $v_0 = 200$ м/с бўлса, ўқ отилиш нуқтисидан қанчага силижиган? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

6.16. Ленинграддаги Исаакий соборида узунлиги 98 м бўлган Фуко маятнини ўрнатилган. 10 мин вақт ичида маятникнинг тебраниш текислиги қандай бурчакка бурилади? Ленинграднинг географик кенглиги 60° . Масалани иккита: ноинерциал ва гелиоцентрик санақ системаларида ечинг.

7-§. МАХСУС НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

Лоренц алмаштиришлари¹:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

бу ерда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги.

Ҳаракатланаётган жисм узунлигининг қисқариши:

$$l' = l \sqrt{1 - v^2/c^2},$$

бу ерда l' — ҳаракатланаётган жисмнинг узунлиги, l — унинг хусусий узунлиги.

Ҳаракатланаётган соат юришининг секинланиши:

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2},$$

бу ерда $\Delta t'$ — ҳаракатланаётган санақ системасида ҳодисалар орасидаги вақт интервали, Δt — ўша ҳодисалар учун қўзғалмас системадаги вақт интервали.

Тезликларни қўшишнинг релятивистик қонуни:

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + v \cdot u'_x/c^2}, \quad u_y = \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2} \cdot u'_y}{1 + v \cdot u'_x/c^2}, \quad u_z = \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2} \cdot u'_z}{1 + v \cdot u'_x/c^2},$$

бу ерда u_x, u_y, u_z — тезликнинг қўзғалмас координаталар системасидаги проекциялари, u'_x, u'_y, u'_z — тезликнинг ҳаракатланаётган системадаги проекциялари.

1 ва 2 ҳодисалар орасидаги s_{12} интервал квадрати — инвариант катталиқдир:

$$s_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2,$$

бу ерда t_{12} — 1 ва 2 ҳодисалар орасидаги вақт интервали, l_{12} — берилган ҳодисалар содир бўлган 1 ва 2 нуқталар орасидаги масофа.

Релятивистик масса ва импульс:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

бу ерда m_0 — тинчликдаги масса.

¹ Штрихлар қўзғалмас координаталар системасига нисбатан X ўқининг мусбат йўналишида v тезлик билан ҳаракат қилаётган система фазо-вақт координаталарига қарашли бўлиб, X' ва X ўқлар устма-уст тушади, Y' ва Y ҳамда Z' ва Z ўқлар ўзаро параллел.

Жисмининг тўла энергияси:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

бу ерда $E_0 = m_0 c^2$ — тинчликдаги энергия.

Ҳаракатланаётган жисмининг кинетик энергияси:

$$E_k = E - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right).$$

7.1. Тескари Лоренц алмаштиришларини келтириб чиқаринг:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + (v/c^2) x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

7.2. Стержень ўзгармас v тезлик билан ҳаракатланмоқда. Унинг қўзғалмас системадаги узунлиги $l_1 = 3,0$ м, стержень билан боғлиқ бўлган системада эса $l_2 = 6,0$ м. Стерженнинг хусусий узунлиги ва қўзғалмас санок системасига нисбатан тезлигини аниқланг.

7.3. Ернинг Қуёш атрофидаги ҳаракат тезлиги $v = 30$ км/с. Ер диаметрининг Қуёш билан боғлиқ бўлган системадаги қисқаришини топинг.

7.4. Реактив самолёт 1000 м/с тезлик билан учмоқда. Самолётдаги соат Ердаги соатдан қанча орқада қолади?

7.5. Эгизаклардан бири 20 ёшида ракетада Арктур юлдузи томон $v = 0,99 c$ тезлик билан космик саёҳатга чиқди. Ердаги одамлар учун Арктур юлдузигача бўлган масофа 40 ёруғлик йилига тенг (яъни ёруғлик юлдуздан Ерга 40 йилда етиб келади). Космик саёҳатчи Ерда қолган укасидан неча ёш кичик бўлади?

7.6. Лоренц алмаштиришларидан фойдаланиб тезликларини қўшишнинг релятивистик қонунини келтириб чиқаринг.

7.7. Нисбийлик назариясининг тезликларни қўшиш формуласидан фойдаланиб тезликларни қўшиш ҳеч қачон ёруғлик тезлигидан катта тезликларга олиб келмаслигини исботланг.

7.8. Ерга томон v тезлик билан ҳаракатланаётган юлдуз томонидан нурлантирилаётган фотон Ерга $c + v$ тезлик билан эмас, балки c тезлик билан яқинлашишини исбот қилинг.

7.9. Ердан унга нисбатан $0,8 c$ тезлик билан қарама-қарши йўналишларда ҳаракатланаётган икки ракета узоқлашмоқда. Ракеталардан бири иккинчиси билан боғлиқ бўлган санок системасида қандай тезлик билан ҳаракат қилади?

7.10. Тезлатгич радиоактив ядрога $v = 0,4 c$ тезлик беради. Тезлатгичдан чиқиш пайтида ядро ўз ҳаракати йўналишида тезлатгичга нисбатан $0,75 c$ тезликка эга бўлган β -заррача чиқарган. Заррачанинг ядрога нисбатан тезлигини топинг.

7.11. Ердан 30 ёшида 20 ёруғлик йилига тенг масофага учиб кетган космонавт Ердаги соатга кўра неча ёшга киради? Космонавтнинг соати бўйича у 35 ёшга кирган деб ҳисобланг.

7.12. $v = 0,999 c$ тезлик билан ҳаракатланаётган электроннинг релятивистик массаси унинг тинчликдаги массасидан неча марта катта бўлади?

7.13. Ҳаракатдаги жисмнинг релятивистик массаси унинг тинчликдаги массасига нисбатан 20% га ортган. Бунда унинг узунлиги неча марта қисқарган?

7.14. Ҳаракатланаётган протоннинг релятивистик массаси унинг тинчликдаги массасидан 10^2 марта ортиқ. Ҳаракатдаги протоннинг тезлигини топинг.

7.15. Жисм $200,0$ Мм/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Ҳаракатланаётган жисмнинг зичлиги тинчликдаги зичлигига нисбатан неча марта ортган? (Ҳаракат йўналишига перпендикуляр бўлган ўлчамлар қисқармайди). Масалани ечишда зичлик жисмнинг тинчликдаги массасининг унинг ҳажмига нисбати сифатида аниқланишидан фойдаланинг.

7.16. Электрон 200 Мм/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Электроннинг кинетик энергиясини классик ва релятивистик формулалар бўйича ҳисоблаб, натижаларни таққосланг.

7.17. $150,0$ Мм/с тезлик билан ҳаракатланаётган электроннинг кинетик энергиясининг тинчликдаги энергиясига нисбатини топинг. Электроннинг релятивистик импульси қандай бўлади?

7.18. Мезоннинг тўла энергияси тинчликдаги энергиясидан 8 марта катта. Мезоннинг тезлиги қандай?

7.19. Энергиянинг $1,0$ ж ўзгариши массасининг қандай ўзгаришига мос келади?

7.20. Релятивистик кинетик энергия $E_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$ кичик тезликларда кинетик энергиянинг классик ифодаси $m_0 v^2/2$ га ўтишини исбот қилинг.

8-§. ЖИСМЛАРНИНГ ЭЛАСТИКЛИК ХОССАЛАРИ

Нисбий бўйлама деформация:

$$\epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0},$$

бу ерда Δl — узунликнинг чўзилиш ё сиқилишдаги ортиши, l_0 — жисмнинг деформацияланишгача бўлган узунлиги.

Буралишдаги нисбий деформация деб, буралиш бурчагининг стержень узунлигига нисбатига айтилади:

$$\epsilon_\varphi = \varphi/l.$$

Бўйлама деформацияда ҳажмнинг нисбий ўзгариши:

$$\frac{\Delta V}{V} = \epsilon_l (1 - 2\mu),$$

бу ерда μ — Пуассон коэффиценти бўлиб, у нисбий кўндаланг деформациянинг нисбий бўйлама деформацияга нисбатига тенг:

$$\mu = \frac{\epsilon_d}{\epsilon_l}.$$

Эластик деформация пайтидаги кучланиш:

$$\sigma = \frac{dF}{dS},$$

бу ерда dF — берилган кесимнинг элементар кичик қисмига таъсир қилаётган куч.

Нисбий бўйлама деформация билан деформацияловчи куч орасидаги муносабат (Гук қонуни):

$$\epsilon_l = \alpha \frac{F}{S} = \frac{1}{E} \frac{F}{S},$$

бу ерда α — эластиклик коэффициенти, E — Юнг модули.
Емирувчи куч:

$$F_m = \sigma_m S,$$

бу ерда σ_m — емирувчи кучланиш.

Қалинликнинг нисбий ўзгариши:

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \beta \sigma,$$

бу ерда β — бўйлама чўзилишдаги кўндаланг сиқилиш коэффициенти.

Силжиш деформациясини характерловчи силжиш бурчаги қуйидагича аниқланади:

$$\Psi = n \frac{F_\tau}{S} = n \rho_\tau = \frac{\sigma_\tau}{G},$$

бу ерда n — силжиш коэффициенти, F_τ — силжишга олиб келувчи куч, σ_τ — уринма кучланиш, G — силжиш модули.

Юнг модули E , силжиш модули G ва Пуассон коэффициенти μ ўзаро

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

муносабат билан боғланган.

Стерженнинг буралиш бурчаги:

$$\psi = \frac{2Ml}{\pi GR^4},$$

бу ерда M — буровчи момент, l — стержень узунлиги, R — стержень радиуси.

Эластик деформацияланган стерженнинг потенциал энергияси:

$$E_p = \frac{E \epsilon_l^2}{2} V,$$

бу ерда V — стержень ҳажми.

Эластик деформацияланган стержень энергиясининг зичлиги:

$$\omega = \frac{1}{2} E \epsilon_l^2.$$

8.1. Узунлиги 50 см бўлган резина арқонга осилган юк горизонтал текисликда ўзгармас тезлик билан шундай айлантирилмоқдаки, бунда арқон ҳаракатидан учидаги бурчаги 120° бўлган конуссимон сирт ҳосил бўлади. Агар юк ҳаракат қилмаганда арқоннинг чўзилиши 1 см бўлса, юк айлантирилаётганда арқоннинг нисбий узайиши қандай бўлган? Чўзилиш қўйилган кучга пропорционал, деб ҳисобланг.

8.2. 10°C ҳароратли алюминий стерженининг узунлиги 0°C даги узунлигига тенг бўлиши учун унга қандай куч қўйиш керак? Стерженнинг кўндаланг кесим юзасини $S = 1,5 \text{ см}^2$, Юнг модулини $E = 70 \text{ ГПа}$ деб олинг.

8.3. Резина арқон чўзилганда узунлиги 2 марта ортган. Агар чўзилгунга қадар арқоннинг диаметри 1 см бўлган бўлса, унинг чўзилгандаги диаметри қандай бўлади? Резина учун Пуассон коэффициентини 0,5 деб олинг.

8.4. Диаметри 2 мм бўлган пўлат сим 1 кН куч таъсири остида чўзилган бўлса, сим ҳажмининг нисбий ўзгаришини аниқланг. Пуассон коэффициентини $\mu = 0,3$ деб олинг.

8.5. Узунлиги қандай бўлганда вертикал осилган пўлат сим ўз оғирлиги таъсирида узила бошлайди? Пўлат учун мустаҳкамлик чегарасини $\rho_m = 0,63 \text{ ГПа}$.

8.6. Стержень бўйлама деформацияланганда ҳажмининг нисбий ўзгариши нолга тенг бўлса, стержень материали учун Пуассон коэффициентини топинг.

8.7. Узунлиги l бўлган тўғри сим юқори учига қўйилган куч таъсирида тик юқорига кўтарилмоқда. Тезланиш қандай бўлганда сим узилади?

8.8. Юқори учига қўйилган ўзгармас куч таъсирида a тезланиш билан тик юқорига кўтарилаётган l узунликдаги симнинг нисбий чўзилишини топинг.

8.9. Агар бўйлама йўналишда қўйилган куч таъсирида нисбий деформация $\epsilon_l = 0,001$, ўшанча кўндаланг куч таъсирида эса нисбий силжиш $\psi = 0,0027$ бўлса, алюминий стержень учун Пуассон коэффициентини аниқланг.

8.10. Кўзгули гальванометр рамкаси $M = 0,3 \text{ пН}\cdot\text{м}$ буровчи момент таъсирида $\varphi = 2^{\circ}$ га бурилган бўлса, рамка осилган ипнинг йўғонлигини топинг. Ипнинг узунлиги $l = 10 \text{ см}$, ип материалининг силжиш модули $G = 6,5 \text{ ГПа}$, деб олинг.

8.11. Узунлиги 2 м, кўндаланг кесим юзаси 1 мм^2 бўлган мис стержень чўзилганда $0,12 \text{ Ж}$ иш бажарилган бўлса, стерженининг нисбий чўзилишини топинг.

8.12. Нисбий чўзилиш $0,001$ га тенг бўлса, чўзилган пўлат стержень энергиясининг зичлигини топинг.

8.13. Бир-бирига томон $v = 2 \text{ м/с}$ тезлик билан келаётган, массалари $m = 2,0 \cdot 10^4 \text{ кг}$ дан бўлган иккита вагон тўқнашган. Агар $F = 40 \text{ кН}$ куч таъсирида пружина $x_0 = 1 \text{ см}$ га сиқилса, вагон буферлари пружинаси қанчага сиқилганлигини аниқланг.

8.14. Агар массаси $m = 60 \text{ кг}$ бўлган гимнастикачи $h = 8,0 \text{ м}$ баландликдан сакраб тушганда оғирлик кучи таъсирида эластик тўр $x_0 = 16 \text{ см}$ га чўзилса, шу тўрга гимнастикачи қандай куч билан таъсир қилган бўлади?

8.15. Массаси $m = 50 \text{ г}$ бўлган камон ўқининг энг катта учиш узоқлиги $S = 36 \text{ м}$ бўлган. Камонни чўзишда бажарилган иш тўласича ўққа кинетик энергия беришга сарфланади деб ҳисоблаб, камонни $x = 0,20 \text{ м}$ чўзиш учун қанча куч қўйиш зарурлигини аниқланг.

8.16. Чўзмадан тик юқорига отилган $m = 30$ г массали тош қандай баландликка кўтарилади? Чўзма резина тасмасининг кўндаланг кесими $S = 0,20$ см², узунлиги $l = 30$ см, чўзилиши 20 см, резина учун Юнг модули $E = 7,8$ МПа, деб олинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

8.17. Авианосец палубасига 100 км/соат тезлик билан қўнаётган самолёт тормозлаш арқонига илтиб олгач, тўхтагунча 50 м масофани босиб ўтган. Агар арқон бикрлиги унинг чўзилиш жараёнида ўзгармаса, ортикча юкланишни аниқланг.

8.18. Пружинага осиб қўйилган юк ётган тагликни $a < g$ тезланиш билан туширилмоқда. Агар бошланғич пайтда пружина чўзилмаган ҳолатда бўлса, у қандай узунликкача чўзилади? Жисм массаси m , пружина бикрлиги k , деб олинг.

9- § МЕХАНИК ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

Сўнувчи тебранишлар тенгламаси ва унинг ечими:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0, \quad x = A e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi),$$

бу ерда β — сўниш коэффициенти, ω — сўнувчи тебранишлар частотаси

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}.$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\theta = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} = \beta T.$$

Математик маятник кичик тебранишларининг даври:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g},$$

бу ерда l — маятник узунлиги, g — эркин тушиш тезланиши.

Пружинага осилган жисмнинг тебранишлари даври:

$$T = 2\pi \sqrt{m/k},$$

бу ерда m — жисм массаси, k — пружинанинг бикрлиги.

Физик маятник кичик тебранишларининг даври:

$$T = 2\pi \sqrt{L/g},$$

бу ерда $L = \frac{I}{md}$ — физик маятникнинг келтирилган узунлиги, I — маятникнинг тебраниш ўқига нисбатан инерция моменти, m — маятник массаси; d — масса марказидан тебраниш ўқигача бўлган энг қисқа масофа.

Буралма тебранишлар даври:

$$T = 2\pi \sqrt{I/k},$$

бу ерда I — инерция моменти, $k = \frac{M}{\varphi}$ (M — куч моменти, φ — буралиш бурчаги)

Сўнувчи тебранишлар даври;

$$T = 2\pi / \sqrt{k/m - \beta^2},$$

$$\beta = \frac{r}{2m} \text{ — сўниш коэффициенти.}$$

Мажбур этувчи $F = F_0 \cos \omega t$ куч таъсири остидаги мажбурий тебранишлар амплитудаси:

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}},$$

бу ерда $f_0 = \frac{F_0}{m}$, $\omega_0 = 2\pi \nu_0 = \sqrt{k/m}$, $\omega = 2\pi \nu$, ν ва ν_0 — сўниш бўлмаган ҳолдаги ва мажбур этувчи куч бўлмаган ҳолдаги хусусий тебранишлар частоталари.

Бир жинсли торнинг тебранишлар даври:

$$T = 2l \sqrt{m/F},$$

бу ерда l — тор узунлиги, m — тор узунлик бирлигининг массаси, F — торнинг таранглик кучи.

Гармоник тебранма ҳаракат қилаётган m массали моддий нуқтанинг тўла энергияси:

$$E = E_k + E_p = \frac{m \omega^2 A^2}{2}.$$

Тўлқиннинг тарқалиш тезлиги:

$$v = \lambda \nu,$$

бу ерда λ — тўлқин узунлиги.

Бўйлама тўлқиннинг ингичка стерженда тарқалиш тезлиги:

$$v = \sqrt{E/\rho},$$

бу ерда E — муҳитнинг Юнг модули, ρ — унинг зичлиги.

Кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги:

$$v = \sqrt{G/\rho},$$

бу ерда G — силжиш модули.

Бўйлама тўлқинларнинг чекланмаган эластик муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \sqrt{k/\rho},$$

бу ерда k — ҳар тарафлама сиқилиш модули.

Товушнинг баландлик даражаси, дБ:

$$|L_N = 10 \lg \frac{I}{I_0},$$

бу ерда I — товушнинг интенсивлиги, I_0 — эшитилувчанлик бўсағасидаги товуш интенсивлиги.

Доплер принципига кўра, кузатувчи қабул қилаётган товуш частотаси:

$$v' = \frac{c \pm v}{c \mp u} v,$$

бу ерда c — товушнинг тарқалиш тезлиги, v — кузатувчининг ҳаракатланиш тезлиги, u — товуш манбаининг тезлиги, v — манбаининг товуш частотаси. Манба ва кузатувчи бир-бирига яқинлашаётганда юқоридаги ишоралар, бир-биридан узоқлашаётганда эса пастдаги ишоралар олинади.

Тебранишлар

9.1. Массаси 5 г бўлган жисм тебраниши

$$x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3} \right)$$

тенглама билан ифодаланади. Жисмнинг тебраниш бошланганидан 20 с ўтган пайтдаги кинетик ва потенциал энергиялари қийматларини топинг. Жисмнинг тўла энергияси қандай бўлади?

9.2. Агар тебранишларнинг тўла энергияси 7,7 мЖ бўлса, амплитудаси 0,10 м, частотаси 2,0 Гц ва бошланғич фазаси 30° бўлган гармоник тебраниш бажараётган жисмнинг массасини аниқланг. Тебраниш бошланганидан қанча вақт ўтгач кинетик энергия потенциал энергияга тенг бўлади?

9.3. Тўла тебраниш энергияси 40 мЖ бўлиб, силжиш амплитудасининг ярмига тенг бўлган пайтда нуқтага таъсир қилаётган куч 2,0 Н бўлса, моддий нуқта гармоник тебранишларининг амплитудасини топинг.

9.4. Агар сўнишининг логарифмик декременти 0,031 бўлса, секундлик маятник тебранишларининг тўла энергияси 5 мин давомида неча марта камаяди?

9.5. Камертон тебранишларининг амплитудаси 15 с давомида 100 марта камайган. Тебранишларнинг сўниш коэффициентини топинг.

9.6. Частотаси 10 Гц, бошланғич амплитудаси 6 см, сўнишининг логарифмик декременти эса 0,01 бўлган сўнувчи гармоник тебранишнинг графигини чизинг.

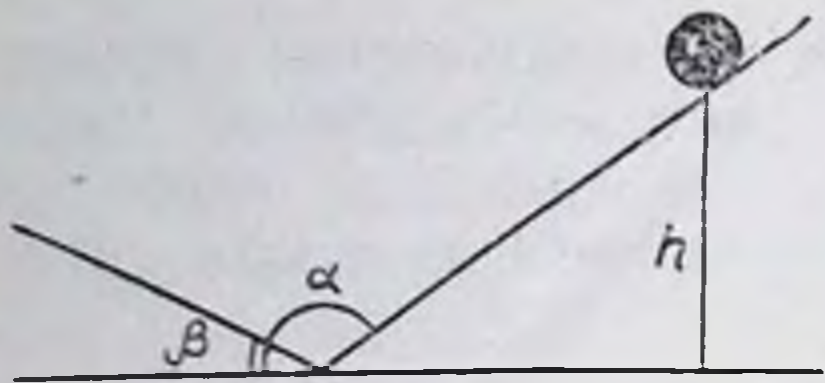
9.7. Маятникли соатни Ер сиртидан 20 км баландликка кўтарганда унинг юриши қандай ўзгаради?

9.8. Электропоезд вагонининг шифтига математик маятник осиб қўйилган. Вагон горизонтал йўналишида a тезланиш олганда маятникнинг тебранишлар даври неча марта ўзгаради?

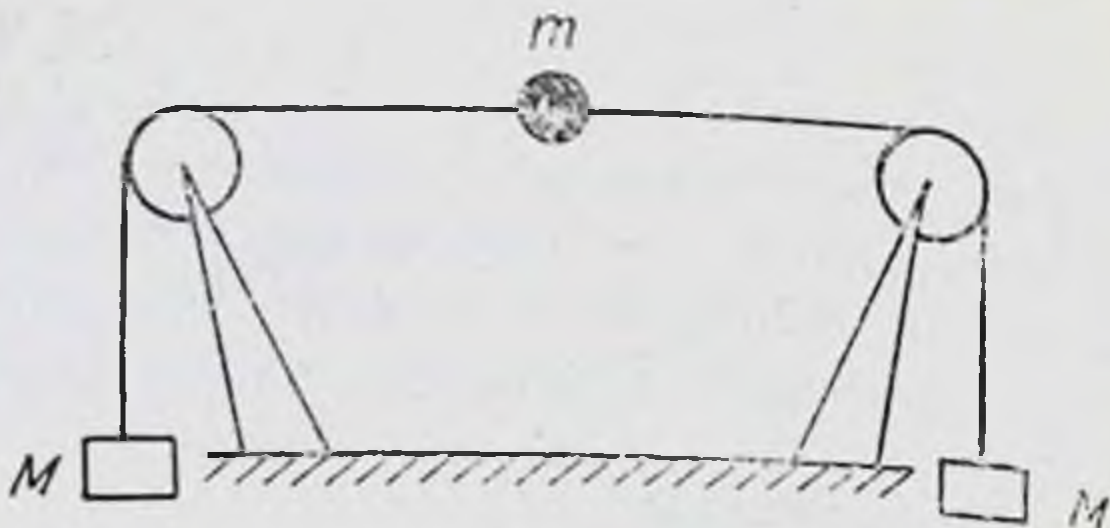
9.9. Пружинага осиб қўйилган $m = 200$ г массали шарча $\nu = 5,0$ Гц частота билан тебранмоқда. Пружинанинг эластиклик коэффициентини топинг.

9.10. Пружинали тарозига қўйилган юк мувозанат ҳолатида тарози стрелкасини юк қўйилмаган ҳолга тўғри келадиган вазиятидан $\Delta x = 2,0$ см га силжитган бўлса, юкнинг тарозида тебранишлари даврини аниқланг.

9.11. Қия текисликнинг унинг устида турган жисм сирпана бошлайдиган даражада тебранишлари (бўйлама йўналишда) частотасининг энг кичик қийматини топинг. Текисликнинг қиялик бурчаги $\alpha = 10^\circ$, тебранишлар амплитудаси $A = 10$ см, жисмнинг қия текисликка ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,4$ деб олинг.



9.1- расм



9.2- расм

9.12. Бир-бири билан $\alpha = 170^\circ$ бурчак ҳосил қилиб кесишадиган икки текислик орасига жойлаштирилган кичик оғир шарча қандай частота билан тебранади? Текисликлардан бири горизонт билан $\beta = 5^\circ$ бурчак ҳосил қилади, бошланғич пайтда шарча 10 см баландликда бўлган (9.1-расм). Ишқаланиш ва шарчанинг текисликка урилишни ҳисобга олманг.

9.13. Массаси $m_1 = 20$ г, кўндаланг кесим юзаси эса $s = 5$ см² бўлган стаканга $m_2 = 80$ г симоб қўйилган бўлиб, стакан сув бетида сузиб юрибди. Вертикал куч таъсири остида стакан мувозанат ҳолатидан чиқарилиб, қўйиб юборилади. Системанинг тебраниш даврини топинг.

9.14. Пружинага осиб, мойга ботириб қўйилган $m = 0,20$ кг массали юкнинг тебраниш даврини топинг. Мойнинг ишқаланиш коэффициенти $r = 0,50$ кг/с, пружинанинг бикрлиги $k = 50$ Н/м.

9.15. Узунлиги $l = 50$ см бўлган стержень унинг учидан $d = 12,5$ см масофада ётган нуқтаси орқали ўтган горизонтал ўқ атрофида тебранмоқда. Стерженнинг тебраниш даврини топинг.

9.16. Массаси $m = 60$ г, узунлиги $l = 49$ см бўлган стержень учларига $m_1 = 70$ г ва $m_2 = 90$ г массали иккита шарча ўрнатилган бўлиб, стержень ўртасидан ўтган горизонтал ўқ атрофида тебрана оладиган қилиб осиб қўйилган. Стерженнинг кичик тебранишлари даврини топинг.

9.17. Стерженни лифт ширфтига тебрана оладиган қилиб бир учидан осиб қўйилган. Стержень узунлиги 50 см. Агар лифт тик юқорига йўналган $1,2$ м/с² тезланиш билан ҳаракатланаётган бўлса, стерженнинг тебранишлари даврини топинг.

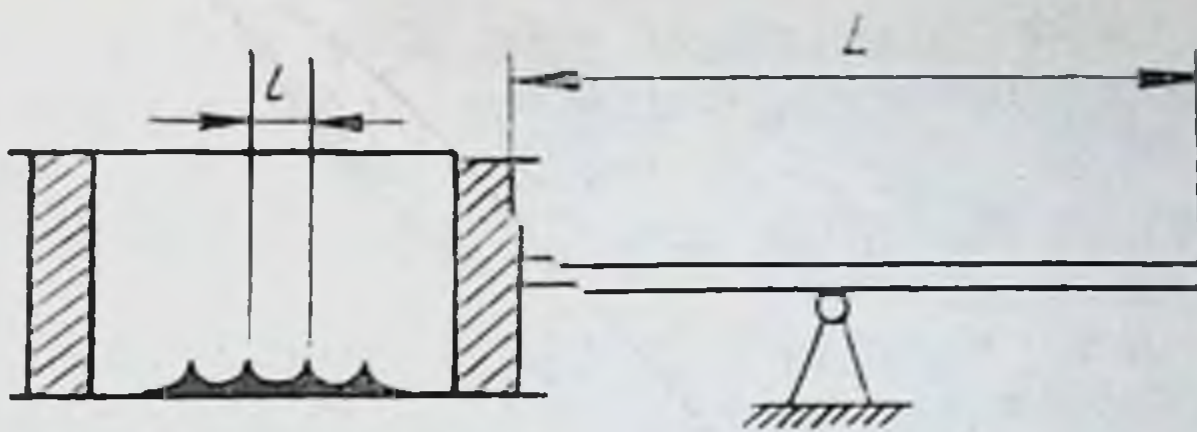
9.18. Радиуси $R = 0,10$ м бўлган диск унинг марказидан $R/2$ масофадан ўтиб, диск текислигига перпендикуляр бўлган горизонтал ўқ атрофида тебранмоқда. Дискнинг тебраниш частотасини топинг.

9.19. Ораларидаги масофа 1,0 м бўлган қўзғалмас блоклардан ўтказилган тор учларига массалари $M = 0,40$ кг дан бўлган юклар осиб қўйилган (9.2-расм). Торнинг ўртасига $m = 9,8$ г массали нуқтавий юк маҳкамланган. Юкнинг кичик кўндаланг тебранишлари даврини топинг. Торнинг массасини ва m юк ҳосил қилган бошланғич тарангликни ҳисобга олманг.

9.20. Радиуси $r = 1$ мм ва узунлиги $l = 1$ м бўлган пўлат симга осилган $R = 0,1$ м радиусли ширнинг буралма тебранишлари даврини топинг. Пўлат учун силжиш модулини $G = 80$ ГПа деб олинг.



9.3- расм



9.4- расм

9.21. Бикрлиги 20 Н/м бўлган пружинага осиб қўйилган $0,2 \text{ кг}$ массали юкнинг мажбурий тебранишлари амплитудасини топинг. Мажбур қилувчи куч амплитудаси 2 Н , частотаси эса юк тебранишлари хусусий частотасидан 2 марта ортиқ. Сўниш коэффициенти $0,5 \text{ с}^{-1}$ га тенг.

9.22. Чўзилмайдиган қобиққа эга бўлган шар шаклидаги зонд максимал баландликка кўтарилиб, мувозанат сатҳи атрофида тебранмоқда. Ҳар $h = 100 \text{ м}$ масофада (баландлик ортиб бориши билан) ҳавонинг зичлиги бир текис $\delta = 1,2 \cdot 10^{-2} \rho$ га камаяди деб ҳисоблаб, зонднинг тебранишлари даврини топинг. Шарнинг ҳавога ишқаланишини ҳисобга олманг.

9.23. Бикрлиги k бўлган пружина ёрдамида бир-бирига бириктирилган m_1 ва m_2 массали иккита шарча горизонтал текисликда ётибди. Пружинани чўзиб, қўйиб юборилади. Шарчаларнинг юзага келган тебранишлари даврини топинг. Ишқаланишни ҳисобга олманг.

9.24. A нуқтада турган жисм қайси ҳолда B нуқтага тезроқ етиб боради (9.3-расм) — сфера сирти бўйлаб сирпангандами ёки AB тўғри чирик бўйлабми? AB масофа сфера радиусидан анча кичик, ишқаланиш ҳар иккала ҳолда ҳам жуда кичик деб ҳисобланг. Жисмнинг бошланғич тезлиги нолга тенг деб олинг.

9.25. Қандай қилиб секундомер, пружина ва m_2 массаси аниқ бўлган жисм ёрдамида номаълум жисмнинг m_1 массасини аниқлаш мумкин?

Тўлқинли ҳаракат. Акустика

9.26. Тўлқин узунлиги $1,0 \text{ м}$, тебранишлар частотаси 340 Гц бўлган товуш тебранишларининг ҳавода тарқалиш тезлигини топинг. Агар тебраниш амплитудаси $0,2 \text{ мм}$ бўлса, ҳаво заррачалари силжишининг максимал тезлиги қандай бўлади?

9.27. Синусоидал тебранишлар манбандан қандай масофада $t = \frac{T}{2}$ пайтдаги силжиш амплитуданинг ярмига тенг бўлади? Тебраниш даври 10^{-3} с , тебранишларнинг тарқалиш тезлиги 340 м/с .

9.28. Сув юзидаги қайиқнинг тебраниш даври $4,0 \text{ с}$, қўшни тўлқин ўрқачлари орасидаги масофа эса $6,0 \text{ м}$ бўлса, кўлда тўлқинларнинг тарқалиш тезлигини топинг.

9.29. Агар ультратовушнинг мисда ва пўлатда тарқалиш тезлиги мос равишда 3600 ва 5500 м/с бўлса, ультратовуш тўлқинларининг узунлиги пўлатдан мисга ўтганда неча марта ўзгаради?

9.30. Агар темир учун Юнг модули 20 ГПа, темирнинг зичлиги 7800 кг/м³ бўлса, ультратовушнинг темирда тарқалиш тезлигини топинг.

9.31. Кўндаланг товуш тўлқинларининг мисда тарқалиш тезлигини топинг. Мис учун силжиш модули 12,0 ГПа, миснинг зичлиги эса 8900 кг/м³.

9.32. Сувнинг ҳар тарафлама сиқилиш модули 1,98 ГПа экаплиги маълум бўлса, товушнинг сувда тарқалиш тезлигини топинг.

9.33. Қемадан юборилган ультратовуш сигнали $h = 1,5$ км чуқурликдан қайтиб, $t = 2,1$ с дан кейин етиб келган бўлса, сувнинг ҳар тарафлама сиқилиш коэффициенти нимага тенг бўлади?

9.34. Узунлиги 0,50 м, диаметри 0,20 мм бўлган пўлат тор частотаси 430 Гц бўлган камертонга унисон созланган бўлса, торнинг таранглигини топинг.

9.35. 100 Н куч билан тортилган 1,0 мм диаметрли пўлат торда кўндаланг товуш тўлқинларининг тарқалиш тезлигини топинг.

9.36. 200 Н куч билан тортилган, узунлиги 10 м бўлган мис симда товуш тўлқинлари қандай тезлик билан тарқалади? Симнинг массаси 50 г.

9.37. Пўлат тор 100 Н куч билан тортилган бўлиб, унинг узунлиги 0,5 м, диаметри эса 0,3 мм бўлса, у тебраниш частотаси 430 Гц бўлган камертон билан секундига нечта тебраниш ҳосил қилади?

9.38. Кундг асбобидаги ўртасидан маҳкамланган $L = 0,50$ м узунликдаги стерженни бўйлама ишқаланганда шиша найга солинган кукун қалинлиги бир хил бўлмаган қатлам ҳосил қилган. Бунда қатлам қалинлиги максимумлари орасидаги масофа $l = 3,0$ см ни ташкил қилган (9.4- расм). Товушнинг ҳаводаги тезлигини 340 м/с деб олиб, унинг темирдаги тезлигини топинг.

9.39. Ҳаво билан тўлдирилган 1,0 м узунликдаги очиқ труба асосий тонининг частотасини топинг.

9.40. Ичига сув қуйилган, бир учи беркитилган 1,5 м узунликдаги трубада асосий тон частотаси қандай бўлади? Товушнинг сувда тарқалиш тезлигини 1,5 км/с деб олинг.

9.41. Самолёт шовқинининг 5 м узоқликдаги баландлиги 120 дБ, секин гаплашгандаги товуш баландлиги эса ўшанча масофа 40 дБ бўлса, бу икки товуш интенсивликлари ва уларнинг нисбати қандай бўлган?

9.42. Эшитиш бўсағасидаги ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²) ва оғриқ бўсағасидаги ($I = 10^2$ Вт/м²) товушлар неча децибелга фарқ қилади?

9.43. $v = 10$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган сув ости кемаси юбораётган $\nu = 30$ кГц частотали ультратовуш сигнали тўсиққа урилиб, ундан қайтиб келади. Юборилаётган ва қабул қилинаётган сигналлар частоталарининг фарқини топинг.

9.44. Иккита катер бир-бирига томон бир хил, $v = 10,0$ м/с тезлик билан ҳаракат қилмоқда. Биринчи катердан жўнатилаётган $\nu = 50,0$ кГц частотали ультратовуш сигнали иккинчи катердан қайтиб, яна биринчи катерда қабул қилиб олинади. Қабул қилиб олинаётган сигналнинг частотасини аниқланг.

9.45. Иккита электропоезд бир-бирига томон $v = 30,0$ м/с ва $v_2 = 10,0$ м/с тезлик билан яқинлашиб бормоқда. Биринчи поезд тонининг

юксаклиги $\nu = 500$ Гц частотага мос келадиган товуш билан ҳуштак чалди. Бу ҳуштакни иккинчи поезддаги йўловчи поездлар учрашишидан аввал ва учрашгандан сўнг қандай частотада қабул қилади? Агар сигнални иккинчи поезд бериб, йўловчи биринчи поездда бўлганда бу частоталар қандай бўларди?

9.46. Вертикал йўналишда пастга тушиб бораётган сув ости кемасининг гидролокатори пастга йўналган, давомийлиги τ_0 бўлган қисқа импульсли товуш сигналлари тарқатади. Гидроакустик томонидан қабул қилинаётган қайтган сигналлар давомийлиги эса τ га тенг. Кема қандай тезлик билан тушиб бормоқда? Денгиз тубини горизонтал, сувдаги товуш тезлигини v деб олинг.

10-§. БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШИ ҚОНУНИ

Бир-биридан r масофада жойлашган m_1 ва m_2 массали иккита моддий нуқта ўзаро

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

куч билан таъсирлашади, бу ерда G — гравитацион доимий.

Сайёраларнинг Қуёш атрофида ва йўлдошларнинг сайёралар атрофидаги ҳаракатида (шу жумладан, сунъий йўлдошларнинг ҳам) эллипслар катта ярим ўқларининг кублари сайёраларнинг айланиш вақтлари квадратларига пропорционал бўлади (Кеплернинг учинчи қонуни):

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}.$$

10.1. Ернинг биринчи сунъий йўлдошининг айланиш даври 1 соат 36 минут эди. Йўлдош доиравий орбита бўйлаб текис ҳаракат қилган деб ҳисоблаб, унинг Ер сиртидан қандай баландликда учганлигини топинг.

10.2. Ернинг сунъий йўлдоши экватор текислигидаги доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланиб, Ердан қараганда қўзғалмас бўлиб кўриниши учун уни қандай баландликка чиқариш керак? Ернинг радиуси $R_{\text{Ер}} = 6,37$ Мм, суткалик айланиш даври эса $T = 24$ соат деб олинг.

10.3. Ой сиртидаги жисм чексизликка учиб кетиши учун унга қандай тезлик бериш керак? Ойнинг массасини $M = 7,3 \cdot 10^{22}$ кг, радиусини $R = 1,74$ Мм деб олинг.

10.4. Ой доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланади деб ҳисоблаб, унинг Ер атрофидаги ҳаракат тезлигини топинг. Ернинг массасини $M_1 = 5,96 \cdot 10^{24}$ кг, Ой билан Ер орасидаги масофани эса $R = 384,4$ Мм деб олинг.

10.5. Ойга томон учиб бораётган космик ракета Ер марказидан қандай масофада Ер ва Ой томонидан бир хил куч билан тортилади? Ойнинг массаси Ер массасидан 81 марта кичик, улар орасидаги масофа эса Ернинг радиусидан 60 марта катта деб олинг.

10.6. Ер билан Қуёш орасидаги масофа 150 Гм, Қуёшнинг массаси эса $1,97 \cdot 10^{30}$ кг бўлса, Ер Қуёш атрофида қандай тезлик билан ҳаракатланади?

10.7. Ернинг радиуси 6,37 Мм, эркин тушиш тезланиши эса $9,8 \text{ м/с}^2$ эканлиги маълум бўлса, Ернинг ўртача зичлигини топинг.

10.8. Агар 1 Мм баландликка чиқарилган сунъий йўлдошнинг айланиш даври 106 минга тенг бўлса, Ернинг массасини топинг.

10.9. Ерғача масофа 384 Мм, Ернинг массаси эса $5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ га тенг деб олиб, Ойнинг орбита бўйлаб айланишининг ўртача тезлигини топинг.

10.10. Иккинчи космик тезликни, яъни ракета Ердан узоқлашиб, унинг таъсир доirasидан чиқиб кетадиган тезликининг энг кичик қийматини топинг.

10.11. Эльбрус чўққисида ($h = 6 \text{ км}$) жисмининг оғирлиги унинг денгиз сатҳидаги оғирлигига нисбатан қанчага камайиб қолади?

10.12. Қандай баландликда оғирлик кучининг тезланиши унинг Ер сиртидаги қийматидан икки марта кичик бўлади?

10.13. Қуёшга тортилиш кучи таъсирида Ер қандай тезланиш олади?

10.14. Сунъий сайёра бўлиб қолган космик ракета Қуёш атрофида 450 суткалик айланиш даври билан ҳаракатланади. Ернинг Қуёшдан ўртача узоқлашиш масофаси 149,5 Гм, айланиш даври эса 365 сутка 6 соат 9 минут 10 секунд эканлигини билган ҳолда сунъий сайёранинг Қуёшдан ўртача узоқлашиш масофасини топинг. Сайёраларнинг орбиталарини доиравий деб ҳисобланг.

10.15. Ердан Қуёшгача бўлган энг кичик ва энг катта масофалар мос равишда $r_1 = 147 \text{ Гм}$ ва $r_2 = 152 \text{ Гм}$, Ернинг орбита бўйлаб ўртача ҳаракат тезлиги эса $\langle v \rangle = 29,8 \text{ км/с}$ бўлса, Ернинг Қуёш атрофидаги ҳаракатининг перигелийдаги чизиқли тезлиги нимага тенг?

10.16. Массаси $5 \cdot 10^3 \text{ кг}$ бўлган жисмини Ер сиртидан сайёралараро фазога чиқариб юбориш учун бажариш лозим бўлган ишни топинг. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

10.17. Маълумки, орбитасининг радиуси ортиб боргани сари Ернинг сунъий йўлдошининг тезлиги камайиб боради. Шунга кўра йўлдошни каттароқ радиусли орбитага чиқариш учун ракета двигателлари камроқ иш бажаради дейиш мумкинми? Нима сабабдан?

10.18 Радиуси R бўлган сайёра зичлиги ρ бўлган сиқилмайдиган суюқликдан ташкил топган бўлса, шу суюқ сайёранинг марказидаги босимни топинг.

11-§. ГАЗЛАР МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРЯСИНING АСОСЛАРИ

Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси (Клаузиус тенгламаси):

$$p = \frac{2}{3} n \langle E_0 \rangle,$$

бу ерда p — газ босими, n — молекулалар концентрацияси, $\langle E_0 \rangle$ — молекула илгариланма [ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси.

Молекуланинг ўртача энергияси:

$$\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

бу ерда i — илгариланма айланма ва иккиланган тебранма эркинлик даража сонларининг йиғиндиси. Атомлари орасида мустаҳкам боғланишлар бўлган молекулалар учун i молекуланинг эркинлик даражалари сонига тенг¹, k — Больцман доимийси, T — газнинг термодинамик ҳарорати (температураси).

Газ босимининг молекулалар концентрацияси ва ҳароратга боғланиши:

$$p = nkT.$$

Идеал Газ ҳолати тенгламаси (Менделеев-Клапейрон тенгламаси):

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

бу ерда V , m ва M — газнинг ҳажми, массаси ва моляр массаси, R — моляр газ доимийси.

Газлар аралашмасининг босими (Дальтон қонуни):

$$p = \sum_{i=1}^z p_i,$$

бу ерда p_i — аралашма i — таркибий қисми (компоненти) нинг парциал босими, z — компонентлар сони.

¹11 — 14-§ лардаги барча масалаларда алоҳида таъкидланмаса, газни идеал деб, газ молекулаларини эса қаттиқ, маълум ҳажмга эга деб ҳисобланг.

Молекулаларнинг ўртача квадратик, ўртача арифметик ва энг катта эҳтимолли тезликлари:

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \quad \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, \quad \langle v_3 \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{M}}.$$

Максвелл тақсимоти:

$$dN(v) = N \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-m_0 v^2 / 2kT} 4\pi v^2 dv,$$

бу ерда $dN(v)$ — тезликлари v дан $v + dv$ гача бўлган молекулалар сони, N — молекулаларнинг умумий сони, m_0 — молекула массаси.

Барометрик формула:

$$p = p_0 e^{-\frac{Mg}{RT}(h-h_0)}$$

бу ерда p ва p_0 — газнинг h ва h_0 баландликлардаги босимлари.

Больцман тақсимоти:

$$n = n_0 e^{-\frac{E-E_0}{kT}}$$

бу ерда n_0 ва E_0 — заррачаларнинг h_0 баландликдаги концентрацияси ва потенциал энергияси.

Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси

11.1. Углероддан ташкил топган микроскопик чанг заррасининг массаси 0,1 кг. Заррача қанча атомдан иборат эканлигини топинг.

11.2. Даволашда қўлланиладиган радонли ваннада 1,0 дм³ ҳажмдаги сувга $1,8 \cdot 10^6$ та радон атоми аралаштирилган бўлади. Бундай ваннадаги қанча сув молекуласига битта радон атоми тўғри келади?

11.3. Диссоциация даражаси 7,0% бўлган 1,0 г азотда қанча заррача (атом ва молекулалар) бор?

11.4. Ҳарорати (температураси) 20°C бўлган симоб буглари билан заҳарланган хонадаги 1,0 м³ ҳавода қанча симоб атоми бор? Мазкур ҳароратда (температурада) симобнинг тўйинган буглари босимини 133 мПа деб олинг.

11.5. Нормал шароитда $1,0 \cdot 10^6$ та идеал газ молекуласидан ташкил топган кубнинг қирраси узунлигини топинг.

11.6. Нормал атмосфера босимида очиқ идишдаги газ 27°C дан 327°C гача иситилган. Бунда бирлик ҳажмдаги газ молекулаларининг сони қанчага ортган?

11.7. Ҳажми 1 дм³ бўлган идишда ҳарорати (температураси) 17°C бўлган газ бор. Газнинг сирқиши натижасида идишдан 10^{21} молекула чиқиб кетган бўлса, газнинг босими қанчага ўзгарган?

11.8. Ҳажми 3,0 дм³ бўлган идишда 4,0 мг гелий, 70 мг азот ва $5,0 \cdot 10^{21}$ та водород молекуласи бор. Аралашманинг ҳарорати 27°C бўлса, унинг босими қандай бўлади?

11.9. Қирраси $l = 1,0$ см бўлган куб шаклидаги берк идишда N та ҳаво молекуласи бор. Идиш девори шундайки, унга урилган ҳаво молекуласи $\tau = 1,0 \cdot 10^{-2}$ с давомида деворда қолади. Идишнинг ҳарорати 300 К бўлса, идиш деворидаги ҳаво молекуласи сонини топинг.

11.10. Қосмик алоқани амалга ошириш учун 100 м³ ҳажмли сунъий йўлдошдан фойдаланилади. Йўлдош нормал шароитдаги ҳаво билан тўлдирилган бўлиб, унга урилган метеорит йўлдош корпусида юзаси $S = 1,0$ см² бўлган тешик очган. Йўлдош ичидага босим $1,0\%$ га ўзгариши учун кетадиган вақтни топинг. Газ ҳарорати ўзгармайди деб ҳисобланг.

11.11. Герметик ёпиқ идиш ичида тенг миқдордаги кислород билан гелийни аралаштириб, сўнгра идиш деворида тешик очилган. Тешикдан чиқаётган молекулалар оқимининг таркиби қандай бўлади?

11.12. 18°C ҳароратли $1,0$ моль водородда бўлган молекулалар айланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясини топинг.

11.13. 16°C ҳароратли $7,0$ г азот молекулаларининг энергиясини топинг. Бу энергиянинг қанча қисми илгариланма ҳаракатга, қанча қисми айланма ҳаракатга тегишли? Азот молекулаларининг тебранма эркинлик даражалари уйғотилмайди деб ҳисобланг.

11.14. Ҳажми $2,0$ дм³ бўлган идишда газ $0,50$ МПА босим остида турибди. Газ молекулалари илгариланма ҳаракатининг кинетик энергиясини топинг.

11.15. 700°C ҳароратли 12 г кислород молекулаларининг 40% и атомларга диссоциацияланган. Заррачалар иссиқлик ҳаракатининг энергияси қанчага тенг? Кислород молекулаларининг тебранма эркинлик даражалари уйғотилмаган деб ҳисобланг.

11.16. $1,00 \cdot 10^3$ К ҳароратда тўрт атомли (ҳажмга эга бўлган) молекулалардан ташкил топган газнинг барча эркинлик даражалари (шу жумладан, тебранма эркинлик даражалари ҳам) уйғотилади. Мазкур газ молекулаларининг ўртача энергиясини топинг. Бу энергиянинг қанча қисми илгариланма ҳаракатга тегишли бўлади?

11.17. Товуш тезлигига яқин тезлик билан учаётган самолётнинг сирти ҳавога ишқаланиш натижасида қандай ҳароратгача қизиши мумкин? Ҳаво қаттиқ азот молекулаларидан ташкил топган деб ҳисобланг. Ҳаво ҳароратини — 10°C деб олинг.

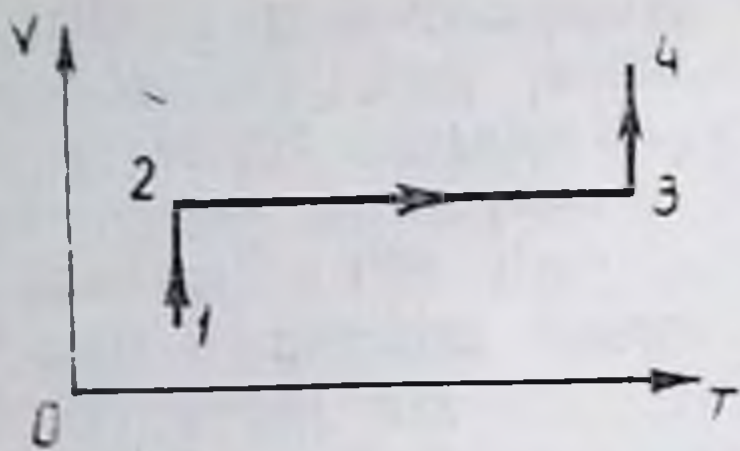
Газ қонунлари

11.18. Идеал газ аввал изобарик кенгайиб, сўнгра изотермик сиқилган. Бу жараёнларни p, T ва V, T координаталарда тасвирланг.

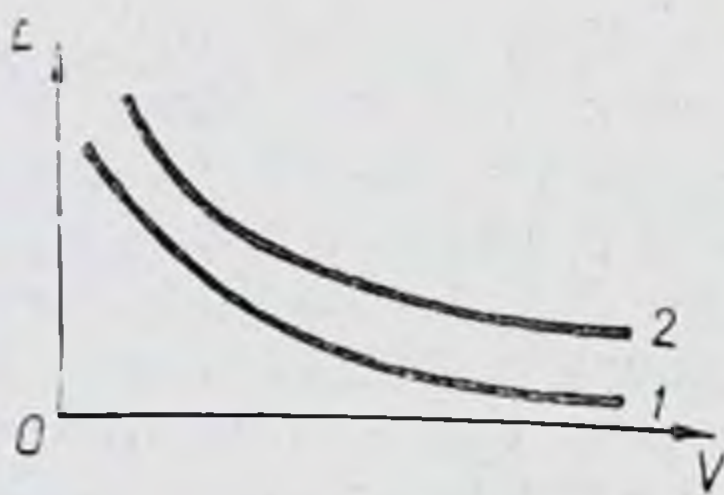
11.19. Изотермик жараёнда бирор массали идеал газ зичлиги ρ нинг босими p га боғланишини график усулда тасвирланг.

11.20. Маълум массали идеал газ изохорик равишда қиздирилиб, сўнгра изобарик равишда сиқилади. Бу жараёнларнинг: а) p, V ; б) p, T ва в) p, T координаталардаги графикларини тасвирланг.

11.21. Маълум массали идеал газ изобарик равишда қиздирилади, сўнгра изотермик сиқилиш ва изохорик совитилиш натижасида бошланғич ҳолатга қайтади. Бу жараёнларни p, V ва p, T координаталарда тасвирланг.



11.1- расм



11.2- расм

11.22. 11.1-расмда маълум массали идеал газда кечган жараёнлар тасвирланган. Шу жараёнларни p, V ва p, T координаталарда тасвирланг.

11.23. 11.2- расмда m массалари бир хил, M моляр массалари эса ҳар хил бўлган бир хил ҳароратли икки идеал газ учун изотермалар тасвирланган. Қайси изотерма моляр массаси каттароқ бўлган газга тегишли эканлигини аниқланг. Газларнинг моляр массалари M бир хил, массалари m эса ҳар хил бўлганда натижа қандай ўзгаради?

11.24. Муайян газнинг бир хил ҳажми эгаллайдиган ҳар хил массалари учун олинган икки изохорани p, T координаталарда график усулда тасвирланг.

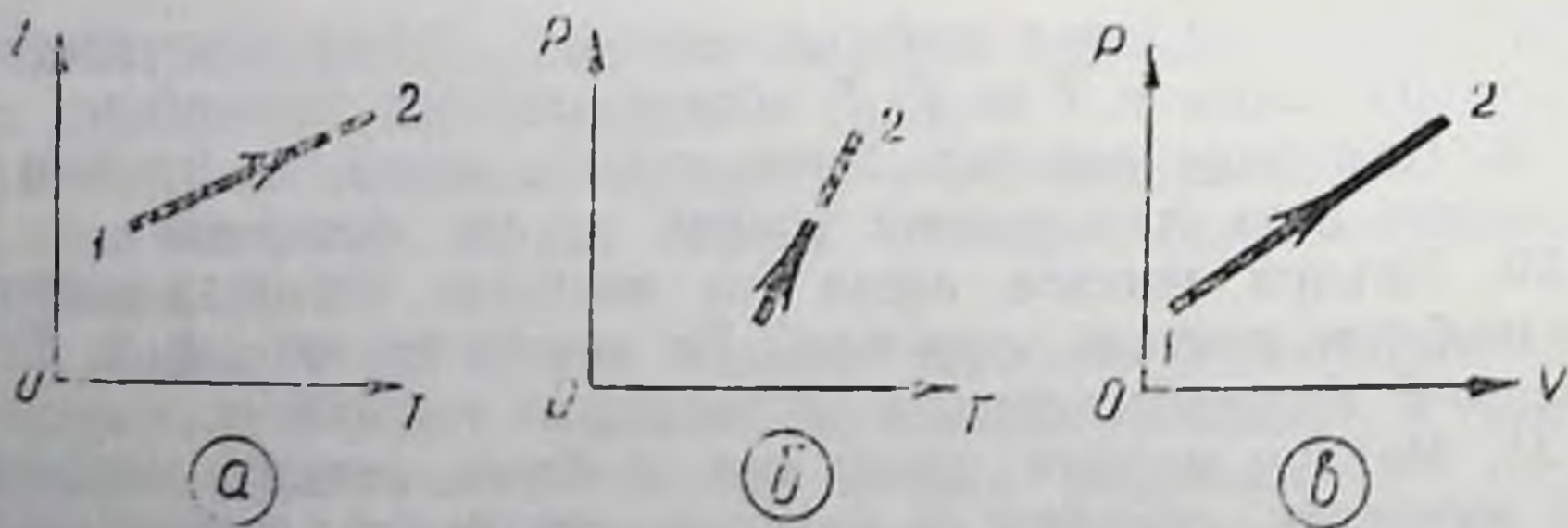
11.25. 11.3-расмдаги графиклар билан тасвирланган жараёнларда муайян массали идеал газ босими (а), ҳажми (б) ва ҳарорати (в) ўзгаришининг характерини аниқланг.

11.26. Торричелли тажрибасини ўтказиш пайтида барометрик най тубида ҳажми $2,0 \text{ мм}^3$ бўлган ҳаво пуфакчаси ҳосил бўлди. Пуфакча кўтарилиб, найдаги симоб сатҳидан $1,0 \text{ см}$ масофада туриб қолган бўлса, унинг ҳажми қанча бўлиб қолган?

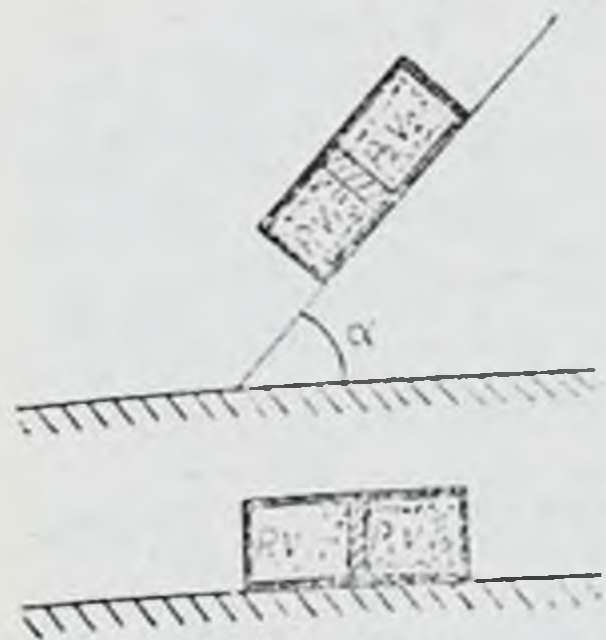
11.27. Кўл тубидан унинг сиртига чиққунча ҳаво пуфакчасининг ҳажми 3 марта катталашган. Кўлнинг чуқурлиги қанча?

11.28. Диаметри 20 см бўлган шар ичида $7,0 \text{ г}$ ҳаво бор. Шарнинг девори $0,30 \text{ МПа}$ босимга бардош берса, шарни қандай ҳароратгача қиздириш мумкин? Ҳавонинг моляр массаси $M = 0,029 \text{ кг/моль}$.

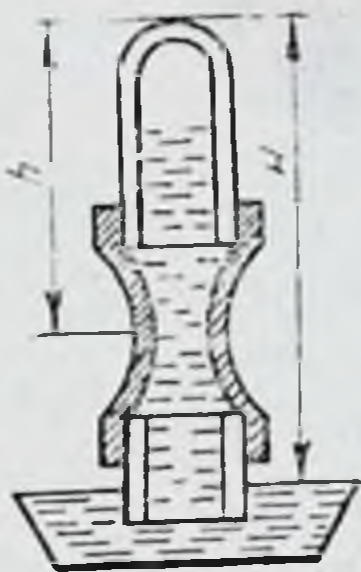
11.29. Маълум массали газни ўзгармас босим остида 1 К га иситилганда унинг ҳажми бошланғич қийматининг $1/300$ қисмига ортган. Газнинг бошланғич ҳароратини топинг.



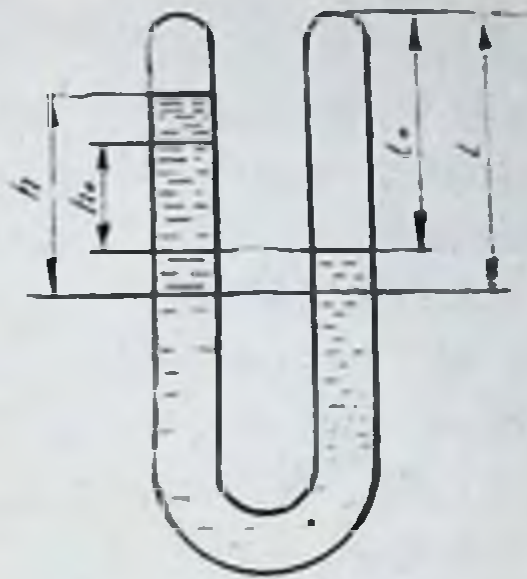
11.3- расм



11.4- расм



11.5- расм



11.6- расм

11.30. Ичида ҳавсин бўлган $0,40 \text{ дм}^3$ сифимли оғзи очиқ шиша колба 127° гача иситилган. Иситилган колбани бўғзи билан сувга бо-тирилиб, уни 27°C гача совитилса, колбага кирган сув қанча ҳажм-ни эгаллайди?

11.31. Ҳажми $V = 2,5 \text{ дм}^3$ бўлган бўш футбол түпини дамлаб, ун-даги босимни атмосфера босимдан 4 марта срттириш учун поршенли насос билан неча марта дам бериш зарур бўлади? Ҳар бир дам бериш-да насос атмосферадан ҳажми $V_0 = 200 \text{ см}^3$ бўлган ҳавони сўриб ола-ди. Түпининг ҳароратини ўзгармас деб ҳисобланг.

11.32. Ҳажми $V_0 = 1,5 \text{ дм}^3$ бўлган баллондаги босимни $k = 100$ марта камайтириш учун поршенли насос неча марта ҳаво сўриб олиши керак? Насос камерасининг ҳажми $V = 100 \text{ см}^3$. Газни сўриб олиш пайтида ҳароратнинг ўзгаришини ҳисобга олманг.

11.33. Сифими 15 дм^3 бўлган баллонда $0,2 \text{ МПа}$ бссимли газ бор, иккинчи баллонда эса худди шундай газ 1 МПа босим остида турибди. Ҳароратлари бир хил бўлган иккала баллон жўмракли найча орқали бирлаштирилган. Жўмрак очиб қўйилса, ҳар иккала баллонда босимлар $0,4 \text{ МПа}$ га тенг бўлиб қолади. Иккинчи баллоннинг сифими қандай?

11.34. Ҳаво тўлдирилган, иккала учи берк най ичида унинг девор-ларига жипс ёпишиб турадиган, массаси $m = 4,0 \text{ кг}$ ва юзаси $2,0 \text{ дм}^2$ бўлган поршень ишқалишсиз ҳаракат қила олади. Найнинг горизонт билан $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилган қия текисликдан сирпаниб туши-шида поршеннинг ҳар иккала томонидаги ҳаво ҳажмлари нисбатини топинг (11.4- расм). Най билан текислик орасидаги ишқаланиш коэф-фициенти $\mu = 0,25$. Най горизонтал ҳолатда турганда ундаги ҳаво бо-симни $p = 1,25 \text{ кПа}$ га тенг бўлиб, бунда поршень найнинг ўртасига келиб қолади. Найдаги ҳаво ҳароратини ўзгармас деб ҳисобланг.

11.35. Агар косали симоб барометри вертикал найининг симоб сат-ҳидан пастда жойлашган бир қисми юмшоқ резинадан ясалган бўлса, (11.5-расм), барометрнинг кўрсатишлари тўғри бўладими?

11.36. Косали симоб барометрига ҳаво кириб қолганлиги туфайли нормал шаронгта барометр $98,6 \text{ кПа}$ босимни кўрсатган. Найдаги си-моб сатҳидан найининг берк учигача бўлган масофа $10,0 \text{ см}$. Барометр 20°C ҳароратда $97,3 \text{ кПа}$ босимни кўрсатаётган бўлса, атмосфера боси-мининг ҳақиқий қиймати қандай бўлган? Симоб ва найининг иссиқлик-дан кенгайишини ҳисобга олманг.

11.37. Иккала учи беркитилган U-симон най сув билан тўлдирилган (11.6-расм). Найнинг бир томонидан ҳаво сўриб олинган, иккинчи томонидаги ҳавонинг 20°C даги босими эса нормал атмосфера босимига тенг. Найни 100°C гача қиздирилганда иккала қисмдаги сув сатҳлари фарқи қанча бўлади? $l_0 = 15$ м деб олинг.

11.38. Иккита бир хил ҳажмли идишда массалари тенг бўлган гелий ва аргон бор. Газларнинг ҳароратлари бир хил бўлса, гелийнинг босими аргонникидан неча марта ортиқ?

11.39. Қлапан очиб юборилганда, буғ машинасининг 20 дм³ ҳажмли цилиндридаги босим $\Delta p = 0,81$ МПа га камайган. Цилиндрдан чиқиб кетган буғнинг массасини топинг. Буғнинг ҳароратини 100°C деб олинг.

11.40. Нормал шароитда газометрга $0,50$ кг карбонат ангидрид гази сиғади. Агар термометр 17°C ни, манометр эса $93,3$ кПа ни кўрсатаётган бўлса, газометрдаги карбонат ангидриднинг массасини топинг.

11.41. Босими $0,20$ мПа, ҳарорати эса 7°C бўлган газнинг зичлиги $2,41$ кг/м³ га тенг. Газнинг моляр массаси қанча?

11.42. Нормал шароитда барометрик найга ҳаво кириб қолганлиги туфайли, барометр $0,10$ МПа босимни кўрсатган. Симоб устидага ҳавонинг зичлиги қанча?

11.43. 20°C ҳароратли газ $0,50$ МПа босим остида турибди. Газ ҳарорати 80°C гача кўтарилса, унинг зичлигини 2 марта орттириш учун қандай босим керак бўлади?

11.44. $8,0$ г кислород ва 22 г карбонат ангидриддан иборат газ аралашмасининг моляр массасини топинг.

11.45. Массасига кўра ҳаво 76% азотдан, 23% кислороддан ва 1% аргондан иборат деб ҳисоблаб, унинг моляр массасини топинг.

11.46. $2,8$ кг азот ва $3,2$ кг кислороддан иборат аралашманинг 17°C ҳарорат ва $0,40$ МПа босимдаги ҳажмини топинг.

11.47. Сифими 14 дм³ бўлган баллонда гелий билан кислороднинг ҳарорати 7°C , босими эса $0,12$ МПа бўлган 64 г аралашмаси бор. Аралашмадаги гелий ва кислород массаларини топинг.

11.48. $8,0$ г гелий ва $4,0$ г аргондан иборат аралашманинг 17°C ҳарорат ва $0,10$ МПа босимдаги зичлигини топинг.

11.49. Бир қисм водород ва саккиз қисм кислороддан иборат аралашма қалдиरोқ газ деб аталади. Қалдиरोқ газнинг нормал шароитдаги зичлигини топинг.

Максвелл ва Больцман тақсимотлари.

Барометрик формула

11.50. Радий атомининг ядросидан $15,3$ мм/с тезлик билан α -заррачалар ($M = 0,004$ кг/моль) учиб чиқмоқда. Қандай ҳароратда гелий атомлари айнан шундай ўртача квадратик тезликка эга бўладилар?

11.51. Массаси 20 г бўлган кўп атомли газ молекулаларининг тўла кинетик энергияси $3,2$ кЖ га тенг. Шу газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлигини топинг.

11.52. 18°C ҳароратли ҳавода муаллақ ҳолатда турган $0,10$ кг массали чанг заррачасининг ўртача квадратик ва ўртача арифметик тезликларини топинг.

11.53. Водород молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги айнан шу ҳароратдаги сув буғи молекулаларининг ўртача квадратик тезлигидан неча марта катта?

11.54. Қандай ҳароратда аргон молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 100 К ҳароратли гелий молекулаларининг ўртача квадратик тезлигига тенг бўлади?

11.55. Ҳажми 1 дм³ бўлган идишда 80 кПа босим остида 6 г газ бор. Газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлигини топинг.

11.56. Зичлиги 30 г/м³ бўлиб, идиш деворларига 3,6 кПа босим бераётган газнинг молекулалари қандай ўртача квадратик тезликка эга бўлади?

11.57. Ҳажми 1,0 см³ бўлган идишда 20 кПа босим остида $5,0 \times 10^{19}$ та гелий молекуласи бор. Шу шароитдаги молекулаларнинг ўртача квадратик тезлигини аниқланг.

11.58. Газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 600 м/с эканлиги маълум бўлса, уларнинг ўртача арифметик тезлигини аниқланг.

11.59. 127°C ҳароратда метан ва гелий молекулаларининг энг катта эҳтимолли тезликлари қандай бўлади?

11.60. Максвелл тақсимоидан ва молекулалар v тезлигининг энг катта эҳтимолли v_3 тезлигига нисбатига тенг бўлган нисбий u тезлик тушунчасидан фойдаланиб, қуйидаги кўринишдаги Максвелл тақсимоидини келтириб чиқаринг:

$$dN(u) = N \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du.$$

11.61. 7°C ҳароратда азот молекулаларининг қандай қисми 500 дан 510 м/с гача тезликка эга бўлади?

11.62. 0° ва 300°C ҳароратларда кислород молекулаларининг қандай қисми энг катта эҳтимолли тезликдан 10 м/с дан ортиқ фарқ қилмайдиган тезликларга эга бўлади?

11.63. 0°C ҳароратли водороднинг тезликлари 2,0 дан 2,01 км/с гача бўлган молекулалари сонининг тезликлари 1,0 дан 1,01 км/с гача бўлган молекулалари сонига нисбатини топинг.

11.64. Агар тоғ чўққисидаги босим денгиз сатҳидаги босимнинг ярмига тенг бўлса, тоғнинг баландлигини топинг. Ҳароратни ҳамма ерда бир хил ва 0°C га тенг деб ҳисобланг.

11.65. Ер сиртида барометр 101 кПа ни кўрсатмоқда. Агар барометрни 540 м баландликка эга бўлган Останкино телевизион минорасига олиб чиқилса, унинг кўрсатишлари қандай бўлади? Ҳароратни ҳамма ерда бир хил ва 7°C га тенг деб ҳисобланг.

11.66. Вертолёт маълум баландликкача кўтарилганда унинг кабинасига жойлаштирилган барометрнинг кўрсатиши 11 кПа га ўзгарган. Агар учиш майдончасида барометр 0,1 МПа ни кўрсатган бўлса, вертолёт қандай баландликда учмоқда? Ҳароратни ҳамма ерда бир хил ва 17°C га тенг деб ҳисобланг.

11.67. Денгиз сатҳидан 2,0 км баландликдаги ҳавонинг ҳажм бирлигидаги молекулалар сони ва босими қандай бўлади? Денгиз сатҳидаги босим 101 кПа, ҳарорат эса 10°C. Ҳароратнинг баландлик ортиши билан ўзгаришини ҳисобга олманг.

11.68. Массалари 1 аг дан бўлган чанг заррачалари ҳавода муаллақ турибди. Чанг заррачаларининг концентрацияси 1,0% дан ортиқ фарқ қилмайдиган ҳаво қатламнинг қалинлигини аниқланг. Ҳавонинг ҳарорати ҳамма ерда бир хил ва 27°C га тенг деб ҳисобланг.

11.69. Ер сирти яқинида водород атомлари азот молекулаларидан деярли $1,0 \cdot 10^6$ марта кам. Қандай баландликда водород ва азот молекулалари сони тенг бўлади? Атмосферанинг ўртача ҳароратини 0°C деб олинг.

12-§. ГАЗЛАРДА КЎЧИШ ҲОДИСАЛАРИ

Газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш масофаси:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n},$$

бу ерда d — молекулаларнинг эффе́ктив диаметри, n — молекулалар концентрацияси.

Газ молекуласининг вақт бирлигидаги ўртача тўқнашишлари сони:

$$\langle z \rangle = \sqrt{2} \pi d^2 n \langle v \rangle.$$

Ҳажм бирлигидаги молекулаларнинг вақт бирлиги ичидаги тўла тўқнашишлари сони:

$$z = \frac{1}{2} \langle z \rangle n.$$

Газда жойлаштирилган бирлик юзага вақт бирлиги ичида урилаётган молекулалар сони

$$z_0 = \frac{n \langle v \rangle}{4}.$$

X ўқига перпендикуляр жойлашган dS юзача орқали dt вақт ичида диффузияланаётган газ муайян компонентасининг dm массаси:

$$dm = -D \frac{d\rho}{dx} dS dt,$$

бу ерда D — диффузия коэффи́циенти, $\frac{d\rho}{dx}$ — зичлик градиенти. Манфий ишора масса зичлик камайиши йўналишида кўчири́лаётганини кўрсатади.

Диффузия коэффи́циенти:

$$D = \frac{1}{2} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle.$$

Турли тезликлар билан ҳаракатланаётган dS юзали иккита қатлам орасидаги ички ишқаланиш кучи:

$$dF = -\eta \frac{dv}{dx} dS,$$

бу ерда η — динамик қовушоқлик, $\frac{dv}{dx}$ — газ оқими тезлигининг dS юзачага перпендикуляр йўналишдаги градиенти. Манфий ишора тезроқ

ҳаракат қилаётган қатламларга таъсир қилувча ишқаланиш кучи тезликка қарама-қарши йўналганлигини кўрсатади.

Динамик қовушоқлик:

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho,$$

бу ерда ρ — газнинг зичлиги.

X ўқига перпендикуляр жойлашган dS юза орқали dt вақт ичида олиб ўтилган иссиқлик миқдори:

$$dQ = -\chi \frac{dT}{dx} dS dt,$$

бу ерда χ — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, $\frac{dT}{dx}$ — ҳарорат (температура) градиенти. Манфий ишора ички энергия ҳароратнинг камайиш томонига кўчириляётганини кўрсатади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини:

$$\chi = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \rho c_v,$$

бу ерда c_v — газнинг ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифими.

Молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги.

Тўқнашишлар сони

12.1. Юлдузлараро фазода ҳар 15 см^3 ҳажмга битта молекула тўғри келади. Атрофдаги молекулалар водород молекулаларидан иборат деб фараз қилиб, молекулаларнинг ўртача эркин югуриш йўли узунлигини топинг.

12.2. Ораларидаги ўртача масофа 4 нм бўлса, гелий молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлигини топинг.

12.3. Ҳаво молекулаларининг нормал босимдаги ўртача эркин югуриш йўли $62,1 \text{ нм}$. Ўта юқори вакуумдаги ($1,33 \text{ нПа}$) ҳаво молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўлини топинг. Ҳарорат бир хил бўлган деб ҳисобланг.

12.4. Сифими 10 дм^3 бўлган баллонда $2,0 \text{ г}$ гелий бор. Гелий молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлигини аниқланг.

12.5. Агар молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги $1,0 \text{ см}$ бўлса, сийраклаштирилган кислороднинг зичлиги қанча?

12.6. $0,10 \text{ МПа}$ босим остидаги аргон молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги $0,10 \text{ мкм}$ бўлса, мазкур молекулаларнинг ўртача квадратик тезлигини топинг.

12.7. Диаметри $0,10 \text{ м}$ бўлган колбада 20°С ҳароратли азот бор. Вакуум олиш учун шу колбада қандай босим ҳосил қилиш керак?

12.8. Диаметри $l = 0,50 \text{ м}$ бўлган колбада 0°С ҳароратли кислород бор. Босим 133 мкПа бўлганда баллондаги газ ҳолатини юқори вакуум деб ҳисобласа бўладими?

12.9. Диаметри $l = 0,40$ м бўлган сферик идишда 20°C ҳароратли азот бор. Қандай босимда азот молекулалари амалда ўзаро тўқнашмай қолади?

12.10. Сигими $2,0$ дм³ бўлган сферик идишда водород бор. Водород зичлиги қандай бўлганда унинг молекулалари амалда тўқнашмай қолади?

12.11. 100°C ҳарорат ва $13,3$ Па босимда водород молекулаларининг иккита кетма-кет тўқнашишлари орасидаги вақтнинг ўртача қиймати қандай бўлади?

12.12. Гелий молекулаларининг нормал шароитдаги ўртача эркин югуриш йўли узунлиги 230 нм. Гелий молекулаларининг $1,0$ мПа босим ва 17°C ҳароратдаги ўртача эркин югуриш вақтини топинг.

12.13. Нормал шароитда карбонат ангидрид молекулалари $1,0$ с ичида неча марта тўқнашишади?

12.14. Бирор газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 900 м/с, шу шароитда уларнинг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги $4,0$ мкм бўлса, молекулаларнинг 1 с ичидаги ўртача тўқнашишлар сонини топинг.

12.15. Муайян босим ва 21°C ҳароратда водород молекулаларининг ўртача югуриш йўли узунлиги 90 нм га тенг. Изотермик (жараён натижасида газнинг босими 3 марта ортган. Жараён охирида водород молекулаларининг 1 с даги ўртача тўқнашишлар сонини топинг.

12.16. Муайян босим ва 47°C ҳароратда кислород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги 40 нм га тенг. Изотермик сиқиш туфайли газ ҳажми 2 марта камайган. Сиқиш охирида кислород молекулаларининг $1,0$ с даги ўртача тўқнашишлар сонини топинг.

12.17. $1,0$ дм³ сигимли идишда $0,20$ МПа босимда 7°C ҳароратли азот бор. Идишдаги азот молекулаларининг $1,0$ с даги тўқнашишлари сонини топинг.

12.18. Рентген трубкасининг катода юзаси $1,0$ см² бўлган диск кўринишида ясалган. 17°C ҳарорат ва $13,3$ МПа босимда 1 с да катодга урилаётган ҳаво молекулалари сонини топинг.

12.19. Газнинг босими: 1) изотермик ва 2) изохорик жараёнларда 4 марта ортса, бир атомли газ молекулаларининг 1 с ичида идиш деворининг 1 м² юзасига урилишлари сони қандай ўзгаради?

Газларнинг диффузияси, қовушоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлиги

12.20. Гелий молекулаларининг нормал шароитдаги ўртача эркин югуриш йўли узунлиги $0,23$ мкм. Гелийнинг мазкур шароитдаги диффузия коэффициентини аниқланг.

12.21. Кислороднинг нормал шароитдаги диффузия коэффициентини аниқланг.

12.22. Гелийнинг муайян шароитдаги диффузия коэффициенти 92 мм²/с бўлса, шу шароитда водороднинг диффузия коэффициенти қандай бўлади?

12.23. Нормал шароитда кислороднинг диффузия коэффициенти $14,1$ мм²/с. Газ ўзгармас ҳажмда иситилса, 50°C ҳароратда унинг диффузия коэффициенти қандай бўлади?

12.24. Изотермик кенгайиш туфайли босими 2 марта камайганда икки атомли газнинг диффузия коэффициентини неча марта ўзгаради?

12.25. Карбонат ангидрид газининг нормал шароитдаги диффузия коэффициентини $10 \text{ мм}^2/\text{с}$ га тенг. Шу шароитдаги карбонат ангидриднинг динамик қовушоқлигини топинг.

12.26. Ҳарорати 7°C бўлиб, $0,10 \text{ МПа}$ босим остида бўлган азотнинг диффузия коэффициентини ва динамик қовушоқлигини ҳисоблаб топинг.

12.27. 0°C ҳароратда гелийнинг динамик қовушоқлиги $16,3 \text{ МкПа} \cdot \text{с}$ бўлса, гелий молекуласининг диаметрини аниқланг.

12.28. Агар нормал шароитда ҳавонинг динамик қовушоқлиги $17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ бўлса, унинг 100°C ҳарорат ва нормал босимдаги динамик қовушоқлигини топинг.

12.29. Қандай ҳароратда азотнинг динамик қовушоқлиги 19°C ҳароратли водороднинг динамик қовушоқлигига тенг бўлади?

12.30. Радиуслари 5 ва 5,5 см бўлган коаксиал цилиндрлар орасидаги бўшлиқ 0°C ҳароратли кислород билан тўлдирилган. Босимнинг қандай қийматидан бошлаб кислороднинг динамик қовушоқлиги босимга боғлиқ бўлмай қолади?

12.31. Хлорнинг динамик қовушоқлиги $12,9 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ бўлса, унинг шу шароитдаги иссиқлик ўтказувчанлигини аниқланг.

12.32. Нормал шароитдаги аргоннинг иссиқлик ўтказувчанлигини аниқланг.

12.33. Агар қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан иборат уч атомли газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги $1,45 \text{ сВт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, диффузия коэффициентини эса $10 \text{ мм}^2/\text{с}$ га тенг бўлса, шу шароитда газнинг $1,0 \text{ м}^3$ ҳажмидаги молекулалар сонини аниқланг.

12.34. Дюар идиши деворлари орасидаги масофа $l = 6,0 \text{ мм}$. Босимнинг қандай қийматидан бошлаб Дюар идиши деворлари орасидаги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлиги босимга боғлиқ бўла бошлашини топинг. Ҳаво молекуласининг диаметри $0,30 \text{ нм}$ га, газ ҳарорати 17°C га тенг деб олинг.

13- §. ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ

Термодинамиканинг биринчи қонуни:

$$\delta Q = dU + \delta A',$$

бу ерда δQ — системага берилаётган иссиқлик миқдори, dU — система ички энергиясининг ортиши, $\delta A'$ — системанинг ташқи кучларга қарши бажарган иши.

Идеал газнинг ички энергияси:

$$U = \frac{m}{M} C_V T,$$

бу ерда C_V — газнинг ўзгармас ҳажмдаги моляр иссиқлик сифими.

Газнинг ўзгармас ҳажмдаги моляр иссиқлик сифими:

$$C_V = \frac{i}{2} R.$$

Газнинг ўзгармас босимдаги моляр иссиқлик сифими:

$$C_p = C_v + R.$$

Газнинг бажарган иши:

$$A' = \int p dV.$$

Изотермик жараёнда бажарилган иш:

$$A' = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Адиабатик жараён тенгламаси (Пуассон тенгламаси):

$$p V^\gamma = \text{const},$$

бу ерда $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — адиабата кўрсаткичи.

Адиабатик жараёнда бажарилган иш:

$$A' = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2).$$

Политропик жараён тенгламаси:

$$p V^n = \text{const},$$

бу ерда $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ — политропа кўрсаткичи, C — газнинг политропик жараёндаги моляр иссиқлик сифими.

Политропик жараёнда бажарилган иш:

$$A' = \frac{m}{M} \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right).$$

Зичлиги ўзгарувчан муҳит учун (оқим тезлиги катта бўлган газлар) баландликлар фарқи унча катта бўлмаган ҳолда Бернулли тенгламаси

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \int_1^2 \frac{dp}{\rho} = 0,$$

бу ерда v_1 ва v_2 — оқим чизигининг ихтиёрий 1 ва 2 нуқталаридаги газнинг тезлиги. $\int_1^2 \frac{dp}{\rho}$ интеграл газ ҳолатининг бу нуқталар орасида ўзгариш жараёни турига боғлиқ.

Идеал газнинг адиабатик оқими учун Бернулли тенгламаси:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{R}{M} (T_2 - T_1) = 0.$$

Иссиқлик сифими

13.1. а) бир атомли: б) қаттиқ молекулалардан иборат икки атомли: в) эластик молекулалардан иборат икки атомли: г) қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан иборат уч атомли: д) эластик (ҳажмли) молекулалардан

иборат уч атомли идеал газ учун C_v ва C_p моляр иссиқлик сифимларини ҳамда уларнинг нисбатлари γ ни топинг.

13.2. Маълум бир газнинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими $970 \text{ Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ га, унинг моляр массаси эса $0,03 \text{ кг}/\text{моль}$ га тенг. Бу газнинг молекулалари қандай эркинлик даражалари сонига эга эканлигини аниқланг.

13.3. Маълум бир газнинг ўзгармас босимдаги ва ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифимларининг айирмаси $260 \text{ Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ га тенг. Мазкур газнинг моляр массасини аниқланг.

13.4. Маълум бир газнинг нормал шароитдаги зичлиги $\rho = 1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ га, солиштирма иссиқлик сифимлари нисбати эса $1,4$ га тенг. Газнинг C_p ва C_v солиштирма иссиқлик сифимларини аниқланг.

13.5. $4,0 \text{ г}$ водород ва $22,0 \text{ г}$ карбонат ангидриддан иборат газ аралашмаси учун γ ни аниқланг.

13.6. Агар бир неча моль азот ва 5 моль аммиакдан иборат аралашманинг солиштирма иссиқлик сифимлари нисбати $1,35$ га тенг бўлса, аралашмадаги азот миқдори неча моль эканлигини аниқланг.

13.7. 1 моль азот, 4 моль метан ва $8,0 \text{ г}$ аргондан ташкил топган аралашманинг C_p ва C_v солиштирма иссиқлик сифимларини топинг.

13.8. Ҳавода 25% сув буғи бор. Қуруқ ҳавони моляр массаси $0,029 \text{ кг}/\text{моль}$ бўлган икки атомли газ деб ҳисоблаб, нам ҳавонинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

13.9. Ҳавони 76% азот, 23% кислород ва $1,0\%$ аргондан иборат деб ҳисоблаб, унинг C_p ва C_v солиштирма иссиқлик сифимларини топинг.

13.10. Газни ўзгармас босимда 25 К га иситиш учун 500 Ж иссиқлик сарфланиб, шу газни ўзгармас ҳажмда 75 К га совитишда $1,07 \text{ кЖ}$ иссиқлик ажралган бўлса, газнинг моляр иссиқлик сифимлари нисбатини аниқланг.

13.11. Ҳарорати: 1) ҳажмнинг квадратига пропорционал: 2) ҳажмга тескари пропорционал бўлган жараёнлардаги идеал газнинг моляр иссиқлик сифимини топинг. 1 моль газнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифимини топинг. 1 моль газнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими C_v га тенг.

Термодинамиканинг биринчи қонунини идеал газга қўллаш

13.12. 7°С ҳароратда $0,10 \text{ мПа}$ босим остида бўлган кўп атомли газ 40 К га изобарик иситилганда $8,0 \text{ дм}^3$ ҳажмни эгаллаган. Газга берилган иссиқлик миқдорини аниқланг.

13.13. 20 дм^3 сифимли ёпиқ идишда зичлиги $0,20 \text{ кг}/\text{м}^3$ бўлган бир атомли газ бор. Агар шу шароитда газни 80 К га иситиш учун 997 Ж иссиқлик миқдори зарур бўлса, шу газнинг моляр массасини топинг.

13.14. Солиштирма иссиқлик сифимлари нисбати $C_p/C_v = 4/3$ бўлган газ $p = 0,30 \text{ мПа}$ босим остида $V_1 = 3,0 \text{ дм}^3$ ҳажмни эгаллаб турибди. Изобарик иситиш туфайли газнинг ҳажми 3 марта ортган. Газга берилган иссиқлик миқдорини топинг.

13.15. Сифими $0,80 \text{ м}^3$ бўлган берк баллон $2,3 \text{ МПа}$ босим остида 20°С ҳароратли азот билан тўлдирилган. Агар газга $4,6 \text{ МЖ}$ иссиқлик берилган бўлса, газнинг жараён охиридаги ҳарорати ва босимини аниқланг.

13.16. Сигими $5,0 \text{ дм}^3$ бўлган берк баллонда $0,20 \text{ МПа}$ босим остида икки атомли газ бор. Агар иситилгандан сўнг газнинг босими 4 марта ортган бўлса, газга берилган иссиқлик миқдорини топинг.

13.17. Диаметри $d = 40 \text{ см}$ бўлган цилиндр ичидаги икки атомли газ $V = 80 \text{ дм}^3$ ҳажми эгаллаб турибди. Газга $Q = 84 \text{ Ж}$ иссиқлик берилганда поршень ҳаракатга келмаслиги учун унга таъсир қилиб турган кучни қанчага орттириш керак?

13.18. Идеал газдаги изохорик, изобарик, изотермик ва адиабатик жараёнлар графикларини; а) p, V ; б) p, T ; в) V, T — диаграммаларда тасвирланг.

13.19. 250°С ҳароратли икки атомли газни изотермик сиқилганда унинг ҳажми 3 марта камайган, сўнгра газ бошланғич босимгача адиабатик кенгайган. Газнинг адиабатик кенгайиш охиридаги ҳароратини топинг.

13.20. 22°С ҳароратли икки атомли газ адиабатик сиқилганда босими икки марта ортган, сўнгра уни ўзгармас ҳажмда бошланғич босимгача совутилган. Газнинг охириги ҳароратини ҳисоблаб топинг.

13.21. Ҳажмининг ортиши бир хил бўлганда қуйидаги ҳолларнинг қайси бирида идеал газ кўпроқ иш бажаради: а) изобарик жараёнда; б) изотермик жараёнда; в) адиабатик жараёнда?

13.22. Агар сиқилиш даражаси $n = \frac{V_1}{V_2}$ бир хил бўлса, қуйидаги ҳолларнинг қайси бирида идеал газ устида кўпроқ иш бажарилади: а) изобарик; б) изотермик; в) адиабатик жараёнда?

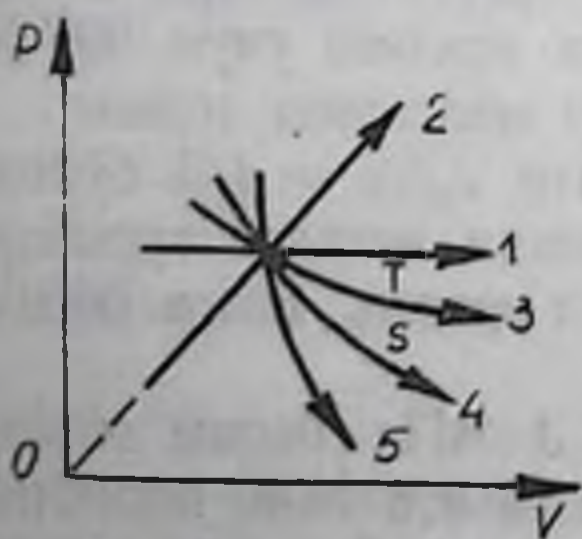
13.23. Массаси 64 г бўлган кислородни ўзгармас босимда 20 К га иситилган. Газ бажарган ишни топинг.

13.24. $0,10 \text{ МПа}$ босимда 22 дм^3 ҳажми эгаллаб турган газ 20 дан 100°С гача изобарик равишда иситилган. Газ бажарган ишни топинг.

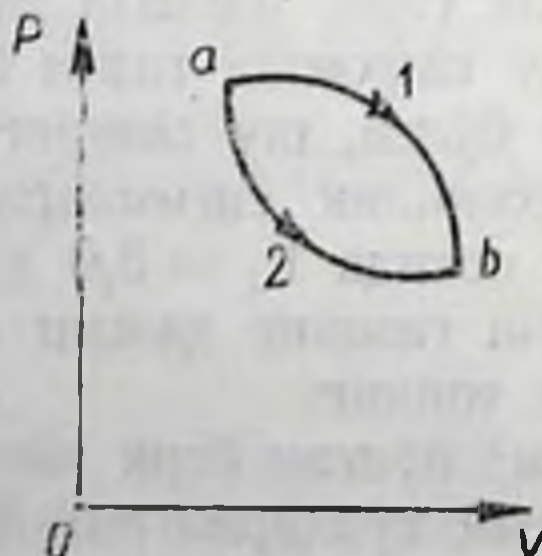
13.25. Қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан ташкил топган уч атомли газ кенгайиб, 245 Ж иш бажарган. Агар газ: 1) изобарик; 2) изотермик кенгайган бўлса, унга қандай миқдорда иссиқлик узатилган?

13.26. Изобарик сиқилганда бошланғич ҳарорати 100°С бўлган 10 кг кислороднинг ҳажми $1,25$ марта камайган. Газнинг бажарган ишини ва ундан олиб кетилган иссиқлик миқдорини топинг.

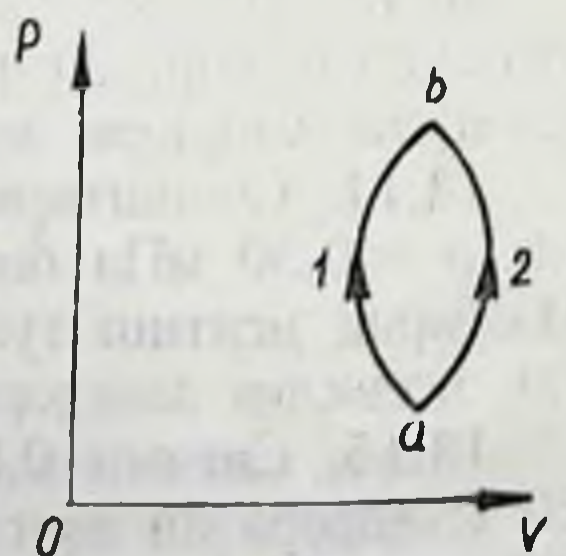
13.27. 13.1-расмда бешта изожараённинг графиклари p, V — координаталарда келтирилган. Бу жараёнлардан ҳар бирининг кечиши мобайнида идеал газнинг ички энергияси қандай ўзгаради?



13.1- расм



13.2- расм



13.3- расм

13.28. Идеал газ учун: б) U , T диаграммада изохорик, изобарик ва адиабатик жараёнларнинг; б) U , V ва U , p диаграммаларда изохорик, изобарик, изотермик ва адиабатик жараёнларнинг графикларини тасвирланг.

13.29. Маълум массали идеал газ a ҳолатдан b ҳолатга турли: 1 ва 2 йўллар буйлаб ўтган (13.2-расм). Ҳар иккала жараёнда: а) газ бажарган иш; б) газнинг ички энергиясининг ортиши; в) газга берилган иссиқлик миқдори бир хил бўладими?

13.30. Муайян миқдорли идеал газ a ҳолатдан b ҳолатга ҳар хил: 1 ва 2 жараёнлар орқали ўтади (13.3-расм). Газнинг бажарган иши қайси жараёнда мусбат, қайсинисида манфий бўлади?

13.31. Массаси 10,0 г бўлган аргон ўзгармас босимда 100 К га иситилган. Газга берилган иссиқлик миқдорини, ички энергиянинг ортишини ва газ томонидан бажарилган ишни топинг.

13.32. Қуйидаги ҳолларда изобарик жараёнда идеал газга берилган иссиқлик миқдорининг қанча қисми газнинг ички энергиясини орттиришга ва қанча қисми кенгайишда бажарилган ишга сарфланишини топинг: а) бир атомли газ; б) қаттиқ молекулалардан иборат икки атомли газ; в) қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан иборат уч атомли газ.

13.33. 0,30 МПа босим остида бўлган бир атомли газ изобарик кенгайганда унинг ҳажми 2,0 дм³ дан 7,0 дм³ гача ортган. Газнинг бажарган ишини ва ички энергиясининг ортишини топинг.

13.34. Қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан иборат бўлган маълум массали уч атомли газ 0,2 МПа босим остида изобарик кенгайганда унинг ички энергияси 4,8 кЖ га ўзгарган. Газ ҳажмининг ортишини топинг.

13.35. 0,10 МПа босим остида бўлган 4,4 г массали, 87°С ҳароратли карбонат ангидрид газини ҳажмини бошланғич ҳажмининг 1/20 қисмига тенг бўлгунгача адиабатик равишда сиқилган. Газнинг охириги ҳарорати ва босимини, ички энергиясининг ортишини ҳамда газнинг бажарган ишини топинг.

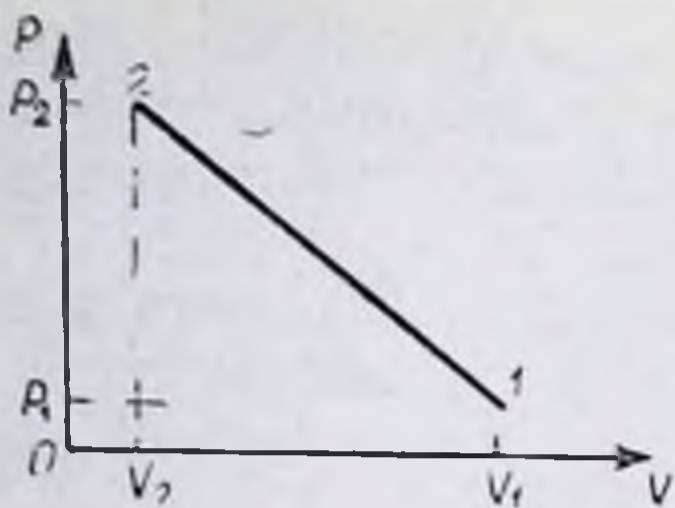
13.36. Агар бошланғич босими 0,18 МПа бўлган икки атомли газ адиабатик кенгайганда унинг ҳажми 2 марта ортса, 250 кЖ иш бажариш учун қандай ҳажмдаги сиқилган газни сарфлаш керак бўлади?

13.37. Кислороднинг ҳажмини $V_1 = 20$ дм³ дан $V_2 = 10$ дм³ гача камайтирилганда унинг босими $p_1 = 0,10$ МПа дан $p_2 = 0,25$ МПа гача ортди. Шунда газнинг ички энергияси қанчага ортган?

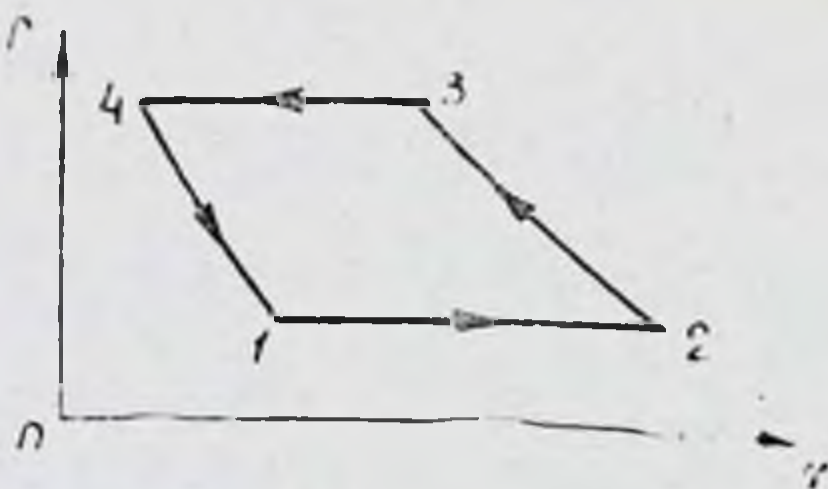
13.38. Цилиндрдаги поршень остида бўлган 20 г гелий жуда ҳам секинлик билан 1 ($p_1 = 0,41$ МПа, $V_1 = 32$ дм³) ҳолатдан 2 ($p_2 = 1,6$ МПа, $V_2 = 9,0$ дм³) ҳолатга ўтказилган. Агар босимнинг ҳажмга боғланишининг графиги тўғри чизиқдан иборат бўлса (13.4-расм), бу жараёнда газ ҳарорати қандай энг катта қийматгача кўтарилади?

13.39. Идеал газни изобарик ва изотермик жараёнлар ёрдамида 1 ҳолатдан 3 ҳолатга ўтказилади (11.18-масала жавобидаги 6-расмга қаранг). Бу жараёнларнинг ҳар бирида газ томонидан бажарилган иш A ва газ олган иссиқлик миқдори Q мусбат бўладими ёки манфий бўладими?

13.40. Массаси 3,2 г бўлган 20°С ҳароратли кислород адиабатик кенгайганда унинг босими 1,0 МПа дан 0,38 МПа гача камайган. 1) газнинг ҳажми неча марта ортганлиги; 2) жараён охиридаги ҳароратни:



13.4- расм



13.5- расм

3) ўзгармас ҳажмда ҳарорат яна 20°C гача кўтарилиши учун газга қандай миқдорда иссиқлик бериш зарурлигини; 4) бунда босим қандай бўлиб қолишини топинг.

13.41. Цилиндрдаги поршень остида 27°C ҳароратли 1 моль миқдордаги икки атомли газ бор. Газни аввал унинг босими 5 марта ортгунча адиабатик кенгайтирилди; сўнгра яна бошланғич ҳажмини эгаллагунча изотермик сиқилди. Газ бажарган ишни топинг.

13.42. Массаси 0,50 кг бўлган ҳавони 0,10 МПа дан 1,0 МПа босимгача изотермик сиқилганда 103 кЖ иш бажарилган. Шундан сўнг газ изобарик равишда сиқилган. Ўзгармас босимда сиқиш охирида ҳавога аввал изотермик равишда сиқилган пайтда олиб кетилган миқдорда иссиқлик узатилган. Бу жараёнлардан ҳар бирининг охиридаги ҳарорат ва ҳажми аниқланг.

13.43. Идеал газ 1 (p_1, V_1, T_1) ҳолатдан 2 (p_2, V_2, T_2) ҳолатга ўтган. Шундан сўнг уни секин-аста адиабатик равишда 3 (p_3, V_3, T_3) ҳолатга ўтказилди. Агар газнинг 2—3 ўтишда бажарган иши унга 1—2 ўтишда берилган иссиқлик миқдорига тенг бўлса, $T_3 = T_1$ эканлигини кўрсатиб беринг. 1—2 ва 2—3 жараёнларни V, T диаграммада тасвирланг.

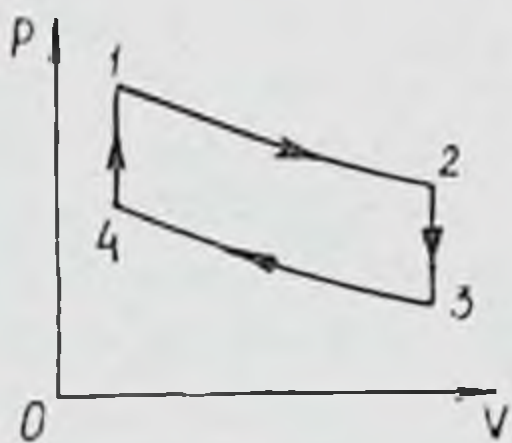
13.44. Маълум массали газда кечган жараёнга мос келувчи цикл иккита изобара ва иккита изотермадан иборат (13.5-расм). Циклни T, p ; p, T ва U, V координаталарда тасвирланг ҳамда унинг қайси қисмларида газ бажарган A' иш мусбат ва қайси қисмларида манфий эканлигини аниқланг.

13.45. Идеал газ иккита изотерма ва иккита изохорадан иборат циклни бажарган бўлса (13.6-расм), жараённи (p, T) ; (p, T) ва (U, V) координаталарда тасвирланг ва ҳар бир жараёнда газнинг ички энергияси қандай ўзгарганини аниқланг.

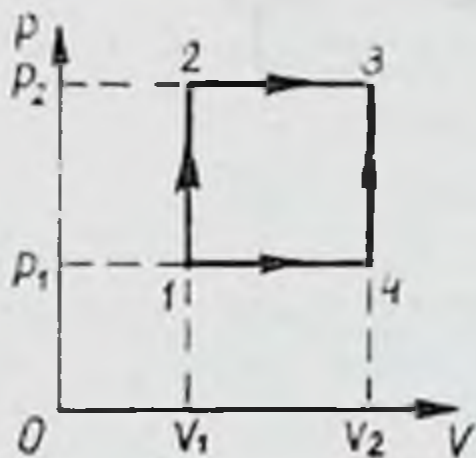
13.46. Агар идеал газда 1—2—3 жараён кечса (13.7-расм), унга Q иссиқлик миқдори берилади. 1—4—3 жараёнда газга қанча иссиқлик миқдори берилади?

13.47. Ҳажми 20 дм³ бўлган 0,10 МПа босим остидаги қаттиқ (ҳажмга эга) молекулали уч атомли газни ҳажми 2 марта, босими эса 3 марта ортадиган ҳолатга ўтказилди. Ўтиш: 1) 1—3—2; 2) 1—2; 3) 1—4—2 (13.8-расм) йўлда амалга ошадиган ҳоллар учун газга бериладиган иссиқлик миқдорини, газ ички энергиясининг ўзгаришини ва газнинг бажарган ишини топинг.

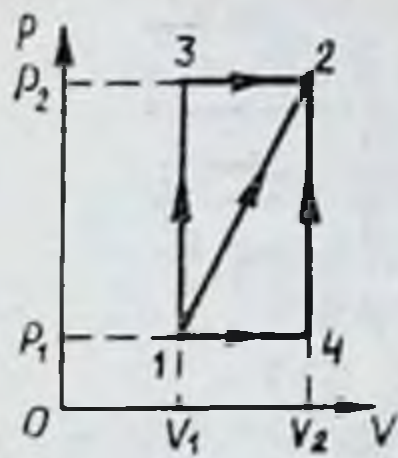
13.48. Ҳажми 50 дм³ бўлган 0,30 МПа босим остидаги газ ўзгармас ҳажмда босими 2 марта ортгунгача иситилади, сўнгра у бошланғич



13.6- расм



13.7- расм



13.8- расм.

босимга эришгунча изотермик равишда кенгайди ва ниҳоят, бошланғич ҳажми эгаллагунча ўзгармас босимда совитилади. Бу жараёнларнинг ҳар бирида газ бажарган ишни топинг.

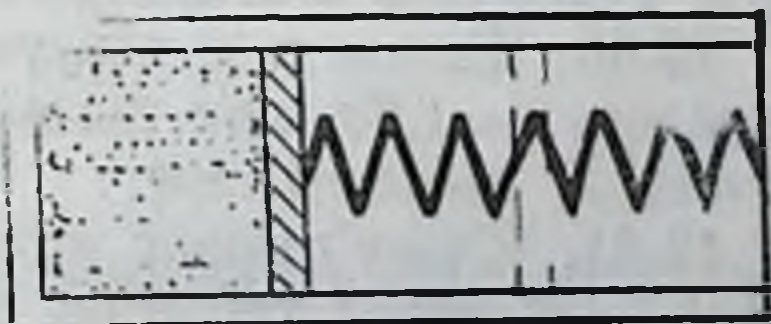
13.49. Массаси $m = 200$ г ва ҳажми $V = 8,0$ дм³ бўлган волейбол түпи ортиқча босим $p = 20$ кПа бўлгунча дамланган. Түпни $h = 20$ м баландликка отилганда у қаттиқ ерга тушгач, сакраб деярли бошланғич баландликкача кўтарилган. Түп ерга урилаётган пайтдаги түп ичида бўлган ҳавонинг максимал ҳароратини ҳисобланг. Ташқаридаги ҳаво ҳарорати $T = 300$ К.

13.50. Вертикал цилиндрда ν моль миқдордаги бир атомли идеал газ бор. Цилиндр юқори томондан массаси m ва юзаси S бўлган поршень билан беркитилган. Поршенни қўзғалмас ҳолда ушлаб турилганда газ V_0 ҳажми эгаллаб, T_0 ҳароратга эга бўлган. Поршенни қўйиб юборилгач, у бир неча марта тебраниб, тинчланиб қолди. Барча ишқаланиш кучларини ҳамда поршень ва цилиндрнинг иссиқлик сиғимини ҳисобга олмаган ҳолда, поршеннинг кейинги вазиятдаги газнинг ҳарорати ва ҳажмини топинг. Бутун система иссиқлик изоляциясига эга. Атмосфера босимини p_0 деб олинг.

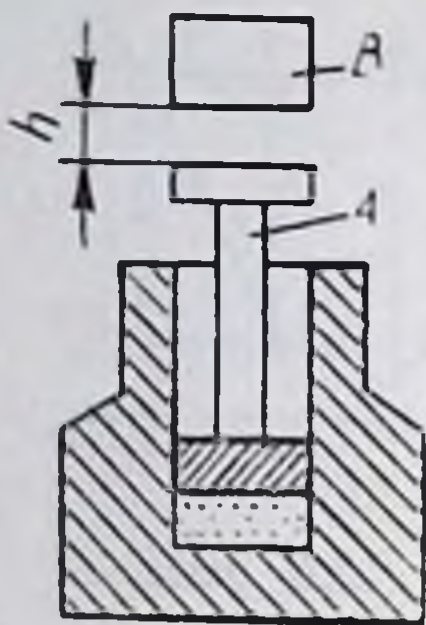
13.51. Горизонтал жойлашган цилиндрда маҳкамланган поршеннинг бир томонида 1 моль идеал газ бор. Цилиндрнинг иккинчи қисмида вакуум ҳосил қилинган. Поршень билан цилиндр девори орасида жойлашган пружина (13.9- расм) деформацияланмаган ҳолатда турибди. Цилиндр атрофдаги муҳитдан иссиқлик изоляциясига эга. Поршенни бўшатиб юборилгач, мувозанат ўрнатилганда газ эгаллаб турган ҳажм икки марта ортади. Бунда газнинг ҳарорати ва босими қандай ўзгаради? Цилиндр, поршень ва пружинанинг иссиқлик сиғими ҳисобга олмайдиган даражада кичик деб ҳисобланг.

13.52. Цилиндр шаклидаги чуқурча эркин ҳаракатлана оладиган А поршень билан беркитилган. Унинг остида сиғими 38 см³ бўлган нормал шароитдаги ҳаво билан тўлдирилган камера қолган (13.10- расм). Поршень устига 0,50 м баландликдан 1,5 кг массали В юк ташланади. Сиқилишни адиабатик жараён деб ҳисоблаб, ҳавонинг юк тушиши туфайли сиқилгандан кейинги ҳароратини аниқланг.

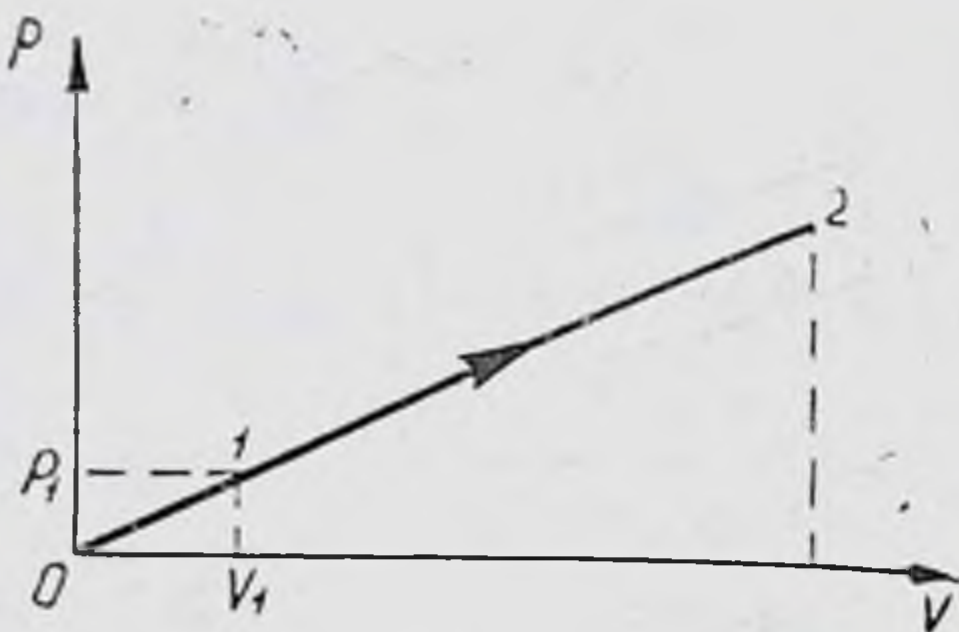
13.53. Ҳажми 20 дм³ бўлган қўзғалмас баллонда 3,0 МПа босим остида 27°C



13.9- расм



13.10- расм



13.11- расм

ҳароратли карбонат ангидрид гази бор. Чиқариш жўмраги очиб юборилса, баллон қандай тезлик билан ҳаракат қила бошлайди? Баллоннинг массаси 20 кг.

13.54. Ҳажми $18,0 \text{ м}^3$ бўлган ҳавони $0,100 \text{ МПа}$ дан $0,800 \text{ МПа}$ босимгача политропик сиқиш натижасида унинг ҳажми 6 марта камайган. Политропа кўрсаткичи ва газнинг бажарган ишини топинг.

13.55. Ҳарорати 700°C ва босими $2,5 \text{ МПа}$ бўлган $1,0 \text{ кг}$ азот $0,10 \text{ МПа}$ босимгача политропик равишда кенгайган. Агар политропа кўрсаткичи $n=1,18$ бўлса, жараён охиридаги ҳароратни ва газнинг бажарган ишини топинг.

13.56. 1 моль миқдордаги икки атомли идеал газ кўрсаткичи $n=1,2$ бўлган политропа бўйича кенгайиб, бунда газнинг ҳарорати $1,0 \text{ К}$ га камайган. 1) газнинг шу жараёндаги моляр иссиқлик сифimini; 2) газ олган иссиқлик миқдорини; 3) газнинг бажарган ишини топинг.

13.57. Газда политропик жараён кечганда (13.11-расм), унинг ҳажми 5 марта ортган. Газнинг бошланғич ҳажми V_1 , бошланғич босими эса p_1 . 1) политропа кўрсаткичи n ни; 2) газнинг моляр иссиқлик сифими C ни; 3) ички энергиянинг ортиши ΔU ни; 4) газ бажарган иш A' ни топинг.

Газ динамикаси элементлари

13.58. Қатта ҳажмли идишдаги ҳавонинг вакуумга адиабатик оқиб чиқишидаги максимал тезликни аниқланг. Идишдаги ҳаво ҳарорати 293 К .

13.59. Ҳаракат қилаётган ҳавонинг ҳарорати 273 К . Тезлиги 500 м/с бўлган ҳаво оқимининг тормозланиш ҳароратини аниқланг. Газ оқимининг тормозланиш ҳарорати деб, газ адиабатик тормозлангандан сўнг тўла тўхтагунча эга бўладиган ҳароратга айтилади.

13.60. Ксенон гази вакуумга оқиб чиқишида қандай ҳароратда унинг атомлари $v=1,20 \text{ км/с}$ тезликка эга бўлади? Ксеноннинг моляр массаси $M=0,131 \text{ кг/молга}$ тенг.

13.61. Идеал газнинг идишдан кичик тешик орқали вакуумга адиабатик оқиб чиқиш тезлигини аниқланг. Товушнинг бу газдаги тарқалиш тезлиги v_r га тенг.

13.62. Баллондан $p_2=0,20 \text{ МПа}$ босимда адиабатик равишда оқиб

чиқаётган гелийнинг ҳароратини ва оқим тезлигини аниқланг. Баллондаги босим ва ҳарорат мос равишда $p_1 = 2,0$ МПа ва $T_1 = 27^\circ\text{C}$ га тенг.

13.63. Қосмик кема двигателидаги ёниш маҳсулотларининг вакуумга адиабатик оқиб чиқиши $3,00 \cdot 10^3$ К ҳароратда юз беради. Адиабат кўрсаткичи $\gamma = 1,2$ га тенг. Ёниш маҳсулотларининг ўртача моляр массаси $M = 0,030$ кг/моль. Ракета биринчи қосмик тезлик (v_1) га эга бўлиши учун унинг бошланғич массаси m_0 учиш охиридаги массаси m дан неча марта катта бўлиши кераклигини аниқланг. Оғирлик кучининг таъсири ва ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг.

13.64. Қосмик ракета сопласидан чиқаётган ёниш маҳсулотларининг адиабатик учиб чиқиш тезлиги $2,0$ км/с, ҳарорати эса 900 К га тенг. Ёниш камерасидаги ҳароратни ва двигателнинг максимал ФИК ни топинг. Ёнилғи тўла ёниб битади ва соплодан карбонат ангидрид гази чиқади деб ҳисобланг.

13.65. Қосмик кема T ҳароратли идеал газда v тезлик билан ҳаракатланади. Кема сиртининг қайси нуқтасида газ ҳарорати максимал бўлади ва бу ҳарорат қанчага тенг бўлади?

13.66. Реактив двигателнинг ёниш камерасига ҳар секундда m масали водород ва тўла ёниш учун зарур бўлган миқдорда кислород келиб туради. Двигатель сопласи чиқиш тешигининг кесим юзаси S , бу кесимдаги босим p , ҳарорат эса T га тенг. Двигателнинг тортиш кучини топинг.

13.67. Ёқилғи сифатида водород, оксидловчи (ёндирувчи) модда сифатида эса суюқ кислород қўлланиладиган реактив двигателнинг тортиш кучини топинг. Водороднинг ҳар секунддаги сарфи $24,0$ кг/с га, ёниш камерасидаги ва адиабатик равишда чиқаётган газ оқимидаги ҳароратлар айирмаси $4,80 \cdot 10^3$ К га тенг.

14-§. ТЕРМОДИНАМИҚАНИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ

Иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициентини (ФИК):

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

бу ерда Q_1 —ишчи жисм иситгичдан олган иссиқлик миқдори, Q_2 —ишчи жисм совитгичга берган иссиқлик миқдори.

Идеал Карно циклининг ФИК

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

бу ерда T_1 —иситгич ҳарорати, T_2 —совитгич ҳарорати.

Совитгич машинанинги совитиш коэффициенти:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A},$$

бу ерда Q_2 —совитилаётган жисмдан бир цикл давомида олинган иссиқлик миқдори, A —цикл давомида газ устида бажарилган иш.

Системанинги 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтишда энтропиянинг ортиши:

$$\Delta S' = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Термодинамик эҳтимоллик Ω (статистик оғирлик) билан энтропия S ўзаро

$$S = k \ln \Omega$$

муносабат орқали боғланган.

Иссиқлик двигателлари ва совитгич машиналар

14.1. 14.1-расмда иккита: $1-2-3-4-1$ ва $1'-2'-3-4-1'$ Карно цикллариининг диаграммалари берилган. Цикллардан қайси бирида машина каттароқ ФИК га эга бўлади?

14.2. 14.2-расмда иккита: $1-2-3-4-1$ ва $1-2-3'-4'-1$ Карно цикллариининг диаграммалари берилган. Цикллардан қайси бирида машина каттароқ ФИК га эга бўлади?

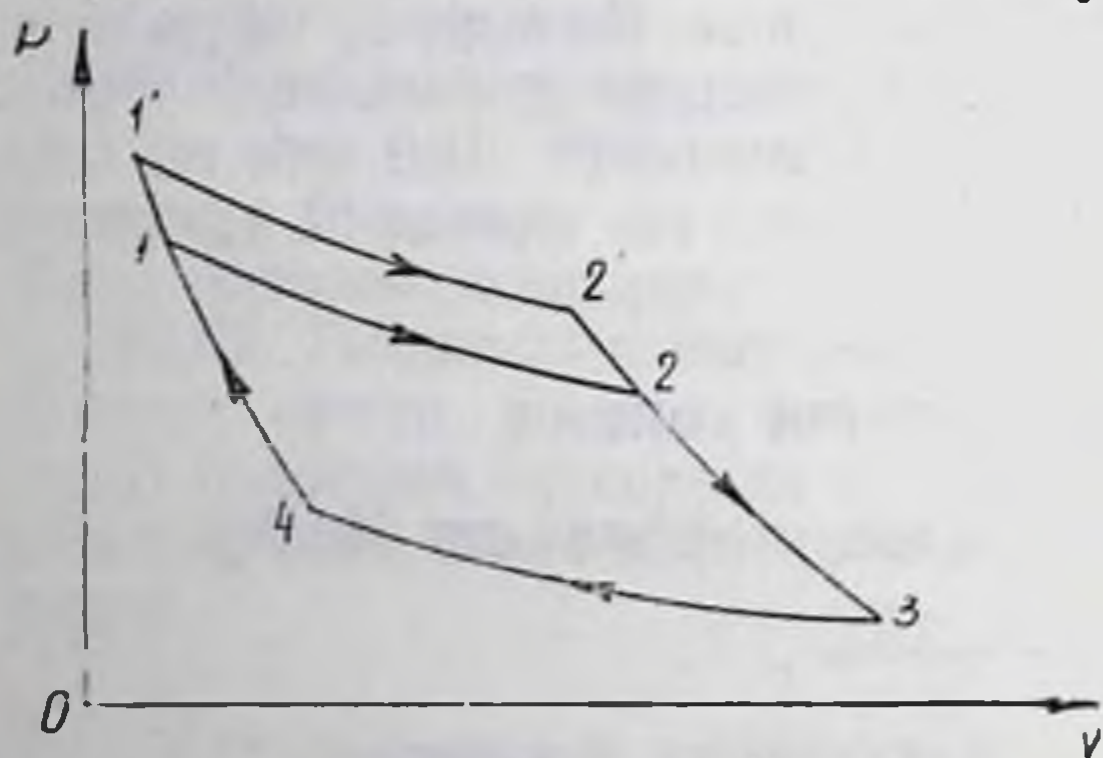
14.3. Айланма жараён натижасида газ $2,0$ кЖ иш бажариб, совитгичга $8,4$ кЖ иссиқлик миқдори узатган. Циклнинг ФИК ни аниқланг.

14.4. Карно циклини бажараётган газ иситгичдан олган иссиқлик миқдорининг $3/4$ қисмини совитгичга узатади. Агар совитгичнинг ҳарорати 0°C бўлса, иситгич ҳароратини аниқланг.

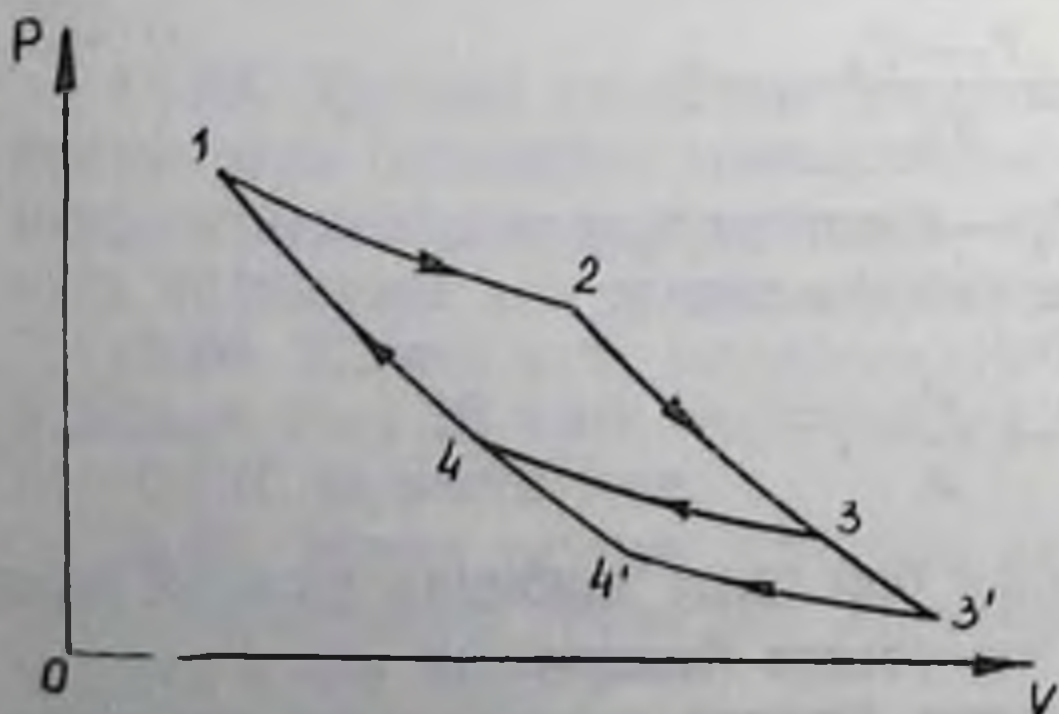
14.5. Газ Карно циклини бажармоқда. Иситгичнинг абсолют ҳарорати совитгичнинг абсолют ҳароратидан 3 марта юқори. Газ бир цикл давомида иситгичдан олган иссиқлигининг қандай қисмини совитгичга беради?

14.6. Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинасидаги иситгичнинг ҳарорати 227°C га, совитгичнинг ҳарорати эса 127°C га тенг. Машинанинг ФИК 3 марта ортиши учун иситгичнинг ҳароратини неча марта кўтариш керак?

14.7. Карно цикли бўйича ишлайдиган иссиқлик машинасидаги иситгичнинг ҳарорати 427°C , совитгичнинг ҳарорати эса 227°C га тенг бўлиб, у ўз навбатида иккинчи иссиқлик машинасининг иситгичи бўлиб хизмат қилади. Агар иккала



14.1- расм



14.2- расм

машина иситгичлари билан совитгичлари ҳароратларининг фарқи бир хил бўлса, қайси машинанинг ФИК ортиқ ва неча марта ортиқ бўлади?

14.8. Буғ машинасининг ФИК у билан бир хил ҳароратлар оралиғида Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ФИК нинг 50% ини ташкил қилади. Қозондан буғ машинасига келаётган буғнинг ҳарорати 227°C га, конденсаторнинг ҳарорати эса 77°C га тенг. Буғ машинаси 1 соат ичида иссиқлик қобилияти 31 МЖ/с бўлган кўмирдан 200 кг сарфласа, унинг қувватини топинг.

14.9. Карно цикли бўйича ишлаётган, ФИК $\eta=20\%$ га тенг бўлган иссиқлик машинасини худди шундай шароитда совитиш машинаси сифатида ишлатилади. Унинг совитиш коэффициенти қандай бўлади?

14.10. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал совитиш машинасининг ҳарорати — 10°C бўлган совитгичидан 100 кЖ иссиқлик ажратиб олиш учун ташқи кучлар қандай иш бажаришлари лозим? Совитилаётган сувнинг ҳарорати 10°C га тенг.

14.11. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал совитиш машинасида иссиқлик — 20°C ҳароратли жисмдан ҳарорати 10°C бўлган сувга олиб узатилади. Агар бу совитиш машинаси 202°C дан 107°C гача ҳароратлар оралиғида ишлайдиган ва ҳар циклда совитгичга 504 кЖ иссиқлик берадиган иссиқлик машинаси ёрдамида ҳаракатга келтирилса, совитилаётган жисмдан бир цикл давомида қанча иссиқлик олинади?

14.12. Қуввати P бўлган холодильник τ вақт ичида бошланғич ҳарорати $t^{\circ}\text{C}$ бўлган n литр сувни музга айлантирди. Бу вақт ичида хонага қанча иссиқлик миқдори ажралиб чиққан?

14.13. Уй холодильниги ўртача қуввати 40 Вт бўлган ток истеъмол қилади. Агар совитиш коэффициенти $\epsilon=9$ бўлса, хонага бир сутка мобайнида қанча иссиқлик миқдори ажралиб чиқади?

14.14. Агар қаттиқ (ҳажмли) молекулалардан иборат уч атомли газ адиабатик равишда кенгайганда ҳажми 6 дм^3 дан 7 дм^3 гача ўзгарган бўлса, у бажарадиган Карно циклининг ФИК ни топинг.

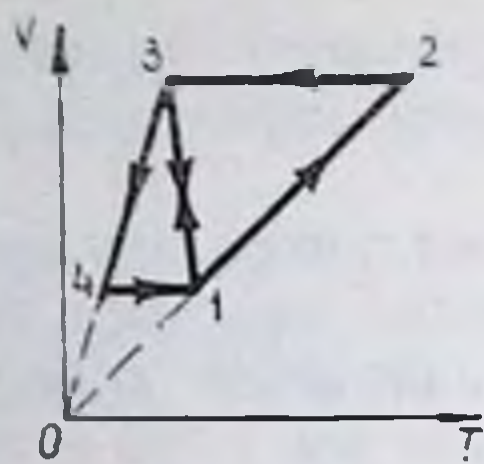
14.15. Икки атомли газ Карно циклини бажармоқда. Агар бу газнинг ҳар бир моль миқдори адиабатик сиқилганда 2,0 Ж иш бажарилса, циклниң ФИК ни топинг. Иситгич ҳарорати 127°C .

14.16. Карно циклини бажараётган газнинг энг кичик ҳажми 12 дм^3 . Агар газнинг ҳажми изотермик кенгайиш охирида 60 дм^3 , изотермик сиқилиш охирида эса 19 дм^3 га тенг бўлса, унинг энг катта ҳажми қанча бўлади?

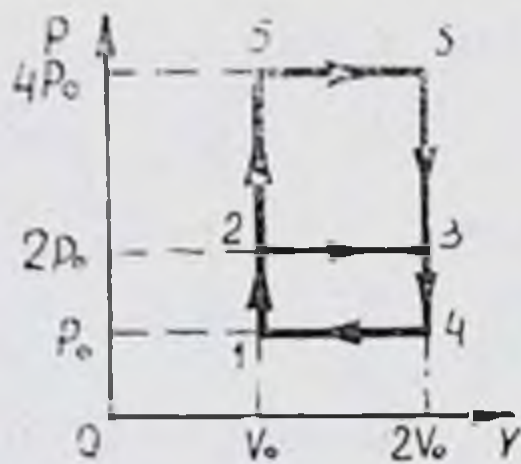
14.17. ФИК 25% бўлган Карно циклини бажараётган газ изотермик кенгайишда 240 Ж иш бажарган. Газ изотермик сиқилишда қандай иш бажаради?

14.18. 14.3-расмда иккита айланма жараённинг V, T — диаграммалари тасвирланган. Бу жараёнларнинг қайсинида газ кўпроқ иш бажаради: $1-2-3-1$ — жараёндами ёки $1-3-4-1$ жараёндами?

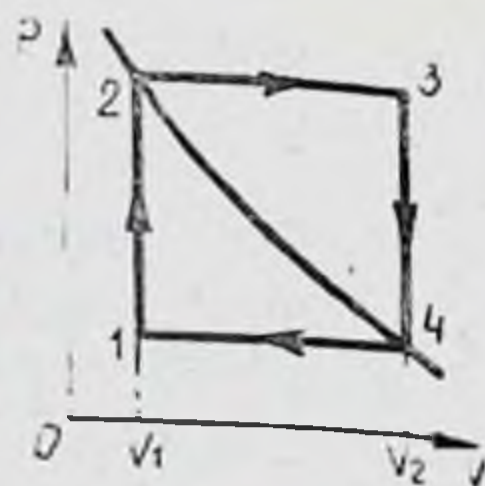
14.19. Икки атомли газ Карно циклини бажармоқда, бунда изотермик кенгайишда унинг ҳажми 2 марта ортган, адиабатик кенгайишда эса у 300 кЖ иш бажарган. Газнинг бир цикл мобайнида бажарган ишини топинг.



14.3- расм



14.4- расм



14.5- расм.

14.20. 14.4-расмда бир атомли идеал газ билан ўтказилган иккита $1-2-3-4-1$ ва $1-5-6-4-1$ ёпиқ термодинамик цикл келтирилган. Қайси циклнинг ФИК юқори ва у неча марта юқори?

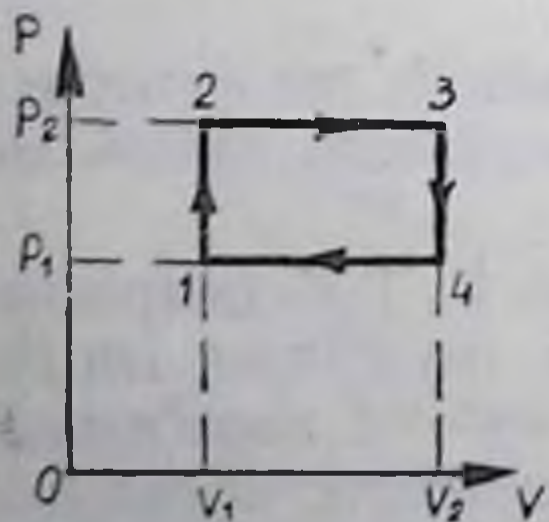
14.21. 1 моль миқдордаги идеал газ икки изохорик ва икки изобарик жараёндан иборат Карно циклини бажармоқда (14.5-расм). 1 ва 3 нуқталарда газнинг ҳароратлари мос равишда T_1 ва T_3 . Агар 2 ва 4 нуқталар бир изотермада ётса, газнинг бир цикл мобайнида бажарган ишини топинг.

14.22. Икки атомли идеал газ иккита изохорик ва иккита изобарик жараёндан иборат циклини бажараётганда, газнинг энг юқори босими энг паст босимидан 3 марта катта, энг катта ҳажми эса энг кичик ҳажмидан 5 марта катта бўлган. Циклнинг ФИК ни топинг.

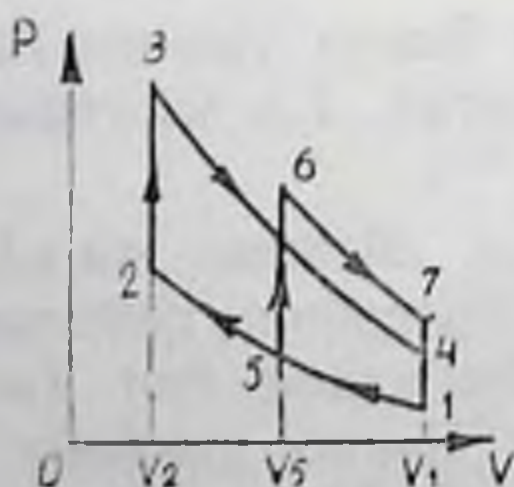
14.23. Массаси 1,0 кг бўлган ҳаво иккита изохорик ва иккита изобарик жараёндан иборат циклини бажармоқда (14.6-расм). Газнинг бошланғич ҳажми 80 дм^3 , босими 1,2 МПа дан 1,4 МПа гача ўзгаради, ҳарорати $t_3 = 150^\circ\text{C}$. 1) изохоралар ва изобаралар кесишиш нуқталарининг координаталарини; 2) газнинг бир цикл мобайнида бажарган ишини; 3) бир цикл мобайнида иситгичдан олинган иссиқлик миқдорини; 4) циклнинг ФИК ни; 5) изотермалари берилган циклнинг энг юқори ва энг паст ҳароратларига мос келадиган Карно циклининг ФИК ни топинг.

14.24. Қаттиқ (ҳажмли) молекулали уч атомли идеал газ ўзгармас ҳажмда босими 2 марта ортгунча иситилган. Шундан сўнг уни бошланғич босимга эришгунча изотермик равишда кенгайтирилган ва ниҳоят, бошланғич ҳажми эгаллагунча изобарик сиқилган. Циклнинг ФИКни топинг.

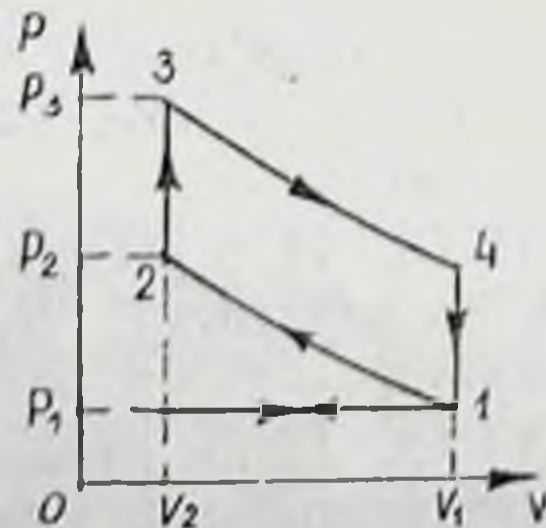
14.25. Қаттиқ (ҳажмли) молекулали уч атомли идеал газ ўзгармас ҳажмда босими 2 марта ортгунча иситилган. Шундан сўнг уни бошланғич босимга эришгунча адиабатик равишда кенгайтирилган ва ниҳоят,



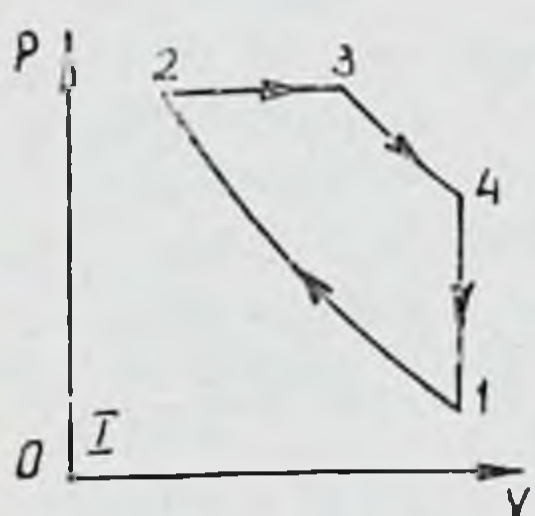
14.6- расм



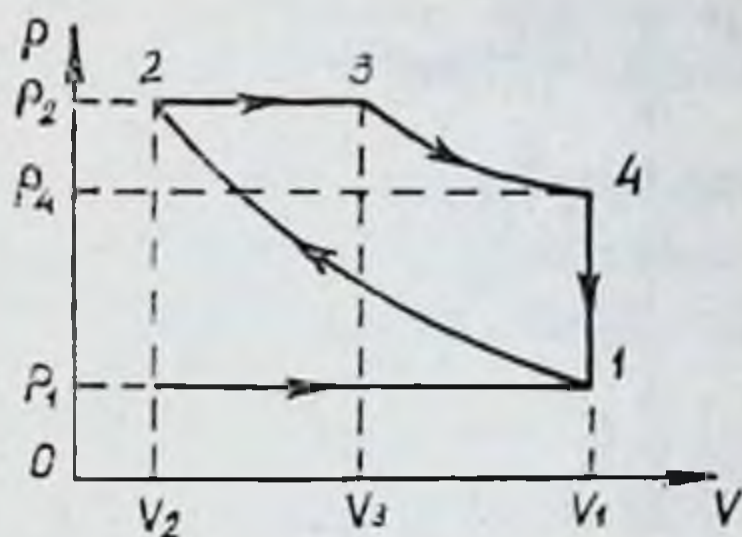
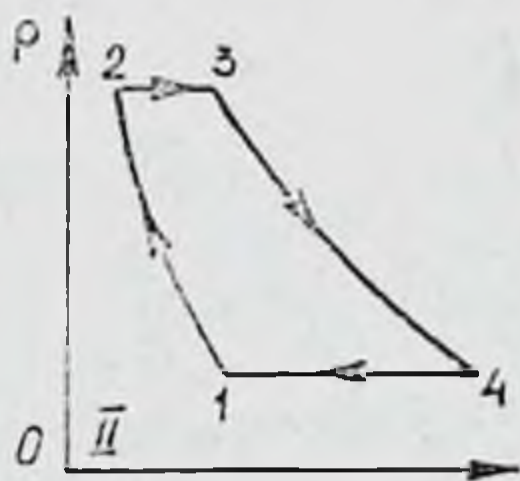
14.7- расм



14.8- расм



14.9- расм



14.10- расм

бошланғич ҳажми эгаллагунча изобарик сиқилган. Циклнинг ФИКни топинг.

14.26. 14.7-расмда иккита изохорик ва иккита адиабатик жараёндан иборат икки хил: $1-2-3-4-1$ ва $1-5-6-7-1$ циклларнинг диаграммалари келтирилган. Ҳар иккала циклда ишчи жисм (адиабата кўрсаткичи γ бўлган идеал газ) иситкичдан бир хил Q миқдорда иссиқлик олган, аммо сиқилиш даражаси n ҳар хил бўлган ($n = \frac{V_1}{V_2}$, бу ерда V_1 ва V_2 ишчи жисмнинг мос равишда максимал ва минимал ҳажмлари). Сиқилиш даражаси иссиқлик машинасининг ФИК га қандай таъсир қилади?

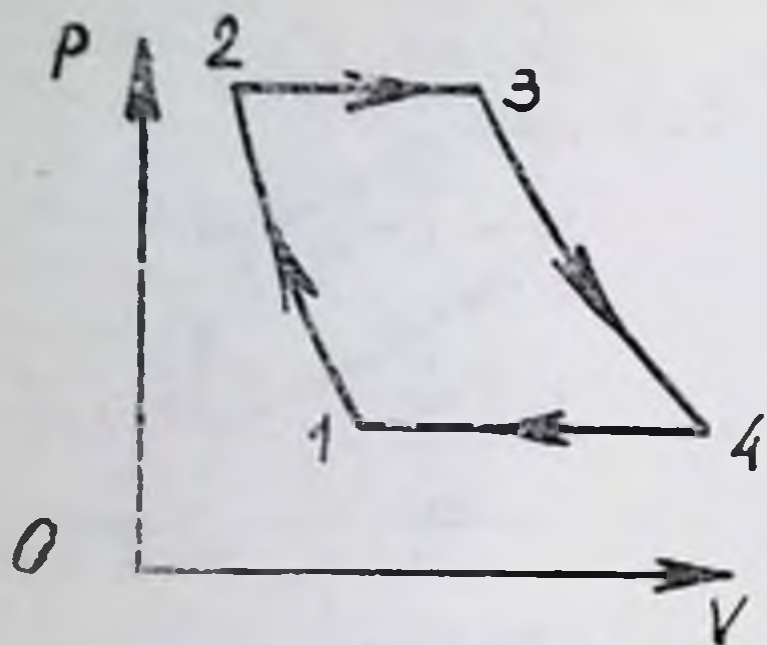
14.27. 14.8-расмда карбюраторли тўрт тактли ички ёниш двигателининг: иккита изохорик $1-4$ ва $2-3$ ҳамда иккита адиабатик $1-2$ ва $3-4$ жараёнлардан иборат цикли тасвирланган. Адиабата кўрсаткичи γ га тенг ва идеал газ деб ҳисоблаш мумкин бўлган ёнилғи аралашмасининг сиқилиш даражаси $n = \frac{V_1}{V_2}$. Циклнинг ФИК ни аниқланг.

14.28. Олдинги масалада кўрилган ички ёниш двигатели циклида қаттиқ молекулали икки атомли газ деб ҳисоблаш мумкин бўлган ёнилғи аралашмаси $2,0 \text{ дм}^3$ ҳажми эгаллагунча сиқилган. Поршеннинг юриши ва диаметри мос равишда 40 см ва 15 см . Циклнинг ФИКни топинг.

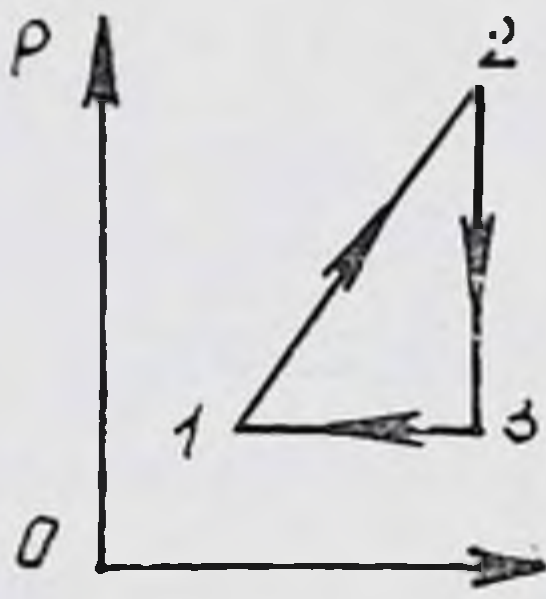
14.29. Иш цикллари 14.9-расмда тасвирланган иссиқлик машиналарининг ФИК ни таққосланг. Биринчи цикл иккита: $1-2$ ва $3-4$ адиабатадан: $2-3$ изобара ва $4-1$ изохорадан, иккинчи цикл эса — иккита: $1-2$ ва $3-4$ адиабатадан ҳамда иккита: $2-3$ ва $4-1$ изобаралардан иборат. Ҳар иккала циклнинг $2-3$ қисмлари бир хил.

14.30. 14.10-расмда тўрт тактли Дизель двигателининг $2-3$ изобара, $4-1$ изохора ва иккита: $1-2$ ва $3-4$ адиабатадан иборат цикли тасвирланган. Адиабатик сиқилиш даражаси $n = V_1/V_2$, изобарик кенгайиш даражаси эса $k = V_3/V_2$. Циклнинг ФИК ни аниқланг. Ишчи жисмини — адиабата кўрсаткичи γ бўлган идеал газ деб олинг.

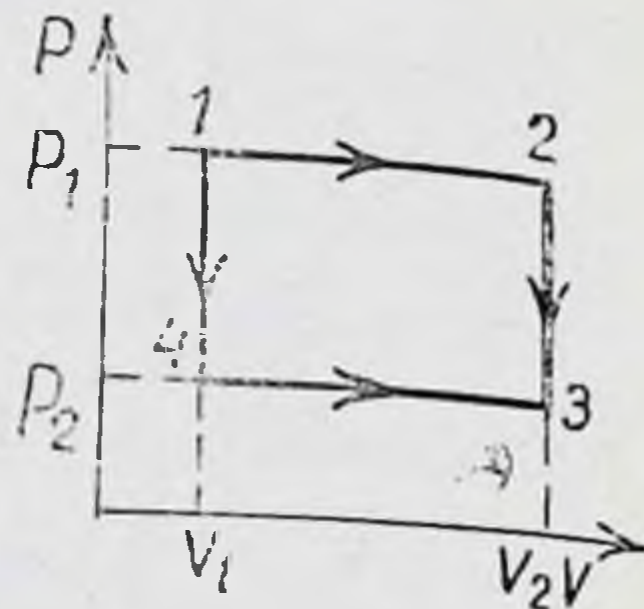
14.31. 14.11-расмда тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателининг иккита: $1-2$ ва $3-4$ адиабатадан ҳамда иккита: $4-1$ ва $2-3$ изобарадан иборат цикли тасвирланган. Адиабатик сиқилишдаги босимнинг ортиш даражаси $\delta = p_2/p_1$. Ишчи жисмини адиабата кўрсаткичи γ бўлган идеал газ деб ҳисоблаб, циклнинг ФИКни топинг.



14.11- расм



14.12- расм



14.13- расм

14.32. Иссиқлик машинаси 2 — 3 изохора, 3 — 1 изобара ва 1 — 2 политропадан иборат цикл бўйича ишлайди (14.12-расм). Политропада газнинг босими билан ҳажми ўзаро $p = \alpha V$ муносабат орқали боғланган (α — ўзгармас катталиқ). Агар ишчи жисм сифатида бир атомли идеал газ ишлатилган бўлса, иссиқлик машинасининг ФИҚни топинг. Циклдаги максимал ҳароратнинг минимал ҳароратга нисбати 4 га тенг.

ЭНТРОПИЯ

14.33. Ҳажмини ўзгартирмай туриб энтропиясини 1,31 кЖ/К га камайтириш учун ҳарорати 227°C бўлган 4,0 кг кислородни қандай ҳароратгача иститиш керак?

14.34. Массаси 8,0 г бўлган аргон иситилганда унинг абсолют ҳарорати 2 марта ортган. Газ энтропиясининг: 1) изохорик ва 2) изобарик равишда қиздирилгандаги ортишини топинг.

14.35. 1 моль миқдордаги гелий изобарик равишда кенгайганда унинг ҳажми 4 марта ортган. Бу кенгайишдаги энтропиянинг ортишини топинг.

14.36. Бошланғич ҳароратлари ва босимлари бир хил бўлган тенг ҳажмли икки газ ҳажми V дан $V/2$ бўлгунга қадар бири изотермик, иккинчиси эса адиабатик сиқилган. Қайси ҳолда охириги ҳарорат ортиқроқ бўлади? Бу жараёнларда энтропиянинг ўзгариши юз берадими?

14.37. Система ҳолатини босим ва ҳажм ўрнига S энтропия ва T абсолют ҳарорат орқали ифодаланса, S, T диаграммада Карно цикл қандай кўринишда бўлади?

14.38. Ҳажми 887 дм³ бўлган, 30°C ҳароратда 0,10 МПа бошланғич босим остида бўлган ҳаво изотермик сиқилганда унинг энтропияси 673 Ж/К га камайган. Ҳавонинг жараён охиридаги ҳажмини топинг.

14.39. Массалари тенг бўлган кислород ва водород бир хилда изотермик сиқилган. Қайси газ учун энтропиянинг ортиши кўп бўлган ва неча марта?

14.40. Массаси 1,0 кг бўлган карбонат ангидрид газини 40° С ҳароратдаги 0,20 МПа босимдан 253° С ҳароратдаги 4,5 МПа босимгача сиқилганда унинг энтропияси қанча ортишини топинг.

14.41. Бир моль идеал газнинг $pV^n = const$ политропа бўйича V_1 ҳажмдан V_2 ҳажмгача кенгайганда унинг энтропияси қанчага ортишини ҳисоблаб топинг.

14.42. Идеал газ иккита: $1-2-3$ ва $1-4-3$ қайтар жараёнларда иштирок этган (14.13-расм). Ҳар бир жараёнда газга берилган иссиқлик миқдорлари ҳар хил, энтропиянинг ўзгариши эса айнан бир хил бўлишини исбот қилинг.

14.43. 127°C ҳароратда $0,50$ МПа босим остида бўлган $1,0$ кг кислород ҳажми 2 марта ортгунча изобарик равишда кенгайган, сўнгра босими $4,0$ МПа бўлгунча изотермик сиқилган. Энтропия ортишининг натижавий йиғиндисини топинг.

14.44. Массаси $1,0$ кг бўлган ҳаво ҳажми 6 марта камайгунча адиабатик равишда сиқилган, ўзгармас ҳажмда босими $1,5$ марта орттирилган. Бу жараёнда энтропиянинг ортишини топинг.

14.45. Массаси $3,0$ кг бўлган азот билан $2,0$ кг карбонат ангидрид газлари аралаштиришда энтропиянинг ортишини аниқланг. Аралашгунча қадар газларнинг ҳароратлари ва босимлари бир хил бўлган.

14.46. Кислород тўлдирилган ва сиғимлари $2,0$ дм³ ва $4,0$ дм³ бўлган иккита баллон жўмракли най билан туташтирилди. Иккала баллондаги бошланғич ҳароратлар 27°C , босимлар эса мос равишда $0,10$ МПа ва $0,60$ МПа га тенг бўлган. Агар бутун система иссиқлик ўтказмайдиган қобиқ ичига жойлаштирилган бўлса, жўмрак очилгандан кейин система энтропиясининг ортишини топинг.

14.47. Ҳаво тўлдирилган ва сиғимлари $0,50$ м³ ва $1,0$ м³ бўлган иккита баллон жўмракли най ёрдамида туташтирилди. Биринчи баллонда 27°C ҳароратли $3,0$ кг ҳаво, иккинчи баллонда эса 57°C ҳароратли $5,0$ кг ҳаво бор. Жўмрак очилиб, мувозанат ҳолати вужудга келгандан кейинги система энтропиясининг ортишини топинг. Баллонларнинг деворлари ва найлар ҳавонинг атроф-муҳитдан тўла иссиқлик изоляциясини таъминлайди.

14.48. 1 моль миқдордаги идеал газ энтропияси $5,75$ Ж/К га ортгунча изотермик равишда кенгайди. Газнинг бошланғич ва охириги ҳолатлари термодинамик эҳтимолликларини нисбатининг натурал логарифми ҳамда бошланғич ва охириги босимлар нисбатини топинг.

14.49. Термодинамик системанинг муайян ҳолатдаги энтропияси $3,18$ мЖ/К га тенг. Система бу ҳолатининг статистик оғирлигини топинг.

15-§. Реал газлар ва суюқликлар

Ихтиёрӣ m массали газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламаси

$$\left(p + \frac{m^2}{M^2} \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{m}{M} b\right) = \frac{m}{M} RT,$$

бу ерда a ва b — Ван-дер-Ваальс доимийлари.

Газнинг критик параметрлари — моляр ҳажми, босими ва ҳарорати билан Ван-дер-Ваальс доимийлари (a ва b) нинг ўзаро боғланиши:

$$V_{\text{МК}} = 3b, \quad p_{\text{К}} = \frac{a}{27b^2}, \quad T_{\text{К}} = \frac{8a}{27bR}.$$

Бир моль газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламасининг келтирилган катталиклар орқали ифодаси:

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

бу ерда $\pi = \frac{p}{p_k}$, $\omega = \frac{V_m}{V_{mk}}$, $\tau = \frac{T}{T_k}$.

Ҳавонинг нисбий намлиги:

$$\varphi = \frac{p}{p_0},$$

бу ерда p — берилган ҳароратда ҳаводаги сув буғининг парциал босими (абсолют намлик). p_0 — шу ҳароратдаги тўйинган буғ босими.

Клапейрон-Клаузиус тенгламаси:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T(v_2 - v_1)},$$

бу ерда v_1 ва v_2 — модданинг икки ҳолатдаги солиштирама ҳажмлари, T ва λ — модданинг ҳарорати ва $1 \rightarrow 2$ ўтишдаги солиштирама ўтиш иссиқлиги.

Сирт таранглиги:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

бу ерда ΔE — суюқликнинг сирт қатлами эркин энергиясининг ўзгариши, ΔS — шу қатлам юзасининг ўзгариши.

Суюқлик сиртининг эгрилиги туфайли пайдо бўладиган қўшимча босим (Лаплас формуласи):

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

бу ерда R_1 ва R_2 — суюқлик сиртида олинган иккита ўзаро перпендикуляр кесимларнинг эгрилик радиуслари.

Суюқликнинг капилляр найчаларда кўтарилиш баландлиги:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r},$$

бу ерда θ — чегаравий бурчак, ρ — суюқлик зичлиги, r — найнинг ички радиуси.

Иситишда суюқлик ҳажмининг нисбий ўзгариши:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T,$$

бу ерда β — ҳажмий кенгайишнинг ҳарорат (температура) коэффициенти.

Босим ўзгарганда суюқлик ҳажмининг нисбий ўзгариши:

$$\frac{\Delta V}{V} = -k \Delta p,$$

бу ерда k — сиқилиш коэффициенти:

Суюқликнинг t ҳароратдаги зичлиги:

$$\rho_t = \frac{\rho_0}{1 + \beta t},$$

бу ерда ρ_0 — 0°C ҳароратдаги зичлик.

Эритманинг осмотик босими (Вант-Гофф формуласи):

$$p = CRT,$$

бу ерда $C = \frac{m}{MV}$ — эритилган модданинг эритма ҳажм бирлигидаги моллар сони.

Реал газлар

15.1. 4,0 г массали аргон 2,5 МПа босимда 0,10 дм³ ҳажмни эгаллайди. Газ — а) идеал; б) реал бўлган ҳоллар учун унинг ҳароратини топинг.

15.2. Агар карбонат ангидрид газининг 3°C ҳароратдаги зичлиги 550 км/м³ бўлса, унинг босимини топинг.

15.3. Агар Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a коэффициентнинг аниқ қиймати маълум бўлса, сувнинг ички босимини топинг.

15.4. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийнинг аниқ қийматига асосан аргон молекуласининг диаметрини топинг.

15.5. Сигими 22 дм³ бўлган баллон ҳарорати 0°C бўлган 0,70 кг азот бор. Газнинг идиш деворларига бераётган босимини, ички босимини ва молекулаларининг хусусий ҳажмини топинг.

15.6. Массаси 4,0 г бўлган кислороднинг ҳажми 1,0 дм³ дан 5,0 дм³ гача ортди. Газни реал газ деб ҳисоблаб, ички кучларнинг шу кенгайишда бажарган ишини топинг.

15.7. Критик ҳарорати T_k ва критик босими p_k нинг аниқ қийматларидан фойдаланиб бензол (C_6H_6) учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимийларни топинг.

15.8. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийнинг аниқ қийматидан фойдаланиб, критик ҳолатдаги сувнинг зичлигини топинг.

15.9. Критик ҳарорат T_k ва критик босим p_k нинг аниқ қийматларидан фойдаланиб, водороднинг критик ҳолатдаги зичлигини топинг.

15.10. Карбонат ангидрид газининг суюқланган пайтдаги зичлиги 550 км/м³ бўлса, шунингдек газнинг T_k критик ҳарорати ва p_k критик босими маълум бўлса, унинг суюқланиш пайтидаги ички босими қандай бўлади?

15.11. Сигими 30 см³ бўлган оғзи берк идишни қиздириш билан унинг ичидаги сувни критик ҳолатга ўтказиш мумкин бўлса, идишга қуйилган сув қандай массага эга бўлган?

15.12. Критик ҳарорати T_k ва критик босими p_k нинг аниқ қийматларига кўра 1 моль миқдордаги кислороднинг критик ҳажмини топинг.

15.13. Аниқ бўлган T_k критик ҳарорат ва p_k критик босим қийматларига кўра кислород молекуласининг диаметрини топинг.

15.14. Ван-дер-Ваальс доимийси маълум бўлса, азот молекулаларининг нормал шароитдаги ўртача эркин югуриш йўли узунлиги қандай бўлади?

15.15. Агар аргон учун T_k критик ҳарорат ва p_k критик босим маълум бўлса, аргон молекулаларининг нормал шароитдаги эркин югуриш йўли узунлигини топинг.

15.16. Водород учун критик ҳарорат T_k ва критик босим p_k маълум деб ҳисоблаб, 27°C ҳароратда ва $0,20$ МПа босимда турган водороднинг диффузия коэффициентини топинг.

15.17. Газнинг босими критик босимдан 12 марта ортиқ, ҳажми эса критик ҳажмининг ярмига тенг. Қелтирилган катталикларда фойдаланган Ван-дер-Ваальс тенгламасидан фойдаланиб, газнинг ҳарорати критик ҳароратдан неча марта ортиқ эканини аниқланг.

15.18. Сифими 150 м^3 бўлган хонада 20°C ҳарорат ва 30% нисбий намликда қанча сув буғи молекулалари бўлади?

15.19. 1 м^3 ҳажмдаги ҳавонинг ҳарорати 17°C , нисбий намлиги эса 50%. Ҳаво ҳароратини ўзгартирмасдан унинг ҳажмини 3 марта камайтирилса, тушган шудрининг массаси қанча бўлади?

15.20. Нормал атмосфера босими ва 29°C ҳароратда $1,0\text{ м}^3$ ҳажми эгаллаб турган нам ҳаво массасини топинг. Ҳавонинг нисбий намлиги 60%.

15.21. Идишдаги ҳарорати 20°C бўлган ҳавонинг нисбий намлиги 70%. Шу ҳавони 100°C гача иситиб, ҳажмини 2 марта кичрайтирилса, унинг нисбий намлиги қанчага ўзгаради?

15.22. Стаканга аралашмайдиган икки хил суюқлик: углерод тетрахлориди CCl_4 ва сув қўйилган. Нормал атмосфера босимида CCl_4 $76,7^\circ\text{C}$ да, сув эса 100°C да қайнайди. Стакан сувли идишда бир текис иситилганда суюқликлар чегарасида қайнаш $65,5^\circ\text{C}$ ҳароратда бошланади. Бундай «чегаравий» қайнашда қайси суюқлик ва неча марта тезроқ қайнаб тугайди? Тўйинган сув буғининг $65,5^\circ\text{C}$ ҳароратдаги босими 26,0 кПа.

15.23. Агар сув 95°C да қайнаган бўлса, атмосфера босими қандай бўлган? Сув ва буғнинг солиштирма ҳажмлари мос равишда $1,04\text{ дм}^3/\text{кг}$ ва $1,67\text{ м}^3/\text{кг}$ га тенг.

15.24. Сифими $4,0\text{ дм}^3$ бўлган берк идишда 373 К ҳароратли $2,0\text{ кг}$ сув бор. Сув устидаги тўйинган буғ массасини $1,6\text{ г}$ га орттириш учун система ҳароратини қанчага кўтариш керак?

15.25. Босими 8 марта ортган бўлса, $t_1 = 50^\circ\text{C}$ ҳароратда бўлган тўйинган сув буғи қандай ҳароратгача қиздирилган?

Суюқликлар

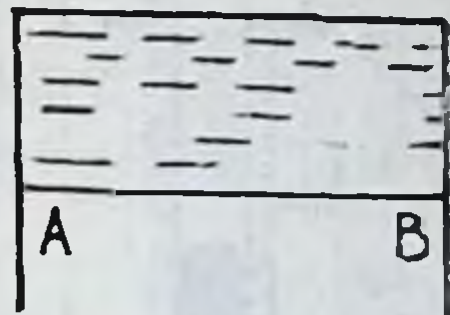
15.26. Ҳажми 1 м^3 бўлган сувда қанча молекула бор? Сув молекуласининг массаси қандай?

15.27. Сув молекуласи эгаллайдиган ҳажми ва битта молекулага мос келган кубча қиррасини ҳисоблаб топинг.

15.28. Сувнинг молекуляр (сиртдаги) босими $1,0\text{ ГПа}$ бўлса, сув сиртидаги молекула унинг ичига томон қандай куч билан тортилади?

15.29. Юпқа тўғри бурчакли пластинканинг пастки томони суюқлик сиртига теккизиб қўйилган. Пластинкани суюқликдан ажратиб олиш учун $8,8\text{ мН}$ куч билан таъсир қилиш керак. Пластинка пастки томонининг узунлиги $6,0\text{ см}$. Суюқликнинг сирт таранглиги қанчага тенг?

15.30. Совун пардаси билан қопланган рамкада пастки томонда бўлган кашагининг узунлиги 15 см га тенг. Пардани 4,0 см га чўзиш учун сирт таранглик кучларига қарши қандай иш бажариш керак? Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини $\sigma = 45 \text{ мН/м}$.



15.1- расм

15.31. Диаметри 1,22 мм бўлган симдан тайёрланган контур кўзгалувчан АВ томонга эга (15.1-расм). Контур совун пардаси билан қопланганда, АВ томон мувозанатда қолган бўлса, контур қандай материалдан тайёрланганлигини аниқланг. Совун эритмасининг сирт таранглиги 45 мН/м.

15.32. Тупроқда ҳосил бўлган 0,3 мм диаметрли ва жавдари буғдой поясидаги ўртача диаметри 20 мкм тенг бўлган капиллярларда сув капилляр кучлар таъсирида қанча баландликка кўтарилади? Ҳўллашни тўла деб ҳисобланг.

15.33. Массаси 1,0 г бўлган сувни туманга айлантириш, яъни уни диаметри 0,20 мкм бўлган кичик томчиларга ажратиб юбориш учун қанча иш бажариш кераклигини топинг.

15.34. Радиуслари 2,0 мм дан бўлган 64 та томчи бирикишидан ҳосил бўлган симоб томчиси қанча иссиқлик миқдори олади?

15.35. Пилик сувни 8,0 см баландликка кўтаради. Шу пилик бўйлаб керосин қанча баландликка кўтарилади?

15.36. Сувли идишга солиб қўйилган, диаметрлари 0,5 мм ва 1,0 мм бўлган капиллярлардаги сув сатҳларининг фарқини ҳисобланг. Капиллярлар симобли идишга солинса бу фарқ қандай бўлар эди?

15.37. Идишдаги ҳарорати 20°C бўлган сувга ички диаметри 0,10 мм бўлган капилляр тушириб қўйилган. Ҳарорат 70°C гача кўтарилганда капиллярдаги сувнинг сатҳи 3,2 см га пасайган. Сувнинг 70°C даги сирт таранглигини топинг. Шишанинг иситилгандаги кенгайишини ҳисобга олманг.

15.38. Сирт таранглигини намойиш қилиш учун симлари парафиннинг юпқа қатлами билан қопланган элакка сув қўйилади. Сув тешиклардан ўтиб кетмаслиги учун, бундай элакка қандай баландликкача сув қўйиш мумкин? Элакнинг тешиклари юмалоқ ва уларнинг диаметрлари 0,20 мм га тенг, деб ҳисобланг.

15.39. Симоб қўйилган шиша идиш тубида ёриқ пайдо бўлган. Идишдаги симоб устунининг баландлиги 20,0 см. Симоб идишдан оқиб чиқмаслиги учун ёриқнинг эни кўпи билан қанча бўлиши мумкин?

15.40. Остки томонида сув томчиси осилиб турган капилляр найчадаги сув устунни икки марта камайиши (сувнинг бир қисми тўкилиб қолиши) учун уни қандай тезланиш билан юқорига кўтариш керак?

15.41. Сувли идишга солиб қўйилган капилляр шиша найча ичига иккинчи найча коаксинал жойлаштирилган бўлиб, унинг ички диаметри иккала найча ораллигидаги масофага тенг. Қайси найчадаги сув сатҳи юқори бўлади ва неча марта юқори бўлади? Ички найча деворининг қалинлигини ҳисобга олманг.

15.42. Диаметри 0,20 мм бўлган олтин симни эритаётганда ундан ажраб тушаётган олтин томчисининг узилиш пайтдаги диаметрини аниқланг.

15.15. Агар аргон учун T_k критик ҳарорат ва p_k критик босим маълум бўлса, аргон молекулаларининг нормал шароитдаги эркин югуриш йўли узунлигини топинг.

15.16. Водород учун критик ҳарорат T_k ва критик босим p_k маълум деб ҳисоблаб, 27°C ҳароратда ва $0,20$ МПа босимда турган водороднинг диффузия коэффициентини топинг.

15.17. Газнинг босими критик босимдан 12 марта ортиқ, ҳажми эса критик ҳажмининг ярмига тенг. Келтирилган катталикларда ифодаланган Ван-дер-Ваальс тенгламасидан фойдаланиб, газнинг ҳарорати критик ҳароратдан неча марта ортиқ эканини аниқланг.

15.18. Сифими 150 м^3 бўлган хонада 20°C ҳарорат ва 30% нисбий намликда қанча сув буғи молекулалари бўлади?

15.19. 1 м^3 ҳажмдаги ҳавонинг ҳарорати 17°C , нисбий намлиги эса 50%. Ҳаво ҳароратини ўзгартирмасдан унинг ҳажмини 3 марта камайтирилса, тушган шудрининг массаси қанча бўлади?

15.20. Нормал атмосфера босими ва 29°C ҳароратда $1,0\text{ м}^3$ ҳажми эгаллаб турган нам ҳаво массасини топинг. Ҳавонинг нисбий намлиги 60%.

15.21. Идишдаги ҳарорати 20°C бўлган ҳавонинг нисбий намлиги 70%. Шу ҳавони 100°C гача иситиб, ҳажмини 2 марта кичрайтирилса, унинг нисбий намлиги қанчага ўзгаради?

15.22. Стаканга аралашмайдиган икки хил суюқлик: углерод тетрахлориди CCl_4 ва сув қуйилган. Нормал атмосфера босимида CCl_4 $76,7^\circ\text{C}$ да, сув эса 100°C да қайнайди. Стакан сувли идишда бир текис иситилганда суюқликлар чегарасида қайнаш $65,5^\circ\text{C}$ ҳароратда бошланади. Бундай «чегаравий» қайнашда қайси суюқлик ва неча марта тезроқ қайнаб тугайди? Тўйинган сув буғининг $65,5^\circ\text{C}$ ҳароратдаги босими 26,0 кПа.

15.23. Агар сув 95°C да қайнаган бўлса, атмосфера босими қандай бўлган? Сув ва буғнинг солиштирма ҳажмлари мос равишда $1,04\text{ дм}^3/\text{кг}$ ва $1,67\text{ м}^3/\text{кг}$ га тенг.

15.24. Сифими $4,0\text{ дм}^3$ бўлган берк идишда 373 К ҳароратли $2,0\text{ кг}$ сув бор. Сув устидаги тўйинган буғ массасини $1,6\text{ г}$ га орттириш учун система ҳароратини қанчага кўтариш керак?

15.25. Босими 8 марта ортган бўлса, $t_1 = 50^\circ\text{C}$ ҳароратда бўлган тўйинган сув буғи қандай ҳароратгача қиздирилган?

Суюқликлар

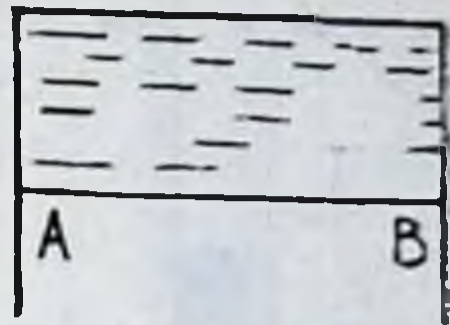
15.26. Ҳажми 1 м^3 бўлган сувда қанча молекула бор? Сув молекуласининг массаси қандай?

15.27. Сув молекуласи эгаллайдиган ҳажми ва битта молекулага мос келган кубча қиррасини ҳисоблаб топинг.

15.28. Сувнинг молекуляр (сиртдаги) босими $1,0\text{ ГПа}$ бўлса, сув сиртидаги молекула унинг ичига томон қандай куч билан тортилади?

15.29. Юпқа тўғри бурчакли пластинканинг пастки томони суюқлик сиртига теккизиб қўйилган. Пластинкани суюқликдан ажратиб олиш учун $8,8\text{ мН}$ куч билан таъсир қилиш керак. Пластинка пастки томонининг узунлиги $6,0\text{ см}$. Суюқликнинг сирт таранглиги қанчага тенг?

15.30. Совун пардаси билан қопланган рамкада пастки томонда бўлган кашагининг узунлиги 15 см га тенг. Пардани 4,0 см га чўзиш учун сирт таранглик кучларига қарши қандай иш бажариш керак? Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини $\sigma = 45 \text{ мН/м}$.



15.1- расм

15.31. Диаметри 1,22 мм бўлган симдан тайёрланган контур кўзгалувчан АВ томонга эга (15,1-расм). Контур совун пардаси билан қопланганда, АВ томон мувозанатда қолган бўлса, контур қандай материалдан тайёрланганлигини аниқланг. Совун эритмасининг сирт таранглиги 45 мН/м.

15.32. Тупроқда ҳосил бўлган 0,3 мм диаметрли ва жавдари буғдой поясидаги ўртача диаметри 20 мкм тенг бўлган капиллярларда сув капилляр кучлар таъсирида қанча баландликка кўтарилади? Ҳўллашни тўла деб ҳисобланг.

15.33. Массаси 1,0 г бўлган сувни туманга айланттириш, яъни уни диаметри 0,20 мкм бўлган кичик томчиларга ажратиб юбориш учун қанча иш бажариш кераклигини топинг.

15.34. Радиуслари 2,0 мм дан бўлган 64 та томчи бирикишидан ҳосил бўлган симоб томчиси қанча иссиқлик миқдори олади?

15.35. Пилик сувни 8,0 см баландликка кўтаради. Шу пилик бўйлаб керосин қанча баландликка кўтарилади?

15.36. Сувли идишга солиб қўйилган, диаметрлари 0,5 мм ва 1,0 мм бўлган капиллярлардаги сув сатҳларининг фарқини ҳисобланг. Капиллярлар симобли идишга солинса бу фарқ қандай бўлар эди?

15.37. Идишдаги ҳарорати 20°C бўлган сувга ички диаметри 0,10 мм бўлган капилляр тушириб қўйилган. Ҳарорат 70°C гача кўтарилганда капиллярдаги сувнинг сатҳи 3,2 см га пасайган. Сувнинг 70°C даги сирт таранглигини топинг. Шишанинг иситилгандаги кенгайишнинг ҳисобга олманг.

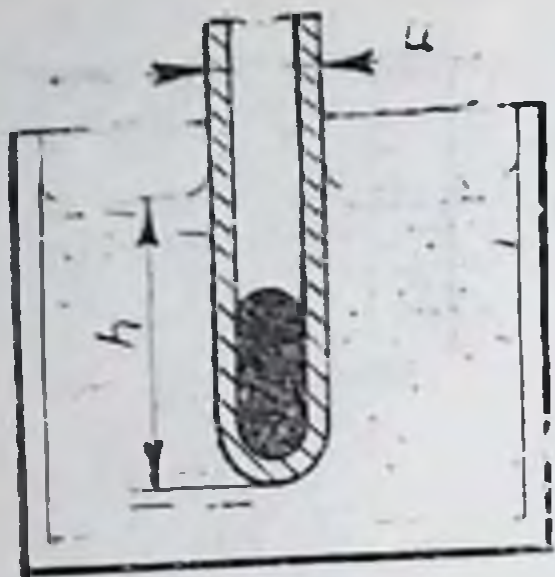
15.38. Сирт таранглигини намойиш қилиш учун симлари парафиннинг юпқа қатлами билан қопланган элакка сув қўйилади. Сув тешиклардан ўтиб кетмаслиги учун, бундай элакка қандай баландликкача сув қўйиш мумкин? Элакнинг тешиклари юмалоқ ва уларнинг диаметрлари 0,20 мм га тенг, деб ҳисобланг.

15.39. Симоб қўйилган шиша идиш тубида ёриқ пайдо бўлган. Идишдаги симоб устунининг баландлиги 20,0 см. Симоб идишдан оқиб чиқмаслиги учун ёриқнинг эни кўпи билан қанча бўлиши мумкин?

15.40. Остки томонида сув томчиси осилиб турган капилляр найчадаги сув устунни икки марта камайиши (сувнинг бир қисми тўкилиб қолиши) учун уни қандай тезланиш билан юқорига кўтариш керак?

15.41. Сувли идишга солиб қўйилган капилляр шиша найча ичига иккинчи найча коаксенал жойлаштирилган бўлиб, унинг ички диаметри иккала найча ораллигидаги масофага тенг. Қайси найчадаги сув сатҳи юқори бўлади ва неча марта юқори бўлади? Ички найча деворининг қалинлигини ҳисобга олманг.

15.42. Диаметри 0,20 мм бўлган олтин симни эритаётганда ундан ажраб тушаётган олтин томчисининг узлиш пайтдаги диаметрини аниқланг.



15.2- расм

15.43. Диаметри $d = 2,0$ мм бўлган кумуш симни эритилганда 12 та кумуш томчиси ҳосил бўлиб, сим $h = 205$ мм га қисқарган. Суюқ ҳолдаги кумушнинг сирт таранглигини топинг.

15.44. Ички диаметри $d = 2,0$ мм бўлган капилляр найча суюқлик ичига бироз тушириб қўйилган. Агар суюқликнинг сирт таранглиги $\sigma = 48$ мН/м бўлса, найча ичига кириб қолган суюқликнинг массаси қанча бўлади? Ҳўлланишни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.45. Очиқ капилляр найда сув бор. Капилляр вертикал бўлганда, унинг пастки учида ҳосил

бўлган мениск: б) ботиқ; б) ясси; в) қавариқ бўлиши учун сувнинг массаси қандай бўлиши керак? Капиллярнинг ички диаметри 1,0 мм, Ҳўлланишни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.46. Ички диаметри 1 мм бўлган очиқ капилляр найчада; 1) $m = 18$ мг; 2) $m = 23,3$ мг; 3) $m = 34$ мг массали сув томчиси бор. Капилляр вертикал бўлганда бу ҳолларнинг ҳар бирида юқориги менискнинг R_1 ва пастки менискнинг R_2 радиусларини топинг.

15.48. Ички диаметри 1,0 мм бўлган горизонтал капилляр найчада глицерин устунни бор. Капилляр найча вертикал ҳолатга келтирилганда тўкилиб кетмаслиги учун глицерин устунининг узунлиги қанча бўлиши керак? Глицерин идиш деворини тўлиқ ҳўллайди деб ҳисобланг.

15.48. Найчасининг диаметри 0,40 мм бўлган воронкага спирт қўйилган. Спирт найчадан томчилаб оқа бошлаши учун воронкага спиртни қандай баландликкача қўйиш керак?

15.49. Ички диаметри $d = 2,0$ мм бўлган горизонтал найча кана кунжут мойи билан тўлдирилган. Мой устунининг узунлиги $l = 4,0$ см. Агар найча вертикал ҳолатга ўтказилганда ундан массаси $m = 77$ мг бўлган мой оқиб тушган бўлса, канакунжут мойининг сирт таранглигини топинг. Ҳўллашни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.50. Ташқи диаметри 3,0 мм бўлган найчанинг бир учи кавшарланган бўлиб, найчанинг шу учидан симоб устунчаси бор (15.2-расм). Найчанинг симоб билан биргаликдаги умумий массаси 0.20 г. Найча кавшарланган учи билан сувга тушириб қўйилган. Найчанинг сувга ботиш чуқурлигини топинг. Ҳўллашни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.51. Идишдаги спиртга ботириб қўйилган, кенглиги 10 см дан бўлган иккита ясси-параллел шиша пластинкалар орасида кўтаришган спирт массасини аниқланг.

15.52. Бир-биридан $d = 0,20$ мм масофада жойлашган иккита вертикал ясси-параллел шиша пластинка суюқликка ботириб қўйилган. Агар пластинкалар орасидаги суюқлик $h = 3,24$ см га кўтаришган бўлса, суюқлик зичлигини топинг. Суюқликнинг сирт таранглиги $\sigma = 27$ мН/м, суюқлик пластинкаларни тўлиқ ҳўллайди деб ҳисобланг.

15.53. Массаси $m = 1,36$ г бўлган симоб томчиси ўзаро параллел шиша пластинкалар орасига киритилган. Симоб томчисини $d = 0,10$ мм қалинликкача яссилаш учун қандай куч қўйиш керак? Симоб пластинка сиртини умуман ҳўлламайди деб ҳисобланг.

15.54. Агар атмосфера босими $0,10$ МПа бўлса, диаметри $2,0$ мм бўлган барометрик найдаги симоб устунининг баландлиги қанча бўлади? Сирт тарангликни ҳисобга оладиган тузатма $13,3$ Па дан ортмаслиги учун барометрик найнинг минимал диаметри қандай бўлиши керак?

15.55. Ички диаметри $d = 4,0$ мм бўлган барометрик най симоб билан тўлдирилиб, унинг очиқ учи кенг идишга тушириб қўйилган. Найдаги ва идишдаги симоб сатҳлари фарқи $\Delta h = 75,6$ см. Атмосфера босими қандай бўлган?

15.56. Диаметрлари $d_1 = 1,0$ мм ва $d_2 = 3,0$ мм бўлган найчалардан иборат U -симон идишдаги сув сатҳларининг фарқи $\Delta h = 2,0$ см га тенг (11.3-расм). Сувнинг сирт таранглигини топинг. Ҳўллашни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.57. Олдинги масаладаги U -симон идишда симоб сатҳларининг фарқи 1 см бўлган. Симобнинг сирт таранглигини топинг. Ҳўлланмасликни тўлиқ деб ҳисобланг.

15.58. Вакуум олиш насоси очиқ U -симон симобли манометр билан уланган. Манометр найчаларининг диаметри $0,25$ см ва 4 см. Найчалардаги симоб сатҳлари бир хил бўлса, ҳаво босимларининг фарқи қандай бўлган? Вакуум олиш насоси найчалардан қайси бирига уланиши керак?

15.59. Чуқурлиги 6 м бўлган сув ҳавзасининг тубида турган пуфакчадаги ҳаво зичлиги ўша ҳароратда атмосфера босимида турган ҳаво зичлигидан 5 марта катта бўлган. Пуфакча радиусини топинг.

15.60. 20°C ҳароратда $0,10$ МПа атмосфера босими остида турган, диаметри $1,0$ см бўлган совун пуфакчаси ичидаги ҳавонинг қўшимча босими ва зичлигини топинг. Совунли сувнинг сирт таранглиги 45 мН/м.

15.61. Совун пуфакчасини пуфлаб, унинг диаметрини $1,0$ см дан $9,0$ см гача орттириш учун сирт таранглик кучларига қарши қанча иш бажариш керак?

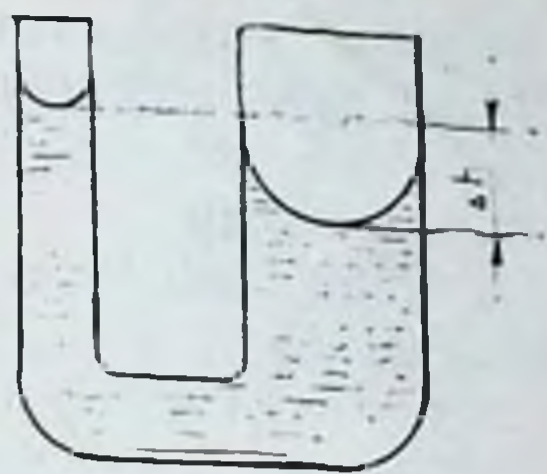
15.62. Сферик шаклдаги совун пуфагини, унинг радиуси секундига 1 см га ортадиган қилиб пуфланмоқда. Радиуси 5 см бўлган пуфак ҳосил қилиш учун зарур бўладиган қувватни ҳисоблаб топинг.

15.63. Бир найнинг икки учида радиуслари 8 см ва 4 см бўлган совун пуфаклари ҳосил қилинган. 1) ўз ҳолича қўйиб берилса, пуфаклардан қайси бири катталашиб, қайси бири кичиклашишини, 2) катта пуфакнинг радиуси $0,2$ см га ўзгарса, кичик пуфакнинг радиуси қанчага ўзгаришини аниқланг.

15.64. Пуфлаб диаметри 10 см бўлган совун пуфагини ҳосил қилиш учун қанча иш бажариш керак? Пуфлаш жараёнини изотермик деб ҳисобланг.

15.65. Агар туташ идишга қўйилган керосиннинг тирсаклардаги сатҳлари 28 см ва 30 см, ҳароратлари эса 10°C ва 80°C га тенг бўлса керосиннинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини топинг.

15.66. Босим p_1 бўлганда пресснинг гидравлик системасидаги мой зичлиги ρ_1 бўлса, унинг p_2 босимдаги зичлигини топинг. Сиқилиш коэффициенти k га тенг.



11.3-расм

15.67. Симобнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини $\beta = 0,18 \text{ мК}^{-1}$, сиқилиш коэффициенти эса $k = 39,5 \text{ пПа}^{-1}$. Симоб 10 К га иситилганда ҳажми ўзгаришсиз қолган бўлса, ташқи босим қанчага ортган?

15.68. Радиуси 5 мкм бўлган сув томчисининг ҳавода тушиш тезлигини топинг.

15.69. Канакунжут мойи билан 25 см баландликкача тўлдирилган цилиндрсимон идиш тубида $9,0 \text{ мм}$ диаметрли ёғоч шарча тутиб турилибди. Агар шарчани қўйиб юборилганда у 10 с дан кейин сиртга қалқиб чиққан бўлса, канакунжут мойининг қовушоқлик коэффициентини топинг. Ёғочнинг зичлигини 400 кг/м^3 деб олинг.

15.70. Эритманинг 27°С ҳароратдаги осмотик босими $0,2 \text{ МПа}$ га тенг. 1 дм^3 эритилган модданинг қанча заррачаси бор?

15.71. Осмотик босимини орттириш учун эритма концентрациясини $1,3$ марта орттириш зарур. Концентрациясини ўзгартирмай туриб, осмотик босимни шунчага орттириш учун унинг ҳароратини неча градусга кўтариш керак? Эритманинг бошланғич ҳарорати 0°С .

15.72. Эритилган модданинг ҳар бир молекуласига 800 та сув молекуласи тўғри келса, эритманинг осмотик босими қанча бўлади? Эритма ҳароратини 47°С , диссоциация бўлмаган деб ҳисобланг.

15.73. Массаси $3,0 \text{ г}$ бўлган ош тузи ҳарорати 30°С бўлган $1,0 \text{ дм}^3$ сувда эритилган. Шу шароитда эритманинг осмотик босими $0,17 \text{ МПа}$ га тенг бўлган. Туз молекулаларининг диссоциация даражасини топинг.

15.74. Сифими $1,0 \text{ дм}^3$ бўлган, ярим сингдирувчан моддадан тайёрланган идиш $0,20 \text{ г}$ ош тузи қўшилган сув билан тўлдирилиб, сувга солиб қўйилган. 27°С ҳароратда тузнинг молекулалари тўла диссоциацияланган бўлса, ярим сингдирувчан деворли идишга тушириб қўйилган ингичка найдаги суюқлик сатҳи осмотик босим туфайли қанчага кўтарилади?

16-§. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ИССИҚЛИК ХОССАЛАРИ. ФАЗАВИЙ ҲАВАЛАШ

Ҳарорат ΔT га ўзгарганда узунликнинг нисбий ўзгариши:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T,$$

бу ерда l — бошланғич узунлик, α — чизиқли кенгайиш коэффициенти.

Иссиқлик сифимининг классик назарияси (Дюлонг-Пти қонуни) га кўра химиявий содда қаттиқ жисмларнинг моляр иссиқлик сифими:

$$C = 3R.$$

Бир муҳитдан иккинчи муҳитга $d\tau$ вақт ичида dS юза орқали узатилган иссиқлик миқдори:

$$Q = \alpha dT dS d\tau,$$

бу ерда α — иссиқлик узатиш коэффициенти.

Қаттиқ жисмларнинг иссиқлик хоссалари

16.1. Агар ихтиёрий ҳароратда темир ва мис стерженлар узунликларининг нисбати бир хил бўлса, 0°C ҳароратда бу стерженлар узунликлари қандай нисбатда бўлади?

16.2. Агар маятниги металлдан ясалган соат 3°C ҳароратда суткасига 8,0 с га олдинга ўтиб кетиб, 23°C ҳароратда эса суткасига 7,0 с га орқада қолса, маятник материалининг чизиқли кенгайиш коэффициентини ва соат хатосиз юрадиган ҳароратни топинг.

16.3. Бир жинсли қаттиқ жисмнинг унинг оғирлик марказидан ўтмаган горизонтал ўқ атрофидаги эркин тебранишлари даврининг ҳароратга боғланишини топинг.

16.4. Кўндаланг кесими $5,0\text{ см}^2$ бўлган пўлат стерженнинг учлари иккита деворга қўзғалмайдиган қилиб маҳкамлаб қўйилган. Агар стержень 10°C ҳароратда кучланишсиз ҳолатда бўлган бўлса, 20°C ҳароратда стерженнинг учлари деворларга қанча куч билан таъсир қилади?

16.5. Сифими $3,0\text{ дм}^3$ бўлган алюминий чойгум 5°C ҳароратли сув билан тўлдирилган. Чойгум 70°C гача қиздирилганда ундан қанча сув оқиб чиқади? Масалани чойгум материалининг кенгайиши ҳисобга олинмаган ва ҳисобга олинган ҳоллар учун ечинг.

16.6. Симобли барометрнинг жездан тайёрланган шкаласи 0°C ҳароратда даражаланган. Барометр 30°C ҳароратда $101,1\text{ кПа}$ босимни кўрсатган бўлса, атмосфера босими қандай бўлган? Шишанинг кенгайишини ҳисобга олманг.

16.7. Иссиқлик сифимининг классик назарияси бўйича: 1) алюминий; 2) мис; 3) платина кристалларининг солиштирма иссиқлик сифимларини ҳисоблаб топинг.

16.8. Иссиқлик сифимининг классик назарияси бўйича KCl ва CaCl_2 кристалларининг солиштирма иссиқлик сифимини ҳисоблаб топинг.

16.9. Ёғоч деворнинг қалинлиги 10 см. Ёғоч девор билан бир хил иссиқлик ўтказувчанликка эга бўлиши учун ёғиш деворнинг қалинлиги қанча бўлиши керак?

16.10. Қалинликлари бир хил бўлган мис ва темир пластинкалар бир-бирига жипс тегиб турибди. Мис пластинка ташқи сиртининг ҳарорати 100°C , темир пластинка ҳарорати 0°C га тенг. Пластинкаларнинг бир-бирига тегиб турган сирти ҳароратини топинг.

16.11. Юзаси 20 м^2 ва қалинлиги 0,20 м бўлган ёғишли девор орқали бир сутка ичида йўқотилган иссиқликни қоплаш учун ФИК 70% бўлган печда қанча миқдорда тошкўмир ёқиш керак? Девор ички сиртининг ҳарорати 20°C , ташқи сиртиники эса 10°C га тенг. Кўмирнинг ёниш иссиқлиги 30 МЖ/кг .

16.12. Қуввати 2,0 кВт бўлган электр печининг ички сиртининг юзаси 25 дм^2 бўлган девори 10 см қалинликдаги ўтга чидамли материал билан қопланган. Материалнинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти $0,80\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Печь ички деворидаги ҳарорат 1200°C бўлса, ташқи сирт ҳарорати қандай бўлади?

16.13. Хонадаги ҳарорат $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, ташқарида эса $t_2 = -20^{\circ}\text{C}$ бўлса, $\tau = 1,0\text{ с}$ вақт ичида қалинлиги $l = 51\text{ см}$ бўлган ёғишли де-

ворнинг $S = 1,0 \text{ м}^2$ юзаси орқали йўқотилаётган иссиқлик миқдорини ҳамда деворнинг ички ва ташқи сиртларининг ҳароратларини топинг. Хона томондан деворнинг иссиқлик узатиш коэффициенти $\alpha_1 = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, деворнинг ташқи сирти орқали эса $\alpha_2 = 6,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

16.14. Олдинги масалада кўрилган бино девори орқали иссиқлик миқдори йўқотилишларини камайтириш ва девор ички сиртининг ҳароратини кўтариш мақсадида $5,0 \text{ см}$ қалинликдаги пўкак қатламли изоляциянинг икки хил вариантдан фойдаланилган: 1) пўкак қатлами деворнинг ички сиртини қоплаган; 2) пўкак қатлами деворнинг ташқи сиртини қоплаган. Ҳар иккала вариантда фишт деворнинг ички сиртининг ҳароратларини топинг. Қайси вариант фойдалироқ эканлигини ва буида иссиқликнинг неча процентини сақлаб қолиш мумкинлигини кўрсатинг.

16.15. Буғ қозони ўчоғидаги газларнинг ҳарорати $t_1 = 800^\circ\text{С}$, қозондаги сув ҳарорати эса $t_2 = 150^\circ\text{С}$. Қозоннинг қалинлиги $l_1 = 2,5 \text{ см}$ бўлган пўлат деворининг ички сирти $l_2 = 5,0 \text{ мм}$ қалинликдаги қуйқум билан қопланган. Қозон сиртининг $1,0 \text{ м}^2$ юзаси орқали $1,0 \text{ с}$ ичида қанча иссиқлик узатилади? Иссиқлик бериш коэффициенти газлар учун $\alpha_1 = 46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, сув учун $\alpha_2 = 2,3 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ га тенг.

16.16. Олдинги масаладаги қозоннинг ички деворида қуйқум йўқлигида унинг бераётган иссиқлик миқдори ўзгармай қолиши учун, қозон ташқи томонидан қандай қалинликдаги қурум билан қопланиши керак?

Фазавий ўтишлар

16.17. Берк идиш ичида муз парчаси бор. Муз устидаги тўйинган буғ босими 5% га ортиши учун идишдаги босимни қанчага орттириш керак? Идишнинг ҳарорати -20°С да ўзгартирмасдан сақлаб турилади.

16.18. Музнинг $1,0 \text{ МПа}$ босимдаги эриш ҳароратини аниқланг. Босим $0,10 \text{ МПа}$ дан $1,0 \text{ МПа}$ гача ўзгарганда муз ва сувнинг зичлиги ҳамда солиштирма эриш иссиқлиги ўзгармайди деб ҳисобланг.

16.19. Массаси $1,0 \text{ кг}$ бўлган симобнинг қотишида энтропиянинг ортишини топинг. Симобнинг қотиш ҳарорати $-38,9^\circ\text{С}$ га тенг.

16.20. Бошланғич ҳарорати 233 К бўлган $0,30 \text{ кг}$ массали муз парчаси 373 К ҳароратда ва атмосфера босимида буғга айлантирилган. Энтропиянинг шу жараёндаги ортишини топинг.

16.21. Ҳарорати 100°С бўлган сув буғи дастаси массаси $4,0 \text{ кг}$ бўлган -20°С ҳароратли муз парчасига йўналтирилган. Буғ музни эритиб ҳосил бўлган сувни 60°С гача иситган. Бу жараёнда энтропиянинг ортишини топинг.

16.22. Ташқи босим 10 МПа га ортганда музнинг эриш ҳарорати 1 К га ўзгарса, 1 моль миқдордаги муз эриганда энтропиянинг ортишини топинг.

16.23. Нормал шароитда бўлган муз парчасини адиабатик равишда 10 МПа босимгача сиқилса, унинг ҳарорати қанчага кўтарилади? Бунда муз массасининг қандай қисми эрийди?

16.24. Бензол (C_6H_6) нинг учланган нуқтаси яқинида унинг солиштирма буғланиш иссиқлиги $0,43 \text{ МЖ}/\text{кг}$. Агар унинг учланган нуқтаси 6°С ва буғининг мувозанатдаги босими $4,8 \text{ кПа}$ бўлса, шундай шароитдаги бензолнинг солиштирма эриш иссиқлиги қандай бўлади? Буғланиш эгри чизиги учун учланган нуқтада $\Delta p/\Delta T = 324 \text{ Па}/\text{К}$.

III боб

ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ

17-§. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Кулон қонуни:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1||Q_2|}{r^2},$$

бу ерда r — Q_1 ва Q_2 зарядлар орасидаги масофа, $\epsilon_0 = 8,85$ пФ/м — электр доимийси.

Нуқтавий заряд майдони кучланганлигининг модули ва потенциали:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}.$$

Майдон кучланганлиги ва потенциалининг ўзаро боғланиши:

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi.$$

Нуқтавий диполь майдони кучланганлигининг [модули ва потецнали

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \theta}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3},$$

бу ерда \vec{p} — диполнинг электр моменти, \vec{r} — диполь марказидан E ва φ аниқланадиган нуқтага ўтказилган радиус вектор, θ — \vec{r} ва \vec{p} векторлар орасидаги бурчак.

Остроградский — Гаусс теоремаси ва \vec{E} кучланганлик циркуляцияси

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = Q/\epsilon_0, \quad \oint (\vec{E} d\vec{r}) = 0.$$

Вакуумда жойлашган ўтказгич сирти яқинидаги электр майдони кучланганлигининг модули:

$$E = \sigma/\epsilon_0,$$

бу ерда σ ўтказгичдаги зарядларнинг сирт зичлиги.

\vec{D} вектори ва унинг учун Остроградский — Гаусс теоремаси:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad \oint \vec{D} d\vec{S} = Q,$$

бу ерда \vec{P} — диэлектрикнинг қутбланиш вектори, Q — ёпиқ сирт ичидаги четки зарядларнинг алгебраик йиғиндиси.

Изотроп диэлектриклар учун $\vec{P} = \kappa \epsilon_0 \vec{E}$, $\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}$, бу ерда κ ва ϵ диэлектрик киритувчанлик ва диэлектрик сингдирувчанлик.

Ясси конденсатор сифими:

$$C = \epsilon \epsilon_0 S/d.$$

Яккаланган зарядланган ўтказгичнинг электр энергияси:

$$E = \frac{1}{2} \Phi Q.$$

Зарядланган конденсатор энергияси:

$$E = \frac{1}{2} C U^2.$$

Электр майдони энергиясининг ҳажмий зичлиги:

$$\omega = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}.$$

Кулон қонуни

17.1. Иккита бир хил ишорали $Q_1 = 0,7$ нКл ва $Q_2 = 1,3$ нКл заряд ҳавода бир-биридан $r = 6,0$ см масофада турибди. Зарядларнинг ҳар бирига таъсир қилаётган куч нолга тенг бўлиши учун бу зарядлар орасига учинчи зарядни қандай масофада жойлаштириш керак?

17.2. Маятник вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган илга осилган металл шарчадан ташкил топган. Шарчани мусбат зарядлаб, манфий зарядланган иккинчи шарчани эса биринчи шарча остига ип билан битта вертикал чизиқда ётадиган қилиб жойлаштирилса, маятникнинг тебраниш даври қандай ўзгаради?

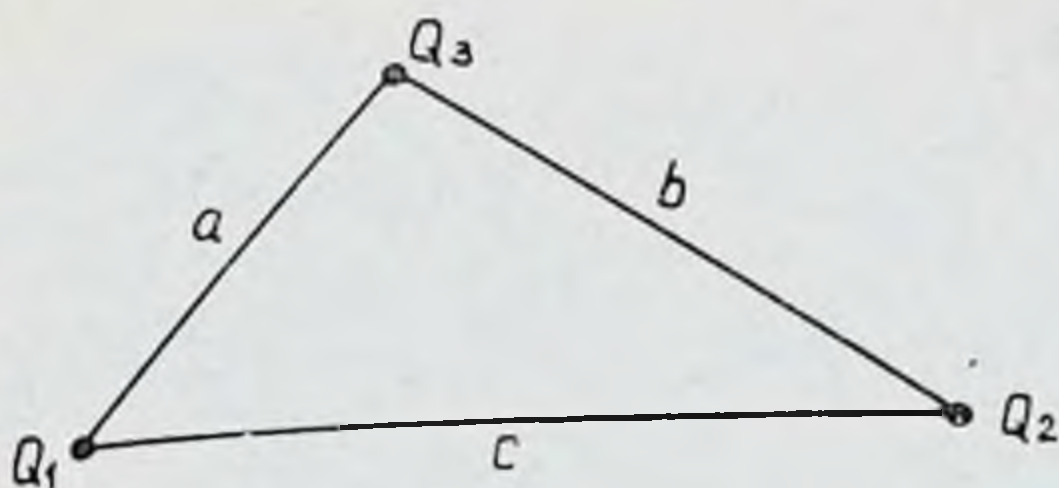
17.3. Бир-биридан $r = 17,0$ см масофада $Q = 1,1$ кКл дан бўлган икки нуқтавий заряд жойлашган. Зарядлар уларнинг ҳар биридан худди шундай масофада жойлашган бирлик мусбат зарядга қандай куч билан ва қандай йўналишда таъсир қиладилар?

17.4. Бир хил ишорали $Q_1 = 0,2$ мКл, $Q_2 = 0,5$ мКл ва $Q_3 = 0,4$ мКл зарядлар томонлари $a = 4,0$ см, $b = 5,0$ см ва $c = 7,0$ см бўлган учбурчак учларида жойлашган (17.1-расм). Q_3 зарядга таъсир қиладиган кучнинг модули ва йўналишини аниқланг.

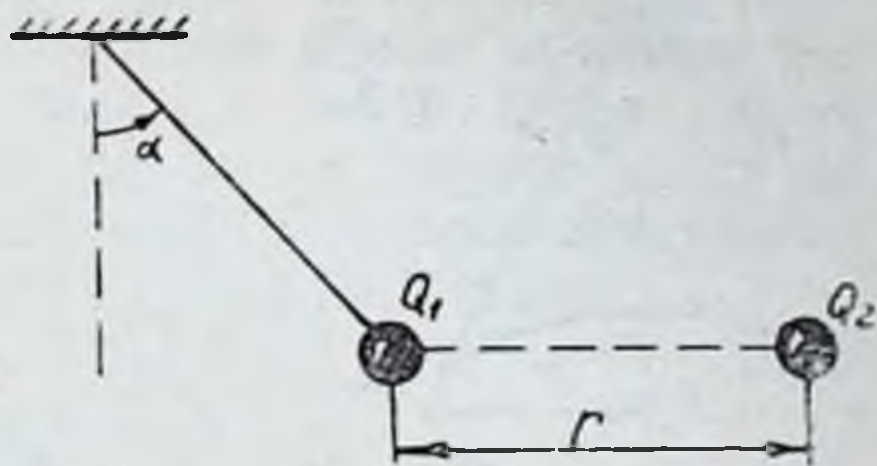
17.5. Квадратнинг марказида 250 нКл мусбат заряд жойлашган. Зарядлар системаси мувозанатда бўлиши учун квадратнинг ҳар бир учига қандай катталиқдаги манфий зарядни жойлаштириш зарур?

17.6. Томонлари 5,0 см дан бўлган мунтазам учбурчак учларида ва марказида бир хил 0,5 мКл мусбат зарядлар жойлашган. Учбурчак баландлигининг давомида, унинг учидан 7,0 см масофада жойлашган 0,7 мКл манфий зарядга қандай куч таъсир қилади? Ечимнинг икки ҳолини кўриб чиқинг.

17.7. Мунтазам олти бурчак учларига ҳар бири 10 нКл дан бўлган мусбат зарядлар жойлаштирилган. Ҳар бир зарядга таъсир этадиган на-



17.1- расм



17.2- расм

тижавий куч нолга тенг бўлиши учун олтибурчак марказига қандай катталикдаги манфий зарядни жойлаштириш зарур?

17.8. m массали, заряди Q бўлган d диаметрли шарча силлиқ сфера ичида турибди. Шарча: 1) мувозанатда; 2) турғун мувозанатда бўлиши учун сферанинг қуйи нуқтасига қандай заряд жойлаштириш керак?

17.9. Массаси $m = 4$ г, заряди $Q_1 = 278$ нКл бўлган шарча ҳавода вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган илга осилган. Унга қарма-қарши ишорали Q_2 заряд яқинлаштирилганда ил вертикал йўналишдан $\alpha = 45^\circ$ бурчакка оingan (17.2-расм). Агар зарядлар орасидаги масофа $r = 6$ см бўлса, заряднинг модулини топинг.

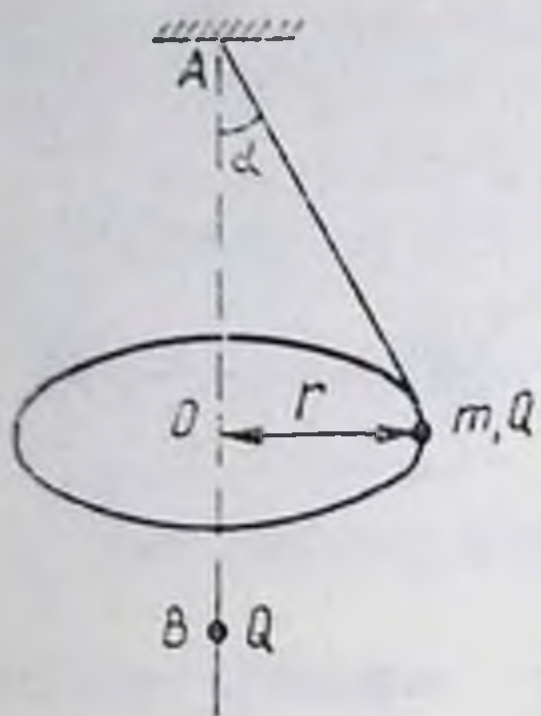
17.10. Умумий осиш нуқтасига маҳкамланган, узунликлари $l = 0,2$ м бўлган вазнсиз, чўзилмайдиган ва электр токини ўтказмайдиган ипларга ҳавода иккита бир хил, массалари $m = 20$ мг дан бўлган шарча осиб қўйилган. Шарчалардан бирини четга тортиб, унга заряд берилгандан сўнг қўйиб юборилди. У иккинчи шарчага теккач, иккала шарча бир-биридан узоқлашиб, иплар $\alpha = 60^\circ$ бурчак ҳосил қилди. Биринчи шарчага берилган Q заряднинг модулини топинг.

17.11. Ҳавода жойлашган ва бир илмоққа илинган, узунликлари $l = 1$ м дан бўлган вазнсиз, чўзилмайдиган, электр токини ўтказмайдиган ипларга массалари $m = 5$ г дан бўлган учта шарча осилган. Шарчаларга бир хил Q зарядлар берилганда, улар бир-биридан узоқлашиб, иплар орасидаги бурчаклар $\alpha = 40^\circ$ бўлиб қолган. Шарчалардаги заряднинг модулини топинг.

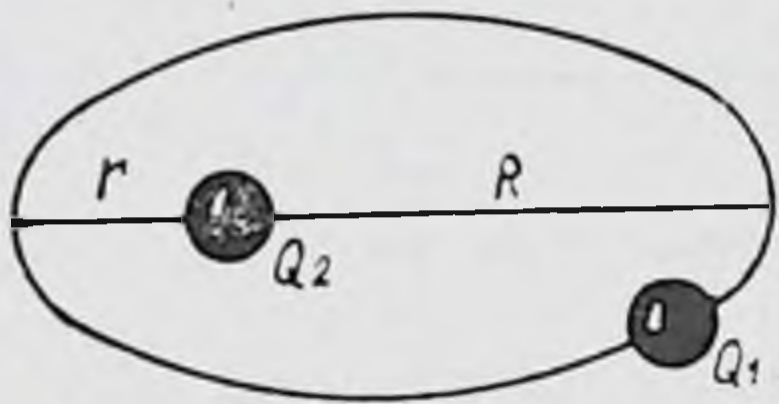
17.12. Атомнинг Бор — Резерфорд модели бўйича электронлар мусбат зарядланган ядро атрофида доиравий орбиталар бўйлаб ҳаракатланадилар. Агар бор орбитасининг радиуси $r = 52,9$ пм бўлса, электроннинг водород атомидаги тезлиги v ва тезланиши a ни аниқланг.

17.13. Ҳавода вертикаль билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилган вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган илга осилган $m = 10$ г массали шарча радиуси $r = 5$ см бўлган айлана бўйлаб $\omega = 10$ рад/с ўзгармас бурчак тезлик билан ҳаракатланади (17.3-расм). $AO = OB$ шарт бажариладиган B нуқтада бошқа қўзғалмас зарядланган шарча жойлашган. Q зарядларни бир хил деб ҳисоблаб, уларнинг модулини топинг.

17.14. Заряди Q_1 бўлган m массали заррача қўзғалмас Q_2 нуқтавий заряд атрофида эллиптик орбита бўйлаб ҳаракатланади (17.4-расм). Заряд билан Q_1 заррача орасидаги энг кичик масофа r га, энг катта ма-



17.3- расм



17.4- расм



17.5- расм

софа эса R га тенг. Заррача Q_2 заряд атрофида қандай T давр билан айланади?

17.15. Ҳар бирининг массаси $m = 0,1$ кг дан бўлган A ва B шарчалар ўзаро тенг ва қарама-қарши ишорали $Q = 10$ мкКл зарядга эга. B шарча тепасида бикрлиги $k = 9,8$ Н/м бўлган ток ўтказмайдиган пружинага A шарча осиб қўйилган (17.5-расм). Бошланғич ҳолатда шарчалар орасидаги электростатик ўзаро таъсир кучи $4 mg$ га тенг. Пружинани юқори учидан ушлаб секин-аста кўтарилган. Вазнсиз чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган BC ипнинг таранглиги нолга тенг бўлиши учун O нуқтани қанча масофага силжитиш керак?

17.16. Узунлиги $l = 8$ см бўлган ингичка ип бўйлаб $Q_1 = 350$ мкКл заряд бир текис тақсимланган бўлиб, у шу ип давомида, унинг ўртасидан $r = 6$ см масофада жойлашган нуқтавий Q_2 зарядга $F = 120$ мкН куч билан таъсир қилади. Мазкур система ҳавода жойлашган бўлса, Q_2 нуқтавий заряд катталигини аниқланг.

17.17. Радиуси $R = 5$ см бўлган сим ҳалқага $Q_1 = 40$ нКл заряд берилди. Ҳалқа марказига Q_1 билан бир хил ишорали $Q_2 = 30$ нКл заряд жойлаштирилса, ҳалқани чўзувчи кучнинг қиймати қанчага тенг бўлади? Ҳалқани унинг хусусий майдони ҳисобига чўзувчи кучлар ҳисобга олинмайди.

17.18. Радиуси $R = 6$ см бўлган ингичка сим ҳалқа бўйлаб $Q = 10$ нКл заряд бир текис тақсимланган. Ҳалқа текислигига перпендикуляр равишда, унинг марказидан ўтган тўғри чизиқда, ҳалқа марказидан $r = 5$ см масофада жойлашган $Q_1 = 3$ нКл нуқтавий зарядга таъсир этувчи F кучни топинг.

17.19. Массаси $m = 1,0$ г бўлиб, $Q = 90$ нКл зарядга эга бўлган шарча вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган ипнинг бир учига осилган. Ипнинг иккинчи учи вертикал текисликда жойлашган $R = 5,0$ см радиусли ҳалқанинг энг юқори нуқтасига маҳкамланган. Ҳалқа диаметрини ҳисобга олмаса бўладиган даражада ингичка қаттиқ симдан тайёрланган бўлиб, у бўйлаб ишораси шарчадаги заряд ишораси билан бир хил бўлган $Q_1 = 90$ нКл заряд бир текис тақсимланган. Ипнинг узунлиги l қанча бўлганда оғган шарча ҳалқанинг текислигига перпендикуляр бўлган ва унинг марказидан ўтган ўқда жойлашади?

17.20. Радиуси $R = 20$ см бўлиб, горизонтал жойлашган ингичка ҳалқа бўйлаб чизиқли зичлиги $\tau = +0,10$ мкКл/см бўлган заряд бир текис тақсимланган. Ҳалқа марказидан массаси $m = 5$ г бўлган $Q_1 = -10$ нКл зарядли жисм пастга тик тушмоқда. Жисмнинг ҳалқа текислигидан $h = 30$ см масофада бўлган пайтдаги a тезланишини топинг. Масалани Q_1 заряд мусбат бўлган ҳол учун ҳам кўриб чиқинг.

Майдон кучланганлиги ва потенциали

17.21. Кучланганлик чизиқлари горизонтал йўналган бир жинсли майдондаги ингичка, вазнсиз, узунлиги $l = 35$ см бўлган чўзилмайдиган ип учига массаси $m = 15$ г бўлиб, $Q = 3,0$ мКл зарядга эга бўлган шарча осилган. Агар электр майдони кучланганлиги $E = 4$ кВ/м бўлса, шарчанинг хусусий тебранишлар даврини топинг.

17.22. Чўзилмайдиган, вазнсиз, ток ўтказмайдиган ипга осилган $m = 1,0$ г массали $Q = 1,0$ мКл зарядга эга бўлган шарча кучланганлик чизиқлари горизонтал бўйлаб чапдан ўнгга йўналган бир жинсли электр майдонида жойлашган. Шарчани ип вертикаль билан $\alpha = 45^\circ$ бурчак ҳосил қиладиган вазиятгача четлатиб, қўйиб юборилди. Шарча вертикаль вазиятдан ўтаётганда ипнинг таранглик кучи $F_T = 80$ мН бўлса, майдон кучланганлиги E ни аниқланг.

17.23. Массаси $m = 2,0$ г бўлиб, $Q = 8,0$ мКл зарядга эга бўлган шарча узунлиги $l = 1,2$ м бўлган вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган ипга осилган бўлиб, вертикаль ўқ атрофида ип вертикаль билан $\alpha = 20^\circ$ бурчак ҳосил қиладиган ҳолда айланма ҳаракат қилмоқда. Агар кучланганлиги $E = 1,4$ кВ/м бўлган электр майдонининг кучланганлик чизиқлари вертикаль ва юқорига йўналган бўлса, шарчанинг айланмиш даври T ни топинг.

17.24. $Q_1 = 20$ нКл ва $Q_2 = -10$ нКл нуқтавий зарядлар ҳавода бир-биридан $r = 10$ см масофада жойлашган. Биринчи заряддан $r_1 = 8$ см, иккинчисидан эса $r_2 = 7$ см масофада жойлашган нуқтанинг кучланганлиги E ни аниқланг.

17.25. Ораларидаги масофа $l = 10$ см бўлган $Q_1 = +90$ нКл ва $Q_2 = -90$ нКл зарядлардан иборат электр диполь ҳавода турибди. а) диполь ўқида, зарядлардан биридан $l/4$ масофада ётган; б) диполь марказида ётган; в) зарядларнинг бири орқали диполь ўқига ўтказилган перпендикулярда, ўқдан $l/2$ масофада ётган; г) диполь ўқининг ўртасига ўтказилган перпендикулярда, ўқдан $l/2$ масофада ётган нуқталар учун майдон кучланганлигини топинг. Зарядлар орасидаги майдон тақсимотининг $E = -f(l)$ графигини чизинг.

17.26. Икки мусбат $Q_1 = Q_2 = Q$ нуқтавий заряд ҳавода бир-биридан $l = 5$ см масофада жойлашган. Бу зарядларнинг симметрия ўқидаги майдон кучланганлиги E энг катта бўлган нуқтани топинг.

17.27. Юпқа найча учида осилиб турган совун пуфаги трубка очик бўлганда сирт таранглик кучлари таъсирида кичрая боради. Пуфакка катта электр зарядини бериш йўли билан уни тўла сиқилишдан сақлаш мумкинми? (Бунда ҳавонинг $E_0 = 3$ МВ/м га тенг бўлган чекланган диэлектрик мустаҳкамлигини ҳисобга олиш лозим). Агар сақлаш мумкин бўлса, қанча диаметрли пуфак қолади?

17.28. Икки ковак металл шарча ўзаро концентрик жойлашган. Кичик шарчанинг заряди 2нКл каттасининг заряди эса 5нКл . Кичик шарча ичидаги; шарчалар марказларидан 7см масофада, улар орасида ётган нуқтадаги, шарчалардан ташқарида, уларнинг марказларидан 15см масофада ётган нуқтадаги майдон кучланганлигини топинг.

17.29. Вакуумдаги ингичка узун тўғри стержень $\tau = 1\text{нКл/м}$ чизиқли зичлик билан бир текис зарядланган. Стержендан $r = 2,0\text{м}$ узоқликда жойлашган нуқтадаги майдон кучланганлигини топинг.

17.30. Вакуумда бир-биридан $l = 2\text{м}$ масофада жойлашган икки чексиз узун параллел стерженнинг ҳар бири $\tau = 15\text{нКл/м}$ чизиқли зичлик билан бир текис зарядланган. Ҳар бир стерженнинг узунлик бирлигига таъсир қиладиган кучни аниқланг.

17.31. Катталиги $Q = 20\text{нКл}$ бўлган заряд $l = 1\text{м}$ узунликдаги ингичка ип бўйлаб бир текис тақсимланган. Ипдан $r = 10\text{см}$ масофада, унинг учларидан бир хил узоқликда жойлашган нуқтадаги майдон кучланганлиги E ни топинг.

17.32. Вакуумда жойлашган R радиусли ингичка ярим ҳалқа τ чизиқли зичлик билан бир текис зарядланган. Ҳалқанинг эгрилик марказидаги майдон кучланганлиги E ни топинг.

17.33. Радиуси R бўлган ингичка ҳалқа чизиқли зичлиги τ бўлган заряд билан бир текис зарядланган. Вакуумда: 1) ҳалқа марказидан унинг текислигига ўтказилган перпендикулярда унинг марказидан h масофада; 2) ҳалқа марказидан ётган нуқталардаги электр майдони кучланганлигини топинг. Ҳалқанинг ўқида, унинг марказидан қандай масофада майдон кучланганлиги: а) максимал бўлади? б) минимал бўлади?

17.34. $Q = 10\text{нКл}$ заряд радиуси $R = 1\text{см}$, марказий бурчаги эса 1) π рад, 2) $\frac{2\pi}{3}$ рад бўлган айлана ёни бўйлаб бир текис тақсимланган. Айлана марказидаги электр майдони кучланганлигини топинг.

17.35. Горизонтал жойлашган R радиусли юпқа бир жинсли диск сирт зичлиги σ бўлган заряд билан бир текис зарядланган. Вакуумда: 1) диск марказдан ўтган ва унинг текислигига перпендикуляр жойлашган ўқда марказдан h см узоқликдаги; 2) диск марказидаги электр майдон кучланганлигини аниқланг. Симметрия ўқида диск марказидан қандай масофада майдон кучланганлиги: а) максимал бўлади? б) минимал бўлади?

17.36. $Q = 9\text{пКл}$ заряд $R = 4\text{см}$ радиусли, вакуумда жойлашган диск сирти бўйлаб бир текис тақсимланган. Диск марказидан ўтказилган перпендикуляр чизиқда, марказдан $l = 3\text{см}$ масофада жойлашган нуқтадаги майдон кучланганлиги E ни топинг.

17.37. $Q = 0,6\text{мКл}$ заряд ички радиуси $R_1 = 20,0\text{см}$, ташқи радиуси эса $R_2 = 40,0\text{см}$ бўлган ҳалқа бўйлаб бир текис тақсимланган. Ҳалқа марказидаги майдон потенциалини аниқланг.

17.38. Ўзаро параллел иккита чексиз узун ип қарама-қарши ишорали, τ чизиқли зичлиги бир хил бўлган заряд билан зарядланган. Бу иплардан мос равишда r_1 ва r_2 масофаларда ётган нуқтадаги майдон потенциалини топинг.

17.39. Ички ва ташқи радиуслари мос равишда R_1 ва R_2 бўлган юпқа ясси ҳалқа сирт зичлиги σ бўлган электр заряди билан заряд-

ланган. Ҳалқа марказидан ўтказилган перпендикуляр чизиқда ётган, марказдан r масофада жойлашган нуқтадаги майдон потенциалини топинг.

17.40. $Q_1 = 18$ нКл зарядга эга бўлган $R_0 = 0,2$ см радиусли шарча ҳавода турибди. Потенциаллари бир-биридан $\Delta\varphi = 15$ В га фарқ қиладиган эквипотенциал сиртларнинг радиусларини топинг. Бошқа зарядланган жисмларнинг таъсирини ҳисобга олманг.

17.41. Сирти бўйлаб Q заряд бир текис тақсимланган 1 см радиусли шарча ҳавода турибди. Чексизликдаги потенциал нолга тенг ва бошқа зарядланган жисмлар таъсир қилмайди деб ҳисоблаб, потенциаллари бир-биридан шар сирти потенциалининг $0,1$ қисмига фарқ қиладиган эквипотенциал сиртлар радиусларини топинг.

17.42. Бир жинсли электр майдонидан бир-биридан бир хил масофада жойлашган A, B, C, D , ва E нуқталар танлаб олинган. B ва D нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси 50 В бўлса, навбатма-навбат A, C ва E нуқталар потенциалларини нолга тенг деб ҳисоблаб, B ва D нуқталар потенциалларини топинг.

17.43. Эквипотенциал чизиқ майдон ҳосил қилаётган заряддан $l = 2,5$ см масофада ётган, кучланганлиги $E_1 = 5,0$ кВ/м бўлган нуқта орқали ўтади, Ораларидаги кучланиш $\Delta U = 25,0$ В бўлиши учун иккинчи эквипотенциал чизиқни майдон ҳосил қилаётган заряддан қандай масофада ўтказиш лозим?

17.44. Ҳар бирининг потенциали φ_1 бўлган n та шар шаклидаги симоб томчилари қўшилишидан ҳосил бўлган симоб томчисининг φ потенциалини топинг.

17.45. $0,5$ нКл заряд $2,5$ см радиусли ковак металл шарчанинг сиртида бир текис тақсимланган. Шар марказида, унинг сиртида ва марказидан $5,0$ см масофада жойлашган нуқталардаги электр майдон потенциалини топинг. Майдон потенциалининг шарча марказидан текшириляётган нуқтагача бўлган масофага боғланиш графигини чизинг.

17.46. Нуқтавий $Q_1 = -17$ нКл ва $Q_2 = +20$ нКл зарядлар $Q_3 = +30$ нКл нуқтавий заряддан мос равишда $l_1 = 2$ см ва $l_2 = 5$ см масофада жойлашган. Q_1 ва Q_2 зарядларнинг ўрнини алмаштириш учун электр кучларига қарши энг камида қанча иш бажариш зарур?

17.47. Массаси $m = 1$ г бўлган зарядланган шарча ҳавода вазнсиз, чўзилмайдиган ва ток ўтказмайдиган илга осиб қўйилган. Узоқдан иккинчи зарядланган шарчани аста-секин яқинлаштириб келиб, биринчи шарчанинг аввалги ўрнига жойлаштирилди. Бунда биринчи шарча $Q = 1$ см баландликка кўтарилди. Иккинчи шарчани кўчириб келишда ташқи кучлар бажарган ишни топинг.

17.48. Заряди $Q = 1$ мкКл бўлган шарча бикрлиги $k = 9$ Н/м бўлган вазнсиз, ток ўтказмайдиган пружинага осиб қўйилган. Чексизликдан айнан шундай зарядга эга бўлган иккинчи шарчани секин-аста яқинлаштириб, биринчи шарчанинг аввалги ўрнига жойлаштирилди. Бунда электростатик кучлар қанча иш бажарган?

Электр майдондаги ўтказкичлар ва диэлектриклар

17.49. Кавендиш тажрибаси зарядланган металл сфера ичидаги электр майдонини ўлчашдан иборат. Кулон қонуни ва суперпозиция принциpidан фойдаланиб зарядланган металл сфера ичидаги майдон кучланганлиги нолга тенг эканлигини исботланг.

17.50. Ерга уланган кичик R радиусли металл сферадан l_1 ва l_2 масофада бир хил Q зарядлар жойлашган (17.6- расм). Ер сиртигача ва бошқа Ерга уланган жисмларгача бўлган масофалар l_1 ва l_2 дан анча катта. Зарядларнинг сферага кўрсатаётган таъсир кучини топинг.

17.51. Ерга уланган, радиуси R бўлган металл шарча марказидан r масофада Q нуқтавий заряд жойлашган. Металл шарчанинг заряди Q_1 ни топинг.

17.52. Вакуумда $Q = 20$ нКл зарядга эга бўлган кичик шарча ерга уланган ясси металл девордан $l = 5$ см масофада турибди. Шарча билан деворнинг қандай куч билан ўзаро таъсирлашишини топинг.

17.53. Шарчанинг марказидан r масофада Q нуқтавий заряд турибди. Шарча қандай ϕ потенциалга эга бўлади?

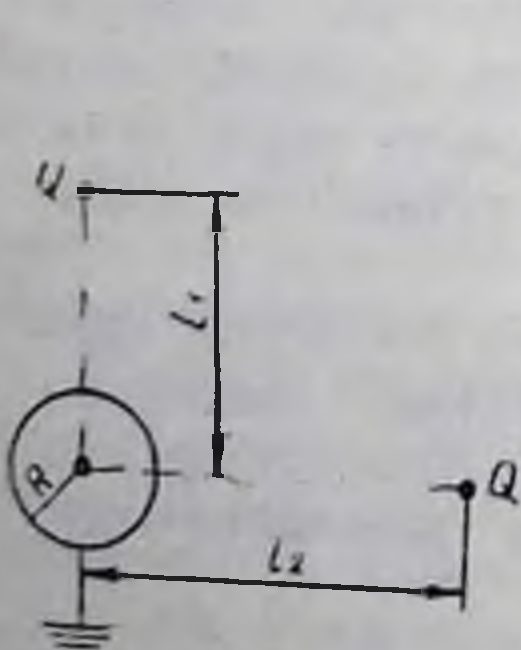
17.54. Радиуси R бўлиб, $+Q_1$ зарядга эга бўлган ковак ўтказкич сфера ичига кичик тешик орқали заряди $-Q_2$ бўлган жисм киритилди. Сфера марказидан $r > R$ масофада жойлашган нуқта қандай потенциалга эга бўлади?

17.55. Металл сфера марказида Q_1 нуқтавий заряд жойлашган. Сфера: а) зарядланмаган; б) ерга уланган ҳоллар учун унинг ичидаги ва ташқарисидаги электр майдонини аниқланг.

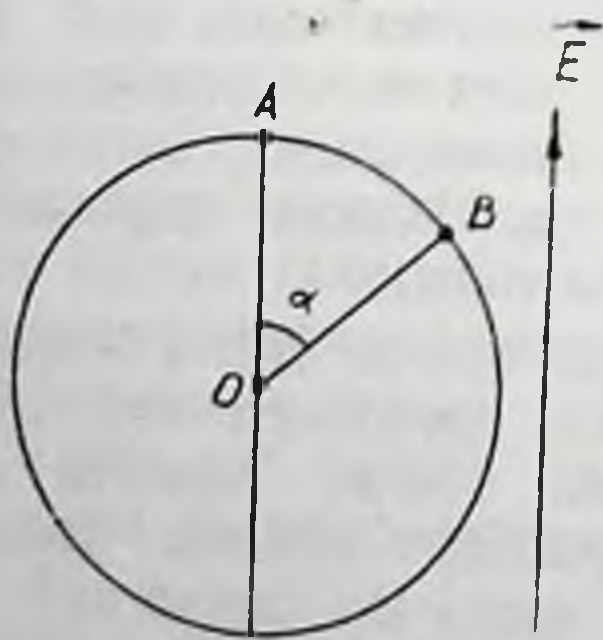
17.56. Кучланганлиги \vec{E} бўлган бир жинсли электр майдонига металл шарча киритилди. Шарчанинг — «қутби», яъни A нуқтасида сирт зарядлари зичлиги σ_0 эканлиги маълум (17.7- расм). Ташқи майдон кучланганлиги \vec{E} вектори йўналиши билан α бурчак ҳосил қилган радиус учида жойлашган B нуқтадаги сирт зарядлари зичлигини топинг.

17.57. Радиуслари $r = 1$ см бўлган икки металл шарча вакуумда бир-биридан $l = 2$ м масофада турибди. Шарчаларга қарама-қарши ишорада $Q = 2$ нКл зарядлар берилганда улар орасидаги потенциаллар айирмаси қанча бўлишини топинг.

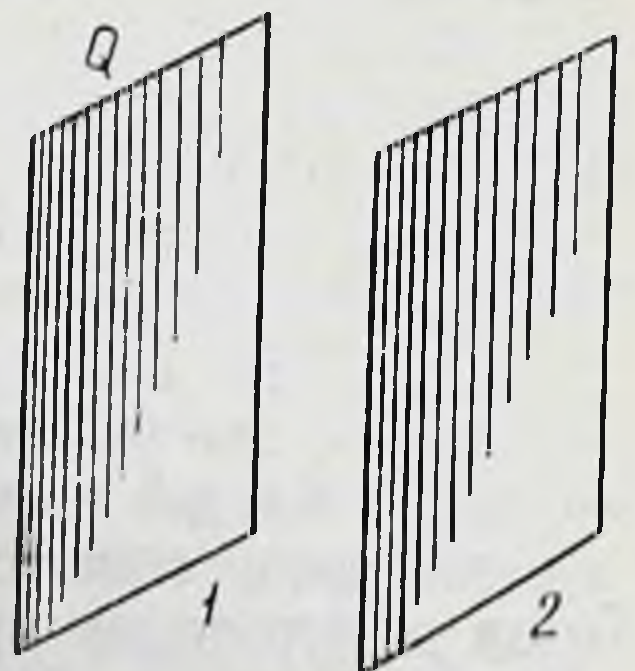
17.58. Иккита металл пластинка вакуумда бир-бирига яқин масофада параллел турибди (17.8- расм). 1 пластинкага Q заряд берилган, 2



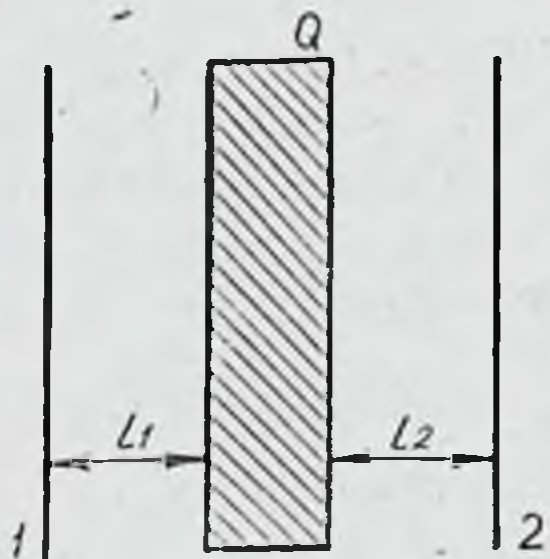
17.6- расм



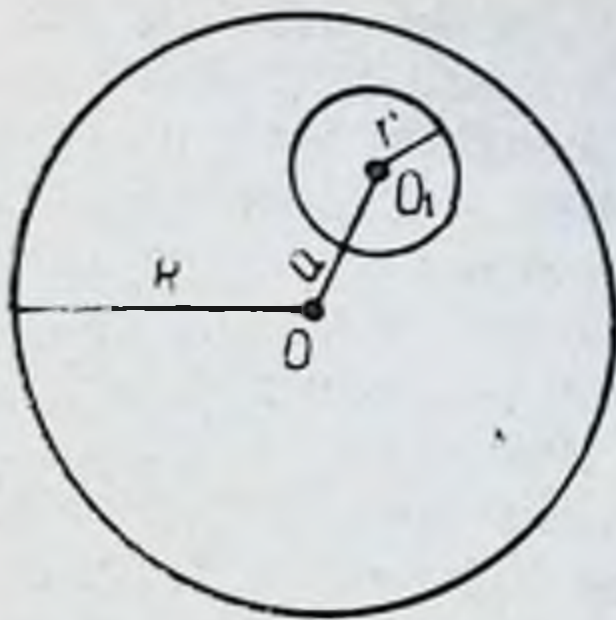
17.7- расм



17.8- расм



17.9- расм



17.10- расм

пластинка зарядланмаган. Пластинкаларнинг юзи бир хил ва S га тенг. Пластинкаларнинг ҳар иккала томонидаги зарядлар сирт зичлигини топинг.

17.59. Зарядланмаган ясси конденсатор пластинкалари орасидаги фазога l_1 ва l_2 оралиқлар қоладиган қилиб Q зарядга эга бўлган металл пластинка киритилди (17.9- расм). Пластинкалар юзалари бир хил бўлиб, S га тенг. Конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар айирмасини топинг.

17.60. Радиуси R бўлган ва бир жинсли зарядланган шар ичида r радиусли, маркази шар марказидан a масофада бўлган сферик бўшлиқ бор (17.10- расм). Агар шардаги заряднинг зичлиги ρ бўлса, бўшлиқнинг турли нуқталаридаги майдон кучланганлигини топинг.

17.61. Қутбли молекулани узунлиги $l = 10,00$ нм бўлиб, учларида $m = 10^{-24}$ г массали, $+Q$ ва $-Q$ зарядли шарчалар бўлган бикр гантель деб қараш мумкин ($|Q| = 0,16$ аКл). Қутбли молекуланинг кучланганлиги $E = 0,30$ кВ/см бўлган бир жинсли электр майдондаги тебраниш даврини топинг.

17.62. $Q = 210$ нКл зарядга эга бўлган, $R = 5$ см радиусли шарча сингдирувчанлиги $\epsilon = 7$ бўлган диэлектрик ичида турибди. Диэлектрикда зарядланган шарча сирти олдида пайдо бўлиб, ўз майдони билан шарча заряди таъсирини экранловчи (бартараф этувчи) қутбланиш зарядининг модули ва ишорасини ҳамда бу заряднинг тақсимланиш зичлигини аниқланг.

17.63. 12 нКл зарядга эга бўлган 2 см радиусли металл шарча қалинлиги 7 см диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 3$ бўлган диэлектрик қатлами билан қопланган. Шарча марказидан 5 см ва 11 см масофаларда жойлашган нуқталардаги майдон кучланганлигини топинг. Майдон кучланганлигининг текширилаётган нуқтадан шарча марказигача бўлган масофага боғланиш графигини чизинг.

17.64. Қопламалари $U = 400$ в кучланганишгача зарядланган ясси конденсатор пластинкалари орасига қалинлиги $h = 1,2$ см, диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 5$ бўлган диэлектрик пластинка жойлаштирилган, 1) конденсатор қопламларидаги эркин зарядларнинг сирт зичлиги σ ни, 2) пластинкада ҳосил бўлган боғланган (қутбланиш) зарядларнинг сирт зичлиги σ' ни топинг.

17.65. $Q = 0,4$ мкКл заряд $R = 3,0$ см радиусли шарча ҳажми бўйлаб бир текис тақсимланган. Шарча марказидан $r = 2,0$ см ва $r_2 = 4,0$ см масофада жойлашган нуқталардаги майдон кучланганлиги, электростатик индукцияси ва потенциални топинг. Майдон кучланганлиги ва потенциалнинг текширилаётган нуқтадан шар марказигача бўлган масофага боғланиш графигини чизинг. Шар материалининг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 5$.

17.66. Ички ва ташқи радиуслари $R_1 = 3$ см ва $R_2 = 5$ см бўлган сферик қатлам зичлиги $\rho = 3$ мкКл/м³ бўлган заряд билан бир текис зарядланган. Сферик қатламнинг диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon_1 = 5$, уни қамраб олган муҳит учун $\epsilon = 2,5$. 1) қатлам марказидаги; 2) қатлам сиртлари орасида, унинг марказидан $r = 4$ см масофада жойлашган нуқтадаги; 3) қатламдан ташқарида, унинг сиртидан $l = 4$ см масофада жойлашган нуқтадаги электр майдони индукцияси ва кучланганлигини топинг. Майдон кучланганлигининг текширилаётган нуқтадан сферик сирт марказигача бўлган масофага боғланиш графигини чизинг. Қатлам сиртлари орасидаги потенциаллар айирмаси қанчага тенг?

Электр сифими

17.67. Шарлардан бирига $Q_1 = 13$ нКл, иккинчисига эса $Q_2 = 18$ нКл заряд берилиб, сўнгра улар сим билан туташтирилади. Бир-биридан етарлича узоқликда бўлган шарлардаги заряднинг якуний тақсимланишини топинг. Биринчи шар радиуси $R_1 = 8$ см, иккинчисининг радиуси $R_2 = 18$ см, туташтирувчи симнинг сифимини ҳисобга олманг.

17.68. Зарядлари Q_1 ва Q_2 бўлган, R_1 ва R_2 радиусли зарядланган шарлар бир-биридан уларнинг радиусларидан анча катта бўлган масофада турибди. Шарлар сим орқали бир-бирига улангандан кейинги Q'_1 в Q'_2 зарядларини ҳамда ϕ потенциалларини топинг.

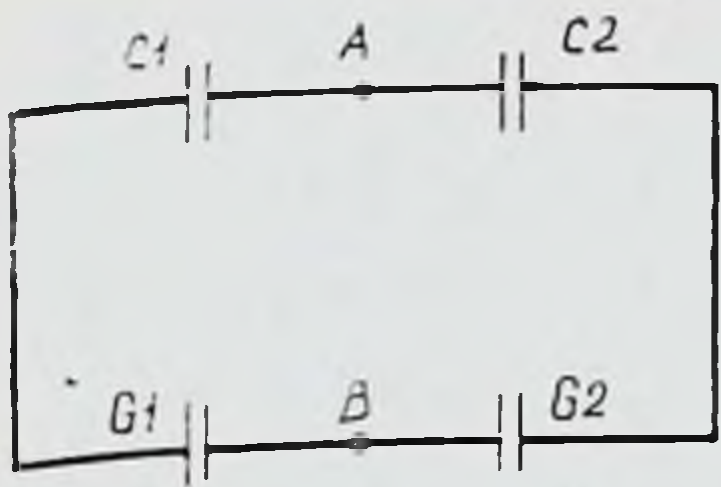
17.69. Радиуси $R_1 = 5$ см бўлган металл шарча $\phi = 150$ В потенциалгача зарядланган. Шарча сиртидан $l = 10$ см масофада жойлашган нуқтада майдон кучланганлиги қанча бўлади? Зарядланган шарчани $R_2 = 10$ см радиусли, зарядланмаган иккинчи шарча билан бирлаштирилиб, сўнгра иккинчи шарчани катта масофага узоқлаштирилганда майдон кучланганлиги қандай ўзгаради?

17.70. Сифими C бўлган ясси конденсатор қопламаларидан бирига $+Q$, иккинчисига эса $-4Q$ заряд берилди. Конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар айримасини топинг.

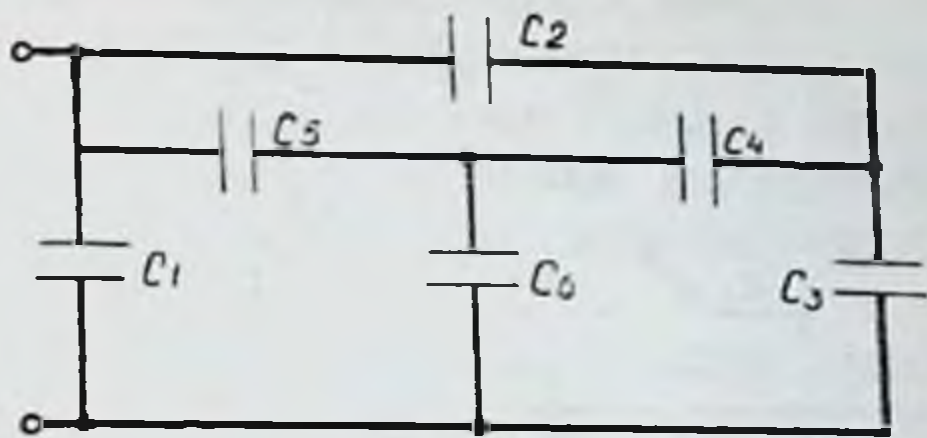
17.71. Ҳар бирининг юзи 9С см² дан бўлган ясси конденсатор қопламлари орасида қалинлиги 1 мм бўлган шиша пластинка ва қалинлиги 2 мм бўлган слюда пластинка жойлашган. Конденсатор сифимини топинг.

17.72. Узунлиги 50 см, ички ва ташқи қопламларининг радиуслари 4 см ва 9 см бўлиб, улар орасидаги бўшлиқ трансформатор мойи билан тўлдирилган цилиндрик конденсатор сифимини ҳисобланг.

17.73. Сифими $1,5$ мкф, ташқи радиуси $10,0$ см, узунлиги эса $20,0$ см бўлган бакелитли ($\epsilon = 6$) цилиндрик конденсаторнинг ички радиусини топинг.



17.11- расм



17.12- расм

17.74. Сигимлари C_1 ва C_2 бўлиб, мос равишда U_1 ва U_2 кучланишларга мўлжалланган икки конденсатор кетма-кет уланган. Бундай конденсаторлар системасига қанча кучланиш бериш мумкин?

17.75. Сигимлари $C_1 = 1$ мкФ ва $C_2 = 2$ мкФ бўлган конденсаторлар мос равишда $\Delta\varphi_1 = 10$ В ва $\Delta\varphi_2 = 50$ В потенциаллар айирмасигача зарядланди. Зарядлангандан сўнг уларнинг бир хил ишорали қутблари бирлаштирилди. Конденсаторлар пластинкалари улангандан кейин улар орасида ҳосил бўлган $\Delta\varphi$ потенциаллар айирмасини аниқланг.

17.76. Сигими $C_1 = 20$ мкФ бўлган конденсатор $U_1 = 200$ В кучланишгача зарядланади. Сўнг унга $C_2 = 300$ мкФ сигимли зарядланмаган конденсатор параллел уланади. Конденсатор улангандан кейин кучланиш қанча бўлиб қолади?

17.77. Параллел уланган учта конденсатордан тузилган, сигими $C = 100$ мкФ бўлган конденсаторлар системасини $U = 250$ В кучланишли тармоққа уланди. Конденсаторлардан бирининг қопламларида $Q_1 = 10$ мКл заряд пайдо бўлди. Қолган иккита бир хил конденсаторлардан ҳар бирининг сигими ва зарядини аниқланг.

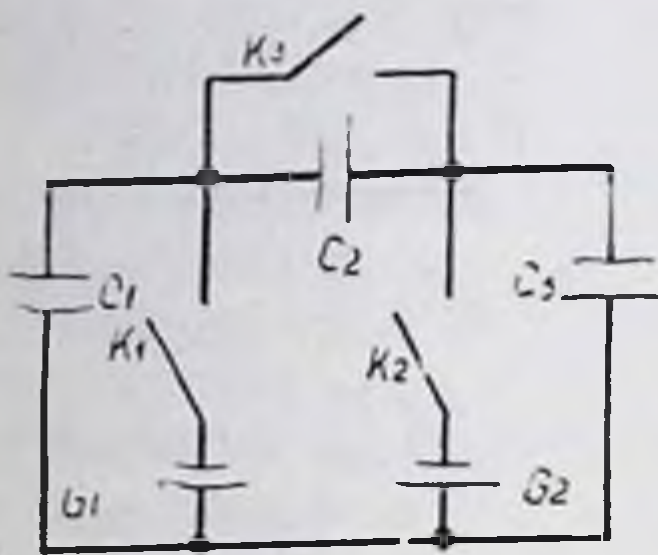
17.78. Ўзгарувчан сигимли конденсаторнинг энг катта сигими $C_{\max} = 350$ пф. Конденсатор $R = 5$ см радиусли ярим доира шаклидаги қопламалардан иборат бўлиб, улар орасидаги масофа $d = 1$ мм бўлса, конденсатор нечта шундай қопламалардан ташкил топган?

17.79. 1,0 кВ кучланишга мўлжалланган 0,5 мкФ сигимли конденсаторлардан 2,0 кВ кучланишли ток манбаига улаш мумкин бўлган 10 мкФ сигимли конденсаторлар батареясини тузиш керак. Бунинг учун нечта конденсатор олиш ва уларни қандай улаш зарур? Улаш схемасини келтиринг.

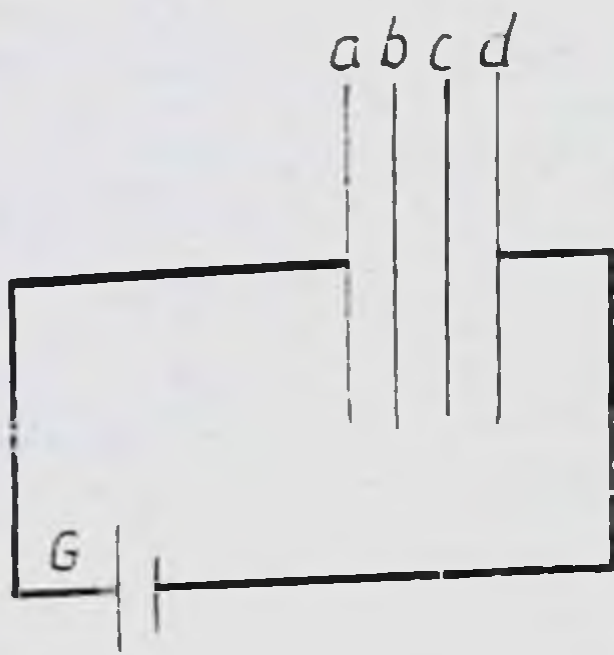
17.80. 17.11-расмда тасвирланган схеманинг A ва B нуқталари орасидаги потенциаллар айирмасини топинг. Конденсаторлар сигимлари $C_1 = 0,5$ мкФ ва $C_2 = 1,0$ мкФ, манбаларнинг ЭЮК $\mathcal{E}_1 = 2$ В ва $\mathcal{E}_2 = 3$ В.

17.81. 17.12-расмда тасвирланган, ҳар бирининг сигими C га тенг бўлган конденсаторлардан тузилган батареянинг сигимини топинг.

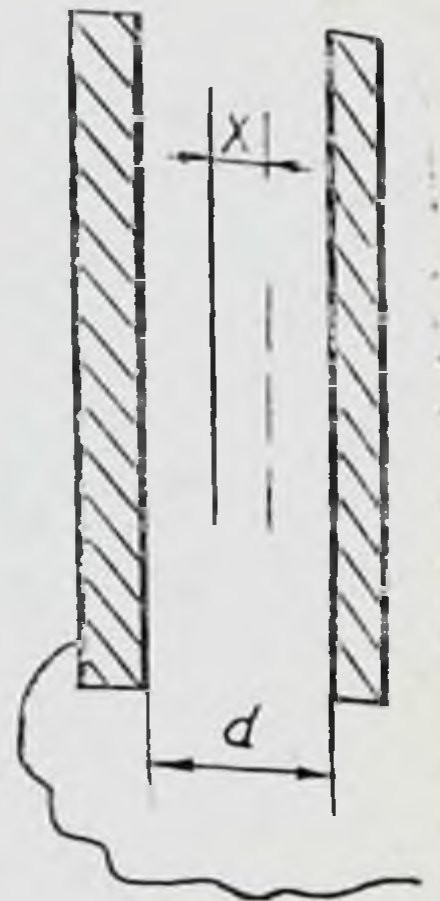
17.82. 17.13-расмда тасвирланган схемада аввалига барча калитлар узиқ бўлиб, конденсаторлар зарядсиз бўлган. Сўнг $K1$ ва $K2$ калитлар улашиб, $K3$ калит эса узиқлигича қолди. Бироз вақт ўтгач $K1$ ва $K2$ калитлар узилиб, $K3$ калит уланди. Бу улашларидан кейин $C1$ кон-



17.13- расм



17.14- расм



17.15- расм

денсатор қандай зарядга эга бўлади? (Конденсаторлар сиғимлари ва манбаларнинг ЭЮК расмда ҳарфлар билан кўрсатилган.)

17.83. Ясси конденсатор қопламлари орасига бир марта диэлектрик пластинка, иккинчи марта эса ўтказгичдан ясалган пластинка жойлаштирилса, системанинг сиғими қанчага тенг бўлади? Ҳар бир пластинканинг қалинлиги қопламалар орасидаги d масофанинг ярмига тенг.

17.84. Қопламлари орасидаги масофа 6,0 см бўлган, зарядланган ясси конденсатор майдонининг кучланганлиги 150 В/см. Қопламаларга параллел қилиб конденсатор ичига қалинлиги 1,5 см бўлган металл пластинка киритилди. Металл пластинка киритилгунгача ва киритилгандан кейинги конденсатор қопламлари орасидаги потенциаллар айирмасини топинг.

17.85. Ясси конденсатор ичига (17.14- расм) бир-биридан бир хил масофада иккита металл пластинкани жойлаштириб, конденсаторни ЭЮК ϵ бўлган ток манбаига улаб қўйилди. 1) Ҳар бир пластинка потенциалини; 2) b ва c пластинкалар қисқа муддатга ўтказгич ёрдамида туташтирилгандан сўнг b ва c пластинкалардаги потенциаллар орттирмаси ва барча оралиқлардаги майдон кучланганликларини топинг; бир-бирига улангунгача ва уланишдан кейин b ва c пластинкаларда заряд бўлиш ёки бўлмаслигини ва бунда a ва d қопламалар заряди қандай ўзгаришни аниқланг.

17.86. Қопламаларнинг юзи S ва улар орасидаги масофа d бўлган ясси конденсатор ичига қалинлиги h ($h < d$) ва диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ , бўлган диэлектрик пластинка киритилмоқда. Қопламалар орасидаги U потенциаллар айирмаси ток манбаи ёрдамида ўзгармас қилиб сақлаб турилади. Конденсатор сиғимининг киритилаётган пластинка қалинлиги h га боғланишини, ҳаво қатламидаги E_1 ва диэлектрик қатламидаги E_2 кучланганликларни топинг. Конденсаторни ток манбаидан ажратиб, сўнгра диэлектрик пластинка олиб кирилганда иккала қатламдаги майдон кучланганлиги қанча бўлади?

17.87. Бир текис тақсимланган Q зарядга эга бўлган металл пластинка қисқа туташтирилган ясси конденсатор қопламлари орасига жойлаштирилди. Пластинкани секин-аста ўз-ўзига параллел ҳолда x масофага кўчирилди (17.15-расм). Бунда конденсаторнинг ташқи занжири бўйлаб қанча заряд ўтади? Конденсатор қопламлари орасидаги масофа d га тенг.

17.88. Қисқа туташтирилган ясси конденсатор пластиналари орасида Q нуқтавий заряд бор. Қопламалар юзаси чексиз катта, улар орасидаги масофа d га тенг. Дастлаб заряд чап қопламадан $d/3$ масофада бўлган. Заряд ўнг қопламадан $d/3$ масофадаги янги ҳолатга кўчса, конденсатор қопламаларини туташтирувчи сим орқали қанча заряд ўтади?

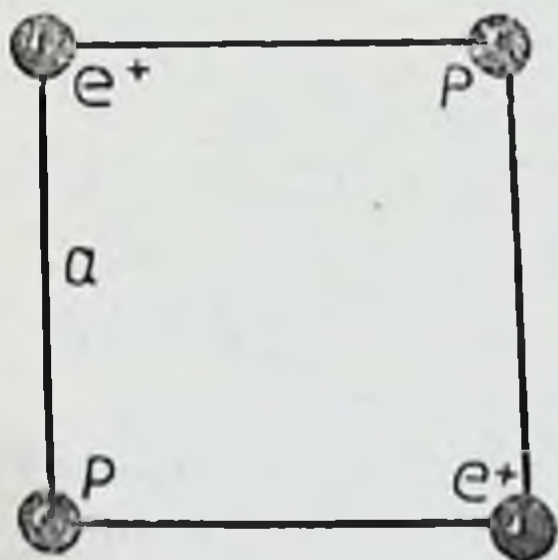
17.89. Қопламлари орасидаги масофа $d = 1$ мм бўлган ясси конденсатор $U = 1$ кВ кучланишгача зарядланди. Юзаси $S = 50$ см² бўлган конденсатор пластиналари орасидаги ўзаро таъсир кучини топинг.

Электр майдон энергияси

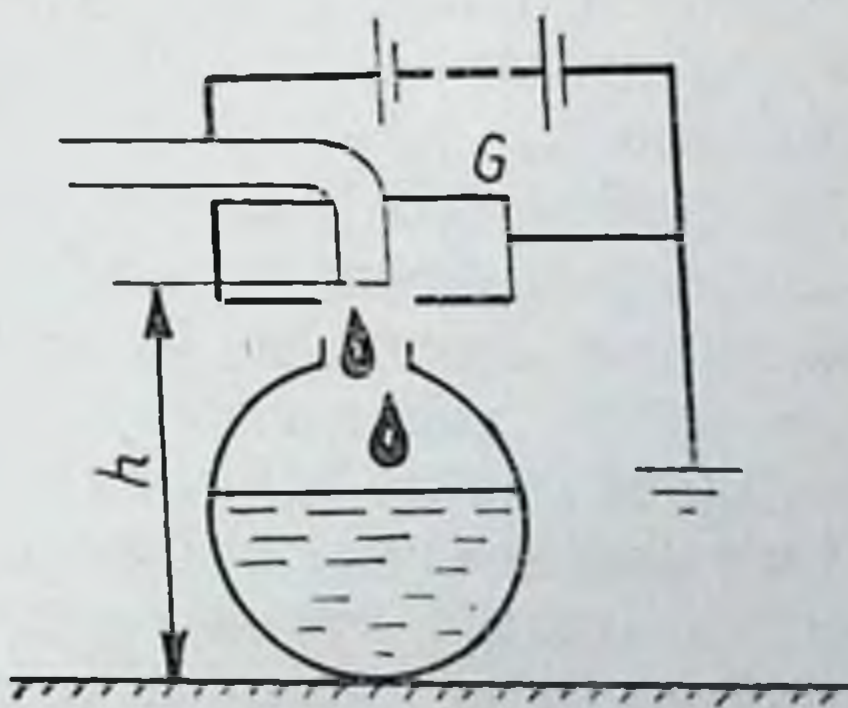
17.90. Дастлаб a томонли квадрат учларида жойлашган икки протон ва икки позитрон бир-биридан узоқлашади (17.16-расм). Уларнинг зарядлари бир хил, массаларининг нисбати эса $m_1/m_2 = 200$ га тенг. Протонлар ва позитронлар бир-биридан чексиз узоқлашгандан кейинги тезликларининг нисбатини топинг.

17.91. 17.17-расмда томчили электростатик машина (Кельвин генератори) нинг тузилиши тасвирланган. Трубкадан R радиусли, ичи ковак, изоляцияланган металл шар ичига ϕ_0 потенциалгача зарядланган сув томчилари тушиб туради. Агар томчи радиуси r бўлса, шар зарядланиши мумкин бўлган энг катта потенциал томчи тушаётган баландликка қандай боғланган?

17.92. Изоляцияланган R радиусли металл шарга m массали ва Q зарядли заррачалар оқими йўналтирилди. Шардан анча узоқда бўлган заррачалар тезлиги v_0 бўлиб, шар маркази томон йўналган. Агар шарга теккан заррачалар унга «ёпишиб» қоладиган бўлса, шар сиртига қанча заррача етиб бора олади?



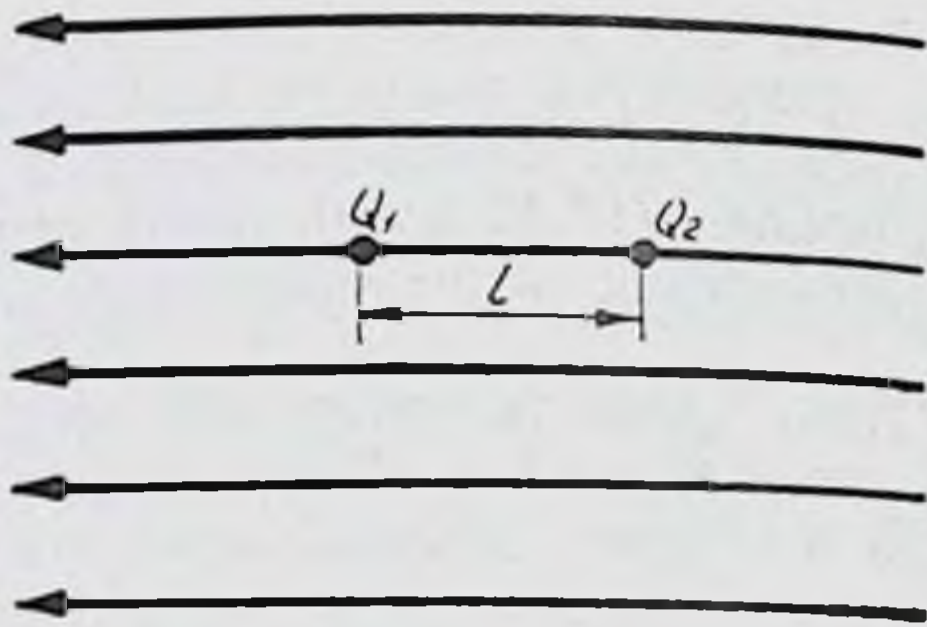
17.16- расм



17.17- расм



17.18- расм



17.19- расм

17.93. Айлана диаметри учларида жойлашган иккита бир хил Q нуқтавий заряд (17.18-расм) айлана бўйлаб унинг марказидаги Q_1 заряд атрофида ҳаракат қилади. Q зарядлар ҳаракатининг бурчак тезлигини ва зарядлар умумий кинетик энергиясининг потенциал энергияга нисбатини топинг.

17.94. Кучланганлиги E бўлган бир жинсли электр майдонида куч чизиқларидан бирида қўзғалмас $+Q_1$ заряд ва ундан l масофада m массали ва Q_2 зарядли шарча жойлаштирилди (17.19-расм). Шарча қўйиб юборилгач, у куч чизиғи бўйлаб ҳаракатланиб, қандай энг катта тезликка эришиши мумкин?

17.95. Изоляцияланган ясси конденсатор қопламаларини аста-секин бир-бирдан узоқлаштирилганда унинг сифими C_1 дан C_2 гача ($C_1 > C_2$) ўзгарган, бунда пластиналар орасидаги майдон доимо бир жинслилигича қолган. Агар конденсатор заряди Q га тенг бўлса, ташқи кучлар электр кучларига қарши қанча иш бажаради?

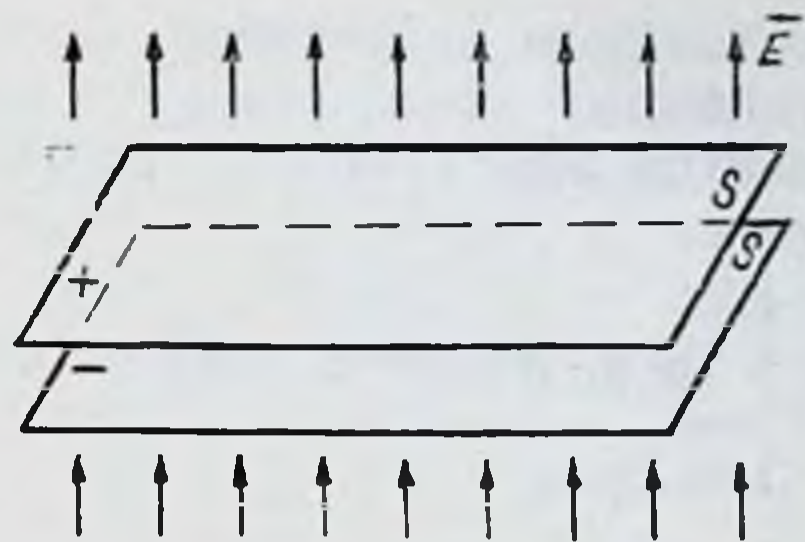
17.96. Пластиналарининг юзаси $S = 500 \text{ см}^2$, улар орасидаги масофа эса $d = 5 \text{ см}$ бўлган ясси ҳаво конденсатори ЭЮК $\mathcal{E} = 2 \text{ кВ}$ бўлган ток манбаига уланди. Конденсатор ичига пластиналарга параллел равишда $h = 1 \text{ см}$ қалинликдаги металл пластинка киритилди. Ток манбаи қанча иш бажарган?

17.97. ЭЮК $\mathcal{E} = 300 \text{ В}$ бўлган ток манбаига уланган ўзгарувчан сифимли конденсаторнинг созлаш дастасини бураганда электр кучлари томонидан бажариладиган механик ишни топинг. Конденсатор сифими $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ дан $C_2 = 100 \text{ мкФ}$ гача ўзгарган.

17.98. Сифими $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ бўлган ясси ҳаво конденсатори $U_1 = 300 \text{ В}$ потенциаллар айирмасигача зарядланиб, кучланиш манбаидан узиб қўйилди. Қопламалар орасидаги масофани 5 марта орттириш учун электр кучларига қарши қанча иш бажариш зарур? Шундан сўнг қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси U_2 қанча бўлиб қолади.

17.99. Ясси ҳаво конденсатори кучланганлиги E бўлган ташқи бир жинсли электр майдонида куч чизиқларига перпендикуляр ҳолда жойлаштирилди (17.20-расм). Ҳар бир қопламанинг юзаси S , улардаги $+Q$ ва

— Q зарядлар бир текис тақсимланган, қопламалар орасидаги масофа d . Конденсаторни \vec{E} векторга перпендикуляр бўлган ўқ атрафида 180° га буриш учун электр кучларига қарши қанча иш бажариш керак?



17.20- расм

17.100. Радиуси R бўлган сферик қобикда Q заряд бир текис тақсимланган. Энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб қобикнинг юза бирлигига тўғри келадиган электр кучини топинг.

17.101. Вакуумда жойлашган икки концентрик сферик сирт бўйлаб бир хил $Q = 3$ мкКл зарядлар бир текис тақсимланган, сиртларнинг радиуслари $R_1 = 1$ м ва $R_2 = 2$ м. Сиртлар орасида мужассамлашган электр майдони энергиясини топинг.

17.102. Қопламалари орасидаги d масофа ортганда (камайганда) конденсаторнинг сифими C , қопламалар орасидаги $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ потенциаллар айирмаси ва конденсатор майдонининг W энергияси қандай ўзгаради? 1) Конденсаторни зарядлаб, сўнгра уни доимий кучланиш манбаидан узиб қўйилган; 2) конденсатор доимий кучланиш манбаига улаб қўйилган ҳолларни текширинг. C , U ва W катталикларнинг ўзгариш сабабини тушунтиринг.

17.103. Сифимлари C_1 ва C_2 бўлган икки конденсатор $\Delta\varphi_1$ ва $\Delta\varphi_2$ ($\Delta\varphi_1 \neq \Delta\varphi_2$) потенциаллар айирмасигача зарядланди. Бу конденсаторлар параллел уланганда уларнинг умумий электростатик энергияси камайишини исбот қилинг. Нима учун энергиянинг камайиши юз беришини тушунтиринг.

17.104. Сифимлари $C_1 = 2$ мкФ ва $C_2 = 3$ мкФ бўлган икки конденсатор кетма-кет уланиб, $U = 1$ кВ потенциаллар айирмасигача зарядланди. Агар конденсаторларни кучланиш манбаидан узиб, уларнинг бир хил ишора билан зарядланган қопламаларини параллел уланса, системанинг энергияси қандай ўзгаради?

17.105. Ясси ҳаво конденсатори қопламалари оралиғига $Q = 3,2$ аКл зарядли мой томчиси киритилган. Қопламалар орасидаги масофа $d = 6,0$ мм бўлиб, уларга ЭЮК манбаидан $U = 360$ В потенциаллар айирмаси қўйилган. Электр майдони томонидан мой томчисига таъсир қилаётган кучни ва бу майдоннинг ҳажм бирлигидаги энергиясини топинг.

17.106. Қопламаларининг юзаси $S = 0,20$ м², улар орасидаги масофа эса $d = 2,0$ см бўлган ясси ҳаво конденсатори $U = 1,5$ кВ потенциаллар айирмасигача зарядлангач, ток манбаидан узиб, қопламалари орасидаги масофа икки марта катталаштирилди. Қопламаларни узоқлаштиришда майдон кучларига қарши бажарилган ишни ҳамда конденсаторнинг қопламалар бир-биридан узоқлаштирилгунча ва узоқлаштирилгандан кейинги электр майдони энергияси зичлигини топинг.

17.107. Қопламаларининг юзаси 20 см², улар орасидаги масофа 3 мм бўлган ясси конденсатор диэлектрик сингдирувчанлиги $\epsilon = 3$ бўлган диэлектрик билан тўлдирилди. Конденсатор сифимини, конденсаторни 300 В кучланишгача зарядлаш учун зарур бўладиган зарядни, зарядлан-

ган (манбадан ажратилган) ҳолатда унинг ичидан диэлектрик чиқариб олингандаги конденсатордаги кучланишнинг ўзгаришини, диэлектрик бўлган ва олиб қўйилган ҳоллардаги конденсатор майдони энергиясини топинг.

18-§. Ҳзгармас электр токи

Ток кучи:

$$I = \frac{dQ}{dt}.$$

Занжирнинг бир жинсли бўлмаган қисми учун Ом қонуни:

$$I = \frac{U_{1,2}}{R_{1,2}},$$

бу ерда $U_{1,2}$ — занжирнинг текширилаётган қисмидаги кучланиш, $R_{1,2}$ — занжир қисмидаги барча қаршиликлар йиғиндиси.

Тармоқланган занжирлар учун Кирхгоф қондалари:

1. Тугунларда кесишадиган ток кучларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг: $\sum_{k=1}^n I_k = 0$. Тугунларга кириб келаётган тоқлар мусбат, тугунлардан чиқиб келаётганлари эса манфий деб, ёки аксинча деб ҳисобланади.

2. Мураккаб занжирда ихтиёрий танлаб олинган ҳар қандай берк контур учун I_k ток кучларининг занжирнинг мос қисмлари R_k қаршиликларига кўпайтмаларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги Э.ОК алгебраик йиғиндисига тенг:

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{l=1}^n \mathcal{E}_l.$$

Масалаларни ечишда контурни айланиб ўтишнинг ихтиёрий (мисол учун, соат стрелкаси бўйича ёки аксинча) йўналиши танлаб олинади. Занжирнинг барча қисмларидаги тоқлар учун ихтиёрий йўналишлар танлаб олинади. Контурни айланиб ўтишнинг танланган йўналишига мос келган тоқлар мусбат, тесқари йўналишдагилари эса манфий деб ҳисобланади. Контурни айланиб ўтиш йўналишида потенциални орттирадиган ток манбалари учун Э.ОК мусбат деб олинади.

Занжирнинг текширилаётган қисмида ток эришаётган қувват:

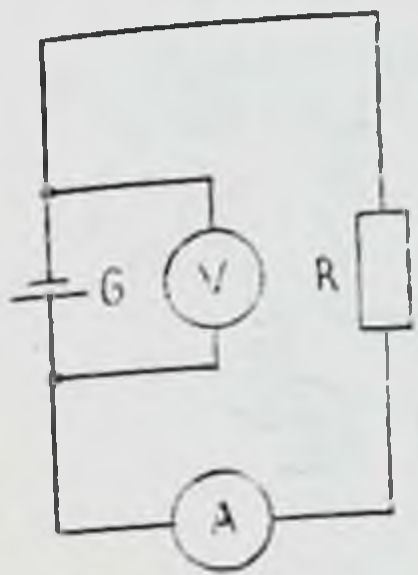
$$P = U_{1,2} I.$$

Жоуль—Ленц қонуни:

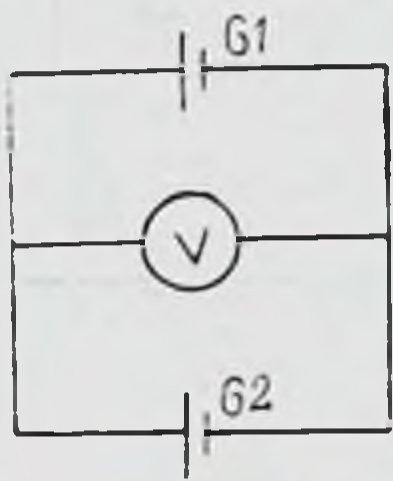
$$Q = I^2 R t.$$

Ом қонуни

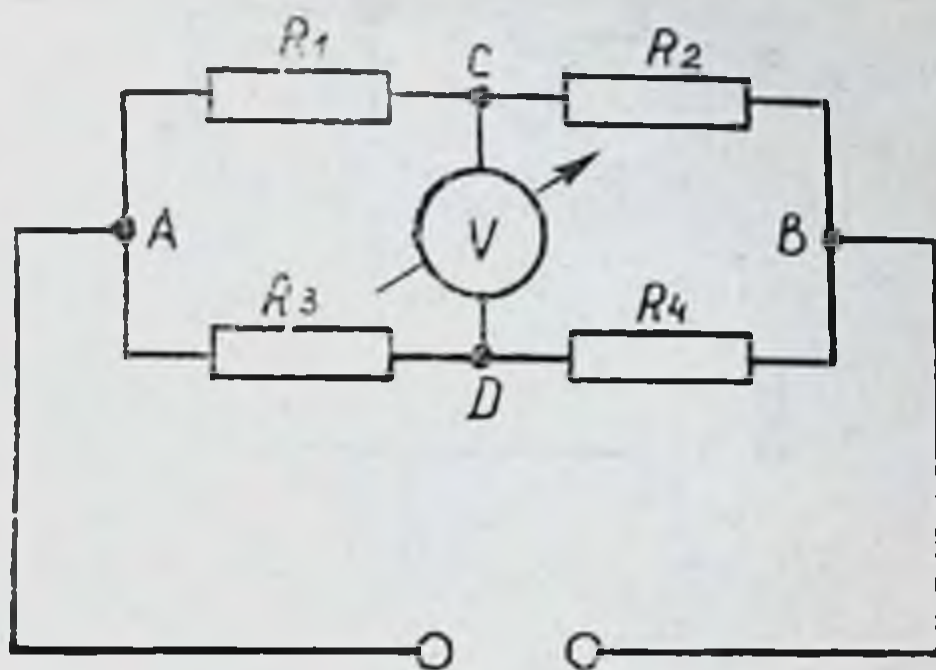
18.1. Кесими $S = 1 \text{ мм}^2$ бўлган мис симдаги ток кучи $I = 10 \text{ мА}$. Ҳар бир мис атомига биттадан ўтказувчанлик электрони тўғри келади, деб ҳисоблаб, ўтказгич бўйлаб электронлар тартибли ҳаракатининг ўрта-



18.1- расм



18.2- расм



18.3- расм

ча тезлиги $\langle v \rangle$ ни топинг. Миснинг атом массаси $A = 63,6$, зичлиги $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$.

18.2. Ток кучи 20 с мобайнида 0 дан 5 А гача бир текис ортиб борди. Бунда қанча заряд кўчириб ўтказилган?

18.3. Кўндаланг кесим юзаси $S = 5 \text{ см}^2$ ва эркин электронлар сони $n_0 = 10^{23} \text{ см}^{-3}$ бўлган ўтказгичдаги ток кучи $I = 10 \text{ А}$. Ҳамма электронлар бир хил тезликка эга, деб ҳисоблаб, электронларнинг тартибли кўчиш тезлиги v ни аниқланг.

18.4. Электр занжири ички қаршилиги $0,2 \text{ Ом}$ бўлган ток манбаидан ва $12,0 \text{ Ом}$ ташқи қаршилиқдан иборат (18.1-расм). Агар вольтметр 120 В ни кўрсатаётган бўлса, занжирдаги ток кучини ва манбанинг ЭЮК ни, ток кучи 1 А бўлиши учун занжирга уланиши керак бўлган қаршилиқни ҳамда ток манбаи қисқа туташтирилгандаги ток кучини ва вольтметр кўрсатишини топинг. Вольтметр қаршилиги ҳисобга олинмайди.

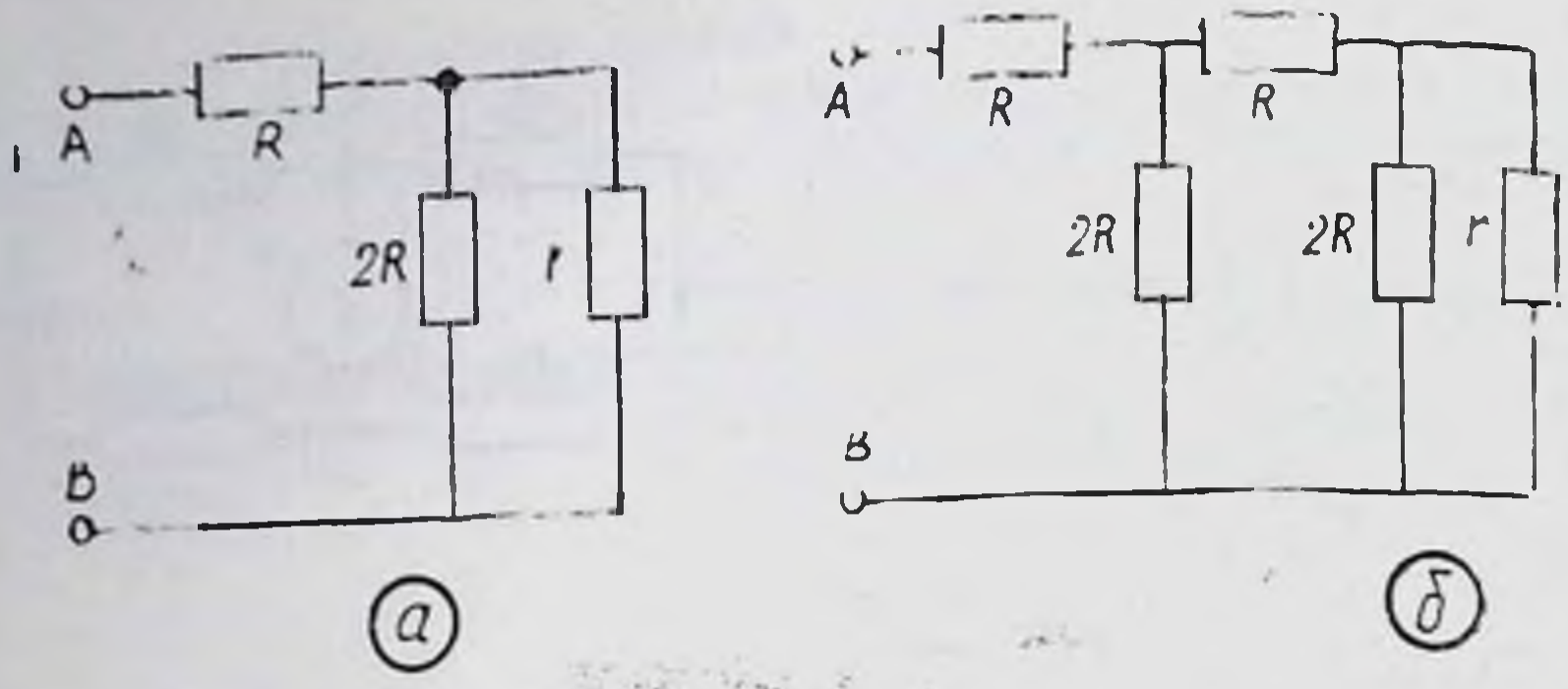
18.5. ЭЮК лари $2,0 \text{ В}$ ва $1,8 \text{ В}$, ички қаршиликлари эса $50,0 \text{ мОм}$ дан бўлган ток манбаларини параллел улаб, ҳосил қилинган батарея қутблари $2,0 \text{ Ом}$ қаршилиқли сим билан туташтирилди. Ўтказгичдаги ва ҳар бир ток манбаидаги ток кучларини топинг. Ток манбалари кетма-кет уланган ҳолни ҳам текширинг.

18.6. Агар $\mathcal{E}_1 = 1,8 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 2,1 \text{ В}$, $r_1 = 0,1 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,2 \text{ Ом}$ бўлса (18.2-расм), вольтметрнинг кўрсатиши қандай бўлади? Вольтметрдаги ток кучини ва туташтирувчи симларнинг қаршилиқларини ҳисобга олманг.

18.7. Узунлиги $l = 120 \text{ м}$, кўндаланг кесими юзи $S = 24 \text{ мм}^2$ бўлган мис симдан ғалтак ўралди. Ғалтак $t_1 = 20^\circ \text{ С}$ дан $t_2 = 70^\circ \text{ С}$ гача қизиганда унинг қаршилиги қанчага ортади?

18.8. Агар чўғланма лампа уланишдан олдин вольфрам толанинг 20° С ҳароратдаги қаршилиги унинг ишчи ҳолатдаги қаршилигидан $12,6$ марта кичик бўлса, толанинг ишчи ҳолатдаги ҳарорати қанчага тенг бўлади?

18.9. R_1 ва R_2 , R_3 ва R_4 қаршилиқлардан иборат (18,3-расм) контурининг A ва B нуқталарига U доимий кучланиш манбаи, C ва D нуқталарига эса юқори қаршилиқли вольтметр уланган. Вольтметр қандай потенциаллар айирмасини кўрсатади?



18.4- расм

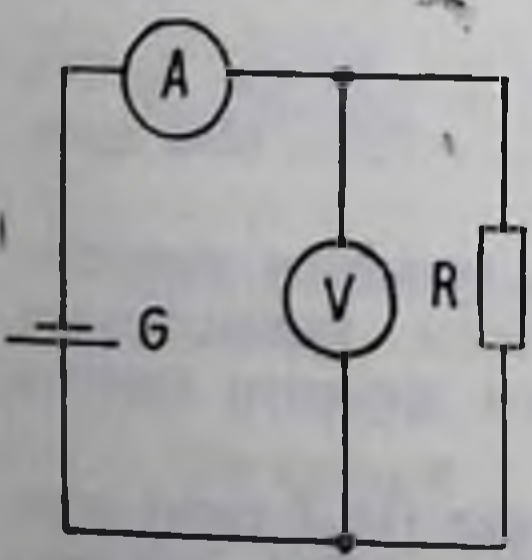
18.10. 18.4-а ва б расмларда маълум R ва $2R$ қаршиликли резисторлар ҳамда номаълум r қаршиликли резистордан тузилган иккита электр занжири тасвирланган. r қаршилик қанча бўлганда ҳар иккала занжирнинг A ва B нуқталари орасида ўлчанган қаршиликлари тенг бўлади ва бунда занжирларнинг умумий қаршилиги қанча бўлади?

18.11. ЭЮК $\mathcal{E} = 9$ В, ички қаршилиги номаълум бўлган батареяга кетма-кет қилиб амперметр ва вольтметр уланди (18.5-расм). Ўлчов асбобларининг қаршиликлари номаълум. Вольтметрга параллел қилиб номаълум қаршиликли ўтказгич уланганда амперметр кўрсатиши икки марта ортиб, вольтметр кўрсатиши эса икки марта камайган. Занжирга ўтказгич улангандан кейин вольтметрнинг кўрсатиши қанча бўлиб қолган?

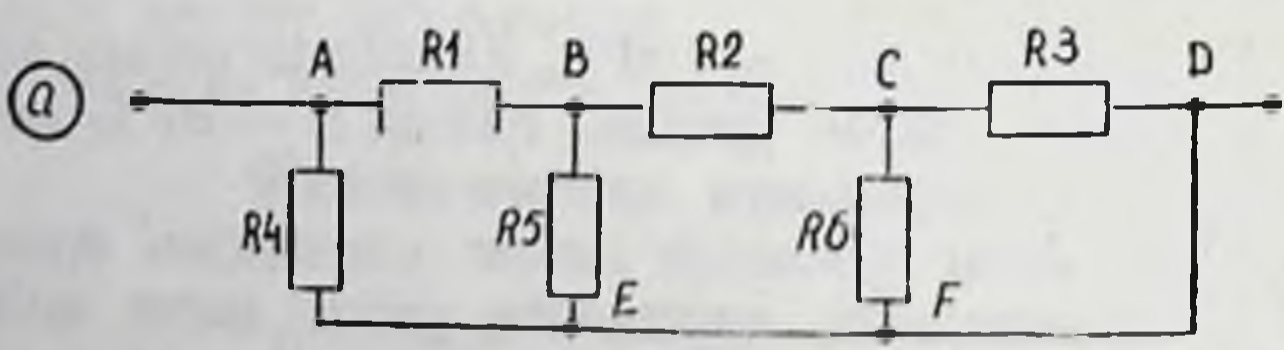
18.12. 18.6-расмда тасвирланган занжирда $R_1 = 0,5$ Ом, $R_2 = 1,5$ Ом, $R_3 = R_4 = R_6 = 1,0$ Ом, $R_5 = 0,7$ Ом бўлса, A ва D нуқталар орасидаги қисмининг умумий қаршилигини топинг. Туташтирувчи симлар қаршилигини ҳисобга олманг.

18.13. Агар ҳар бир ўтказгичнинг қаршилиги R бўлса, 18.7-расмда тасвирланган занжирнинг A ва B нуқталар орасидаги қисмининг умумий қаршилигини топинг.

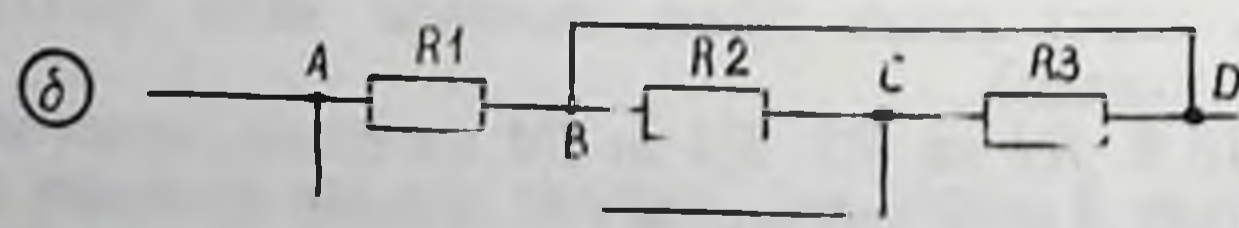
18.14. 18.8-расмда тасвирланган, $R = 1$ Ом ли қаршиликлардан тузилган занжир қисмининг умумий қаршилигини ҳисоблаб топинг.

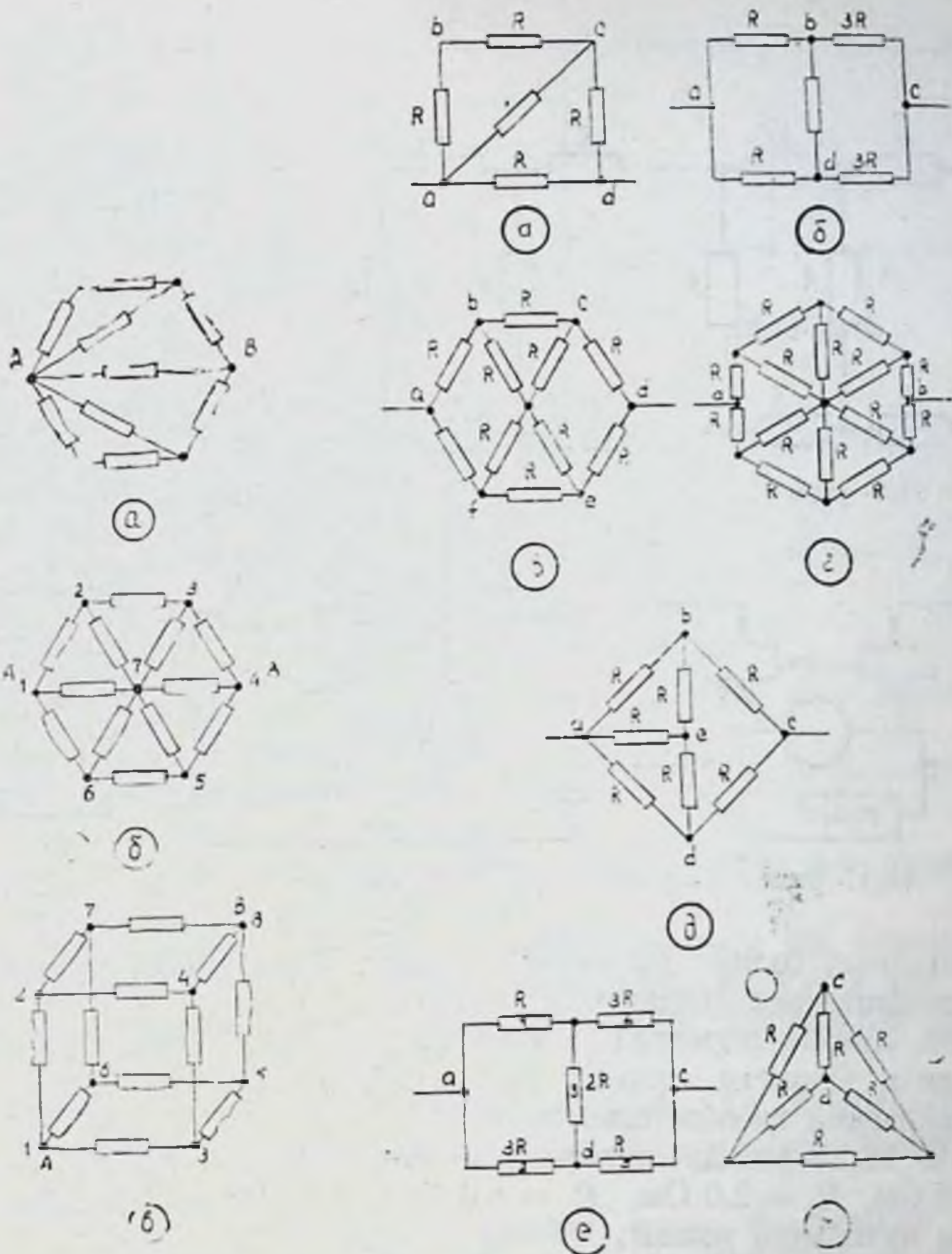


18.5- расм



18.6- расм





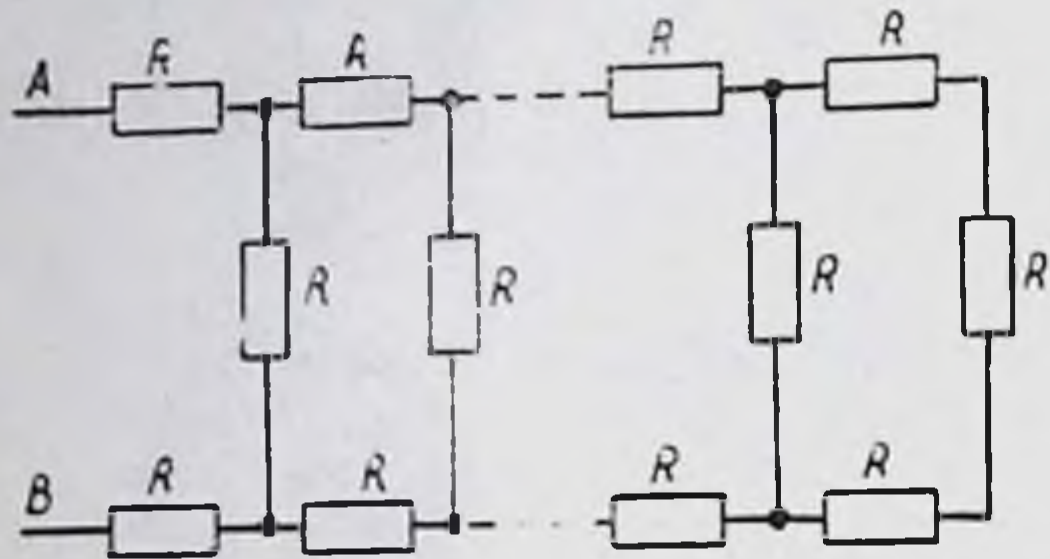
18.7- расм

18.8- расм

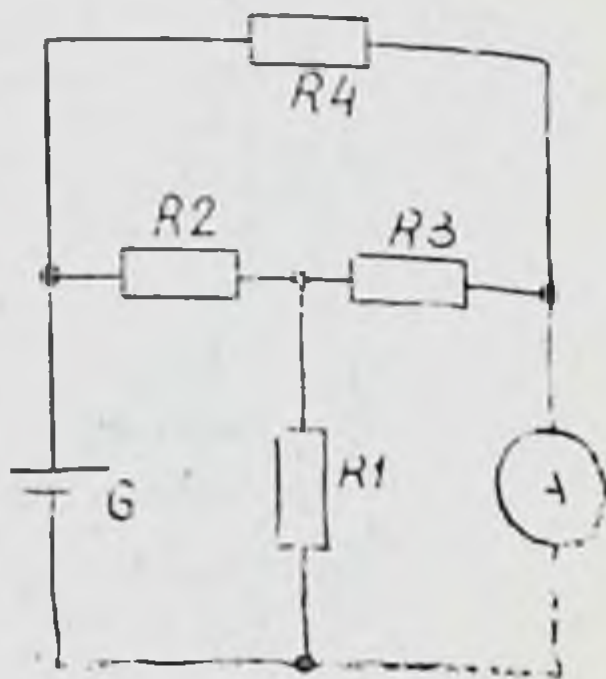
18.15. Ҳар бирининг қаршилиги R бўлган чексиз кўп сонли ўтказгичларни ўз ичига олган занжир (18.9-расм) қисмининг умумий қаршилиги $R_{\text{ум}}$ ни топинг.

18.16. 18-10-расмдаги қаршиликлар $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 15 \text{ Ом}$, ЭЮК $\mathcal{E} = 30 \text{ В}$ бўлганда амперметрнинг кўрсатиши қанча бўлади? Амперметрнинг қаршилиги жуда кичик.

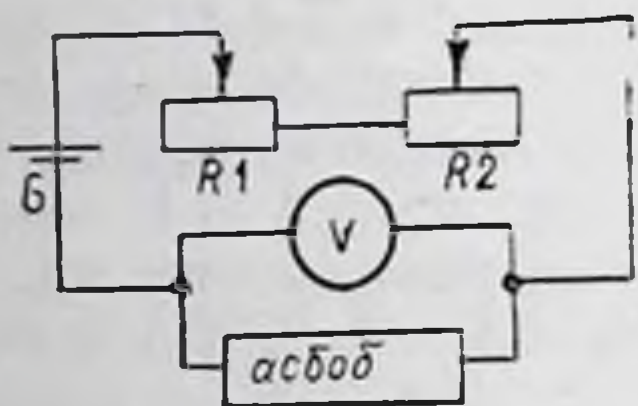
18.17. Электр асбобни тармоқдан таъминлашда унга берилаётган кучланишни имкони борича аниқ катталиқда ушлаб туриш зарур бўлди. Бунинг учун 18.11-расмда кўрсатилган усулда уланган икки реостатдан фойдаланилди. Реостатларнинг узунликлари бир хил бўлиб, улардан бирининг қаршилиги иккинчисининг қаршилигидан 10 марта катта. Бунда кучланишни имкони борича аниқроқ ўрнатиш учун нима қилиш керак? Бу усулда кучланишни ўрнатиш аниқлиги битта реостатдан фойдаланилгандагидан неча марта ортиқ бўлади? Агар асбобни таъминлашда куч-



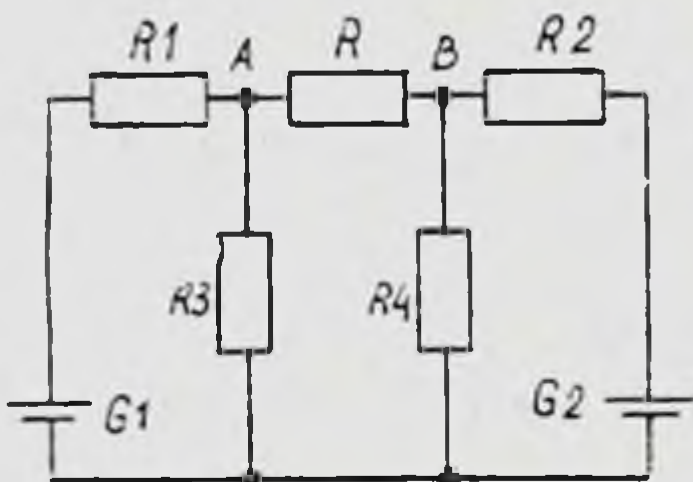
18.9- расм



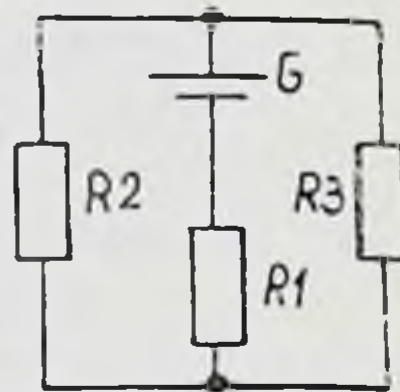
18.10- расм



18.11- расм



18.12- расм



18.13- расм

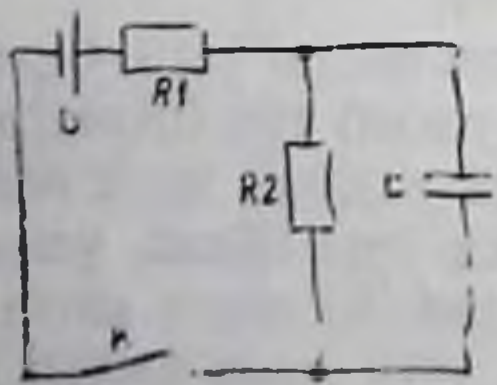
ланишни эмас, балки ток кучини имкони борича аниқ ўрнатиш зарур бўлса, реостатларни қандай улаш керак?

18.18. Қандай шароитда A ва B нуқталарга уланган (18.12-расм) R қаршиликли ўтказгич орқали ток ўтмайди? Ток манбаларининг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.

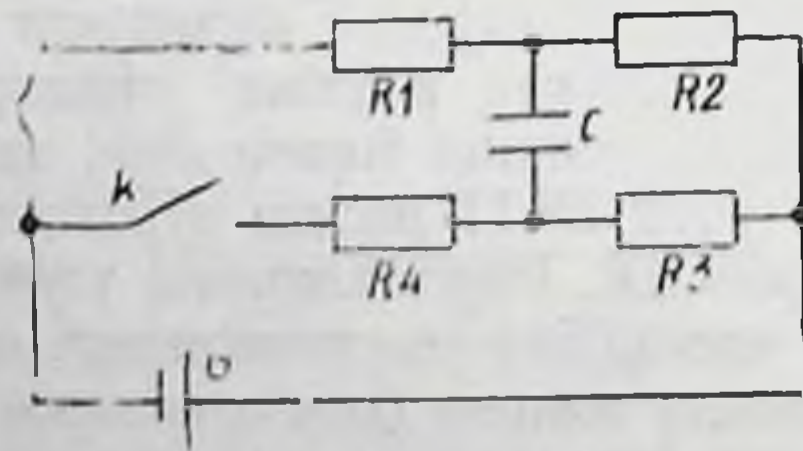
18.19. 18.13-расмда тасвирланган занжирда $\mathcal{E} = 3,0$ В, $r = 0,8$ Ом, $R_1 = 0,6$ Ом, $R_2 = 2,0$ Ом, $R_3 = 8,0$ Ом. R_1 , R_2 ва R_3 қаршиликлардаги ток кучларини топинг.

18.20. Занжир бўйлаб (18.14-расм) ўзгармас ток ўтмоқда. K калит узилгандан сўнг, тахминан қанча вақтдан кейин конденсатордаги заряд ўзининг бошланғич қийматининг $1/1000$ қисмига камаяди?

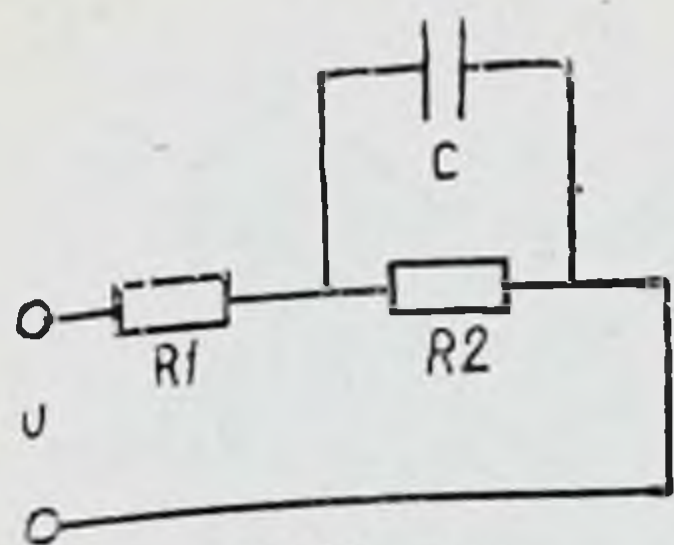
18.21. Сифими $C = 10,0$ мкФ бўлган конденсатор ўзгармас ток занжирига уланган (18.15-расм). K калит уланганда конденсатордаги заряд қанчага ўзгаради? $R_1 = 2,0$ Ом, $R_2 = R_4 = 1,0$ Ом, $R_3 = 5,0$ Ом, $\mathcal{E} = 10,0$ В.



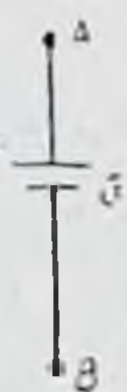
18.14- расм



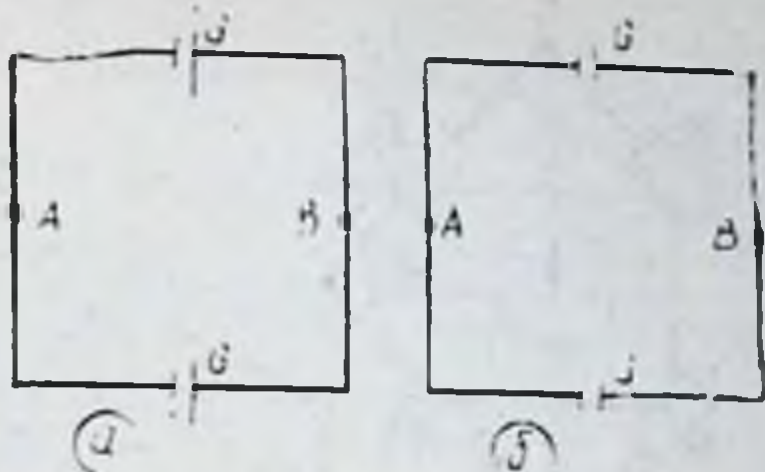
18.15- расм



18.16- расм



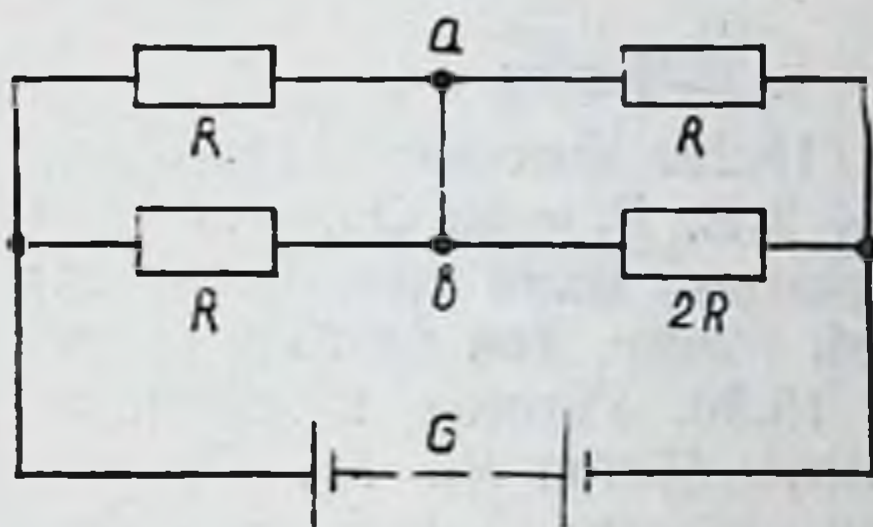
18.17- расм



18.18- расм

18.22. Занжирдан ўзгармас ток ўтаётган бўлса (18.16-расм), C симли конденсатордаги зарядни топинг. Қисқичлардаги кучланиш U занжирдаги қаршиликлар R_1 ва R_2 .

18.23. ЭЮК $\mathcal{E} = 100$ В ва ички қаршилиги $r = 2$ Ом бўлган батарея мавжуд. Истеъмолчидаги кучланиш $U = 20$ В бўлиши зарур бўлиб, бунда унинг қаршилиги 50 Ом дан 100 Ом гача ўзгарганда кучланишнинг ўзгариши 2% дан ортмаслиги керак. Истеъмолчини таъминлашнинг содда схемасини тузинг ва бу схема параметрларини ҳисоблаб топинг.



18.19- расм

18.24. Занжирнинг (18.17-расм) AB қисмидаги ток кучини топинг. Ток манбаининг ЭЮК $\mathcal{E} = 20$ В, ички қаршилиги $r = 1$ Ом, A ва B нуқталар потенциали $\varphi_A = 15$ В ва $\varphi_B = 5$ В, симларнинг қаршилиги $R = 3$ Ом.

18.25. Иккита бир хил элементлар ўзаро 18.18-расмнинг a ва b ҳолларида кўрсатилгандек уланган. A ва B нуқталар орасидаги кучланишни топинг.

18.26. Кашак, туташтирувчи симлар ҳамда батареянинг ички қаршилиги жуда кичик деб ҳисоблаб, ab кашак (18.19-расм) орқали ўтаётган ток кучини топинг.

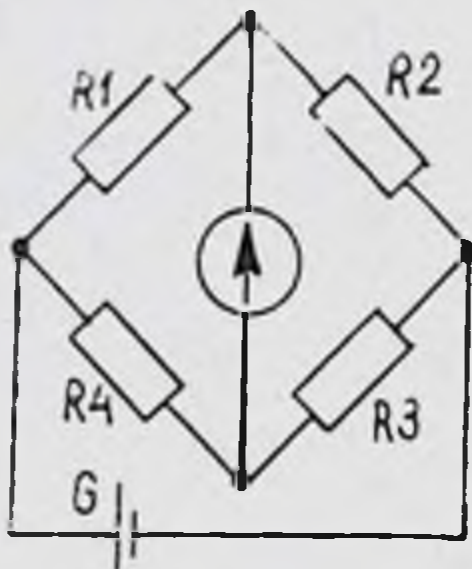
18.27. Икки симли электр энергиясини узатиш линиясининг бир учига ўзгармас ЭЮК манбаи, иккинчисига эса қаршилиги R_0 бўлган истеъмолчи уланган. Линияда изоляция бузилиши туфайли манбадаги ток кучи 2 марта ортиб, R_0 истеъмолчидаги ток кучи эса 8 марта камайди. Линия бузилган жойдаги изоляция қаршилигини топинг. Линия ҳар бир симнинг узунлиги l , симнинг узунлик бирлиги қаршилиги ρ .

Кирхгоф қондалари

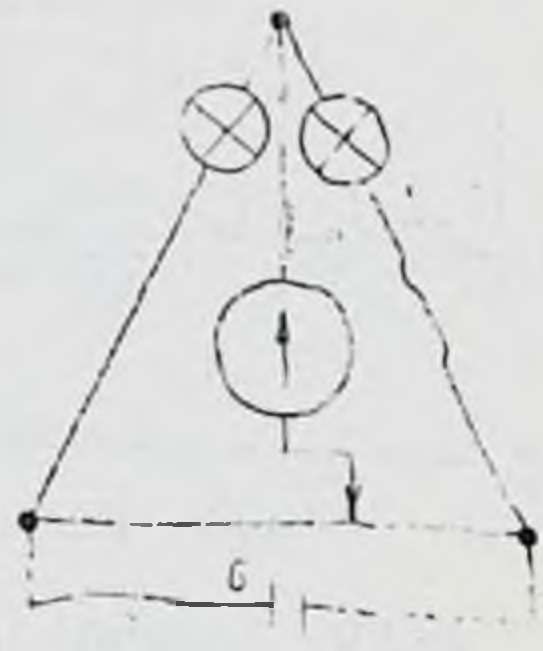
18.28. Қандай қилиб Уитстон кўпригида одатда кўприк диагоналига улаб қўйиладиган гальванометр қаршилигини бошқа гальванометрдан фойдаланмасдан ўлчаш мумкин? Ток манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.



18.20- расм



18.21- расм



18.22- расм

18.29. Уитстон кўпригидаги (18.20-расм) ток манбаининг ЭЮК $\mathcal{E} = 2$ В, $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 45$ Ом, $R_3 = 200$ Ом бўлиб, гальванометр кўрсатиши нолга тенг бўлса, кўприкнинг ҳар бир тармоғидаги ток кучини топинг. Ток манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

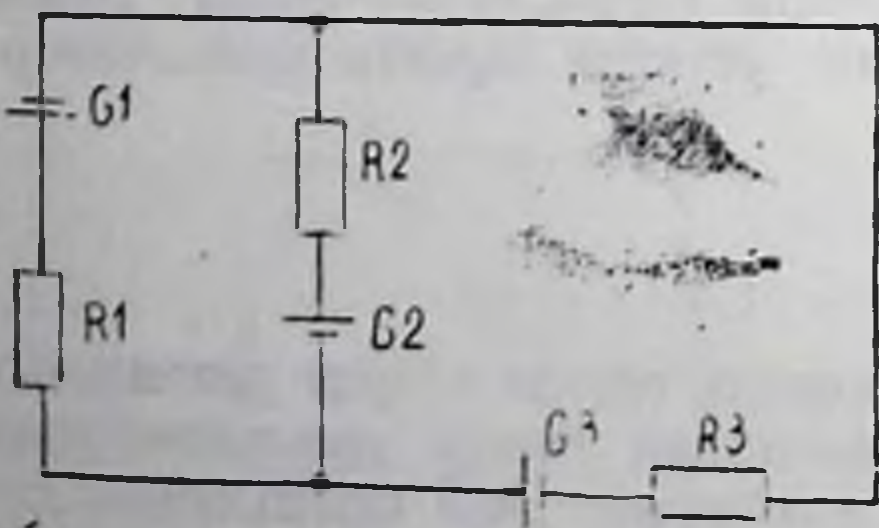
18.30. Уитстон кўпригининг (18.21-расм) елкаларига қаршилиги маълум бўлган R_2 , R_3 , R_4 резисторлар уланган бўлиб, унга U кучланиш қўйилган. Қаршилиги r бўлган гальванометр I ток кучини кўрсатётган бўлса, R_1 қаршилиқни топинг. Ток манбаининг ички қаршилиги ҳисобга олинмайди.

18.31. Уитстон кўпригининг елкаларига мос равишда 110 В ва 220 В кучланишларга мўлжалланган бир хил қувватли икки лампа уланган (18.22-расм). Кўприк мувозанатда бўлган ҳол учун унинг елкалари қаршилиқларининг R_1/R_2 нисбатини топинг. Ток манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

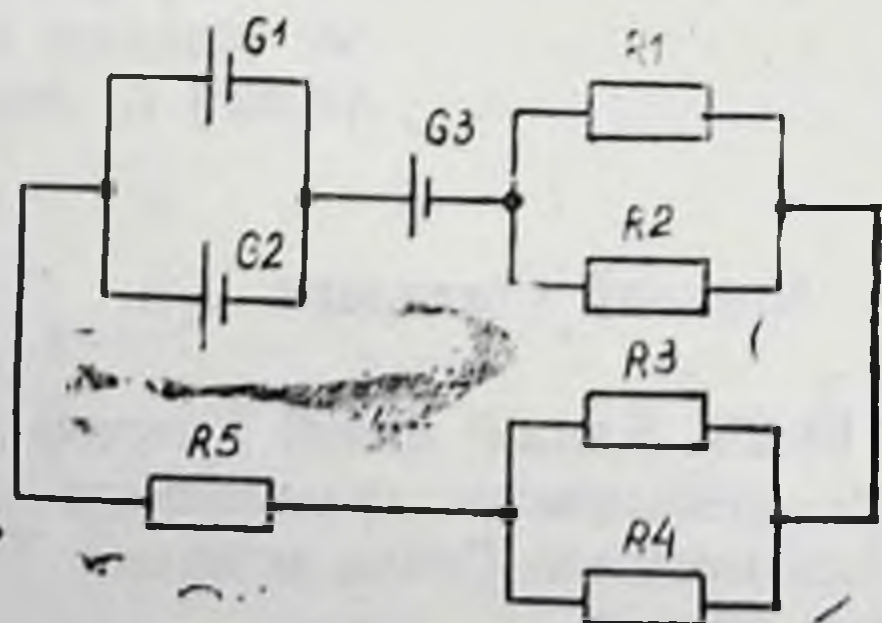
18.32. Агар занжирдаги (18.23-расм) ток манбаларининг ЭЮК $\mathcal{E}_1 = 1$ В, $\mathcal{E}_2 = 3$ В, $\mathcal{E}_3 = 5$ В, қаршилиқлар эса $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом бўлса, ҳар бир тармоқдаги ток кучини топинг. Ток манбаларининг ички қаршилиқларини ҳисобга олманг.

18.33. Ҳар бир элементнинг ЭЮК 2,2 В, ички қаршилиги 20,0 мОм бўлиб, $R_1 = R_2 = 2,0$ Ом, $R_3 = 6,0$ Ом, $R_4 = 4,0$ Ом ва $R_5 = 0,9$ Ом бўлса (18.24-расм), занжирдаги ток кучини топинг.

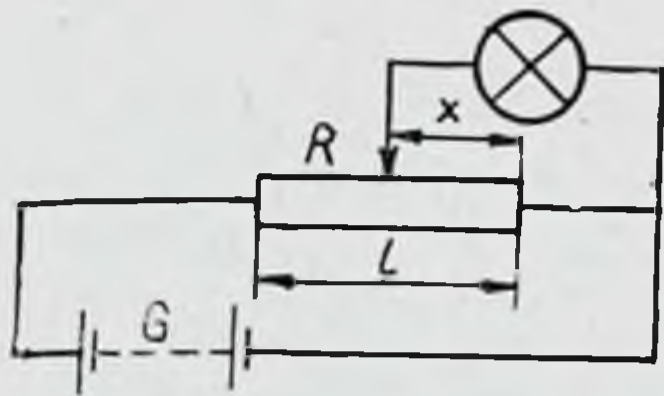
18.34. Қаршилиги R бўлган потенциометр (18.25-расм) U кучланиш остида турибди. R_1 қаршилиқли лампадаги U_1 кучланишнинг потенциометрнинг занжирга уланган қисми узунлиги x га боғланишини топинг. Батареянинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.



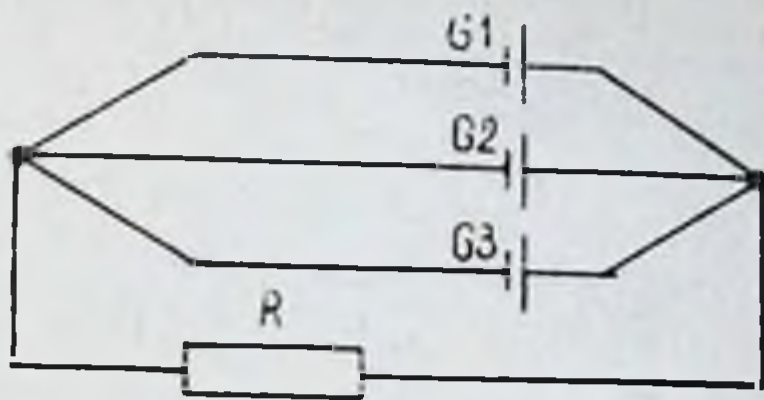
18.23- расм



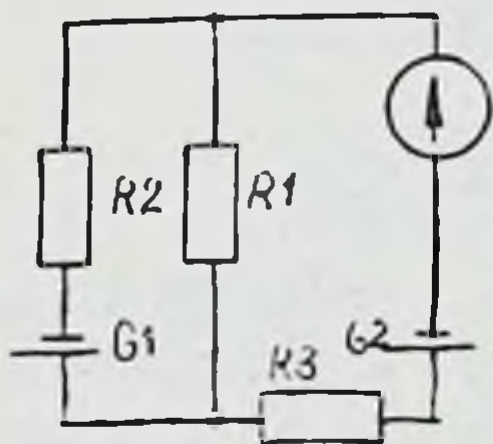
18.24- расм



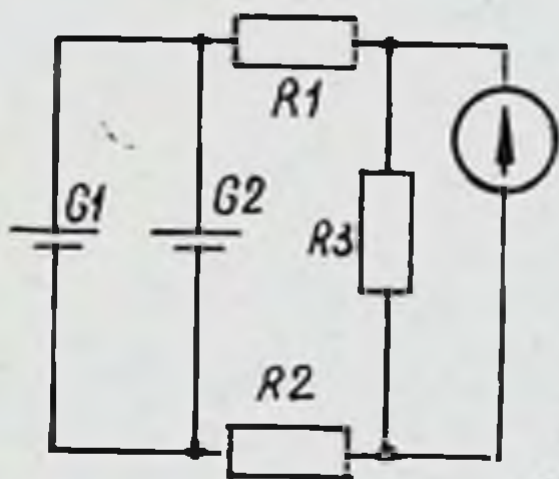
18.25- расм



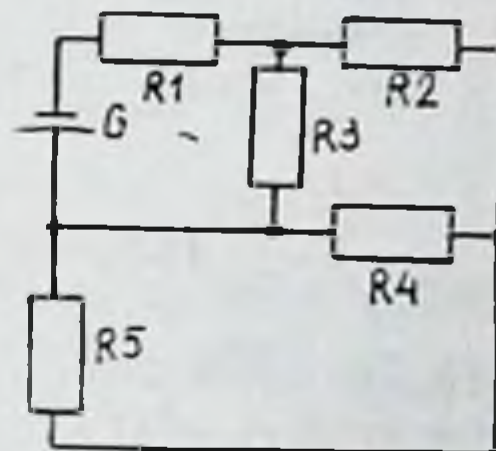
18.26- расм



18.27- расм



18.28- расм



18.29- расм

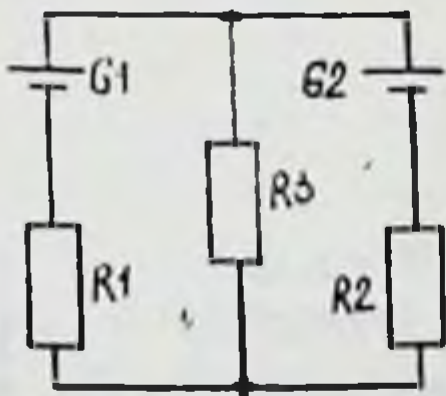
18.35. Агар $\mathcal{E}_1 = 1,3$ В, $\mathcal{E}_2 = 1,4$ В, $\mathcal{E}_3 = 1,5$ В, $R = 0,6$ Ом бўлса (18.26-расм), ички қаршиликлари бир хил ва $0,3$ Ом га тенг бўлган элементларнинг ҳар биридаги ток кучини топинг.

18.36. Агар $\mathcal{E}_1 = 2,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 1,0$ В, $R_1 = 1,0$ кОм, $R_2 = 500,0$ Ом, $R_3 = R_g = 0,2$ кОм бўлса (18.27-расм), занжирга уланган гальванометрдаги ток кучини топинг. Элементларнинг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

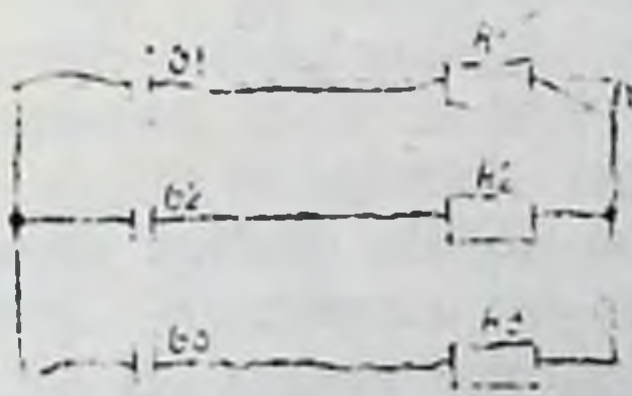
18.37. Агар $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5$ В, $r_1 = r_2 = 0,5$ Ом, $R_1 = R_2 = 2,0$ Ом, $R_3 = 1,0$ Ом, $R_g = 3,0$ Ом бўлса (18.28-расм), занжирга уланган гальванометрдаги ток кучини топинг.

18.38. 18.29-расмда тасвирланган схемада I_4 ток кучи ва барча резисторларнинг қаршиликлари маълум. Батареянинг ички қаршилигини ҳисобга олмасдан, унинг ЭЮКни топинг.

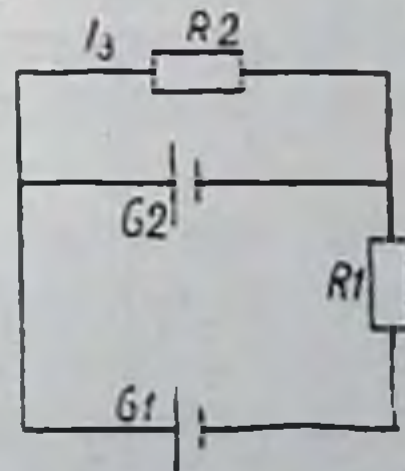
18.39. Агар $\mathcal{E}_1 = 24$ В, $\mathcal{E}_2 = 18$ В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = R_3 = 2$ Ом бўлса (18.30-расм), занжирнинг барча қисмларидаги ток кучини топинг. Ток манбаларининг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.



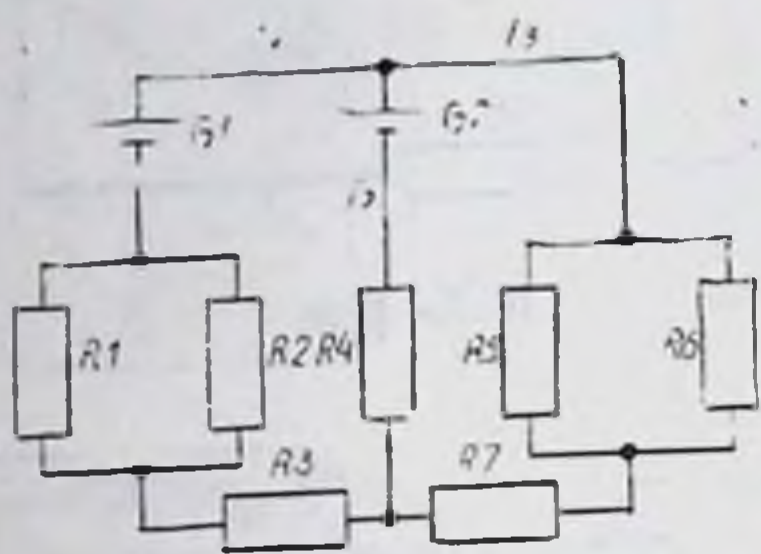
18.30- расм



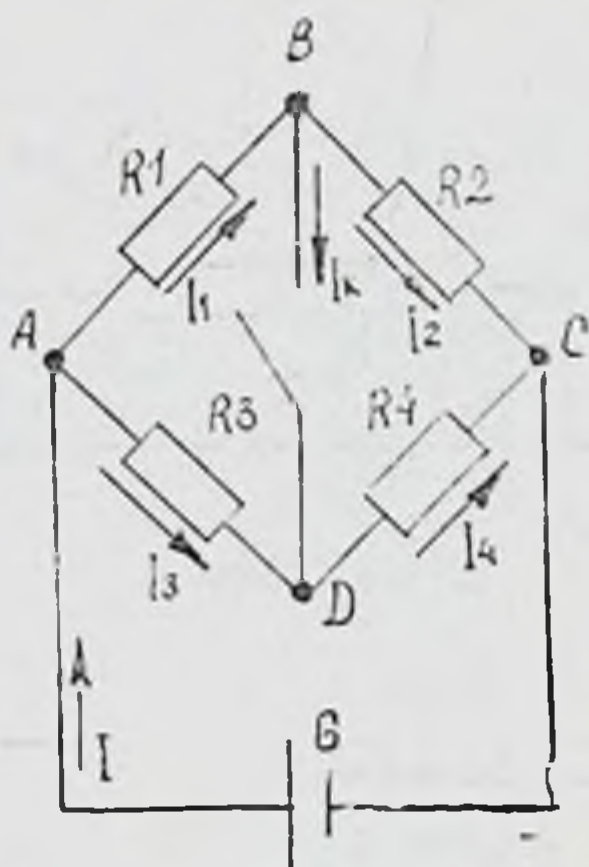
18.31- расм



18.32- расм



18.33- расм



18.34- расм

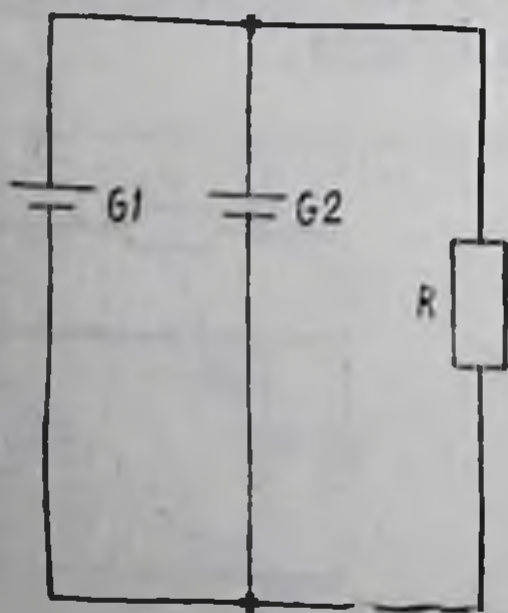
18.40. ЭЮҚлари $\mathcal{E}_1 = 10,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 5,0$ В, $\mathcal{E}_3 = 6,0$ В ҳамда ички қаршиликлари $r_1 = 0,1$ Ом, $r_2 = 0,2$ Ом, $r_3 = 0,1$ Ом бўлган учта ток манбаи занжирга 18.31-расмда кўрсатилгандай қилиб уланган. Қаршиликлари $R_1 = 5,0$ Ом, $R_2 = 1,0$ Ом, $R_3 = 3,0$ Ом бўлган резисторлардаги кучланишларни топинг.

18.41. Агар $\mathcal{E}_1 = 20,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 33,0$ В, $r_1 = 0,2$ Ом, $r_2 = 0,5$ Ом, $R_1 = 0,8$ Ом, $R_2 = 2,0$ Ом бўлса (18.32-расм), занжирнинг барча қисмларидаги ток кучларини топинг.

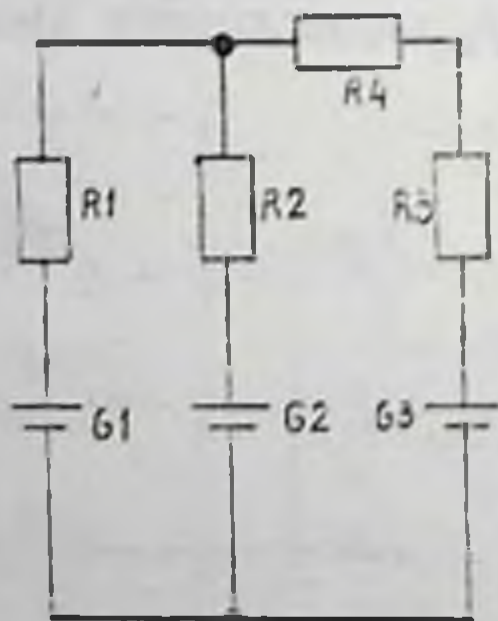
18.42. Агар $\mathcal{E}_1 = 27,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 30,0$ В, $r_1 = 30,0$ мОм, $r_2 = 50,0$ мОм, $R_1 = R_2 = R_5 = 8,0$ Ом, $R_3 = 1,97$ Ом, $R_4 = 2,95$ Ом, $R_6 = 12,0$ Ом, $R_7 = 1,20$ Ом бўлса (18.33-расм), занжирнинг барча қисмларидаги ток кучларини топинг.

18.43. Агар $R_1 = R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 6$ Ом, $\mathcal{E} = 18$ В бўлса, (18,34-расм) занжирдаги ток кучини, занжир тармоқларидаги ток кучларини ҳамда занжирнинг калит узилган ва уланган ҳоллардаги эквивалент қаршилигини топинг. Ток манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

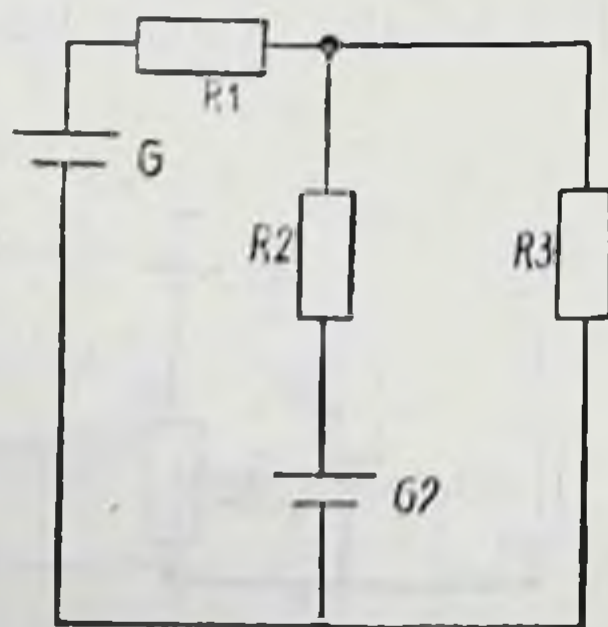
18.44. ЭЮК $\mathcal{E}_1 = 30$ В, $\mathcal{E}_2 = 16$ В, ички қаршиликлари $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 2$ Ом бўлган икки ток манбаи ўзаро параллел уланган (18.35-расм) бўлиб, қаршилиги $R = 25$ Ом бўлган умумий истеъмолчига эга.



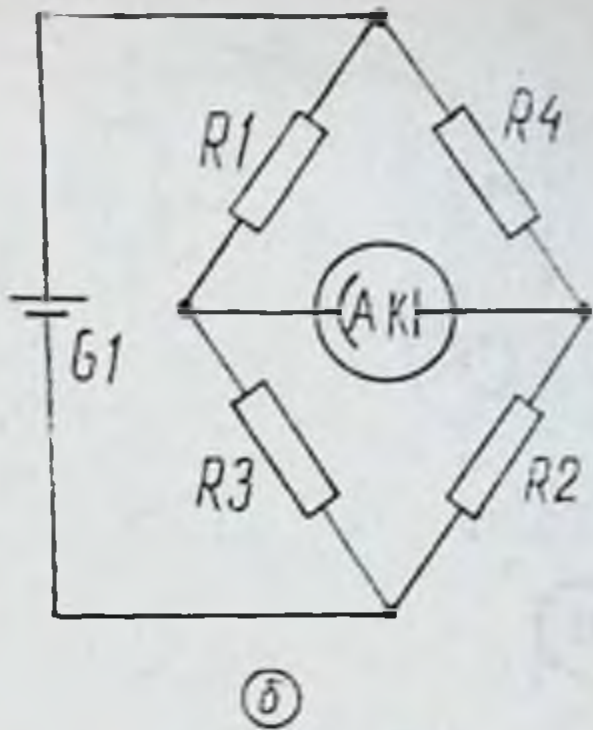
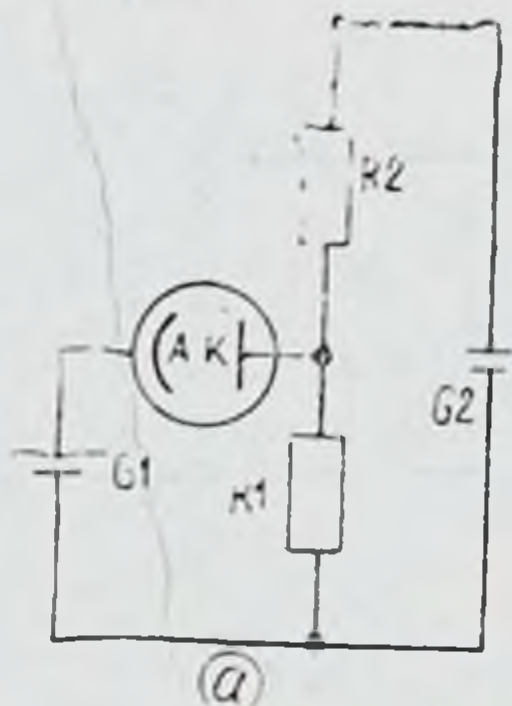
18.35- расм



18.36- расм



18.37- расм



18.38- расм

Барча тармоқлардаги ток кучлари ва истеъмол қилинаётган қувватни аниқланг.

18.45. Агар $\mathcal{E}_1 = 6,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 10,0$ В, $\mathcal{E}_3 = 20,0$ В, $r_1 = 0,2$ Ом, $r_2 = 0,2$ Ом, $r_3 = 0,4$ Ом, $R_1 = 19,8$ Ом; $R_2 = 45,8$ Ом, $R_3 = 100,0$ Ом, $R_4 = 99,6$ Ом бўлса, (18.36-расм), занжирнинг барча қисмларидаги ток кучларини ва ҳар бир ток манбаи эришаётган қувватни аниқланг.

18.46. Агар $\mathcal{E}_1 = 130,0$ В, $\mathcal{E}_2 = 117,0$ В, $R_1 = 1,0$ Ом, $R_2 = 0,6$ Ом, $R_3 = 24,0$ Ом бўлса (18.37-расм), занжир тармоқларидаги ток кучларини аниқланг.

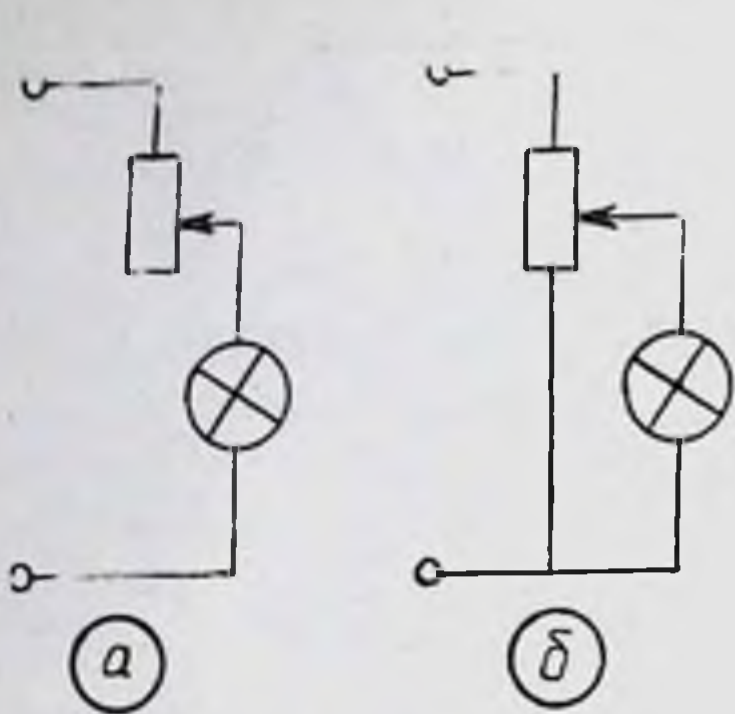
18.47. Фотоэлемент анодининг потенциали катоднинг потенциалидан юқори бўлганда фотоэлементдаги ток кучи $I_0 = 10$ мА га тенг (тўйиниш токи); акс ҳолда фотоэлементдаги ток кучи нолга тенг. Агар $\mathcal{E}_1 = 0,1$ кВ, $\mathcal{E}_2 = 0,2$ кВ, $R_1 = 1,0$ кОм, $R_2 = 2,0$ кОм, $R_3 = 3,0$ кОм, $R_4 = 4,0$ кОм бўлса, 18.38-расмда тасвирланган схемаларда фотоэлементлардаги кучланишларни топинг. Ток манбаларининг ички қаршиликларини ҳисобга олманг.

Токнинг иши ва қуввати

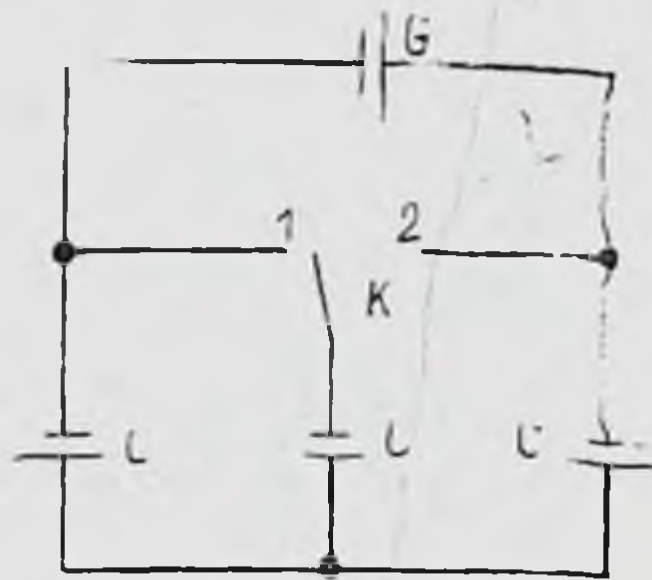
18.48. Агар ток манбаининг ЭЮК 20 В, ички қаршилиги 20 Ом бўлса, қандай қилиб қаршиликлари 10, 20, 30 ва 40 Ом бўлиб, ҳар бири 2 Вт гача қувватга мўлжалланган, ингичка симдан ясалган тўртта спиралдан қуввати мумкин қадар катта бўлган қиздиргич тайёрлаш мумкин?

18.49. Лампани у мўлжалланган кучланишдан каттароқ кучланишли тармоққа улаш учун а ёки б схемадан фойдаланиш мумкин (18.39-расм). Агар ҳар иккала ҳолда лампа нормал режимда ёнадиган бўлса, схемалардан қайси бири каттароқ ФИК га эга?

18.50. Кучланиши $U_1 = 200$ В бўлган тармоққа уланган лампа $P_1 = 40$ Вт қувват истеъмол қилиб равшан ёнади, бунда лампа тола-сининг ҳарорати $t_1 = 3000^\circ\text{C}$. Кучланиши $U_2 = 100$ В бўлган тармоққа уланганда лампа $P_2 = 25$ Вт қувват истеъмол қилди ва билинар-билинимас ёришди, чунки бу ҳолда толанинг ҳарорати $t_2 = 1000^\circ\text{C}$. Лампа толасининг $t = 0^\circ\text{C}$ ҳароратдаги R_0 қаршилигини топинг.



18.39-расм;



18.40-расм

18.51. Қуввати 10 кВт бўлган токни мис симлар орқали 500 м масофага 200 В кучланиш билан узатиш зарур. Агар истеъмолчидаги кучланиш 5% га кам бўлиб, линиядаги кучланиш исрофи 10% дан ортмаслиги талаб қилинса, линиядаги симларнинг зарурий кўндаланг кесимини, узатиш линияси бошидаги кучланишни ва линиядаги қувват исрофини аниқланг.

18.52. Ўзгармас ток генератори 150 В ЭЮК га эришади ва ташқи занжирга 30 А ток беради. Генератор эришадиган қувватни; манба ичидаги исрофлар қувватини; истеъмолчининг қувватини; манбанинг ФИҚни аниқланг. Ток манбанинг ички қаршилиги 0,6 Ом.

18.53. Двигателнинг горизонтал жойлашган r радиусли ўқига учига m массали юк осилган ип ўралмоқда. Двигатель ЭЮК \mathcal{E} ва занжирнинг тўла қаршилиги R бўлганда унда I ток кучи ҳосил қиладиган ўзгармас ток манбаига уланган. Ўқнинг бир секунддаги айланишлар сони қанча?

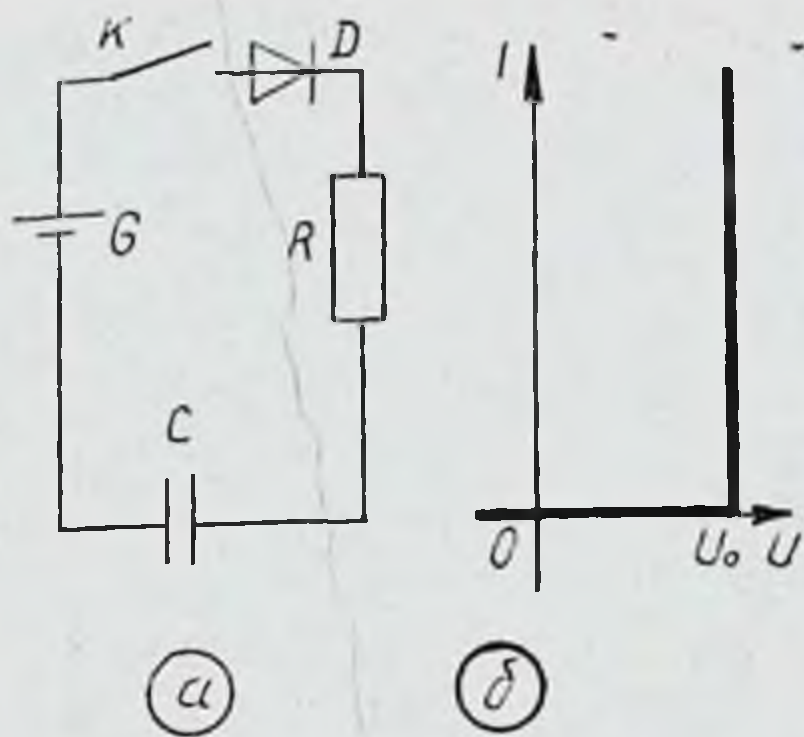
18.54. Қуввати P бўлган холодильник t вақт ичида бошланғич θ ҳароратга эга бўлган n литр сувни музга айлантирди. Бу вақт мобайнида хонага қанча миқдорда иссиқлик ажралиб чиққан?

18.55. Ток манбаига уланган электр қиздиргичнинг ҳарорати t_1 . Қиздиргич вентилятор ёрдамида совитилганда унинг ҳарорати t_2 гача пасайган. Ҳар иккала ҳолда қиздиргич ажратаётган иссиқлик миқдорлари бир хил бўладими?

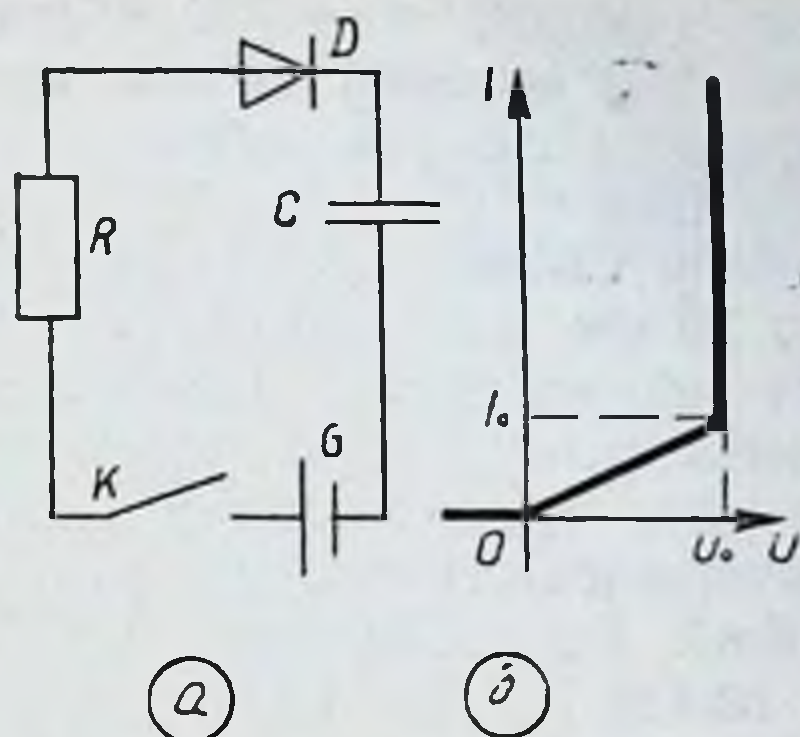
18.56. $U = 220$ В кучланишли тармоққа уланадиган электр қиздиргич аτροφ-муҳит ҳарорати $t_1 = 20^\circ\text{C}$ бўлганда $t_2 = 420^\circ\text{C}$ гача қизиши керак бўладиган константан симдан тайёрланган. Агар константан симда ток зичлиги $J = 15,2$ МА/м² дан ортмаслиги талаб қилинса, қиздиргич қуввати, симнинг l узунлиги ва d диаметрини топинг. Иссиқлик узатиш коэффициенти $k = 64,7$ Вт/(м²·К).

18.57. Қиздирилатган симнинг ҳаводаги совишини сим ва ҳаво ҳароратлари айирмасига тўғри пропорционал, ҳароратнинг пасайиши билан симнинг қаршилиги жуда оз ўзгаради, деб қабул қилиб, ток билан қиздирилатган симнинг нисбий узайиши токнинг квадратига тўғри пропорционал эканлигини исбот қилинг.

18.58. Бир хил материалдан тайёрланган квадрат кесимли икки оим берилган. Биринчи сим кесимининг томони $a_1 = 1$ мм, иккинчи сим



18.41- расм



18.42- расм

учун $a_2 = 4$ мм. Биринчи симни эритиб юбориш учун $I_1 = 10$ А ток кучи зарур. Иккинчи симни эритиб юбориш учун I_2 ток кучи қанча бўлиши керак?

18.59. Агар манбанинг ЭЮК \mathcal{E} , ҳар бир конденсаторнинг сифими C бўлса, 18.40-расмдаги занжирда K калитни 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтказилганда қанча иссиқлик миқдори ажралади?

18.60. Диод 18.41-расмда тасвирланган занжирга уланган. Диоднинг идеаллаштирилган вольт-ампер характеристикаси 18.41-б расмда келтирилган. Дастлаб конденсатор зарядсиз бўлган. K калит улангандаги конденсаторнинг зарядланишида R ўтказгичда қанча миқдорда иссиқлик ажралади? Конденсатор сифими C , манбанинг ЭЮК \mathcal{E} . Ток манбаининг ички қаршилигини ҳисобга олманг.

18.61. Аввалги масалани 18.42-а расмда тасвирланган схема учун ечинг. Диоднинг вольт-ампер характеристикаси 18.42-б расмда берилган.

18.62. Кесими $S = 5$ мм² бўлган мис симдан иборат линиянинг ҳарорати $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ га ортганда эриб кетадиган қўрғошин сақлагичнинг кесими қанча бўлиши керак? Бошланғич ҳарорат $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Иссиқликнинг атроф-муҳитга узатилишини ҳисобга олманг.

18.63. Кўндаланг кесими юзаси $S_1 = 3$ мм² бўлган мис симдан иборат занжирга кўндаланг кесими юзаси $S_2 = 1$ мм² бўлган қўрғошин сақлагич уланган. Бу сақлагич занжирдаги қисқа туташув пайтида симлар ҳароратининг қанчага ортишига мўлжалланган? Жараён қисқа муддатли бўлганлиги туфайли қисқа туташув пайтида ажралган ҳамма иссиқлик миқдори занжирни қиздиришга сарф бўлади, деб ҳисобланг. Сақлагичнинг бошланғич ҳарорати $t_0 = 17^\circ\text{C}$.

18.64. Электр чойгум иккита чулғамга эга. Улардан бири уланганда чойгумдаги сув $t_1 = 15$ мин вақт ичида, иккинчи чулғам уланганда эса $t_2 = 30$ мин вақт ичида қайнайди. Иккала чулғам: 1) кетмакет; 2) параллел уланганда чойгумдаги сув қанча t вақт ичида қайнайди?

18.65. Диаметри $d = 0,15$ мм бўлган нихром симдан тайёрланган қиздиргич элемент $U = 220$ В кучланишга мўлжалланган бўлиб, атроф-

муҳит ҳарорати $t_1 = 0^\circ\text{C}$ бўлганда $t_2 = 450^\circ\text{C}$ ҳароратгача қизиши керак. Агар иссиқлик узатиш коэффициентини $k = 75,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ бўлса, қиздиргичдаги ток кучини, симнинг узунлигини ва қиздиргич қувватини топинг.

18.66. Сигнми $1,5 \text{ дм}^3$ бўлган электр чойгумнинг қиздиргич элементи 80 Ом қаршиликка ва 80% ФИК га эга бўлиб, 220 В кучланишга мўлжалланган. Сувнинг бошланғич ҳарорати 20°C . Чойгум истеъмол қилаётган ток қувватини; қиздиргич элементдаги ток кучини; чойгумдаги сувнинг қайнаш вақтини ва агар $1 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$ энергияга 4 тийин тўланса, сарфланган энергия нархини топинг.

18.67. Ток манбаининг ЭЮК 24 В га, ташқи занжирнинг қаршилиги 10 Ом га, ток манбаи ичидаги кучланиш тушиши 4 В га тенг. Манба қисқичларидаги кучланишни, занжирдаги ток кучини, манбаининг ички қаршилигини, ташқи занжир истеъмол қилаётган қувватни; манба ичидаги энергия исрофи қувватини ва тўла қувватни топинг.

18.68. Агар қаршилиги $R = 0,25 \text{ Ом}$ бўлган ташқи занжирда ток кучи $I = 5 \text{ А}$ бўлса, ЭЮК $\mathcal{E} = 2,15 \text{ В}$ бўлган қўрғошинли аккумулятор қандай ФИК билан ишламоқда? Аккумулятор қандай энг катта фойдали қувватга мўлжалланган? Бундай режимда унинг ФИК қанча бўлади?

18.69. 18.67-масала шартига кўра: 1) занжирдаги I ток кучини; 2) манбаининг тўла қувватини; 3) ташқи занжирга узатилаётган ток қувватини; 4) манба қисқичларидаги кучланишни; 5) манба ФИК ни ўзгарувчи ташқи қаршиликнинг функцияси деб олиб, уларнинг ўзгариш графигини чизинг. Бунда ташқи қаршилик учун $0; 1; 2; 4; 10; 22; 46$ (Ом ларда) қийматларни олинг.

18.70. ЭЮК 50 В , ички қаршилиги 5 Ом бўлган батарея занжирдаги ток кучини 0 дан 10 А гача 1 А дан ўзгартиришга имкон берадиган ўзгарувчан ташқи қаршиликка уланган. 1) ток манбаи томонидан ташқи занжирга узатилаётган ток қувватининг; 2) манба ичида сарфланаётган қувватнинг; 3) тўла қувватнинг; 4) манба ФИК нинг ток кучига боғланиш графигларини чизинг.

18.71. ЭЮК 40 В , ички қаршилиги 5 Ом бўлган батарея 0 дан 35 Ом гача ўзгарадиган ташқи қаршиликка уланган. 1) ташқи занжирга узатилаётган ток қувватининг; 2) манба ичида сарфланаётган қувватнинг; 3) тўла қувватнинг; 4) ток манбаи ФИК нинг ташқи қаршиликка боғланиш графигини чизинг.

18.72. Ташқи занжир қаршилиги қанча бўлганда ток манбаининг ташқи занжирга узатаётган қуввати энг катта қийматга эга бўлади? Бу пайтдаги ток кучи ва қувват қанча бўлади?

19-§. ТЕРМОЭЛЕКТРОН ЭМИССИЯ ВА КОНТАКТ ҲОДИСАЛАРИ

Электроннинг металлдан чиқиш иши:

$$A = e\phi.$$

Термоэлектрон ток зичлигининг анод кучланишига боғланиши (тўйиниш бўлмаган ҳолда) Богуславский-Лэнгмюр формуласи билан ифодланади:

$$J = KU^{3/2},$$

бу ерда K — электродлар ўлчамлари ва шаклини характерлайдиган, каюд ҳароратига боғлиқ бўлмаган доимий. Ясси электродлар учун:

$$K = \frac{\sqrt{2}}{9\pi} \sqrt{\frac{e}{m}} \frac{1}{d^2},$$

бу ерда d — ясси электродлар орасидаги масофа.

Тўйиниш токи зичлигининг ҳароратга боғланиши Ричардсон—Дешман формуласи билан ифодаланади:

$$J_T = BT^2 e^{-\frac{A}{kT}},$$

бу ерда B доимий бўлиб, $602 \text{ кА}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^2)$ га тенг, k — Больцман доимийси, T — катоднинг термодинамик ҳарорати.

Ташқи ва ички контакт потенциаллар айирмаси:

$$\Delta \varphi_T = \frac{A_2 - A_1}{e}, \quad \Delta \varphi_H = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2},$$

бу ерда n_1 ва n_2 — контактга келтирилган металллардаги ўтказувчанлик электронлари концентрацияси.

Чекланган ҳарорат оралиғида икки хил металлдан иборат занжирдаги термо ЭЮК \mathcal{E} кавшарлар ҳароратларининг айирмасига боғлиқ:

$$\mathcal{E} = \alpha (T_2 - T_1),$$

бу ерда α — контактга келтирилган металллар табиатига боғлиқ бўлган коэффициент.

Термоэлектрон эмиссия

19.1. Тезлиги $1,3 \text{ Мм}/\text{с}$ бўлган электрон цезий пластинкага урилади. Бунда пластинкадан янги электрон уриб чиқариладими? Агар уриб чиқарилса, бунинг учун электрон энг камида қанча тезликка эга бўлиши керак?

19.2. Катоддаги вольфрам толанинг ҳарорати $T = 2 \text{ кК}$ бўлганда электрон лампадаги тўйиниш токи $I_T = 2,86 \text{ мкА}$ қийматга эришади. Агар катод толасининг узунлиги $l = 2 \text{ см}$ бўлса, унинг диаметрини топинг.

19.3. Ҳарорати 2400 К бўлган вольфрамни 100 К га қиздирилса, унинг солиштирма термоэлектрон эмиссияси неча марта ортади?

19.4. Электрон лампадан ўтаётган ток кучи $6,3 \text{ мА}$ бўлганида 1 соат иш мобайнида унинг анодида 63 Ж энергия ажралди. Иссиқлик фақат электронларнинг кинетик энергияси туфайли ажралади деб ҳисоблаб, катоддан чиқаётган дастадаги электронлар тезлигини топинг.

19.5. Телевизор трубкасининг бир-биридан 10 см масофада жойлашган катоди билан аноди орасидаги майдон кучланганлиги $100 \text{ кВ}/\text{м}$ га тенг. Майдонни бир жинсли деб ҳисоблаб, электронларнинг трубка экранига урилиш пайтидаги тезлиги ва энергиясини топинг.

19.6. Электрон лампанинг анод токи 10 мА. Лампа катоддан ҳар секундда қанча электрон учиб чиқади?

19.7. Уч электродли лампа характеристикасининг анод кучланишининг 55 дан 80 В гача ўзгариши анод токининг 40 дан 70 мА гача ўзгаришига сабаб бўладиган қисмидаги тиклиги ва ўртача ички қаршилигини топинг. Кучайтириш коэффициентини 1 га тенг.

19.8. Уч электродли лампанинг ички қаршилиги 3 кОм, характеристикасининг тиклиги 3 мА/В. Шу лампанинг кучайтириш коэффициентини топинг.

19.9. Кучайтириш коэффициенти 40 га тенг бўлган уч электродли лампанинг ички қаршилиги 8 кОм. Агар анод кучланишининг ўзгариши 120 В бўлса, анод токининг ўзгаришини ва характеристиканинг тиклигини топинг.

19.10. Осциллографнинг электрон-нур трубкасида дастадаги электронларнинг экран яқинидаги концентрациясини аниқланг. Даста кесими юзаси $S = 1,0 \text{ мм}^2$, ток кучи $I = 1,6 \text{ мкА}$. Электронлар катоддан бошланғич тезликсиз учиб чиқиб, катод билан анод орасидаги потенциаллар айирмаси $U = 28,5 \text{ кВ}$ бўлган электр майдонида тезлаштирилади.

Контакт ҳодисалари

19.11. Мис-платина термопарасининг иссиқ кавшарида $Q = 4,19 \text{ Ж}$ энергия ютилганда термопара орқали энг кўпи билан қанча заряд ўтиши мумкин? Иссиқ кавшар ҳарорати $t_1 = 100^\circ\text{С}$, совуқ кавшар учун $t_2 = 0^\circ\text{С}$, ЭЮК $\mathcal{E} = 0,76 \text{ мВ}$.

19.12. Доимийси $\alpha = 92 \text{ мкВ/К}$ ва қаршилиги $R = 5 \text{ Ом}$ бўлган висмут-темир термопараси ички қаршилиги $R_r = 110 \text{ Ом}$ бўлган гальванометрга улаб қўйилган. Агар термопаранинг бир кавшари ҳарорати $t_1 = 100^\circ\text{С}$, бошқасиники эса $t_2 = 0^\circ\text{С}$ бўлса, гальванометр қанча ток кучини кўрсатади?

19.13. Муҳит ҳароратини ўлчаш учун унга ички қаршилиги 2 кОм ва шкаласи бўлимининг қиймати 10 нА бўлим бўлган гальванометрга уланган, $\alpha = 0,5 \text{ мкВ/К}$ доимийли никель-хром термопаранинг бир кавшари туширилади. Агар иккинчи кавшар ҳарорати 15°С бўлганда гальванометр стрелкасининг оғиши 25 бўлимини ташкил қилса, муҳитнинг ҳарорати қандай бўлган?

19.14. Термоэлектрик доимийси 50 мкВ/К бўлган термоэлементнинг кавшарланган учлари ҳароратларининг фарқи 500 К бўлган. Термоэлементнинг ЭЮКни топинг.

19.15. Агар термопара қаршилиги 6 Ом, у билан ўлчаниши мумкин бўлган энг кичик ҳароратлар фарқи 6 мК бўлса, шкаласи бўлимининг қиймати 15 нА/бўлим бўлган гальванометр қаршилигини топинг. Термопара доимийси 50 мВ/К, гальванометр стрелкаси 10 бўлимга оғган.

19.16. Электронларнинг мисдан чиқиш иши 4,47 эВ, қўргошиндан чиқиш иши эса 3,74 эВ. Бу иккала металлни бир-бирига улаганда қанча ташқи контакт потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади? Металлардаги ўтказувчанлик электронларининг концентрацияси бир хил деб олинг.

19.17. Мис билан калий орасида 27°C ҳароратда ҳосил бўладиган ички контакт потенциаллар айирмасини аниқланг.

19.18. Қаршилиги $0,25\ \text{Ом}$ бўлган темир- константан термопара қаршилиги $5,0\ \text{Ом}$ ва шкаласининг бўлим қиймати $0,95\ \text{мкА/бўлим}$ бўлган гальванометрга уланган. Кавшарни қиздирилганда гальванометр $85\ \text{мкА}$ ток кучини кўрсатган. Агар термопара доимийси $51,60\ \text{мкВ/К}$ бўлса, кавшар қанчага қизиган ва стрелка шкаланинг қанча бўлимига оғган?

20- §. ЭЛЕКТРОЛИТЛАРДА ВА ГАЗЛАРДА ЭЛЕКТР ТОКИ

Ионларнинг қарор топган тартибли ҳаракатининг тезлиги;

$$v_{\pm} = b_{\pm} E,$$

бу ерда E — майдон кучланганлиги, b_{\pm} — ионлар ҳаракатчанлиги.

Электролитлар учун Ом қонуни:

$$j = n_0 Q \alpha (b_{+} + b_{-}) E,$$

бу ерда α — диссоциация коэффиценти, n_0 — $1\ \text{см}^3$ ҳажмли электролитдаги эриган модда молекулалари сони.

Газлар учун Ом қонуни (кичик ток зичликлари учун):

$$j = Q n_0 (b_{+} + b_{-}) E,$$

бу ерда n_0 — газнинг ҳажм бирлигидаги ион жуфтлари сони (тўйиниш бўлмаган ҳолда).

Бир-биридан d масофада жойлашган ясси электродлар орасидаги тўйиниш токининг зичлиги:

$$j = N e d.$$

Фарадейнинг биринчи қонуни:

$$m = k I t,$$

бу ерда k — электрохимиявий эквивалент, I — ток кучи.

Фарадейнинг иккинчи қонуни:

$$k = \frac{1}{F} x,$$

бу ерда $x = \frac{A}{Z}$ — химиявий эквивалент; A — атом массаси; Z — валентлик; F — Фарадей сони.

Электролитларда электр токи

20.1. Ток кучи $10\ \text{А}$ бўлганда мис сульфати (CuSO_4) эритмасидан 2 соат ичида электродларда ажралган мис массасини аниқланг.

20.2. Элементни $0,2\ \text{А}$ разряд токи билан разрядлаганда $5,0\ \text{мг}$ массали рух сарфланди. Элементнинг ишлаган вақтини топинг.

20.3. Эритма орқали ўтаётган ток кучи $1\ \text{А}$ бўлганда катодда $8,05\ \text{г}$ модда ажралди. Агар ток 2 соат давомида ўтиб турган бўлса, модданинг электрохимиявий эквивалентини топинг.

20.4. Катодда 16,77 г массали соф кумуш ажралган бўлса, кумуш сульфати (Ag_2SO_4) эритмаси орқали қанча заряд ўтган?

20.5. Никель сульфати (NiSO_4)нинг электролитик эритмаси орқали zichлиги 5 mA/cm^2 бўлган ток ўтмоқда. Қанча вақт ичида 50 мкм қалинликдаги қатлам ҳосил бўлади? Кучланиш 7 В бўлганда 1 mm^2 юзали сиртни 1 соат ичида кўрсатилган қалинликдаги никель билан қоплаш учун қанча қувват зарур бўлади?

20.6. Сиртларни гальваник усулда олтин билан қоплаш учун олтин хлориди (AuCl_3) эритмасидан фойдаланилади. Агар ток zichлиги $0,2 \text{ A/dm}^2$ бўлса, қанча вақт ичида 5 мкм қалинликдаги олтин қатламини ҳосил қилиш мумкин?

20.7. Диаметри $d = 10 \text{ m}$ бўлган зонд — шарни нормал шаронгда водород билан тўлдирish учун намакобли электролитик ваннадан қанча заряд ўтказиш керак?

20.8. Сувни электролиз қилиш вақтида $t = 25$ мин мобайнида ванна орқали $I = 20 \text{ A}$ ток ўтиб турди. Агар ажралиб чиққан кислород $p = 0,2 \text{ МПа}$ босим остида $V = 1 \text{ л}$ ҳажмини эгаллаб турган бўлса, у қандай ҳароратга эга бўлган? Кислороднинг электрохимиявий эквиваленти $8,29 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл}$.

20.9. Элементлар атом массаларини билган ҳолда кумуш, мис, алюминий ва никель учун электрохимиявий эквивалентларини аниқланг.

20.10. Электролит орқали 1 соат 12 минут давомида кучи $2,2 \text{ A}$ бўлган ток ўтиб турганда катодда 1,65 г мис ажралди. Қурилманинг ФИКни аниқланг.

20.11. CuSO_4 , AgNO_3 , NiSO_4 эритмалари қўйилган учта ванна кетма-кет қилиб уланди. Ток ўтиб турган вақт мобайнида биринчи ваннада 10 г мис ажралди. Иккинчи ва учинчи ванналарда мос равишда қанчадан кумуш ва никель ажралган?

20.12. Мис сульфати эритмаси қўйилган ванна занжирига уланган амперметр 5 A токни кўрсатмоқда. 25 минут ичида катодда 2,1 г мис ажралди. Амперметрнинг кўрсатиши тўғрими?

20.13. Массаси 20 г бўлган қўрғошин пероксиди (PbO_2) бўлган аккумуляторда қанча заряд тўпланган?

20.14. Электролиз қонунлари асосида водород ионининг массасини ва электрон зарядини аниқланг.

20.15. Ош тузи (NaCl) эритмаси билан тўлдирилган $83,4 \text{ mm}^2$ кесимли шиша най орқали $2,7 \text{ A}$ ток ўтмоқда. Агар электр майдони таъсирида эритмадаги хлор ионлари 1015 мкм/с , натрий ионлари эса 675 мкм/с тезлик билан кўчса, 1 cm^3 ҳажмда 1 с ичида қанча ион жуфти ҳосил бўлишини аниқланг.

20.16. Агар бир-биридан $d = 10,0 \text{ cm}$ масофада жойлашган ясси электродлардаги ток кучи $I = 1,8 \text{ A}$ бўлса, ош тузининг сувдаги кичик концентрацияли эритмасидаги натрий ионлари концентрациясини аниқланг. Электродлар орасидаги кучланиш $U_0 = 20,0 \text{ В}$, ионларнинг силжувчанлиги: $b_{\text{Na}^+} = 0,45 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 / (\text{с} \cdot \text{В})$; $b_{\text{Cl}^-} = 0,68 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 / (\text{с} \cdot \text{В})$. Пластиналар юзаси $S = 10^3 \text{ cm}^2$.

20.17. Юзаси $S = 500 \text{ cm}^2$ бўлган сиртни кумуш билан қоплаш учун кумуш тузи эритмаси орқали $t = 5$ соат давомида $I = 2 \text{ A}$ ток ўтказиш зарур бўлди. Кумуш қатламининг қалинлигини топинг.

20.18. ЭЮК $\mathcal{E} = 1,5$ В ва ички қаршилиги $r = 0,5$ Ом бўлган элемент қаршилиги $R = 3,0$ Ом бўлган истеъмолчига уланди. Элементнинг унда $m = 5,0$ г массали рух сарфланадиган иш вақтини топинг.

20.19. Концентрацияси $n = 30$ кг/м³ бўлган кумуш нитрати (AgNO_3) эритмасининг диссоциация коэффициенти $\alpha = 45\%$ га тенг. Бу эритманинг $t = 18^\circ\text{C}$ ҳароратдаги солиштирама электр ўтказувчанлигини топинг.

20.20. Электролиз 10 В кучланишда олиб борилиб, қурилманинг ФИК 80% бўлса, 1 кг алюминий олиш учун қанча электр энергияси сарфланади? Алюминийнинг атом массаси 27.

20.21. $n = 120$ кг/м³ концентрацияда ва $t = 18^\circ\text{C}$ ҳароратда $\rho = 0,25$ Ом м солиштирама қаршиликка эга бўлган кумуш хлориди (AgCl) эритмасининг диссоциация коэффициенти топинг.

20.22. Калий хлорид (KCl) нинг сувдаги эритмасининг диссоциация коэффициенти 77,5%. Агар эритманинг солиштирама қаршилиги 74 мОм·м бўлса, унинг концентрациясини топинг.

Газларда электр токи

20.23. Неон молекулалари бир-бири билан тўқнашганда улардан бири бир қаррали ионланиши учун молекулаларнинг нисбий тезлиги қандай бўлиши керак?

20.24. 50 пФ сифимли ясси конденсатор қопламалари орасидаги ҳаво ташқи ионизатор билан ионлаштирилмоқда. Юзаси 250 см² бўлган қопламалар орасига 400 В кучланиш қўйилган бўлса, конденсатор майдонидаги ионларнинг тезлигини топинг.

20.25. Агар ҳаво ташқи ионизатор билан ионлантирилаётган бўлиб, 450,0 В кучланишда ток кучи 7,0 мкА ни ташкил қилса, сифими 6,6 пФ бўлган ясси конденсатор қопламалари орасидаги ионлар концентрациясини топинг. Тўйиниш бўлмаган деб ҳисобланг.

20.26. Конденсаторнинг юзаси 300 см² дан бўлиб, бир-биридан 5 см масофада турган қопламалари орасидаги аргон ташқи ионизатор билан ионлантирилмоқда. Агар қопламалар орасидаги тўйиниш токи 4 пА бўлса, 1 см³ ҳажмдаги аргонда 1 с ичида қанча ионлар жуфти ҳосил бўлади?

20.27. Тўқнашганда аргон атомини ионлантириши учун электроннинг тезлиги қандай бўлиши керак?

20.28. Ташқи ионизатор таъсирида ясси конденсаторнинг бир-биридан 5,0 см масофада турган қопламалари орасидаги ҳавонинг 1 см³ ҳажмида секундига $6,6 \cdot 10^6$ жуфт ион ҳосил бўлади. Агар тўйиниш токи 3,0 пА бўлса, конденсатор қопламаларининг юзасини топинг.

20.29. Агар конденсатор қопламалари орасидаги масофа 5 см бўлганда тўйиниш токи 1 фА бўлса, нормал шароитда юзаси 250 см² бўлган қопламалар орасидаги атмосферанинг 1 см³ ҳажмида 1 секундда ҳосил бўладиган ион жуфтлари сонини топинг.

20.30. Тажрибалар кўрсатишича, майдон кучланганлиги 30 кВ/см га етганда нормал шароитдаги ҳавода учқунли разряд бошланади. Шу шароитда 15 аЖ энергияга эга бўлган электронларнинг эркин югуриш йўли узунлигини топинг.

20.31. Агар неоннинг ионланиш энергияси $A = 21,5$ эВ, электроннинг газ атомлари билан кетма-кет иккита тўқнашлари орасидаги ўртача масофа $0,4$ нм бўлса, электродлар орасидаги потенциаллар айирмаси қанча бўлганда неон лампа ёнади? Электродлар бир-биридан $d = 3,0$ мм масофада жойлашган катта пластиналардан иборат.

20.32. Разряд (яшин) пайтида булут билан Ер орасидаги потенциаллар айирмаси 10 МВга, ўтган заряд эса 30 Кл га етади. Агар булутлар 4 км баландликда бўлса, разряд энергиясини ва майдон кучланганлигини топинг.

20.33. Электрон кучланганлиги 10 МВ/м бўлган майдонда 10 см йўлни босиб ўтди. У ўз йўлида қанча кислород атомини ионлантириши мумкин?

21-§. МАГНИТ МАЙДОНИ. МАГНИТ МАЙДОНИНИНГ ҲАРАКАТДАГИ ЗАРЯДЛАР ВА ТОҚЛАРГА ТАЪСИРИ

I ток ўтаётган ўтказгичнинг узунлиги dl бўлган элементи ҳосил қилган магнит майдони индукцияси (Био — Савар — Лаплас қонуни):

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I [d\vec{l}, \vec{r}]}{4\pi r^3},$$

бу ерда \vec{r} — ток элементидан $d\vec{B}$ индукция ўлчанаётган нуқтага ўтказилган радиус-вектор, r — унинг модули, $d\vec{l}$ — сон жиҳатдан ўтказгич элементининг dl узунлигига тенг бўлиб, ток ўтаётган томонга йўналган вектор, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнит доимийси.

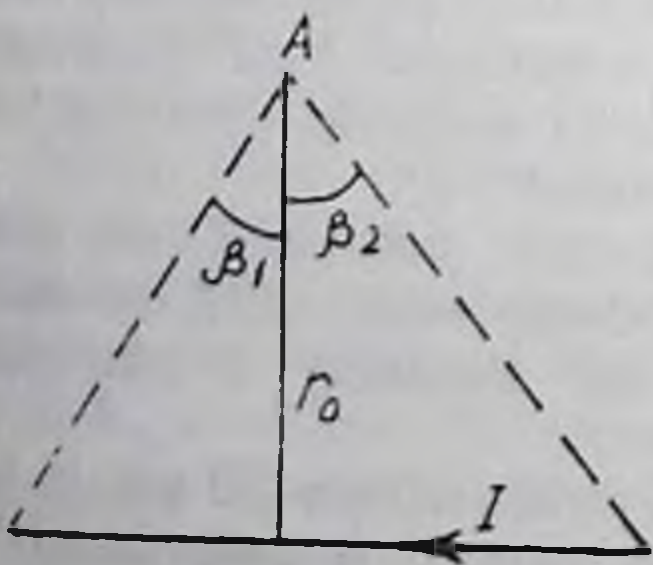
Чексиз узун тўғри чизиқли ўтказгич томонидан R масофада ҳосил қилинган магнит майдони индукцияси \vec{B} нинг модули:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}.$$

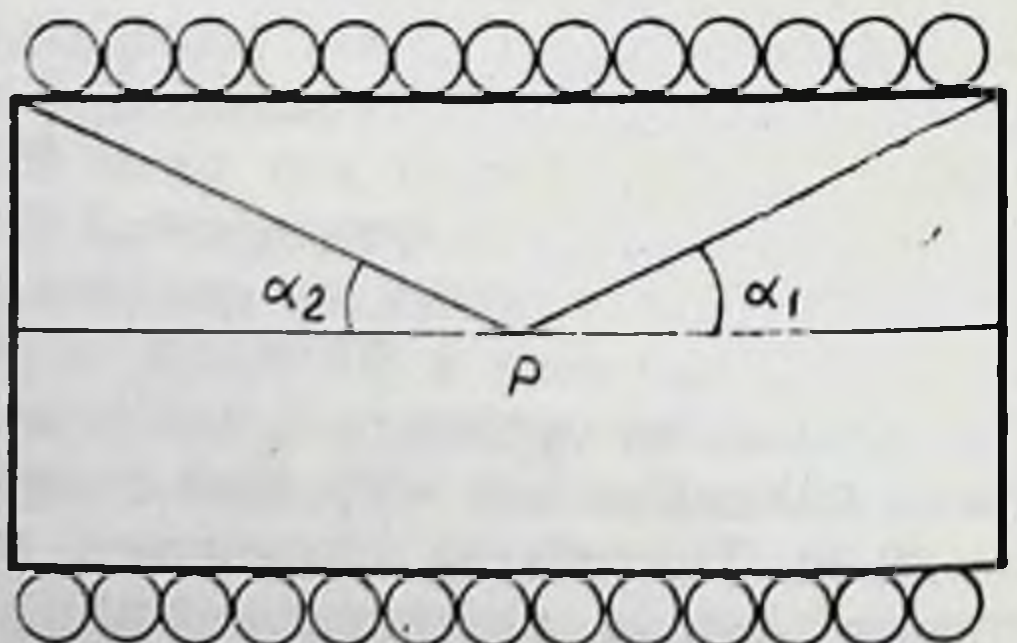
Ўтказгич чекли узунликка эга бўлганда A нуқтадаги (21.1-расм) магнит майдони индукциясининг модули

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\sin \beta_1 + \sin \beta_2)$$

формула ёрдамида ҳисобланади.



21.1- расм



21.2- расм

Радиуси R бўлган доиравий ток ўқида контур текислигидан d масофадаги магнит майдони индукциясининг модули:

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + d^2)^{3/2}}.$$

Соленоид ўқида жойлашган P нуқтадаги магнит майдони индукциясининг модули (21.2-расм):

$$B = \frac{\mu_0}{2} n I (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2),$$

бу ерда n — соленоиднинг узунлик бирлигига тўғри келган ўрамлар сони. Узун ингичка соленоид ичидаги майдон:

$$B = \mu_0 n I.$$

Магнит майдони индукциясининг вакуумдаги берк контур бўйлаб циркуляцияси шу контур ўраб олган тоқлар алгебраик йиғиндисининг μ_0 га кўпайтирилганига тенг:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I_k.$$

Ҳаракатланаётган Q заряд ҳосил қилган магнит майдони индукцияси:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Q}{r^3} [\vec{v}, \vec{r}],$$

бу ерда \vec{v} — заряднинг тезлиги, \vec{r} — заряддан \vec{B} индукция ўлчанаётган нуқтага ўтказилган радиус-вектор.

Бир жинсли изотроп муҳитда магнит индукцияси магнит майдони кучланганлиги билан

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

ифода орқали боғланган, бу ерда μ — муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги.

I ток ўтаётган берк ясси контурнинг магнит моменти:

$$\vec{p}_m = IS \vec{n},$$

бу ерда S — контур юзаси, \vec{n} — контур текислигига ўтказилган нормалнинг бирлик вектори бўлиб, унинг йўналиши учи томондан қараганда контурдаги ток соат стрелкасига тесқари йўналишда ўтадиган қилиб танлаб олинади.

Элементар dS юзачани кесиб ўтаётган магнит оқими:

$$d\Phi = B \cos \alpha dS,$$

бу ерда α — юзачага ўтказилган \vec{n} нормал билан \vec{B} вектор орасидаги бурчак.

Ҳаволи ораллиққа эга бўлган тороид ўзагидаги магнит оқими (Гопкинсон формуласи):

$$\Phi = \frac{NI}{\frac{l}{\mu_0 \mu S} + \frac{l_0}{\mu_0 S}}.$$

бу ерда N — тороид ўрамлари сони, I — ток кучи, l ва l_0 — ўзак ва ҳаво оралиғининг ўқ чизиғи бўйлаб ўлчанган узунликлари, μ — ўзакнинг магнит сингдирувчанлиги, S — ўзак кесимининг юзаси.

I ток ўтаётган ўтказгичнинг $d\vec{l}$ элементиға индукцияси \vec{B} бўлган магнит майдони томонидан таъсир этадиган куч (Ампер қонуни):

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}].$$

Индукцияси \vec{B} бўлган магнит майдонида \vec{v} тезлик билан ҳаракатланаётган Q зарядға таъсир этадиган Лоренц кучи:

$$\vec{F} = Q [\vec{v}, \vec{B}].$$

I ток ўтаётган пластинани унинг текислиғиға перпендикуляр йўналган \vec{B} индукцияли бир жинсли магнит майдониға жойлаштирилганда

$$\Delta\varphi = R \frac{IB}{d}$$

кўндаланг потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади, бу ерда $R = \frac{1}{ne}$ —

Холл доимийси, n — заряд ташувчилар концентрацияси, e — элементар заряд, d — пластина қалинлиги.

I_1 ва I_2 тоқлар ўтаётган, вакуумда жойлашган иккита ўзаро параллел узун ўтказгичларнинг узунлик бирликлари орасидаги ўзаро таъсир кучи:

$$f = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d},$$

бу ерда d — ўтказгичлар орасидаги масофа.

Индукцияси \vec{B} бўлган магнит майдонида жойлашган \vec{p}_m магнит моментли магнит стрелкаси (ёки тоқли контур) тебранишларининг даври:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{p_m B}},$$

бу ерда I — стрелка (ёки контур) нинг осилиш нуқтасиға нисбатан инерция моменти.

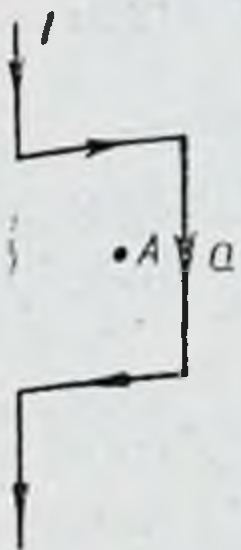
Магнит диполиға таъсир қиладиган куч:

$$\vec{F} = p_m \frac{\partial \vec{B}}{\partial n},$$

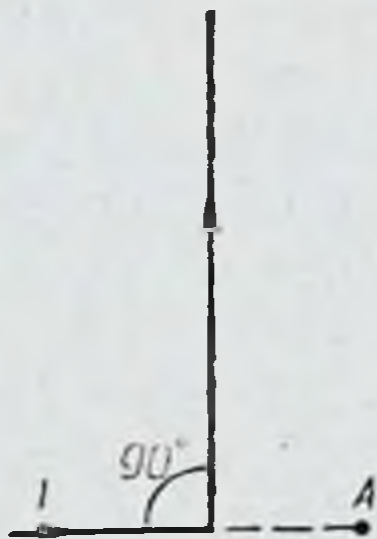
бу ерда $\frac{\partial \vec{B}}{\partial n}$ ифода — \vec{B} векторининг диполь йўналиши бўйлаб ҳосиласи.

Бир жинсли ташқи магнит майдонидаги тоқли контур (ёки доимий магнит) га таъсир қиладиган механик момент:

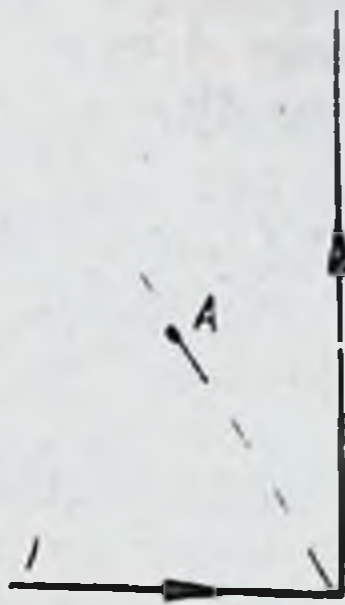
$$\vec{M} = [\vec{P}_m, \vec{B}].$$



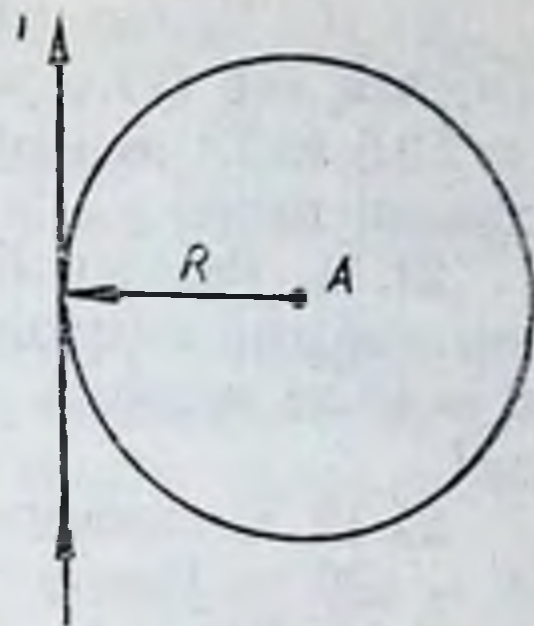
21.3- расм



21.4- расм



21.5- расм



21.6- расм

21.1. Бир-биридан $d = 10$ см масофада жойлашган иккита ўзаро параллел чексиз узун ўтказгич бўйлаб қарама-қарши йўналган $I = 30$ А тоқлар ўтмоқда. Ўтказгичлар оралиғининг тенг ўртасида жойлашган нуқтадаги магнит индукциясини топинг. Ўтказгичларнинг биридан $r_1 = 15$ см, иккинчисидан $r_2 = 5,0$ см масофада жойлашган нуқтада магнит индукцияси қанча бўлади?

21.2. Томони $a = 40$ см бўлган квадрат кўринишида букилган чексиз узун ўтказгичдаги ток кучини топинг (21.3-расм). Квадрат марказида жойлашган A нуқтадаги магнит индукциясининг модули $B = 63$ мкТл.

21.3. Томони $a = 10$ см бўлиб, $I = 20$ А ток ўтаётган квадрат марказидаги магнит майдони индукциясини топинг.

21.4. $I = 15$ А ток ўтаётган чексиз узун ўтказгич ҳосил қилган тўғри бурчакнинг (21.4-расм) бир томони давомида, бурчак учидан $a = 10$ см масофада жойлашган A нуқтадаги майдоннинг магнит индукциясини топинг.

21.5. $\alpha = 90^\circ$ бурчак ҳосил қилиб букилган чексиз узун ўтказгич орқали $I = 10$ А ток ўтмоқда. Бурчак биссектрисасида, бурчак учидан $a = 0,20$ м масофада жойлашган A нуқтадаги (21.5-расм) магнит майдони индукциясини топинг.

21.6. Агар томони $a = 20$ см бўлган мунтазам олти бурчакнинг марказида магнит индукцияси $B = 10$ мкТл бўлса, унинг периметри бўйлаб ўтаётган ток кучи қанчага тенг?

21.7. Бири горизонтал, иккинчиси эса вертикал жойлашган тўғри ўтказгичлар орқали $I_1 = 3,0$ А ва $I_2 = 4,0$ А ток ўтмоқда. Иккала ўтказгич орасидаги энг қисқа $d = 0,10$ м масофанинг тенг ўртасида жойлашган нуқтадаги магнит индукциясининг модулини топинг.

21.8. Иккита ўзаро параллел чексиз узун ўтказгичдан бир хил йўналишда кучи $I = 2,5$ А бўлган тоқлар ўтмоқда. Агар ўтказгичлар орасидаги масофа 50 см бўлса, биринчи ўтказгичдан 40 см, иккинчисидан эса 30 см узоқликда бўлган нуқтадаги магнит майдони индукциясини ҳисобланг.

21.9. Радиуси 30 см бўлиб, 600 ўрамга эга бўлган ғалтакнинг марказида магнит майдон индукцияси 7,5 мТл га тенг. Ғалтакнинг узунлиги унинг радиусидан жуда кичик деб ҳисоблаб, ғалтакдаги ток кучини топинг.

21.10. Чексиз узунликдаги тўғри ўтказгичда $R = 80$ см радиусли сиртмоқ бор (21.6-расм). Агар A нуқтадаги магнит индукцияси $B = 12,5$ мкТл эканлиги маълум бўлса, ўтказгич орқали ўтаётган ток кучини топинг.

21.11. Радиуси $R = 30$ см бўлган доиравий ҳалқа марказидаги магнит майдони индукцияси $B_0 = 25$ мкТл. Ҳалқа ўқида, унинг марказидан $d = 40$ см масофада жойлашган нуқтада магнит индукцияси қанча бўлади?

21.12. Соленоиднинг узунлиги $l = 20$ см, диаметри $d = 4,0$ см бўлиб, $N = 400$ та ўрамга эга. Агар соленоид чулғами орқали ўтаётган ток кучи $I = 2,0$ А бўлса, унинг марказидаги магнит индукциясини топинг.

21.13. Вертикал жойлашган ғалтак радиуси $R = 20$ см бўлган $n = 8$ ўрамдан иборат бўлиб, ўрамлар текислиги Ернинг магнит меридиани текислиги билан мос тушади. Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси $B_0 = 20$ мкТл. Агар ғалтак марказида ни-нага ўрнатилган магнит стрелкаси $\alpha = 45^\circ$ бурчакка оғган бўлса, ғалтакдаги ток кучини топинг.

21.14. Сифими $C = 8,0$ мкФ бўлган конденсатор махсус калит ёрдамида ЭЮК $\mathcal{E} = 100$ В бўлган батареядан даврий равишда зарядланиб, сўнгра ғалтак орқали зарядсизланади. Агар ғалтак марказида жойлаштирилган магнит стрелкаси $\alpha = 45^\circ$ га оғган бўлса, конденсатор $t = 1,0$ с ичида неча марта уланиб узилган? Ғалтакнинг радиуси $R = 12,5$ см, ўрамлар сони $N = 50$ та бўлиб, магнит меридиани текислигида вертикал равишда жойлашган. Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси $B_0 = 20$ мкТл.

21.15. R радиусли шар ингичка симнинг жуда кўп N сонли параллел ўрамлари билан бир текис қопланган. Агар ўрамлардан ток ўтаётган бўлса, шар марказидаги магнит индукциясини топинг.

21.16. Радиуси R бўлиб, сирт зичлиги σ бўлган зарядга эга бўлган сфера ўз диаметри атрофида ω бурчак тезлик билан айланади. Сфера марказида ҳосил бўладиган магнит индукциясини топинг.

21.17. Радиуси $R = 3,0$ см бўлган доиравий ҳалқанинг ўқида, унинг марказидан $d = 4,0$ см масофада жойлашган нуқтадаги магнит майдони индукцияси $B = 125$ мкТл бўлса, токчи ҳалқанинг магнит моментини топинг.

21.18. Узунлиги $l = 10$ см, диаметри $d = 4,0$ см бўлган соленоиднинг ҳар бир сантиметр узунлигида $n = 20$ та ўрам бор. Агар соленоиддаги ток кучи $I = 2,0$ А бўлса, унинг магнит моментини топинг.

21.19. Радиуси $R = 1,0$ см бўлган бир жинсли узун тўғри ўтказгичдан $I = 50$ А ток ўтмоқда. Ўтказгич ичида, унинг марказидан $r_1 = 0,80$ см узоқликдаги магнит индукциясини топинг. Ўтказгичдан ташқарида, унинг марказидан $r_2 = 5,0$ см масофада магнит индукцияси қанча бўлади?

21.20. Радиуси $R = 5,0$ см бўлган ингичка трубадаги ток кучи 100 А. Магнит майдонининг труба марказидаги ва ундан ташқарида, сиртидан $r = 5,0$ см масофадаги индукциясини топинг.

21.21. Юпқа деворли узун трубадаги ток кучи $I = 5$ А. Труба ўқи бўйлаб жойлашган ингичка сим орқали тескари йўналишда ўшанча ток ўтмоқда. Труба ичида унинг ўқидан $r_1 = 2$ см масофада ва трубадан

ташқарида унинг ўқидан $r_2 = 12$ см масофада жойлашган нуқталардаги магнит майдони индукциясини топинг.

21.22. Траекториядан $r = 100$ нм масофада электрон ҳосил қилган магнит майдони индукциясининг максимал қиймати $B = 0,25$ мкТл бўлса, электроннинг тўғри чизиқли текис ҳаракати тезлигини топинг.

21.23. $U = 10$ В потенциаллар айирмаси билан тезлатилган ва тўғри чизиқли ҳаракат қилаётган электроннинг ўз траекториясидан $r = 10$ нм масофада жойлашган нуқтада ҳосил қилган магнит майдон индукциясининг максимал қийматини топинг.

21.24. Ҳалаёнланмаган водород атомидаги электрон орбитасини $R = 53$ пм радиусли айлана деб ҳисоблаб, орбита марказида электрон ҳосил қилган магнит майдони индукциясини топинг.

21.25. Радиуси $R = 20$ см бўлган юпқа эбонит дискда сирт зичлиги $\sigma = 1$ Кл/м² бўлган электр заряд бир текис тақсимланган. Диск ҳавода, унинг марказидан перпендикуляр равишда ўтган ўқ атрофида $\omega = 10$ рад/с бурчак тезлик билан айланмоқда. Диск марказидаги магнит индукциясини топинг.

21.26. Узунлиги 20 см ва кесими 2,0 см² бўлган пўлат ўзакка ўралган соленоиддан 1,0 А ток ўтмоқда. Агар соленоид 400 ўрамга эга бўлса, ўзакдаги магнит оқимини ва унинг магнит сингдирувчанлигини топинг. Пўлат учун B билан H орасидаги боғланишни $B = f(H)$ графикдан олинг.

21.27. Кесими 4,0 см² бўлган чўян ҳалқа устига ҳар бир метр узунлигига 500 ўрам тўғри келадиган қилиб бир қават сим ўралган. Агар ҳалқани кесиб ўтаётган магнит оқими 0,20 мВб бўлса, чулғамдаги ток кучини топинг. Чулғамдаги ток кучи шундай бўлганда чўяннинг магнит сингдирувчанлиги қанча бўлади? Масалани ечишда $B = f(H)$ дан фойдаланинг.

21.28. Темир ўзакли, диаметри $d = 0,40$ м бўлган тороид чулғамидан ток ўтмоқда. Агар тороиддаги ҳаво оралиғини $h_1 = 1,0$ мм дан $h_2 = 2,0$ мм гача орттирилганда магнит индукцияси оқими $\Phi_1 = 0,30$ мВб дан $\Phi_2 = 0,25$ мВб гача ўзгарган бўлса, темирнинг магнит сингдирувчанлигини топинг.

21.29. Ток кучи $I = 2,0$ А бўлган, $N = 400$ ўрамдан иборат бир қават чулғамга эга, томонлари $a = 5$ см бўлган квадрат кесимли темир тороиддаги индукция оқими қанчага тенг? Тороиднинг диаметри 25 см, темирнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 400$.

21.30. Диэлектрик билан тўлдирилиб, маълум бир потенциаллар айирмасигача зарядланган сферик конденсатор ўз диэлектриги орқали зарядсизланмоқда. Разряд тоқларининг сфералар орасидаги фазода ҳосил қилган магнит майдони қанча бўлади?

21.31. Кесими $S = 8,0$ мм² бўлган тўғри мис сим индукцияси $B = 0,10$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида жойлашган бўлиб, симнинг иккала учи ўзгармас ток манбаига майдондан ташқарида жойлашган эгилувчан симлар орқали уланган. Агар сим майдон индукция чизиқларига перпендикуляр жойлаштирилганда унинг оғирлиги симга майдон томонидан таъсир қилаётган куч билан мувозанатланса, симдаги ток кучини топинг. Эгилувчан симларнинг оғирлигини ҳисобга олманг.

21.32. Узунлиги $l = 10$ см ва диаметри $d = 5,0$ см бўлган каркасга 150 ўрам сим ўралган. Каркасининг ўртасидан унинг диаметрларидан бирининг йўналишида $I_1 = 5,0$ А ток ўтаётган мис сим тортилган. Соленоид ўрта қисмидаги майдонини бир жинсли деб ҳисоблаб, бу майдон мис симнинг каркас ичидаги қисмига қанча куч билан таъсир қилишини топинг. Соленоиддаги ток кучи $I_2 = 1,0$ А.

21.33. $I_1 = 20$ А ток ўтаётган чексиз узун тўғри ўтказгич майдонига $I_2 = 1,0$ А ток ўтаётган $a = 10$ см томонли квадрат рамка жойлаштирилган. Рамка билан ўтказгич бир текисликда рамканинг томонларидан иккитаси ўтказгичга перпендикуляр бўладиган тарзда жойлашган. Ўтказгичдан рамканинг энг яқин томонигача бўлган масофа $l = 5,0$ см. Рамкага таъсир қиладиган кучни топинг.

21.34. Узунлиги $l = 20$ см бўлган тўғри ўтказгич индукцияси $B = 0,10$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонига $v = 5,0$ м/с тезлик билан кўчирилди. Агар ўтказгич ҳаракати йўналиши билан магнит куч чизиқлари йўналиши орасидаги бурчак $\alpha = 90^\circ$, ўтказгичдаги ток кучи $I = 50$ А бўлса, магнит кучининг қуввати қанча бўлади?

21.35. Бир-биридан $l = 10$ см масофада горизонтал жойлашган икки параллел шина¹ устида массаси $m = 100$ г бўлган йўғон ўтказгич ётибди. Шиналар тск манбаига уланганда ўтказгич орқали $I = 10$ А ток ўтади. Индукциясининг вектори шиналар текислигига перпендикуляр йўналган магнит майдони ҳосил бўлганда ўтказгич текис ҳаракат қила бошлайди. Агар ўтказгичнинг шиналарга ишқаланиш коэффициентини $\mu = 0,20$ бўлса, магнит майдони индукциясини топинг.

21.36. $U = 500$ В потенциаллар айирмаси билан тезлатилган электрон вакуумда бир жинсли магнит майдонига киргач $R = 10$ см радиусли айлана бўйлаб ҳаракат қилади. Агар электроннинг тезлиги куч чизиқларига перпендикуляр бўлса, магнит индукцияси модулини аниқланг.

21.37. Вакуумда $v = 10^6$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган электрон индукцияси $B = 1,2$ мТл бўлган бир жинсли магнит майдонига куч чизиқларига $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида учиб киради. Электрон ҳаракатланадиган винт чизиғининг радиусини ва винт қадамини топинг.

21.38. Протонларни $E = 0,80$ пЖ энергиягача тезлатишга мўлжалланган циклотрон дуантлари радиусининг энг кичик қийматини аниқланг. Магнит майдони индукцияси $B = 0,5$ Тл. Протон массасининг тезликка боғлиқлигини ҳисобга олманг.

21.39. Ўзаро перпендикуляр бўлган электр ва магнит майдонларига учиб кириб ҳеч қандай оғишсиз ҳаракат қиладиган α -заррачанинг тезлигини топинг. Магнит майдони индукцияси $B = 6,0$ мТл, электр майдони кучланганлиги $E = 6$ кВ/м. α — заррачанинг тезлиги йўналиши B ва E ларга перпендикуляр бўлган.

21.40. Қалинлиги $d = 0,10$ мм бўлган юпқа мис лента унинг текислиги майдон куч чизиқларига перпендикуляр бўладиган ҳолда индукцияси $B = 0,90$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштирилди. Лентадаги ток кучи $I = 10$ А. Миснинг ҳар бир атомига биттадан эркин электрон тўғри келади деб ҳисоблаб, лентанинг эни бўйлаб ҳосил бўлган потенциаллар айирмасини топинг.

¹Қизимайдиган йўғон электр сим (муҳаррир).

21.41. Алюминийнинг ҳар бир атомига $Z = 2$ тадан эркин электрон тўғри келади деб ҳисоблаб, индукцияси $B = 0,60$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштирилган алюминий лентанинг эни бўйлаб ҳосил бўладиган потенциаллар айирмасини топинг. Лентанинг эни $b = 10$ см, лентадаги ток зичлиги $j = 5,0$ МА/м² Магнит майдони индукциясининг вектори лента текислигига перпендикуляр жойлашган.

21.42. Индукцияси $B = 0,80$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонига $I = 5,0$ А ток ўтаётганда юпқа мис пластинка жойлаштирилди. Магнит индукцияси вектори пластинка текислигига перпендикуляр йўналган. Пластинканинг қалинлиги $d = 0,01$ мм. Агар пластинканинг эни бўйлаб ҳосил бўлган потенциаллар айирмаси $\Delta \varphi = 2,0$ мкВ бўлса, мисдаги эркин электронлар концентрациясини топинг.

21.43. Индукцияси $B = 0,2$ мТл, йўналиши Ернинг магнит майдонининг горизонтал ташкил этувчиси йўналиши билан бир хил бўлган магнит майдони ҳосил қиладиган соленоид яқинидаги вертикал игнанинг учига массаси $m_2 = 6,0$ г, узунлиги $l = 10$ см ва магнит моменти $p_m = 2,0$ А·м² бўлган магнит стрелкаси ўрнатилди. Агар стрелка $T = 0,67$ с давр билан тебраса, Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси қийматини топинг.

21.44. Компаснинг магнит стрелкаси Ернинг магнит майдонида тебранишмоқда. Стрелканинг массаси $m = 3,0$ г, узунлиги $l = 6,0$ см ва магнит моменти $p_m = 3,14$ А·м². Агар Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси $B_0 = 20$ мкТл бўлса, стрелка тебранишларининг даврини топинг.

21.45. Узунлиги $l = 10$ см ва массаси $m = 6,0$ г бўлиб, учли игнага ўрнатилган магнит стрелкаси Ернинг магнит майдонида тебранишмоқда. Агар стрелканинг магнит моменти $p_m = 40$ А·м², тебранишлар даври $T = 0,50$ с бўлса, Ернинг магнит майдони индукцияси горизонтал ташкил этувчисининг қийматини топинг.

21.46. Ўқлари бир тўғри чизиқда жойлашган соленоид ва доимий магнит бир-биридан уларнинг ўлчамларидан анча катта бўлган $d = 1,0$ м масофада жойлашган. Соленоид билан доимий магнитнинг магнит моментлари мос равишда $(p_m)_1 = 1,5$ А·м² ва $(p_m)_2 = 1,0$ А·м². Улар орасидаги ўзаро таъсир кучини топинг.

21.47. Узунлиги $l = 5,0$ м бўлган икки симли линиянинг иккита параллел симларидаги ток кучи $I = 500$ А. Токлар қарама-қарши йўналган. Симлар орасидаги масофа $d = 25$ см бўлса, улар ўзаро қанча куч билан таъсирлашади?

21.48. ЭЮК $\mathcal{E} = 120$ В ва ички қаршилиги $r = 0,50$ Ом бўлган батарея истеъмолчиға бир-биридан $d = 5,0$ см масофада жойлашган иккита параллел мис симлар орқали уланган. Симлар бир-биридан $l_1 = 50$ см масофада жойлашган изоляторларга маҳкамланган. Агар симларнинг узунлиги $l = 20$ см, кесими $S = 3,0$ мм² бўлса, истеъмолчининг қисқичларида қисқа туташув юз берган пайтда изоляторларга таъсир қиладиган кучни аниқланг.

21.49. Узунлиги 12 см, магнит моменти 6,0 А·м² бўлган ингичка доимий магнит индукцияси 0,2 Тл бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштирилди. Магнитнинг ўқи магнит майдон индукцияси вектори

билан 90° ли бурчак ҳосил қилади. Магнитга таъсир қилаётган кучлар моментини топинг.

21.50. Юзаси $S = 20 \text{ см}^2$, ўрамлари сони $N = 50$ бўлган рамкадан $I = 10 \text{ А}$ ток ўтмоқда. Рамка унга ўтказилган нормаль индукция вектори билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қиладиган ҳолатда индукцияси $B = 0,5 \text{ Тл}$ бўлган бир жинсли магнит майдонига киритилди. Рамкага таъсир қилаётган айлантирувчи моментни топинг.

21.51. Гальванометрнинг ўрамлари сони $N = 500$, юзаси $S = 2,0 \text{ см}^2$ бўлган рамкаси магнит қутблари орасига узунлиги $l = 10 \text{ см}$ бўлган индигичка ипда осиб қўйилган. Магнит рамканинг айланиш ўқиға радиал йўналишда индукцияси $B = 0,20 \text{ Тл}$ бўлган магнит майдони ҳосил қилади. Агар кўзгудан $L = 1,0 \text{ м}$ масофада жойлашган шкаладаги бўлимлар ораси $d = 1,0 \text{ мм}$ бўлса, шкала бўлимининг қийматини топинг. Ипнинг радиуси $r = 50 \text{ мкм}$, ип материалининг силжиш модули $G = 45 \text{ ГПа}$.

21.52. Яшин тушган пайтда яшин қайтаргични ер билан улаб турган, диаметри $d = 1,5 \text{ см}$ ва деворининг қалинлиги $h = 1,0 \text{ мм}$ бўлган трубка бир лаҳзада юмалоқ стерженга айланди. Агар трубка материали сиқилганда емириладиган кучланиш $\sigma_r = 20 \text{ ГПа}$ эканлиги маълум бўлса, зарядсизланиш (разряд) токини топинг.

22-§. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ. МАГНИТ МАЙДОНИНИНГ ЭНЕРГИЯСИ

Фарадейнинг электромагнит индукция қонуни:

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Узунлиги l бўлган ўтказгич индукцияси B бўлган магнит майдонида ҳаракатланганда ҳосил бўладиган индукция ЭЮК:

$$\mathcal{E}_1 = B l v \sin \alpha,$$

бу ерда v — ўтказгич ҳаракатининг тезлиги, α — тезлик билан магнит майдони индукцияси йўналишлари орасидаги бурчак.

Қаршилиги R бўлган контурни кесиб ўтаётган магнит оқими Φ_1 дан Φ_2 гача ўзгарганда берк контурда индукцияланадиган заряд:

$$Q = \frac{1}{R} (\Phi_1 - \Phi_2).$$

Соленоид индуктивлиги:

$$L = \mu \mu_0 n^2 V,$$

бу ерда n — соленоид узунлик бирлигидаги ўрамлари сони, V — унинг ҳажми.

Ўзиндукция ЭЮК

$$\mathcal{E}_{\text{ўз}} = - L \frac{dI}{dt}.$$

Индуктивлиги L бўлган ғалтакдан ўтаётган ток ҳосил қилган магнит оқими:

$$\Phi = LI.$$

Умумий ўзакка эга бўлган икки соленоиднинг ўзаро индуктивлиги:

$$L_{12} = \mu \mu_0 n_1 n_2 V.$$

Қаршилиги R , индуктивлиги L бўлган занжирни \mathcal{E} ЭЮК манбаига уланган пайтдан t вақт ўтгандан кейинги занжирдаги токнинг оний қиймати:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} t}).$$

Токнинг занжир узилгандан t вақт ўтгандан кейинги оний қиймати:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L} t},$$

бу ерда I_0 — $t = 0$ бўлган пайтдаги ток кучи, t — занжир узилган пайтдан ҳисобланган вақт.

Магнит майдони энергиясининг зичлиги:

$$w = \frac{BH}{2}.$$

Токли ғалтак майдонининг энергияси:

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

22.1. Узунлиги $l = 0,20$ м бўлиб, $I = 5,0$ А ток ўтаётган ўтказгични индукцияси $B = 100$ мТл бўлган магнит майдони куч чизиқларига перпендикуляр йўналишда $s = 0,50$ м масофага кўчиришда магнит кучларига қарши бажарилган ишни топинг.

22.2. Радиуси 10 см бўлиб, $I = 20$ А ток ўтаётган ҳалқа индукцияси 1 Тл бўлган магнит майдонига ҳалқа текислигига ўтказилган нормаль магнит индукцияси вектори билан 60° бурчак ҳосил қиладиган ҳолда жойлаштирилди. Ҳалқани майдондан чиқариб юбориш учун магнит кучларига қарши бажариш зарур бўлган ишни топинг.

22.3. Автомобиль Ернинг магнит майдонида шарқдан ғарбга қараб $v = 20$ м/с тезлик билан ҳаракатланганда унга вертикал ўрнатилган $l = 1,2$ м узунликдаги антенна учларида ҳосил бўладиган потенциаллар айирмасини топинг. Ернинг магнит майдонининг горизонтал ташкил этувчиси $B_0 = 20$ мкТл.

22.4. Радиуси $R = 40$ см бўлган алюминий диск вертикал ўқ атрофида $n = 40$ айл/с частота билан айланади. Агар Ер магнит майдонининг вертикал ташкил этувчиси $B = 50$ мкТл бўлса, диск маркази билан унинг четидаги нуқта орасида қанча потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади?

22.5. Темир йўл рельслари бир-биридан ва ердан изоляция қилинган бўлиб, милливольтметр орқали бир-бирига уланган. Рельслар бўйлаб 20 м/с тезлик билан поезд ўтса, асбобнинг кўрсатиши қандай бўлади? Ернинг магнит майдонининг вертикал ташкил этувчисини $B = 50$ мкТл деб олинг. Рельслар орасидаги масофа $1,54$ м, ўзиндукция ҳисобга олишмайди.

22.6. Агар бир жинсли магнит майдонида жойлашган, узунлиги $l = 0,2$ м бўлган тўғри ўтказгич, ўзининг учларидан бирининг атра- тенциаллар айирмаси ҳосил бўлса, магнит майдони индукцияси қанча бўлган?

22.7. Юзаси $S = 5,0$ см² бўлган $n = 10$ та ўрамдан иборат рамкани ички қаршилиги $R_1 = 58$ Ом бўлган баллистик гальванометрга улаб, магнит индукцияси чизиқлари рамка текислигига перпендикуляр бўладиган ҳолда электромагнит қутблари орасига жойлаштирилди. Агар рамка 180° га бурилганда гальванометр занжирида $Q = 30$ мкКл заряд ўтса, электромагнит ҳосил қилаётган майдон индукциясини топинг. Рамканинги қаршилиги $R_2 = 2,0$ Ом.

22.8. Ички қаршилиги $r_n = 31$ Ом бўлган баллистик гальванометрга кесими $S = 1,0$ мм² бўлган алюминий симдан тайёрланган $R = 1,0$ м радиусли ҳалқа уланди. Горизонтал стол сиртида ётган ҳалқани бир томонидан иккинчи томонига ағдарилганда шкаладаги шуъла қанча масофага оғади? Ернинг магнит майдонининг вертикал ташкил этувчиси $B_0 = 50$ мкТл. Гальванометр рамкаси орқали 10^{-8} Кл заряд ўтганда шкаладаги шуъла 1 мм га оғади (Баллистик гальванометр доимийси $C = 10^{-8}$ Кл/мм).

22.9. Агар ғалтакдаги ток кучи 2 с ичида 0 дан 5 А гача ўзгартирилганда 1 В ўзгариш индукция ЭЮК ҳосил бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.

22.10. Радиуси $R = 2,0$ см бўлиб, $N = 500$ ўрамга эга бўлган узун ғалтакдан $I = 5,0$ А ток ўтмоқда. Агар ғалтак ичидаги магнит майдони индукцияси $B = 12,5$ мТл бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.

22.11. Кесими $S = 4,0$ см² бўлган узун пўлат ўзакка ўралган 1000 ўрамга эга бўлган соленоиддан $I = 0,50$ А ток ўтмоқда. Агар соленоид ичидаги магнит майдони кучланганлиги $H = 2,0$ кА/м бўлса, шу шароит учун унинг индуктивлигини топинг. $B = f(H)$ дан фойдаланинг.

22.12. Узунлиги $l_1 = 10$ м бўлган симни узунлиги $l_2 = 10$ см бўлган цилиндр кўринишидаги темир стерженга ўраб ҳосил қилинган соленоиднинг индуктивлигини топинг. Темирнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 400$.

22.13. Кесими $S_1 = 5$ см² ва узунлиги $l = 30$ см бўлган темир ўзакка кесими $S_2 = 1$ мм² бўлган мис симнинг 500 ўрамидан иборат соленоид ўралган. ЭЮК 1,26 В бўлган аккумуляторга уланганда соленоиднинг индуктивлиги қанча бўлади? Аккумуляторнинг ички қаршилиги ва туташирувчи симларнинг қаршилигини ҳисобга олманг. $B = f(H)$ жадвалдан фойдаланинг.

22.14. Умумий каркасга икки ғалтак ўралган. Агар биринчи ғалтакдан ўтган 5,0 А ток иккинчи ғалтакда 40 мВб боғланиш магнит оқимини ҳосил қилган бўлса, ғалтакларнинг ўзаро индукция коэффициентини топинг.

22.15. Ғалтакдаги ток 100 А/с тезлик билан ўзгарганда иккинчи ғалтакда 0,2 В ЭЮК индукцияланган. Ўзаро индукция коэффициентини топинг.

22.16. N ўрамга эга бўлган, ноферромагнит ўзакли ҳалқасимон ғал-

так билан ғалтак ўқи бўйлаб жойлашган узун тўғри ўтказгич орасидаги ўзаро индукция коэффициентини топинг. Ғалтакнинг баландлиги h га, ички ва ташқи радиуслари мос равишда R_1 ва R_2 га тенг.

22.17. 200 ўрамдан иборат, 10 см диаметри қисқа туташтирилган ғалтак индукцияси 0,1 с ичида 2 дан 6 Тл гача ортадиган майдонда жойлашган. Агар ўрамлар текислиги магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр жойлашган бўлса, ғалтакдаги индукция ЭЮК нинг ўртача қийматини топинг.

22.18. Агар магнит индукцияси $B = 0,03(1 + e^{-2t})$ қонун бўйича ўзгарса, магнит майдонига жойлаштирилган 20 см юзали рамкада ҳосил бўладиган индукция ЭЮКнинг вақтга боғланишини топинг. Магнит индукцияси вектори рамка юзасига перпендикуляр йўналган.

22.19. Соленоид каркасининг диаметри $d = 0,10$ м бўлиб, у $N = 500$ ўрамга эга. Соленоидни ЭЮК $\mathcal{E} = 12$ В бўлган аккумуляторга улангандан кейин $t = 1,0 \cdot 10^{-3}$ с ўтгач занжирдаги ток $I = 2,0$ А га етди. Агар қаршилиги $R = 3,0$ Ом бўлса, соленоиднинг узунлигини топинг. Аккумулятор ва туташтирувчи симларнинг қаршилигини ҳисобга олманг.

22.20. Агар радиуси $R = 2,0$ см ва узунлиги $l = 0,50$ м бўлган картон каркасга ўралган, $N = 500$ ўрамдан иборат соленоид орқали $I = 5,0$ А ток ўтаётган бўлса, соленоид магнит майдонининг энергиясини топинг.

22.21. Соленоиднинг узун парамагнит ўзагининг радиуси $R = 1,0$ см. Соленоиднинг 1 см узунлигида $n = 10$ ўрам жойлашган бўлиб, унинг чулғами кесими $S = 1,0$ мм² бўлган мис симдан тайёрланган. Агар соленоид ўзгармас кучланиш манбаига уланган бўлса, қанча вақтдан кейин соленоид чулғамида ўзакдаги магнит майдонидаги энергияга тенг микдорда иссиқлик ажралади?

22.22. Қаршилиги $R = 1,0$ Ом ва индуктивлиги $L = 20$ мГн бўлган соленоиддан $I = 5,0$ А ток ўтмоқда. Манба узиб қўйилгандан кейин $t = 1,0$ мс ўтгач соленоиднинг магнит майдони энергияси қанча бўлади?

22.23. Ўртача диаметри $d = 20$ см бўлган темир ҳалқага ўрамлари сони $N = 800$ бўлган чулғам ўралган. Ҳалқани кесиб, эни $b = 1,0$ мм бўлган энсиз тирқиш ҳосил қилинган. Чулғамдан $I = 1,0$ А ток ўтказилганда тирқишда магнит индукцияси $B = 0,8$ Тл бўлган. Шу шароит учун темирнинг магнит сингдирувчанлигини топинг. Тирқиш чеккаларида майдоннинг сочилишини ҳисобга олманг.

22.24. Соф темир ўзакли тороиднинг $N = 500$ ўрамдан иборат чулғамидан $I = 2$ А ток ўтмоқда. Тороиднинг кесими $S = 10$ см², ўртача радиуси $R = 30$ см. Ўзакда тўпланган магнит майдони энергиясини топинг. $B = f(H)$ графикдан фойдаланинг.

22.25. Изоляцияланган сим ўрами радиуслари $r_1 = 6,0$ см ва $r_2 = 3,0$ см бўлган ҳалқалардан иборат «8» рақами шаклида букилган. Ўрам $B = 1,0$ Тл индукцияли магнит майдонида жойлашган бўлиб, магнит индукцияси вектори ўрам текислигига перпендикуляр йўналган. Агар симнинг изоляцияси 10 В кучланишга мўлжалланган бўлса, магнит майдони кескин узиб қўйилганда изоляциянинг тешилиши рўй берадими? Майдонни узиб қўйиш вақти $\Delta t = 10^{-3}$ с.

22.26. Вертикал йўналган магнит майдонида ингичка симдан тайёрланган d диаметрли ҳалқа тушиб келмоқда. Ҳалқа текислиги доимо горизонтал бўлган. Агар майдон индукцияси баландлик бўйича $B = B_0(1 + \alpha h)$ қонун билан ўзгарса, ҳалқа тушишининг қарор топган тезлигини топинг.

23-§. ЎЗГАРУВЧАН ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЕБРАНИШЛАР ВА ТУЛҚИНЛАР

Ўзгарувчан ток кучининг ва ўзгарувчан кучланишнинг эффектив қийматлари:

$$I_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt; \quad U_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt,$$

бу ерда T — токнинг даври, i ва u — ток кучи ва кучланишнинг оний қийматлари.

Синусоидал ток учун:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{эф}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

бу ерда I_m ва U_m — ток кучи ва кучланиш амплитудаси.

Элементлари кетма-кет уланган занжирнинг ўзгарувчан токка бўлган тўла қаршилиги:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

бу ерда R , L ва C — занжирнинг актив қаршилиги, индуктивлиги ва сифими, ω — доиравий частота.

Ўзгарувчан токнинг қуввати:

$$N = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \varphi,$$

бу ерда φ — ток билан кучланиш орасидаги фаза силжиши.

Тебраниш контуридаги эркин сўнувчи тебранишлар даври:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}.$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\Theta = \frac{R}{2L} T.$$

Электромагнит тебранишларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ ва магнит сингдирувчанлиги μ бўлган изотроп муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

бу ерда $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ — электромагнит тебранишларнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

23.1. Ярим давр мобайнидаги ўртача қиймати 2,0 бўлган синусоидал токнинг эффектив қийматини топинг.

23.2. Даври давом этиш вақтидан 4 марта ортиқ, максимал қиймати 0,80 А бўлган тўғри бурчакли импульслардан иборат токнинг эффектив ва ўртача қийматларини топинг.

23.3. Магнитоэлектрик системадаги асбоб ўлчанаётган катталикнинг бир давр мобайнидаги ўртача қийматини, иссиқлик системасидаги асбоб эса унинг эффектив қийматини кўрсатади. Бу асбоблар битта ярим даврли тўғрилагичдан таъминланадиган занжирга кетма-кет уланганда уларнинг кўрсатиши қанча бўлади? Ток кучининг амплитуда қиймати 5 А.

23.4. Томони $a = 8,0$ см бўлган квадрат шаклидаги берк контур индукцияси $B = 3,0 \cdot 10^{-2}$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида $\omega = 105$ рад/с бурчак тезлик билан бир текис айланмоқда. Айланиш ўқи рамка маркази орқали ўтган бўлиб, магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр йўналган. Контурдаги ЭЮК нинг амплитуда ва таъсир қийматларини топинг.

23.5. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирида 100 Ом ли актив қаршилик билан бир хил қаршилик кўрсатадиган конденсаторнинг сифимини топинг.

23.6. Дросселнинг индуктивлигини аниқлаш учун уни дастлаб ўзгармас ток занжирига, сўнгра частотаси $\nu = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига уланди. Дросселга электродинмик вольтметр параллел уланган. Дроссель орқали $I_1 = 3,0$ А ўзгармас ток ўтганда вольтметр $U_1 = 1,5$ В ни, $I_2 = 2,0$ А ўзгарувчан ток ўтганда эса $U_2 = 120$ В ни кўрсатган бўлса, дросселнинг индуктивлигини аниқланг.

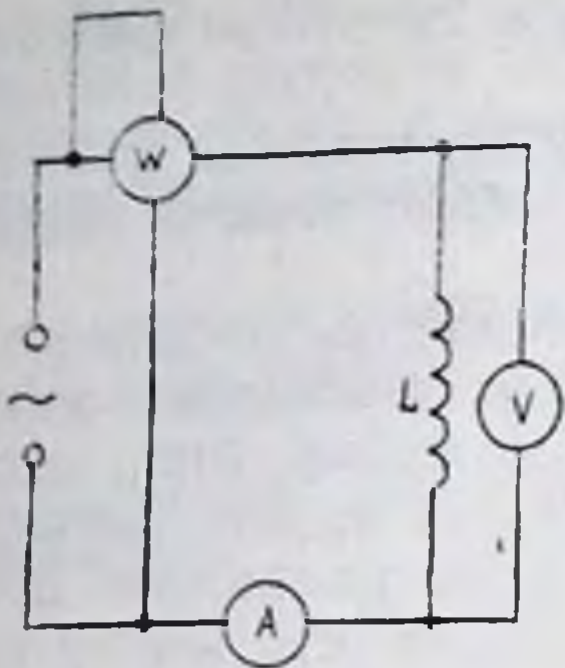
23.7. Кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет равишда индуктивлиги 0,16 Гн бўлган ғалтак, 2,0 Ом қаршиликли ўтказгич ва 64 мкФ сифимли конденсатор уланган. Агар токнинг частотаси 200 Гц бўлса, занжирдаги ток кучини топинг. Частота қанча бўлганда кучланишлар резонанси юз беради? Бу ҳолда ток кучи ва ғалтак ҳамда конденсатор қисқичларидаги кучланиш қанча бўлади?

23.8. Петров ёйи эффектив кучланиш 127 В бўлган саноат частотаси ток билан таъминланади. Ёнаётган ёйнинг қаршилиги 2,0 Ом бўлганда ток кучи 20 А бўлиши учун ёйга кетма-кет уланадиган актив қаршилиги 1,0 Ом бўлган дросселнинг индуктивлиги қанча бўлиши керак?

23.9. 84 В кучланишда ёниб ўчадиган неон лампаси эффектив кучланиши 120 В бўлган саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампа чақнашлари орасидаги вақтни ва чақнаш давомлилигини топинг.

23.10. ПРҚ-2 типдаги симобли кварц лампа 180 В ишчи кучланишига ва 4,0 А эффектив ток кучига мўлжалланган дроссель орқали 50 Гц частотали ўзгарувчан кучланиш манбаига уланди. Агар дросселнинг индуктивлиги 0,10 Гн бўлса, унинг актив қаршилигини топинг.

23.11. Сифими 5 мкФ бўлган конденсатор ва қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланди. Ток кучининг максимал ва эффектив қийматларини, ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳамда эффектив қувватни топинг.



23.1- расм

23.12. Қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич ва сифими 5,0 мкФ бўлган конденсатор кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига параллел равишда уланган бўлса, ток кучининг эффектив қийматини, эффектив қувватни ҳамда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.

23.13. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктив ғалтак, вольтметр, амперметр ва ваттметр уланган (23.1-расм). Вольтметр, амперметр ва ваттметрнинг кўрсатишлари мос равишда 120 В, 10 А ва 900 Вт. Ғалтакнинг ўзиндукция коэффициентини, унинг актив қаршилигини ва ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.

23.14. Эффектив кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги 0,50 Гн ва актив қаршилиги 10 Ом бўлган ғалтак ҳамда сифими 0,50 мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Ток кучининг эффектив қийматини ва эффектив қувватни топинг.

23.15. Бир хил зарядланган, ҳар бирининг сифими $C = 5,0$ мкФ бўлган учта конденсатор ўзаро бирлаштирилгач, батарея сифатида актив қаршилиги $R = 20$ Ом ва индуктивлиги $L = 0,02$ Гн бўлган ғалтакка уланди. Конденсаторлар биринчи марта параллел, иккинчи марта эса кетма-кет усулда уланган бўлса, сўнувчи тебранишларнинг иккала ҳолдаги даврлари неча марта фарқ қилади?

23.16. Кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтакдан иборат тебраниш контурининг резонанс частотаси $\gamma_0 = 4$ кГц. Ғалтакнинг актив қаршилиги $R = 10$ Ом, контурнинг частотаси $\gamma = 1$ кГц бўлган гарувчан токка кўрсатаётган тўла қаршилиги $Z = 1$ кОм бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.

23.17. Сифими 0,05 мкФ бўлган зарядланган конденсатор индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакка уланди. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач конденсатордаги электр майдонининг энергияси ғалтак магнит майдонининг энергиясига тенг бўлиб қолади?

23.18. Конденсатор ва индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакдан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлар юзага келганда контурдаги максимал ток кучи 10 мА бўлган. Агар конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси 50 В га етса, унинг сифимини топинг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

23.19. Индуктивлиги 10 мГн бўлган ғалтак ва сифими 4,0 мкФ бўлган конденсатордан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлари вужудга кела олиши учун контур қанча қаршиликка эга бўлиши керак?

23.20. Тебраниш контури 2,0 мкФ сифимли конденсатордан ва узунлиги $l = 0,10$ м, радиуси $R = 1,0$ см бўлган $N = 500$ ўрамли ғалтакдан иборат. Агар ғалтакни тўлдириб турган муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 1$ бўлса, контур тебранишларининг хусусий частотасини аниқланг. Ғалтак қаршилигини ҳисобга олманг.

23.21. Тебраниш контури сифими $2,0$ мкФ бўлган конденсатор ва индуктивлиги $0,10$ Гн, қаршилиги эса 10 Ом бўлган ғалтакдан иборат. Тебранишлар сўнишининг логарифмик декрементини топинг.

23.22. Индуктивлиги $L = 1,0$ Гн бўлган тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларида потенциаллар айирмасининг амплитуда қиймати $t = 0,10$ с вақтдан сўнг $n = 4$ марта камайган бўлса, контурнинг актив қаршилигини топинг.

23.23. Сифими $C = 0,50$ мкФ бўлган конденсаторни ўз ичига олган тебраниш контуридаги хусусий тебранишлар частотасини топинг. Конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси $U_m = 100$ В, ғалтакдаги максимал ток кучи эса $I_m = 50$ мА. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

23.24. Сўнишининг логарифмик декременти $\Theta = 0,03$ бўлган тебраниш контури $C = 0,050$ мкФ сифимли конденсатордан ва индуктивлиги $L = 2,0$ мГн бўлган ғалтакдан иборат. Агар ғалтакдаги максимал ток кучи $I_m = 5,0$ мА га етса, контурдаги сўнувчи тебранишларни $t = 1$ соат мобайнида қувватлаб туриш учун унга қанча энергия бериш керак? Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

23.25. Радиоприёмникнинг қабул қилиш контури $1,5$ мГн индуктивликка ва 450 пФ сифимга эга бўлса, у қандай узунликдаги тўлқинга созланган?

23.26. Агар шиша учун $\epsilon = 7$ ва $\mu = 1$ бўлса, электромагнит тебранишларнинг унда тарқалиш тезлигини топинг.

23.27. Икки симли линия электромагнит тебранишлар генератори билан индуктив равишда уланган бўлиб, спиртга солиб қўйилган. Агар турғун тўлқин дўнгликлари орасидаги масофа $0,50$ м бўлиб спирт учун $\epsilon = 26$ ва $\mu = 1$ бўлса, генераторнинг частотасини аниқланг.

23.28. Магнит сингдирувчанлиги $\mu_1 = 2000$ бўлган тороид кўринишидаги феррит ўзакли трансформаторнинг бирламчи чулғамига $U_1 = 100$ В кучланиш берилганда унинг учлари очик бўлган иккиламчи чулғамидан $U_2 = 199$ В кучланиш ҳосил бўлди. Агар ўзакнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu_2 = 20$ бўлганда иккиламчи чулғамдаги кучланиш қанча бўлар эди? Трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини $k = 2$. Магнит оқимининг сочилишини ва ўзакдаги исрофларни ҳисобга олманг.

IV боб ОПТИКА

24-§. ЁРУҒЛИК ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСИ

Икки когерент тўлқин интерференцияланишида экранда ҳосил бўладиган икки қўшни интерференцион йўллар орасидаги масофа:

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda,$$

бу ерда l — экрандан ёруғлик манбаларигача бўлган [масофа, d — ёруғлик манбалари орасидаги масофа.

Ҳавода жойлашган ясси параллел пластинкадан қайтган ёруғлик тўлқинларининг оптик йўллари фарқи:

$$\Delta = 2hn \cos \beta + \frac{\lambda}{2},$$

бу ерда h — пластинка қалинлиги, α — нурларнинг тушиш бурчаги, β — синиш бурчаги, n — пластинканинг синдириш кўрсаткичи.

Интерференция пайтида ёруғлик тўлқинлари интенсивлигининг максимумга эришиш шарти:

$$\Delta = \pm k\lambda,$$

бу ерда $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Минимум шарти:

$$\Delta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Ньютон ёруғ ва қоронғи ҳалқаларининг радиуслари:

$$r_m = \sqrt{\frac{R\lambda}{2} (m-1)},$$

бу ерда $m = 1, 2, 3, \dots$

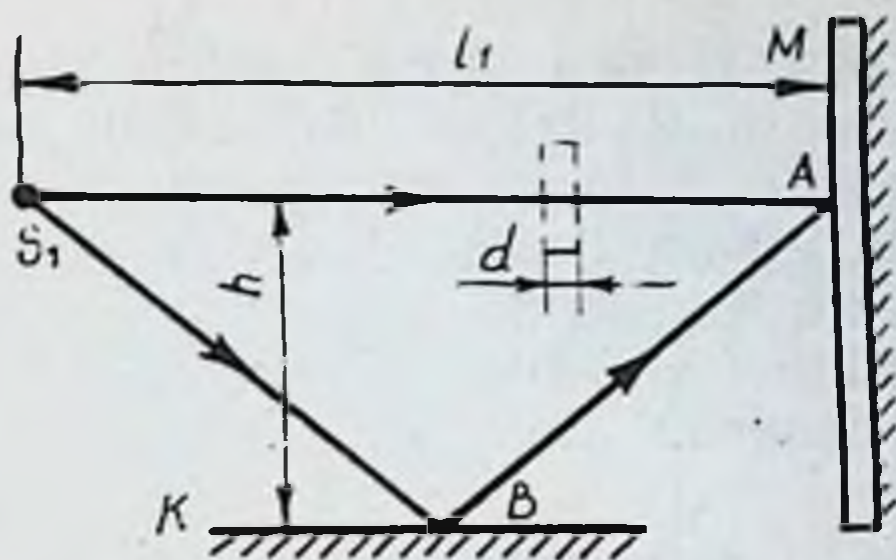
Қайтган ёруғликда жуфт m ларга ёруғ, тоқларига эса қоронғи ҳалқаларнинг радиуслари моо келади, ўтган ёруғликда бунинг аксича.

24.1. Икки когерент ёруғлик манбалари ($\lambda = 0,5$ мкм) орасидаги масофа 0,1 мм. Интерференцион манзаранинг ўрта қисмида интерференцион максимумлар орасидаги масофа 1 см га тенг бўлган. Манбалардан экрангача бўлган масофани топинг.

24.2. Френель бипризмасига манбадан ёруғлик ($\lambda = 500$ нм) тушмоқда. Агар манбадан призмагача бўлган масофа 1 м, призмадан экрангача



24.1- расм



24.2- расм

бўлган масофа эса 4 м бўлса, интерференция натижасида экранда ҳосил бўлган қўшни интерференцион максимумлар орасидаги масофани топинг. Призманинг синдириш бурчаги $2 \cdot 10^{-3}$ рад, унинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$.

24.3. Агар манбадан тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ бўлса, синдириш кўрсаткичи n ва синдириш бурчаги φ бўлган бипризма ҳосил қилган интерференцион йўллар сони N ни топинг. Ёруғлик манбадан бипризмагача бўлган масофа a , бипризмадан экрангача эса b .

24.4. Бир-бирига нисбатан $\alpha = 10^\circ$ бурчак остида қўйилган Френель кўзгуларига (24.1-расм) уларнинг кесишиш чизиғидан $r = 10$ см масофада жойлашган тирқишдан ёруғлик тушади. Манбанинг тўлқин узунлиги $\lambda = 600$ нм. Кўзгулардан қайтган ёруғлик уларнинг кесишиши чизиғидан $L = 270$ см масофада жойлашган экранда интерференцион манзара ҳосил қилади. Экрандаги интерференцион йўллар орасидаги масофани ва интерференцион манзара кузатилиши учун тирқишининг эни кўпи билан қанча бўлиши мумкинлигини аниқланг.

24.5. Экрандаги интерференция максимумлари орасидаги масофа $x = 1$ мм, кўзгулар кесишиш чизиғидан экрангача бўлган масофа 1 м, манбагача эса $r = 10$ см бўлса, Френель кўзгулари орасидаги α бурчакни топинг. Монохроматик ёруғлик тўлқин узунлиги $\lambda = 0,486$ мкм. Интерференцияланувчи нурлар экранга нормал тушади.

24.6. M экранда 24.2-расмда тасвирланган схема ёрдамида интерференцион манзара ҳосил қилинди. Экрандан $l_1 = 1$ м масофада жойлашган S_1 манба монохроматик ёруғлик ($\lambda = 0,5$ мкм) тарқатади. 3 кўзгу текислиги S_1A нурга параллел бўлиб, ундан $h = 2$ мм узоқликда жойлашган. A нуқтада ёруғликнинг кучайиши кузатиладими ёки сусайишими? S_1A нурнинг йўлига, унга перпендикуляр қилиб, қалинлиги $d = 6$ мкм бўлган ясси-параллел пластинка жойлаштирилса ($n = 1,55$) A нуқтадаги ёритилганлик қандай ўзгаради?

24.7. Бир-биридан $d = 2,5$ мм масофада иккита энсиз тирқиш жойлашган диафрагмага монохроматик ёруғлик нормал тушади. Интерференцион манзара диафрагмадан $l = 100$ см масофада жойлашган экранда ҳосил бўлади. Агар тирқишлардан бирини синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган, $h = 1$ мкм қалинликдаги шиша пластинка билан тўсилса, интерференцион йўллар қайси томонга ва қандай масофага силжийди?

24.8. Икки когерент ёруғлик ($\lambda = 480$ нм) экранда интерференцион манзара ҳосил қилади. Нурлардан бирининг йўлига юпқа кварц пластинкаси ($n = 1,16$) жойлаштирилганда интерференцион манзара $m = 69$ йўлга силжийди. Пластинка қалинлиги d ни топинг.

24.9. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган юпқа парда тўлқин узунлиги $\lambda = 600$ нм бўлган тарқоқ ёруғлик билан ёритилади. Парданинг минимал қалинлиги қандай бўлганда интерференцион йўллар йўқолади?

24.10. Ясси шаффоф шиша ($n_1 = 1,5$) сирти устида $0,396$ мкм қалинликдаги юпқа шаффоф парда ($n_2 = 1,4$) ҳосил қилинган. Пардага 30° бурчак остида оқ ёруғлик туширилса, у қандай рангда кўринади?

24.11. Шиша пластинкага ($n_1 = 1,5$) шаффоф парда ($n_2 = 1,4$) суртилган. Парда сиртига перпендикуляр йўналишда монохроматик ёруғлик туширилади. Қайтган нурлар интерференция натижасида максимал сусайган бўлса, парданинг энг кичик қалинлиги қанча бўлган?

24.12. Сиртга ўтказилган нормалга нисбатан 60° бурчак остида кузатганда қайтган ёруғлик спектрида тўлқин узунлиги $\lambda = 0,589$ мкм бўлган анча кучайган сариқ чизик кўринса, сув юзасидаги мой қатламнинг қалинлиги қанчага тенг бўлади?

24.13. Тўлқин узунлиги $\lambda = 500$ нм бўлган ёруғлик учун 10-тартибли интерференцион максимумни кузатиш учун синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$ бўлган пластинканинг қалинлиги қандай ораликда ўзгариши мумкин?

24.14. Вертикал жойлашган пона шаклидаги совун пардасини вертикалга нисбатан 90° бурчак остида, 631 нм тўлқин узунлигидаги нурни ўтказадиган қизил шиша орқали қайтган ёруғликда кузатилади. Қўшни қизил йўллар орасидаги масофа 3 мм. Агар кузатишни 460 нм тўлқин узунлигидаги ёруғликни ўтказадиган кўк шиша орқали амалга оширилса, қўшни кўк йўллар орасидаги масофа қанча бўлади?

24.15. Тўлқин узунлиги 450 нм бўлган нур перпендикуляр тушганда қайтган ёруғликда юпқа понасимон пластинкада бир-биридан $1,5$ мм масофада бўлган қоронғи интерференцион йўллар кузатилади. Агар пластинканинг синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлса, пластинка ёқлари орасидаги бурчагини топинг.

24.16. Понасимон пластинкани натрий алаңасидан ($\lambda_1 = 589$ нм) сиртга нормал тушадиган параллел нурлар дастаси билан ёритилганда интерференцион йўллар ҳосил бўлиб, бунда 13 мм масофада 46 қоронғи йўл жойлашди. Сўнгра пластинка тўлқин узунлиги $\lambda_2 = 499$ нм бўлган ёруғлик билан ёритилди. Бу ҳолда ўша масофада қанча қоронғи йўл жойлашишини топинг.

24.17. Горизонтал текислик ва ясси-параллел шиша пластинка орасида энг катта қалинлиги $0,01$ мм бўлган пона шаклидаги ҳаво қатлами ҳосил бўлган. Пластинка тўлқин узунлиги $0,580$ мкм бўлган вертикал нурлар билан ёритилганда кузатувчи қайтган ёруғликда интерференцион йўлларни кўради. Пластинка билан сирт оралиғига суюқлик киритилганда интерференцион йўллар сони 12 тага ортди. Суюқликнинг синдириш кўрсаткичини аниқланг. Пона учидаги бурчак кичик бўлгани сабабли ёруғликнинг тушиш бурчагини нолга яқин деб ҳисобланг.

24.18. Нима сабабдан ўтувчи ёруғликда кузатилганда Нютон халқаларининг маркази одатда ёруғ бўлади?

24.19. Нютон халқалари кузатиладиган қурилмадаги ясси-қавариқ линза қўзғалувчан бўлиб, пластинкага перпендикуляр йўналишда кўчиши мумкин. Линза пластинкадан узоқлаштирилганда ва унга яқинлаштирилганда Нютон халқаларида қандай ўзгариш бўлади? Халқалар монохроматик ёруғлик ёрдамида ҳосил қилинган.

24.20. Нютон халқалари кузатиладиган қурилмага монохроматик ёруғлик ($\lambda = 0,5$ мкм) нормал тушади. Қайтган нурда бешинчи ёруғ халқа кузатилаётган жойдаги ҳаво қатламнинг қалинлигини топинг.

24.21. Ясси-қавариқ линзанинг ($n = 1,5$) оптик кучи $0,5$ дптр. Линза қавариқ томони билан шиша пластинка устида ётибди. Ўтган ($\lambda = 0,5$ мкм) ёруғликдаги еттинчи қоронғи Нютон халқасининг радиусини топинг.

24.22. Иккита ясси-қавариқ линза эгрилик радиуслари R_1 ва R_2 бўлган қавариқ сиртлари билан бир-бирига теккизиб қўйилган. Агар тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ бўлса, n -қоронғи халқанинг r_n ни топинг. Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилади.

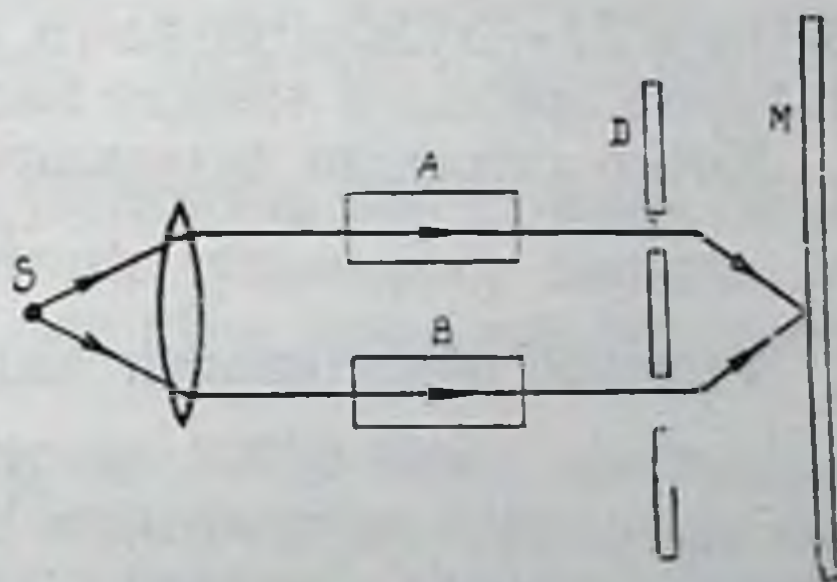
24.23. Икки томони носимметрик қавариқ бўлган линза битта сирти билан ясси параллел пластинка устида ётибди. Қайтган ёруғликда ($\lambda = 589$ нм) Нютон халқалари кузатилганда йиғирманчи қоронғи халқа радиуси $r_1 = 2$ мм бўлган. Линза пластинкага бошқа сирти билан қўйилганда, ўша халқанинг радиуси $r_2 = 4$ мм бўлиб қолди. Агар линза материалнинг синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлса, линзанинг фокус масофасини топинг.

24.24. Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилганда иккинчи ва учинчи ёруғ Нютон халқалари орасидаги масофа 1 мм бўлса, йиғирманчи ва йиғирма биринчи ёруғ халқалар максимумлари орасидаги масофани топинг.

24.25. Чанг заррачалари борлиги туфайли, шиша пластинка билан унинг устида ётган ясси-қавариқ линза бир-бирига жипс тегмай қолган. Бунда бешинчи қоронғи Нютон халқасининг радиуси $0,8$ мм бўлган. Чангни олиб ташланса, ўша халқанинг радиуси $0,1$ см бўлиб қолади. Линзанинг эгрилик радиуси 10 см бўлса, чанг қатлами қалинлигини топинг. Кузатиш ўтган ёруғликда олиб борилади.

24.26. Шиша пластинка билан унинг устида ётган ясси-қавариқ линза оралиғида суюқлик бор. Агар қайтган ёруғликда ($\lambda = 600$ нм) кузатилган ўнинчи қоронғи Нютон халқасининг радиуси $2,1$ мм бўлса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичинини топинг. Линзанинг эгрилик радиуси 1 м.

24.27. 24.3-расмда тасвирланган интерферрометр шаффоф моддаларнинг синдириш кўрсаткичинини ўлчашга мўлжалланган. Бу ерда S — монохроматик ёруғлик ($\lambda = 589$ нм) тушадиган тирқиш; D — икки тирқишли диафрагма; ҳаво билан тўлдирилган A ва B трубкаларнинг узунлиги 10 см. A трубкани



24.3- расм

аммиак билан тўлдирилганда M экрандаги интерференцион манзара юқорига томон $N = 10$ йўлга силжиган. Аммиакнинг синдириш кўрсаткичини аниқланг.

24.28. Ҳавода турган шиша ($n = 1,67$) сиртини равшанлаштирадиган парданинг синдириш кўрсаткичини топинг.

24.29. Шиша пластинка сирти спектрнинг сариқ қисми учун равшанлаштирилган. Равшанлаштирувчи парданинг сариқ нурлар учун синдириш кўрсаткичи 1,28. Спектрнинг $\lambda_1 = 600$ нм ва $\lambda_2 = 400$ нм соҳаларида пластинка тушаётган оқимнинг қанча қисмини қайтаради? Шиша билан парданинг бинафша нурлар учун синдириш кўрсаткичлари сариқ нурларининг синдириш кўрсаткичидан 0,01 га ортиқ.

25- §. ЁРУҒЛИК ДИФРАКЦИЯСИ

Сферик тўлқин доиравий тирқиш орқали ўтганда Френель k -зонасининг радиуси:

$$\rho_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda},$$

бу ерда a — нуқтавий ёруғлик манбаидан доиравий тирқишли диафрагмагача бўлган масофа, b — дифракцион манзара кузатилаётган экрандан диафрагмагача бўлган масофа, k — френель зонасининг номери.

Дифракцион панжарага нурлар нормал тушганда кузатиладиган Фраунгофер дифракциясида интенсивликнинг бош максимумлари ҳосил бўлиши шarti:

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda,$$

бу ерда d — панжара доимийси, k — бош максимум номери, φ — дифракция бурчаги.

Дифракцион панжаранинг бурчак дисперцияси:

$$D_\varphi = \frac{\delta \varphi}{\delta \lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi},$$

бу ерда $\delta \varphi$ — тўлқин узунлиги бўйича $\delta \lambda$ га фарқ қиладиган спектрал чизиқлар орасидаги бурчакли масофа.

Дифракцион панжаранинг чизиқли дисперсияси:

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda},$$

бу ерда δl — тўлқин узунлиги бўйича $\delta \lambda$ га фарқ қиладиган спектрал чизиқлар орасидаги чизиқли масофа.

Кичик дифракция бурчаклари учун:

$$D_l \approx F D_\varphi.$$

Телескоп объективининг ажратиш кучи:

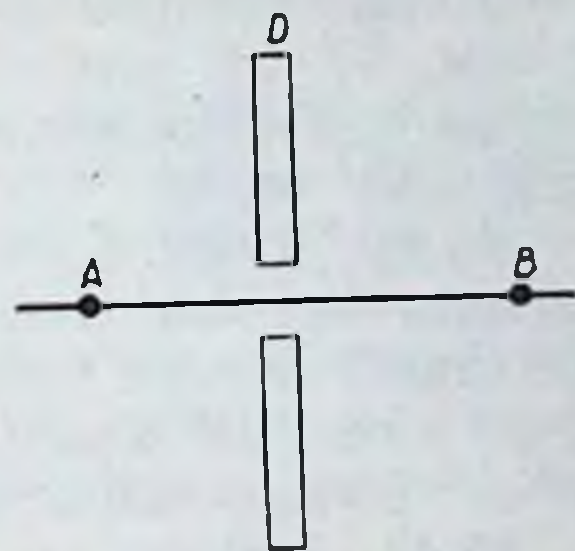
$$R = \frac{D}{1,22 \lambda},$$

бу ерда D — объектив кириш тирқишининг диаметри.

Бульф — Брэгг формуласи:

$$2d \sin \psi = k \lambda,$$

бу ерда d — кристаллнинг атом текисликлари орасидаги масофа, ψ — сирпаниш бурчаги, k — спектр тартиби.



25.1- расм

25.1. Радиуси $r = 1,0$ мм бўлган доиравий тирқишли диафрагма олдига нуқтавий ёруғлик манбаи ($\lambda = 0,50$ мкм) жойлаштирилди. Тирқишдаги Френель зоналари сони $n = 4$ бўладиган кузатиш нуқтасидан диафрагмагача бўлган b масофани топинг. Ёруғлик манбаидан диафрагмагача бўлган масофа $a = 1,0$ м.

25.2. Ясси тўлқин fronti учун тўртинчи Френель зонасининг радиуси $r_n = 3$ мм. Шу кузатиш нуқтаси учун ўн иккинчи зонанинг радиусини топинг.

25.3. Тўлқин узунлиги λ бўлган ясси тўлқин эни a бўлган тирқишга унга ўтказилган нормаль билан α бурчак ҳосил қиладиган йўналишда тушаётган бўлса, Фраунгофер дифракциясидаги минимумлар ўрнини белгилайдиган φ бурчакларни топинг.

25.4. Монохроматик ёруғликнинг ($\lambda = 500$ нм) нуқтавий манбаи A нуқтада жойлашган (25.1-расм). 1 мм радиусли тирқишга эга диафрагма A нуқтадан 50 см узоқликдаги нуқтадан $1,5$ м узоқликдаги нуқтага кўчирилади. Агар $AB = 2$ м бўлса, B нуқтада неча марта қоронғилашиш кузатилади?

25.5. Эни $a = 0,1$ мм бўлган тирқишга монохроматик ёруғлик ($\lambda = 500$ нм) нормал тушмоқда. Дифракцион манзара оптик кучи $D = 5$ дптр бўлган линзанинг фокаль текислигида жойлашган экранда кузатилади. Иккинчи тартибли минимумлар орасидаги масофани топинг.

25.6. Радиусини ҳоҳлаганча ўзгартириш мумкин бўлган доиравий тирқишли диафрагмага нуқтавий монохроматик манбадан ёруғлик тушадди. Диафрагмадан $l_1 = 125$ см масофада жойлашган экранда дифракцион манзара ҳосил бўлган. Агар $r_1 = 1$ мм бўлганда дифракцион манзара марказида максимум кузатилиб, ундан кейинги максимум $r_2 = 1,29$ мм бўлганда кузатилган бўлса, тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигини топинг. Манбадан диафрагмагача бўлган масофа $l_2 = 100$ см.

25.7. Дифракцион панжаранинг 1 мм узунлигида 100 та чизиқ жойлашган. Агар иккита биринчи тартибли Фраунгофер максимумлари орасидаги бурчак 8° бўлса, панжарага нормал тушаётган монохроматик ёруғликнинг узунлигини топинг.

25.8. Дифракцион панжаранинг 1 мм узунлигида 500 та чизиқ жойлашган. Ёруғлик панжарага 30° бурчак остида тушганда бу панжара ёрдамида натрий спектрининг ($\lambda = 590$ нм) энг кўпи билан нечанчи тартибини кузатиш мумкин?

25.9. Эни 4 см бўлган, 1 см узунлигида 10000 чизиқ жойлашган дифракцион панжарага нормал тушаётган монохроматик ёруғлик дастаси дифракцияланиши мумкин бўлган энг катта бурчакни топинг. Тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги 546 нм.

25.10. Спектрометрга ўрнатилган дифракцион панжара доимийси 2 мкм. Тўлқин узунлиги 410 нм бўлган спектрал чизиқни кузатиш учун кўриш трубасини коллиматор ўқиға нисбатан қандай бурчак остида жойлаштириш керак?

25.11. Даври 4 мкм бўлган дифракцион панжара ёрдамида олинган биринчи тартибли спектрда тўлқин узунликлари 577 нм ва 579 нм бўлган симоб спектри чизиқлари экранда бир-биридан қанча масофада бўлади? Спектрни экранга проекциялайдиган линзанинг фокус масофаси 60 см. Нурлар панжарага тик тушади.

25.12. Дифракцион панжара доимийси 4 мкм. Дифракцион манзара фокус масофаси 40 см бўлган линза ёрдамида кузатилади. Агар биринчи максимум марказий максимумдан 5 см масофада ҳосил бўлса, панжарага тик тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлигини топинг.

25.13. Дифракцион панжарадан кўринувчи нурлар соҳасида олинган иккинчи ва учинчи тартибли спектрлар қисман устма-уст тушган. Иккинчи тартибли спектрдаги $\lambda = 700$ нм ли чизиқ учинчи тартибли спектрдаги қандай тўлқин узунлигига мос келади?

25.14. Доимийси 2 мкм бўлган дифракцион панжарага ёруғлик фильтри орқали ўтказилган ёруғлик нормал тушади. Фильтр 500 нм дан 600 нм гача узунликдаги тўлқинларни ўтказди. Ҳар хил тартибли спектрлар устма-уст тушадими?

25.15. Тўлқин узунлиги $\lambda = 0,644$ мкм бўлган ёруғлик учун $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида тўртинчи тартибли дифракцион максимум кузатилган. Агар дифракцион панжара $\Delta\lambda = 0,322$ нм тўлқин узунликлар фарқини ажрата олса, дифракцион панжара доимийсини ва унинг узунлигини топинг.

25.16. Агар панжара доимийси d тирқиш эни a билан ўлчовдош бўлиб, $d = na$ шарт бажарилса, дифракцион спектрдаги номерлари n га қаррали бўлган барча максимумлар йўқолишини исбот қилинг.

25.17. Тик тушаётган нурларда натрийнинг D -дублетини (589 ва 589,6 нм) биринчи тартибли спектрда дублет компонентлари орасидаги бурчак $5'$ бўладиган қилиб ажратиш учун дифракцион панжара доимийси қанчага тенг бўлиши керак?

25.18. Эни 2 см бўлган дифракцион панжаранинг доимийси 5 мкм. Бу панжаранинг учинчи тартибли спектрдаги ажратиш қобилиятини топинг. Сарик нурлар соҳасида ($\lambda = 600$ нм) ажратилаётган икки спектрал чизиқлар тўлқин узунликлари орасидаги энг кичик фарқ қанча бўлади?

25.19. Бирининг эни 2 см бўлиб, 1 мм узунлигида 420 та чизиқ, иккинчисининг эни эса 4,8 см бўлиб, 1 мм узунлигида 700 та чизиқ бўлган дифракцион панжараларнинг ажратиш қобилиятларини таққосланг.

25.20. Агар тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 500$ нм бўлса, даври 2 мкм бўлган дифракцион панжаранинг иккинчи тартибли спектр учун бурчак дисперсиясини топинг.

25.21. Агар панжара доимийси 4 мкм бўлиб, проекцияловчи линзанинг фокус масофаси 50 см бўлса, дифракцион панжаранинг узунлиги 0,589 мкм бўлган тўлқин учун иккинчи тартибли спектрдаги чизиқли дисперсияси қанчага тенг бўлади?

25.22. Телевизион минора учига бир-биридан $l = 20$ см масофада иккита қизил лампа ($\lambda = 640$ нм) ўрнатилган. Бу лампалар $r = 15$ км

масофадан алоҳида бўлиб кўриниши учун кўриш трубасти объективнинг диаметри энг камда қандай бўлиши керак?

25.23. Объективнинг диаметри 60 см бўлган телескопда алоҳида бўлиб кўриниши учун ($\lambda = 500$ нм) Марс сиртида жойлашган икки нуқта орасидаги масофа энг камда қанча бўлиши керак? Марс буюк рўпара турши ҳолатида, яъни ундан Ергача бўлган масофа 56 Гм деб олинг.

25.24. Қрим обсерваторияси телескопидаги кўзгули объективнинг диаметри 2,6 м. Телескопнинг ажратиш қобилиятини топинг. Кўзнинг энг катта сезгирлиги $\lambda = 550$ нм тўлқини узунликка тўғри келади деб олинг.

25.25. Ер сиртидаги лазердан олинган ёруғлик дастаси ($\lambda = 600$ нм) объективнинг диаметри 2 м бўлган телескоп ёрдамида Ой сиртидаги кратерга фокусланди. Ой сиртидаги ёруғ доғ қандай ўлчамга эга бўлади? Ердан Ойгача бўлган масофа 384400 км. Атмосферанинг таъсирини ҳисобга олманг.

25.26. Рентген трубастининг нурланиши кальцит (CaCO_3) кристаллига тушмоқда. Рентген нурлари дастаси билан кристалл сирти орасидаги бурчакнинг $2^\circ 36'$ қийматидан бошлаб, кўзгу қондаси бўйича қайтиш қайд этилиши мумкин. Бундай қайтишга мос текисликлараро масофа кальцит панжараси доимийси ($d = 304$ пм) га тенг деб олинг. Келтирилган маълумотлардан фойдаланиб, рентген трубастига қандай кучланиш кўйилганлигини топинг.

25.27. Калий хлориди (KCl) кристаллини тўлқин узунлиги 145 нм бўлган монохроматик рентген нурлари билан ёритилади. Рентген нурлари дастаси билан кристалл сирти орасидаги бурчак $14^\circ 20'$ га етганда кўзгу қондаси бўйича қайтишда биринчи тартибли максимумлар ҳосил бўлади. Кристаллдаги қўшни атом текисликлари орасидаги масофани топинг.

25.28. Тўлқин узунлиги 71,2 пм бўлган монохроматик рентген нурланиши кристаллнинг табиий сиртидан кўзгу қондасига кўра қайтган бўлса, натрий хлориди (NaCl) кристаллининг панжара доимийси қандай? Биринчи тартибли максимум $7^\circ 18'$ бурчак остида кузатилади.

29.29. Кальцит (CaCO_3) кристаллига тўлқин узунлиги 32 пм бўлган рентген нурлари тушмоқда. Нурлар дастаси билан кристалл сирти орасидаги бурчак қандай бўлганда биринчи тартибли интерференцион кўзгули қайтиш кузатилади? Бундай қайтишга мос келувчи атом текисликлари орасидаги масофани кальцитнинг панжараси доимийси ($d = 304$ пм) га тенг деб олинг.

25.30. Ош тузи (NaCl) кристаллининг табиий сиртига рентген нурлари тушиб, ундан кўзгу қондасига кўра иккинчи тартибли қайтиш содир бўлади. Агар рентген нурлари дастаси билан кристалл сирти орасидаги бурчак $11^\circ 36'$ бўлса, рентген нурларининг тўлқин узунлигини топинг. Ош тузи кристаллининг панжара доимийси 280 пм.

26- §. ГЕОМЕТРИК ОПТИКА

Сферик кўзгу формуласи:

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

бу ерда d ва f — мос равишда кўзгу қутбидан буюмгача ва тасвиргача бўлган масофалар, F — кўзгунинг фокус масофаси, R — кўзгунинг эгрилик радиуси.

Ёруғликнинг синиш қонуни:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1},$$

бу ерда α — тушиш бурчаги, β — синиш бурчаги, n_{21} — иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичи, n_1 ва n_2 — биринчи ва иккинчи муҳитларнинг абсолют синдириш кўрсаткичлари.

Юпқа линза формуласи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

бу ерда d ва f — мос равишда линзанинг оптик марказидан буюмгача ва тасвиргача бўлган масофалар.

Юпқа линзанинг оптик кучи:

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

бу ерда n — линзанинг нисбий синдириш кўрсаткичи.

Битта қилиб қўшилган икки юпқа линзадан иборат системанинг оптик кучи:

$$D = D_1 + D_2,$$

бу ерда D_1 ва D_2 — линзаларнинг оптик кучлари.

Кўзгу ва линзаларнинг кўндаланг катталаштириши:

$$\Gamma = \frac{H}{h},$$

бу ерда h ва H — буюм ва тасвир баландлиги.

Лупанинг катталаштириши:

$$\Gamma = \frac{L}{F},$$

бу ерда L — энг аниқ кўриш масофаси, F — лупанинг фокус масофаси.

Микроскопнинг катталаштириши:

$$\Gamma = \frac{Ld}{F_1 F_2},$$

бу ерда L — энг аниқ кўриш масофаси, d — объектив билан окуляр орасидаги масофа, F_1 ва F_2 — объектив ва окулярнинг фокус масофалари.

Телескопнинг катталаштириши:

$$\Gamma = \frac{F_1}{F_2}$$

бу ерда F_1 ва F_2 объектив ва окулярнинг фокус масофалари.

Ёруғликнинг қайтиши

26.1. Кўпгина ўлчов асбобларида кичик ясси кўзгучадан қайтган ёруғлик нури стрелка вазифасини бажаради. Агар қайтган нур шкала бўйлаб 32 мм га кўчган бўлса, кўзгуча қанча бурчакка бурилган? Кўзгучадан шкалагача бўлган масофа 2 м.

26.2. Ясси кўзгуда одамнинг бутун бўйи-баста билан тасвирини ҳосил қилиш учун кўзгунинг баландлиги одам бўйининг энг камида ярмига тенг бўлиши кераклигини исботланг.

26.3. Агар нуқтавий ёруғлик манбаи ва унинг иккита ясси кўзгуларда ҳосил бўлган тасвирлари тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган бўлса, кўзгулар орасидаги бурчакни аниқланг. Чизмани чизинг.

26.4. Тушиш бурчаги қандай бўлишидан қатъи назар, тушган нур билан иккита ясси кўзгулардан қайтган нур ўзаро параллел бўлиши учун кўзгуларни қандай жойлаштириш керак?

26.5. Сферик кўзгу ёрдамида A буюмнинг тасвири ҳосил қилинди (26.1-расм). Чизма ёрдамида кўзгунинг ўрнини ва фокусини аниқланг; кўзгу ботиқми ёки қабариқми?

26.6. A буюмнинг ва унинг сферик кўзгу қутби P га нисбатан A' тасвирининг ўрни маълум (26.2-расм). Кўзгунинг ўрнини ва унинг фокусини топинг.

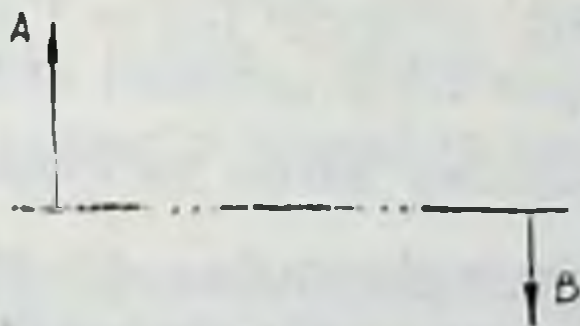
26.7. Буюмнинг 4 марта катталашган ҳақиқий тасвирини ҳосил қилаётган ботиқ сферик кўзгунинг фокус масофасини топинг. Буюм билан унинг тасвири орасидаги масофа 15 см.

26.8. Ботиқ кўзгунинг эгрилик радиуси 40 см. Буюмнинг а) ҳақиқий ва 2 марта катталашган; б) маъхум ва 2 марта катталашган тасвирлари ҳосил бўладиган вазиятларини топинг.

26.9. Буюм ботиқ кўзгу ўқида, унинг марказидан 15 см масофада жойлашган. Тасвир кўзгудан 30 см масофада ҳосил бўлди. Агар буюмни кўзгуга 1 см га яқинлаштирилса, тасвир қайси томонга ва қанчага силжишини топинг.

26.10. Радиуси 40 см бўлган сферик кўзгунинг бош оптик ўқида, кўзгудан 30 см масофада S нуқтавий ёруғлик манбаи жойлашган. Ботиқ кўзгудан қанча масофада ясси кўзгу жойлаштирилганда ботиқ кўзгудан, сўнгра ясси кўзгудан ҳам қайтган нурлар S нуқтадан ўтади?

26.11. Қабариқ кўзгуга йиғилувчи нурлар дастаси шундай тушмоқдаки, бу нурлар давом эттирилгандаги кесишиш нуқтаси кўзгудан 20 см масофада, унинг ўқида жойлашган. Бу нурлар кўзгудан қайтгач оптик ўқни кўзгудан 0,6 м масофада кесиб ўтди. Кўзгунинг фокус масофасини топинг.



26.1- расм



26.2- расм

26.12. Иккита бир хил ботиқ сферик кўзгу бир-бирининг рўпарасига бош фокуслари устма-уст тушадиган қилиб қўйилган. Умумий оптик ўқрилган. Нурлар иккала кўзгудан қайтгач тасвир қаерда ҳосил бўлади?

26.13. Ботиқ сферик кўзгуга 20 см масофадан қараган одам ўз кўзининг тўғри тасвирини кўради. Бу тасвирнинг бурчакли ўлчами худди ўшанча масофада жойлашган ясси кўзгуда ҳосил бўладиган тасвирнинг бурчакли ўлчамидан 1.5 марта катта. Кўзгунинг эгрилик радиусини топинг.

26.14. Нуқтавий ёруғлик манбаи 0,5 м радиусли айлана бўйлаб 3 м/с чизиқли тезлик билан текис ҳаракат қилмоқда. Айлана марказидан 5 м масофада айланиш ўқиға перпендикуляр равишда эгрилик радиуси 2 м бўлган сферик кўзгу ўрнатилган. Ёруғлик манбаининг кўзгудаги тасвири қандай тезланиш билан ҳаракатланишини топинг.

Ёруғликнинг синиши

26.15. Узунлиги 1 м бўлган таёқ кўлмак тубига тўласича сувга ботиб турадиган қилиб қоқилган. Агар қуёш нурлари сув сиртига 30° бурчак остида тушаётган бўлса, таёқнинг кўл тубидаги соясининг узунлигини топинг.

26.16. Оқ ёруғлик нури ясси-параллел шиша пластинкага 60° бурчак остида тушади. Пластинканинг бошқа томонидан чиқаётган ёруғлик дастасидаги энг четки қизил ва бинафша нурлар бир-биридан 0,3 мм масофага силжиган. Агар энг четки қизил нурлар учун шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,51, энг четки бинафша нурлар учун эса 1,53 бўлса, пластинканинг қалинлигини топинг.

26.17. Ёруғлик нури ҳаво билан шиша чегарасида синмоқда. Тушиш бурчаги қандай бўлганда синган нур қайтган нур билан 90° бурчак ҳосил қилади? Қайтган нур билан синган нур орасидаги энг кичик бурчак қандай бўлади?

26.18. Агар $\nu = 4 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ частотали қизил нурлар учун шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,51 бўлса, ҳаводан шишага ўтганда бу нурларнинг тўлқин узунлиги қанчага ўзгаради?

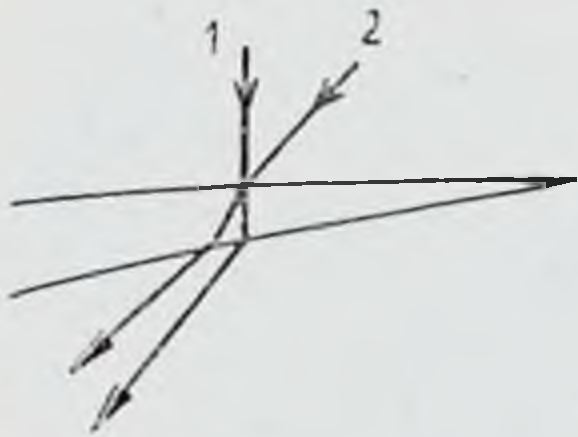
26.19. Олмосда тўла ички қайтиш бўлиши учун чегаравий тушиш бурчаги қандай бўлиши лозимлигини аниқланг.

26.20. Сувда икки параллел нур тарқалмоқда. Улардан бири сув билан ҳаво чегарасидан тўла қайтган. Иккинчи нур йўлиға сув сиртида ясси-параллел шиша пластинка қўйилган. Иккинчи нур сувдан чиқадими ёки у ҳам тўла қайтадими?

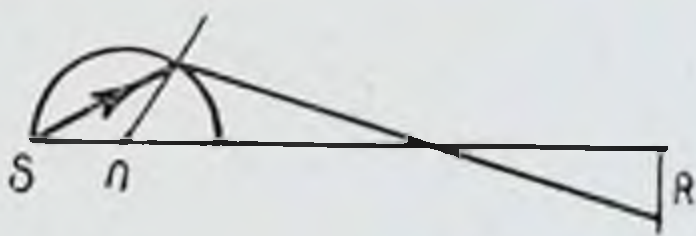
26.21. Ўқувчи ҳовуз тубига юқоридан пастга вертикал йўналишда қараб, унинг чуқурлигини 90 см деб чамалади. Ҳовузнинг ҳақиқий чуқурлиги қандай?

26.22. Қалинлиги 4,0 см бўлган углерод хлориди ($n_1 = 1,46$) қатламининг сиртида 2,0 см қалинликдаги сув ($n_2 = 1,33$) қатлами сузиб турибди. Агар ёруғлик нормал тушаётган бўлса, идиш тубининг кўринма чуқурлиги қандай бўлади?

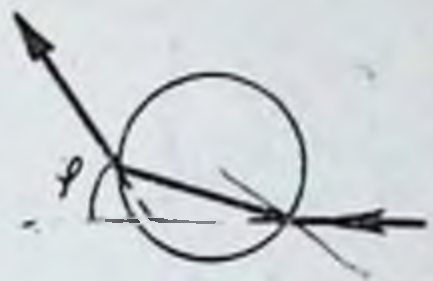
26.23. Ясси кўзгуда шамнинг тасвири кўриниб турибди. Агар кўзгу билан шам орасига ясси-параллел шиша пластинка жойлаштирилса, шамнинг тасвири қандай ўзгаради?



26.3- расм



26.4- расм



26.5- расм

26.24. Параллел нурлар дастаси сув сиртига 30° бурчак остида тушади. Ҳавода дастанинг эни 5 см. Дастанинг сувдаги энини топинг.

26.25. Агар ғоввос ҳовуз горизонтал тубининг ўзидан 15 м ва ундан ортиқ масофадаги қисмларининг сув сиртидан аксланган тасвирини кўрган бўлса, у қандай чуқурликда бўлган? Ғоввоснинг бўйи 1,7 м.

26.26. Сув сиртидан h баландликда нуқтавий S ёруғлик манбаи жойлашган. Вертикаль бўйлаб пастга қараганда идишнинг ясси кўзгусимон туби ҳосил қилган S' тасвир қаерда ҳосил бўлади? Сувли идишнинг чуқурлиги d , сувнинг синдириш кўрсаткичи 1,33.

26.27. Ёруғликнинг нури I кичик бурчакли шиша пона ён сиртига нормал йўналишда тушади (26.3 = расм). Тушаётган нурни расм текислигига перпендикуляр ўқ атрофида бир оз бурилса, синган нур қандай бурчакка бурилади?

26.28. Синдириш бурчаги 60° , синдириш кўрсаткичи 1,5 бўлган шиша призмага 30° бурчак остида ёруғлик тушади. Призмадан чиқишда ёруғликнинг синиш бурчаги қандай бўлади?

26.29. Оқ ёруғлик призмадан ўтаётиб спектрга ажралади. Нима сабабдан тўла қайтувчи призма ранглarga бўялмаган тасвир ҳосил қилади?

26.30. Шиша призманинг синдириш бурчаги 60° . Призманинг иккинчи ён сиртидан чиқишда сирт бўйлаб сирпаниб кетиши учун, нурлар призмага қандай бурчак остида тушиши керак? Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,6

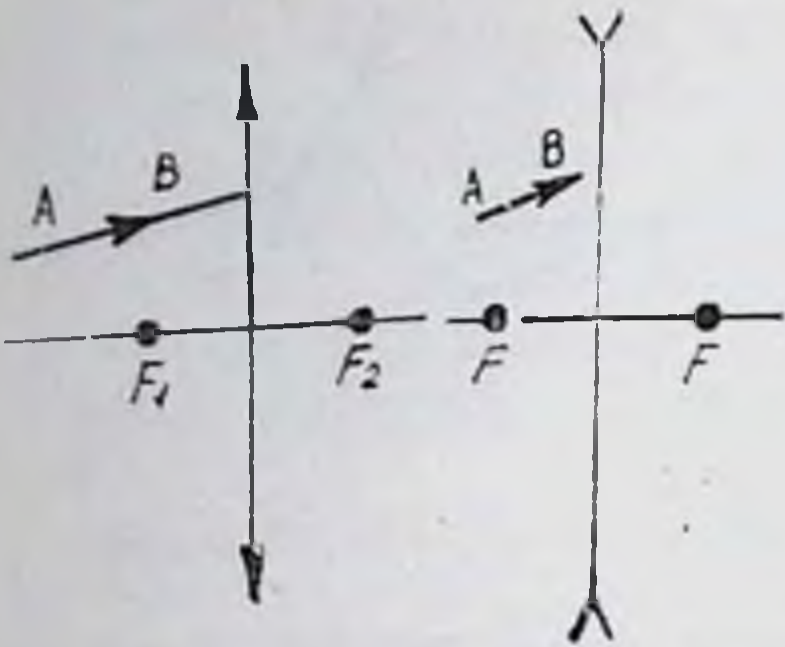
26.31. Синдириш бурчаги 30° бўлган призма сиртларидан бирига кумуш юритилган. Иккинчи ён сиртга 45° бурчак остида тушган нур синиб, кумуш юритилган сиртдан қайтгач, дастлабки йўналишда қайтиб чиқди. Призма материалининг синдириш кўрсаткичини топинг.

26.32. Радиуси R , синдириш кўрсаткичи $n = 2$ бўлган яхлит шар ичида унинг марказидан чап томонда сирт яқинида нуқтавий S ёруғлик манбаи жойлашган (26.4-расм). Шар марказидан ўнг томондаги қандай масофада шардан чиқаётган ёруғлик дастасининг радиуси R га тенг бўлади?

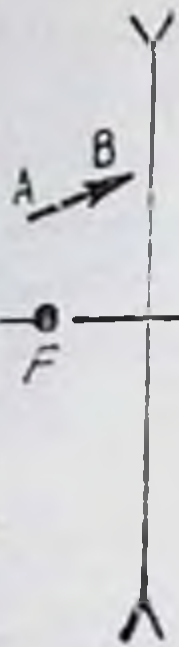
26.33. Нур ҳаводан бир жинсли шаффоф шарга тушиб, унинг ичига кирди ва шар билан ҳаво чегарасига етиб боради. Агар тушиш бурчаги 26° , синиш бурчаги эса 17° бўлса (26.5-расм), чиққан нур шарга тушаётган нур билан қандай бурчак ҳосил қилади?

Линзалар ва оптик системалар

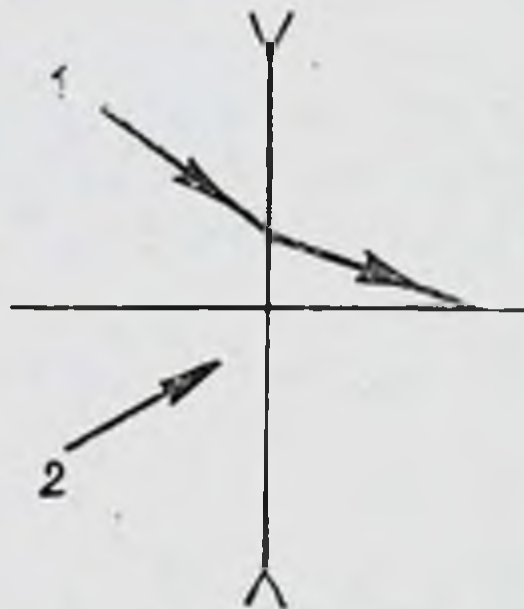
26.34. 26.6-расмда ҳавода жойлашган юпқа йиғувчи линза кўрсатилган; F_1 ва F_2 —унинг фокуслари. Ясаш йўли билан ихтиёрий AB нурининг линзадан кейинги йўлини топинг.



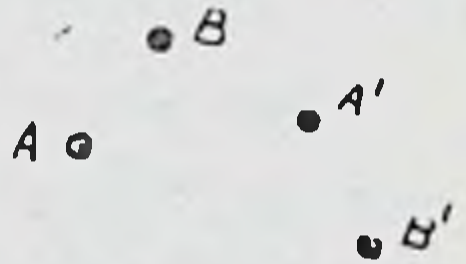
26.6- расм



26.7- расм



26.8- расм



26.9- расм

26.35. AB буюмнинг сочувчи линзадаги тасвирини ясанг (26.7-расм).

26.36. 26.8-расмда сочувчи линзадан ўтган 1 нурнинг йўли тасвирланган. Линзадан кейин 2 нур қандай кетади?

26.37. 26.9-расмда икки A ва B нуқталар ҳамда уларнинг юпқа линза ҳосил қилган A' ва B' тасвирларининг вазияти кўрсатилган. Яшаш йўли билан линзанинг ва унинг фокусларининг вазиятини топинг.

26.38. Шишадан ва олмосдан эгрилик радиуслари бир хил қилиб ясалган линзалар оптик кучларининг нисбатини топинг.

26.39. Буюм билан унинг йиғувчи линзада ҳосил бўлган ҳақиқий тасвири орасидаги энг кичик масофа $4F$ га тенг бўлишини исбот қилинг (F —линзанинг фокус масофаси).

26.40. Йиғувчи линза ўзининг бир-биридан k масофада жойлашган икки вазиятида экранда аниқ тасвир ҳосил қилади. Бу ҳолда $F = (l^2 - k^2)/4l$ эканлигини исбот қилинг, l —буюм билан экран орасидаги ўзгармас масофа.

26.41. Қандай қилиб фокус масофаларини ўлчамай туриб, йиғувчи ва сочувчи линзаларнинг оптик кучларини таққослаш мумкин?

26.42. Параллел нурлар дастасини олиш учун ёруғлик манбаини йиғувчи линза билан ботиқ кўзгуга нисбатан қандай жойлаштириш керак?

26.43. Фокус масофаси $0,1$ м бўлган йиғувчи линзадан 15 см масофада жойлаштирилган, баландлиги 2 см бўлган буюмнинг тасвири қаерда ва қандай ўлчамда ҳосил бўлади?

26.44. Агар буюмдан йиғувчи линзанинг олд фокусигача бўлган масофанинг линзанинг орқа фокусидан буюм тасвиригача бўлган масофага кўпайтмаси l бўлса, линзанинг фокус масофасини топинг.

26.45. Шиша линзанинг ҳаводаги оптик кучи $5,5$ дптр, суюқликда эса $1,63$ дптр. Агар линзанинг синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичи қанчага тенг?

26.46. Сиртларининг эгрилик радиуслари бир хил бўлган икки ёқлама қавариқ шиша ($n = 1,5$) линзанинг фокус масофаси 25 см. Агар линзанинг орқасида сув бўлса, оптик ўққа параллел равишда линзага тушаётган нурлар қаерда йиғилади?

26.47. Синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлган йиғувчи линза ўзидан $0,1$ м масофада ҳақиқий тасвир ҳосил қилган. Агар буюм билан линзани уларнинг орасидаги масофани ўзгартирмай сувга ботирилса тасвир линзадан $0,6$ м

масофада ҳосил бўлади. Линзанинг фокус масофасини топинг. Сувнинг синдириш кўрсаткичи 1,33.

26.48. Йиғувчи линза экранда буюмнинг тасвирини ҳосил қилади. Линза билан экран орасига қалинлиги 3 см, синдириш кўрсаткичи 1,5 бўлган ясси-параллел пластинка жойлаштирилди. Буюмнинг аниқ тасвирини яна ҳосил қилиш учун экранни қайси йўналишда ва қанча масофага силжитиш керак?

26.49. Йиғувчи линза ёрдамида ҳосил қилинган тасвирнинг баландлиги H_1 бўлган. Буюм билан экран орасидаги масофани ўзгартирмасдан, линзани силжитиш йўли билан буюмнинг иккинчи аниқ тасвири ҳосил қилинди. Бу тасвирнинг баландлиги H_2 . Буюмнинг ҳақиқий баландлигини топинг.

26.50. Симметрик йиғувчи линзанинг бўйлама хроматик абберацияси 0,022 м. Агар линза тайёрланган шишанинг синдириш кўрсаткичи қизил нурлар учун 1,57, бинафша нурлар учун эса 1,60 бўлса, линзанинг эгрилик радиусини топинг.

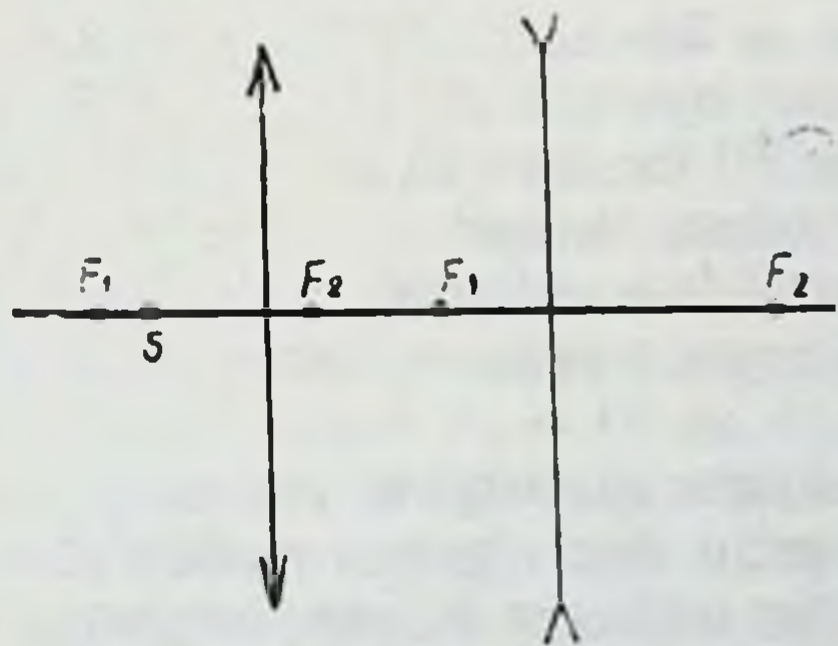
26.51. Линзани бир текис қиздирилса, унинг фокус масофаси қандай ўзгаради?

26.52. Параллел тушаётган нурлар линзалардан ўтгач, яна параллел бўлиши учун йиғувчи ва сочувчи линзаларни қандай жойлаштириш керак? Бу масала ҳамма вақт ҳам ечимга эга бўладими?

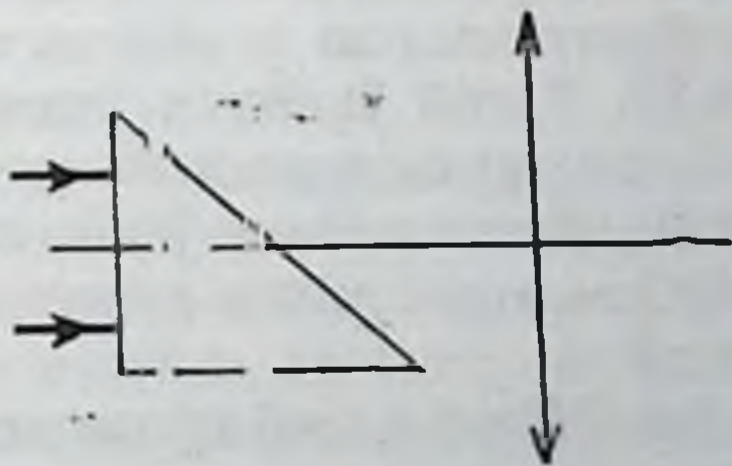
26.53. Ясаш усули билан ёруғлик сочаётган S нуқтанинг тасвирини топинг (26.10-расм).

26.54. Натрий буғининг нурланиши параллел даста ҳолида синдириш бурчаги 60° бўлган призмага тушади. Манбанинг ингичка спектрал чизиқлар кўринишидаги тасвири фокус масофаси 50 см бўлган линзанинг фокал текислигида ҳосил бўлади. Агар икки сариқ чизиқлардан бири учун синдириш кўрсаткичи 1,48810 бўлиб, иккинчиси учун 10^{-6} га ортиқ бўлса, улар бир-биридан қанча масофада жойлашганлигини топинг. Призма энг кичик оғдириш ҳолатида ўрнатилган.

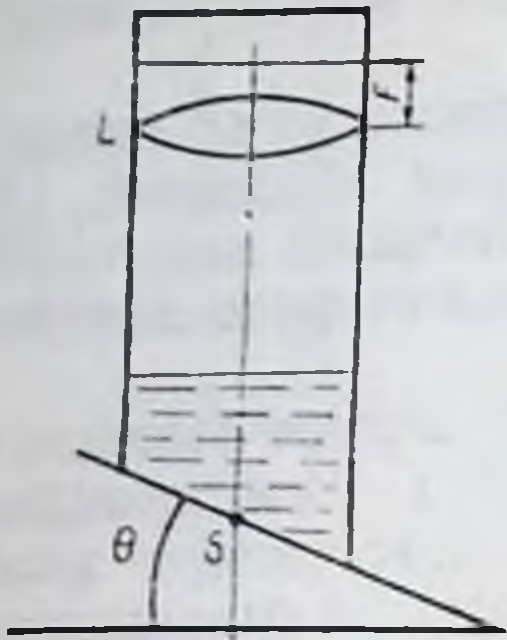
26.55. Стол устига синдириш бурчаги $\varphi = 45^\circ$ ва синдириш кўрсаткичи n бўлган призма ҳамда фокус масофаси F бўлган юпқа линза қўйилган. Линзанинг бош оптик ўқи призманинг вертикал ёғига перпендикуляр бўлиб, бу ёққа горизонтал ёруғлик дастаси йўналтирилган (26.11-расм). Призмадан ва линзадан ўтган нурлар кесишадиган нуқта бош оптик ўқдан қанча x масофада жойлашган?



26-10. расм



26-11. расм



26.12- расм

26.56. Фокус масофалари $F_1 = 12$ см ва $F_2 = 7$ см бўлган икки йиғувчи линза умумий оптик ўққа эга бўлиб, бир-биридан l масофада жойлашган. Узунлиги 2 см бўлган буюм биринчи линзанинг фокал текислигида, иккинчи линзадан $F + l$ масофада ўрнатилди. Тасвирнинг ўлчамини топинг.

26.57. Фокус масофаси 10 см бўлган йиғувчи ва фокус масофаси 20 см бўлган сочувчи линзалар умумий бош оптик ўққа эга бўлиб, бир-биридан 30 см масофада жойлашган. Сочувчи линзанинг орқа томонида ундан 10 см масофада буюм турибди. Буюмнинг иккала линза биргаликда ҳосил қилган тасвири билан йиғувчи линза орасидаги масофани топинг.

26.58. Фокус масофаси F бўлган йиғувчи линзанинг орқасида, ундан l масофада линзанинг оптик ўқига перпендикуляр равишда ясси кўзгу жойлашган. Линзанинг олдида, ундан d масофада нуқтавий S ёруғлик манбаи турибди. Тасвирнинг вазиятини топинг. d масофанинг қандай қийматларида тасвир ҳақиқий, қандай қийматларида эса мавҳум бўлади?

26.59. Иккала томонидан беркитилган цилиндрик идиш горизонт билан $\theta = 30^\circ$ бурчак ҳосил қиладиган қия текислик устига ўрнатилди (26.12- расм). Цилиндр ичида фокус масофаси $F = 10$ см бўлган йиғувчи линза жойлашган. Линзанинг фокал текислиги цилиндрни устки асоси билан устма-уст тушади. Идиш ичига синдириш кўрсаткичи $n = \sqrt{3}$ бўлган суюқлик қуйилган. Идиш тубидаги S нуқтадан вертикал равишда ёруғлик нури тарқалади. Цилиндр қия текислик бўйлаб ишқаланишсиз сирпанганда бу нурнинг изи қанча масофага силжийди?

26.60. Синдириш кўрсаткичи 1,5 бўлган шишадан қалин линза ясалди. Унинг биринчи қавариқ сиртининг эгрилик радиуси 20 см, иккинчи сирти эса қавариқ ёки ботиқ бўлиши мумкин бўлиб, унинг эгрилик радиуси 5 см. Параллел нурлар дастаси линзадан ўтиб, яна параллеллигача қолган бўлса, линзанинг қалинлиги қанча бўлади?

Оптик асбоблар

26.61. Кўзойнакнинг оптик кучи $+2,5$ дптр. Бу кўзойнакка қандай линза ўрнатилган ва у кўзнинг қандай нуқсонини бартараф этади?

26.62. Китоб ўқиётган киши уни 50 см масофада ушлаб турибди. Унга оптик кучи қандай бўлган кўзойнак керак?

26.63. Киши кўзини ўқиётган китобидан кўзидан 2 м масофадаги деворга осилган суратга кўчирганда нормал кўзнинг оптик кучи қанчага ўзгаради?

26.64. Жипс қилиб қўшилган йиғувчи ва сочувчи линзалардан иборат объектив 4 марта катталаштирадиган лупа ўрнида ишлатилди. Агар йиғувчи линзанинг оптик кучи абсолют қиймати бўйича сочувчи линзанинг оптик кучидан 4 марта катта бўлса, объективдаги ҳар бир линзанинг оптик кучини топинг.

26.65. Агар объективдан экрангача бўлган масофа 10 м бўлса объективнинг бош фокус масофаси 40 см бўлган проекцион фонарь ёрдамида қандай катталаштиришга эришиш мумкин?

26.66. Микроскоп объективнинг фокус масофаси 3 мм. Буюм объективдан 3,1 мм масофада жойлашган. Агар окулярнинг фокус масофаси 5 см бўлса, микроскопнинг катталаштиришни топинг.

26.67. Микроскоп орқали юлдузларни кўра олиш учун унинг объективи билан окулярини қандай жойлаштириш керак?

26.68. Микроскоп объективи ва окулярининг фокус масофалари мос равишда 5 мм ва 5 см. Буюм объективнинг бош фокусидан 0,1 мм масофада жойлашган. Микроскопнинг тубуси узунлигини ва нормал кўз учун катталаштиришини топинг.

26.69. Микроскоп 640 марта катталаштиради. Буюм объективдан 0,41 см масофада турибди. Объективнинг фокус масофаси 0,4 см. Окулярнинг фокус масофасини ва микроскопнинг тубуси узунлигини топинг.

26.70. Узунлиги 50 м бўлган бинонинг олд кўрinishи тўласича 24×36 мм ўлчамли плёнка кадрига жойлашиши учун уни қанча масофадан суратга олиш керак? Объективнинг фокус масофаси 50 мм.

26.71. Аэрофотосурат олишда объективнинг фокус масофаси 8 см бўлган фотоаппаратдан фойдаланилади. Плёнкадаги тасвирнинг алоҳида бўлиб кўринадиган қисмларининг энг кичик ўлчами (плёнканинг ажратиш қобилияти) 10^{-2} мм. Фотосуратда дарахтларнинг катталиги 5 см бўлган барглари алоҳида кўриниши учун самолёт қанча баландликда учиши керак? Экспозиция вақти 10^{-3} с бўлса, самолёт тезлиги қанча бўлганда тасвир чаплашиб кетмаган бўлади?

26.72. Ойни кузатиш учун созланган кўриш труба орқали 100 м масофада турган буюмларни кўриш учун окулярни 2,5 см га силжитиш керак бўлган. Объективнинг фокус масофаси қандай?

26.73. Қуролланмаган кўзга Ой $31'$ бурчак билан кўрилади. Объективнинг фокус масофаси 2 м, окулярининг фокус масофаси эса 0,1 м бўлган телескоп орқали Ой қандай кўриш бурчаги билан кўрилади?

26.74. Окулярининг фокус масофаси 50 мм бўлган телескоп 60 мартали бурчак катталаштиришга эга. Окулярни олиб қўйиб, объектив ҳосил қилган ҳақиқий тасвирни қуролланмаган кўз билан аниқ кўриш масофасида кўрилса, объективнинг бурчак катталаштириши қандай бўлади?

26.75. Буюм кўриш труба объективининг олдида ундан $a > F_1$ масофада жойлашган. Объектив ва окуляр фокус масофаларининг нисбати 10. Агар труба чексизликка созланган бўлса, чизиқли катталаштиришни топинг. Тасвир қандай характерда бўлади?

26.76. Ёруглик манба билан кўриш труба орасига манбадан $d = 85$ см масофада фокус масофаси $F_1 = -15$ см бўлган сочувчи линза ўрнатилди. Чексизликка созланган трубада манба аниқ кўриниши учун фокус масофаси $F_2 = 16$ см бўлган йиғувчи линзани манба билан сочувчи линза оралиғида қарга жойлаштириш керак? Линзанинг мумкин бўлган вазиятларидан қайси бирида трубада кўринган тасвир энг катта бурчакли ўлчамга эга бўлади?

27-§. ФОТОМЕТРИЯ

Ёритилганлик юза бирлигига тушаётган ёруғлик оқими билан характерланади:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Ёруғлик кучи I бўлган изотроп манба r масофада жойлашган сиртда ҳосил қиладиган ёритилганлик:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi,$$

бу ерда φ — нурларнинг тушиши бурчаги.

Нурланувчанлик сон жиҳатидан ёруғлик тарқатаётган жисмнинг бирлик юзаси томонидан чиқарилаётган ёруғлик оқимига тенг:

$$M = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Агар жисмнинг нурланувчанлиги унинг ёритилганлиги билан боғлиқ бўлса,

$$M = \rho E,$$

бу ерда ρ — қайтариш коэффициенти.

Равшанлик сон жиҳатдан нурланаётган сирт элементи ёруғлик кучининг шу элементнинг кузатиш йўналишига перпендикуляр текисликка проекцияси юзасига бўлган нисбатига тенг:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \theta},$$

бу ерда θ — сирт элементига ўтказилган нормал билан кузатиш йўналиши орасидаги бурчак.

Равшанлик йўналишга боғлиқ бўлмаганда нурланувчанлик ва равшанлик қуйидаги муносабат билан ўзаро боғланади:

$$M = \pi L.$$

27.1. Минскда Ер сиртининг 22 декабрдаги ёритилганлиги 22 июндаги ёритилганлигидан неча марта кичик бўлади? Қуёшнинг баландлиги 22 июнда $59^\circ 37'$, 22 декабрда эса $12^\circ 43'$.

27.2. Агар изотроп нуқтавий ёруғлик манбаи ўзидан 2,00 м масофада 15,0 лк ёритилганлик ҳосил қилган бўлса, манба тарқатаётган тўла ёруғлик оқимини топинг.

27.3. Экран текислигидан a масофада жойлашган нуқтавий ёруғлик манбаи экран марказида E ёритилганлик ҳосил қилди. Манбанинг орқа томонида, ундан $a/2$ масофада a радиусли ботиқ кўзгу жойлаштирилса, экран марказидаги ёритилганлик қандай ўзгаради?

27.4. Ёруғлик кучи 60 кд бўлган нуқтавий ёруғлик манбаи томонидан ёритилаётган горизонтал сирт устида, нурлар йўлига йиғувчи линзани манба унинг фокусидида бўладиган қилиб жойлаштирилди. Агар манба остидаги сиртнинг ёритилганлиги 15 лк бўлса, линзанинг оптик кучини топинг.

27.5. Нуқтавий манбадан 1 м масофада экран турибди. Унинг ёритилганлигини орттириш учун манбанинг орқа томонида ўшанча масофада ёруғликни экранга қайтарадиган, идеал акс эттирувчи ясси кўзгу ўрнатилди. Агар манбанинг ёруғлик кучи 5 кд бўлса, у экран марказида қандай ёритилганлик ҳосил қилади?

27.6. Квадрат шаклидаги спорт майдончаси марказининг устида 5 м баландликда лампа осилиб турибди. Майдонча марказидан қанча масофада ер сиртининг ёритилганлиги марказдагидан 2 марта кам бўлади? Лампанинг ёруғлик кучи ҳамма йўналишларда бир хил, деб ҳисобланг.

27.7. Тўлин Ой ёритиб турган тундаги ёритилганлик қуёшли кундагига қараганда неча марта кичик бўлади? Қуёш ва Ойнинг горизонтдан баландликлари бир хил. Ойнинг ёритилган ярим сфераси ёруғликни фазога бир текис сочади, деб ҳисобланг. Ойдан Ёргача масофа 400 мм, Ойнинг радиуси $R_{Ой} = 2$ Мм деб ҳисобланг.

27.8. Йиғувчи линза буюмнинг табиий катталигидаги тасвирини беради. Агар линза ва буюмни силжитиш йўли билан тасвир юзаси 9 марта катталаштирилса, буюм тасвирининг ёритилганлиги неча марта камаяди?

27.9. Ҳар бирининг қуввати 150 Вт дан бўлиб, 4 м ва 5 м масофада жойлашган икки лампа билан ёритилган объектни суратга олиш учун 8 с экспозиция талаб қилинади. 3 м масофада жойлашган шундай битта лампа билан ёритилганда ўша объектни суратга олиш учун экспозиция қандай бўлиши керак?

27.10. Буюмни 2 марта кичиклаштириб суратга олинди. Шу буюмни табиий катталигида суратга олганда фотоплёнканинг ёритилганлиги қандай ўзгаради? Объектив диаметри буюмгача бўлган масофадан жуда кичик деб ҳисобланг. Фазовий бурчакни ҳисоблашда линза юзасини мос шар сегменти юзасига тенг деб олинг.

27.11. Расмни дастлаб бутунлигича узоқ масофадан туриб, сўнгра алоҳида қисмларини табиий катталиқда суратга олинди. Алоҳида қисмларни суратга олишда экспозиция вақтини неча марта ўзгартириш керак?

27.12. Буюмни табиий катталигида суратга олишда экспозиция вақти 2 с бўлди. Агар буюмнинг 5 марта катталаштирилган суратини олиш зарур бўлса, экспозиция қандай бўлиши керак?

27.13. Қуёшни суратга оладиган астрономик камера объективининг фокус масофаси 10 м. Объектив олдида диаметри 5 см бўлган доиравий диафрагма ўратилди. Ишлатилаётган фотоплёнка 10 лк. с сезгирликка эга. Бу шароитда экспозиция вақти қанча бўлиши керак? Қуёш нурлари уларга перпендикуляр бўлган юзада $E = 40$ клк ёритилганлик ҳосил қилади. Қуёшнинг бурчак диаметри 0,01 рад деб олинг.

27.14. Кичик буюмни икки хил масштабда: $3F$ масофадан ва $5F$ масофадан (F — объективнинг фокус масофаси) суратга олинди. Иккала ҳолда ҳам плёнкадаги тасвирнинг ёритилганлиги бир хил бўлиши учун объектив диафрагмаси диаметрини неча марта ўзгартириш керак? Объектив диаметри унинг фокус масофасидан анча кичик, деб ҳисобланг.

27.15. Радиуси 8 см бўлган сфера шаклидаги хира плафон ичига ўрнатилган лампанинг ёруғлик кучини топинг. Бундай ёриткичнинг равшанлиги 4480 кд/м², исроф коэффиценти $k = 0,01$.

27.16. Ёруғлик кучи 85 кд бўлган лампада 3 мм диаметрли чўғланган шарча нурланувчи жисм бўлиб хизмат қилади. Сферик колба: а) шаффоф шишадан; б) хира шишадан ясалган бўлса, лампа сиртининг равшанлигини топинг. Колбанинг диаметри 6 см. Ёруғликнинг колба қобигидаги исрофини ҳисобга олманг.

27.17. Радиуси 3 см бўлган нурланувчи дискнинг равшанлиги $L = 4 \cdot 10^3$ кд/м² бўлиб, йўналишга боғлиқ эмас. Диск сиртига нормал йўналишда, унинг марказидан 20 см масофада жойлашган нуқтадаги ёритилганликни топинг. Ёритилганликни ҳисоблашда дискни r радиусли диск марказида жойлашган, ёруғлик кучи $\pi L r^2$ бўлган нуқтавий ёруғлик манбан деб олинса, қанча хатоликка йўл қўйилган бўлади?

28-§. ЁРУҒЛИКНИНГ ҚУТБЛАНИШИ

Табий ёруғлик диэлектрикдан қайтганида Френель формулалари ўринли бўлади:

$$I_{\perp} = 0,5 I_0 \left[\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right]^2, \quad I_{\parallel} = 0,5 I_0 \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \right]^2,$$

бу ерда I_0 — тушаётган табий ёруғлик интенсивлиги, I_{\perp} — ёруғлик тўлқини кучланганлиги вектори \vec{R} нинг тебранишлари тушиш текислигига перпендикуляр бўлган қайтган ёруғлик интенсивлиги, I_{\parallel} — ёруғлик тўлқини кучланганлиги вектори \vec{E} нинг тебранишлари тушиш текислигига параллел бўлган қайтган ёруғлик интенсивлиги, α — тушиш бурчаги, β — синиш бурчаги.

Берилган сиртнинг қайтариниш коэффициенти:

$$R = \frac{(n - n_0)^2}{(n + n_0)^2},$$

бу ерда n_0 — ёруғлик тарқалаётган муҳитнинг синдириш кўрсаткичи n — сиртидан ёруғлик қайтаётган муҳитнинг синдириш кўрсаткичи.

Ёруғлик диэлектрикдан қайтганда қайтган нурнинг тўла қутбланиш шарти (Брюстер қонуни):

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n,$$

бу ерда α_B — нурнинг тушиш бурчаги, n — нисбий синдириш кўрсаткичи.

Поляризатор (қутблагич) ва анализатордан ўтган ёруғликнинг интенсивлиги (Малюс қонуни):

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

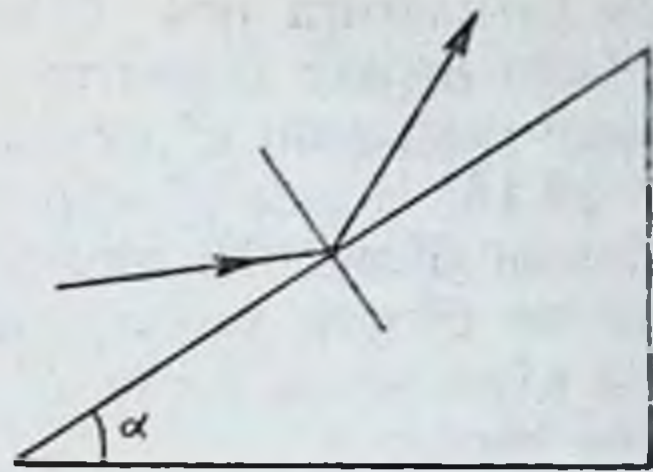
бу ерда φ — поляризатор (қутблагич) ва анализаторлар бош текисликлари орасидаги бурчак, I_0 — поляризатор (қутблагич) дан ўтган ёруғлик интенсивлиги.

Қутбланиш текислигининг бурилиш бурчаги $\varphi = \alpha l$, бу ерда α — модданинг табиатига ва ёруғликнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган бурилиш доимийси, l — ёруғликнинг модда ичида ўтган йўли.

Эритмалар учун $\varphi = \alpha' l C$, бу ерда C — модданинг эритмадаги концентрацияси, α' — солиштирма бурилиш.

28.1 Тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчаги 42° бўлган модданинг тўла қутбланиш бурчаги қандай бўлади?

28.2. Табiiй ёруғлик ясси-параллел шиша пластинкага тушади. Тушиш бурчаги тўла қутбланиш бурчагига тенг. Қайтган ёруғлик интенсивлиги тушаётган табiiй ёруғлик интенсивлигининг қанча қисмини ташкил қилади? Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,52.



28.1- расм

28.3. Табiiй ёруғлик шиша призмага тушади. Агар қайтган нур максимал қутбланган бўлса, призма ёқлари (28.1-расм) орасидаги α бурчакни аниқланг.

28.4. Табiiй ёруғлик билан сув билан тўлдирилган шиша идишнинг ясси тубидан қайтади. Қайтган нур максимал қутбланган бўлиши учун тушиш бурчаги қандай бўлиши керак? Шишанинг синдириш кўрсаткичи 1,52, сувники эса 1,33.

28.5. Эритма сиртига тушган ёруғлик қисман қайтади ва қисман синади. Сينيш бурчаги 35° бўлганда қайтган нур тўла қутбланган бўлса, эритманинг синдириш кўрсаткичини аниқланг.

28.6. Агар синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган шиша сиртига табiiй ёруғлик Брюстер бурчаги остида тушаётган бўлса, шишанинг қайтариш коэффициентини аниқланг.

28.7. Табiiй ёруғлик дастаси йўлига иккита бир хил қутбловчи мосламалар кетма-кет қилиб ўрнатилди. Маълум бўлишича, бу система қутбланиш текисликлари параллел бўлганда бу текисликлар айқаш бўлгандагига қараганда 10 марта кўпроқ ёруғлик ўтказар экан. Қутбланиш текисликлари параллел бўлганда алоҳида олинган ҳар бир мослама ва бутун система ҳосил қиладиган қутбланиш даражаларини топинг.

28.8. Анализатор ўзига тушаётган қутбланган ёруғлик интенсивлигини 2 марта сусайтиради. Қутблагич (поляризатор) ва анализаторлар бош текисликлари орасидаги бурчак қандай? Ёруғликнинг қайтишидаги нисрофларни ҳисобга олманг.

28.9. Табiiй ёруғлик нури кетма-кет равишда бош текисликлари орасидаги бурчак 60° бўлган қутблагич ва анализатордан ўтади. Анализатордан бошланғич ёруғлик оқимининг қанча қисми чиқади?

28.10. Қутблагич ва анализаторнинг бош текисликлари орасидаги бурчак 45° . Бу бурчакни 60° гача орттирилганда анализатордан чиқаётган ёруғликнинг интенсивлиги неча марта камаяди?

28.11. Бош текисликлари орасидаги бурчак 63° бўлиб, ҳар бирида тушаётган ёруғликнинг 10% и йўқоладиган иккита Николь призмаси орқали ўтган табiiй ёруғлик неча марта сусаяди?

28.12. Қисман қутбланган ёруғлик Николь призмаси орқали кузатилади. Николь призмаси ундан чиқаётган ёруғлик интенсивлиги максимал бўладиган ҳолга нисбатан 45° га бурилганда ёруғлик интенсивлиги 1,5 марта камайди. Тушаётган ёруғликдаги табiiй ва қутбланган қисмларнинг интенсивликлари нисбатини топинг.

28.13. Ясси қутбланган нур йўлига кристаллнинг оптик ўқиға параллел қилиб кесилган кварц пластинкаси ўрнатилди. Оддий ва ғайриоддий нурлар орасидаги йўл фарқи сариқ ёруғлик ($\lambda = 589$ нм) нинг $1/4$ тўл-

қни узунлигига тенг бўлиши учун пластинканинг қалинлиги қандай бўлиши керак? Берилган тўлқин узунликдаги ғайриоддий нур учун максимал синдириш кўрсаткичи 1,553, оддий нур учун эса 1,543.

28.14. Чорак тўлқинли ясси — параллел пластинка кварцдан кесиб олинган бўлиб, 16 мкм қалинликка эга. Пластинкага тўлқин узунлиги 589 нм бўлган монохроматик нур тушади. Агар оддий нур учун синдириш кўрсаткичи 1,544 бўлса, ғайриоддий нур учун синдириш кўрсаткичининг топинг.

28.15. Кварцнинг тўлқин узунлиги 0,4829 мкм бўлган ёруғлик учун синдириш кўрсаткичи $n_i = 1,553$ ва $n_o = 1,542$. Кварцдан унинг оптик ўқи бўйлаб кесиб тайёрланган чорак тўлқинли пластинканинг қалинлиги қанча бўлиши керак?

28.16. Тўлқин узунлиги 490 нм бўлган ёруғлик учун қутбланиш текислигининг бурилиш бурчаги 150° бўлган кварц пластинкасининг қалинлигини топинг. Берилган тўлқин узунлиги учун кварцнинг бурилиш доимийси $26,3^\circ/\text{мм}$.

28.17. Иккита ўзаро параллел Николь призмалари орасига 1 мм қалинликда оптик ўқига параллел қилиб кесиб олинган кварц пластинкаси жойлаштирилди. Бунда анализаторга тушаётган монохроматик ёруғликнинг қутбланиш текислиги 20° га бурилган. Ёруғлик анализатор орқали ўтмаслиги учун пластинканинг қалинлиги энг камида қандай бўлиши керак?

28.18. Узунлиги 18 см бўлган трубкага қуйилиб, қутблагичлар орасига жойлаштирилган қанд эритмаси натрий алангасидаги сариқ нурларнинг тебраниш текислигини 30° га буради. Агар қанднинг сариқ нурлар учун солиштирма буриши $66,7 \cdot 10^{-2^\circ}/(\text{м}^2 \cdot \text{кг})$ бўлса, 1 м³ ҳажмли эритмадаги қанд массасини топинг.

28.19. Шиша трубкага қуйилган қанд эритмасининг концентрацияси 0,3 г/см³. Бу эритма монохроматик ёруғликнинг қутбланиш текислигини 25° га буради. Худди шундай трубкага қуйилган, қутбланиш текислигини 20° га бурадиган эритманинг концентрациясини топинг.

28.20. Поляриметрнинг айқаштирилган Николь призмалари орасига қанд эритмаси қуйилган трубка жойлаштирилди. Бунда кўриш майдони максимал ёришди. Агар қанднинг концентрацияси 270 кг/м³; концентрацияси 100 кг/м³ бўлгандаги солиштирма бурилиш $66,5^\circ/\text{дм}$ бўлса, трубканинг узунлигини топинг.

29-§. ЁРУҒЛИҚ ДИСПЕРСИЯСИ ВА УНИНГ ЮТИЛИШИ. ЁРУҒЛИҚНИНГ СОЧИЛИШИ

Қалинлиги l бўлган модда қатламида ютилгандан сўнг чиққан ёруғлик интенсивлиги (Бугер қонуни):

$$I = I_0 e^{-kl},$$

бу ерда I_0 — ёруғликни ютадиган қатламга тушаётган ёруғлик интенсивлиги; k — ютилиш коэффициенти.

Ёруғликнинг эритмаларда ютилишида Бугер—Ламберт қонуни бажарилади: $I = I_0 e^{-k_1 c l}$, бу ерда k_1 — модданинг бирлик концентрацияси учун ютилиш коэффициенти, c — эритилган модда концентрацияси.

Эритманинг оптик зичлиги:

$$D = \lg \left(\frac{I_0}{I_l} \right) = \lg \left(\frac{I_0}{I_l} \right).$$

Ёруғлик интенсивлигининг сочилиш туфайли камайиши:

$$I_l = I_0 e^{-k'l},$$

бу ерда k' — сочилиш коэффициенти. Ёруғликнинг ютилиши ва сочилиш бараварига рўй берганда интенсивлик қуйидаги қонун бўйича ўзгаради:

$$I_l = I_0 e^{-\mu l},$$

бу ерда $\mu = k + k'$.

Моддада сочилган ёруғликнинг интенсивлиги тўлқин узунлигига боғлиқ (Рэлей қонуни):

$$I = \mu \frac{1}{\lambda^4},$$

бу ерда μ — сочилиш доимийси, λ — тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги.

Вавилов-Черенков ҳодисасида нурланишнинг тарқалиш йўналиши билан заррача тезлигининг вектори орасидаги бурчак:

$$\cos \Theta = \frac{c}{nv},$$

бу ерда v — зарядланган заррача тезлиги, n — муҳитнинг синдириш кўрсаткичи, c — ёруғликнинг вакуумида тарқалиш тезлиги.

29.1. Агар шаффоф моддаларнинг синдириш кўрсаткичи тўлқин узунликларнинг кичик интерваллари учун тўлқин узунлигига қуйидагича

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

боғланганлиги маълум бўлса, модда дисперсиясининг, фазавий ва группавий тезликларини аниқланг.

29.2. Ёруғликнинг углерод сульфидидаги группавий тезлигини топинг. Углерод сульфиди учун $\lambda = 0,527$ мкм тўлқин узунлигидаги синдириш кўрсаткичи $n = 1,64$, дисперсия эса

$$\frac{dn}{d\lambda} = -0,218 \text{ мкм}^{-1}.$$

29.3. Сувнинг синдириш кўрсаткичи $\lambda_1 = 441$ нм тўлқин узунликда $n_1 = 1,341$, $\lambda_2 = 589$ нм учун $n_2 = 1,334$. Сувда спектрининг кўк соҳаси (λ_1 ва λ_2 лар ўртасида) учун тарқалаётган ёруғликнинг фазавий ва группавий тезликларининг ўртача қийматларини топинг.

29.4. Шаффоф пластинка унга тушаётган ёруғликнинг ярмини ўтказди. Агар пластинканинг қалинлиги $l = 4,2$ см бўлса, ютиш коэффициентини топинг. Ёруғликнинг сочилишини ҳисобга олманг. Тушаётган ёруғлик оқимининг 10 % и пластинка сиртидан қайтади деб ҳисобланг.

29.5. Теплица ойнасининг қалинлиги 2 мм. Спектрнинг инфрақизил нурлар соҳаси учун шишани ютиш коэффициенти $0,62 \text{ см}^{-1}$. Энергиянинг қанча қисми ўсимликларга етиб боради?

29.6. Қалинлиги $d_1 = 3,8$ см бўлган пластинка унга тушаётган ёруғлик оқимининг $D_1 = 0,84$ қисмини ўтказди. Айна шундай моддадан тайёрланган, қалинлиги $d_2 = 9,0$ мм бўлган пластинка эса ўша ёруғлик оқимининг $D_2 = 0,70$ қисмини ўтказди. Шу модданинг ютиш коэффициентини топинг. Ёруғлик сиртга нормал тушади.

29.7. Тўлқин узунлиги $0,77$ мкм бўлган ёруғлик учун сувнинг ютиш коэффициенти $0,0024$ мм⁻¹. Қандай чуқурликда монохроматик нурлар дас-таси 2,7 марта сусаяди? Агар сувли филтрдан ўтган ёруғлик равшанлигини камайтирмай, сув қатлами қалинлигини 1 см дан 5 см гача ўзгартириш зарур бўлса, тушаётган ёруғлик равшанлигини қанчага орттириш керак?

29.8. Пластинкадан ўтганда тўлқин узунлиги λ_1 бўлган ёруғлик ютилиш туфайли N_1 марта, тўлқин узунлиги λ бўлган ёруғлик эса N_2 марта сусаяди. Агар тўлқин узунлиги λ_1 бўлган ёруғлик учун ютилиш коэффициенти k_1 бўлса, тўлқин узунлиги λ_2 бўлган ёруғлик учун ютилиш коэффициентини топинг.

29.9. Модданинг шаффоф эритувчидаги 4% ли эритмасида $l_1 = 20$ мм чуқурликда ёруғликнинг интенсивлиги 2 марта сусаяди. Шу модданинг 8% ли эритмасида $l_2 = 30$ мм чуқурликда ёруғликнинг интенсивлиги неча марта сусаяди?

29.10. Агар фотометрик майдонларнинг бир хил ёритилганлиги 3% ли эталон эритманинг 8 мм қалинлигида, текшириляётган эритманинг эса 24 мм қалинлигида олинган бўлса, текшириляётган эритманинг концентрациясини топинг.

29.11. Ёруғлик эритма қатлаидан ўтганда бошланғич ёруғлик энергиясининг $1/3$ қисми ютилади. Ўтказиш коэффициентини топинг.

29.12. Эритманинг ўтказиш коэффициенти $\tau = 0,3$ бўлса, унинг оптик зичлигини топинг.

29.13. Монохроматик ёруғлик қалинлиги $l = 15$ см бўлган модда қатлаидан ўтганда унинг интенсивлиги 4 марта камайди. Агар ютилиш коэффициенти $0,025$ см⁻¹ бўлса, сочилиш коэффициентини топинг.

29.14. Кўк ёруғлик ($\lambda_1 = 410$ нм) нинг молекуляр сочилиш интенсивлиги қизил ёруғлик ($\lambda_2 = 650$ нм) нинг сочилиши интенсивлигидан неча марта катта?

29.15. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,60$ бўлган моддада Вавилов-Черенков нурланиши вужудга келиши учун электроннинг тезлиги энг камида қандай бўлиши керак?

29.16. Вавилов—Черенков нурланиши бензолда кузатилади. Агар нурланиш йўналиши билан электрон тезлиги йўналиши орасидаги бурчак $38^\circ 30'$ бўлса, бензолдаги электрон тезлигини ва ёруғлик тезлигини топинг. Бензолнинг синдириш кўрсаткичи 1,50.

30-§. ОПТИКАДАГИ РЕЛЯТИВИСТИК ҲОДИСАЛАР РЕЛЯТИВИСТИК ҲОЛ УЧУН ДОПЛЕР ЭФФЕКТИ

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \beta \cos \theta},$$

бу ерда ν — кузатувчи томонидан қабул қилинаётган электромагнит нурланиш частотаси, ν_0 — қўзғалмас манба томонидан чиқариляётган нурла-

нишнинг хусусий частотаси, $\beta = \frac{v}{c}$, v — манбанинг кузатувчига нисбатан тезлиги, c — вакуумдаги электромагнит нурланиш тезлиги, θ — \vec{v} тезлик йўналиши билан кузатувчига боғланган системадаги кузатиш йўналиши орасидаги бурчак.

Манба кузатувчидан узоқлашаётганда ($\theta = 0$):

$$v = v_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$$

Манба кузатувчига яқинлашаётганда ($\theta = \pi$):

$$v = v_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}$$

30.1. Ёруғлик тезлигини ўлчаш бўйича Физо тажрибасида тишли филдиракдан кўзгугача бўлган масофа 10 км ни ташкил қилган. Ёруғликнинг кетма-кет йўқолишлари филдиракнинг 52 айл/с ва 72,8 айл/с айланиш тезликларида содир бўлган. Ёруғликнинг тезлигини топинг.

32.2. Дунё эфирини сув томонидан эргаштирилиши коэффициентини аниқлаш бўйича Физо ўтказган тажрибага ўхшаш тажрибада ёруғликнинг сувда босиб ўтган умумий йўли $2l = 2,00$ м. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 600$ нм. Сувни $u = 6,00$ м/с тезлик билан ҳаракатга келтирилганда интерференцион манзара нечта ΔN йўлга сурилади? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n = 1,33$.

30.3. Доплер эффе́ктини ҳисоблашда тақрибий $v = v_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$ формуладан фойдаланиш мумкин бўлиши учун нурланиш манбаининг максимал тезлиги қандай бўлиши керак? Частотани аниқлашдаги хатолик 1 % дан ошмаслиги зарур.

30.4. Туманлик Қуёш системасидан $v = \frac{1}{3}c$ тезлик билан узоқлашади. Тўлқин узунлиги $\lambda = 434$ нм бўлган водород чизиғи туманлик спектрининг қизил четига томон қандай масофага силжийди?

30.5. Монохроматик нурланиш манбаи $v = 0,1$ с тезлик билан кузатувчига томон ҳаракатланмоқда. Кузатувчининг спектрал асбоби бу манбаининг тўлқин узунлиги $\lambda = 0,542$ мкм бўлган нурланишни қайд қилди. Манба нурлантираётган тўлқин узунлиги қандай бўлган?

30.6. Ер орбитаси текислигида ётган юлдузнинг спектри ўрганилмоқда. Юлдуз спектридаги $\lambda = 0,4227$ мкм тўлқин узунлигини икки марта: Ер юлдузга томон ҳаракатланганда ва ярим йил кейин, Ер ҳаракатининг йўналиши қарама-қарши томонга бўлганда ўлчаш натижалари бир-биридан қанчага фарқ қилади?

30.7. Синдириш кўрсаткичи n бўлган муҳитда v тезлик билан ҳаракат қилаётган манба тўлқин узунлигининг нисбий ўзгариши $\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)$ ни топинг.

30.8. Доплер принципини тажрибада текшириб кўриш учун А. Белопольский қарама-қарши йўналишда тез айланаётган кўзгулардан ёруғликни қайтиши усулини қўллади. Агар тўлқин узунлиги λ бўлган монохроматик ёруғлик спектрографга тушишдан олдин N марта акс этса,

кўзгуларга нормал тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигининг ўзгаришини $\Delta\lambda$ топинг. Бир-бирига томон айланаётган кўзгуларнинг чизиқли тезлиги v .

30.9. Қуёш спектридаги H_α чизиқнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 656$ нм. Қуёш дискининг диаметрал қарама-қарши четларидан келаётган бу тўлқин узунлигини ўлчаш натижалари бир-биридан $\Delta\lambda = 0,088$ нм га фарқ қилди. Қуёшнинг ўз ўқи атрофида айланиш даври T ни топинг.

30.10. Радиолокациядаги қабул қилиш қурилмаси яқинлашиб келаётган объект тезлигини локатор томонидан жўнатилаётган ва ҳаракатдаги объектдан қайтган сигналлар ҳосил қилган дукиллаш частотасига кўра аниқлайди. Агар локатор $\lambda = 0,5$ м тўлқин узунлигида ишлаб, дукиллаш частотаси $\Delta\nu = 4$ кГц бўлса, яқинлашиб келаётган объектнинг тезлигини топинг.

31 - §. НУРЛАНИШНИНГ КВАНТ ХОССАЛАРИ

Фотон энергияси:

$$E = h \nu,$$

бу ерда h — Планк доимийси, ν — ёруғлик частотаси.
Фотоннинг релятивистик массаси ва импульси:

$$m = \frac{E}{c^2}, \quad p = \frac{h\nu}{c}.$$

Ташқи фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2},$$

бу ерда A — электроннинг чиқиш иши.
Нормал тушаётган ёруғлик босими:

$$p = \frac{I}{c} (1 + \rho),$$

бу ерда ρ — ёруғликни қайтариш коэффициентини, I — ёруғлик оқимининг сирт зичлиги.

Электронлар тормозланиши туфайли ҳосил бўладиган туташ рентген спектрининг қисқа тўлқинли чегараси λ_0 :

$$h\lambda_0 = eU,$$

бу ерда U — рентген трубкаси электродларига қўйилган потенциаллар айирмаси, ν_0 — тормозли рентген нурланиши ҳали юз бериши мумкин бўлган максимал частота.

Комптон эффекти:

$$\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\varphi}{2},$$

бу ерда $\lambda_c = h/(mc)$ — Комптон тўлқин узунлиги, φ — сочилиш бурчаги.

Ютувчи модда орқали ўтаётган рентген нурлари дастасининг интенсивлиги:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x},$$

бу ерда I_0 — модда сиртига тушаётган рентген нурлари интенсивлиги
 $\mu = \rho \mu_m$ — чизикли ютиш коэффициенти, ρ — модда zichлиги, μ_m — ютиш-
 нинг масса коэффициенти.

Абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги (Стефан-Больц-
 ман қонуни):

$$R_3 = \sigma T^4,$$

бу ерда σ — Стефан-Больцман доимийси, T — абсолют қора жисмнинг
 термодинамик ҳарорати (температураси).

Виннинг силжиш қонуни:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

бу ерда b — Вин доимийси.

Планк формуласи:

$$f(\omega T) = \frac{\hbar \omega^3}{4 \pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{\exp(\hbar \omega / kT - 1)},$$

бу ерда $\hbar = h/2\pi$, $\omega = 2\pi\nu$.

Абсолют қора жисмнинг максимал нурланиш қобилияти:

$$\varphi_{\lambda_{\max}} = CT^5,$$

бу ерда

$$C = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5).$$

Фотоннинг энергияси, импульси ва массаси

30.1. 1) қизил ($\lambda = 0,7$ мкм), 2) яшил ($\lambda \parallel 0,55$ мкм), 3) бинафша
 ($\lambda = 0,4$ мкм), 4) инфрақизил ($\lambda = 10$ мкм) нурланишлар фотоннинг
 энергиясини топинг.

30.2. Фотоннинг ($\lambda = 550$ нм) энергияси хона ҳароратидаги (17°C)
 кислород молекуласи илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энерги-
 ясидан неча марта катта?

30.3. Фотонларнинг энергияси $6 \cdot 10^{-19}$ Ж бўлган нурланиш кўри-
 нувчи ёруғлик таркибига кирадими?

31.4. Энергияси 10^{-19} Ж бўлган фотонга мос келадиган тўлқин
 узунлигини топинг. Бу тўлқин узунлиги спектрининг қайси қисмига
 тааллуқли?

31.5. Электронларнинг индукцион тезлаткичи (бетатрон) ёрдамида
 энергияси 100 МэВ бўлган γ -нурлар фотонини олиш мумкин. Бу нур-
 ларнинг тўлқин узунлиги қандай?

31.6. Тўлқин узунликлари: 1) $\lambda = 280$ нм ва 2) $\lambda = 254$ нм бўлган
 ёруғликлар частоталарини топинг ва уларга мос келган фотонлар энер-
 гияларини таққосланг.

31.7. 1) тўлқин узунликлари $\lambda = 0,40$ мкм ва $\lambda = 2$ нм бўлган нурла-
 ниш энергияси фотонининг; 2) γ — нурлар ($\lambda = 2,3$ нм) фотонининг реля-
 тивистик массасини топинг.

31.8. Релятивистик массаси электроннинг тинчликдаги массасига тенг
 бўлиши учун фотоннинг тўлқин узунлиги қандай бўлиши керак?

31.9. Релятивистик массаси $1,66 \cdot 10^{-30}$ кг бўлган фотонга қандай тўлқин узунлиги мос келади?

31.10. Фотоннинг энергияси 1 МэВ. Унинг импульсини топинг.

31.11. Тўлқин узунликлари 100 пм ва 2 пм бўлган рентген нурлари фотонининг энергиясини, релятивистик массаси ва импульсини топинг. Унинг релятивистик массасини электроннинг массаси билан таққосланг.

31.12. Лампанинг қуввати ҳамма томонга нурланиш кўринишида сочилди ва бу нурланишнинг ўртача тўлқин узунлиги 0,5 мкм деб ҳисоблаб, лампадан 50 см масофада нурларга перпендикуляр ҳолда жойлашган 1 см^2 юзага 1 с да тушаётган фотонлар сонини топинг. Лампанинг қуввати 25 Вт.

31.13. Нуқтавий ёруғлик манбаи $N = 100$ Вт қувватни истеъмол қилиб, ҳамма томонга бир текисда ёруғлик сочади. Нурланаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 589$ нм. Манбанинг ФИК 0,1 %. Манбадан 1 с ичида чиқаётган фотонлар сонини аниқланг.

31.14. Кучсиз ёруғлик оқимларининг флуктуациясини биринчи бўлиб С. И. Вавилов визуал усул билан пайқайди ва ўрганди. Ёруғлик оқимидаги фотонлар сони 1 с да 90 тадан 120 тага ўзгарган (частотаси бир хил). Бу ҳолда ёруғлик оқимлари қувватининг ўзгаришини топинг.

31.15. Қандай ҳароратда бир атомли газ молекулалари иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси тўлқин узунлиги $\lambda = 0,1$ нм бўлган рентген нурлари фотонининг энергиясига тенг бўлади?

Фотоэффект

31.16. А. Г. Столетов тажрибаси натижаларидан бири куйидагича ифодаланади: «Узунлиги 295 нм дан кам, синдириш кўрсаткичи энг юқори бўлган нурлар разрядловчи таъсирга эга бўлади». Шу маълумотлар асосида электронларнинг молибден сиртидан чиқиш ишини топинг.

31.17. Литийни тўлқин узунлиги 589 нм бўлган монохроматик ёруғлик билан ёритилса фотоэффект юз берадими?

31.18. Платина, кумуш, вольфрам, тантал ва цезий учун фотоэффектнинг қизил чегарасини топинг.

31.19. Темир, симоб, литий, натрий, калий учун фотоэффектнинг қизил чегараси мос равишда 262, 274, 517, 540, ва 620 нм га тенг. Электроннинг шу металллардан чиқиш ишини топиб, уни электрон-вольтларда ифодаланг.

31.20. Металл сиртига γ -нурлар ($\lambda = 1,2$ пм) тушмоқда. Электронларнинг чиқиш иши γ -фотонларнинг энергиясидан шу қадар кичикки, уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Агар электронларнинг учиб чиқиш тезлиги фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси бўйича ҳисобланса, унинг қиймати қандай бўлади? Олинган натижани қандай тушунтириш мумкин?

31.21. Тўлқин узунлиги 200 нм бўлган нурлар билан ёритилган молибден сиртидан учиб чиқаётган электронларнинг максимал тезлиги қандай бўлади?

31.22. Металлдан учиб чиқаётган электронларнинг максимал тезлиги 0,8 Мм/с бўлиши учун рух сиртига қандай узунликдаги электромагнит тўлқинини йўналтириш керак?

31.23. Никель сиртига монохроматик ёруғлик ($\lambda = 200$ нм) тушмоқда. Никель учун фотоэффектнинг қизил чегараси 248 нм. Фотонлар энергиясини, электронларнинг чиқиш ишини, уларнинг максимал кинетик энергиясини ва тезлигини топинг.

31.24. Платина учун фотоэффектнинг қизил чегараси 198 нм га яқин. Агар платина юқори ҳароратда қиздирилса, фотоэффектнинг қизил чегараси 220 нм бўлиб қолади. Қиздириш электронларнинг чиқиш ишини неча электрон-вольтга камайтиради?

31.25. Электрометрга уланган, зарядланмаган металл пластинкага рентген нурлар дастаси йўналтирилди. Пластинка $U = 124$ В потенциалгача зарядлангач ундан электронларнинг чиқиши тўхтади. Рентген нурларининг тўлқин узунлигини топинг. Электронларнинг чиқиш ишини ҳисобга олманг.

31.26. Рубидий учун фотоэффектнинг қизил чегараси 810 нм. Тўлқин узунлиги 100 нм бўлган ультрабинафша нурлар таъсирида рубидийдан уриб чиқарилган электронларнинг бирортаси ҳам тутиб қолувчи майдонни ерга олмаслиги учун фотоэлементга қандай тутуб қолувчи кучланиш қўйиш керак?

31.27. Изоляцияланган металл пластинка тўлқин узунлиги 450 нм бўлган ёруғлик билан ёритилди. Электронларнинг металлдан чиқиш иши 2 эВ. Ёруғлик тўхтовсиз таъсир қилиб турганда пластинка қандай потенциалгача зарядланади?

31.28. Частотаси $2,2 \cdot 10^{15}$ Гц бўлган ёруғлик маълум бир металлнинг сиртидан уриб чиқарган фотоэлектронлар 6,6 В потенциал билан, частотаси $4,5 \cdot 10^{15}$ Гц бўлган ёруғлик уриб чиқарган фотоэлектронлар эса 16,5 В потенциал билан тутиб қолинади. Планк доимийсини топинг (Планк доимийсини топишнинг бу усули П. И. Лукирский томонидан таклиф қилинган).

Ёруғликнинг босими

31.29. П. Н. Лебедевнинг ёруғлик босимини аниқлаш бўйича олиб борган тажрибаларида нурланиш энергияси оқими жуда сезгир бурама тарози қанотларига йўналтирилган. Агар тушаётган ёруғлик энергияси оқими $1,05$ кЖ/(м² · с) га тенг бўлса, ўлчаш қурилмасининг қорайтирилган ва ялтироқ қанотчаларига кўрсатилаётган босимни ҳисобланг.

31.30. Сиртдаги ёруғлик энергияси оқимининг зичлиги 7 кВт/м². Сирт: 1) нурларни тўла қайтарган; 2) тушган нурларни тўла ютган ҳоллар учун ёруғликнинг босимини топинг.

31.31. Ёруғликнинг ясси кўзгуга босими $0,2$ Па. Қайтариш коэффициентини $0,6$ бўлган кўзгу сиртига тушаётган ёруғликнинг интенсивлигини топинг. Ёруғлик оқими кўзгу сиртига нормал тушади.

31.32. Рус астрономи Ф. А. Бредихин кометалар думининг шаклини Куёш нурларининг босими билан тушунтирган. 1) Куёшдан Ергача бўлган масофага тенг узоқликда жойлашган абсолют қора жиемга Куёш нурлари бераётган босимни; 2) ёруғлик босими кучи Куёшга тортилиш кучига тенг бўлиши учун ўшанча масофада жойлашган комета думидаги заррача массаси қанча бўлиши кераклигини топинг. Ўзига тушаётган нурларни тўла қайтарадиган заррача юзасини $0,5 \cdot 10^{-8}$ см², Куёш доимий-

сини, яъни ҳар секунда Ер яқинида, унинг атмосферасидан ташқарида Қуёш нурларига перпендикуляр жойлашган 1 м^2 юзага Қуёш юбораётган нурланиш энергиясини $S = 1,4 \text{ кВт}$ деб ҳисобланг.

31.33. Қуввати $N = 9 \text{ Вт}$ бўлган ёруғлик оқими қайтариш коэффициентини $\rho = 0,8$ бўлган $S = 10 \text{ см}^2$ юзали сиртга нормал йўналишда тушади. Бунда сиртга қандай босим кўрсатилади?

31.34. Юзаси $S = 10 \text{ см}^2$ бўлган сиртга интенсивлиги $n = 10^{18} \text{ с}^{-1}$ бўлган фотонлар дастаси тушади. Тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 500 \text{ нм}$. Агар сиртнинг қайтариш коэффициентини $\rho = 0,7$ бўлса, сиртга кўрсатилаётган ёруғлик босимини топинг.

31.35. Электр лампаси $N = 45 \text{ Вт}$ қувватга мўлжалланган. Лампадан $r = 1 \text{ м}$ масофада тушаётган нурларга перпендикуляр жойлашган, қайтариш коэффициентини $\rho = 1$ бўлган ялтироқ сиртга таъсир қилаётган нурланиш энергиясининг босимини ҳисобланг.

31.36. Нурланишга $N = 600 \text{ Вт}$ қувват сарфлаётган кичик электр ёйи юзаси $S = 300 \text{ см}^2$ бўлган ботиқ кўзгунинг эгрилик марказига ўрнатилган. Ёй ҳамма йўналишда бир текис нурланади деб ҳисоблаб, ёруғликнинг кўзгуга кўрсатаётган босимини топинг. Кўзгунинг эгрилик радиуси $r = 10 \text{ см}$, кўзгу идеал қайтаради, деб ҳисобланг.

31.37. Электр лампасининг колбаси радиуси $r = 3 \text{ см}$ бўлган сферадан иборат. Колба деворининг бир қисмига ичкари томондан кумуш юритилган. Лампа $N = 60 \text{ Вт}$ қувватни истеъмол қилиб, ундан 80% ини нурланишга сарфлайди. Колбадаги газнинг босими ($p_2 = 13,3 \text{ мкПа}$) колба деворининг қайтариш коэффициентини $\rho = 0,8$ бўлган кумуш юритилган қисмига кўрсатилаётган ёруғлик босимидан неча марта кичик эканлигини топинг.

31.38. Агар Қуёш ёруғлигининг йўлдошга таъсир қилаётган босим кучи $11,2 \text{ мН}$, йўлдош сиртининг қайтариш коэффициентини $\rho = 1$, Қуёш доимийси $s = 1,4 \text{ кВт/м}^2$ (31.32 - масалага қаранг) бўлса, Ер атрофида ҳаракат қилаётган шар шаклидаги йўлдошнинг диаметрини топинг. Қуёш ёруғлигининг атмосферадаги ютилишини ҳисобга олманг.

Тормозланиш рентген нурланиши

31.39 Рентген трубкасида 10 кВ потенциаллар айирмасини ўтган электроннинг тезлигини топинг.

31.40. Рентген трубкасининг антикатодида электронларнинг тормозланиши туфайли вужудга келган рентген нурлари туташ спектридаги энг қисқа тўлқин узунлиги $\lambda = 0,5 \text{ нм}$. Электронларнинг энг катта тезлиги қандай бўлади?

31.41. Рентген трубкасининг антикатоди тезлиги 100 Мм/с бўлган электронлар билан бомбардимон қилинмисқда. Электроннинг релятивистик массаси унинг тезлигига боғлиқлигини ҳисобга олиб, туташ спектрли рентген нурланишининг максимал частотасини топинг.

31.42. 40 кВ кучланишда ишлайдиган трубкада олинган рентген нурларининг энг қисқа тўлқин узунлиги 31 пм га тенг. Шу маълумотларга асосланиб Планк доимийсини ҳисоблаб топинг.

31.43. Рентген трубкаси 30 кВ кучланишда ишлайди. Рентген нурланиши тўлқин узунлигининг энг кичик қийматини топинг.

Комптон эффекти. Рентген нурлари интенсивлиги

31.44. Комптон эффекти фотонларнинг эркин электронларда сочилишида кузатилади. 1) Моддадаги қандай электронларни эркин деб ҳисоблаш мумкин? 2) Нима сабабдан Комптон эффекти кўринувчи нурлар сочилишида кузатилмайди?

31.45. Комптон эффекти назариясига кўра тўлқин узунлигининг сочилишдаги ўзгариши сочувчи модданинг табиатига боғлиқ эмас. Бу хулосани жуда ҳам аниқ ҳисоблаш мумкинми?

31.46. Бошланғич пайтда тинч турган эркин протонларда ёруғликнинг 90° бурчак остида сочилишида тўлқин узунлигининг ўзгаришини топинг.

31.47. Кўринадиган ёруғлик ($\lambda = 500$ нм) ва γ -нурлар ($\lambda = 5$ нм) тинч турган эркин электронларда сочилгандан Комптон силжишини ва тўлқин узунлигининг нисбий ўзгаришини топинг. Сочилиш бурчаги 90° .

31.48. Релятивистик электрон билан тўқнашган фотон 60° бурчак остида сочилди, электрон эса қарийб ҳамма кинетик энергиясини йўқотди. Агар фотон тўқнашишгача $0,51$ МэВ энергияга эга бўлган бўлса, сочилгандан сўнг унинг тўлқин узунлигининг ўзгаришини топинг.

31.49. Фотонларнинг дастлаб тинч турган эркин электронларда ва водород атоми ядроларида сочилганда тўлқин узунлигининг максимал Комптон ўзгаришини топинг.

31.50. Тўлқин узунлиги $56,3$ пм бўлган рентген нурлари графит тахтачасида сочилади. Рентген нурларининг бошланғич йўналишига нисбатан 120° бурчак остида сочилган нурларнинг тўлқин узунлигини топинг.

31.51. Тўлқин узунлиги $2,7$ пм бўлган γ -нурлар Комптон эффекти туфайли сочилади. Бошланғич йўналишга 180° бурчак остидан сочилган нурланишнинг тўлқин узунлиги тушаётган нурланишнинг тўлқин узунлигидан неча марта катта бўлади?

31.52. Эркин электрон билан тўқнашган қаттиқ рентген нурлари фотони ($\lambda = 24$ нм) ўз энергиясининг 9% ини электронга узатган. Сочилган рентген нурларининг тўлқин узунлигини топинг.

31.53. Комптон сочилишида рентген нурларининг тўлқин узунлиги $2,4$ пм га ўзгарди. Агар сочилишгача рентген нурларининг тўлқин узунлиги $10,0$ пм бўлган бўлса, сочилиш бурчагини ва тепки борувчи электронга узатилган энергияни топинг.

31.54. Тўлқин узунлиги 3 пм бўлган тушаётган фотон $60,90$ ва 180° бурчак остида сочилганда тепки берувчи электрон қанча энергия олади?

31.55. Энергияси $E = 0,75$ МэВ бўлган фотон эркин электрон билан тўқнашиб, $\varphi = 60^\circ$ бурчак остида сочилди. Сочилган фотон энергияси E' ни тепки электроннинг кинетик энергиясини ва импульсини топинг. Электроннинг тўқнашишгача бўлган кинетик энергиясини ҳисобга олманг.

31.56. Тўлқин узунлиги $\lambda = 1,24$ пм бўлган рентген нурлари $d = 1,5$ см қалинликдаги темир қатламидан ўтади. Бунда рентген нурларининг интенсивлиги неча марта камади? Мазкур тўлқин узунлиги учун темирнинг массавий ютиш коэффициенти $\mu_m = 5,6 \cdot 10^{-3}$ м²/кг.

31.57. Маълум бир тўлқин узунликдаги тушувчи рентген нурлари

интенсивлигини икки марта камайтирадиган қўрғошин қатламининг қалинлигини топинг. Мазкур тўлқин узунлиги учун қўрғошиннинг массавий ютиш коэффициентини $\mu_m = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$.

Иссиқлик нурланиши

31.58. Печнинг юзаси 4 см^2 бўлган тирқишидан 1 с да $22,7 \text{ Ж}$ энергия нурланаётган бўлса, унинг ҳарорати қандай бўлади? Нурланишни абсолют қора жисм нурланишига яқин деб ҳисобланг.

31.59. Нурланиш туфайли Ер юзаси 1 м^2 бўлган сиртидан ҳар минутда $5,4 \text{ кЖ}$ энергия йўқотади. Қандай ҳароратда абсолют қора жисм ҳам шунча энергияни нурлантиради?

31.60. Қуёш сиртининг ҳароратини 5800 К га тенг деб олиб, унинг 1 м^2 юзали сиртидан 1 мин да нурлаётган энергияни ҳисоблаб топинг. Қуёш абсолют қора жисм каби нурланади деб ҳисобланг.

31.61. Ҳарорати 20°С бўлган хонада турган 10 см радиусли абсолют қора шар нурланишининг қувватини топинг.

31.62. Абсолют қора жисмнинг ҳарорати 727°С дан 1727°С гача орттирилди. Бунда жисм нурлантираётган энергия неча марта ортади?

31.63. Абсолют қора жисмнинг ҳарорати 127°С . Ҳарорат орттирилгандан сўнг нурланишининг умумий қуввати 3 марта ортди. Бунда ҳарорат қанчага ортган?

31.64. Сувининг ҳарорати 97°С бўлган қозон кузатувчининг сиртидаги ҳарорат 27°С бўлган қўлига энергия нурлантиради. Худди шундай масофада жойлашган шунча сиртга эга бўлган 0°С ҳароратли жисм бир хил вақт оралиғида неча марта кўп энергия олади? Нурланишни абсолют қора жисм нурланишига яқин деб олинг.

31.65. Сиртининг умумий юзаси 1000 м^2 бўлган 0°С ҳароратли ғиштин бино бир сутка мобайнида қанча энергия нурлантиради? Берилган ҳароратда сувалган ғиштин девор билан абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанликлари нисбати $k = 0,8$.

31.66. Ҳарорати 727°С бўлган пўлат ғўла сиртининг 1 см^2 юзасидан 1 секундда 4 Ж энергия нурлантиради. Берилган ҳарорат учун пўлат ғўла билан абсолют қора жисм энергетик ёритувчанликларининг нисбатини топинг. Бу нисбатни ҳамма тўлқинлар учун бир хил деб ҳисобланг.

31.67. Иссиқлик ўтказувчанлик туфайли бўладиган исрофларни ҳисобга олмай, диаметри 1 мм ва узунлиги 20 см бўлган симни 2500 К ҳароратгача қиздириш учун зарур бўладиган электр токининг қувватини топинг. Сим абсолют қора жисм каби энергия нурлантиради ва мувозанат қарор топа бориши билан симда ажралаётган иссиқлик миқдорининг ҳаммаси нурланишга сарфланади деб ҳисобланг.

31.68. Қуввати 25 Вт бўлган вакуум лампасининг вольфрамдан ясалган чўғланма толаси сиртининг юзаси $0,403 \text{ см}^2$, толанинг чўғланиш ҳарорати эса 2177°С га тенг. Лампа у билан бир хил юзали шунча ҳароратли абсолют қора жисмдан неча марта кам энергия нурлантиради? Мувозанат қарор топа бориши билан толада ажраётган иссиқлик миқдорининг ҳаммаси нурланишга сарфланади деб ҳисобланг.

31.69. Қуёш доимийси $C=1,4$ кВт/м² (31.32-масалага қаранг). Қуёш абсолют қора жисм сиргари нурланади деб ҳисоблаб, унинг нур сочаётган сирти ҳароратини топинг.

31.70. Ер яқинида, атмосферадан ташқарида жойлашган абсолют қора пластинка сиртига перпендикуляр тушаётган нурлар билан ёритилади. Агар Қуёш доимийси $C=1,4$ кВт/м² (31.32-масалага қаранг) бўлса, пластинканинг қарор топган ҳароратини аниқланг.

31.71. 1227°С ҳароратгача қиздирилган 10 см диаметрли темир шар очиқ ҳавода совитилмоқда. Қанча вақтдан кейин унинг ҳарорати 1000 К га тушади? Ҳисоблашда темир билан абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанликлари нисбатини 0,5 деб олинг. Ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлигини ҳисобга олманг.

31.72. Ингичка вольфрам симни вакуумда кучли электр токи билан ёндириб юборишда қисқа вақт ичида жуда юқори ҳарорат ҳосил бўлади. Симнинг нурланиш қобилияти максимал бўладиган тўлқин узунлиги 145,0 нм. Симнинг ёниш momentiдаги ҳароратини топинг.

31.73. Қуёш сиртининг ҳарорати 5800 К; унинг максимал нурланиш қобилиятига мос келадиган тўлқин узунлиги спектрнинг қайси қисмида жойлашган?

31.74. Юлдуз сиртининг ҳарорати 12000 К. Агар Ер атмосфераси тўлқин узунлиги 290 нм дан қисқа бўлган нурларнинг ҳаммасини ютиб қолса, юлдуз сиртининг ҳароратини Виннинг силжиш қонунини бўйича аниқлаш мумкинми?

31.75. Агар максимал нурланиш қобилияти 725,0 нм тўлқин узунлигига тўғри келаётган бўлса, абсолют қора жисмнинг ёруғлик чиқараётган 1 см² юзаси 1 с да қанча энергия нурлантиради?

31.76. Печдаги юзаси 10,0 см² бўлган тирқишдан 1 минутда 250,0 кЖ энергия нурланади. Максимал нурланиш қобилиятига тўғри келадиган тўлқин узунлиги спектрнинг қайси соҳасида жойлашган?

31.77. Абсолют қора жисм нурланишининг максимал нурланиш қобилияти 680 нм тўлқин узунлигига тўғри келади. Юзаси 1 см² бўлган бу жисм 1 с ичида қанча энергия нурлантиради ва нурланиш туфайли унинг массаси 1 с да қанчага камаяди?

31.78. Абсолют қора жисм нурланиш қобилиятининг максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги 720,0 нм, нурланаётган сирт юзаси 5,0 см² га тенг. Нурланиш қувватини топинг.

31.79. Нурланиш қобилиятининг максимуми 700,0 нм дан 600,0 нм га кўчганда абсолют қора жисм нурланишининг қуввати неча марта ортади?

31.80. Чўғланма электр лампаси ишлаганда вольфрам толанинг қизиб кетиши оқибатида нурланиш қобилиятининг максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги 1,4 мкм дан 1,1 мкм га ўзгарди. Толани абсолют қора жисм деб ҳисобланса, максимал нурланиш қобилияти неча марта ортади? Бунда толанинг ҳарорати қанчага ўзгаради?

31.81. Қиздирилганда абсолют қора жисмнинг ҳарорати 1327°С дан 1727°С гача ўзгарди. Бунда нурланиш қобилиятининг максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги қанчага ўзгаради ва максимал нурланиш қобилияти неча марта ортади?

31.82. Планк формуласидан фойдаланиб Стефан—Больцман қонунини келтириб чиқаринг ва Виннинг силжиш қонунидаги доимийнинг сон қийматини топинг.

32-§. МОДДАНИНГ ТЎЛҚИН ХОССАЛАРИ

Де Бройль тўлқини узунлиги:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Гейзенбергнинг ноаниқлик принципи:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2, \Delta E \Delta t \geq \hbar/2,$$

бу ерда Δp_x — заррача импульсининг x ўққа проекциясининг ноаниқлиги, Δx — заррача координатасининг ноаниқлиги, ΔE — берилган квант ҳолати энергиясининг ноаниқлиги, Δt — системанинг берилган ҳолатда бўлиш вақти.

Шрёдингер тенгламаси:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U \psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t},$$

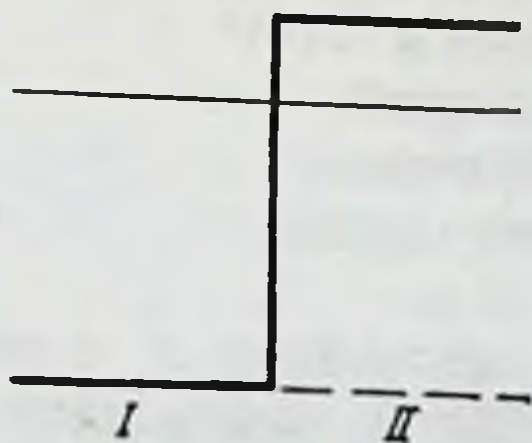
бу ерда m — заррача массаси, i — мавҳум бир, $\psi(x, y, z, t)$ — тўла тўлқин функцияси, U — заррачанинг потенциал энергияси:

$$\nabla^2 \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}.$$

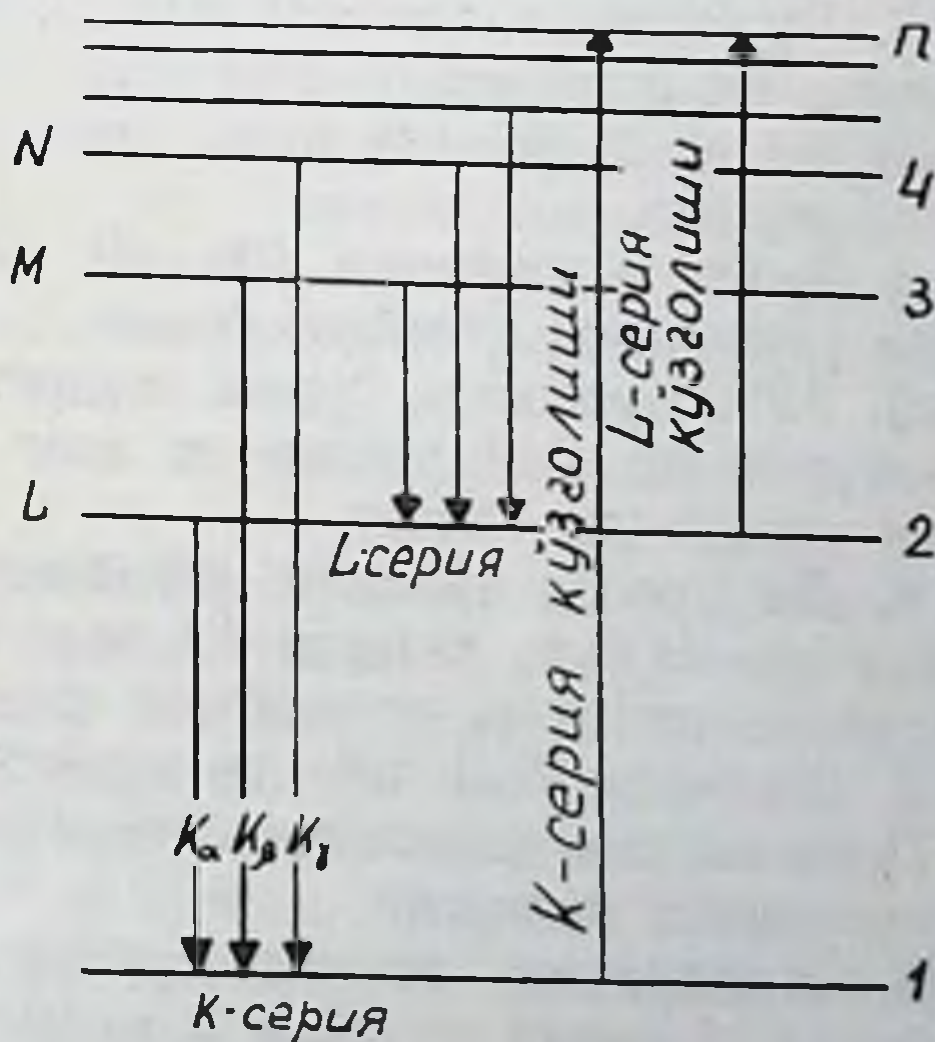
Стационар ҳолатлар учун Шрёдингер тенгламаси:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0,$$

бу ерда E — заррачанинг тўла энергияси.



32.1- расм



32.2- расм

Тўлқин функциялари куйидаги нормалаш шартини қаноатлантиради:

$$\int \psi^* \psi dV = 1.$$

Де Бройль тўлқинларининг чексиз катта кенгликдаги паст ($U - E$) потенциал тўсиқдан (32.1-расм) қайтиш коэффициентни:

$$R = (K_1 - K_2)^2 / (K_1 + K_2)^2,$$

бу ерда K_1, K_2 — I ва II соҳалардаги тўлқин сонларининг қиймати (тўлқин сони $K = 2\pi / \lambda$).

$U(x)$ потенциал тўсиқнинг шаффофлик коэффициенти:

$$D \approx \exp \left[-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(U - E)} dx \right],$$

бу ерда x_1 ва x_2 — ораларида $U > E$ бўлган нуқталарнинг координаталари.

Рентген спектрлари ҳосил бўлиши схемаси (32.2-расм).

K_α чизиқлар учун Мозли қонуни:

$$\omega = \frac{3}{4} R^* (Z - \sigma)^2,$$

бу ерда $R^* = 2\pi c R$, R — Ридберг доимийси, Z — антикатод тайёрланган элементнинг тартиб номери, σ — енгил элементлар учун 1 га тенг бўлган тузатма.

Де Бройль тўлқинлари

32.1. 1) 20 км/с ва 2) 0,8 км/с тезлик билан ҳаракатланаётган электрон учун де Бройль тўлқини узунлигини топинг.

32.2. Ўртача кинетик энергияси хона ҳароратидаги газ атомларининг ўртача энергиясига яқин бўлган «иссиқлик нейтронлари» нинг тезлиги 2,5 км/с. Бундай нейтронлар учун де Бройль тўлқини узунлигини топинг.

32.3. Проекцион типдаги телевизион трубкалардаги электронлар 10^8 м/с тезликкача тезлаштирилади. Массанинг тезликка боғланишини: 1) ҳисобга олмасдан ва 2) ҳисобга олган ҳолда катод нурларининг тўлқин узунлигини аниқланг.

32.4. Кинетик энергияси 100 эВ бўлган протон учун де Бройль тўлқини узунлигини ҳисоблаб топинг.

32.5. 25°C ҳароратда ўртача квадратик тезлик билан ҳаракатланаётган α -заррачалар, нейтронлар ва азот молекулалари учун де Бройль тўлқини узунлигини топинг.

32.6. Де Бройль тўлқини узунликлари 100 пм бўлган электрон, кислород молекуласи, радиуси 0,1 мкм ва зичлиги 2000 кг/м^3 бўлган заррачанинг кинетик энергияларини ҳисоблаб топинг.

32.7. Электрон 510 кВ ли тезлатувчи потенциаллар айирмасидан ўтди. Релятивистик ҳодисаларни ҳисобга олган ҳолда де Бройль тўлқини узунлигини аниқланг.

32.8. Электронлар рентген трубкасининг антикатодида тормозланганда қисқа тўлқинли чегараси $\lambda_0 = 10^{-10}$ м бўлган тормозланиш рентген спектри вужудга келади. Электронни релятивистик заррача деб ҳисоблаб, унинг учун де Бройль тўлқини узунлигини топинг.

32.9. Потенциаллар айирмаси $U = 40$ эВ бўлганда рентген трубка-сида вужудга келадиган нурларнинг чегаравий тўлқин узунлигига тенг узунликдаги де Бройль тўлқинига зид бўлган протоннинг кинетик энергиясини топинг.

32.10. Никель кристаллининг сиртига, шу сиртга нисбатан $\varphi = 64^\circ$ бурчак остида бир хил тезлик билан ҳаракатланаётган электронларнинг параллел дастаси тушмоқда. Кристаллнинг мазкур сиртига параллел текисликлари орасидаги масофа $d = 200$ пм. Агар электронлар 1-тартибли интерференцион қайтишда иштирок этган бўлса, Вульф—Брегг тенгламасидан фойдаланиб, электронларнинг тезлигини топинг.

32.11. Литий фторид Li F сиртига ўзгармас тезлик билан электронлар дастаси тушади. $\varphi = 1^\circ 30'$ бурчак остида иккинчи дифракцион максимум кузатиладиган ҳол учун тезлатувчи потенциаллар айирмасини топинг. Мас атом текисликлари орасидаги масофани $d = 380$ пм деб ҳисобланг.

Гейзенбергнинг ноаниқлик принципи

32.12. Абсцисса ўқи бўйлаб ҳаракатланаётган электронлар тезлигининг ноаниқлиги $\Delta U = 10^2$ м/с. Бунда электроннинг вазиятини ифодаловчи x координатанинг ноаниқлиги қандай бўлади?

32.13. Водород молекулалари $T = 300$ К ҳароратдаги иссиқлик ҳаракатида иштирок этади. Водород молекулалари координатасининг ноаниқлиги Δx ни топинг.

32.14. Водород атомидаги электрон тезлигининг ноаниқлиги қандай бўлади? Тезликнинг топилган қиймати биринчи Бор орбитасидаги электрон тезлигидан неча марта ортиқ? Электрон координатасини аниқлашдаги энг катта хатолик водород атоми ўлчами билан бир хил тартибда ($d \approx 10^{-10}$ м) бўлади деб ҳисобланг.

32.15. 32.14-масала шартидан фойдаланиб, водород атомидаги электрон учун де Бройль тўлқини узунлигини чамалаб топинг.

32.16. Водород атоми уйғонган ҳолатининг давомлилиги тахминан $\Delta t = 10^{-7}$ с. Бу ҳолатда энергиянинг ноаниқлиги қандай бўлади?

32.17. Водород атомидаги электрон координатасини топишдаги энг кичик хатолик 10^{-10} м тартибда бўлади. Уйғонмаган водород атомидаги электроннинг ўртача кинетик энергиясининг ноаниқлигини топинг.

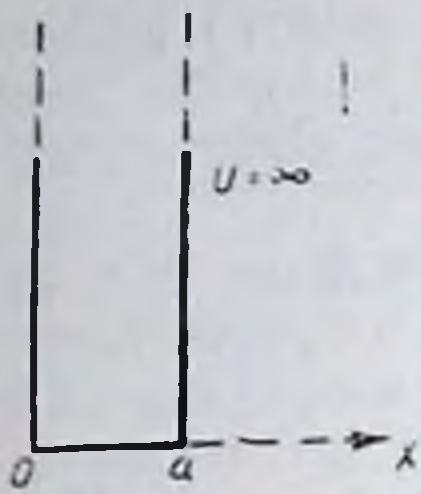
Шрёдингер тенгламаси

32.18. Эркин заррача учун бир ўлчамли, вақтга боғлиқ бўлган Шрёдингер тенгламасининг умумий ечимини топинг.

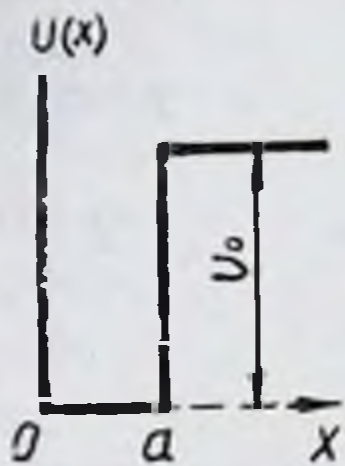
32.19. Чексиз баланд деворларга эга бўлган тўғри бурчакли потенциал ўрадаги электрон учун Шрёдингер тенгламасини ечиш энергия қийматларининг дискретлигига олиб келишини исботланг.

32.20. Электрон эни $a = 10^{-9}$ м бўлган, деворлари абсолют ўтказмайдиган бир ўлчовли чексиз чуқур потенциал ўрада жойлашган. Электрон энергиясининг энг кичик қийматини топинг.

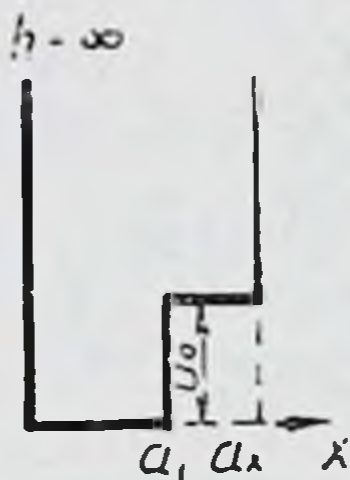
32.21. Нейтрон эни $a = 10^{-14}$ м бўлган, деворлари абсолют ўтказмайдиган бир ўлчовли чексиз чуқур потенциал ўрада жойлашган. Нейтрон-



32.3- расм



32.4- расм



32.5- расм



32.6- расм

нинг иккита қўшни энергетик сатҳлари орасидаги энг кичик фарқни топинг.

32.22. Массаси m бўлиб, қуйидаги

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & \text{агар } x \leq 0, \quad x \geq a \text{ бўлса;} \\ 0, & \text{агар } 0 < x < a \text{ бўлса} \end{cases}$$

майдонда (32.3- расм) жойлашган заррача учун энергия операторининг хусусий функцияларини ва хусусий қийматларини топинг.

32.23. Массаси m бўлган микрзаррача потенциал ўрада (32.4-расм) жойлашган. Энергиянинг $E < U_0$ соҳасидаги заррачаларнинг тўлқин функцияларини ва улар энергиясининг хусусий қийматлари спектрини топинг. $x > a$ бўлганда $U(x) = U_0$, $0 \leq x \leq a$ бўлганда $U(x) = 0$, $x = 0$ бўлганда эса $U(x) \rightarrow \infty$, деб ҳисобланг.

32.24. Микрзаррача бир ўлчовли чексиз чуқур потенциал ўрада (32.5-расм) жойлашган. Заррачанинг тўла энергияси $E < U_0$ бўлган ҳол учун берилган заррача энергиясининг мумкин бўлган қийматларини аниқловчи тенгламани топинг.

32.25. Энергияси $E = 16,0$ эВ бўлган электронлар ўз йўлида баландлиги $U = 4,0$ эВ бўлган тўғри бурчакли потенциал тўсиққа дуч келади (32.6-расм). Мазкур тўсиқ учун де Бройль тўлқинларини қайтариш коэффициенти R ва ўтказиш коэффициенти D ни топинг.

Мозли қонуни

32.26. Алюминийнинг K_α -чизиғининг тўлқин узунлигини топинг

32.27. Темирнинг K_α -чизиғининг тўлқин узунлиги 193 пм эканлиги маълум бўлса, миснинг K_α -чизиғининг тўлқин узунлигини ҳисоблаб топинг.

32.28. K_α -чизиқларининг тўлқин узунликлари 193 пм ва 154 пм бўлган элементлар оралиғида нечта элемент бор?

32.29. Мис антикатодли трубкада кучланиш 20 кВ бўлган ҳолдаги туташ рентген спектрининг қисқа тўлқинли чегараси ва K_α -чизиқ орасидаги тўлқин узунликлари фарқини топинг.

32.30. Молибден учун тузатмани $\sigma = 1$ деб олиб, молибден катодли рентген трубкасидаги кучланиш энг камида қанча бўлганда K_α сериядаги чизиқлар ҳосил бўлишини аниқланг.

33-§. АТОМНИНГ РЕЗЕРФОД — БОР МОДЕЛИ

Ядро атрофида ҳаракат қилаётган электрон импульсининг моменти \hbar га қаррали:

$$L = mv_k r_k = k\hbar,$$

бу ерда m — электроннинг массаси, U_k — унинг k -орбитадаги тезлиги, r_k — шу орбитанинг радиуси, $k = 1, 2, 3 \dots$ — бутун мусбат сон (бош квант сони).

Ёруғлик фотонининг энергияси орасида электроннинг квант сакраши рўй берадиган стационар ҳолатлар энергияларининг айирмасига тенг:

$$\hbar \omega = E_n - E_k,$$

бу ерда E_n — электроннинг n — орбитадаги энергияси, E_k — унинг k — орбитадаги энергияси, ω — нурланиш частотаси.

$E_n > E_k$ бўлганда фотон чиқарилади, $E_n < E_k$ бўлганда ω частотали фотон ютилади.

Водородсимон атом кичик энергиясининг рухсат этилган қийматлари:

$$E_k = -\frac{me^4}{2\hbar^2} \cdot \frac{z}{k^2}.$$

Бальмернинг умумлашган формуласи (33.1-расм):

$$\omega = R^* Z^2 \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad R^* = \frac{me^4}{2\hbar^3},$$

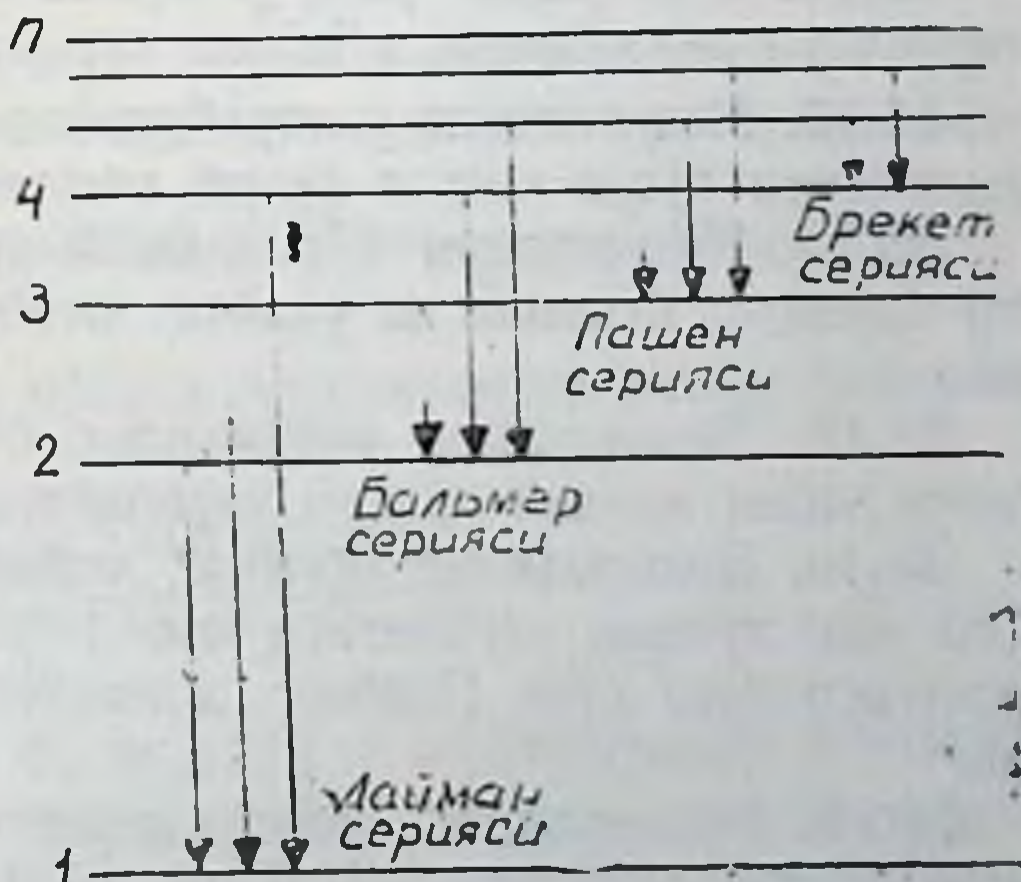
бу ерда ω — квант сонлари k ва n бўлган энергетик сатҳлар орасидаги ўтиш частотаси.

33.1. Атомнинг Резерфорд—Бор модели тасаввурларидан фойдаланиб электроннинг орбита бўйлаб ҳаракат тезлиги формуласини келтириб чиқаринг. Водород атомининг биринчи иккита доиравий орбитасидаги электроннинг тезлигини ҳисоблаб топинг.

33.2. Электрон водород атомининг иккинчи орбитаси бўйлаб ҳаракат қилади. Де Бройль тўлқини узунлигини топинг.

33.3. Стационар электрон орбитаси турғун ҳолат ҳисобланади. Квантланиш шартларидан фойдаланиб, рухсат этилган электрон орбитаси радиусининг формуласини келтириб чиқаринг. Водород атомидаги электронларнинг биринчи иккита орбитаси радиусларини топинг.

33.4. Квантланиш шартлари ёрдамида электроннинг орбитадаги марказга интилма тезланиши



33.1- расм

формуласини келтириб чиқаринг. Водород атомининг биринчи иккита орбитасидаги электроннинг тезланишини топинг.

33.5. Водород атомидаги қайси орбитада электроннинг тезлиги 734 км/с бўлади?

33.6. Водород атомининг биринчи ва иккинчи доиравий орбиталари учун Кулон тортишиш кучи ва электр майдони кучланганлиги қийматларини топинг.

33.7. Асосий ҳолатда турган водород атоми энергияси 12,09 эВ бўлган фотон билан уйғотилганда электрон орбитасининг радиуси неча марта катталашади?

33.8. Водород атоми ν частотали фотон нурлантиради. Атом нурланишидаги тепки туфайли фотон частотасининг ўзгаришини топинг.

33.9. Частотаси ω бўлган фотон m_0 массали тинч турган атом томонидан ютилди. Атомнинг фотон ютилгандан кейинги тезлигини топинг.

33.10. Водород атомидаги электрон n -орбитадан k -орбитага ўтганида ($k = 1$) тўлқин узунлиги $\lambda = 102,6$ нм бўлган фотон нурланади. n -орбитанинг радиусини топинг.

33.11. Водород атоми нормал ҳолатдан бош квант сони 2 бўлган уйғотилган ҳолатга ўтказилди. Водород атомини мазкур уйғотилган ҳолатга ўтказиш учун зарур бўлган энергияни топинг.

33.12. Ҳар бир рухсат этилган электрон орбитасига маълум энергия сатҳи мос бўлиб, бу энергияни электроннинг потенциал E_p ва кинетик E_k энергиялари йиғиндисига тенг деб қараш мумкин. Электроннинг k -орбитадаги тўлиқ энергияси формуласини келтириб чиқаринг.

33.13. Резерфорд—Бор моделининг муваффақиятларига қарамасдан, унинг қатор камчиликлари бор. Бундан ташқари, тажриба натижаларини тушунтириш учун унга ихтиёрий равишда киритиш керак бўлган баъзи қоидалар бор. Де Бройль фикрича электронга $\lambda = h / (mv_k)$ тўлқин узунлиги мос келади. Водород атомининг биринчи ва учинчи орбиталаридаги электрон учун де Бройль тўлқин узунлигини топинг. Водород атомидаги электрон орбиталарида бутун сонли де Бройль тўлқинлари жойлашишини исбот қилинг.

33.14. Спектрнинг узоқ ультрабинафша соҳасида жойлашган водород чизиқлари сериясининг (Лайман серияси) чегараларини топинг.

33.15. Водороднинг ультрабинафша сериясидаги энг қисқа тўлқин узунлигига тўғри келган фотон энергиясини топинг.

33.16. Водороднинг кўринадиган нурлар сериясидаги (Бальмер серияси) биринчи, иккинчи ва учинчи чизиқларнинг тўлқин узунлигини топинг.

33.17. Водороднинг инфрақизил спектридаги (Пашен серияси) тўртинчи чизиқ қандай тўлқин узунлигига эга?

33.18. Водороднинг Бреккет сериясидаги иккинчи спектрал чизиқ 2,63 мкм тўлқин узунлигига мос келиши тажрибада аниқланган. Шу маълумотларга кўра Ридберг доимийсининг тақрибий қийматини аниқланг.

33.19. Водороднинг Лайман сериясидаги спектрал чизиқларнинг энг катта тўлқин узунлиги 121,6 нм. Бальмер сериясидаги энг катта тўлқин узунлигини ҳисоблаб топинг.

33.20. Водород атомидаги электрон бир орбитадан иккинчи, ядрога яқинроқ бўлган орбитага ўтганда атомнинг энергияси 1,892 эВ га камайди. Нурланишнинг тўлқин узунлигини аниқланг.

33.21. Электронни водород атомидаги иккинчи орбитадан ядронинг тортинч соҳасидан чиқариб юбориш учун қанча иш бажариш керак?

33.22. Водород атоми нормал ҳолатдан бош квант сони 3 га тенг бўлган уйғотилган ҳолатга ўтказилди. Атом уйғотилган ҳолатдан нормал ҳолатга қайтиб ўтишида водород спектрида қандай спектрал чизиқлар ҳосил бўлиши мумкин?

33.23. Водород атомини энергияси 13,0 эВ бўлган электронлар билан уйғотилса, спектрнинг кўринадиган нурлар соҳасида қандай спектрал чизиқлар ҳосил бўлади?

33.24. Водород атоми тўлқин узунлиги 100,0 нм бўлган ультрабинафша нурлар билан ёритилади. Водород спектрида қандай спектрал чизиқлар ҳосил бўлишини аниқланг.

34-§. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРДА КВАНТ ҲОДИСАЛАРИ

Металларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги:

$$\sigma = \frac{ne^2 \tau}{m},$$

бу ерда n — эркин электронлар концентрацияси, e — элементар заряд, τ — релаксация вақти, m — электрон массаси.

Заряд ташувчиларнинг ҳаракатчанлиги:

$$b = \frac{v_d}{E} = \frac{e\tau}{m},$$

бу ерда v_d — заряд ташувчиларнинг дрейф тезлиги, E — электр майдони кучланганлиги.

Хусусий ярим ўтказгичларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги:

$$\sigma = en(b_n + b_p) = \sigma_0 \exp(-\Delta E / kT),$$

бу ерда n — заряд ташувчилар (электронлар ва тешиклар) концентрацияси, b_n ва b_p — электронлар ва тешикларнинг ҳаракатчанлиги, σ_0 — ўзгармас катталиқ (биринчи яқинлашишда), $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ — тақиқланган зона кенглиги.

Эйнштейннинг квант назарияси бўйича кристаллнинг моляр иссиқлик сифими:

$$C = 3R \left(\frac{\Theta_E}{T} \right)^2 \frac{\exp(\Theta_E / T)}{[\exp(\Theta_E / T) - 1]},$$

бу ерда R — моляр газ доимийси, $\Theta_E = \hbar \omega / k$ — характеристик Эйнштейн ҳарорати (температураси), T — термодинамик ҳарорат (температура), k — Больцман доимийси.

Кристаллнинг моляр ички энергияси (Дебай назариясига кўра):

$$U = U_0 + 9N_A \frac{h}{\omega_{\max}^3} \int_0^{\omega_{\max}} \frac{\omega^3 d\omega}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1},$$

бу ерда $U_0 = \frac{9}{8} R \Theta_D$ — кристаллнинг «ноль» тебранишларининг Дебай назарияси бўйича моляр энергияси, $\Theta_D = \hbar \omega_{\max}/k$ — характеристик Дебай ҳарорати (температураси).

Кристаллнинг моляр иссиқлик сифими (Дебай назариясига кўра):

$$C = 9R \left(\frac{T}{\Theta_D} \right)^3 \int_0^{x_{\max}} \frac{e^{-x} x^4 dx}{e^x - 1},$$

бу ерда $x = \hbar \omega/(kT)$ — ўзгарувчи катталиқ.

Ферми функцияси:

$$f(E) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - b}{kT}\right) + 1}.$$

$T=0$ К ҳароратдаги металлнинг Ферми сатҳи ёки Ферми энергияси

$$E_F(0) = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3},$$

бу ерда n — металлдаги эркин электронлар концентрацияси.

Эркин электроннинг абсолют ноль ҳароратдаги ўртача энергияси:

$$\langle E \rangle = \frac{3}{5} E_F(0).$$

Электрон газининг иссиқлик сифими:

$$C_V = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{k^2 n}{E_F} T.$$

34.1. Кўндаланг кесими юзаси $S = 0,4$ см² бўлган мис ўтказгич орқали 1,5 А ток ўтмоқда. Агар заряд ташувчилар концентрацияси $n = 8,4 \cdot 10^{23}$ м⁻³ бўлса, электронларнинг ўртача дрейф тезлигини топинг.

34.2. 1 м³ ҳажмли кумушда тахминан $5,8 \cdot 10^{28}$ та эркин электрон бор. Ўтказгич бўйлаб кучланганлиги $E = 1$ В/см бўлган электр майдони қўйилганда электронлар дрейфининг ўртача тезлиги қандай бўлади?

34.3. Қаттиқ ҳолатдаги миснинг ҳар бир атоми ўтказувчанлик зонасига биттадан валент электронини беради деб ҳисоблаб, электроннинг релаксация вақтини аниқланг. Миснинг солиштирма қаршилиги $\rho = 17,2$ нОм·м.

34.4. Темирдаги эркин электронлар концентрацияси $n = 8,5 \cdot 10^{22}$ см⁻³, унинг 20° С ҳароратдаги солиштирма қаршилиги $\rho = 9,71 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Мазкур ҳароратдаги релаксация вақтини, электронларнинг ўртача эркин югуриш йўлини ва уларнинг ҳаракатчанлигини топинг.

34.5. Тешиклар концентрацияси $n_p = 3 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ бўлган p -типли германийнинг солиштирма қаршилигини топинг ва уни электронларнинг концентрацияси ўшанча бўлган n -типли германийнинг солиштирма қаршилиги билан таққосланг. Германийдаги тешиклар ҳаракатчанлиги $b_p = 0,18 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, электронлар ҳаракатчанлиги эса $b_n = 0,38 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

34.6. Хусусий германийнинг солиштирма қаршилиги $0,47 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ бўлиб, электронлар ҳаракатчанлиги $b_n = 0,38 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, тешиклар ҳаракатчанлиги эса $b_p = 0,18 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ бўлса, 27°С ҳароратда ундаги заряд ташувчилар концентрацияси қандай бўлади?

34.7. Олмоснинг тақиқланган зонасининг кенглиги $\Delta E = 6 \text{ эВ}$. Олмос учун ёруғлик ютилишининг узун тўлқинли чегарасини топинг.

34.8. Ҳарорат -23°С дан $+27^\circ\text{С}$ гача ортганда соф германийнинг электр ўтказувчанлиги неча марта ўзгаради? Германий учун тақиқланган зонанинг кенглиги $\Delta E = 0,74 \text{ эВ}$.

34.9. Германийнинг 27°С ҳароратдаги солиштирма қаршилиги $\rho = 0,47 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Ундаги заряд ташувчиларнинг концентрациясини топинг. Германий учун электронлар ва тешиклар ҳаракатчанлигини $b_n = 0,38 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ ва $b_p = 0,18 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ деб олинг.

34.10. Соф InSb қотишмада заряд ташувчиларнинг $T_2 = 400 \text{ К}$ ҳароратдаги концентрацияси $T_1 = 300 \text{ К}$ ҳароратдаги концентрациясидан неча марта ортиқ? InSb учун тақиқланган зонанинг кенглиги $\Delta E = 0,18 \text{ эВ}$.

34.11. Агар германийдаги индийнинг концентрацияси 10^{22} м^{-3} сурьманинг концентрацияси эса 10^{21} м^{-3} бўлса, унинг солиштирма электр ўтказувчанлигини топинг. Германийдаги электронлар ҳаракатчанлигини $b_n = 0,38 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, тешиклар ҳаракатчанлигини эса $b_p = 0,18 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ деб олинг.

34.12. Иссиқлик сиғимининг Эйнштейн квант назариясидаги кристалларнинг моляр иссиқлик сиғими тенгламасидан юқори ҳароратларда Дюлонг ва Пти эмпирик қонуни келиб чиқишини исбот қилинг.

34.13. Кристалларнинг моляр иссиқлик сиғими учун Эйнштейн тенгламасидан паст ҳароратлар учун иссиқлик сиғими ифодасини келтириб чиқаринг.

34.14. Эйнштейн квант назариясидаги кристалларнинг моляр иссиқлик сиғими билан Дюлонг ва Пти қонуни орқали топиладиган моляр иссиқлик сиғимини таққосланг. Эйнштейннинг характеристик ҳарорати $\Theta_E = T$.

34.15. Дебайнинг характеристик ҳарорати $\Theta_D = 320 \text{ К}$ бўлган кристалл учун нолинчи тебранишларнинг моляр энергиясини топинг.

34.16. Калий хлорид учун Дебайнинг характеристик ҳарорати $\Theta'_D = 230 \text{ К}$, натрий хлорид учун эса $\Theta_D = 280 \text{ К}$. 40 К ҳароратда KCl нинг солиштирма иссиқлик сиғими NaCl нинг солиштирма иссиқлик сиғимидан неча марта ортиқ?

34.17. Кристалларнинг моляр иссиқлик сиғими учун Дебай тенгламасидан юқори ҳароратларда Дюлонг ва Пти қонуни келиб чиқишини исбот қилинг.

34.18. Кристалларнинг моляр иссиқлик сиғими учун Дебай тенгламасидан фойдаланиб, паст ҳароратлардаги иссиқлик сиғими ифодасини келтириб чиқаринг.

34.19. 34.18-масаланинг ечимидан фойдаланиб, кўрғошиннинг $T = 20 \text{ К}$

ҳароратдаги моляр иссиқлик сифимини аниқланг. Характеристик Дебай ҳарорати $\Theta_D = 90$ К.

34.20. Мис учун характеристик Эйнштейн ҳарорати $\Theta_E = 316$ К. Квазиэластик куч доимийсини топинг.

34.21. Электроннинг 27°C ҳароратда Ферми сатҳидан $0,1$ эВ юқорида бўлган ҳолатни эгаллаши эҳтимоллиги қанча?

34.22. Металлдаги электроннинг Ферми энергиясига тенг бўлган энергияга эга бўлиш эҳтимоллиги $0,5$ га тенг эканлигини исбот қилинг.

34.23. Калийдаги эркин электронлар учун абсолют ноль ҳароратдаги Ферми энергиясини аниқланг. Ҳар бир атомга биттадан эркин электрон тўғри келади, деб ҳисобланг.

34.24. Абсолют ноль ҳароратда натрий учун Ферми энергияси $3,15$ эВ га тенг. Натрийнинг ҳар бир атомга тўғри келадиган эркин электронлар сонини топинг.

34.25. Металлардаги эркин электронлар концентрацияси $n = 5 \cdot 10^{22} \text{см}^{-3}$. Абсолют ноль ҳароратдаги эркин электронлар энергиясининг ўртача қийматини топинг.

34.26. Агар Ферми сатҳи $E_F = 5$ эВ бўлса, абсолют ноль ҳароратда металлдаги электронларнинг тезлигини топинг.

34.27. 34.26- масала шартидан фойдаланиб, металлдаги эркин электронларнинг максимал тезлиги орқали уларнинг ўртача квадратик тезлигини топинг.

34.28. Натрийдаги эркин электронлар концентрацияси $n = 3,0 \cdot 10^{28} \text{м}^{-3}$. Абсолют ноль ҳароратда Ферми сатҳидаги электронлар тезлигини топинг.

34.29. Натрий учун 2 К ва 1000 К ҳароратдаги ўтказувчанлик электронларининг иссиқлик сифимини топинг. Эркин электронлар концентрацияси $n = 2,5 \cdot 10^{28} \text{м}^{-3}$, Ферми энергияси $E_F = 7$ эВ.

34.30. 200 К ҳароратли бўлган миснинг бирлик ҳажмидаги эркин электронларнинг иссиқлик сифимини топинг. Мис учун Ферми энергиясининг қиймати $E_F = 7$ эВ. Электронлар концентрациясини ҳажм бирлигидаги атомлар сонига тенг деб олинг.

35-§. АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

Масса сони A бўлган ядронинг радиуси:

$$R = 1,23 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{м.}$$

Ядронинг боғланиш энергияси:

$$E_0 = \Delta \cdot c^2.$$

Ядронинг масса дефекти:

$$\Delta = Zm_p + (A - Z)m_n - {}^A_Z m_x,$$

бу ерда Z —заряд сони, m_p —протон массаси, m_n —нейтрон массаси.

Ядро массаси ${}^A_Z m_x$ ўрнига атом массаси ${}^A_Z m_a$ олиниб, протон массаси m_p ўрнига водород атомининг массаси m_H ёзилганда:

$$\Delta = Zm_H + (A - Z)m_n - {}^A_Z m_a.$$

Радиоактив парчаланиш қонуни:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t},$$

бу ерда N_0 — радиоактив атомларнинг вақтнинг бошланғич $t = 0$ momentiдаги сони, N — уларнинг t моментдаги сони, λ — радиоактив парчаланиш доимийси.

Ярим парчаланиш даври:

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda},$$

бу ерда λ — парчаланиш доимийси.

Радиоактив препаратнинг активлиги:

$$a = a_0 e^{-\lambda t},$$

бу ерда a_0 — бошланғич активлик.

Ядронинг тузилиши

35.1. Қуйидаги углерод изотопларининг ядросида нечтадан протон ва нейтрон бор: 1) ${}^6_6\text{C}$; 2) ${}^{11}_6\text{C}$; 3) ${}^{12}_6\text{C}$; 4) ${}^{13}_6\text{C}$; 5) ${}^{14}_6\text{C}$; 6) ${}^{15}_6\text{C}$?

35.2. ${}^{238}_{92}\text{U}$ уран ядросининг радиуси водород атоми ядросининг радиусидан неча марта узун?

35.3. Ядро моддасининг зичлигини топинг. Масса сони A бўлган ядродаги нуклонлар (нейтронлар ва протонлар) нинг ҳаммаси унинг радиуси чегарасида зич жойлашган деб ҳисобланг.

35.4. Қуёшнинг радиуси 6,95 Мм, ўртача зичлиги эса 1410 кг/м³. Қуёш шундай масса билан ядро моддаси зичлигига тенг зичликка эга бўлганда унинг радиуси қандай бўлар эди?

35.5. ${}^5_5\text{B}$ Бор ядросининг боғланиш энергиясини ҳисоблаб топинг.

35.6. Дейтрон (оғир водород ядроси) нинг боғланиш энергияси 2,2 МэВ. Ядро массасини ва нейтрал атом массасини массанинг атом бирликларида аниқланг.

35.7. ${}^3_1\text{H}$ ва ${}^3_2\text{He}$ ядроларининг боғланиш энергиясини ҳисоблаб топинг. Бу ядроларнинг қайси бири турғунроқ бўлади?

35.8. ${}^{235}_{92}\text{U}$ ва ${}^{238}_{92}\text{U}$ уран ядроларининг боғланиш энергиясини топинг. Бу ядроларнинг қайси бири турғунроқ бўлади?

35.9. ${}^9_4\text{Be}$ бериллий ядросининг битта нуклонга тўғри келадиган боғланиш энергиясини ҳисоблаб топинг.

35.10. ${}^2_1\text{H}$ дейтерий, ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ темир, ${}^{131}_{54}\text{Xe}$ ксенон ва ${}^{238}_{92}\text{U}$ уран ядроларининг ўртача битта нуклонга тўғри келадиган боғланиш энергияларини таққосланг.

Радиоактив парчаланиш қонуни

35.11. Намунада (препаратда) ярим парчаланиш даври T бўлган 1000 та радиоактив атом бор. $T/2$ вақтдан кейин қанча атом қолади?

35.12. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ радиоактив радон намунасида (препаратда) ярим парчаланиш даври 3,825 сутка бўлган 10^{10} та радиоактив атом бор. Бир сутка мобайнида қанча атом парчаланеди?

35.13. $^{226}_{88}\text{Ra}$ радий учун ярим парчалануш даврини аниқланг. 3100 йил ичида бошланғич пайтдаги атомларнинг қанча қисми парчалананди?

35.14. Агар радиоактив парчалануш маҳсулотлари тўхтовсиз олиб кетиб турилса, қанча вақт ичида $^{210}_{84}\text{Po}$ полоний препаратидagi атомларнинг 75,0% и емирилиб бўлади?

35.15. Агар $^{210}_{84}\text{Po}$ полонийнинг бошланғич пайтдаги массаси 0,2 г бўлса, унинг 2 мг массаси қанча вақт ичида парчаланиб бўлади?

35.16. Агар массаси 1,0 г бўлган $^{210}_{83}\text{Bi}$ висмут 1 с да $4,58 \cdot 10^{15}$ та β - заррача чиқариб туриши маълум бўлса, висмутнинг ярим парчалануш даврини топинг.

35.17. Агар $^{192}_{77}\text{Ir}$ иридийнинг радиоактив изотопи бошланғич пайтда 5,0 г массага эга бўлса, 1 с ичида қанча ядро парчалананди ва 30,0 суткадан кейин қанча атом қолади?

35.18. Массаси 1 г бўлган $^{232}_{90}\text{Th}$ торий 1 с ичида қанча α - заррача чиқаради?

35.19. $3,7 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$ активликка эга бўлган радиоактив препарат иссиқлик сиғими 4,19 Ж/К бўлган калориметрга солинди. Агар мазкур препарат 5,3 МэВ энергияли α - заррачалар чиқараётган бўлса, калометр ичидаги ҳарорат 1 соат ичида қанчага кўтарилади?

35.20. 1,0 кг массали $^{238}_{92}\text{U}$ уран бўлагиди 1 с ичида қанча ядро парчалананди? Бу уранинг активлиги қандай?

35.21. Юзаси $0,03 \text{ см}^2$ бўлган флюоресценцияланувчи экран $^{226}_{88}\text{Ra}$ радийнинг 18 пг массали заррачасидан 1 см масофада жойлашган. Экранда ҳар 1 минутда неча мартадан чакнаш бўлади?

35.22. Таркибида $^{226}_{88}\text{Ra}$ радий бўлган заррача флюоресценцияланувчи экрандан 1,2 см масофада турибди. Агар экраннинг $0,602 \text{ см}^2$ юзасида 1 минут ичида 47 та сцинтилляция қайд қилинган бўлса, заррача қанча массага эга бўлган? (Парчалануш маҳсулотлари жуда катта тезликда насос билан тортиб олинадди).

35.23. Беморнинг вена қон томирига таркибига $a_0 = 2000 \text{ с}^{-1}$ активликка эга бўлган $^{24}_{11}\text{Na}$ натрийнинг сунъий радиоизотопи қўшилган 1 см^3 ҳажмли эритма киритилди. Агар 5 соатдан кейин олинган қоннинг активлиги $a = 0,27 \text{ с}^{-1}$ бўлса, киши қонининг ҳажмини топинг.

35.24. Радиоактив элементларнинг табиий конларида улар парчаланушнинг охириги маҳсули бўлган кўрғошин ҳам учрайди. Маълумки, торий қатори кўрғошиннинг $^{208}_{82}\text{Pb}$ изотопи билан тугайди. Торий радиусининг ёшини $4 \cdot 10^9$ йил деб ҳисоблаб, бу рудадаги ҳар 1 кг $^{232}_{90}\text{Th}$ торий ҳисобига қанчадан $^{208}_{82}\text{Pb}$ кўрғошин ҳосил бўлганини аниқланг.

35.25. Радиоактив парчалануш туфайли $^{232}_{90}\text{Th}$ торий элементи кўрғошиннинг $^{208}_{82}\text{Pb}$ изотопига айланади. Бунда ҳар бир атом нечтадан α - ва β - заррачалар чиқаради?

35.26. Сунъий олинган радиоактив нептуний оиласининг бошланиши бўлган $^{241}_{93}\text{Np}$ нептуний радиоактив элементи парчалануш оқибатида $^{209}_{83}\text{Bi}$ висмутнинг турғун изотопига айланади. α - ва β - парчаланушлар сонини топинг.

35.27. Кремнийнинг радиоактив $^{27}_{14}\text{Si}$ изотопи парчланиб, $^{27}_{13}\text{Al}$ алюминийга айланади. Бунда қандай заррача чиқарилади?

35.28. Учта α - ва иккита β - парчланишдан кейин ураннынг $^{238}_{92}\text{U}$ изотопи қайси элементга айланади?

35.29. Радиоактив элемент моддаси бир қанча айланишлардан сўнг, битта α - ва иккита β - заррачани йўқотиб, ураннынг $^{235}_{92}\text{U}$ ядросига айланди. Бошланғич радиоактив элементни топинг.

35.30. $^{226}_{88}\text{Ra}$ радий бешта α - ва тўртта β - емирилишдан сўнг қайси элементга айланади?

35.31. Массаси 1 г бўлган радий 1 с ичида тезлиги $v = 15 \text{ Мм/с}$ бўлган $3,7 \cdot 10^{10}$ та α -заррача чиқаради. α -емирилиш туфайли 1 соат ичида ажраладиган тўлиқ энергияни топинг.

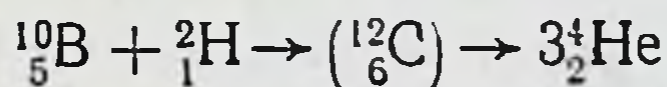
Ядро реакциялари

35.32. $^{14}_7\text{N}$ азот ядросини α -заррачалар билан бомбардимон қилганда атом ядроси α' -заррачани тутиб қолиши мумкин. Бунда бир лаҳзага фторнинг ўта нотурғун ядроси ҳосил бўлиб, у шу заҳоти парчланади ва турғун кислород ядросига айланади. Мазкур ядро реакцияси биринчи бўлиб, 1919 йилда Резерфорд томонидан амалга оширилган. Реакция тенгламасини ёзинг ва бу реакция пайтида энергия ажралиши ёки ютилишини аниқланг. Реакция натижасида ажралган ёки ютилган энергияни топинг.

35.33. $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow (^{13}_6\text{C}) \rightarrow 3^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$. ядро реакциясида ютиладиган энергияни топинг.

35.34. ^9_4Be бериллий ядроси дейтронни ютиб, $^{10}_5\text{B}$ бор ядросига айланди. Реакция тенгламасини ёзинг ва ажралиб чиққан энергияни топинг.

35.35. $^{10}_5\text{B}$ бор атоми ядроларини ^2_1H оғир водород ядролари билан бомбардимон қилинганда

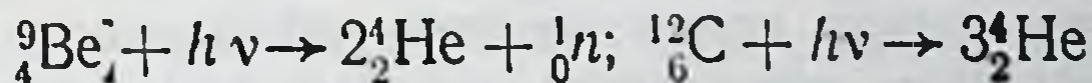


ядро реакцияси содир бўлади. Мазкур айланишда ажралиб чиқадиган энергияни аниқланг.

35.36. ^7_3Li литий ядроси протонни ютиб, иккита α -заррачага бўлинади. Ядро реакцияси тенгламасини ёзинг ва бу реакция пайтида ажраладиган энергияни топинг.

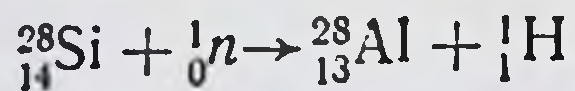
35.37. ^7_3Li литий атомлари кинетик энергияси 1 МэВ бўлган протонлар билан бомбардимон қилинмоқда. Бунда ҳосил бўлган иккита α - заррача бир хил тезлик билан учиб чиқади. Бу заррачаларнинг кинетик энергиясини топинг.

35.38. Бериллий ва углерод ядроларини



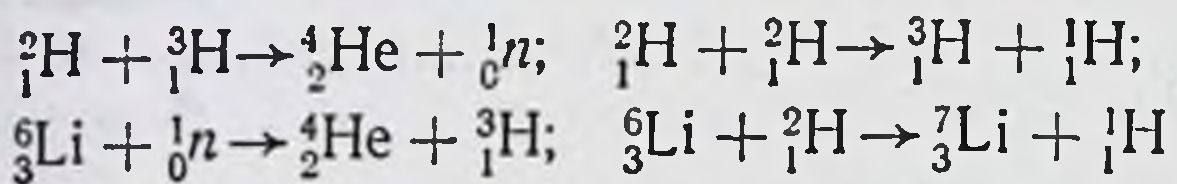
реакциялар бўйича парчлалаш учун γ - квантларнинг минимал энергияси қанча бўлиши керак?

35.39. $^{28}_{14}\text{Si}$ кремний ядроси билан тўқнашиб



ядро реакциясини амалга ошириш учун нейтроннинг минимал кинетик энергияси қанча бўлиши керак?

35.40. Қуйидаги:



термоядро реакцияларида ажралиб чиқадиган энергияни топинг.

35.41. Сунъий радиоактивликни кашф этган француз олимлари Ирэн ва Фредрик Жолио-Кюрилар $^{10}_5\text{B}$ бор, $^{27}_{13}\text{Al}$ алюминий ва $^{24}_{12}\text{Mg}$ магнийни α -заррачалар билан бомбардимон қилганлар. Ядровий реакциялар тенгламаларини ёзинг.

35.42. $^{10}_5\text{B}$ бор ядроси нейронни ютиши мумкин, натижада бор ядроси литий ва гелий ядроларига парчланади. Ядро реакцияси тенгламасини ёзинг ва бу реакцияда ажраладиган энергияни аниқланг.

35.43. $^{23}_{11}\text{Na}$ натрий атомлари нейтронлар билан нурлантирилганда, улар ярим парчланиш даври 15,3 соат бўлган $^{24}_{12}\text{Na}$ радиоактив изотопларга айланади. Нейтронлар билан нурлантириш тўхтатилганда 30,6 соат кейин бошланғич радиоактив натрий массасининг қанча қисми қолади?

35.44. $^{27}_{13}\text{Al}$ алюминий α -заррачалар билан нурлантирилганда нейтрон чиқарилади ва фосфорнинг $^{30}_{15}\text{P}$ изотопи ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган изотоп радиоактив бўлиб, у позитрон чиқариб парчланади. Позитрон-актив модда ҳосил бўлишининг бу реакцияси Фредерик Жолио-Кюри томонидан кашф этилган. Мазкур реакция тенгламасини ёзинг ва унда ажраладиган энергияни аниқланг.

35.45. $^{238}_{92}\text{U}$ уран ядроси 4,2 МэВ энергияли α -заррача чиқариб, $^{234}_{90}\text{Th}$ торий ядросига айланади. Агар $^{238}_{92}\text{U}$ атомининг массаси 238,05353 м. а. б. га тенг бўлса, $^{234}_{90}\text{Th}$ атомининг массасини топинг.

35.46. Протон ва нейтронлардан 1 г гелий ҳосил қилинганда ажраладиган энергияни топинг.

35.47. Ҳар бир $^{235}_{92}\text{U}$ уран ядроси парчаланганда 200 МэВ энергия ажралса, 1 г уран парчаланганида қанча энергия ажралиб чиқади?

35.48. Уран реакторида 1 кг $^{238}_{92}\text{U}$ уранининг ядровий бўлишида қанча энергия ажралади? Шунча миқдорда иссиқлик олиш учун қанча миқдорда кўмир ёқиш керак (кўмир учун ёниш иссиқлигини 29,3 МЖ/кг деб олинг)? Парчланиш реакцияси пайтида ажралган энергия ҳисобига қанча юкни 5 км баландликка кўтариш мумкин? Битта уран атоми парчаланганда ўртача 200 МэВ энергия ажралади деб ҳисобланг.

35.49. Қуёшнинг нурланиш энергияси пировард натижаси тўртта водород атомининг битта гелий атомига айланишидан иборат бўлган бир қатор бирикиш ядро реакциялар туфайли вужудга келади. 4 г водороднинг гелийга айланиши ҳисобига қанча сувни 0°C дан қайнашгача қиздириш мумкинлигини аниқланг.

35.50. $^{235}_{92}\text{U}$ уран ядроси иссиқлик тезлиги билан ҳаракатланаётган нейтронни ютади. Реакция тенгламасини ёзинг.

35.51. Реакторда нурлантирилганда кобальтнинг турғун $^{59}_{27}\text{Co}$ изотопи $^{60}_{27}\text{Co}$ радиоактив изотопга айланади: $^{59}_{27}\text{Co} + {}^1_0n \rightarrow ^{60}_{27}\text{Co}$. Кобальт $^{60}_{27}\text{Co}$ β -емирилиш натижасида $^{60}_{28}\text{Ni}$ никельга айланади. Ҳосил бўлган $^{60}_{28}\text{Ni}$ никель ядросининг γ — нурланиши энергиясини топинг.

35.52. Атом электростанциясида ядро ёқилғисининг ёниши натижасида 1 с да тахминан 28,5 МЖ энергия ажралади. Агар битта $^{235}_{92}\text{U}$ уран атоми иккита бўлакка парчаланганда 200 МэВ энергия ажралса, станция 1 сутка ичида қанча ядро ёнилғиси сарфлайди?

35.53. Уран реакторининг қуввати 1 МВт. Агар ҳар бир уран ядроси парчаланганда 200 МэВ энергия ажраладиган бўлса, реактор 1 соатда қанча $^{235}_{92}\text{U}$ уран сарфлайди?

35.54. Агар бир суткада 0,1 кг массали $^{235}_{92}\text{U}$ уран сарфлайдиган атом электростанциясининг ФИК 16% бўлса, станциянинг электр қувватини топинг.

35.55. Қуввати 100 МВт бўлган реактор $^{239}_{94}\text{Pu}$ плутоний ишлаб чиқаради. Ҳар бир $^{235}_{92}\text{U}$ уран ядросининг парчланиш актида ўрта ҳисобда 1,5 та $^{239}_{94}\text{Pu}$ плутоний ядроси ҳосил бўлса, 10 кунда қанча миқдорда плутоний ҳосил бўлади?

36-§. ЭЛЕМЕНТАР ЗАРРАЧАЛАР

Релятивистик заррачанинг тўла [энергияси:

$$E = m_0 c^2 + E_k,$$

бу ерда E_k — заррачанинг кинетик энергияси.

Релятивистик заррачанинг импульси:

$$pc = \sqrt{E_k (E_k + 2m_0 c^2)}.$$

Заррачалар тўқнашишини [ўрганишда ушбу инвариант катталиқдан фойдаланиш мумкин:

$$E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4,$$

бу ерда E ва p — системанинг тўлиқ энергияси ва импульси, m_0 — ҳосил бўлган заррачанинг тинчликдаги массаси.

36.1. Импульслари 1,0 ГэВ/с ва 10 ГэВ/с (c — ёруғлик тезлиги) бўлган протонларнинг кинетик энергияларини топинг.

36.2. Фотон эркин электрон билан тўқнашганда электронга ўз энергиясининг ҳаммасини бера олмаслигини исбот қилинг.

36.3. Кинетик энергияси $E_k = m_0 c^2$ бўлган релятивистик заррача қўзғалмас саноқ системасига нисбатан тинч турган худди шундай заррача билан ноэластик тўқнашиши натижасида янги мураккаб заррача ҳосил бўлди. Шу мураккаб заррачанинг тинчликдаги массаси m_0' ни топинг.

36.4. μ^- -мюон тинч турган электрон билан рўпарама-рўпара эластик тўқнашди. Агар тўқнашишгача μ^- -мюоннинг кинетик энергияси $E_k = 100$ МэВ бўлса, тепкили электроннинг кинетик энергиясини топинг.

36.5. Битта квант билан электрон-позитрон жуфти ҳосил қилиниши учун реакцияда тинчликдаги массаси $m_1 \neq 0$ бўлган заррача иштирок этиши шарт эканлигини исбот қилинг.

36.6. e^- электрон ва e^+ позитрон аннигиляцияси

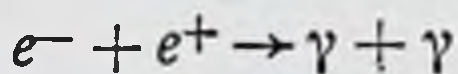


схема бўйича амалга ошади. Агар тинч турган электрон билан тўқнашгунгача позитроннинг кинетик энергияси $E_k = 0,75$ МэВ бўлса, бир хил энергияли γ -квантларнинг [учиб кетиш йўналишлари орасидаги бурчакни топинг.

36.7. Бир хил, 240 кэВ кинетик энергияга эга бўлган электрон билан позитрон ўзаро тўқнашиб, иккита бир хил фотонга айланди. Ҳар хил фотоннинг энергиясини ва унга мос келган тўлқин узунлигини топинг.

36.8. 36.7- масала шартидан фойдаланиб, ҳар бир фотонга мос келган импульсни топинг.

36.9. Электрон—позитрон жуфтнинг ҳосил бўлиши

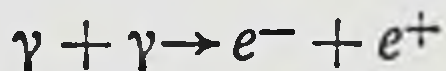


схема бўйича амалга ошади. Агар фотон энергияси $E = 3,02$ МэВ бўлса, ҳосил бўлган зарралар қандай тезликка эга бўлади?

36.10. 36.9-масала шартидан фойдаланиб электрон билан позитроннинг пайдо бўлиш momentiдаги тўла кинетик энергиясини топинг.

36.11. π^0 -мезоннинг учиб кетаётганда парчаланиши



схема бўйича амалга ошади. Агар γ -квантларнинг энергиялари E_1 ва E_2 бўлиб, π^0 -мезоннинг тинчликдаги массаси m_0 бўлса, уларнинг учиб кетиш йўналишлари орасидаги бурчакни топинг.

36.12. Тинч турган π^0 -мезон парчаланиб, иккита бир хил γ -фотонга айланди. Ҳар бир фотоннинг энергиясини топинг.

36.13. Эркин нейтрон



схема бўйича парчаланеди. Нейтрон парчаланганда ҳосил бўлган зарраларнинг тўла кинетик энергиясини топинг. Нейтроннинг кинетик энергиясини ва антинейтроннинг тинчликдаги массасини ҳисобга олманг.

36.14. μ^- - мюон қўзғалмас санок системасида ўзининг ҳосил бўлган жойидан парчаланиш нуқтасигача $l = 4,6$ км масофани учиб ўтди. Агар μ^- -мюоннинг ҳаракат тезлиги $v = 0,99 c$ бўлса, унинг хусусий яшаш вақтини топинг.

36.15. Протонларнинг синхроциклотрондаги ички нишон билан тўқнашиши натижасида π -мезонлар ҳосил бўлади. Ярим парчаланиш даври 25,5 нс бўлган нотурғун π -мезонлар дастасининг тезлиги 180,0 Мм/с

га тенг. π -мезонларнинг ярми қанча вақт ичида парчаланиб бўлади? Бу вақт ичида улар қанча йўлни босиб ўтадилар?

36.16. K^+ -мезонларнинг ўртача яшаш вақти $\langle \tau_0 \rangle = 12,3$ нс. Кинетик энергиялари тинчликдаги энергияларидан $\eta = 1,2$ марта катта бўлган K^+ -мезонлар босиб ўтадиган ўртача йўлини топинг.

36.17. λ_0 -гиперонлар ҳосил бўлиш жойидан парчаланиш нуқтасигача $L = 0,7$ м масофани босиб ўтади. Шу заррачаларнинг хусусий яшаш вақтини топинг. λ^0 -гипероннинг массаси $m = 1,988 \cdot 10^{-27}$ кг. Уларнинг кинетик энергиясини $E_k = 10$ ГэВ деб ҳисобланг.

36.18. Электрон потенциаллар айирмасини ўтиб, $0,76$ МэВ кинетик энергияга эга бўлди. Электроннинг тезлигини топинг.

36.19. Тўла энергияси $E = 1,02$ МэВ бўлган электроннинг тезлигини топинг.

36.20. $1,0$ МВ потенциаллар айирмасини ўтган электроннинг тезлигини топинг.

36.21. Кинетик энергияси $E_k = 300$ МэВ бўлган электрон Вильсон камерасига учиб кириб, айлана ёйи кўринишидаги изни қолдирди. Камера индукцияси $B = 10$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида жойлашган. Изнинг эгрилик радиусини топинг.

36.22. Вильсон камерасида энергияси $6,00$ МэВ бўлган фотон ҳосил қилган электрон ва позитрон траекториясининг эгрилик радиуси $3,5$ см бўлган. Вильсон камераси жойлашган магнит майдон индукциясини топинг.

36.23. Синхрофазотрондаги протон 10 ГэВ кинетик энергияга эга бўлди. Бунда протоннинг релятивистик массаси унинг тинчликдаги массасидан неча марта катта бўлади?

36.24. Циклотроннинг магнит майдонида протонлар ҳаракати дуантларга қўйилган потенциаллар айирмаси таъсирида юз беради. Протонлар массаси уларнинг тинчликдаги массасидан 5% ортиқ бўлиши учун улар неча марта айланиб чиқиши керак? Протонлар дуантлар орасидан улардаги потенциаллар айирмаси максимал, яъни 30 кВ бўлганда ўтади.

36.25. Атом реактори деворига график стержен ўрнатилган. Нима учун стержень учидан фақат кичик тезликка эга бўлган нейтронлар чиқишини изоҳлаб беринг.

ЖАВОБЛАР ВА ЕЧИМЛАР

1.1. Жисм тўғри чизиқли ҳаракатланиб, йўл ва кўчиш йўналишлари бир хил бўлганда.

1.2. $s = 5t$, 25.

1.3. $\langle v \rangle =$

$$= \frac{4v_1v_2v_3v_4}{v_1v_4v_3 + v_2v_3v_4 + v_1v_3v_4 + v_1v_2v_4} = 9,6 \text{ м/с.}$$

1.4. 10 м/с.

1.5. $v_2 = (s - v_1t)/t = 20 \text{ м/с.}$

1.6. $v_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{s_1}{t_1} + \frac{s_2}{t_2} \right) = 5 \text{ м/с; } v_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{s_2}{t_2} - \frac{s_1}{t_1} \right) = 1,5 \text{ м/с.}$

1.7. $t = t_1t_2/(t_1 - t_2) = 40 \text{ с.}$

1.8. $t_2/t_1 = (v_1 + v_2)/(v_2 - v_1) = 1,5.$

1.9. 8 м/с; 2 м/с.

1.10. $t_1 = s_1/(v_1 - v_2) \approx 1 \text{ соат } 14 \text{ мин; } t_2 = s/(v_1 + v_2) \approx 1 \text{ соат.}$

1.11. $v = \frac{v_2}{\text{tg } \alpha} - v_1 \approx 2,3 \text{ м/с.}$

1.12. $t = s \left(\sqrt{v_1^2 - v_2^2 \sin^2 \alpha} + v_2 \cos \alpha \right) / (v_1^2 - v_2^2) = 1 \text{ соат } 54 \text{ мин.}$

1.13. 1,2 м/с.

1.14. $v_1 = \sqrt{v^2 t^2 - s^2} / t = 152 \text{ м/с.}$

1.15. $s = (c + v)^2 t / 2c.$

1.16. Иккинчиси $t_1/t_2 = \sqrt{(v_1 + v_2)/(v_1 - v_2)} = 2 \text{ марта тезроқ.}$

1.17. 7 м/с; 11,4 м/с; 9 м/с.

1.18. ХҲ текисликда ётган ва $x_0 = 2$, $y = -3$ нуқтада бошланган $3x - 2y = 12$ тўғри чизиқ (1-расм).

1.19. 200 м/с, 20 м/с².

1.20. 410 м.

1.21. 28 с.

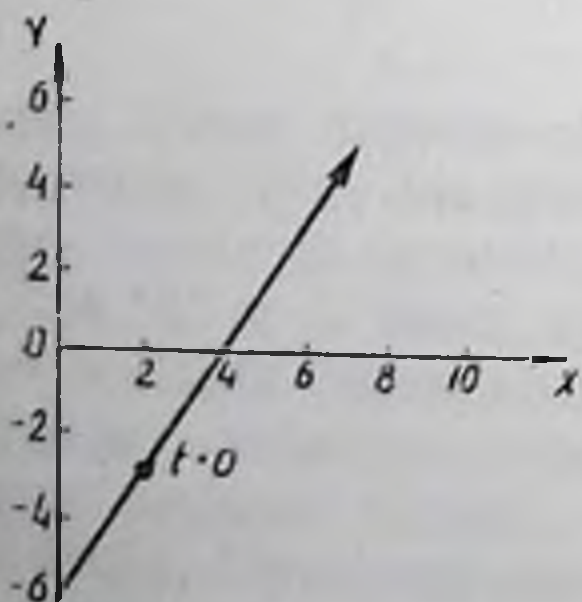
1.22. 86 м.

1.23. -2.

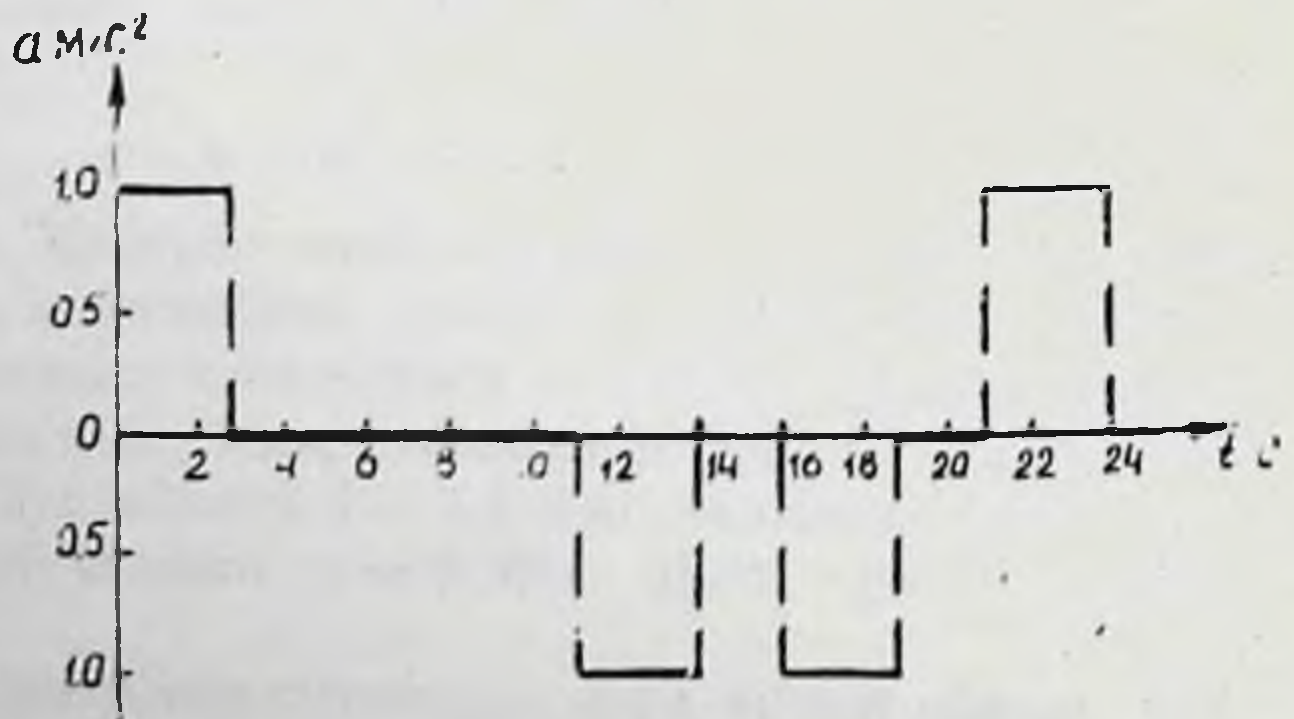
1.24. 18 м; 48 м. Лифт тезланишининг вақтга боғланиш графиги 2-расмда келтирилган.

1.25. 12 с; 8,3 м/с².

1.26. $a = (v_2^2 - v_1^2) / 2s = 5 \text{ м/с}^2; t = 2s / (v_1 + v_2) = 2 \text{ с.}$



1- расм



2- расм

$$1.27. a = 2s(t_1 - t_2) / t_1 t_2 (t_1 + t_2) = 5 \text{ м/с}^2;$$

$$v_1 = \frac{s(2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)} = 2,5 \text{ м/с.}$$

$$1.28. 400 \text{ м.}$$

$$1.29. 10.$$

$$1.30. t = \frac{h}{v} + \frac{v}{a} = 32 \text{ с.}$$

$$1.31. v_0 = \frac{1}{2} \sqrt{g(8h + gt^2)} = 39 \text{ м/с.}$$

$$1.32. t = \frac{t_1}{n} - \frac{v_0}{g} \pm$$

$$\pm \sqrt{\frac{v_0^2}{g} + (1-n) \frac{t_1^2}{n^2}} = 6 \text{ с;}$$

$$78,4 \text{ м/с; } 294 \text{ м.}$$

$$1.33. t = \sqrt{2} \frac{v_0}{g} = 3 \text{ с.}$$

1.34. n - шарчанинг полдан баландлиги

$$h_n = \frac{g}{2} n^2 (\Delta t)^2, \text{ бу ерда } \Delta t \text{ — кетма-}$$

кет урилишлар орасидаги вақт. Икки қўшни шарчалар орасидаги масофа h_n —

$$- h_{n-1} = \frac{g}{2} (\Delta t)^2 [n^2 - (n-1)^2]. \text{ У}$$

ҳолда шарчалар орасидаги масофалар нисбати

$$\frac{h_{n+1} - h_n}{h_n - h_{n-1}} = \frac{2n+1}{2n-1},$$

яъни шарчалар орасидаги масофалар тоқ сонлар қаторининг ҳадлари сингарини нисбада бўлади. Шарчалардан полгача бўлган масофалар нисбати бутун сонлар квадратларининг нисбатига тенг:

$$\frac{h_{n+1}}{h_n} = \frac{(n-1)^2}{n^2}.$$

$$1.35. v_0 = \frac{gt}{2} = 29 \text{ м/с.}$$

$$1.36. 12,4 \text{ м/с.}$$

$$1.37. a = g \cdot \text{ctg } \alpha = 17 \text{ м/с}^2.$$

$$1.38. y = 2x^2 \text{ парабола.}$$

$$1.39. 5,8 \text{ м/с; } 1 \text{ м/с}^2.$$

$$1.40. v = l \sqrt{2gh/2h} \approx 200 \text{ м/с.}$$

$$1.41. t = v_0 \sin \alpha / g = 8 \text{ с.}$$

$$1.42. 76^\circ.$$

$$1.44. 45^\circ.$$

$$1.45. y = \frac{gx^2}{2v_0^2}; v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} =$$

$$= 22 \text{ м/с; } \alpha = 63^\circ.$$

$$1.46. s = 2v_0 t \sin \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} = 11,3 \text{ м.}$$

$$1.47. h = v_0^2 (\text{tg}^2 \alpha - \text{tg}^2 \beta) \cos^2 \alpha / 2g = 6,8 \text{ м.}$$

$$1.48. t = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} (\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta) = 1,2 \text{ с}$$

$$1.49. a_\tau = g^2 t / \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} = 6,9 \text{ м/с}^2;$$

$$a_n = \frac{v_0 g}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} = 6,9 \text{ м/с}^2; 45^\circ.$$

$$1.50. x^2 - y^2 = 9 \text{ айлана; } s = 3\omega t.$$

$$1.51. \frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{4} = 1 \text{ эллипс.}$$

$$1.52. 295 \text{ м/с.}$$

$$1.53. 800 \text{ м/с.}$$

$$1.54. \Delta v = \frac{vd}{R} \approx 1,1 \text{ м/с.}$$

1.55. Майдончага тушиш моментигача диск парабола бўйлаб ҳаракатланади. Бунда диск тезлигининг горизонтал ташкил этувчиси аравача тезлигига тенг бўлади. Майдончага тушган моментдан бошлаб дискнинг $v_x = v_{0x} - \pi n D = -3,2 \text{ м/с}$ га тенг, яъни диск аравачага нисбатан қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилади.

$$1.56. v = \frac{\pi n D v_1}{N} = 6,28 n \text{ м/с, бу}$$

ерда n — бутун сон.

$$1.57. n = \frac{v_0 t}{2\pi D} = 11 \text{ марта айланган,}$$

$$\langle \varepsilon \rangle = -\frac{2v_0}{Dt} = -15,9 \text{ с}^{-2}.$$

$$1.58. 21 \text{ м/с; } -1 \text{ м/с; } 14,9 \text{ м/с; } 20 \text{ с}^{-1}.$$

$$1.59. \varepsilon = \frac{\pi}{N} (n^2 - n_0^2) = 3,8 \text{ с}^{-2}.$$

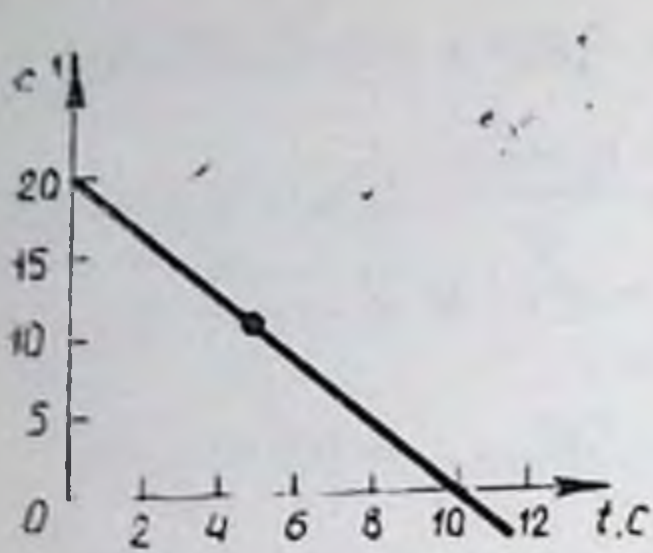
$$1.60. \langle \omega \rangle = \frac{\pi n v}{l} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}; \langle \varepsilon \rangle = \frac{\pi n v^2}{l^2} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ с}^{-2}.$$

1.61. $\omega_z = 2(10 - t) \text{ с}^{-1}; \varepsilon_z = -2 \text{ с}^{-2}$. Жисм текис секинланувчан айланма ҳаракат қилади ва $t = 10 \text{ с}$ бўлган моментда тўхтайтиди, сўнгра айланиш йўналиши тескари томонга ўзгаради. Жисм бурчак тезлиги ва бурчак тезланишининг вақтга боғланиш графиклари 3, а — ва б-расмларда келтирилган.

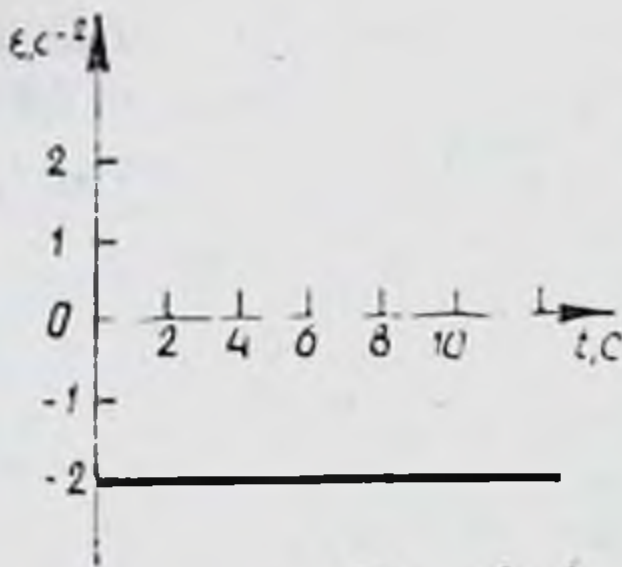
$$1.62. v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A = 7,8 \text{ см/с; } a_{\max} = \frac{4\pi^2}{T^2} A = 12 \text{ см/с}^2.$$

$$1.63. 1 \text{ с.}$$

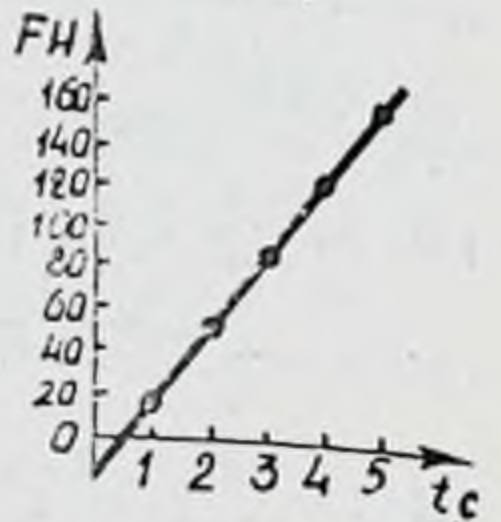
$$1.64. x = 0,05 \sin \pi(t + 0,25).$$



(a)



(b)



4- расм

3- расм

1.65. $v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A = 9,4 \text{ см/с}; a_{\max} =$

$= \frac{4\pi^2}{T^2} A = 0,29 \text{ м/с}^2; \varphi = -90^\circ.$

1.66. $\varphi_0 = 15^\circ.$

1.67. $v_{\max} = \frac{1}{2} \frac{v l}{R} = 2,9 \text{ м/с}; a_{\max} =$

$= \frac{1}{2} \frac{v^2 l}{R^2} = 169 \text{ м/с}^2.$

1.68. $x = 6,8 \sin(2\pi t - 72^\circ 50').$

1.69. 0,5 Гц.

1.70. $x^2 + y^2 = 4.$ Ҳаракат айлана бўйлаб соат стрелкасига қарама-қарши йўналишда содир бўлади.

2.1. 162 Н; 4- расмга қаранг.

2.2. $v = D \sqrt{\frac{\pi p l}{2m}} \approx 330 \text{ м/с}.$

2.3. 1 кН; 0,01; 2 м/с.

2.4. 0,2 м.

2.5. $s = \frac{v_0^2}{2g} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$

$= 7,7 \text{ м};$

$t = \frac{v_0}{g} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 1,5 \text{ с}.$

2.6. $\mu = \frac{(v_0 - 2sg \sin \alpha)}{2sg \cos \alpha} = 0,16.$

2.7. Тушиш вақти кўтарилиш вақтидан катта, тушиш пайтидаги охириги тезлик эса кўтарилишдаги бошланғич тезликдан

$n = \sqrt{\frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}} = 1,5 \text{ марта}$

кичик.

2.8. $\mu = \frac{v_0^2}{2gs} = 0,64.$

2.9. $F = \mu m_2 g / (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = 10 \text{ Н};$

$a = \mu m_2 g \cos \alpha / (m_1 + m_2) (\cos \alpha +$

$+ \mu \sin \alpha) = 0,35 \text{ м/с}^2.$

2.10. $s = \frac{(m_2 - m_1) g t^2}{2(m_1 + m_2)} =$

$= 0,98 \text{ м}.$

2.11. $a = \frac{2F}{m} - g = 2,2 \text{ м/с}^2.$

2.12. $F_l = F l / L = 100 \text{ Н}.$

2.13. $s = \frac{1}{2} (g - a) (\sin \alpha -$

$- \mu \cos \alpha) t^2 = 1 \text{ м}.$

2.14. $a = g \frac{m_1 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) -$

$- m_2 (\sin \beta - \mu \cos \beta)}{m_1 + m_2} = 4,7 \text{ м/с}^2.$

2.15. $a = (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) g = 1,3 \text{ м/с}^2;$

$s = v_0 t + \frac{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) g t^2}{2} = 160 \text{ м}.$

2.16. $s = \frac{[F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)^2 - \mu m g]}{2m} =$

$= 2,4 \text{ м}.$

2.17. $a = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g =$

$= 1 \text{ м/с}^2$

2.18. $x = (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) l / (1 + \sin \alpha +$

$+ \mu \cos \alpha).$

2.19. 0,2.

2.20. 1,5 м/с².

2.21. $F = 4 m_1 m_2 g / (m_1 + m_2) = 26 \text{ Н};$

$F = 4 m_1 m_2 (g + a) / (m_1 + m_2) = 34 \text{ Н}.$

2.22. $a = g \frac{m_1 m_2 + m_1 m_3 - 4 m_2 m_3}{m_1 m_2 + m_1 m_3 + 4 m_2 m_3} =$

$= 0,58 \text{ м/с}^2.$

2.23. $a = \frac{m_2 g + \mu m_1 g}{m_1 - \mu m_2} = 6,2 \text{ м/с}^2$

2.24. $a = g \cdot \text{tg } \alpha = 5,7 \text{ м/с}^2.$

2.25. $F = m \sqrt{a^2 + g^2} = 1,4 \text{ Н}; 45^\circ.$

2.26. $a = \frac{mg}{2} \frac{\sin 2\alpha}{M + m \sin \alpha} = 2 \text{ м/с}^2.$

2.27. $v_0 > \sqrt{2\mu gl(1 + m/M)}.$

2.28. $x = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)^2 \frac{g t^2}{2} = 0,54 \text{ м};$

$a_c = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)^2 g = 1,1 \text{ м/с}^2.$

2.29. $s = \frac{m_1}{m_1 + m_2} l = 1 \text{ м.}$

2.30. $l = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3} h = 5 \text{ км.}$

2.31. $h = \frac{u t}{2} \ln \frac{M}{M - Q t} - \frac{g t^2}{2} = 65 \text{ см.}$

2.32. $Q = \frac{Mg}{u} \cdot e^{-gt/u}.$

2.33. $v = \frac{F}{Q} \ln \frac{M}{M - Q t} = 6,2 \text{ м/с.}$

2.34. $\mu = 4 \pi^2 n^2 R / g = 0,1.$

2.35. $v = \sqrt{\mu R g} = 24 \text{ м/с.}$

2.36. $v = \sqrt{g R / 3} = 10 \text{ м/с.}$

2.37. $T = 2\pi \sqrt{l \cos \alpha / g} = 1 \text{ с.}$

2.38. $h = l (1 - F / 3 mg) = 0,26 \text{ м.}$

2.39. 2 с.

2.40. $x_{\min} = \frac{g (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{\omega^2 \sin \alpha (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = 0,19 \text{ м;}$
 $x_{\max} = \frac{g (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}{\omega^2 \sin \alpha (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,42 \text{ м.}$

3.1. $A = sm \left[g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + \frac{2s}{t^2} \right] = 170 \text{ Ж.}$

3.2. $A = \frac{mv^2}{2} (gt - v) = 160 \text{ Ж.}$

3.3. $N = mgv (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 26 \text{ кВт.}$

3.4. $N = mg (gt - v_0 \sin \alpha) = 440 \text{ Вт;}$
 $A = mg \left(\frac{gt^2}{2} - v_0 t \sin \alpha \right) = 1 \text{ кЖ.}$

3.5. $A = sm (a + g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) = 44 \text{ МЖ.}$

3.6. $N = \frac{mh}{\eta t} \left(g + \frac{2h}{t^2} \right) = 4,1 \cdot 10^5 \text{ Вт.}$

3.7. $A = smg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 4,4 \cdot 10^9 \text{ Ж;}$
 $N = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) v = 3,3 \cdot 10^7 \text{ Вт.}$

3.8. $N = \frac{nmv}{2} \left(kg + \frac{v}{t} \right) = 350 \text{ кВт.}$

3.9. $A = \frac{mga}{2} (\sqrt{2} - 1) = 2 \text{ Ж.}$

3.10. $12,7 \text{ кЖ.}$

3.11. $v_1/v_2 = \sqrt{2 \mu \sin 2\alpha} = 0,2.$

3.12. $A = F \frac{h}{\sin \alpha} = 100 \text{ Ж.}$ Бажа-
рилган ишнинг бир қисми ($A_{\text{ишқ}} = \mu mgh \tan \alpha = 6,8 \text{ Ж}$) жисмни ва қия текисликни қиздиришга, иккинчи қисми эса — потенциал энергияни ($E_p = mgh =$

$= 19,6 \text{ Ж}$) ва кинетик энергияни ($E_k = A - E_p - A_{\text{ишқ}} = 73,6 \text{ Ж}$) срттиришга сарф бўлади.

3.13. $\cos \alpha = 1 - \frac{m^2 v^2}{M^2 2 gl} = 0,898; \alpha \approx 26^\circ.$

3.14. $N = \rho gh Q = 2,9 \text{ ГВт,}$ бу ерда ρ — сувнинг зичлиги.

3.15. $E_k = mgh (1 + \mu \cos \alpha) = 23 \text{ Ж.}$

3.16. $1 - \frac{m}{M + m}.$

3.17. 1) $v_1 = (m_2 - m_1) \sqrt{2 gl} / (m_1 + m_2) = 3,8 \text{ м/с;}$

$v_2 = 2 m_1 \sqrt{gl} / (m_1 + m_2) = 2,5 \text{ м/с.}$

2) $v = m_1 \sqrt{2 gl} / (m_1 + m_2) = 1,3 \text{ м/с;}$

$\eta = m_2 / (m_1 + m_2) = 0,8.$

3.18. $\Delta E = m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2 / 2 (m_1 + m_2) = 120 \text{ Ж.}$

3.19. $m_1 = \frac{m_2}{3} = 0,2 \text{ кг.}$

3.20. $v = m \sqrt{2 gh / M (M - m)}.$

3.21. $M = m (1 + v^2 / 2 gs) = 19,2 \text{ кг.}$

3.22. $N = mg^2 t = 96 \text{ Вт.}$

3.23. 1) $v_0 = \sqrt{gR (3 \sin \alpha - 2)} = 2,4 \text{ м/с.}$

2) $v_0 = \sqrt{gR [3 +$

$\rightarrow + \pi \mu \frac{90^\circ - \varphi}{180^\circ} \sin \varphi - 2]} = 2,5 \text{ м/с.}$

3.24. $Q = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho gh - mg (h + h_1) = 22 \text{ мЖ.}$

3.25. $l = mv^2 / 2 [F (\cos \beta + \mu \sin \beta) - mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)] = 0,32 \text{ м.}$

2.26. Тушиш вақти.

3.27. Шарга вертикал пастга йўналган тезлик берилганда унинг тушиш пайтидаги тезлиги катта бўлади. Агар ҳавога ишқаланиш таъсири бўлмаганда, иккала ҳолдан тезликлар бир хил бўлар эди.

3.28. Боғлиқ бўлади, чунки кўтарилиш тезлиги ўзгарганда фақат потенциал энергияни орттириш учун эмас, балки жисмга тезланиш бериш учун ҳам иш бажарилади.

3.29. $A = \frac{1}{2} \mu g m l a.$

3.30. $-1,4 \text{ м/с.}$

3.31. $\Delta t = \frac{2mv}{F} \sin \frac{\alpha}{2} = 0,045 \text{ с.}$

3.32. $a = \frac{\rho S v^2 - r mg}{m} = 0,15 \text{ м/с}^2,$ бу

ерда ρ — сувнинг зичлиги.

3.33. $v_0 = \sqrt{\mu g (2s + \mu g t^2)} = 3,7 \text{ м/с}$

3.34. $v = m_1 v_1 / (m_1 + m_2) = 1,6 \text{ м/с.}$

3.35. 44 м/с.

$$3.36. v_0 = M \sqrt{2 \mu g s / m \cos \alpha} = 970 \text{ м/с.}$$

$$3.37. s = \frac{(2v_0 \cos \alpha - v_1) s_1 + 3 v_1 v_0 \cos \alpha t}{2 (v_0 \cos \alpha + v_1)} = 19 \text{ м.}$$

$$3.38. v_1 = [Mv + m(v + u)] / (M + m) = 5,1 \text{ м/с; } v_2 = v = 5 \text{ м/с.}$$

$$v_3 = \frac{Mv + m(v - u)}{M + m} = 4,9 \text{ м/с.}$$

$$3.39. v_1 = -v_2 = \frac{M}{M + 2m} v = 3,3 \text{ м/с;}$$

$$v' = -v_2' = \frac{M - m}{M + m} v = 3 \text{ м/с.}$$

$$3.40. F = m \sqrt{2 g H / \Delta t} = 20 \text{ кН.}$$

$$3.41. \vec{M} = -10 \vec{i} + 11 \vec{j} + 2 \vec{k} \text{ (Н}\cdot\text{м); } M = 15 \text{ Н}\cdot\text{м; } M_z = 2 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$3.42. L = m v_0^3 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha / 2g = 14 \text{ кг} \times \text{м}^2/\text{с.}$$

$$3.45. v_c = 0,33 \text{ м/с; } \omega = 0,3 \text{ рад/с.}$$

$$3.48. L = \frac{1}{2} m g v_0 \cos \alpha t^2.$$

$$3.49. \Delta \vec{L} = -15 \vec{i} \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с.}$$

$$4.1. I = \frac{7}{5} m R^2 = 0,07 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

$$4.2. 6 \cdot 10^{-2} \text{ кг}\cdot\text{м}^3,$$

$$4.3. 9,8 \cdot 10^{37} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

$$4.4. I = m R^2 (g - a) / a = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

$$4.5. M = \pi n m R^2 / t = 0,38 \text{ Нм.}$$

$$4.6. a = (m_2 - m_1) g / (m^2 - m^1 + \frac{m}{2}) = 1,8 \text{ м/с}^2;$$

$$e = (m_2 - m_1) g / (m_1 + m_2 + \frac{m}{2}) R = 18 \text{ с}^{-2}.$$

$$4.7. v = \frac{2R}{r} \sqrt{\frac{hmg}{m_1 + 2m}} = 21 \text{ м/с.}$$

$$4.8. t = \frac{\pi n}{m_3 g r} \left[(2m_2 + 2m_3) + 2m_1 R^2 \right] = 21 \text{ с.}$$

$$4.9. s = m_2 g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t^2 / (2m_2 + m_1) = 2,6 \text{ м.}$$

$$4.10. s = 3v_0^2 / 4g \sin \alpha = 7,5 \text{ м.}$$

$$4.11. v = \frac{5}{7} g t \sin \alpha = 5,2 \text{ м/с.}$$

$$4.12. N = \frac{m R^2 \omega^2}{4l} = 4 \text{ кВт.}$$

$$4.13. E_k = \frac{3}{4} m v^2 = 6 \text{ Ж.}$$

$$4.14. 16 \text{ кЖ.}$$

$$4.15. M = \frac{\pi n m R^2}{t} = 14 \text{ Нм;}$$

$$A = 2\pi^2 n^2 m R^2 = 36 \text{ кЖ.}$$

$$4.16. N = \frac{2\pi^2 n^2}{t} \left(\frac{m_1}{2} + m_2 \right) = 190 \text{ Вт.}$$

$$4.17. \Delta E = 2\pi^2 n^2 R^2 m_1 m_2 / (m_1 + m_2) = 16 \text{ Ж.}$$

4.18. Ишқаланишсиз сирпанганда тезлик 1,4 марта ортиқ бўлади.

$$4.19. s = 1,4 h / \sin^3 \alpha = 1,4 \text{ м.}$$

$$4.20. n = 3Fl / 4\pi M g \mu R.$$

$$4.21. \omega = \frac{\rho_1 \omega_1 + \rho_2 \omega_2}{\rho_1 + \rho_2} = 8,8 \text{ с}^{-1}.$$

$$4.22. 49 \text{ Н; } 98 \text{ Н.}$$

$$4.23. F = 2mg \cos \frac{\alpha}{2} = 85 \text{ Н.}$$

$$4.24. m_1 = \frac{m_2 (\cos \alpha_2 - \mu \sin \alpha_2) + \mu m}{\cos \alpha_1 + \mu \sin \alpha_1} = 7,6 \text{ кг.}$$

$$4.25. l = 2a \sqrt{1 - m^2 g^2 / 4F^2} = 0,94 \text{ м.}$$

$$4.26. 21 \text{ Н.}$$

$$4.27. h = \frac{2R}{\lg \alpha} = 0,3 \text{ м.}$$

$$4.28. F_A = 3,7 \text{ кН; } F_B = 2,2 \text{ кН.}$$

$$4.29. F = F_{II} \cdot \lg \alpha = 11 \text{ Н.}$$

$$4.30. \mu = 1.$$

$$4.31. \lg \varphi = 2\mu; \varphi = 31^\circ.$$

$$4.32. 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

$$4.33. x_0 = 0,12 \text{ м; } y_0 = 0,058 \text{ м.}$$

4.34. Массалар маркази стерженнинг геометрик марказидан қўрғошиндан ясалган қисм томонга 0,25 м масофага силжиган.

4.35. Массалар маркази диск марказидан 0,01 м га силжиган.

$$4.36. h < 2R.$$

$$5.1. h = 2m v^2 / \pi \rho l g d^2 = 31 \text{ м.}$$

$$5.2. F V [(\rho_k - \rho_c) g - \rho_k a] = 31 \text{ кН.}$$

$$5.3. \eta = m g S_1 h_1 n / S_2 N t = 0,54 (54\%).$$

$$5.4. \text{Мис шар; } V = (\rho_m - \rho_a) / \rho_m \rho_a = 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$5.5. V_{II} = (\rho_{сим} - \rho_{п\text{шл}}) / (\rho_{сим} - \rho_k) V \approx 0,47 V.$$

$$5.6. m = \frac{m_1 [(1 - n) \rho_2 - \rho_1] \rho_3}{(\rho_3 - \rho_2) \rho_1} = 2,7 \text{ кг,}$$

бу ерда ρ_2 — сувнинг зичлиги, ρ_3 — пўқакнинг зичлиги.

$$5.7. P = \rho h (g + a) = 2 \text{ кПа.}$$

$$5.8. m = \rho_2 V (\rho_1 - 2\rho) / 2(\rho_2 - \rho_1) = 17 \text{ кг;}$$

$$T = \frac{V g}{2} (\rho_1 - 2\rho_2) = 150 \text{ Н, бу ерда } \rho_1,$$

ρ_1 ва ρ_2 — мос равишда пўкак, сув ва темирнинг зичликлари.

$$5.9 \quad T = \rho g l \frac{S_1 S_2}{S_1 - S_2}.$$

$$5.10. \frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{2gth + vl}{2gth - vl} \right)^2 = 3,5 \text{ марта.}$$

$$5.11. 0,5 \text{ м.}$$

$$5.12. v_1 = \sqrt{2gh + al} = 4,6 \text{ м/с; } v_2 = \sqrt{2gh - al} = 4,2 \text{ м/с.}$$

$$5.13. Q = \frac{Sl}{2h} \sqrt{2gh} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

$$5.14. v_{\max} = \sqrt{2 \left(g + \frac{4\pi^2}{T^2} A \right) h} = 1,5 \text{ м/с;}$$

$$v_{\min} = \sqrt{2 \left(g - \frac{4\pi^2}{T^2} \right) h} = 1,3 \text{ м/с;}$$

$$5.15. F = \sqrt{2Q^2/\rho S} = 14 \text{ Н.}$$

$$5.16. F = \frac{\pi r^2 \rho v^2}{2} = 63 \text{ Н.}$$

$$5.17. F = C_x \frac{\rho S v}{2} = 3,7 \text{ кН.}$$

$$5.18. N = \left[\mu mg + \frac{\rho(v_1 + v_2)^2 S}{2} \right] v_2 = 2,2 \text{ кВт.}$$

$$5.19. N = \frac{\rho S v^3}{2} = 140 \text{ кВт.}$$

$$5.20. 0,9 \text{ м.}$$

$$5.21. v = \sqrt{2 \Delta p / (n^4 - 1) \rho} = 0,5 \text{ м/с.}$$

$$5.22. N = \frac{nm}{t\rho} = 2,2 \text{ Вт.}$$

$$5.23. 60 \text{ кЖ.}$$

$$5.24. \eta = 2r^2 g (\rho_{\text{д}} - \rho_{\text{л}}) / 9v = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/(м} \cdot \text{с).}$$

$$5.25. r = \sqrt[4]{8l\eta v / \pi \rho g h t} = 1,4 \text{ см.}$$

$$5.26. 4,9 \text{ Н.}$$

$$5.27. 0,15 \text{ м/с; } 33 \text{ м/с.}$$

$$5.28. r = \sqrt[3]{\frac{9\eta^2 R e}{4\mu\rho_{\text{г.л}}(\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{л}})}} = 1,4 \text{ мм.}$$

$$5.29. F \approx \rho \frac{G S M_E}{R_E + h} = 470 \text{ мН, бу ерда}$$

M_E, R_E — Ернинг массаси ва радиуси, G_1 — гравитацион доимий.

$$5.30. \rho = (\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2) / (h_1 + h_2).$$

$$6.1. v = \sqrt{2gstg\alpha} = 20 \text{ м/с.}$$

$$6.2. a = gtg\alpha = 5,7 \text{ м/с}^2.$$

6.3. Қия текислик билан боғланган системада жисмга 4 та куч қўйилган (5-расм): оғирлик кучи $P = mg$, инерция кучи $F_{\text{ин}} = ma$, қия текисликнинг реакция кучи N ва ишқаланиш кучи $F_{\text{и}} = \mu(F'_{\text{ин}} + P'')$, бу ерда m — жисм мас-

саси, a — қия текислик тезланиши. Тезланишнинг энг кичик қийматини бу кучларнинг қия текисликка параллел йўналишдаги проекциялари йнғиндиси нолга тенг бўлиши шартидан топамиз: $F'_{\text{ин}} = F_{\text{и}} = F_{\text{ин}} + P'$. $F'_{\text{и}} = m\cos\alpha$, $P' = mg\sin\alpha$ ва $F_{\text{и}} = \mu(m\sin\alpha + mg\cos\alpha)$ эканлигини ҳисобга олсак: $a = (\sin\alpha + \mu\cos\alpha)g / (\cos\alpha - \mu\sin\alpha)$.

$$6.4. 1) \mu = \frac{g\sin\alpha - a\cos\alpha}{g\cos\alpha + a\sin\alpha} = 0,07;$$

$$2) \mu = \frac{a\cos\alpha + g\sin\alpha}{g\cos\alpha - a\sin\alpha} = 0,3.$$

$$6.5. s = \frac{a}{2} (\cos\alpha - \mu\sin\alpha)t^2 = 0,57 \text{ м.}$$

$$6.6. \mu = \frac{\omega^2 R}{g} = 0,2.$$

$$6.7. 69^\circ 50'.$$

$$6.8. v = \sqrt{(R - l)g/\mu} = 15 \text{ м/с.}$$

$$6.9. v' = \frac{\omega}{2} \sqrt{l_2^2 - l_1^2} = 0,49 \text{ м/с.}$$

$$6.11. v = \omega R^2/s = 20 \text{ м/с.}$$

$$6.12. F = 380 \text{ Н.}$$

6.13. $\Delta F = 4m\omega_0$, бу ерда ω_0 — Ер айланишининг бурчак тезлиги.

$$6.14. s = \frac{2}{3} \omega_0 h \sqrt{\frac{2h}{g}} \cos\varphi = 3 \text{ см.}$$

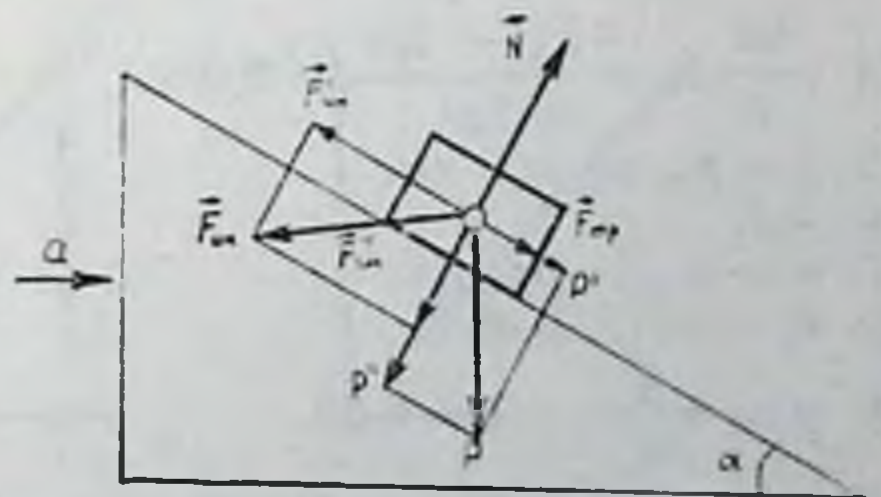
$$6.15. s = \frac{4}{2} \omega \cdot \frac{v_0^2}{g^2} \cos\varphi = 4 \text{ м.}$$

$$6.16. 2^\circ 10'.$$

7.1. Тескари Лоренц алмаштиришларини нисбийлик принципига кўра ёки Лоренц алмаштиришлари тенгламалари системасини штрихланган катталикларга нисбатан ечиш билан топиш мумкин:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \quad y = y'; \quad z = z'; \quad t = \frac{t' + (v/c^2)x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

$$7.2. l_1 = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \text{ ва } l_0 = l_2 \sqrt{1 - v^2/c^2}, \text{ бу ифодадан } l_0 = \sqrt{l_1 l_2} = 4,24 \text{ м, } v = c \sqrt{1 - l_1 l_2} = 212 \text{ Мм/с.}$$



5-расм

7.3. $\Delta D = D_0(1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}) \approx$
 $\approx 12,7$ см, бу ерда D_0 — Ернинг ўртача диаметри.

7.4. Самолётда вақт ўн миллиарддан беш процентга секинроқ ўтади. Бу соатнинг ҳар 10000 йилда 1 с орқада қолишига мос келади.

7.5. 69,4 ёш кичик бўлади.

7.7. Фараз қилайлик: $u'_y = u'_z = 0$; $u'_x = c$. У ҳолда $u_x = c$, $u_y = 0$, $u_z = 0$.

$$7.8. u_x = \frac{c + v}{1 + \frac{cv}{c^2}} = c.$$

7.9. u'_x ва u_x тезликлар бир тўғри чизиқ бўйлаб бир томонга йўналган.

$$У ҳолда $u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}} \approx 2,93 \cdot 10^8 \text{ м/с}.$$$

7.10. 0,5 с.

$$7.11. (ct'_{12})^2 - (\Delta x)^2 = (ct'_{12})^2 - (\Delta x')^2;$$

$$\Delta x' = 0;$$

$$t'_{12} = \sqrt{(t'_{12})^2 + (\Delta x/c)^2} \approx$$

$$\approx \sqrt{25 + 400} = 20,6 \text{ йил}; 30 + 20,6 =$$

$$= 50,6 \text{ ёш}.$$

7.12. 22,4 марта.

7.13. 1,2 марта.

7.14. 299, 97 Мм/с.

7.15. 1,8 марта.

7.16. $E_k^{кп} = 114$ кэВ; $E_k^{рел} = 175$ кэВ.

7.17. 015; $1,58 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

7.18. 298 Мм/с.

7.19. $1,11 \cdot 10^{-17}$ кг.

7.20. Кичик тезликларда $(v/c) \ll 1$. У ҳолда $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}$ ва $E_k =$
 $= m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right) = m_0 v^2 / 2.$

8.1. 0,04.

8.2. $F = ESd(t - t_0) = 2,5$ кН.

8.3. $d = d_0 \left(1 - \mu \frac{\Delta l}{l} \right) = 5$ мм.

$$8.4. \frac{\Delta V}{V} = \frac{4 F(1 - 2\mu)}{\pi E d^2} = 0,001.$$

8.5. $l = \rho_m / \rho g = 9$ км.

8.6. 0,5.

8.7. $a = (\rho_m l - \rho g l) / \rho l.$

8.8. $\epsilon_l = \rho l (g + a) / E.$

$$8.9. \mu = \frac{\psi}{2\epsilon_l} - 1 = 0,35.$$

$$8.10. d = 2 \sqrt[4]{2 M l / \pi G \varphi} = 3 \text{ мкм}.$$

8.11. $\epsilon_l = \sqrt{2 A / E S l} = 0,001.$

8.12. $\omega = E \epsilon_l^2 / 2 = 100$ кЖ/м³.

8.13. $x = v \sqrt{m x_0 / 2 F} = 0,1$ м.

8.14. $F = mg (1 + \sqrt{2 h / x_0 + 1}) =$
 $= 6,5$ кН.

8.15. $F = m g s / x = 88$ Н.

8.16. $h = E S \Delta l^2 / 2 m g l = 36$ м.

8.17. 1,8.

$$8.18. x = \frac{m}{k} \left[g + \sqrt{a(2g - a)} \right].$$

9.1. $E_p = 15$ мкЖ; $E_k = 47$ мкЖ;
 $E = 62$ мкЖ.

9.2. 9,8 г; 0,02 с.

9.3. $A = \frac{E}{F} = 0,02$ м.

9.4. 10^8 марта.

9.5. $\beta = \frac{1}{2} \ln \frac{A_0}{A} = 0,3$ с⁻¹.

9.7. 1,003 марта секинлашади.

9.8. $n = \frac{T_1}{T_2} = \sqrt[4]{1 + \left(\frac{a}{g} \right)^2}.$

9.9. $k = 4\pi^2 m \nu^2 = 200$ Н/м.

9.10. $T = 2\pi \sqrt{\Delta x / g} = 0,28$ с.

9.11. $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{A}} =$
 $= 0,7$ Гц.

9.12. $\nu = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{2h}} \times$
 $\times \frac{\sin \beta \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\sin \beta + \sin(\alpha - \beta)} = 0,23$ с⁻¹.

9.13. $T = 2\pi \sqrt{(m_1 + m_2) / S g \rho} = 0,9$ с.

9.14. $\nu = \sqrt{4 k m - r^2} / 4\pi m = 2,5$ Гц.

9.15. $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3g(l - 2d)}{2(l_2 - 3ld + 3d^2)}} =$
 $= 0,92$ Гц.

9.16. $T = 2\pi \sqrt{[m + 3(m_1 + m_2)] / 6g(m_2 - m_1)} =$
 $= 3$ с.

9.17. $T = 2\pi \sqrt{2l / 3(g + a)} = 1,1$ с.

9.18. $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2g / 3R} = 1,3$ Гц.

9.19. $T = 2\pi \sqrt{m l / 4 M g} = 0,16$ с.

9.20. $T = 4\pi \frac{R^2}{r^2} \sqrt{\frac{\rho l R}{15 G}} = 3,2$ с.

9.21. 0,03 м.

9.22. $T = 2\pi \sqrt{\rho h / \delta g} = 180$ с.

9.23. $T = 2\pi \sqrt{m_1 m_2 / (m_1 + m_2) k}.$

9.24. Жисм сфера сирти бўйлаб сирпанганда В нуқтага тезроқ етиб боради.

9.25. Пружинага навбатма-навбат юклар осиб, уларнинг тебраниш даврлари аниқ-

ланади, сўнгра $m_1 = m_2 \cdot \frac{T_1^2}{T_2^2}$ формулага

асосан номаълум масса аниқланади.

- 9.26. 340 м/с; 0,4 м/с.
 9.27. 0,11 м.
 9.28. 1,5 м/с.
 9.29. 1,5 марта.
 9.30. 1600 м/с.
 9.31. 1160 м/с.
 9.32. 1400 м/с.
 9.33. $k = \frac{4\rho h^2}{l^2} = 2,1$ ГПа.
 9.34. $F = \pi r l^2 d^2 v^2 = 45$ Н.
 9.35. $v = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{F}{\pi\rho}} = 129$ м/с.
 9.36. $v = \sqrt{Fl/m} = 200$ м/с.
 9.37. $\Delta v = v - \frac{1}{ld} \sqrt{F/\pi\rho} = 1,3$ Гц.
 9.38. 5700 м/с.
 9.39. $v = v/2l = 170$ Гц.
 9.40. $v = v/4l = 250$ Гц.
 9.41. 10^9 ; 1 Вт/м²; 10 нВт/м².
 9.42. 140 дБ.
 9.43. $\Delta v = 2vv/(c-v) = 0,42$ кГц.
 9.44. $v' = [(c+v_1)/(c-v_2)]^2 v = 51$ кГц.
 9.45. $v_1 = v(c+v_1)/(c-v_1) = 560$ Гц;
 $v_1 = v(c-v_1)/(c+v_2) = 443$ Гц;
 $v_2 = v(c+v_2)/(c-v_2) = 564$ Гц;
 $v_2 = (c-v_2)/(c+v_1) = 446$ Гц.
 9.46. $u = v(\tau_0 - \tau)/(\tau_0 + \tau)$.
 10.12. 570 км.
 10.2. $h = \sqrt{gR_{\text{Ер}}^2 T^2/2\pi} - R_{\text{Ер}} = 35,8$ Мм.
 10.3. $v = \sqrt{GM_{\text{Он}}/R_{\text{Он}}} = 2,4$ км/с.
 10.4. 10^3 м/с.
 10.5. $x = 54 R_3 = 344$ Мм.
 10.6. $v = \sqrt{GM_K/r} = 29,8$ км/с.
 10.7. $\rho = 3g/4\pi GR_3 = 5500$ кг/м³.
 10.8. $M_3 = 4\pi^2(R_3+h)^3/GT^2 = 6 \cdot 10^{24}$ кг.
 10.9. $v = \sqrt{GM_3/r} = 1,02$ км/с.

10.10. $v = \sqrt{2GM_3/R_3} = 11,2$ км/с.
 Кўрсатма: энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланинг.

10.11. Денгиз сатҳидаги массасининг 0,002 қисмига.

10.12. $h = 0,41 R_E = 2,6$ Мм.

10.13. 60 мкм/с².

10.14. 197 Гм.

10.15. $v = \frac{2v_3 r^2}{r_1 + r_2} = 30,3$ км/с.

10.16. $A = mgr_E = 310$ ГЖ.

10.17. Йўқ. Сунъий йўлдошни каттароқ радиусли орбитага чиқарганда унинг кинетик энергияси камаяди, бироқ потенциал энергияси ортади, йўлдошни учириниш учун бажариш зарур бўлган умумий иш эса ортади.

10.18. $\rho = \frac{2}{3} \pi G \rho^2 R^2$.

11.1. $5 \cdot 10^{12}$ та атом.

11.2. $1,9 \cdot 10^{19}$ та молекулага.

11.8. $2,3 \cdot 10^{22}$ та заррача.

11.4. $3,3 \cdot 10^{19}$ та атом.

11.5. $l = \sqrt[3]{\frac{NkT}{\rho}} = 0,33$ мкм.

11.6. $\Delta n = -1,22 \cdot 10^{25}$ молекула/м³.

11.7. $\Delta p = -4$ кПа.

11.8. 9,8 кПа.

11.9. $N_1 = N \frac{l}{1 + \frac{l}{r} \sqrt{\frac{M}{3RT}}} = 0,98 N$.

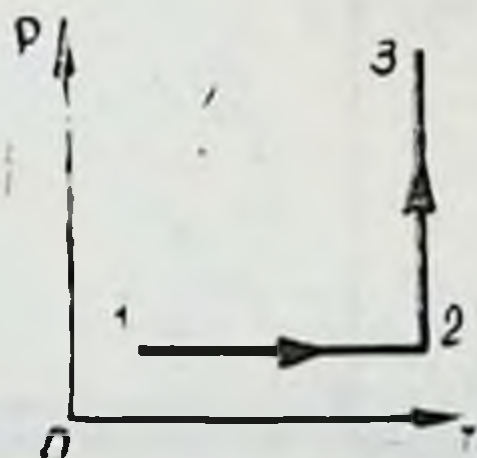
11.10. $\tau = 6 \frac{\Delta p V}{\rho S} \sqrt{\frac{M}{3RT}} = 2$ мин.

11.11. Агар $n_{\text{O}_2} = n_{\text{He}}$ бўлса, у ҳолда,

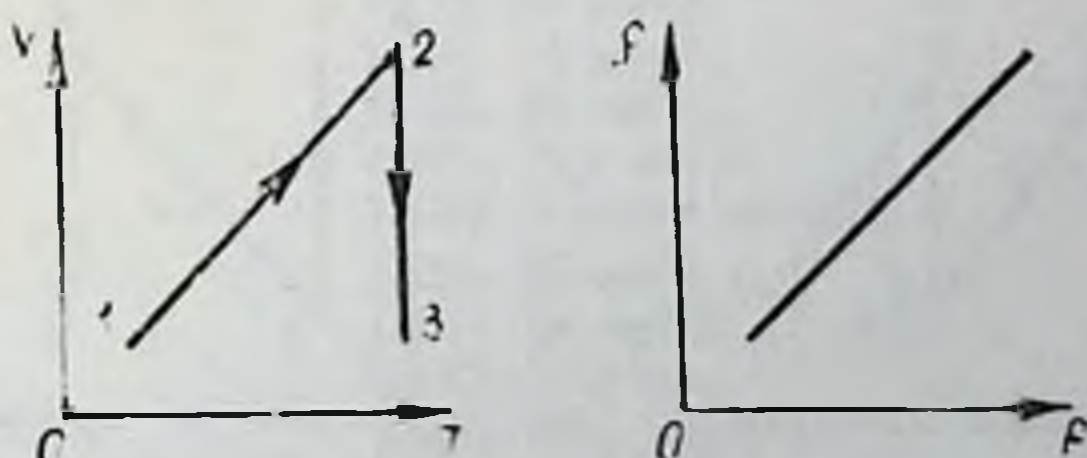
$$\frac{N_{\text{O}_2}}{N_{\text{He}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{O}_2}}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}; m_{\text{O}_2} =$$

m_{He} бўлганда эса $\frac{N_{\text{O}_2}}{N_{\text{He}}} \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{O}_2}} \frac{M_{\text{He}}}{M_{\text{O}_2}}} =$

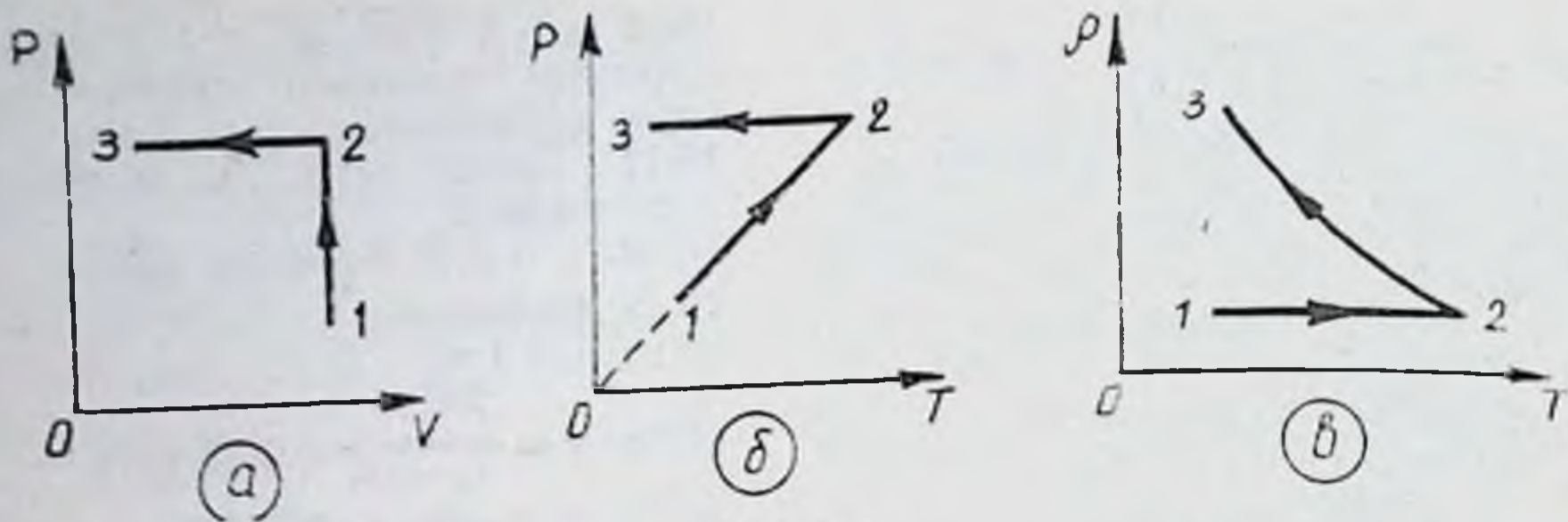
$$= \frac{1}{16\sqrt{2}}.$$



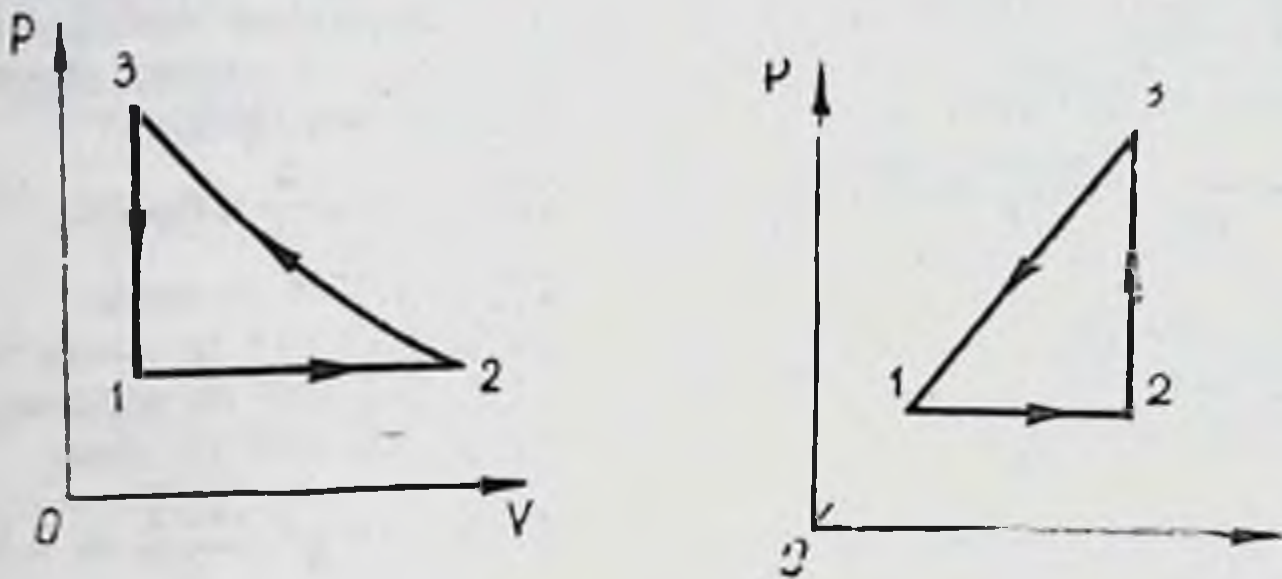
6- расм



7- расм



8- расм



9- расм

11.12. 2,4 кЖ.

11.13. 1,5 кЖ; 0,6; 0,4.

11.14. 1,5 кЖ.

11.15. 8,2 кЖ.

11.16. $\langle \epsilon \rangle = 3(N-1)kT = 1,24 \times$

$\times 10^{-19}$ Ж; $\frac{\langle \epsilon \rangle}{\langle \epsilon \rangle} = \frac{1}{2(N-1)} = \frac{1}{6}$.

бу ерда N — молекуладаги атомлар сони.

11.17. $T_{\max} = T + \frac{Mu^2}{5k} = 335$ К.

11.18. 6-расмга қаранг.

11.19. 7-расмга қаранг.

11.20. 8-расмга қаранг.

11.21. 9-расмга қаранг.

11.22. 10-расмга қаранг.

11.23. $M_1 > m_2$; $m_1 < m_2$.

11.24. 11-расмга қаранг.

11.25. $\Delta p > 0$; $\Delta V < 0$; $\Delta T > 0$.

11.26. 0,15 см³.

11.27. $h = \frac{2\rho_0}{\rho g} = 20,6$ м.

11.28. 625 К.

11.29. 300 К.

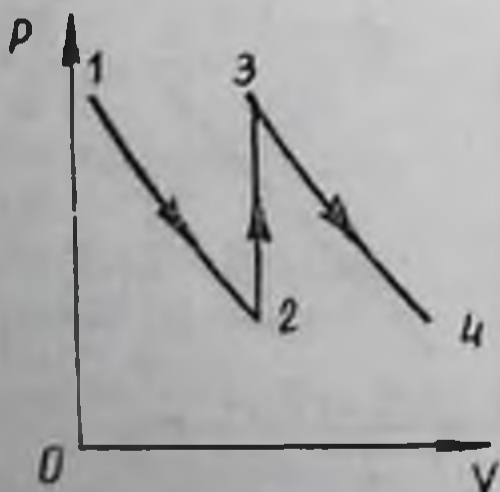
11.30. 0,10 дм³.

11.31. $n = \frac{4V}{V_0} = 50$.

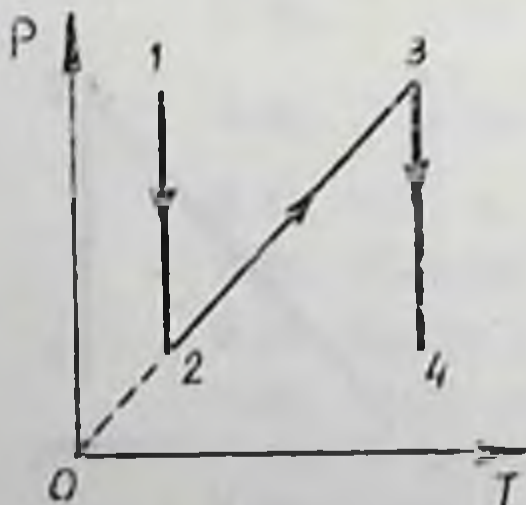
11.32. $n = \ln k / \ln[(V_0 + V)/V_0] = 71$.

11.33. 5 дм².

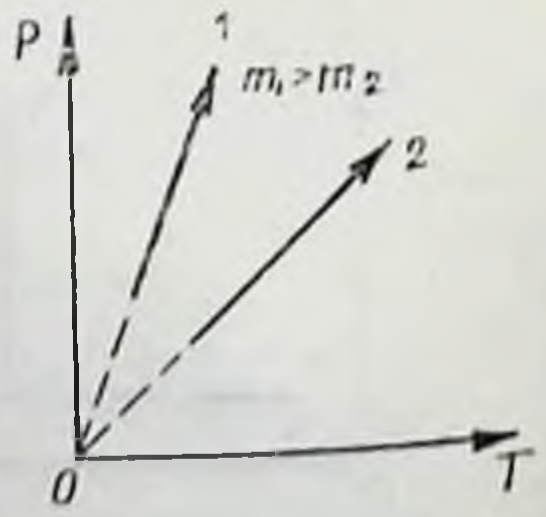
11.34. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu mg \cos \alpha}{\rho S} + \sqrt{\left(\frac{\mu mg \cos \alpha}{\rho S}\right)^2 + 1} = 1,2$.



10- расм



11- расм



11.35. Барометрнинг кўрсатишлари тўғ-
ри бўлади.

11.36. 99,8 кПа.

$$11.37. h = h_0 \frac{T}{T_0} \frac{l_0}{l_0 + \frac{1}{2}(h-h_0)}$$

Агар $\frac{1}{2}(h-h_0) \ll l_0$ бўлса, $h \approx h_0 \frac{T}{T_0} =$
 $= 13$ м.

11.38. 10 марта.

$$11.39. \Delta m = \frac{MV}{RT} \Delta p = 94 \text{ г.}$$

11.40. 0,43 кг.

11.41. 0,028 кг/моль.

$$11.42. \rho = \frac{M(\rho_0 - \rho)}{RT} = 17 \text{ г/м}^3.$$

11.43. 1,2 МПа.

11.44. 0,040 кг/моль.

11.45. 0,029 кг/моль.

11.46. 1,2 м³.

11.47. 24 г; 40 г.

$$11.48. \rho = \frac{\rho}{RT} \cdot \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} =$$

$= 0,24 \text{ кг/м}^3.$

11.49. 0,53 кг/м³.

11.50. $37 \cdot 10^9$ К.

$$11.51. \langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{6\langle E \rangle}{im}} = 0,40$$

км/с.

11.52. 0,35 мм/с; 0,32 мм/с.

11.53. 3 марта.

11.54. 1000 К.

11.55. 0,2 км/с.

11.56. 0,60 км/с.

11.57. 0,42 км/с.

11.58. 550 м/с.

11.59. 645 м/с; 1,29 км/с.

11.61. 1,9%.

11.62. 4,4%; 3%.

11.63. 1,07.

11.64. 5,53 км.

11.65. 94,6 кПа.

11.66. 1 км.

11.67. 79 кПа; $2,0 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$

11.68. 4,2 мм.

11.69. 123 км.

12.1. 64 Тм.

12.2. 0,4 мкм.

12.3. 4,7 Мм.

$$12.4. \langle \lambda \rangle = \frac{MV}{\sqrt{2} \pi d^2 m N_A} =$$

$= 0,21 \text{ мкм.}$

$$12.5. \rho = \frac{M}{\sqrt{2} \pi d^2 \langle \lambda \rangle N_A} =$$

$= 14 \text{ мг/м}^3.$

12.6. $\langle v_{\text{кп}} \rangle =$

$$= \sqrt{\frac{3 \sqrt{2} \pi N_A d^2 \rho \langle \lambda \rangle}{M}} = 0,41 \text{ км/с.}$$

12.7. 94,8 мПа.

12.8. Юқсри вакуум, чунки $\langle \lambda \rangle \gg b$
(76 м \gg 0,5 м).

12.9. $\rho \leq 23,8 \text{ мПа.}$

$$12.10. \rho \leq \frac{M}{\sqrt{2} \pi d^2 N_A} \sqrt[3]{\frac{\pi}{6V}} =$$

 $= 94 \text{ мкг/м}^3.$

$$12.11. \langle \tau \rangle = \frac{1}{4d^2 \rho} \sqrt{\frac{MkT}{\pi N_A}} =$$

 $= 0,83 \text{ мкс.}$

$$12.12. \langle \tau \rangle = \frac{\langle \lambda_1 \rangle \rho_1}{2\rho_2 T_1} \sqrt{\frac{\pi M T_2}{2R}} =$$

 $= 20 \text{ нс.}$

$$12.13. \langle z \rangle = 4d^2 \rho \sqrt{\frac{\pi N_A}{MkT}} =$$

 $= 4,7 \text{ Гс}^{-1}.$

$$12.14. \langle z \rangle = \frac{2\langle v_{\text{кв}} \rangle}{\langle \lambda \rangle} \sqrt{\frac{2}{3\pi}} =$$

 $= 0,20 \text{ Гс}^{-1}.$

$$12.15. \langle z \rangle = \frac{\rho_2}{\langle \lambda_1 \rangle \rho_1} \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} =$$

 $= 59 \text{ Гс}^{-1}.$

$$12.16. \langle z \rangle = \frac{V_1}{\langle \lambda_1 \rangle V_2} \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} =$$

 $= 23 \text{ Гс}^{-1}.$

$$12.17. z = 2V \left(\frac{\rho d}{kT} \right)^2 \sqrt{\frac{\pi RT}{M}} =$$

 $= 2,6 \cdot 10^{32} \text{ с}^{-1}.$

$$12.18. z_0 = \rho \sqrt{\frac{N_A}{2\pi M kT}} = 3,8 \times$$

 $\times 10^{16} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}.$

12.19. Ортади: 1) 4 марта; 2) 2 марта.

12.20. 92 мм²/с.

12.21. 14 мм²/с.

12.22. 89 мм²/с.

12.23. 15,4 мм²/с.

12.24. 2 марта ортади.

12.25. 20 мкПа·с.

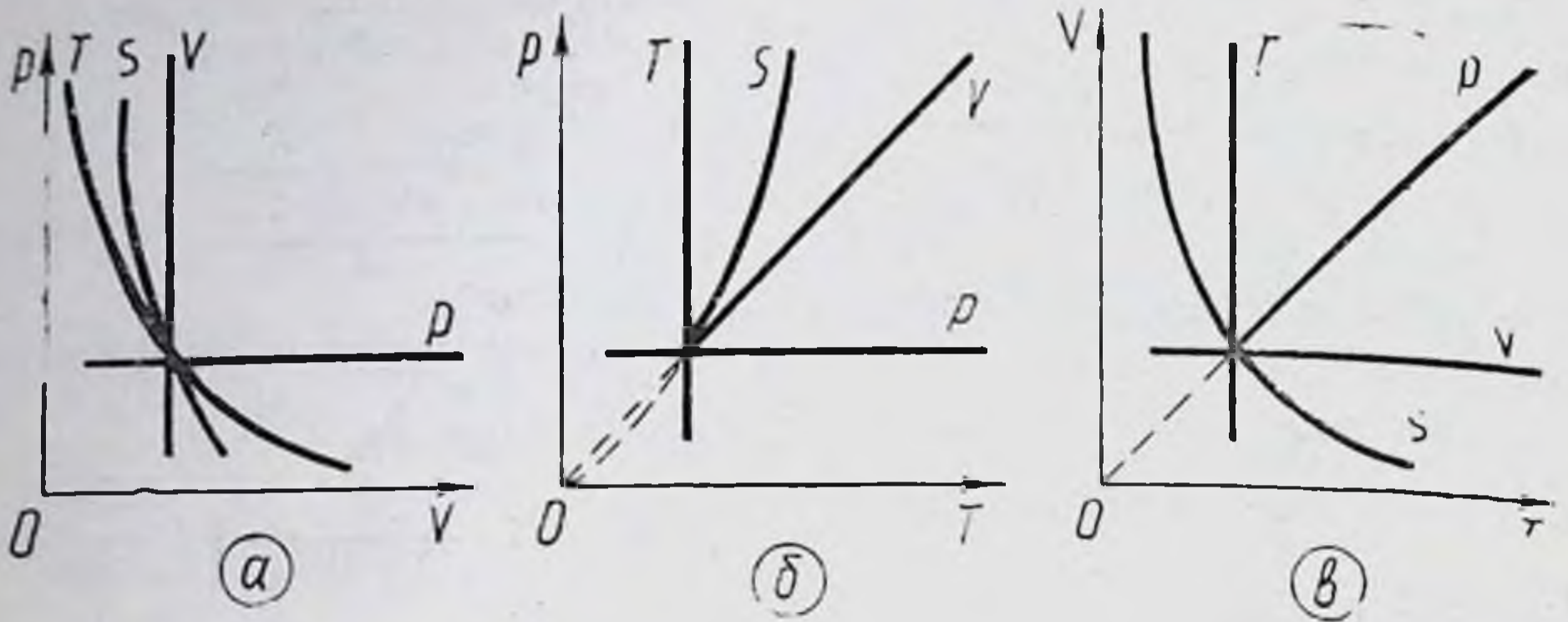
12.26. 14 мм³/с; 17 мкПа·с.

12.27. 0,19 нм.

12.28. 20,1 мкПа·с.

12.29. 69 К.

12.30. $\rho \geq 2 \text{ Па.}$



12- расм

$$12.31. \kappa = \frac{i}{2} \frac{R}{M} \eta = 3,78 \text{ мВт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$12.32. \kappa = \frac{ik}{3\pi d^2} \sqrt{\frac{RTM}{\pi}} = 7 \text{ мВт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$12.33. n = \frac{2\kappa}{iDk} = 3,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

$$12.34. p \leq \frac{kT}{\sqrt{2\pi d^2 l}} = 1,7 \text{ Па}.$$

- 13.1. а) $C_v = 3/2R$, $C_p = 5/2R$; $\gamma = 1,67$;
 б) $C_v = 5/2R$, $C_p = 7/2R$; $\gamma = 1,40$;
 в) $C_v = 7/2R$, $C_p = 9,2$; $\gamma = 1,29$;
 г) $C_v = 3R$, $C_p = 4R$; $\gamma = 1,33$;
 д) $C_v = 6R$, $C_p = 7R$; $\gamma = 1,17$.

13.2. 5.

13.3. 0,032 кг/моль.

$$13.4. c_p = \frac{\gamma p}{(\gamma-1) \rho T} = 1,0 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$c_v = \frac{p}{(\gamma-1) \rho T} = 0,74 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

12.5. 1,38.

13.6. 2 моль.

13.7. $c_p = 1,7 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К});$

$c_v = 1,2 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$

13.8. $1,2 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К}),$

13.9. $1,0 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К}); 0,72 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$

13.10. 1,4.

13.11. 1) $C = C_v + \frac{R}{2}$; 2) $C = C_v - R$.

13.12. 0,40 кЖ.

13.13. 0,004 кг/моль.

$$13.14. Q = \frac{\gamma}{\gamma-1} pV_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) =$$

$= 4,8 \text{ кЖ}.$

13.15. 586 К; 4,6 МПа.

13.16. 7,5 кЖ.

$$13.17. \Delta F = \frac{\pi Q d^2 (\gamma-1)}{4V} = 53 \text{ Н}.$$

13.18. 12- расмга қаранг.

13.19. 382 К.

13.20. $\approx 180 \text{ К}.$

13.21. $A'_p > A'_T > A'_S$, бу ерда A'_S — газнинг адиабатик жараёнда бажарган иши.

13.22. $A'_S > A'_T > A'_p$.

13.23. 0,33 кЖ.

13.24. 0,6 кЖ.

13.25. 1) 980 Ж; 2) 245 Ж.

13.26. $-0,19 \text{ МЖ}; -0,68 \text{ МЖ}.$

13.27. 1—ва 2—да ортади, 3—да ұзгармайди, 4— ва 5—да камаяди.

13.28. 13- расмга қаранг.

13.29. $A'_1 > A'_2$; $\Delta U_1 = \Delta U_2$; $Q_1 > Q_2$.

13.30. $A'_1 > 0$; $A'_2 < 0$.

13.31. 520 Ж; 312 Ж; 208 Ж.

13.32. а) $3/5$; $2/5$; б) $5/7$; в) $3/4$; $1/4$.

13.33. 1,5 кЖ; 2,25 кЖ.

$$13.34. \Delta V = \frac{2\Delta U}{i\rho} = 8 \text{ дм}^3.$$

13.35. 977 К; 5,4 мПа; $A' = -\Delta U = -1,5 \text{ кЖ}.$

13.36. 2,3 м³

$$13.37. \Delta U = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma-1} = 1,3 \text{ кЖ}.$$

$$13.38. T = \frac{M (p_2 V_1 p_1 V_2)^2}{4(p_2 - p_1) (V_1 - V_2) m R} = 496 \text{ К}.$$

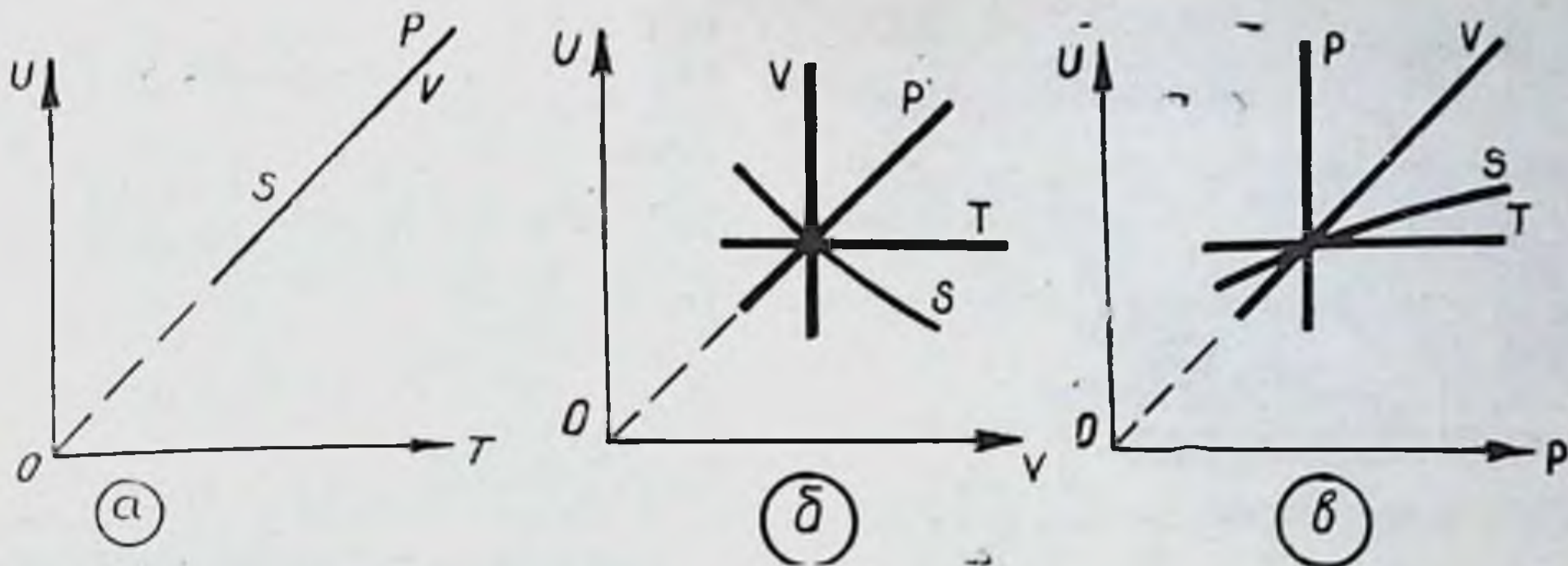
13.39. $A'_{12} > 0$, $Q_{12} > 0$; $A'_{23} < 0$, $Q_{23} < 0$.

13.40. 1) $V_1/V_2 = 2$; 2) $T_2 = 222 \text{ К};$

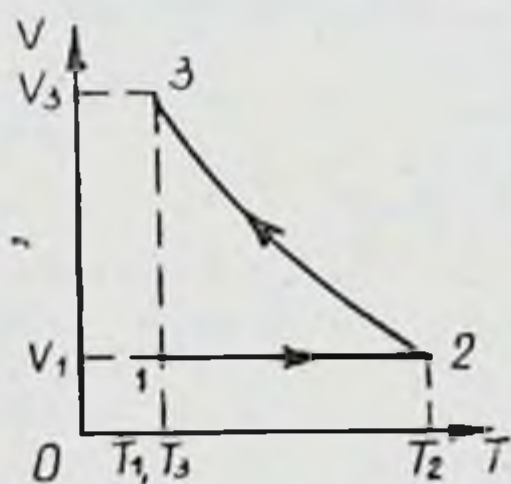
3) $Q = 148 \text{ Ж}; 4) p_2 = 0,5 \text{ МПа}.$

13.41. 0,84 МЖ.

13.42. $T_2 = 313 \text{ К}; V_2 = 45 \text{ дм}^3; T_3 = 519 \text{ К}; V_3 = 74 \text{ дм}^3.$



13- расм



14- расм

13.43. 14- расмга қаранг.

13.44. 15- расмга қаранг; $A_{12}' > 0$; $A_{41}' > 0$; $A_{23}' < 0$; $A_{34}' < 0$.

13.45. 16- расмга қаранг; $\Delta U_{12} = 0$, $\Delta U_{34} = 0$, $\Delta U_{23} < 0$, $\Delta U_{41} > 0$.

13.46. $Q_1 = Q - (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$.

13.47. 1) $Q = 36$ кЖ, $\Delta U = 30$ кЖ, $A' = 6$ кЖ;

2) $Q = 34$ кЖ, $\Delta U = 30$ кЖ, $A' = 4$ кЖ;

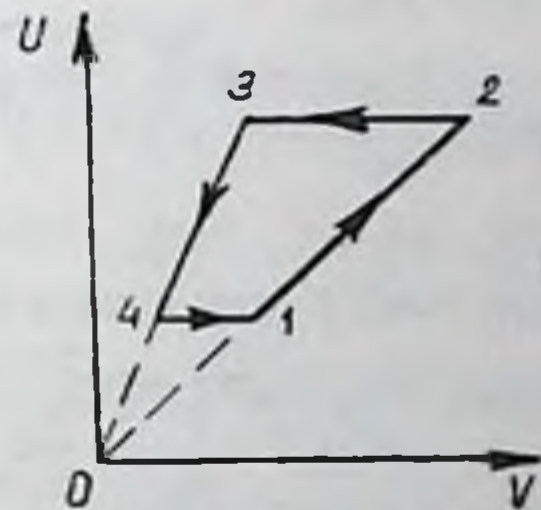
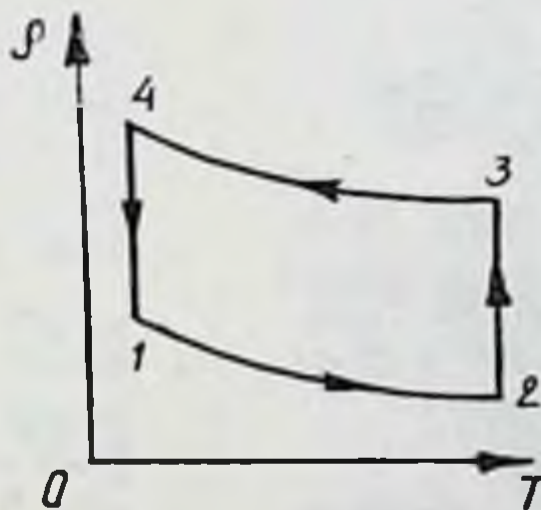
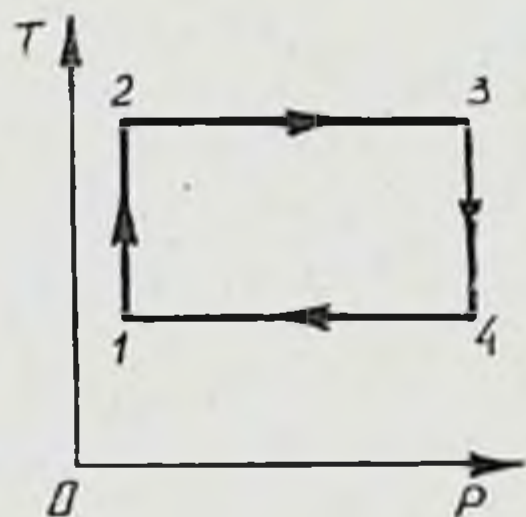
3) $Q = 32$ кЖ, $\Delta U = 30$ кЖ, $A' = 2$ кЖ.

13.48. $A_1' = 0$; $A_2' = 21$ кЖ; $A_3' = -15$ кЖ.

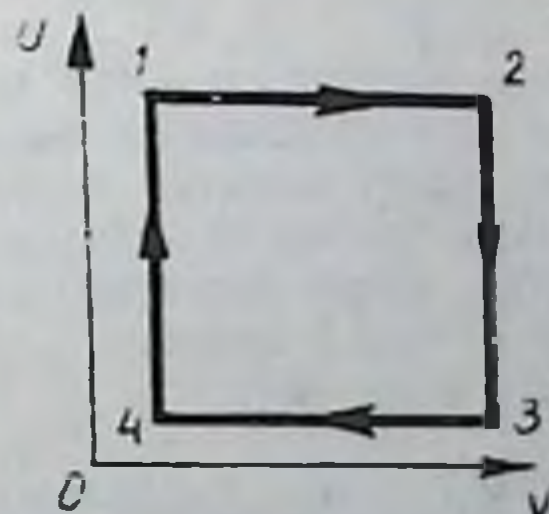
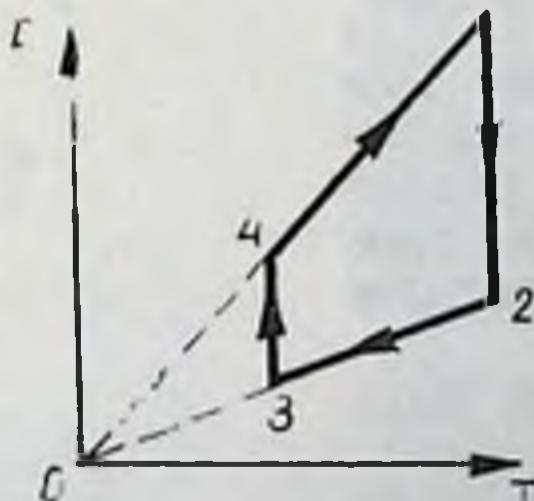
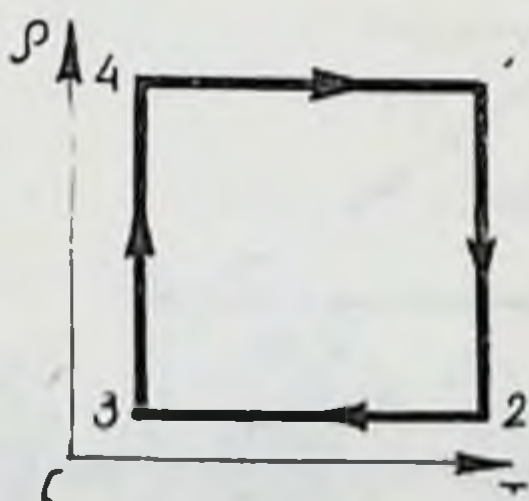
$$13.49. T_{\max} = T \left[1 + \frac{mghR}{M(p_0 + p)VC_v} \right] = 306 \text{ К.}$$

$$13.50. T = \frac{3}{5} T_0 + \frac{2}{5} \frac{p_0 + mg/S}{\nu R};$$

$$V = \frac{2}{5} V_0 + \frac{3}{5} \frac{\nu RT_0}{p_0 + mg/S}.$$



15- расм



16- расм

$$13.51. T_2 = T_1 \frac{1}{1 + R/4C_v} \cdot \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{2(1 + R/4C_v)}$$

$$13.52. 482 \text{ K.}$$

$$13.53. 30 \text{ м/с.}$$

$$13.54. 1,16; \approx -3,75 \text{ МЖ};$$

$$13.55. 595 \text{ K}; 0,62 \text{ МЖ.}$$

$$13.56. 1) C = -21 \text{ Ж}/(\text{моль K}).$$

$$2) Q = 21 \text{ Ж. } 3) A = 12 \text{ Ж.}$$

$$13.57. 1) n = -1; 2) C = \frac{R}{2} \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1};$$

$$3) \Delta U = \frac{24 p_1 V_1}{\gamma - 1}; 4) A' = 12 p_1 V_1.$$

$$13.58. 767 \text{ м/с.}$$

$$13.59. 398 \text{ K.}$$

$$13.60. T = \frac{(\gamma - 1) v^2 M}{2 \gamma R} = 4,54 \text{ кК.}$$

$$13.61. v = v_2 = \sqrt{\frac{2}{\gamma - 1}}, \text{ бу ерда } v_2 =$$

$$\sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$$

$$13.62. T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} = 119 \text{ K};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \gamma}{\gamma - 1} \frac{RT_1}{M} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]} = 1,37 \text{ км/с.}$$

$$13.63. \frac{m_0}{m} = e^{v_1 \sqrt{\frac{\gamma - 1}{2 \gamma} \frac{M}{RT}}} = 12,6.$$

$$13.64. 3,5 \text{ кК}; 74\%.$$

$$13.65. v = 0 \text{ бұлган крәтик нуқтада } T_{\text{max}}$$

$$\text{буладя; } T_{\text{max}} = T \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2 \gamma} \frac{M v^2}{RT} \right).$$

$$13.66. F = \rho v^2 S + p S = \frac{8 l m^2 R T}{\rho S M} + p S =$$

$$\frac{8 l m^2 R T}{\rho S M}, \text{ бу ерда } M \text{ — сув буғининг}$$

мольяр массасы, ρ — буғ зичлиги. Тор-тиш кучи ифодасидаги иккинчи ҳад би-ринчи ҳадга нисбатан кичик ва уни ҳи-соблаш пайтида эътиборга олмаса ҳам булади, чунки соплодан чиқаётган газ-нинг босими p кичик.

$$13.67. 0,907 \text{ МН.}$$

$$14.1. \eta_{1'-2'-3-4-1'} > \eta_{1-2-3-4-1}.$$

$$14.2. \eta_{1-2-3'-4'-1} > \eta_{1-2-3-4-1}.$$

$$14.3. 19\%.$$

$$14.4. 364 \text{ K.}$$

$$14.5. 1/3.$$

$$14.6. 2 \text{ марта.}$$

$$14.7. \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{T_1}{T_2} = 1,4.$$

$$14.8. 0,25 \text{ МВт.}$$

$$14.9. \epsilon = \frac{1 - \eta}{\eta} = 4.$$

$$14.10. 7,6 \text{ кЖ.}$$

$$14.11. 1,06 \text{ МЖ.}$$

14.12. $Q = P \tau + c n \rho t + \lambda n \rho$, бу ерда ρ — сув зичлиги, c — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими, λ — музнинг солиш-тирма эриш иссиқлиги.

$$14.13. Q = P (1 + \epsilon) t = 35 \text{ МЖ.}$$

$$14.14. 5\%.$$

$$14.15. 24\%.$$

$$14.16. 95 \text{ дм}^3.$$

$$14.17. -0,18 \text{ кЖ.}$$

14.18. 1-2-3-1 ва 1-3-4-1 жара-ёнларнинг p, V координаталардаги ди-аграммаларини чизамиз. 17-расмдан кўринадикки, 1-2-3-1 цикл графиги билан чегараланган юза 1-2-4-1 цикл графиги билан ўралган юзадан катта, яъни 1-2-3-1 жараёнда газ кўпроқ иш бажаради.

$$14.19. 83 \text{ кЖ.}$$

$$14.20. \eta_1/\eta_2 = 0,7.$$

$$14.21. A = R (T_1 + T_3 - 2 \sqrt{T_1 T_3}).$$

$$14.22. 17\%.$$

$$14.23. 1) T_1 = 335 \text{ K}, T_2 = 391 \text{ K}, T_3 = 362 \text{ K}, V_2 = 86 \text{ дм}^3;$$

$$2) A' = 1,28 \text{ кЖ};$$

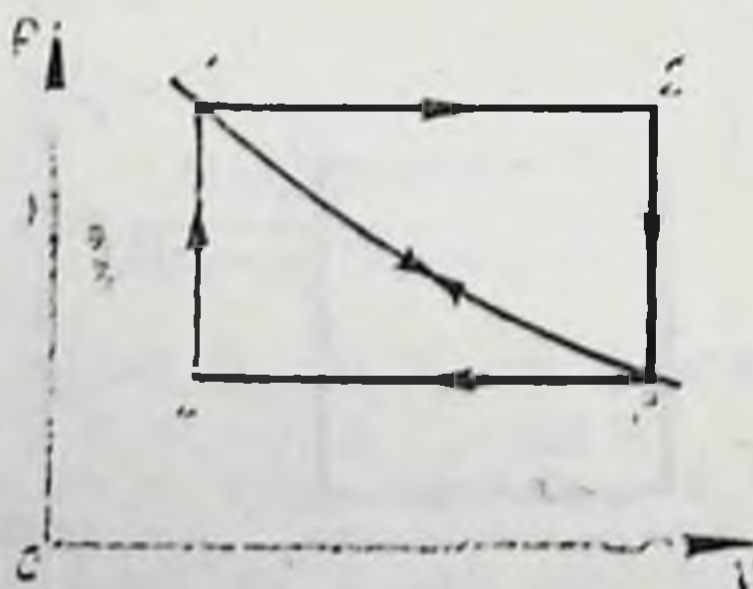
$$3) Q_1 = 72,1 \text{ кЖ};$$

$$4) \eta = 2\%;$$

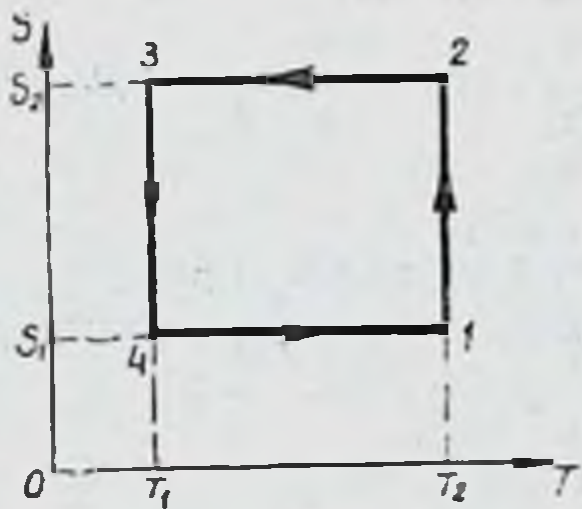
$$5) \eta_k = 21\%.$$

$$14.24. \eta = \frac{\ln(p_2/p_1) - (1 - p_1/p_2)}{\ln(p_2/p_1) + (1 - p_1/p_2)/(\gamma - 1)} = 9\%.$$

$$14.25. \eta = 1 - \frac{\gamma [(p_2/p_1)^{1/\gamma} - 1]}{p_2/p_1 - 1} = 9\%.$$



17-расм



18-расм

14.26. $n_1 > n_2$ ва $\eta_1 > \eta_2$, бу ерда $n_1 = \frac{V_1}{V_2}$, $n_2 = \frac{V_1}{V_2}$, $\eta_1 = 1 - 2 - 3 - 4 - 1$ шиклинг ФИК, $\eta_2 = 1 - 5 - 6 - 7 - 1$ шиклинг ФИК.

$$14.27. \eta = 1 - \frac{1}{n^{\gamma-1}}.$$

14.28. 45%.

$$14.29. \eta_{II} > \eta_I.$$

$$14.30. \eta = 1 - \frac{k^\gamma - 1}{\gamma n^{\gamma-1} (k-1)}.$$

$$14.31. \eta = 1 - \frac{1}{\delta^\gamma}.$$

$$14.32. \eta = 1/12.$$

$$14.33. 302 \text{ К}.$$

$$14.34. 1) 1,7 \text{ Ж/К}; 2) 2,9 \text{ Ж/К}.$$

$$14.35. 2,9 \text{ Ж/К}.$$

14.36. Изотермик сиқилганда ҳарорат ўзгармайди, адиабатик сиқилганда эса $2^{\gamma-1}$ марта ортади. Қайтувчан жараёнларда адиабатик сиқилишда энтропия ўзгармайди ($S_1 = S_2$), изотермик сиқилишда эса камаяди ($S_2 < S_1$).

14.37. S, T диаграммада Карно шикли 1-2-3-4 тўғри тўртбурчак билан ифодаланади (18-расм), бу ерда 1-2 ва 3-4 изотермалар, 2-3 ва 4-1 адиабаталар.

$$14.38. 89 \text{ дм}^3.$$

$$14.39. \Delta S_{H_2} / \Delta S_{O_2} = 16.$$

$$14.40. -0,20 \text{ кЖ/К}.$$

$$14.41. \Delta S = (C_p - nC_v) \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

$$14.43. 90 \text{ Ж/К}.$$

$$14.44. 0,29 \text{ кЖ/К}.$$

$$14.45. \text{м } 0,77 \text{ кЖ/К}.$$

$$14.46. 1,6 \text{ кЖ/К}.$$

$$14.47. 1,5 \text{ кЖ/К}.$$

$$14.48. \ln \frac{\Omega_1}{\Omega_2} = 4,2 \cdot 10^{23}; \frac{\rho_1}{\rho_2} = 2.$$

$$14.49. 1,00 \cdot 10^{20}.$$

$$15.1. 301 \text{ К}; 307 \text{ К}.$$

$$15.2. 5,2 \text{ МПа}.$$

$$15.3. \rho_l = \frac{a\rho^2}{M^2} = 1,7 \text{ ГПа}.$$

$$15.4. d = \sqrt[3]{\frac{3b}{2\pi N_A}} = 290 \text{ нм}.$$

$$15.5. 2,5 \text{ МПа}, 0,18 \text{ МПа}; 0,25 \text{ дм}^3.$$

$$15.6. A = -\frac{m^2 a}{M^2} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = 1,7 \text{ Ж}.$$

$$15.7. 1,92 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{моль}^2; 0,12 \text{ дм}^3 / \text{моль}.$$

$$15.8. 200 \text{ кг/м}^3.$$

$$15.9. 25 \text{ кг/м}^3.$$

$$15.10. 56,8 \text{ МПа}.$$

$$15.11. 5,9 \text{ г}.$$

$$15.12. 94,7 \text{ см}^3.$$

$$15.13. d = \sqrt[3]{\frac{3kT_\kappa}{16\pi\rho_\kappa}} = 293 \text{ нм}.$$

$$15.14. \lambda = \frac{kT}{\sqrt{2\pi\rho}} \left(\sqrt[3]{\frac{2}{3} \frac{\pi N_A}{b}} \right)^2 = 84 \text{ нм}.$$

$$15.15. 97,5 \text{ нм}.$$

$$15.16. 36 \text{ мм}^2 / \text{с}.$$

$$15.17. \tau = T / T_\kappa = 1,5.$$

$$15.18. 2,6 \cdot 10^{25} \text{ та молекула}.$$

$$15.19. 2,5 \text{ г}.$$

$$15.20. 1,2 \text{ кг}.$$

$$15.21. 66\% \text{ га камаяди}.$$

15.22. «Чегарада» қайнаганда CCl_4 сувга қараганда 25 марта тезроқ буғланади.

$$15.23. 84,6 \text{ кПа}.$$

$$15.24. 42 \text{ К}.$$

$$15.25. T_2 = \frac{T_1}{1 - \frac{T_1 R}{\lambda M} \ln \rho_2 / \rho_1} = 375 \text{ К}.$$

$$15.26. 3,3 \cdot 10^{28} \text{ та молекула}; 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

$$15.27. 3 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3; 310 \text{ нм}.$$

$$15.28. 96 \text{ пН}.$$

$$15.29. 73 \text{ мН/м}.$$

$$15.30. 0,54 \text{ мЖ}.$$

$$15.31. 7,8 \text{ Мг/м}^3.$$

$$15.32. 0,1 \text{ м}; 1,5 \text{ м}.$$

$$15.33. A = \frac{6\sigma m}{\rho d} = 2,2 \text{ Ж}.$$

$$15.34. Q = 192\pi r^2 \sigma = 1,2 \text{ мЖ}.$$

15.35. 4,1 см.

15.36. 3 см; 1,5 см.

15.37. 64 мН/м.

15.38. 15 см.

15.39. 37,5 мкм.

15.40. $a=g=9,81$ м/с.

15.41. Ички капиллярда сув сатҳи ташқи капиллярдагидан $4/3$ марта баланд.

$$15.42. D = \sqrt[3]{\frac{6\sigma d}{\rho g}} = 1,6 \text{ мм.}$$

$$15.43. \sigma = \frac{\rho g d h}{4n} = 0,78 \text{ Н/м.}$$

$$15.44. m = \frac{\sigma n d}{g} = 28 \text{ мг.}$$

15.45. а) $m < 23$ мг; б) $m = 23$ мг;
в) $m > 23$ мг.

$$15.46. R_1 = \frac{d}{2} = 0,5 \text{ мм;}$$

$$1) R_2 = \frac{\sigma \pi d^2}{2(\delta \pi d - m g)} \quad d = 2,2 \text{ мм;}$$

$$2) R_2 = \infty;$$

$$3) R_2 = \frac{\sigma \pi d^2}{2(m g - \sigma \pi d)} = 1,1 \text{ мм.}$$

15.47. $l \leq 4,35$ см.

15.48. $h \geq 2,8$ см.

$$15.49. \sigma = \frac{g(\pi d^2 l \rho - 4m)}{8\pi d} = 33 \text{ мН/м.}$$

$$15.50. h = \frac{4(mg + \sigma \pi d)}{\rho g \pi d^2} = 3,8 \text{ см.}$$

15.51. 0,45 г.

$$15.52. \rho = \frac{2\sigma}{\rho h d} = 0,85 \text{ Мг/м}^3.$$

$$15.53. F = \frac{\sigma m}{\rho d} \left(\sqrt{\frac{\pi \rho d}{m}} + \frac{2}{d} \right) = 10 \text{ Н.}$$

$$15.54. h = \frac{\rho}{\rho g} - \frac{4\sigma}{\rho g d} = 749 \text{ мм;}$$

$$d = \frac{4\sigma}{\Delta \rho} = 2,2 \text{ см.}$$

$$15.55. \rho = \Delta h + \frac{4\sigma}{\rho g d} = 101 \text{ кПа.}$$

$$15.56. \sigma = \frac{\rho g \Delta h}{\left(4 \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)} = 73 \text{ мН/м.}$$

15.57. 0,5 Н/м.

15.58. 750 кПа. Насос манометрнинг ингишка найнга улашиши керак.

15.59. 0,4 мкм.

15.60. $\Delta \rho = 3\delta$ Па;

$$\rho = \frac{M}{RT} \left(p_0 + \frac{8\sigma}{d} \right) = 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

15.61. 2,3 мЖ.

15.62. 1 мВт.

15.63. 1) Кичик совун пуфаги кичиклашадн, каттаси эса катталашадн,
2) $\Delta r = 0,8$ см.

15.64. 4,7 мЖ.

15.65. $1,0 \text{ мК}^{-1}$.

$$15.66. \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 - k \Delta p}.$$

15.67. 46 МПа.

15.68. 3 мм/с.

95.69. 0,97 кг/(м·с).

15.70. $5 \cdot 10^{22} \text{ дм}^{-3}$.

15.71. 82 К га.

15.72. 0,18 МПа.

15.73. 32%.

15.74. 1,7 м.

16.1. 1,4.

16.2. 17 мК^{-1} ; 14°C .

$$16.3. T = T_0 \sqrt{1 + \alpha t}.$$

16.4. 12,6 кН.

16.5. 68 см^3 ; 54 см^3 .

16.6. $100,7 \text{ кПа}$.

16.7. $925 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; $390 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;
 $128 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.

16.8. $670 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; $675 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$.

16.9. 28 см.

16.10. 359 К.

16.11. 5,9 кг.

16.12. 473 К.

$$16.13. Q = \frac{(t_1 - t_4) \tau S}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\kappa} + \frac{1}{\alpha_2}} = 30 \text{ Ж;}$$

$$t_2 = t_1 - Q/a_1 \tau S = 18^\circ\text{C};$$

$$t_3 = t_4 + Q/a_2 \tau S = -15^\circ\text{C}.$$

16.14. 1) $t = -2^\circ\text{C}$; 2) $t = 19^\circ\text{C}$. Энг қулайи 2-вариант; $\eta = 51\%$.

$$16.15. Q = (t_1 - t_5) \tau S \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\kappa_1} + \frac{l_2}{\kappa_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right) = 26 \text{ кЖ.}$$

$$16.16. l = \lambda \left[\frac{(t_1 - t_2) \tau S}{Q} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\kappa_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right] = 0,63 \text{ мм.}$$

16.17. 5,3 МПа.

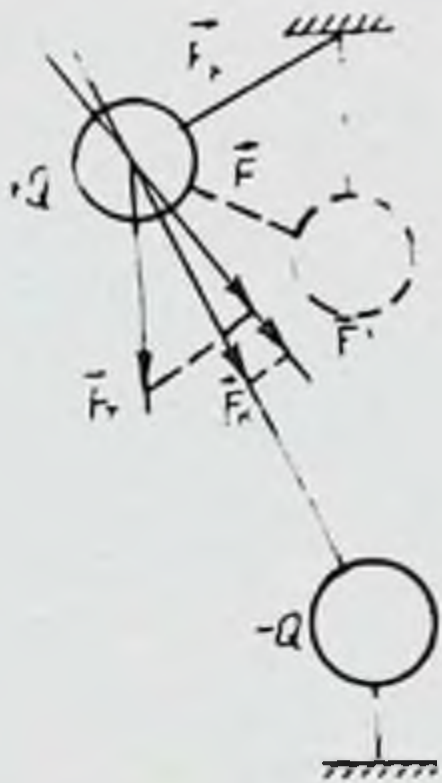
16.18. $-0,082^\circ\text{C}$.

16.19. $-50 \text{ Ж}/\text{K}$.

16.20. $2,6 \text{ кЖ}/\text{K}$.

16.21. $2,1 \text{ кЖ}/\text{K}$.

16.22. $-20 \text{ Ж}/\text{K}$.



19- расм

16.23. $\Delta T = -0,8 \text{ К}; \frac{\Delta m}{m} = 5 \cdot 10^{-3}$.

16.24. $0,13 \text{ МЖ/кг}$.

17.1. Q_1 заряддан $x = \frac{l \sqrt{Q_2}}{\sqrt{Q_1} + \sqrt{Q_2}} = 3,5 \text{ см}$ масофада;

Q_2 заряддан $l - x = 2,55 \text{ см}$ масофада.

17.2. Оғирлик кучи \vec{F}_0 ва ипнинг таранглик кучи \vec{F}_T дан ташқари, маятникнинг зарядланган шарчасига пастдаги шарчанинг электр тортиш кучи ҳам таъсир қилади. Бу куч ҳам оғирлик кучи билан бир хил йўналишга эга бўлиб, қайтарувчи $\vec{F} = \vec{F}' + \vec{F}''$ кучни орттиради (19- расм). Бунда маятник тезлашишнинг ўртача қиймати ортиб, тебраниш даври мос равишда камаяди. Маятникнинг мувозанат ҳолати вертикалликка қолади.

17.3. $F = 2 \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \cos \frac{\alpha}{2} = 0,59 \text{ нН}$.

17.4. $F = \frac{Q_3}{4 \pi \epsilon_0} \times \sqrt{\frac{Q_1^2}{a^4} + \frac{Q_2^2}{b^4} - \frac{Q_1 Q_2}{a^3 b^3} (d^3 + b^2 - c^3)} \approx 7,25 \text{ МН}$.

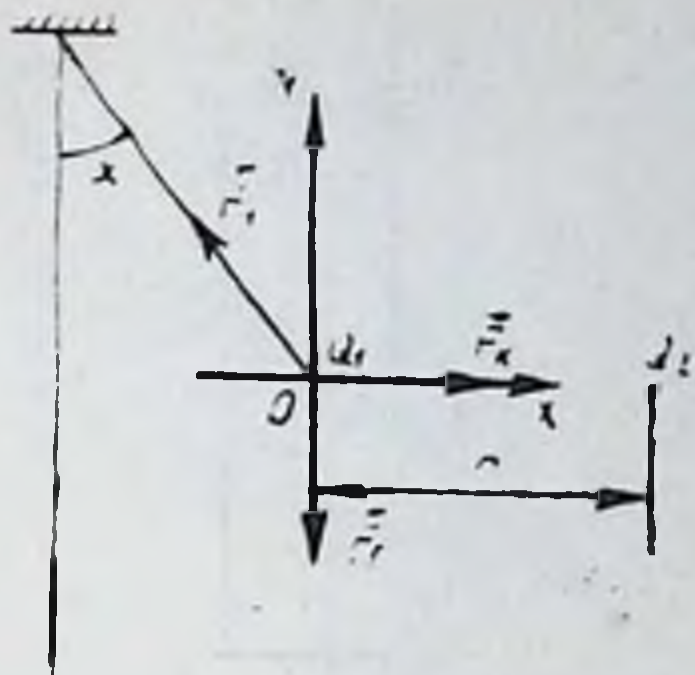
17.5. $Q = 263 \text{ нКл}$.

17.6. $F_1 = 1,42 \text{ Н}; F_2 = 5,80 \text{ Н}$.

17.7. $Q = 18,27 \text{ нКл}$.

17.8. $Q_1 \geq \frac{4 \pi \epsilon_0 d^3 m g}{Q}$ — мувозанатда;

$Q_1 \geq \frac{8 \pi \epsilon_0 d^3 m g}{Q}$ — турғун мувозанатда.



20- расм

17.9. Системанинг мувозанат шarti:

$m \vec{g} + \vec{F}_K + \vec{F}_T = 0$. Оған шарч таъсир қиладиган кучларнинг ҳаммаси бир текисликда ётгани сабабли координаталар боши шарча марказида жойлашган тўғри бурчакли координаталар системасини танлаб оламиз (20- расм). Кучларни мос ўқларга проекциялаб ва проекциялар ишораларини ҳисобга олган ҳолда шарчанинг мувозанати шартини ёзиб оламиз:

$\sum F_x = 0; F_K - F_T \sin \alpha = 0$, ёки $F_K = F_T \sin \alpha$;

$\sum F_y = 0; F_T \cos \alpha - mg = 0$, ёки $mg = F_T \cos \alpha$.

Мувозанат шартидан $F_K = mg \tan \alpha$ келиб чиқади. Кулон қонунига кўра:

$F_K = \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2}$ ва $\frac{Q_1 Q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2} = mg \tan \alpha$,

бундан $Q_2 = \frac{4 \pi \epsilon_0 r^2 mg \tan \alpha}{Q_1} = 56 \text{ нКл}$.

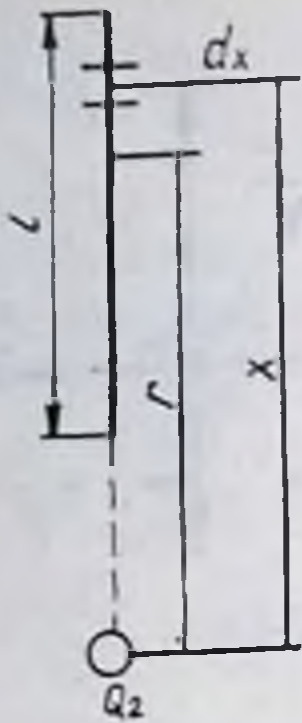
17.10. $Q = \pm 8 l \times \sqrt{\pi \epsilon_0 mg \frac{\sin^3 \alpha/2}{\cos \alpha/2}} \approx \pm$

$\pm 44,86 \text{ нКл}$. \pm ишоралар зарядлар бир хил ишорали эканлигини кўрсатади.

17.11. $Q^2 = \frac{16 \pi \epsilon_0 m g l^3 \sin^3 \alpha/2}{\cos \beta \sqrt{3 - 4 \sin^2 \alpha/2}} \approx$

$\approx 64,5 \cdot 10^{-14} \text{ Кл}^2$, бу ерда $\beta = 30^\circ$, чунки асс тенг томонли учбурчакдан иборат. $Q = 0,8 \text{ мкКл}$.

17.12. Ҳаракат тенгламаси $\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{Q^2}{r^3} = \frac{m v^2}{r}$, бундан



21- расм

$$v = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{mr}} = 2,2 \text{ Мм/с};$$

$$a = \frac{v^2}{r} \approx 9,2 \cdot 10^{22} \text{ м/с}^2.$$

$$17.13. Q = \frac{r}{\sin \alpha} \times$$

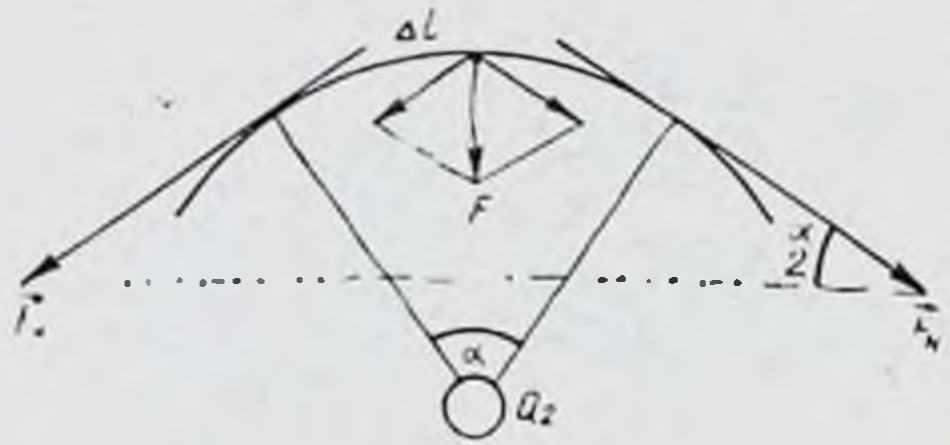
$$\times \sqrt{2\pi\epsilon_0 m \left(\frac{g}{\cos \alpha} = \frac{\omega^2 r}{\sin \alpha} \right)} =$$

$$= 0,13 \text{ мкКл.}$$

17.14. Кулон қонунига кўра, Q_1 ва Q_2 зарядларнинг ўзаро таъсир кучи улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал. Сайёралар билан Қуёш орасидаги тортишиш кучлари ҳам айнан шундай боғланишга эга. Кеплернинг учинчи қонунига кўра, сайёраларнинг Қуёш атрофида айланиш даврларининг квадратлари орбиталар катта ўқларининг кублари каби нисбатда бўлади. Равшанки, Кеплер қонуни Q_1 заряднинг маҳкамланган Q_2 заряд атрофидаги ҳаракати учун ҳам ўринли бўлади. Шундай қилиб, масала саволига жавоб бериш учун заряднинг ихтиёрий маълум радиусли айлана бўйлаб ҳаракатининг айланиш даврини топиш кифоя. Маълумки, траекторияларининг катта ярим ўқлари бир хил бўлган заррачаларнинг айланиш даврлари ҳам бир хил бўлади. Бундан, мазкур масаладаги заррачанинг айланиш даври $\frac{R+r}{2}$ радиусли айлана

бўйлаб ҳаракатланувчи заррачанинг айланиш даврига тенглиги келиб чиқади.

Уни тспамиз. Q_1 заряд $\frac{R+r}{2}$ радиусли айлана бўйлаб ҳаракат қилганда



22- расм

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{\left(\frac{R+r}{2}\right)^2}.$$

Кулон кучи унга $a_{\text{ми}} = \omega^2 \left(\frac{R+r}{2}\right)$ марказга интилма тезланиш беради. Би. нобарин:

$$m\omega^2 \left(\frac{R+r}{2}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{\left(\frac{R+r}{2}\right)},$$

бундан:

$$\omega = \sqrt{\frac{2Q_1 Q_2}{\pi\epsilon_0 m (R+r)^3}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 m (R+r)^3}{2Q_1 Q_2}}.$$

$$17.15. h = \frac{QV}{4\pi\epsilon_0 mg} - \frac{3mg}{k} =$$

$$= 20 \text{ см.}$$

17.16. Заряднинг dx қисмдаги чизиқли зичлиги $\tau = \frac{Q_1}{l}$ га тенг, унинг заряди эса $dQ = \tau dx$ (21- расм). Таъсир этаётган куч

$$dF = \frac{Q_2 \tau dx}{4\pi\epsilon_0 x^2},$$

бу ерда x — зарядлар орасидаги масофа. Умумий куч

$$F = \int_{r-\frac{l}{2}}^{r+\frac{l}{2}} \frac{Q_2 \tau dx}{4\pi\epsilon_0 x^2} = \frac{Q_2 \tau}{4\pi\epsilon_0} \int_{r-\frac{l}{2}}^{r+\frac{l}{2}} \frac{dx}{x^2} =$$

$$= \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 \left(r^2 - \frac{l^2}{4}\right)},$$

$$\text{бундан: } Q_2 = \frac{\pi\epsilon_0 F (4r^2 - l^2)}{Q_1} =$$

$$= 76,2 \text{ фКл.}$$

17.17. 22-расмдан кўринадики,

$$\Delta F = 2 F_T \sin \frac{\alpha}{2},$$

$$F = \frac{Q_2 \Delta Q}{4 \pi \epsilon_0 R^2},$$

бу ерда ΔQ — ёйнинг Δl қисмидаги заряд. Кичик бурчаклар учун $\Delta F = F_T \alpha$. $\Delta Q = \frac{Q_1}{2\pi} \alpha$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$F_T = \frac{Q_1 Q_2}{8 \pi^2 \epsilon_0 R^2} = 0,7 \text{ мН.}$$

$$17.18. F = \int dF \cos \alpha = \frac{Q_1 Q_2 r}{4 \pi \epsilon_0 (R^2 + r^2)^{3/2}} = 28,3 \text{ мкН.}$$

$$17.19. l = \sqrt[3]{\frac{Q_1 Q_2 R}{4 \pi \epsilon_0 m g}} = 7,2 \text{ см.}$$

$$17.20. a = g - \frac{\tau Q_1 R h}{4 \pi \epsilon_0 (R^2 + h^2)^{3/2}} \approx 8,4 \text{ м/с}^2.$$

$$17.21. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g - (QE/m)^2}} = 1,56 \text{ с.}$$

$$17.22. E = [F_T - mg(3 - 2 \cos \alpha)] / 2Q \sin \alpha = 46 \text{ кВ/м.}$$

$$17.23. T = 2\pi \sqrt{l \cos \alpha \left(g - \frac{QE}{m} \right)} = 3,3 \text{ с.}$$

$$17.24. E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon} \times \sqrt{\frac{Q_1^2}{r_1^4} + \frac{Q_2^2}{r_2^4} - \frac{Q_1 Q_2 (r_1^2 + r_2^2 - r^2)}{r_1^3 r_2^3}} \approx 35 \text{ кВ/м.}$$

$$17.25. \text{ а) } E_1 = \frac{4,4 Q_1}{\pi \epsilon_0 l^2} = 1,43 \text{ МВ/м;}$$

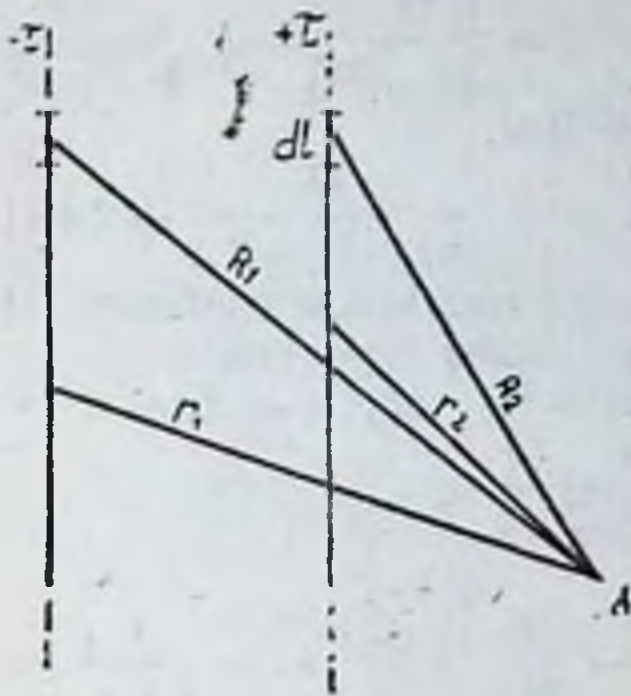
$$\text{ б) } E_2 = \frac{2Q_1}{\pi \epsilon_0 l^2} = 648 \text{ кВ/м;}$$

$$\text{ в) } E_3 = \frac{0,6 Q_1}{\pi \epsilon_0 l^2} = 194,3 \text{ кВ/м;}$$

$$\text{ г) } E_4 = \frac{\sqrt{2} Q_1}{2 \pi \epsilon_0 l^2} = 230 \text{ кВ/м.}$$

$$17.26. E = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{2Q_x}{\left(\frac{l^2}{4} + x^2 \right)^{3/2}}. \text{ Бу формула}$$

мула ихтиёрлий нуқтадаги $|\vec{E}|$ модулини ўша нуқтанинг x координатасининг функ-



23-расм

цияси сифатида ифодалайди. x бўйича дифференциаллаб $x_{1,2} = \pm l/2 \sqrt{2} = \pm 1,8$ см ни топамиз. x нинг икки хил қиймати симметрия маркази бўлган O нуқтанинг ҳар иккала томонида ундан $1,8$ масофада жойлашган нуқталарга мос келади.

$$17.27. \text{ Мумкин. } d = \frac{8 \alpha}{\epsilon_0 E^2} = 4,5 \text{ мм.}$$

$$17.28. 0; 3,7 \text{ кВ/м; } 2,8 \text{ кВ/м.}$$

$$17.29. E = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0 r} = 9,0 \text{ В/м.}$$

$$17.30. F = \frac{\tau^2}{2 \pi \epsilon_0 l} = 2 \text{ мкН.}$$

$$17.31. E = \frac{Q}{2 \pi \epsilon_0 r \sqrt{4r^2 + l^2}} = 3,5 \text{ кВ/м.}$$

$$17.32. E = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0 R}.$$

$$17.33. \text{ 1) } E = \frac{\tau R h}{2 \epsilon_0 (R^2 + h^2)^{3/2}};$$

$$\text{ 2) } E = 0; \text{ а) } h = R \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ да } E_{\max}; \text{ б) } h = \infty \text{ да } E_{\min}.$$

$$17.34. E = \frac{Q}{2\pi^2 \epsilon_0 R^2} = 576 \text{ кВ/м;}$$

$$E = \frac{Q}{2 \pi \epsilon_0 R^2 \varphi} \sin \frac{\varphi}{2} = 740 \text{ кВ/м.}$$

$$17.35. \text{ 1) } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left[1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + R^2}} \right];$$

$$\text{ 2) } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}; \text{ а) } h = 0 \text{ да } E_{\max} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0};$$

$$\text{ б) } h \rightarrow \infty \text{ да } E \rightarrow 0.$$

$$17.36. E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+(R/l)^2}} \right) = 40,5 \text{ В/м.}$$

$$17.37. \varphi = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 (R_2 + R_1)} = 18 \text{ кВ.}$$

17.38. 23-расмдан кўринадикки, A нуқтадаги майдон потенциалли:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2; d\varphi_1 = -E dr_1 = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r_1} dr_1;$$

$$\varphi_1 = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dr_1}{r_1} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln r_1 +$$

$+ C_1.$

Худди шу йўл билан φ_2 ни топамиз.

$C_1 = C_2$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$\varphi = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

$$17.39. \varphi = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \left(\sqrt{R_2^2 + r^2} - \sqrt{R_1^2 + r^2} \right).$$

17.40. Биринчи эквипотенциал сирт радиуси $R_1 = \frac{R_0 Q}{Q - 4\pi\epsilon_0 \Delta\varphi R_0} = 24,5 \text{ мм.}$ Умумий кўринишда ихтиёр эквипотенциал сирт учун:

$$R_0 = \frac{R_0 Q}{Q - n 4\pi\epsilon_0 \Delta\varphi R_0}, \text{ бу ерда}$$

$n = 1, 2, 3, 4, \dots$

$$17.41. \text{ Ихтиёр эквипотенциал сирт радиуси: } R_n = \frac{R_0}{1 - 0,1 n}, \text{ бу ерда } n =$$

$= 0, 1, 2, 3, \dots; R_1 = R_0 = 1 \text{ см; } R_2 = 1,11 \text{ см; } R_3 = 1,25 \text{ см ва х.к.}$

17.42. $\varphi_A = 0$ бўлганда $\varphi_B = -25 \text{ В, } \varphi_D = -75 \text{ В; } \varphi_C = 0$ бўлганда $\varphi_B = 25 \text{ В, } \varphi_D = -25 \text{ В; } \varphi_E = 0$ бўлганда эса $\varphi_B = 75 \text{ В, } \varphi_D = 25 \text{ В.}$

$$17.43. l_2 = \frac{l_1^2 E_1}{l_1 E_1 - \Delta U} = 31,2 \text{ мм;}$$

$l_2' = \frac{l_1^2 E_1}{\Delta U + l_1 E_1} = 21 \text{ мм.}$

$$17.44. \varphi = \frac{n \varphi_1}{\sqrt{n}}.$$

17.45. $\varphi_1 = \varphi_2$ (яъни, ҳамма нуқталардаги потенциал бир хил бўлиб, сиртдаги потенциал тенг); $\varphi_2 = 180 \text{ В; } \varphi_3 = 90 \text{ В.}$

17.46. $A = \frac{Q_3 (Q_2 - Q_1)}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{l_2 - l_1}{l_1 l_2} = 0,3 \text{ мЖ.}$

$$17.47. A = 3mg \approx 30 \text{ мЖ.}$$

$$17.48. A = -\sqrt[3]{k (Q^2/4\pi\epsilon_0)^2} = -90 \text{ мЖ.}$$

$$17.50. F = \frac{Q^2 R}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(l_2 + l_1) \sqrt{l_1^4 + l_2^4}}{(l_1 l_2)^3}.$$

17.51. $Q_1 = -\frac{R}{r} Q$ («—» ишора Q_1 заряднинг ишораси Q_2 никига қарама-қарши эканлигини кўрсатади).

$$17.52. F = \frac{Q^2}{4\epsilon\pi_0 (2l)^2} \approx 0,36 \text{ мН.}$$

$$17.53. \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

$$17.54. \varphi = \frac{Q_1 - Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

17.55. Сфера ичидаги ва ташқарисидаги электр майдони унинг марказига жойлаштирилган Q нуқтавий заряд майдонига тенг; сфера ичидаги соҳадан бошқа ҳамма нуқталарда электр майдони йўқ.

$$17.56. \sigma = \sigma_0 \cos \alpha.$$

$$17.57. \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q(l-2r)}{r(l-r)} = 3,6 \text{ кВ.}$$

17.58. 1-қопламада $\sigma_1' = \sigma_1'' = Q/2S$;

2-қопламада $\sigma_2' = -\sigma_2'' = -Q/2S$.

$$17.59. \Delta\varphi = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} (l_1 - l_2).$$

$$17.60. E = \rho a/3 \epsilon_0.$$

$$17.61. T = 2\pi \sqrt{\frac{lm}{2QE}} \approx 20 \text{ пс.}$$

$$17.62. Q_2 = \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r} Q_1 = 180 \text{ нКл;}$$

$$\sigma = \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1}{4\pi R^2} = 5,7 \text{ мкКл/м}^2.$$

Қутбланиш заряди шарчадаги зарядга қарама-қарши ишорага эга.

$$17.63. E_1 = 14,4 \text{ кВ/м; } E_2 = 8,9 \text{ кВ/м.}$$

$$17.64. \sigma = \epsilon_0 \epsilon_r U/h = 1,5 \text{ мкКл/м}^2;$$

$$\sigma' = \frac{\epsilon_0 (\epsilon_r - 1) U}{h} = 1,2 \text{ мкКл/м}^2.$$

$$17.65. E_1 = \frac{Qr_1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r R^3} \approx 533 \text{ кВ/м;}$$

$$E_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} = 2,3 \text{ МВ/м;}$$

$$D_1 = \frac{Qr_1}{4\pi R^3} = 23,6 \text{ мкКл/м}^2; D_2 =$$

$$= \frac{Q}{4\pi r_2^2} = 19,5 \text{ мкКл/м}^2;$$

$$\varphi_1 = \frac{Q(3R^3 - r_1^2)}{8\pi\epsilon_0\epsilon_r R^3} \approx 30 \text{ кВ}; \varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} \approx 90 \text{ кВ}.$$

$$17.66. 1) D = E = 0; 2) D = \frac{\rho(r_2^3 - R_1^3)}{3r_2^2} = 23 \text{ нКл/м}^2;$$

$$E = 523 \text{ В/м}; 3) D = \frac{\rho(R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2 + l)^2} \approx 12,1 \text{ нКл/м}^2;$$

$$E = \frac{\rho(R_2^3 - R_1^3)}{3\epsilon_0(\epsilon_r)_2(R_2 + l)^2} \approx 550 \text{ В/м};$$

$$\Delta\varphi = \frac{\rho}{3\epsilon_0(\epsilon_r)_1} \cdot \frac{R_2^2 - 3R_1^2 R_2 + 2R_1^3}{2R_2} = 9,9 \text{ В}.$$

$$17.67. Q'_1 = \frac{(Q_1 + Q_2)R_1}{R_1 + R_2} = 9,6 \text{ нКл};$$

$$Q'_2 = (Q_1 + Q_2) - Q'_1 = 21,5 \text{ нКл}.$$

$$17.68. Q'_1 = \frac{(Q_1 + Q_2)R_1}{R_1 + R_2}; Q'_2 = \frac{(Q_1 + Q_2)R_2}{R_1 + R_2}; \varphi = \frac{Q_1 + Q_2}{(R_1 + R_2)}.$$

$$17.69. E_1 = \frac{R_1\varphi_1}{(R_1 + l)^2} = 3,3 \text{ В/см};$$

$$E_2 = \frac{R_1^2\varphi_1}{(R + l)^2(R_1 + R^2)} = 1,1 \text{ В/см}.$$

$$17.70. U = \frac{3}{2} \frac{Q}{C}.$$

$$17.71. C = 174 \text{ пФ}.$$

$$17.72. C = 75,4 \text{ пФ}.$$

$$17.73. r \approx 10 \text{ см}.$$

$$17.74. C_1 < C_2 \text{ бўлганда } U \leq \frac{C_1 + C_2}{C_2} U_1;$$

$$C_1 = C_2 \text{ бўлганда } U = U_1 + U_2.$$

$$17.75. \Delta\varphi = \frac{C_1 \Delta\varphi_1 + C_2 \Delta\varphi_2}{C_1 + C_2} = 36,7 \text{ В}.$$

$$17.76. U_3 = \frac{C_1 U_1}{C_2 + C_1} = 12,5 \text{ В}.$$

$$17.77. C_2 = C_3 = \frac{1}{1} \left(C - \frac{Q}{U} \right) = 30 \text{ мкФ};$$

$$Q_2 = Q_3 = 7,5 \text{ мКл}.$$

$$17.78. n = \frac{2dC}{\epsilon_0 \pi R^2} + 1 = 11 \text{ та қоплама}.$$

17.79. Иккитадан конденсаторни кетма-кет улаб ҳосил қилинган 4 та тармоқни параллел уланади. Ҳаммаси бўлиб 8 та конденсатор керак.

$$17.80. \Delta U_{AB} = \frac{C_1 \delta_1 - C_2 \delta_2}{C_1 + C_2} = -1,3 \text{ В}.$$

$$17.81. C_{\text{ум}} = 2C.$$

$$17.82. Q_1 = C_1 \frac{C_2 \delta_2 - C_1 \delta_1}{C_1 + C_2}.$$

$$17.83. C = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_r S}{d(\epsilon_r - 1)}; C = \frac{2\epsilon_0 S}{d}.$$

17.84. Пластинка киритилгунча потенциаллар айирмаси 900 В, киритилгандан кейин 675 В.

$$17.85. \text{Пластинкалар улангунча } U_{ad} = \delta; U_{ab} = U_{bc} = U_{cd} = \frac{\delta}{3}.$$

$$\varphi_a = 0 \text{ деб олинса, } \varphi_b = \frac{\delta}{3}; \varphi_c =$$

$$= \frac{2}{3} \delta; \varphi_d = \delta. \text{ } b \text{ ва } c \text{ пластинкалар бир-бирига улаб қўйилса, } \varphi_b = \varphi_c \text{ ва } E_{bc} = 0; U_{ab} = U_{cd} = \frac{\delta}{2}. \text{ Демак,}$$

$E_{ad} = E_{cd}$ майдон кучланганлиги ортади. b ва c пластинкаларда заряд бўлмайди. a ва d қопламалардаги заряд эса ортади.

17.86. Система (24-расм) нинг сифими:

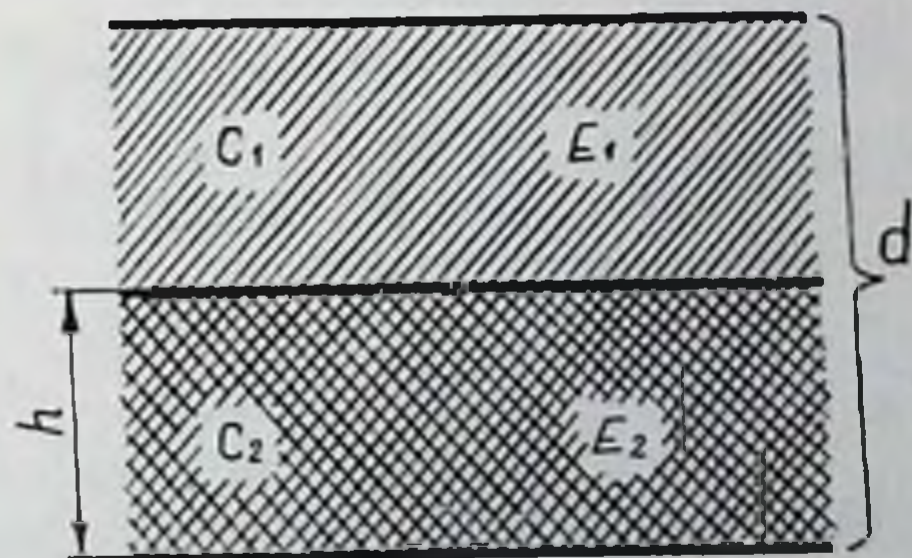
$$C_{\text{ум}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{h + (d - h) \epsilon_r}. \text{ Қатламлардаги кучланганлик: } E_1 = \frac{U_1}{d - h} \text{ ва}$$

$$E_2 = \frac{U_2}{h}. CU = C_1 U_1 = C_2 U_2 \text{ шартдан}$$

$$\text{фойдалансак: } E_1 = \frac{\epsilon_r U}{(d - h) \epsilon_r + h} \text{ ва}$$

$$E_2 = \frac{U}{(d - h) \epsilon_r + h}. \text{ Ток манбаи узилмасдан аввал заряд } Q =$$

$$= \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S U}{(d - h) \epsilon_r + h} \text{ бўлиб, унинг сирт}$$



24- расм

зичлиги: $\sigma = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r U}{(d-h)\epsilon_r + h}$. Конденсаторни ток манбандан узиб қўйиб, унга диэлектрик киригилгандан кейин, унинг ҳаво ва диэлектрик бўлган қатламларидаги кучланганлик $E'_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ва

$E'_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r}$ бўлсин. Майдонни бир

жинсли ва пластинкаларнинг ўлчамлари улар орасидаги масофадан анча катта деб ҳисобласак:

$$E'_1 = \frac{U}{d} \text{ ва } E'_2 = \frac{U}{\epsilon_r d}.$$

$$17.87. Q_1 = Q \frac{x}{d}.$$

$$17.88. \Delta Q = \frac{1}{3} Q.$$

$$17.89. F = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2 d^3} = 22,13 \text{ мН}.$$

$$17.90. \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{1}{4\sqrt{2}+1}} \approx \approx 0,07.$$

17.91. Агар шар энг катта потенциалга-ча зарядланмай туриб суюқлик билан тўлиб улгурмаса, $\varphi_1 = \frac{mg(h-R)}{\varphi_0 r}$;

агар у суюқлик билан тўлиб улгурса, $\varphi_2 = \frac{\varphi_0 R^2}{r^2}$.

$$17.92. Q_{\max} \gg Q \text{ бўлган ҳол учун } n = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r m v_0^2 R}{Q^2}.$$

$$17.93. \omega = \frac{1}{4k} \sqrt{\frac{Q}{\pi\epsilon_0\epsilon_r m R} (4Q_1 - Q)};$$

$$\frac{E_k}{E_p} = -\frac{1}{2}.$$

$$17.94. v = \sqrt{\frac{2Q_2}{m} \left(\sqrt{\frac{Q_2}{2\pi\epsilon_0 E}} - l \right)}$$

$$\left(\frac{1}{l} \sqrt{\frac{Q_1 E}{4\pi\epsilon_0}} - E \right).$$

$$17.95. A = \frac{Q^2}{2} \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_1 C_2}.$$

$$17.96. A = \frac{\epsilon_0 \delta^2 S h}{d(d-h)} = 8,9 \text{ мкЖ}.$$

$$17.97. A = -\frac{\delta^2}{2} (C_1 - C_2) = 4 \text{ кЖ}.$$

$$17.98. A = \frac{C_1 U_1^2}{2} \left(\frac{C_1}{C_2} - 1 \right) \approx 0,2 \text{ Ж};$$

$$U_2 = \frac{C_1 U_1}{C_2} = 1,5 \text{ кВ}.$$

$$17.99. A = 2dEQ.$$

$$17.100. F = \frac{Q^2}{32\pi^2\epsilon_0 R^4}.$$

$$17.101. W = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 20,3 \text{ мЖ}.$$

17.102. Сигим C ҳар иккала ҳолда камаяди (ортади);

U : 1) ортади (камаяди), 2) $U = \text{const}$;
 W : 1) ортади (камаяди), 2) камаяди (ортади).

$$17.103. \Delta W = \frac{C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)} (\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2)^2 > 0.$$

$$17.104. \Delta W = \frac{C_1 C_2 (C_1 - C_2)^2 U^2}{2(C_1 + C_2)^3} \approx$$

$\approx 24 \text{ мЖ}$, ортади.

$$17.105. F = 192 \text{ фН}; \omega = \frac{\epsilon_0 U^2}{2d^2} \approx \approx 16 \text{ мЖ/м}^3.$$

$$17.106. A = \frac{1}{2} U^2 \left(\frac{\epsilon_0 S}{d} \right)^2 = 99,5 \text{ мкЖ}.$$

Қопламалар бир-бирдан узоқлаштирил-гунча ва узоқлаштирилгандан кейинги энергия зичлиги ω бир хил бўлиб, у $\omega = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{U}{d} \right)^2 \approx 25 \text{ мЖ/м}^2$ га тенг.

$$17.107. C = 17,7 \text{ пФ}; Q = 5,3 \text{ нКл}; \Delta U = 0,6 \text{ кВ}; W_1 = 0,8 \text{ мкЖ}; W_2 = 2,4 \text{ мкЖ}.$$

$$18.1. \langle v \rangle = \frac{AI}{N_A \rho S e} = 0,7 \text{ мкм/с}.$$

$$18.2. Q = \frac{1}{2} I \tau = 50 \text{ Кл}.$$

$$18.3. v = I / (Sne) \approx 1,3 \text{ мкм/с}.$$

$$18.4. I_{\text{парал}} = 10 \text{ А}; \delta_1 = 122 \text{ В}; k_2 = 121,8 \text{ Ом}; I_{\text{к-кет}} = 610 \text{ А}; U = 0.$$

$$18.5. I_{\text{парал}} = 0,96 \text{ А}; I_1 = 1,52 \text{ А}; I_2 = 2,48 \text{ А}; I_{\text{к-кет}} = 1,71 \text{ А}.$$

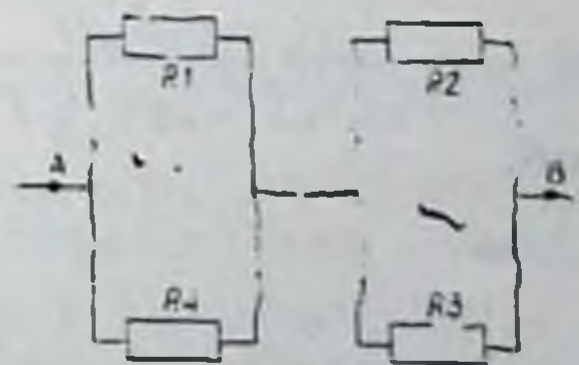
$$18.6. U = 1,5 \text{ В}.$$

$$18.7. \Delta R = R_{l_2} - R_{l_1} = \alpha \rho \frac{l}{S} (l_2 - l_1) \approx$$

- 18.8. $t = 2294,5^\circ\text{C}$.
 18.9. $\Delta U = U \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$.
 18.10. $r = 2R$; $R_{\text{ym}} = 4R$.
 18.11. $U = \varepsilon/3 = 3 \text{ В}$.
 18.12. а) $R_{\text{ym}} = 0,5 \text{ Ом}$; б) $R_{\text{ym}} \approx 0,3 \text{ Ом}$.
 18.13. а) $R_{AB} = \frac{5}{11}R$; б) $R_{AB} = \frac{5}{6}R$; в) $R_{\text{ym}} = \frac{4}{5}R$.
 18.14. а) $R_{ad} = 0,6 \text{ Ом}$; б) $R_{ac} = 2,0 \text{ Ом}$; в) $R_{ad} = 1,3 \text{ Ом}$; г) $R_{ab} = 1,0 \text{ Ом}$; д) $R_{ac} = 1,4 \text{ Ом}$; е) $R_{ac} = 1,8 \text{ Ом}$; ж) $R_{ab} = 0,5 \text{ Ом}$.
 18.15. $R_{\text{ym}} = 2,7R$.
 18.16. $I = 3 \text{ А}$.
 18.17. 10 марта. Параллел уланган реостатлар асбобга параллел қилиб уланади.
 18.18. $\varepsilon_1 R_3 / (R_3 + R_1) = \varepsilon_2 R_4 / (R_2 + R_4)$.
 18.19. $I_1 = 1,0 \text{ А}$; $I_2 = 0,8 \text{ А}$; $I_3 = 0,2 \text{ А}$.
 18.20. $\Delta t = 10^{-3} R_2 C$.
 18.21. $\Delta Q = C\varepsilon \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 83 \text{ мкКл}$.
 18.22. $Q = CU \frac{R_2}{R_1 + R_2}$.
 18.23. $R_1 = 18,8 \text{ Ом}$; $R_2 = 5,5 \text{ Ом}$.
 18.24. $I = 2,5 \text{ А}$.
 18.25. $U_{AB} = \varepsilon$; $U_{AB} = 0$.
 18.26. $I_{ab} = \varepsilon/7R$.
 18.27. $R = \frac{8}{225}(R_0 + 2\rho)$.
 18.28. Гальванометрни Уитстон кўпригининг одатда ўлчанаётган R_x қаршилик уланадиган елкасига улаб, кўприкнинг диагоналига гальванометр ўрнига калит уланади.
 18.29. $I_1 = I_2 = 27,0 \text{ mA}$; $I_3 = I_4 = 6,0 \text{ mA}$.
 18.30. $R_1 = \frac{R_2[UR_4 - I(r(R_3 + R_4) + R_3 R_4)]}{UR_3 + I(r(R_3 + R_4) + R_2 R_4 + R_3 R_2 + R_3 R_4)}$.
 18.31. $R_1/R_2 = 1/4$.
 18.32. $I_1 = 0,4 \text{ А}$; $I_2 = 1,2 \text{ А}$; $I_3 = 1,6 \text{ А}$.
 18.33. $I \approx 1,1 \text{ А}$.
 18.34. $U = \frac{UR_1 l x}{R_1 l^2 + R l x - R x^2}$.
 18.35. $I_1 \approx 0,33 \text{ А}$; $I_2 = 0,66 \text{ А}$; $I_3 = 1,00 \text{ А}$.

- 18.36. $I = 0,45 \text{ mA}$.
 18.37. $I = 75 \text{ mA}$.
 18.38. $\varepsilon = \frac{I_4}{R_5 R_3} [R_1(R_2 R_5 + R_3 R_5 + R_4 R_5 + R_2 R_4 + R_2 R_4 + R_3 R_4) + R_3(R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_1 R_5)]$.
 18.39. $I_1 \approx 0,7 \text{ А}$; $I_2 = 4,1 \text{ А}$; $I_3 = 4,9 \text{ А}$.
 18.40. $U_1 \approx 4,0 \text{ В}$; $U_2 = 0,8 \text{ В}$; $U_3 \approx 36 \text{ мВ}$.
 18.41. $I_1 = 4,57 \text{ А}$; $I_2 = 16,86 \text{ А}$; $I_3 \approx 12,3 \text{ А}$.
 18.42. $I_1 = I_2 = 0,44 \text{ А}$; $I_3 = 0,88 \text{ А}$; $I_4 = 2,75 \text{ А}$; $I_5 = 2,18 \text{ А}$; $I_6 = 1,45 \text{ А}$; $I_7 = 3,63 \text{ А}$.
 18.43. Калит узилганда: $I_1 = I_2 = 0,9 \text{ А}$; $I_3 = I_4 = 2,0 \text{ А}$; $I = 2,9 \text{ А}$; $R = 6,2 \text{ Ом}$.
 Калит уланганда: $I_1 = 0,7 \text{ А}$; $I_2 = 1,1 \text{ А}$; $I_3 \approx 2,3 \text{ А}$; $I_4 = 1,9 \text{ А}$; $I_5 = 0,4 \text{ А}$; $I = 3,0 \text{ А}$; $R \approx 6,1 \text{ Ом}$.
 18.44. $I_1 = 5,33 \text{ А}$; $I_2 = 4,34 \text{ А}$; $I_3 = 0,99 \text{ А}$; $P = 24,35 \text{ Вт}$.
 18.45. $I_1 \approx 0,1 \text{ А}$; $I_2 \approx 42,0 \text{ mA}$; $I_3 \approx 60,0 \text{ mA}$.
 18.46. $I_1 = 10,0 \text{ А}$; $I_2 = I_3 = 5,0 \text{ А}$.
 18.47. а) $U = \varepsilon_1 - R_1 \frac{\varepsilon_2 + I_0 R_2}{R_1 + R_2} \approx 27 \text{ В}$,
 б) $U = R_4 \frac{\varepsilon_1 - I_0 R_2}{R_2 + R_4} - R_1 \frac{\varepsilon_1 - I_0 R_2}{R_1 + R_3} \approx 23 \text{ В}$.

18.48. Ҳисоблашлардан ва қувватнинг истеъмолчи қаршилиги R га боғланиш графигидан кўринадики, спираллардан қаршилиги иложли борича 20 Ом га, яъни r га яқин бўлган қиздиргич тузиш керак экан. Қаршилиги фақат 20 Ом га тенг бўлган реостатдан фойдаланиб бўлмайди, чунки бунда истеъмол қилинаётган қувват $P = \left(\frac{\varepsilon}{R+r}\right)^2 R = 5 \text{ Вт}$ га тенг бўлиб,



25- расм

масала шэртига хилоф бўлади (ҳар бир спираль 2 Вт дан ортиқ бўлмаган қувватга мўлжалланган). Мумкин бўлган уланиш схемаларидан энг қулай 25-расмда кўрсатилган.

18.49. а схемадаги занжирнинг ФИК б схемадаги занжирникига қараганда каттароқ.

$$18.50. R_0 = \frac{R_2 t_1 - R_1 t_2}{t_2 - t_1} = 0,1 \text{ кОм.}$$

$$18.51. S = 410 \text{ мм}^2; U = 211 \text{ В}; \Delta P = 10\%.$$

$$18.52. P_1 = 4,50 \text{ кВт}; \Delta P = 540 \text{ Вт}; P_2 = 3,96 \text{ кВт}; \eta = 88\%.$$

$$18.53. n = \frac{I(\varepsilon - IR)}{2\pi rmg}.$$

18.54. $Q = Pt + ct\theta + \lambda m$, бу ерда m — сувнинг массаси.

$$18.55. \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}. \text{ Қиздиргич вен-}$$

тилятор билан совитилганда кўпроқ миқдорда иссиқлик ажралади.

$$18.56. P = 2,30 \text{ кВт}; l = U/\rho_{l_1} \approx \approx 30,0 \text{ м}; d = \frac{4k(t_2 - t_1)l}{I^2 \rho_{l_1} [1 + \alpha(t_2 - t_1)]} = 0,93 \text{ мм.}$$

18.57. $\Delta l/l_0 = k_1 l^2$, бу ерда k_1 — пропорционаллик коэффициент; $k_1 = \frac{4\alpha\rho}{\tau^2 d_2 k}$, бу ерда k — иссиқлик бериш коэффициенти.

$$18.58. I_2 = I_1 \frac{a_2}{a_1} \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = 80 \text{ А.}$$

$$18.59. Q = \frac{1}{3} C\varepsilon^2.$$

$$18.60. Q = \frac{1}{2} C(\varepsilon - U_0)^2.$$

$$18.61. Q = \frac{C[(\varepsilon - U_0)^2 - (I_0 R)^2]}{2} +$$

$$+ \frac{R}{R+r} \cdot \frac{C(U_0 - I_0 R)^2}{2r}.$$

$$18.62. S_k = \frac{c_m \rho_m S_m \Delta l}{\rho_k [c_k (t_{к.эр} - t_1) + q_k]} = 0,2 \text{ мм}^2.$$

$$18.63. \Delta t =$$

$$= \frac{\rho_{м.солк} \cdot \rho_{к.солк} \cdot S_k^2 (c_k \Delta t + q_p)}{\rho_{к.солк} \cdot \rho_{м.солк} \cdot S_m^2 \cdot c_m} = 2^\circ\text{С.}$$

$$18.64. 1) t_{к-кет} = t_1 + t_2 = 45 \text{ мин};$$

$$2) t_{парал} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 10 \text{ мин.}$$

$$18.65. I = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{kd^3(t_2 - t_1)}{\rho_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]}} = 0,5 \text{ А.}$$

$$18.66. P = 605,0 \text{ Вт}; I = 2,75 \text{ А}; t = 17,3 \text{ мин}; C \approx 0,70 \text{ тийин.}$$

$$18.67. U = 20,0 \text{ В}; I = 2,0 \text{ А}; r = 2,0 \text{ Ом}; P = 40,0 \text{ Вт}; \Delta P = 8,0 \text{ Вт}; P_T = 48,0 \text{ Вт.}$$

$$18.68. \tau = 42,0\%; P_{max} =$$

$$= \frac{\varepsilon^2 I}{4(\varepsilon - Ir)} = 6,45 \text{ Вт.}$$

$$\eta_{max} = \frac{\varepsilon - \varepsilon/2}{\varepsilon} = 50,0\%.$$

$$18.72. R = r; I = \varepsilon/2r; P_{max} = \varepsilon^2/4r.$$

$$19.1. \text{ Ажралиб чиқади. } v_{min} = 833 \text{ км/с.}$$

$$19.2. d = \frac{l e^{A/kT}}{\pi l B T^2} = 4,3 \text{ мм.}$$

$$19.3. J_2/J_1 = 2,6.$$

$$19.4. v = 987 \text{ км/с.}$$

$$19.5. v = 59,5 \text{ Мм/с}; W = 10,0 \text{ кэВ.}$$

$$19.6. n = 6,25 \cdot 10^{16} \text{ та электрон.}$$

$$19.7. S = 1,2 \text{ мА/В}; R_l = 833 \text{ Ом.}$$

$$19.8. \mu = 9.$$

$$19.9. \Delta I = 15 \text{ мА}; S = 5,0 \text{ мА/В.}$$

$$19.10. n = \frac{I}{eS} \sqrt{\frac{m}{2eU}} = 0,1 \text{ Тм}^{-3}.$$

$$19.11. Q_{max} = \frac{Q(T_1 - T_2)}{\varepsilon T_1} = 5,50 \text{ кКл.}$$

$$19.12. I = \frac{\alpha(T_1 - T_2)}{R + Rg} = 80 \text{ мкА.}$$

$$19.13. t = 1015^\circ\text{С.}$$

$$10.14. \varepsilon = 25,0 \text{ мВ.}$$

$$10.15. R_g = 2,0 \text{ кОм.}$$

$$19.16. \Delta\varphi = 730 \text{ мВ.}$$

$$19.17. \Delta\varphi = 40 \text{ мВ.}$$

$$19.18. \Delta T = 8,7 \text{ К}; n = 89,5 \text{ бўлим.}$$

$$20.1. m \approx 24 \text{ г.}$$

$$20.2. t = 74 \text{ с.}$$

$$20.3. k = 1,12 \text{ мкг/Кл(кумуш).}$$

$$20.4. Q = 15,00 \text{ кКл.}$$

$$20.5. t = 8,1 \text{ соат}; P = 2,8 \text{ мВт.}$$

$$20.6. t = 39 \text{ мин.}$$

$$20.7. Q = \frac{\pi d^3 \rho}{6k} = 4,5 \text{ ГКл.}$$

$$20.8. T = \frac{\rho VM}{kRlt} = 309,7 \text{ К, бу ерда}$$

R — универсал газ доимийси.

$$20.9. k_{Ag} = 1,18 \text{ мг/Кл}; k_{Cu} =$$

$$= 329,0 \text{ мкг/Кл}; k_{Al} = 93,20 \text{ мкг/Кл};$$

$$k_{Ni} = 304,0 \text{ мкг/Кл.}$$

$$20.10. \tau = 53,0\%.$$

$$20.11. m_{Ni} = 34 \text{ г}; m_{Ag} = 9,2 \text{ г.}$$

20.12. Йўқ. Амперметр 4,3 А ни кўрсатиши керак.

$$20.13. C \approx 5,2 \text{ А} \cdot \text{соат.}$$

$$20.14. m = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}; e = 0,16 \text{ аКл.}$$

$$20.15. N = 1,20 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}.$$

$$20.16. n = 5,0 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}.$$

$$20.17. h = \frac{Alt}{Fn\rho S} \approx 77 \text{ мкм.}$$

$$20.18. t = \frac{m(R+r)}{k\epsilon} \approx 9 \text{ соат } 32 \text{ мин.}$$

$$20.19. \sigma = \frac{Qn\alpha N_A}{A} (b_+ + b_-) =$$

$$= 0,92 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}.$$

$$20.20. W = 134 \text{ мЖ.}$$

$$20.21. \alpha = 40,0\%.$$

$$20.22. n = 99,5 \text{ кг/м}^3.$$

$$20.23. v = 2,74 \text{ Мм/с.}$$

$$20.24. v_+ = 12,65 \text{ м/с}; v_- = 17,17 \text{ м/с.}$$

$$20.25. n = 3,9 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}.$$

$$20.26. N \approx 17 \text{ мм}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}.$$

$$20.27. v = 2,35 \text{ Мм/с.}$$

$$20.28. S = 57 \text{ мм}^2.$$

$$20.29. N = 5,0 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}.$$

$$20.30. \lambda = 31,3 \text{ мкм.}$$

$$20.31. U = dA/(e\lambda) \geq 161,25 \text{ МВ.}$$

$$20.32. A = 0,3 \text{ ГЖ}; E = 2,5 \text{ кВ/м.}$$

$$20.33. n = 73746 \text{ та атом.}$$

$$21.1. B_1 = \mu_0 2Il/\pi d = 240 \text{ мкТл}; B_2 =$$

$$= \mu_0 \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 \cdot r_2} = 80 \text{ мкТл.}$$

$$21.2. I = B\pi a/\mu_0(2\sqrt{2}-1) = 34 \text{ А.}$$

$$21.3. B = \mu_0/2\sqrt{2}/\pi a = 230 \text{ мкТл.}$$

$$21.4. B = \mu_0 I/4\pi a = 15 \text{ мкТл.}$$

$$21.5. B = \frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi a} \left(\sin\alpha + \sin \frac{\alpha}{2} \right) =$$

$$= 24 \text{ мкТл.}$$

$$21.6. I = \frac{\sqrt{3}}{3} \pi a B/\mu_0 = 2,9 \text{ А.}$$

$$21.7. B = \mu_0 \sqrt{I_1^2 + I_2^2}/d = 63 \text{ мкТл.}$$

$$21.8. 2,1 \text{ мкТл.}$$

$$21.9. 6 \text{ А.}$$

$$21.10. I = 2\pi RB/(\pi+1) \mu_0 = 12 \text{ А.}$$

$$21.11. B = R^3 B_0/(R^2+d^2)^{3/2} = 5,4 \text{ мкТл.}$$

$$21.12. B = \frac{\mu_0 NI}{\sqrt{l^2+d^2}} = 4,9 \text{ мТл.}$$

$$21.13. I = 2RB_0 \text{tg}\alpha/n = 0,8 \text{ А.}$$

$$21.14. n = 2B_0 R \text{tg}\alpha/NC\epsilon = 100.$$

$$21.15. B = \mu_0 NI/3R.$$

$$21.16. B = \frac{2}{3} \mu_0 R\omega\sigma.$$

$$21.17. \rho_m = 2\pi(R^2+d^2)^{3/2} \frac{B}{\mu_0} =$$

$$= 78 \text{ мА} \cdot \text{м}^2.$$

$$21.18. \rho_m = \frac{\pi n}{4} d^2 l I = 0,5 \text{ А} \cdot \text{м}^2.$$

$$21.19. B_1 = \mu_0 \frac{I r_1}{2\pi R^2} = 800 \text{ мкТл};$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2} = 200 \text{ мкТл.}$$

$$21.20. B_1 = 0; B_2 = \frac{I\mu_0}{2\pi(R+r)} = 0,2 \text{ мТл.}$$

$$21.21. B_1 = 50 \text{ мкТл}; B_2 = 0.$$

$$21.22. v = 4\pi l^2 \frac{B}{\mu_0} / l = 160 \text{ км/с.}$$

$$21.23. B = \mu_0 \frac{l}{4\pi l^2} \sqrt{2lU/m} = 0,3 \text{ мТл.}$$

$$21.24. B = \mu_0 l \sqrt{\pi m \epsilon_0 R/8\pi^2 m \epsilon R^3} = 12 \text{ Тл.}$$

$$21.25. B = \mu_0 \mu \omega \sigma R = 2,5 \text{ мкТл,}$$

$$21.26. 250 \text{ мкВб}; 630.$$

$$21.27. 2,5 \text{ А}; 320.$$

$$21.28. \mu = \pi d(\Phi_1 - \Phi_2)/(h_2 \Phi_1 - h_1 \Phi_2) =$$

$$= 310.$$

$$21.29. \Phi = Na^2 \mu_0 \mu I/\pi d = 1,3 \text{ мВб.}$$

$$21.30. B = 0.$$

21.31. $I = S\rho g/B \sin\alpha = 7,0 \text{ А, бу ерда}$
 ρ — ўтказгичнинг зичлиги.

$$21.32. F = \frac{\mu_0 N I_1 I_2 d}{\sqrt{R^2+d^2}} = 420 \text{ мкН.}$$

$$21.33. F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 + I_2 a^2}{l(l+a)} = 5,3 \text{ мкН.}$$

$$21.34. P = IlB \sin\alpha = 5 \text{ Вт.}$$

$$21.35. B = \mu mg/Il = 0, 2 \text{ Тл.}$$

$$21.36. B = \frac{l}{\mu_0 R} \sqrt{2mU/l} = 0,75 \text{ мТл.}$$

$$21.37. R = mv \sin\alpha/lB = 2,4 \text{ мм};$$

$$h = 2\pi m v \sin\alpha/lB = 2,6 \text{ см.}$$

$$21.38. R = \sqrt{2mE}/lB = 65 \text{ см.}$$

$$21.39. v = E/B \sin\alpha = 1 \text{ Мм/с.}$$

21.40. Токли пластинкани магнит мий-донига жойлаштирганда унда ҳосил бў-

ладиган кўндаланг потенциаллар айир-маси $\Delta\varphi = \frac{1}{ne} IB \frac{1}{d}$ бўлади. Айтайлик, Z — битта атомга тўғри келадиган эркин электронлар сони бўлсин. У ҳолда $n = Zn_0$ бу ерда n_0 — ҳажм ёриқлигидаги атомлар сони. Битта атомнинг массаси $\frac{\rho}{n_0} = \frac{A}{N}$ га тенг, бу ерда ρ зичлик, A — атом массаси, N — Авогадро доимийси. У ҳолда $n_0 = \frac{N\rho}{A}$, $n = \frac{N\rho}{A} Z$, n нинг қийматини қўйсақ ва Фарадей сони $F = eN$ эканлигини ҳисобга оласак: $\Delta\varphi = \frac{A}{F\rho Z} \cdot \frac{IB}{d} = 4,5$ мкВ.

$$21.41. \Delta\varphi = \frac{A}{F\rho Z} jBb = 16 \text{ мкВ.}$$

$$21.42. n = 2IB/3I\Delta\varphi d = 8,3 \cdot 10^{29} \text{ м}^{-3}.$$

$$21.43. B_0 = \frac{\pi^2 m g^2}{3\rho_m T^2} \quad B = 20 \text{ мкТл.}$$

$$21.44. T = \pi l \sqrt{m/3\rho_m B} = 0,75 \text{ с.}$$

$$21.45. B_0 = \pi^2 m l / 3\rho_m T^2 = 20 \text{ мкТл.}$$

21.46. Соленоид ўқида, ундан узоқда бўлган нуқтадаги магнит майдон индукцияси $B = \frac{\mu_0 n I R^2}{2(R^2 + d^2)^{3/2}}$ га тенг. Маса-

$$\text{ла шартига кўра } d \gg R, \quad B = \mu_0 \frac{n I R^2}{2d^3} =$$

$$= \mu_0 \frac{\pi n I R^2}{2\pi d^3} = \mu_0 \frac{(\rho_m)_1}{\pi d^3}; \text{ бу ерда}$$

$(\rho_m)_1 = nIS$ — соленоиднинг магнит моменти. Бир жинсли бўлмаган магнит майдонидаги доимий магнитга $F =$

$$= (\rho_m)_2 \frac{\Delta B}{\Delta x} \cos\alpha = (\rho_m)_2 \frac{\Delta B}{\Delta x} \text{ куч}$$

таъсир қилади ($\cos\alpha = 1$, чунки соленоид ва доимий магнит ўқлари бир тўғри чизик бўйлаб йўналган). Айтайлик, магнитнинг узунлиги $\Delta x = l$ бўлсин, у ҳол-

$$\text{да } \Delta E = B_1 - B_2 = \mu_0 \left[\frac{(\rho_m)_1}{\pi d^3} - \frac{(\rho_m)_1}{2\pi(\pi+l)^3} \right] = \frac{\mu_0(\rho_m)_1}{2\pi d^3} \cdot \frac{3l}{d};$$

$$F = (\rho_m)_1 \frac{3\mu_0 l (\rho_m)_2}{2\pi d^4} = \frac{3\mu_0 (\rho_m)_1 (\rho_m)_2}{2\pi d^4} = 0,9 \text{ мкН.}$$

$$21.47. F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} l = 1 \text{ Н.}$$

$$21.48. F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\varepsilon^2 l_1}{\left(r + \rho \frac{2l_2}{S}\right)^2 d} = 54 \text{ мН.}$$

$$21.49. 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$21.50. M = IBSN \sin\alpha = 0,25 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$21.51. C = \pi r^4 G d / l L B N \sin\alpha = 0,23 \text{ мкА.}$$

$$21.52. I \approx 2 \sqrt{\pi d h \sigma_{\text{пр}} / \mu_0} \approx 1,7 \text{ МА.}$$

$$22.1. A = B/l_s = 0,05 \text{ Ж.}$$

$$22.2. A = \pi R^2 / B \cos\alpha = 0,31 \text{ Ж.}$$

$$22.3. \Delta\varphi = B_0 l v \sin\alpha = 0,48 \text{ МВ.}$$

$$22.4. \Delta\varphi = \pi n R^2 \mu_0 H = 1 \text{ МВ.}$$

$$22.5. 1,5 \text{ МВ.}$$

$$22.6. B = \frac{2U}{\omega l^2} = 0,2 \text{ Тл.}$$

$$22.7. B = (R_1 + R_2) / 2nS = 0,18 \text{ Тл.}$$

$$22.8. l = Q \frac{2\pi BSR^2}{(2\pi\rho R + r_n S)C_0} = 1 \text{ м.}$$

$$22.9. 0,4 \text{ Гн.}$$

$$22.10. L = \pi R^2 N B / I = 1,6 \text{ мГн.}$$

$$22.11. L = SBN / I = 1 \text{ Гн.}$$

$$22.12. L = \mu_0 \mu l_1^2 / 4\pi l_2 = 40 \text{ мГн.}$$

$$22.13. 0,2 \text{ Гн.}$$

$$22.14. 8 \text{ мГн.}$$

$$22.15. 2 \text{ мГн.}$$

$$22.16. L_{12} = \frac{\mu_0 N h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}.$$

$$22.17. 63 \text{ В.}$$

$$22.18. \varepsilon(t) = 0,06 e^{-2t}.$$

$$22.19. t = \frac{\pi \mu_0 \mu N^2 d^2}{4Rl} \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - IR} = 0,57 \text{ м.}$$

$$22.20. W = \pi \mu_0 N^2 R^3 / 2l = 10 \text{ мЖ.}$$

$$22.21. t = \mu_0 n R S / 2\rho = 0,36 \text{ мс.}$$

$$22.22. W = \frac{Ll^2}{2} e^{\frac{2R}{L} t} = 0,23 \text{ Ж.}$$

$$22.23. \mu = B(\pi d - b) / (NI\mu_0 - bB) = 2,5 \cdot 10^3.$$

$$22.24. W = \pi R S B I l = 0,6 \text{ Ж, бу ерда}$$

$$H = \frac{N}{2\pi R} I = 530 \text{ А/м; } B = 1,2 \text{ Тл.}$$

$$22.25. \text{Изоляция бузилмайди.}$$

$$22.26. v = \frac{16\rho D g}{d^2 B_0^2 \alpha^2}, \text{ бу ерда } \rho \text{ ва } D -$$

— ҳалқа материалнинг солиштирма қаршилиги ва энчилиги.

$$23.1. I_{\phi} = \frac{\pi \sqrt{2}}{4} I_{yp} = 2,2 \text{ А.}$$

$$23.2. 0,4 \text{ А; } 0,2 \text{ А.}$$

23.3. Магнитоэлектрик системадаги ас-

$$\text{боб } I_1 = \frac{I_m}{\pi} = 1,6 \text{ А ни, иссиқлик}$$

$$\text{системасидаги асбоб эса } I_2 = \frac{I_m}{2} =$$

$$= 2,5 \text{ А ни кўрсатади.}$$

$$23.4. 2 \text{ мВ; } 1,4 \text{ мВ.}$$

$$23.5. 32 \text{ мкФ.}$$

$$23.6. L = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{\left(\frac{U_2}{I_2}\right)^2 - \left(\frac{U_1}{I_1}\right)^2} =$$

$$= 0,19 \text{ Гн.}$$

$$23.7. 1,2 \text{ А; } 50 \text{ Гц; } 5,5 \text{ кВ.}$$

$$23.8. L = 0,02 \text{ Гн.}$$

$$23.9. \Delta t_1 = 3,3 \text{ мс; } t_2 = 0,6 \text{ мс.}$$

$$23.10. 32 \text{ Ом.}$$

$$23.11. 260 \text{ мА; } 0,18 \text{ А; } 76^\circ 49'; 5,1 \text{ Вт.}$$

$$23.12. 0,8 \text{ А; } 93 \text{ Вт; } 13^\circ 15'.$$

$$23.13. 25 \text{ мГн; } 9 \text{ Ом; } 41^\circ 24'.$$

$$23.14. 0,35 \text{ А; } 12 \text{ мВт.}$$

$$23.15. n = \sqrt{\frac{3(12L - CR^2)}{4L - 3CR^2}} =$$

$$= 3,1 \text{ марта.}$$

$$23.16. L = \frac{\nu \sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi(\nu_0^2 - \nu^2)} = 10 \text{ Гн.}$$

$$23.17. t = \frac{\pi}{4} \sqrt{LC} = 39 \text{ мкс.}$$

$$23.18. C = LI^2/U^2 = 200 \text{ пФ.}$$

$$23.19. R < 2\sqrt{L/C} = 100 \text{ Ом.}$$

$$23.20. \nu = \frac{1}{2\pi RN} \sqrt{l/\pi\mu \cdot C} = 3,6 \text{ кГц.}$$

$$23.21. \theta = 2\pi R \sqrt{C/(4L - C^2)} = 0,14.$$

$$23.22. R = \frac{2L}{t} \ln n = 28 \text{ Ом.}$$

$$23.23. \nu = \frac{I_m}{2\pi CU_m} = 160 \text{ Гц.}$$

$$23.24. E = \frac{\theta I_m^2 t}{2\pi} \sqrt{L/C} = 86 \text{ мЖ.}$$

$$23.25. 1,5 \text{ км.}$$

$$23.26. 1,1 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

$$23.27. \nu = \frac{C}{2l\sqrt{\epsilon\mu}} = 59 \text{ МГц.}$$

$$23.28. U_2 = U_1 \sqrt{(\mu_1/\mu_2)^2 [kU_1/U_2]^2 - 1} =$$

$$= 20 \text{ В.}$$

$$24.1. 2 \text{ м.}$$

$$24.2. 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$24.3. N = \frac{4adb(n-1)^2 \Phi^2}{[\bar{a}^2 + b^2] \lambda}$$

$$24.4. \Delta x = \lambda \frac{L + r \cos \alpha}{2r \sin \alpha} = 48,2 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Тирқиш энининг энг катта қиймати $\Delta s \approx \frac{\lambda}{2u}$, бу ерда u — интерференцияда

нишироқ этаётган четки нурлар орасидаги бурчак ($u = 2\alpha$); $\Delta s = 0,86 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$

$$24.5. \alpha = 9' 10''.$$

24.6. S_1 ва S_2 манбалар когерент (26-расм). Йўллар фарқи

$$\Delta l = l_2 - l_1 + \frac{\lambda}{2}; l_2 = \sqrt{l_2^2 + H^2};$$

$$l_2 - l_1 = l_1 \sqrt{1 + \left(\frac{H}{l}\right)^2} - l_1 =$$

$$= l_1 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{H}{l}\right)^2} - 1 \right]; \frac{H}{l} \ll 1. a \ll 1$$

бўлганда $\sqrt{1+a} \approx 1 + \frac{1}{2}a$ эканли-

$$\text{гидан } l_2 - l_1 \approx l_1 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{H}{l}\right)^2 - 1 \right] =$$

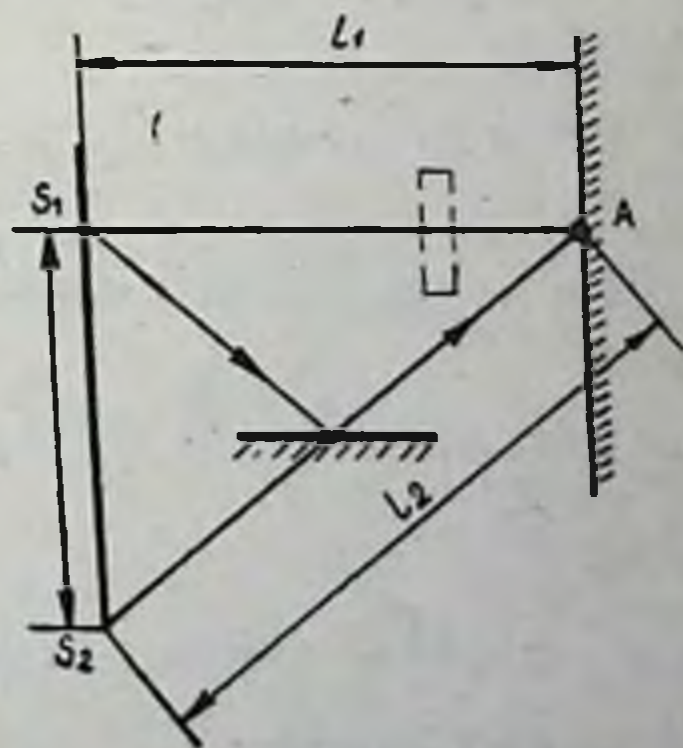
$$= \frac{H^2}{2l}. \text{ Демак, } \Delta l = \frac{H^2}{2l} + \frac{\lambda}{2}, \text{ бироқ}$$

$$\Delta l = m_1 \frac{\lambda}{2}; \text{ у ҳолда } \frac{H^2}{2l} + \frac{\lambda}{2} =$$

$$= m_1 \frac{\lambda}{2}. H = 2h \text{ бўлганидан}$$

$$m_1 = \frac{H^2/2l + \lambda/2}{\lambda/2} = \frac{4h^2}{2h} + 1 = 33;$$

m_1 — тоқ сон, шу сабабли A нуқтада



26-расм

сусайиш кузатилади. Шиша пластинка киритилганда оптик йўллар фарқи ўзга-

$$\text{ради: } \Delta_2 = l_2 - l_1 + \frac{\lambda}{2}$$

бу ерда $l_1 = (l_1 - d) + nd$, d — пла-

стинканинг қалинлиги, n — унинг синди-

риш кўрсаткичи. У ҳолда $\Delta_2 = l_2 -$

$$-[(l_1 - d) + nd] + \frac{\lambda}{2} = l_2 - [n + (n - 1)d] +$$

$+\frac{\lambda}{2}$; $\Delta_2 = \Delta_1 - (n - 1)d$; $m_2 = \frac{\Delta_2}{\lambda} =$

$$= \frac{\Delta_1 - (n - 1)d}{\lambda/2} = m_1 - 2 \frac{d(n - 1)}{\lambda} = 20. A$$

нуқтада кучайиш кузатилади.

$$24.7. \text{ Йўллар беркитилган тирқиш то-}$$

$$\text{монга } \Delta x = \frac{hl(n - 1)}{d} = 2,0 \text{ мм га сил-}$$

жийди.

$$24.8. d = m\lambda/2(n - 1) = 36 \text{ мкм.}$$

$$24.9. d < l/4 \quad n = 100 \text{ нм.}$$

$$24.10. \lambda = 0,517 \text{ мкм. Парда яшил}$$

$$\text{рангда бўлади.}$$

$$21.11. 140 \text{ нм.}$$

$$24.12. 109, 218, \dots (2k - 1) 109 \text{ мкм.}$$

$$24.13. h_{\min} = 1,6 \text{ мкм; } h_{\max} = 1,9 \text{ мкм.}$$

$$24.14. 2,2 \text{ мм.}$$

$$24.15. 20''.$$

$$24.16. 54 \text{ та йўл жойлашади.}$$

$$24.17. 1,35.$$

$$24.20. 1,13 \text{ мкм.}$$

$$24.21. 2 \text{ мм.}$$

$$24.22. r_n = \sqrt{\frac{n\lambda}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}$$

$$24.23. F = \frac{r_1^2 r_2^2}{r_1^2 + r_2^2} \cdot \frac{1}{(n - 1)m\lambda} = 54 \text{ см.}$$

$$24.24. 0,3 \text{ мм.}$$

$$24.25. \text{ Контакт бўлмаганда } \frac{r_1}{R} + 2d =$$

$$= 5\lambda. \text{ Чанг тозалангандан кейин } \frac{r_2^2}{R} =$$

$$= 5\lambda. \text{ Демак, } d = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2R} = 1,8 \text{ мкм.}$$

$$24.26. 1,36.$$

$$24.27. n' = n + \frac{N\lambda}{l}, \text{ бу ерда } n \text{ — ҳаво-}$$

нинг синдириш кўрсаткичи.

$$23.28. n_1 = \sqrt{n} = 1,33.$$

24.29. Сариқ соҳа учун $10^{-4}\Phi_0$ га яқин.
Бинафша соҳа учун $3 \cdot 10^{-2}\Phi_0$ га яқин.

$$25.1. b = \frac{ar^2}{m\lambda a - r^2} = 1 \text{ м.}$$

$$25.2. r_{12}^2 = 3r_4^2; r_{12} = 3\sqrt{3} \text{ мм} = 5,2 \text{ мм}$$

$$25.3. \sin \varphi = \sin \alpha \pm m \frac{\lambda}{b}$$

25.4. Агар диафрагма A ва B нуқталар ўртасида бўлса, 1 мм радиусли тешик (тирқиш) га $k = 4$ та Френель зона-

сини жойлаштириш мумкин ($k =$

$= \frac{2r^2 a}{\lambda a^2} = 4$). Бинобарин, B нуқтада

сўниш юз беради. Агар диафрагма A

нуқтадан 50 см масофада бўлса, $k_1 \approx 5,3$

та Френель зонаси жойлашади. Агар A

нуқтагача бўлган масофани 150 см, B

нуқтагача масофани эса 50 см қилиб

олинса, Френель зоналари сони ўзга-

ришсиз қолади. Демак, диафрагмани кў-

чириб борилганда фақат бир марта—диа-

фрагма қоқ ўртада бўлганда сўниш ку-

затилади.

25.5. $r = \frac{4\lambda}{Da} = 4 \text{ мм.}$

25.6. $\lambda = \frac{a + b}{2ab} (r_2^2 - r_1^2) = 0,6 \text{ мкм.}$

$$25.7. 0,7 \text{ мкм.}$$

25.8. Чап томондан бешинчи, ўнг то-

мондан иккинчи.

$$25.9. 71^\circ 48'$$

$$25.10. 11^\circ 50'; 25^\circ 12'; 37^\circ 57'; 55^\circ 04'$$

$$25.11. 0,36 \text{ мм.}$$

$$25.12. 0,5 \text{ мкм.}$$

$$25.13. 466,7 \text{ нм.}$$

25.14. Устма-уст тушмайди. Турли

тартибдаги спектрлар $k\lambda_2 = (k + 1)\lambda_1$

шарт бажарилганда бир-бирига тегади;

$k = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = 5$. Бинобарин, олтинчи ва

ундан юқори тартибли спектрларгина

бир-бири билан устма-уст тушиши

мумкин. Бу оралиқ учун мазкур панжа-

ра фақат тўртинчи тартибли спектрни

беради.

$$25.15. d = 5,15 \text{ мкм; } l = 2,57 \text{ мм.}$$

$$25.17. 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$25.18. 12 \cdot 10^3; 50 \text{ нм.}$$

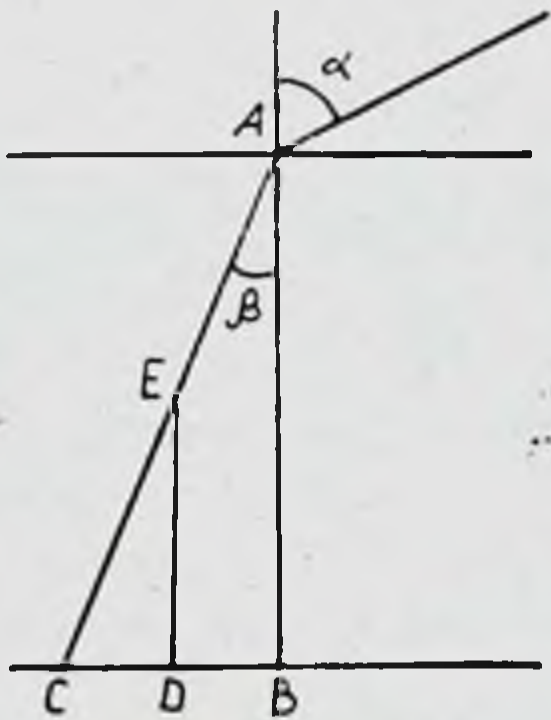
$$25.19. 1:4.$$

$$25.20. \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = 1,15 \text{ рад/мкм.}$$

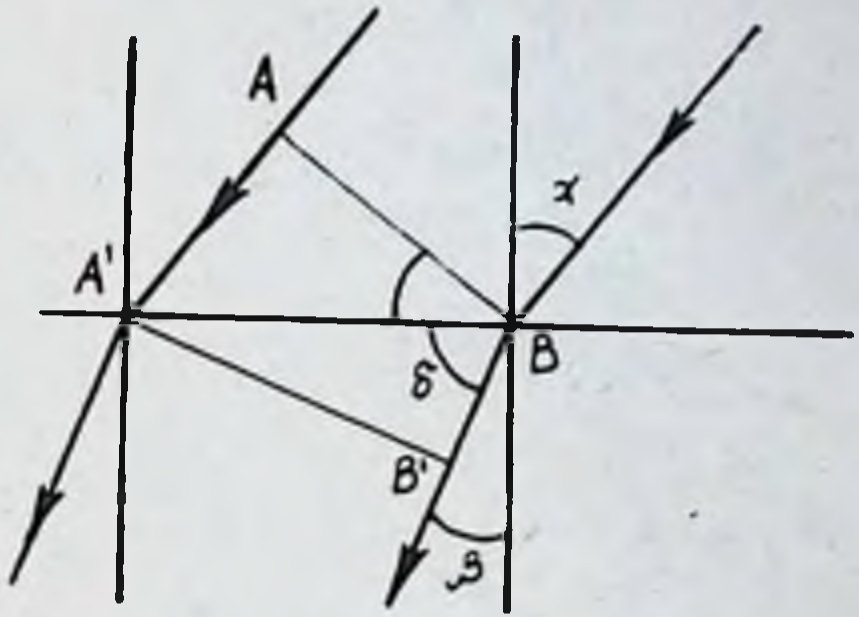
$$25.21. 26 \text{ м/мкм.}$$

$$25.22. D = 6 \text{ см.}$$

$$25.23. 10^{-6} \text{ рад.}$$



27- расм



28- расм

25.24. $3,87 \cdot 10^6$.

25.25. $R = 140,8$ м.

25.26. $U = \frac{hc}{e\lambda} = \frac{hc}{2de \sin \varphi} = 46,8$ кВ.

25.27. 293 пм.

25.28. 280 ам.

25.29. 3с.

25.30. Панжара доимийси d ни аниқлаймиз. 1 кмоль ош тузининг ҳажми $V_0 = \frac{M}{\rho}$. Бу ҳажмда $2N_A$ та ион бор (N_A — Авогадро доимийси). U_e (ҳолда битта ионга тўғри келадиган ҳажм

$V = \frac{M}{2\rho N_A}$ га тенг. Панжара доимийси

$d = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}$ шартдан топи-

лади. Демак, $\lambda = d \sin \varphi = \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}} \times \sin \varphi = 56 \cdot 10^{-12}$ м; $\lambda = 56 \cdot 10^{-12}$ м.

26.1. $27' 30''$.

26.3. $\alpha = 120^\circ$.

26.4. Кўзгулар орасидаги бурчак 90° бўлиши керак.

26.5. Ботиқ.

26.7. $F = 4$ см.

25.8. а) $d = 30$ см. б) $d' = 10$ см.

26.9. Кўзгудан 5 см га узоқлашади.

26.10. 45 см.

26.11. $F = -30$ см.

26.12. Нурлар иккала кўзгудан қайтгач ҳосил қиладиган тасвир манба билан устма-уст тушади.

26.13. $R = ak(k-1) = 15$ см, бу ерда

k — бурчакли катталаштириш. $\frac{R}{2} > a$

бўлса, тасвир мавҳум бўлади.

26.14. Кўзгу формуласи $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$

га асосан манба ҳаракат қилаётган айлана радиуси r билан тасвир ҳаракат қилаётган айлана радиуси r' ўзаро $\frac{r}{r'} = \frac{d}{f}$

ифода орқали боғланган. Бинобарин, $r' = r \frac{f}{d} = \frac{rR}{2d-R}$. Тасвир ҳаракатининг марказга интилма тезланиши;

$a' = \omega^2 r' = \left(\frac{v}{r}\right) \frac{rR}{2d-R} = \frac{v^2 R}{r(2d-R)} = 4,5$ м/с².

26.15. 27-расмда $DC - ED$ таёқнинг сояси; $DC = ED \cdot \operatorname{tg} \beta$; $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_b$;

$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_b} = \frac{0,5}{1,33} = 0,38$; $\beta = 22^\circ 30'$;

$DC = ED \cdot \operatorname{tg} 22^\circ 30' = 38$ см.

26.16. $h = \frac{\Delta l}{\operatorname{tg} \beta_k - \operatorname{tg} \beta_6} = 23$ мм, бу ерда

Δl — нурлар орасидаги масофа, β_k — қизил нурлар учун синиш бурчаги, β_6 — бинафша нурлар учун синиш бурчаги.

26.17. $\operatorname{tg} \alpha = n$, бу ерда n — шишанинг синдириш кўрсаткичи.

26.18. $0,254 \cdot 10^{-6}$ м.

26.19. $67^\circ 33'$.

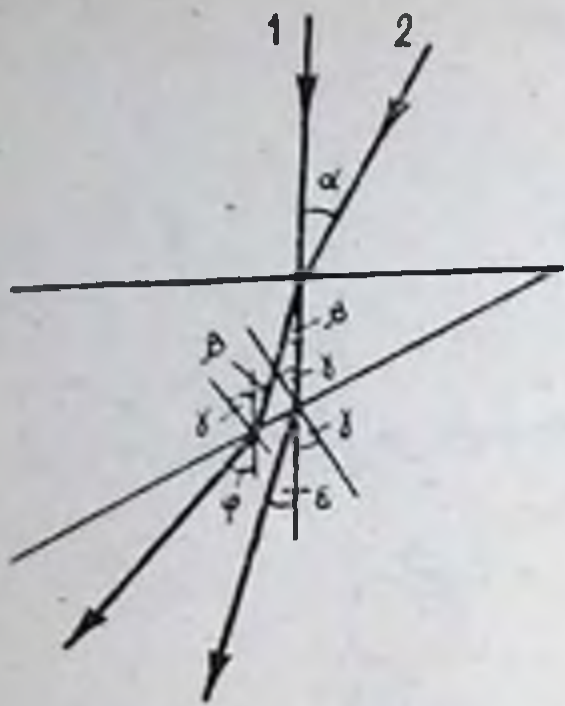
26.20. Иккинчи нур ҳам тўла ички қайтади ва ҳавога чиқмайди.

26.21. 1,2 м.

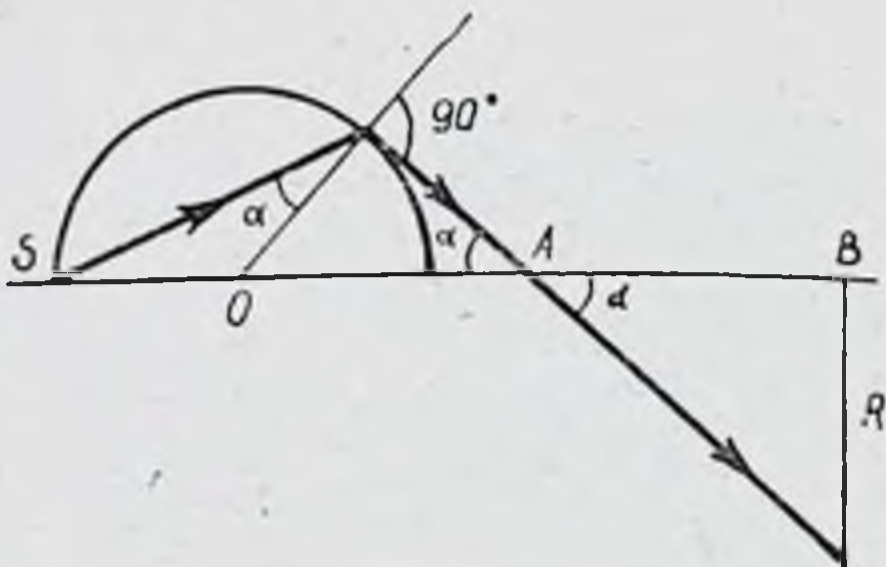
26.22. 4,2 см.

26.23. Шамнинг тасвири кўзгуга яқинлашади.

26.24. 28-расмда AB — ҳаводаги ясси тўлқин fronti, $A'B'$ — сувдаги ясси



29- расм



30- расм

тўлқин fronti, $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_b$; $\sin \alpha =$
 $= \frac{0,5}{1,33} = 0,367$; $\beta = 22^\circ 10$; $\cos \alpha =$
 $= \frac{AB}{A'B}$; $A'B = \frac{AB}{\cos \alpha}$; $\sin \delta = \frac{A'B'}{A'B}$.

Бундан $A'B' = \frac{AB \sin \delta}{\cos \alpha}$; $\sin \delta = \sin$

$(90^\circ - \beta)$. Бинобарин, $A'B' = \frac{AB \cos \beta}{\cos \alpha} =$

$= 5,35$ см.

26.25. 7,4 м.

26.26. $|SS'| = 2(h + \frac{d}{n}) = 2(h + \frac{3}{4} d)$.

26.27. Бурчаклар кичик бўлгани туфайли (29-расм) ёруғликнинг синиши қонунига кўра

$\frac{\sin(e + \gamma)}{\sin \gamma} = n$; $\frac{e + \gamma}{\gamma} = n$;

$e = \gamma(n - 1)$; $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$; $\frac{\alpha}{\beta} = n$; $\beta =$

$= \frac{\alpha}{n}$; $\frac{\sin(\varphi + \gamma)}{\sin(\beta + \gamma)} = n$; $\frac{\varphi + \gamma}{\beta + \gamma} = n$; $\varphi =$

$= n\beta + (n - 1)\gamma = \alpha + \gamma(n - 1)$; бундан $\varphi - e = \alpha$, яъни, 2 нур синган 1 нурга nisbatan α бурчакка бурилган.

26.28. $77^\circ 6'$.

26.30. $\alpha = 35^\circ$.

26.31. $n = 1,41$.

26.32. Шардан чиқаётган нурнинг йўналиши ёруғликнинг тўла ички қайтиши қонуни билан белгиланади (30 - расм):

$n \sin \alpha = 1$; $\alpha = \arcsin(\frac{1}{n}) = 30^\circ$; $x =$

$= |AO| + |AB| = \frac{n}{\sin 30^\circ} + \frac{R}{\tan 30^\circ} =$

$= R(2 + \sqrt{3})$; $x = 3,73 R$.

26.33. $\varphi = 2(\alpha - \beta) = 18^\circ$.

26.38. $D_{ш}/D_{0,1} = 0,35$.

26.43. $f = 0,3$ м; $H = 4$ см.

26.44. $F = \sqrt{l}$.

26.45. 1,31.

26.46. $F_1 = F \frac{2(n_1 - 1)n_2}{2n_1 - n_2 - 1} = 50$ см,

бу ерда F_1 — линзанинг сувдаги фокус масофаси, n_1 — ширанинг синдириш кўрсаткичи, F — линзанинг ҳаводаги фокус масофаси. $F_1 = 0,5$ м.

26.47. $F = 12$ см.

26.48. Экрани линзадан 1 см га узоқлаштириш керак.

26.49. $h = \sqrt{H_1 H_2}$.

26.50. $R = \frac{2(F_K - F_6)}{1/(n_K - 1) - 1/(n_6 - 1)} = 0,5$ м,

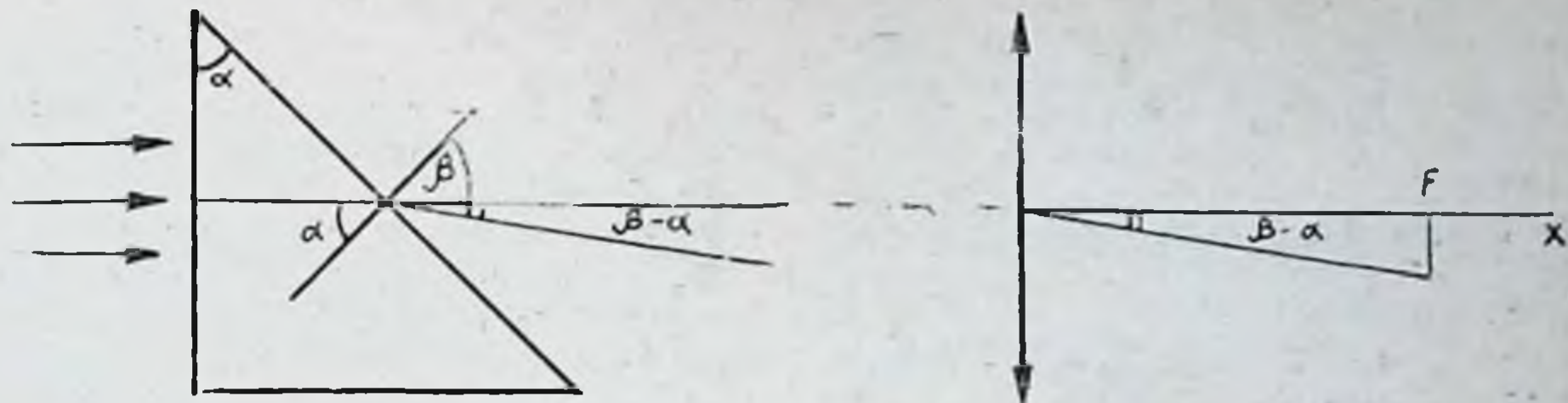
бу ерда F_K — линзанинг қизил нурлар учун фокус масофаси, F_6 — линзанинг бинафша нурлар учун фокус масофаси, n_K ва n_6 — линзанинг мос равишда қизил ва бинафша нурлар учун синдириш кўрсаткичи.

26.51. Фокус масофаси ортади, чунки эгрилик радиуси ортади ва синдириш кўрсаткичи камаяди.

26.52. Уларнинг бош фокуслари устма-уст тушиши керак. Йиғувчи линзанинг фокус масофаси сочувчи линзанинг фокус масофасидан қисқа бўлганда масала ечимга эга эмас.

26.54. Энг кичик оғиш бўлганда

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (1)$$



31- расм

ифода ўринли бўлади, бу ерда A — призманинг огдириш бурчаги, δ — энг кичик оғиш бурчаги. Агар бирор нур учун синдириш кўрсаткичи $n + \Delta n$ бўлса, у ҳолда энг кичик оғиш бурчаги $\delta + \Delta \delta$;

$$\Delta n \text{ ва } \Delta \delta \text{ лар } \Delta n = \frac{1}{2} \frac{\cos \frac{A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \Delta \delta$$

ифодани қаноатлантиради. У ҳолда мос спектрал чизиқлар орасидаги масофа $\Delta l = F \Delta \delta$, бу ерда F — линзанинг фокус масофаси, δ бурчак (1) ифодадан аниқланади.

$$\sin \frac{60^\circ + \delta}{2} = 1,4881 \sin 30^\circ; \delta = 36^\circ.$$

$$\Delta l = 2 \sin \frac{A}{2} F \frac{\Delta n}{\cos \frac{A + \delta}{2}} = 74 \text{ см.}$$

26.55. Призма нурлар дастасини бош оптик ўқдан $\beta - \alpha$ бурчакка оғдиради (31-расм), аммо нурлар ўзаро параллелигича қолади. Нурлар линзанинг фокал текислигидаги оптик ўқдан x масофада бўлган S нуқтада тўпланади:

$$x = F \operatorname{tg}(\alpha - \beta) = F \frac{\operatorname{tg} \beta - 1}{\operatorname{tg} \beta + 1}, \operatorname{tg} \alpha = 1,$$

$$\sin \beta / \sin \alpha = n, \text{ демак, } \sin \beta = \frac{n \sqrt{2}}{2},$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{n}{\sqrt{2 - n^2}} \quad (2). \quad (2) \text{ ни } (1) \text{ га}$$

$$\text{қўйсак: } x = F \frac{n - \sqrt{2 - n^2}}{n + \sqrt{2 - n^2}}.$$

$$26.56. H = h \frac{F_2}{F_1} = 1,2 \text{ см, бу ерда}$$

h — буюмнинг катталиги.

$$26.57. f_2 = 13,3 \text{ см.}$$

$$26.58. f = \frac{F \left[2l \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right) - 1 \right]}{2l \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right) + \frac{F}{d} - 2}.$$

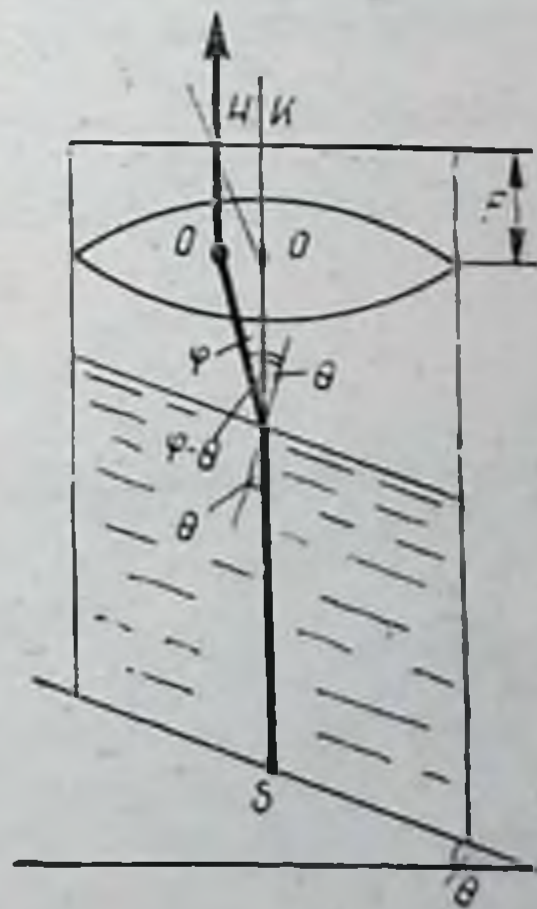
Агар S_2 линза билан унинг ўнг фокуси орасига ўрнатилса, натижавий тасвир мавҳум бўлади. $l = 0$ да $d < \frac{F}{2}$ бўл-

ганда тасвир мавҳум, $d > \frac{F}{2}$ бўлганда

эса ҳақиқий бўлади.

26.59. Ҳаракат барқарорлашгандан сўнг идишнинг ва ундаги суюқликнинг тезланиши $a = g \sin \theta$ бўлади. Ҳаракатланаётган идиш ичидаги суюқликнинг сирти қия текисликка параллел бўлади (32-расм). Ёруғликнинг синиш қонуни $n \sin \theta = \sin \varphi$ га асосан $\varphi = 60^\circ$; $\varphi - \theta = 30^\circ$. $OH \parallel AB$ нурни ўтказамиз; OH ва BH нурлар фокал текислигининг бир нуқтасида тўпланади. AB нурнинг силжиши $NK = F \operatorname{tg}(\varphi - \theta) = 5,8 \text{ см}$, бу ерда F — линзанинг фокус масофаси.

26.60. $l = F_1 + F_2 = \frac{n}{n - 1} (R_1 + R_2) = 75 \text{ см}$, бу ерда F_1 ва F_2 — линза сиртларининг фокус масофалари, R_1 ва R_2 — линза сиртларининг радиуслари, n — линза материалининг синдириш коэф-



32- расм

коэффициенты, l — линзанинг қалинлиги.
Агар линзанинг иккинчи сирти ботиқ

$$\text{бўлса, } l = F_1 - F_2 = \frac{n}{n-1} (R_1 - R_2) =$$

$$= 45 \text{ см.}$$

26.61. Йиғувчи, узоқни кўришни.

26.62. $+2$ дптр.

26.63. $3,5$ дптр га.

26.64. $D_c = -5,3$ дптр; $D_n = 21,3$ дптр.

26.65. 24 марта.

26.66. 150 марта.

26.67. Объектив билан окуляр фокус-
лари устма-уст тушиши керак.

26.68. $d = 0,3$ м; $\Gamma = 250$.

26.69. $F = 1,5$ см; $l = 17,9$ см.

26.70. $d = 70$ м.

26.71. $h = 400$ м; $v = 80$ м/с.

26.72. $F = 1,6$ м.

26.73. $10^\circ 20'$.

26.74. 12 марта.

26.75. 10; тасвир ҳақиқий.

26.76. $x_1 = 20$ см, йиғувчи линзадан
 $x_2 = 80$ см масофада.

27.1. $E = 3,92 E_1$.

27.2. 754 лм.

27.3. 3 марта ортади.

27.4. 0,5 дптр.

27.5. 6 лк.

27.6. $l = \sqrt{r^2 (\sqrt[3]{4} - 1)} = 4$ м, бу

ерда r — лампадан майдонча маркази-
гача бўлган масофа.

27.7. $8 \cdot 10^{-5}$ марта

27.8. $1/4$ марта.

27.9. 7,38 с.

27.10. $\frac{E_0}{E} = 1 \frac{7}{9}$, бу ерда E_0 — ўз та-

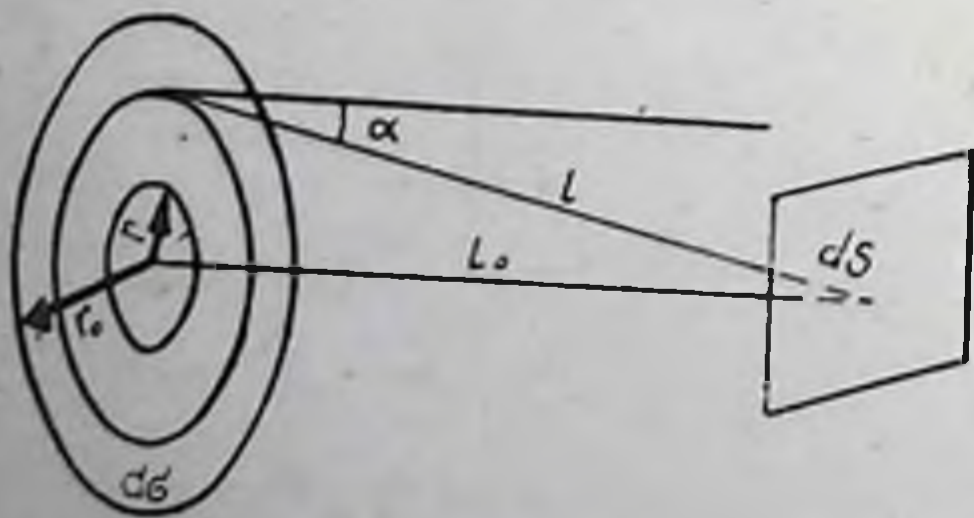
бийий катталигида суратга олган пайтда-
ги майдончанинг ёритилганлиги.

27.11. $\frac{E}{E_0} = 4$, бу ерда F_0 — бутунича

суратга олган пайтдаги ёритилганлик.

27.12. 50 с.

27.13. 10^{-3} с.



33- расм

27.14. $\frac{S_{\partial 2}}{S_{\partial 1}} = \frac{25}{9}$; $\frac{D_{\partial 2}}{D_{\partial 1}} = \frac{5}{3}$. Бу ерда

$S_{\partial 2}$ ва $S_{\partial 1}$ — диафрагмалар юзалари,
 $D_{\partial 2}$ ва $D_{\partial 1}$ — диафрагмалар диаметрлари.

27.15. 100 кд.

27.16. а) $6 \cdot 10^6$ кд/м²; б) $3 \cdot 10^4$ кд/м².

27.17. $d\sigma$ юза элементининг нормал би-
лан α бурчак остидаги йўналишда ҳо-
сил қилган ёруғлик кучи: $dJ = L d\sigma \cos \alpha$.
Фазовий бурчак остидаги ёруғлик оқими

$$(33\text{-расм}): d\Phi = L d\sigma \cos \alpha \frac{\Delta S \cos \alpha}{l^2}.$$

Нурланаётган $d\sigma$ сирт томонидан ΔS
юзачада ҳосил қилинган ёритилганлик:

$$dE = \frac{L d\sigma \cos^2 \alpha}{l^2}, \text{ аммо } l = \frac{l_0}{\cos \alpha},$$

$$d\sigma = 2 \pi r dr; r = l_0 \operatorname{tg} \alpha.$$

$$\text{Бундан: } dr = \frac{l_0}{\cos^2 \alpha} d\alpha; dE =$$

$$= 2 \pi L \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha;$$

$$E = 2 \pi L \int_0^{\alpha_1} \sin \alpha \cos \alpha d\alpha = \pi L \sin^2 \alpha \Big|_0^{\alpha_1} =$$

$$= \pi L \frac{r_0^2}{r_0^2 + l_0^2};$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{r_0}{\sqrt{r_0^2 + l_0^2}}. \quad E = 276 \text{ лк.}$$

Дискни нуқтавий манба деб олинса

$$E_1 = \frac{\pi L r_0^2}{l_0^2}; \quad \frac{E_1 - E}{E} = \frac{r_0^2}{l_0^2} =$$

$$= 2,25 \%.$$

28.1. $\varphi = 56^\circ 12'$.

28.2. Френель формуласига кўра қайт-
ган нурнинг интенсивлиги:

$$I = \frac{1}{2} I_0 \left[\frac{\sin^2(\alpha - \beta)}{\sin^2(\alpha + \beta)} + \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \beta)} \right],$$

бу ерда I_0 — табий ёруғлик интенсив-
лиги. Ёруғлик тўла қутбланганда

$$\alpha_B + \beta = \frac{\pi}{2}, \text{ бу ерда } \alpha_B \text{ — Брюстер}$$

бурчаги. У ҳолда

$$I = \frac{1}{2} I_0 \sin^2(\alpha_B - \beta). \text{ Демак, } \frac{I}{I_0} =$$

$$= \frac{1}{2} \sin^2(\alpha_B - \beta), \text{ аммо } \operatorname{tg} \alpha_B = n_{21},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = 1,52; \alpha_B = 56^\circ 40'; \beta = 90^\circ -$$

$$- 56^\circ 46' = 33^\circ 20'; \alpha_B - \beta = 56^\circ 40' -$$

$$- 33^\circ 20', \frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} \sin^2 23^\circ 20' = \frac{1}{2} \times$$

$$\times 0,396^2 \approx 0,078.$$

28.3. $\alpha = 32^\circ$.

28.4. $48^\circ 48'$.

28.5. $n = 1,43$.

28.6. Қайтариш коэффициенті $R = \frac{I_1}{I}$,

бу ерда I_1 — қайтаётган ёруғлик интенсивлиги, I — тушаётган ёруғлик интенсивлиги, $\alpha_B + \beta = \frac{\pi}{2}$. Бинобарин, Френель формуласына асосан:

$$I' = I'_1 = I \sin^2(\alpha_B - \beta);$$

$$R = \frac{I_1}{I} \sin^2(\alpha_B - \beta) = 0,5 \sin^2(\alpha_B - \beta) = 0,04.$$

28.7. 0,9; 0,99.

28.8. 45° .

28.9. $1/8$.

28.10. 2 марта.

28.11. 12 марта.

28.12. $I_{\text{таб}} = I_K$.

28.13. $d = 14,7$ мкм.

28.14. 1,55.

28.15. $(n_e - n_o) \frac{x}{\lambda} = \frac{1}{4}$, бу ерда x —

пластинканың қалинлығы, $x = 13,24$ мкм.

28.16. 5,7 мм.

28.17. 4,5 мм.

28.18. 250 кг.

28.19. 375 кг/м³.

28.20. $l = 5$ см.

29.1. $\eta = -\frac{2B}{\lambda^3}$, бу ерда η — дис-

персия;

$v = \frac{c\lambda^2}{A\lambda^2 + B}$, бу ерда v — фазавий

тезлик;

$u = \frac{c\lambda^2(A\lambda^2 - B)}{(A\lambda^2 + B)^2}$, бу ерда u — груп-

павий тезлик.

29.2. $u = 17 \cdot 10^9$ см/с.

29.3. $v = 2,24 \cdot 10^8$ м/с; $u = 2,20 \cdot 10^8$ м/с.

29.4. $k = 0,14$ см⁻¹.

29.5. 0,8.

29.6. $k = 0,35$ см⁻¹.

29.7. 42 см; 10 % га.

29.8. $k_2 = k_1 \frac{\lg N_2}{\lg N_1}$.

29.9. $n = 8$.

29.10. 1 %.

29.11. 0,67.

29.12. 0,52.

29.13. $k' = 0,06$ см⁻¹.

29.14. 4 марта.

29.15. $v = 1,88$ мм/с.

29.16. $2 \cdot 10^9$ м/с; $2,56 \cdot 10^8$ м/с.

30.1. $3 \cdot 10^9$ м/с.

30.2. $\Delta N = 0,10$.

30.3. $v = 0,141$ с, бу ерда c — ёруғлик тезлиги.

30.4. 13 нм га.

30.5. $\lambda_0 = 600$ нм.

30.6. $4 \cdot 10^{-5}$ мкм.

30.7. $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v n}{c} \cos \varphi$, бу ерда φ —

кузатиш йўналышы билан ҳаракат йўналышы орасыдагы бурчак.

30.8. $\Delta \lambda = -\frac{2Nv}{c} \lambda$.

30.9. $T = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} \cdot \frac{4\pi R}{c} = 25$ сутка, бу

ерда R — Қуёш радиуси.

30.10. 1,98 км/с.

31.1. 1) 0,284 аЖ; 2) 0,361 аЖ;

3) 0,497 аЖ; 4) 0,02 аЖ.

31.2. 36 марта.

31.3. Йўқ.

31.4. 2 мкм — спектрнинг инфрақизил соҳаси.

31.5. 12,4 фм.

31.6. 1,07 ПГц; 1,18 ПГц; $E_2/E_1 = \lambda_1/\lambda_2 = 1,1$.

31.7. 1) $5,52 \cdot 10^{-36}$ кг ва $1,1 \cdot 10^{-33}$ кг;

2) $9,6 \cdot 10^{-31}$ кг.

31.8. 2,42 пм.

31.9. 1,33 пм.

31.10. $5,33 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с.

31.11. 1,99 фЖ; $2,2 \cdot 10^{-33}$ кг;

$6,625 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с; 99,4 фЖ;

$1,1 \cdot 10^{-30}$ кг; $3,31 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

31.12. $2 \cdot 10^{15}$ м⁻²·с⁻¹.

31.13. $n = \eta \frac{N \lambda t}{hc} = 3 \cdot 10^{17}$ с⁻¹.

31.14. $\frac{N_1}{N_2} = \frac{3}{4}$.

31.15. $T = \frac{2hc}{3k\lambda} = 96$ МК.

31.16. $A = hc/\lambda_0 = 4,2$ эВ.

31.17. Юз бермайди, чунки ёруғлик квантининг энергияси 2,11 эВ бўлиб, электроннинг металлдан чиқиш ишидан 0,29 эВ га кам.

3.18. 235 нм; 262 нм; 276 нм; 305 нм; 631 нм.

31.19. 4,7 эВ; 4,5 эВ; 2,4 эВ; 2,3 эВ; 2,0 эВ.

$$31.20. v = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda}} = 600 \text{ Мм/с. Яъни,}$$

$v > c$ бўлиб, мантиқсиз натижа ҳосил бўлди, чунки электрон массасининг ҳаракат тезлигига боғлиқлиги ҳисобга олинмади.

$$31.21. v = \sqrt{\frac{2(hc - A\lambda)}{m\lambda}} = 840 \text{ км/с.}$$

$$31.22. 213 \text{ нм.}$$

$$31.23. 0,994 \text{ аЖ (6,2 эВ); } 5 \text{ эВ; } 0,192 \text{ аЖ: } 650 \text{ км/с.}$$

$$31.24. 0,6 \text{ эВ га.}$$

$$31.25. \lambda = \frac{hc}{eU} = 10 \text{ нм.}$$

$$31.26. 10,3 \text{ В.}$$

$$31.27. 0,75 \text{ В.}$$

$$31.28. 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ж}\cdot\text{с.}$$

$$31.29. 3,5 \text{ мкПа; } 7 \text{ мкПа.}$$

$$31.30. 1) 46,6 \text{ мкПа; } 2) 23,3 \text{ мкПа.}$$

$$31.31. 37,5 \text{ МВт/м}^2.$$

$$31.32. 1) 4,7 \text{ мкПа; } 2) 4 \cdot 10^{-16} \text{ кг.}$$

$$31.33. \rho = \frac{N}{cS} (1 + \rho) = 54 \text{ мкПа.}$$

$$31.34. \rho = \frac{I}{c} (1 + \rho) = \frac{nh}{\lambda S} (1 + \rho) = 2,25 \text{ мкПа.}$$

$$31.35. \rho = \frac{N}{4\pi r^2 c} (1 + \rho) = 24 \text{ нПа.}$$

$$31.36. F = \frac{NS}{4\pi r^2 c} (1 + \rho) = 0,96 \text{ мкН.}$$

$$31.37. \rho_e/\rho_r = \frac{0,8N}{4\pi r^2 \rho_r c} = 1,9 \text{ марта.}$$

$$31.38. 39 \text{ м.}$$

$$31.39. 59,3 \text{ Мм/с.}$$

$$31.40. v = \sqrt{2hc/m\lambda} = 29,5 \text{ Мм/с.}$$

$$31.41. \frac{m_0 v^2}{2} = h\nu \text{ и фодадан } v = \frac{m_0 v^2}{2h\sqrt{1-\beta^2}} = 7,3 \text{ ЭГц эканлигини,}$$

топамиз.

$$31.42. 6,61 \cdot 10^{-34} \text{ Ж}\cdot\text{с.}$$

$$31.43. 41,4 \text{ пм.}$$

31.44. 1) Боғланиш энергияси сочилаётган квантлар томонидан бериладиган энергиядан анча кичик бўлган электронлар эркин бўлади. 2) Бу ҳолда электронларнинг боғланиш энергияси келиб урилаётган квантлар энергияси билан бир хил тартибда, шу сабабли эркин электронлар йўқ.

31.45. Электрон атомда қанчалик кучли боғланган бўлса, тушаётган квантдан шунчалик кам энергия олиши мумкин. Енгил элементларда электронлар кучсиз боғланган бўлади, оғир элементларда эса боғланиш энергияси анча ортади ва кучли боғланган электронларнинг нисбий сони ортади.

$$31.46. 1,32 \text{ фм.}$$

31.47. $\Delta\lambda = 2,4 \text{ пм}$, тўлқин узунлигига боғлиқ бўлмайди. Тўлқин узунлигининг нисбий ўзгариши: оқ ёруғлик учун $0,48 \cdot 10^{-6}$, γ -нурлар учун $0,48$.

$$31.48. \Delta\lambda = \lambda' - \lambda = -2\lambda_c \sin^2 \frac{\varphi}{2} = -1,2 \cdot 10^{-12} \text{ м.}$$

$$31.49. \Delta\lambda_m = 2\lambda_c; 4,8 \text{ пм ва } 2,6 \text{ фм.}$$

$$31.50. \lambda' = \lambda + 2\lambda_c \sin^2 \frac{\varphi}{2} = 59,9 \text{ пм.}$$

$$31.51. 2,8 \text{ марта.}$$

$$31.52. 26,7 \text{ пм.}$$

$$31.53. 90^\circ; \Delta E = h\nu - h\nu' = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + \Delta\lambda} \right) = \frac{hc \Delta\lambda}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)} = 24 \text{ кэВ.}$$

$$31.54. \Delta E = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = \frac{hc}{\lambda} \times \frac{2\lambda_c \sin^2 \varphi/2}{\lambda + 2\lambda_c \sin^2 \varphi/2}; 119 \text{ кэВ; } 185 \text{ кэВ; } 256 \text{ кэВ.}$$

$$31.55. E' = h\nu' = \frac{hc}{\lambda + 2\lambda_c \sin^2 \varphi/2} = \frac{E}{\lambda + 2\frac{E}{m_0 c^2} \sin^2 \varphi/2} = 0,43 \text{ МэВ;}$$

$$E_k = E - E' = 0,32 \text{ МэВ; } \rho = \frac{1}{c} \sqrt{E_k^2 + 2m_0 c^2 (E_k + m_0 c^2)} = 0,42 \cdot 10^{-27} \text{ Н}\cdot\text{с.}$$

$$31.56. I_0/I = e^{\mu_M \rho d} = 1,94 \text{ марта.}$$

$$31.57. e^{\mu x} = I_0/I, \text{ бундан } x = \frac{\ln 2}{\rho \mu_M} = 0,9 \text{ см.}$$

$$31.58. 1000 \text{ К.}$$

$$31.59. 200 \text{ К.}$$

$$31.60. 3,85 \text{ ГЖ.}$$

$$31.61. 52,5 \text{ Вт.}$$

$$31.62. 16 \text{ марта ортади.}$$

$$31.63. \Delta T = T_1 \left(\sqrt[4]{\frac{E_2}{E_1}} - 1 \right) =$$

= 126 К.

31.64. $R_{\Sigma 1} = \sigma (T_1^4 - T_2^4)$ ва $R_{\Sigma 2} = \sigma (T_1^4 - T_3^4)$, бу ерда T_1 — сувли қозоннинг ҳарорати, T_2 — қўл сиртининг ҳарорати, T_3 — жисмининг ҳарорати.

$R_{\Sigma 2}/R_{\Sigma 1} = 1,24$ марта.

31.65. 21,8 ГЖ.

31.66. 0,7.

31.67. $N = \sigma T^4 S = 1390$ Вт.

31.68. 3,3 марта.

$$31.69. R_3 = \sigma T^4 \text{ ва } R_3 = C \frac{4 \pi R^2}{4 \pi r^3},$$

бу ерда R — Ердан Қуёшгача бўлган ўртача массфа. У ҳолда $\sigma T^4 =$

$$= \frac{CR^2}{r^3}, \text{ бундан } T = \sqrt[4]{\frac{CR^2}{\sigma r^3}} =$$

= 5800 К.

31.70. Ютилаётган ва нурлантирилаётган энергиялар тенглашган пайтда пластинканинг қизиши тўхтайдиган: $CSt =$

$$= \sigma T^4 St, \text{ бундан } T = \sqrt[4]{\frac{C}{\sigma}} = 396 \text{ К.}$$

31.71. Ҳарорати dT га пасайганда шар йўқотадиган иссиқлик миқдори: $dQ =$

$$= cm dT = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho c dT, \text{ бу ерда } \rho —$$

— темирнинг зичлиги. Иккинчи томондан, $dQ = k \sigma T^4 S dt = 4 \pi r^2 k \sigma T^4 dt$, бу ерда dt — ҳароратнинг dT га пасайишига тўғри келадиган нурланиш вақти.

$$dt = \frac{cpr}{3k\sigma} T^{-4} dT, \text{ бундан } t = \frac{cpr}{3k\sigma} \rightarrow$$

$$\rightarrow \int_{T_1}^{T_2} T^{-4} dT = \frac{cpr}{3k\sigma} \left(\frac{1}{T_2^3} - \frac{1}{T_1^3} \right) =$$

= 1503 с (25 мин 3 с).

31.72. 20 кК.

31.73. 0,5 мкм — кўринадиган спектр соҳаси.

31.74. Мумкин эмас, чунки $\lambda_m = 242$ нм.

31.75. 1,45 кЖ.

31.76. 1 мкм — инфрақизил соҳа.

31.77. 1870 Ж; 20,8 пг.

31.78. 7,5 кВт.

31.79. 1,85 марта.

31.80. 3,3 марта; 565 К.

31.81. 360 нм; 3,1 марта.

$$31.82. R_3 = \int_0^{\infty} f(\omega, T) d\omega = \frac{h}{4\pi^2 c^3} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(\frac{kT}{h} \right)^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^2 k^4}{60 c^2 \hbar^3} T^4 =$$

$$= 56 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4) T^4 = \sigma T^4, \text{ бу}$$

ерда $x = \frac{\hbar \omega}{kT}$. Планк формуласини

$$\Phi(\lambda, T) \text{ га ўзгартириб, уни } \lambda \frac{d\Phi(\lambda, T)}{d\lambda} =$$

= 0 бўйича дифференциалласак: $T\lambda =$

$$= \frac{2\pi \hbar c}{4,965k} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К} = b.$$

$$32.1. \lambda = \frac{2\pi \hbar}{m_0 v} \sqrt{1 - v^2/c^2}; 36,4 \text{ нм ва}$$

1,82 пм.

32.2. 160 пм.

32.3. 1) 7,3 пм; 2) 6,9 пм.

$$32.4. \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h \sqrt{1 - \beta^2}}{m_0 c \beta} \text{ ва } E_{\text{я}} =$$

$$= m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \text{ тенглама-}$$

лардан фойдалансак: $\lambda =$

$$= \frac{hc}{\sqrt{E_k (E_k + 2m_0 c^2)}} = 2,86 \text{ пм.}$$

$$32.5. \lambda = \frac{h}{\sqrt{3kmT}}; 73 \text{ пм}; 145 \text{ пм};$$

28 пм.

32.6. Электрон билан кислород молеку-

$$\text{ласи учун } E_k = \frac{h^2}{2m\lambda^2}; 150 \text{ эВ};$$

2,58 мэВ; 16,4 пэВ.

$$32.7. \lambda = \frac{\hbar}{p} = \frac{\hbar c}{\sqrt{(2m_0 c^2 + eU) eU}} =$$

= 1,4 пм.

32.8. $\lambda = \sqrt{\lambda_c \lambda_0/2} = 11$ пм, бу ерда λ_c — Комптон тўлқини узунлиги.

$$32.9. E_k = \frac{e^2 U^2}{2m_p c^2} = 0,14 \text{ аЖ.}$$

$$32.10. v = \frac{\hbar}{m\lambda} = \frac{k\hbar}{2dm \sin \varphi} = 2 \text{ Мм/с.}$$

$$32.11. U = \frac{\pi^2 \hbar^2 k^2}{2me d^2 \sin^2 \varphi} = 3,77 \text{ кВ.}$$

$$32.12. \Delta x \geq \frac{\hbar}{2m \Delta v}; \Delta x \geq 5,8 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$32.13. \Delta x \geq \frac{h}{2\sqrt{3mkT}}; \Delta x \geq$$

$$\geq 8,2 \cdot 10^{-13} \text{ м.}$$

$$32.14. \Delta v \geq \frac{\hbar}{2m \Delta x}; \Delta v \geq 0,6 \cdot 10^6 \text{ м/с;}$$

$$\frac{\Delta v}{v_1} \geq 0,45.$$

$$32.15. \lambda = \frac{2\pi\hbar}{p} \approx 4\pi \Delta x; \lambda =$$

$$= 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

$$32.16. \Delta E \geq \frac{h}{2\Delta t}; \Delta E \geq 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ эВ.}$$

$$32.17. p = \sqrt{2m \langle E_k \rangle} \text{ ва } \Delta p_x \approx p_x$$

$$\text{ифодалардан фойдалансак; } \langle E_k \rangle \geq$$

$$\frac{\hbar^2}{8m \Delta x^2}; \langle E_k \rangle \geq 1 \text{ эВ.}$$

$$32.20. x < 0 \text{ ва } x > a \text{ да } \psi(0) = 0;$$

$$\psi(a) = 0.$$

$$E_n = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m} = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} n^2, \text{ бу ерда}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots; n = 1 \text{ да } E_1 =$$

$$= 380 \text{ эВ.}$$

$$32.21. \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{3\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}.$$

$$32.22. E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} n^2, n = 1, 2, 3, \dots;$$

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right).$$

$$32.23. 0 \leq x \leq a \text{ бўлганда } \frac{d^2\psi_1}{dx^2} +$$

$$+ k^2 \psi_1 = 0 \left(k^2 = \frac{2m_0 E}{\hbar^2}\right); x > 0 \text{ ҳол-}$$

$$\text{да } \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} - d^2 \psi_2 = 0 \left(d^2 = \frac{2m_0(U-E)}{\hbar^2}\right).$$

$$\text{Ечимлар: } \psi_1(x) = A \sin kx \text{ ва } \psi_2(x) =$$

$$= B e^{-dx}. x = a \text{ нуқтада: } A \sin ka =$$

$$= B e^{-da}; Ak \cos ka = -B e^{-da}. \text{ У}$$

$$\text{ҳолда } \operatorname{tg} ka = -\frac{k}{d}, \text{ ёки } \sin ka = \pm$$

$$\pm \sqrt{\frac{\hbar^2}{2m_0 a^2 U_0}} ka.$$

$$32.24. U(x) = \begin{cases} 0; & (0 \leq x \leq a_1 \text{ да}) \\ U_0; & (a_1 \leq x \leq a_2 \text{ да}) \\ \infty; & (x = 0 \text{ ва } x = a_2 \text{ да}) \end{cases}$$

$$x < 0 \text{ ва } x > a_2 \text{ бўлганда } \psi_x = 0;$$

$$x = 0 \text{ ва } x = a_2 \text{ нуқталарда } \psi(0) = 0$$

$$\text{ва } \psi(a_2) = 0.$$

$$0 \leq x \leq a_1 \text{ бўлганда } \psi_1'' = -k^2 \psi.$$

$$a_1 \leq x \leq a_2 \text{ бўлганда эса } \psi_2'' = -$$

$$- \kappa^2 \psi_2, \text{ бу ерда } k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} \text{ ва } \kappa^2 =$$

$$= \frac{2m(E - U_0)}{\hbar^2}.$$

Ечимни $\psi = e^{\alpha x}$ кўринишда ахтарамиз.

$$\psi_1(x) = A_1 e^{ikx} + B_1 e^{-ikx} \text{ ва}$$

$$\psi_2(x) = A_2 e^{i\kappa x} + B_2 e^{-i\kappa x}.$$

$B_1 = -A_1$ ва $B_2 = -A_2$ эканлиги са-

$$\text{бабли: } A_1 (e^{ika_1} - e^{-ika_1}) = A_2 (e^{i\kappa a_1} -$$

$$- e^{-i\kappa a_1});$$

$$kA_1 (e^{ika_1} + e^{-ika_1}) + \kappa A_2 (e^{i\kappa a_1} +$$

$$+ e^{-i\kappa a_1}),$$

$$\text{бундан } \frac{1}{k} \operatorname{tg} ka_1 = \frac{1}{\kappa} \operatorname{tg} \kappa a_1. \text{ Қидири-}$$

$$\text{лаётган тенглама мана шу.}$$

$$\sqrt{1 - \frac{2mU_0}{k^2 \hbar^2}} \operatorname{tg} ka_1 =$$

$$= \operatorname{tg} \left(a_1 \sqrt{k^2 - \frac{2mU_0}{\hbar^2}} \right).$$

$$32.25. R = \left(\frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2} \right)^2, \text{ бу ерда } K_1 =$$

$$\frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}; K_2 = \frac{\sqrt{2m(E-U)}}{\hbar}.$$

$$\text{У ҳолда } R = \left(\frac{\sqrt{E} - \sqrt{E-U}}{\sqrt{E} + \sqrt{E-U}} \right) =$$

$$= 0,005; D = 1 - R = 0,995.$$

$$32.26. 843 \text{ пм.}$$

$$32.27. 154 \text{ пм.}$$

$$32.28. \text{Co, Ni.}$$

$$32.29. \Delta\lambda = 92 \text{ пм.}$$

32.30. K_α чизиқ туташ спектр чегараси-

дан ташқарида бўлмагандагина, яъни

$$\lambda_\alpha > \hbar c / eU \text{ ҳолдагина намоён бўлади.}$$

$$\text{Бундан } U > \frac{\hbar c}{e\lambda_\alpha} \text{ ёки } U >$$

$$> \frac{3\hbar c R}{4e} (Z - \sigma)^2, U > 17,2 \text{ кВ.}$$

$$33.1. \frac{mv_k^2}{r_k} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_k^2} \text{ га асосан:}$$

$$v_k^2 = \frac{e^2}{4\pi m r_k \epsilon_0}$$

У ҳолда $v_k = \frac{e^2}{2k \epsilon_0 \hbar}$ ёки $v_k =$

$$= \frac{2,188}{k} \text{ Мм/с. } k = 1 \text{ бўлганда } v_1 =$$

$$= 2,19 \text{ Мм/с, } \hbar = 2 \text{ бўлганда } v_2 =$$

$$= 1,09 \text{ Мм/с.}$$

33.2. 670 пм.

33.3. $r_k = \frac{\epsilon_0 \hbar^2 k^2}{\pi m e^2}$ ёки $r_k = k^2 \cdot 53,1 \text{ пм}$

(33.1-масала ечимига қаранг). $k = 1$ бўлганда $r_1 = 53,1 \text{ пм}$, $k = 2$ бўлганда $r_2 \approx 212,4 \text{ пм}$.

33.4. v_k ни (33.1-масала ечимига қаранг) (r_k ни (33.3-масала ечимига қаранг)) билган ҳолда a_k ни топамиз:

$$a_k = \frac{v_k^2}{r_k} = \frac{\pi m e^6}{4 \epsilon_0^3 k^4 \hbar^4} \text{ ёки } a_k \approx$$

$$\approx \frac{9,02 \cdot 10^{22}}{k^4} \text{ м/с}^2. \quad k = 1 \text{ бўлганда}$$

$$a_1 = 9,02 \cdot 10^{22} \text{ м/с}^2, \quad k = 2 \text{ бўлганда}$$

$$a_2 = 0,56 \cdot 10^{22} \text{ м/с}^2.$$

Электронларнинг бундай фавқулодда катта тезланиши натижасида кучли электромагнит нурланиши содир бўлади. Бунинг натижасида электронларнинг энергияси жуда тез камайиб, улар ядрога қулаб тушиши керак. Шундай қилиб, Резерфорд моделида атом нотурғун бўлиб чиқади, унинг яшаш вақти секундининг жуда кичик улушини ташкил қилади. Резерфорд моделининг камчиликларидан бири ҳам ана шундан иборат.

33.5. $k = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 \hbar v_k} = 3.$

33.6. $k = 181,7 \text{ нН}$ бўлганда 511 ГВ/м ; $k = 25,11 \text{ нН}$ бўлганда $31,9 \text{ ГВ/м}$.

33.7. $n = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 3 \frac{r_3}{r_1} =$

$$= \left(\frac{n}{k}\right)^2 = 9 \text{ марта.}$$

33.8. $h\nu - h\nu' = \frac{mv'^2}{2}$ ва $mv' +$

$$+ \frac{h\nu'}{c} = 0, \text{ бу ерда } \nu' \text{ — сочилган фо-}$$

тон частотаси, ν' — атомнинг фотон нурлантиргандан кейинги тезлиги. Бундан

$$h(\nu - \nu') = \frac{h^2}{2mc^2} \nu'^2, \quad \frac{\Delta\nu}{\nu'^2} = \frac{h}{2mc^2}$$

$$\text{ёки } \Delta\nu = \Delta\left(\frac{c}{\nu}\right) = c \Delta\left(\frac{1}{\nu}\right) = \frac{c\Delta\nu}{\nu^2} =$$

$$= \frac{h}{2mc} = 2 \text{ фм.}$$

33.9. $m_0 c^2 + \hbar\omega = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad \frac{\hbar\omega}{c} =$

$$= \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \text{ Бундан } v = c \frac{\hbar\omega}{m_0 c + \hbar\omega} =$$

$$= \frac{1}{m_0 c} \frac{\hbar\omega}{1 + \frac{\hbar\omega}{m_0 c^2}} \approx$$

$$\approx \frac{\hbar\omega}{m_0 c} \left(1 - \frac{\hbar\omega}{m_0 c^2}\right).$$

33.10. $r_n = \frac{\epsilon_0 \hbar^2 \lambda R k^2}{\pi m e (R\lambda - k^2)} = 475 \text{ пм.}$

33.11. $E = E_k - E_p =$

$$= \frac{m c^2}{8 \epsilon_0^2 \hbar^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) = 10,2 \text{ эВ.}$$

33.12. $E = E_k + E_p. \quad E_p = \int_{\infty}^{r_k} F \cdot dr =$

$$= \frac{e^2}{4 \pi \epsilon_0} \int_{\infty}^{r_k} \frac{dr}{r^2} = - \frac{e^2}{4 \pi \epsilon_0 r_k} = -$$

$$- \frac{m e^4}{4 k^2 \epsilon_0^2 \hbar^2}, \text{ ёки } E_p = \frac{27,1 \text{ эВ}}{k^2}; \quad E_k =$$

$$= \frac{m v_k^2}{2} = \frac{m e^4}{8 k^2 \epsilon_0 \hbar^2}, \text{ ёки } E_k =$$

$$= \frac{13,6 \text{ эВ}}{k^2}. \text{ У ҳолда } E = E_k + E_p =$$

$$= \frac{m e^4}{8 k^2 \epsilon_0 \hbar^2} \text{ ёки } E = - \frac{13,5 \text{ эВ}}{k^2}.$$

33.13. $m v_k r_k = k \frac{h}{2\pi}$, бундан $2\pi r_k =$

$$= k \frac{h}{m v_k} = k \lambda.$$

$$\lambda_1 = 332 \text{ пм ва } \lambda_2 = 996 \text{ пм; } 2\pi r_1 =$$

$= 332 \text{ пм} = \lambda_1$ ва $2\pi r_2 = 996 \text{ пм}$
(33.1-ва 33.2-масалаларнинг ечимларига қаранг). Бундан кўринадики, электроннинг турғун орбиталарига бутун сонли де Бройль тўлқинлари жойлашар экан. Атомнинг квантомеханик моделида Бор орбиталари ўрнига фазо-

вий турғун тўлқинлар тушунчаси киритилади. Бу тўлқинларнинг ҳар бирига муайян энергия ва частота тўғри келади. Бир орбитадан иккинчи орбитага ўтиш ўрнига электрон бир ҳолатдан (муайян фазовий турғун тўлқин билан характерланадиган) иккинчи ҳолатга ўтади.

33.14. 121,2 — 90,9 нм.

33.15. 2,2 аЖ.

33.16. 654,5 нм; 484,8 нм; 432,9 нм.

33.17. 1,002 мкм.

33.18. $1,095 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$.

33.19. Лайман ва Бальмер серияларига k нинг мос равишда 1 ва 2 қийматлари тўғри келади. Ҳар бир сериядаги энг катта тўлқин узунлиги $n = k + 1$ сонга мос келади. Шунинг учун

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left[\frac{1}{k_1^2} - \frac{1}{(k_1 + 1)^2} \right];$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left[\frac{1}{k_2^2} - \frac{1}{(k_2 + 1)^2} \right].$$

$$\text{Бундан } \lambda_2 = \lambda_1 \frac{1/k_1^2 - 1/(k_1 + 1)^2}{1/k_2^2 - 1/(k_2 + 1)^2} =$$

$$= 656,6 \text{ нм.}$$

33.20. $\lambda = hc/\Delta E^2 = 656,6 \text{ нм.}$

33.21. $A = hRc/k^2 = 5,47 \cdot 10^{-19} \text{ Ж} = 3,42 \text{ эВ.}$

33.22. $\lambda_{1,2} = 121,6 \text{ нм; } \lambda_{1,3} = 102,6 \text{ нм; } \lambda_{2,3} = 656,3 \text{ нм.}$

33.23. $-\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2} \leq -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} +$

$+E$. Бундан $n \leq$

$$\leq \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{8\epsilon_0^2 h^2 E}{me^4}}};$$

$n = 5$. $\lambda = \frac{1}{R(1/k^2 - 1/n^2)}$ бўлганидан,

$\lambda_{2,3} = 656,3 \text{ нм; } \lambda_{2,4} = 484,8 \text{ нм;}$

$\lambda_{2,5} = 434,0 \text{ нм.}$

33.24. $n \leq \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{8\epsilon_0^2 h^2 c}{me^4 \lambda}}};$

$n = 3$; $\lambda_{1,2} = 121,6 \text{ нм; } \lambda_{1,3} = 102,6 \text{ нм; } \lambda_{2,3} = 656,3 \text{ нм.}$

34.1. $j = \frac{I}{S} = nev_d$, бундан $v_d =$

$$= \frac{I}{neS} = 0,3 \text{ нА/см}^2.$$

34.2. $v_d = bE = \frac{1}{\text{пер}} E = 0,68 \text{ м/с.}$

34.3. $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$, бу ерда $n = \frac{N_A \rho_1}{M}$.

У ҳолда $\tau = \frac{mM}{N_A \rho \rho_1 e^2} = 0,26 \cdot 10^{-13} \text{ с.}$

34.4. $4,3 \cdot 10^{-15} \text{ с; } 6,7 \cdot 10^{-9} \text{ м;}$

$7,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с}).$

34.5. $\rho_p = \frac{1}{n_p e b_p} = 0,12 \text{ Ом} \cdot \text{м;}$

$\rho_n = \frac{1}{n_n e b_n} = 0,05 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$

34.6. $n = 1/[\rho e (b_n + b_p)] = 2,37 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}.$

34.7. $\lambda = hc/\Delta E = 2,07 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

34.8. $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\exp(-\Delta E/kT_2)}{\exp(-\Delta E/kT_1)} =$

$$= \exp\left[\frac{\Delta E (T_2 - T_1)}{kT_1 T_2}\right] = 17,5 \text{ марта.}$$

34.9. $2,37 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}.$

34.10. $n_n \approx n_g \sim T^{3/2} \exp(-\Delta E/2kT).$

У ҳолда $\frac{n'_n}{n_n} = \frac{n'_g}{n_g} =$

$$= \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{3/2} \exp\left[\frac{\Delta E}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] = 3,67 \text{ марта.}$$

34.11. Германий учун сурьма донор, индий эса акцептор бўлади. У ҳолда $\sigma = n_n e b_n + n_p e b_p = 350 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}.$

34.12. $kT \gg \hbar\omega$, $e^{\hbar\omega/kT} \approx 1 + \hbar\omega/kT$. У ҳолда $C \approx 3R$.

34.13. $kT \ll \hbar\omega$, $\exp(\hbar\omega/kT) \gg 1$. У ҳолда $C = 3R (\theta_D/T)_1 \cdot \exp(\theta_D/T)$.

34.14. $C = 0,92 \cdot 3R$.

34.15. 3 кЖ/моль.

34.16. $\frac{C_1}{C_2} = \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{\theta'_D}{\theta_D}\right) = 1,4 \text{ марта}$

34.17. $T \gg \theta_D$ бўлганда $\hbar\omega/kT \gg 1$, $e^{\hbar\omega/kT} \approx 1 + \hbar\omega/kT$. У ҳолда $U = U_0 + 3RT$ ва $C = 3R$.

34.18. $T \ll \theta_D$ бўлганда $x_m =$

$$= \hbar\omega/kT \approx \infty \text{ ва } \int_0^\infty \frac{e^x x^4 dx}{(e^x - 1)^2} = \frac{4}{15} \pi^6.$$

У ҳолда $C = \frac{12 \pi^4}{5} R \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3$.

34.19. $C = \frac{12 \pi^4}{5} R \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 =$

$= 21,3 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}).$

34.20. $\theta_E = \frac{\hbar \omega}{k} = \frac{\hbar v}{k}$, бу ерда $v =$

$= \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ (v — атомнинг

хусусий тебранишлар частотаси, m — атомнинг массаси).

У ҳолда $k_1 = \frac{4\pi^2 m k^2 \theta_E^2}{\hbar^2} = 180 \text{ кг}/\text{с}^2$.

34.21. $E - b = 0,1 \text{ эВ}$ бўлганда $f(E) = 1,79 \cdot 10^{-2}$.

34.22. $E = b$ бўлганда $f(E) = 0,5$.

34.23. $E_F = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{3\pi^2 N_A \rho}{M} \right)^{2/3} =$

$= 2,05 \text{ эВ}.$

34.24. $N_\alpha = nV = \frac{E_F^{3/2} (2m)^{3/2} V}{3\pi^2 \hbar^3}$ ва

$N_\alpha = \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho_1 V}{M} N_A.$

У ҳолда $\frac{N_\alpha}{N_\alpha} = \frac{E_F^{3/2} (2m)^{3/2} M}{3\pi^2 \hbar^2 \rho_1 N_A} = 1.$

34.25. $\langle E \rangle = \frac{3\hbar^2}{10m} (3\pi^2 n)^{2/3} =$

$= 0,14 \text{ эВ}.$

34.26. $v_{\max} = \sqrt{2E_F/m} = 1,33 \text{ Мм}/\text{с}.$

34.27. $\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3}{5}} v_{\max} =$

$= 1,03 \text{ Мм}/\text{с}.$

34.28. $\frac{mv_p^2}{2} = E_F$ формуладан: $v_p =$

$= \sqrt{\frac{\hbar^2 (3\pi^2 n)^{2/3}}{m}} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ м}/\text{с}.$

34.29. $T = 2 \text{ К}$ бўлганда $C_V = 42 \text{ Ж}/(\text{К} \cdot \text{м}^3)$, $T = 1000 \text{ К}$ бўлганда эса $C_V = 21 \text{ кЖ}/(\text{К} \cdot \text{м}^3)$.

34.30. $n = \frac{N_A}{V} = \frac{N_A}{A} \rho_1;$

$C_V = \frac{\pi^2 k^2 N_A}{2E_F A} \rho_1 T = 13,7 \text{ кЖ}/(\text{К} \cdot \text{м}^3).$

35.1. 1) 6 та протон ва 4 та нейтрон, 2) 6 та протон ва 5 та нейтрон 3) 6 та протон ва 6 та нейтрон, 4) 6 та протон ва 7 та нейтрон, 5) 6 та протон ва 8 та нейтрон, 6) 6 та протон ва 9 та нейтрон

35.2. 6,2 марта.

35.3. $\rho = \frac{A \cdot m_p}{V} = 2,62 \cdot 10^{17} \text{ кг}/\text{м}^3.$

35.4. $R = R_K \sqrt{\rho_K / \rho_\alpha} = 12,2 \text{ км}$

35.3 - масалага қаранг).

35.5. 76,3 МэВ

35.6. 2,01650 м. а. б.; 2,01414 м. а. б.

35.7. 8,5 МэВ; 7,7 МэВ. ${}^3_1\text{H}$ ядроси

${}^3_2\text{He}$ ядросидан турғунроқ.

35.8. 1786 МэВ; 1799 МэВ; ${}^{235}_{92}\text{U}$ яд-

росидаги нуклонларнинг солиштирма

боғланиш энергияси 7,60 МэВ, ${}^{238}_{92}\text{U}$ яд-

росида эса 7,56 МэВ. Шунинг учун

${}^{235}_{92}\text{U}$ ядроси ${}^{238}_{92}\text{U}$ ядросига қараганда

турғунроқ.

35.9. 6,47 МэВ.

35.10. 1,12 МэВ; 8,80 МэВ; 8,43 МэВ; 5,56 МэВ.

35.11. 707 та атом.

35.12. $1,66 \cdot 10^9 \text{ сутка}^{-1}$.

35.13. $1,4 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}$; 0,74.

35.14. $t = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{1}{1 - \Delta n} =$

$= 276 \text{ сутка}.$

35.15. 2 суткада.

35.16. $T = \frac{N_0 \Delta t \ln 2}{A \cdot \Delta N} = 5,02 \text{ сут}$

35.17. $\Delta N = \frac{\pi N_A \ln 2}{AT} \Delta t = 1,68 \cdot 10$

парчаланиш/с;

$N = m \frac{N_A}{A} \exp(-\lambda t) = 1,19 \cdot 10^{22}$ та

атом.

35.18. $\Delta N = \frac{\pi N_A \Delta t \ln 2}{AT} =$

$= 410 \text{ заррача}/\text{с}.$

35.19. 1 соат ичида $E = 70,6 \text{ ТэВ} =$

$= 11,3 \text{ Ж}$ энергия ажралади. Калори-

метр ҳароратининг кўтарилиши $\Delta T = \frac{E}{C} = 2,7 \text{ К}.$

35.20. $\Delta N = \frac{N \ln 2}{T} \Delta t =$

$$= \frac{m N_A \Delta t \ln 2}{AT} = 1,24 \cdot 10^7 \text{ парчала-}$$

$$\text{ниш/с. } a = \frac{1,24 \cdot 10^7}{3,7 \cdot 10^{10}} = 0,34 \text{ мКи.}$$

$$35.21. \Delta N = \frac{\ln 2}{T} N \Delta t, \Delta N = n \frac{4\pi r^2}{S}$$

$$\text{ва } \frac{m}{N} = \frac{A_0}{N_A} \text{ ифодалардан фойдалан-}$$

$$\text{сак: } n = m N_A S \Delta t \ln 2 / (4\pi r^2 AT) = 94.$$

$$35.22. 6,4 \cdot 10^{-13} \text{ кг.}$$

$$35.23. V = V_1 \frac{a_0}{a} \exp\left(-\frac{\ln 2}{T} t\right) =$$

$$= 6000 \text{ см}^3.$$

$$35.24. M_K = \frac{A_K M_{\text{тор}}}{A_{\text{тор}}} \left[1 - \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{y \text{ тор}}}\right) \right] = 810 \text{ г.}$$

$$\left(-\frac{\ln 2}{T_{y \text{ тор}}}\right) = 810 \text{ г.}$$

$$35.25. 6; 4.$$

$$35.26. 8; 6.$$

$$35.27. \text{Позитрон } e^+.$$

$$35.28. {}^{226}_{88}\text{Ra.}$$

$$35.29. {}^{239}_{92}\text{U.}$$

$$35.30. {}^{206}_{82}\text{Pb.}$$

$$35.31. E = N \frac{mv}{2} \left(1 + \frac{m_a}{A}\right) t = 103 \text{ Ж.}$$

$$35.32. {}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ({}^{18}_9\text{F}) \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H.}$$

$$1,20 \text{ МэВ энергия ютилади.}$$

$$35.33. 1,56 \text{ МэВ.}$$

$$35.34. {}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow ({}^{11}_5\text{B}) \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n};$$

$$4,36 \text{ МэВ}$$

$$35.35. 17,9 \text{ МэВ.}$$

$$35.36. {}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}; 18,14 \text{ МэВ.}$$

$$35.37. 9,2 \text{ МэВ.}$$

$$35.38. 1,56 \text{ МэВ}; 7,28 \text{ МэВ.}$$

$$35.39. 0,78 \text{ МэВ.}$$

$$35.40. 17,6 \text{ МэВ}; 4,0 \text{ МэВ}; 4,8 \text{ МэВ};$$

$$5,02 \text{ МэВ.}$$

$$35.41. {}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^1_0\text{n};$$

$${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ({}^{31}_{15}\text{P}) \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n};$$

$${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ({}^{28}_{14}\text{Si}) \rightarrow {}^{27}_{14}\text{Si} + {}^1_0\text{n};$$

$$35.42. {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}; 2,79 \text{ МэВ.}$$

$$35.43. 0,25.$$

$$35.44. {}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}; {}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow$$

$$\rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_1\text{e}; 1,08 \text{ МэВ.}$$

$$35.45. 234,04643 \text{ м.а.б.}$$

$$35.46. \text{Битта гелий ядроси ҳосил бўли-}$$

$$\text{шида ажраладиган энергия } 27,3 \text{ МэВ га}$$

тенг. 1 кг массали гелийда $\frac{N_A}{A} =$
 $= 1,506 \cdot 10^{23}$ та атом бор. Бинобарин,
 1 г массали гелий ҳосил бўлишида
 $41,1 \cdot 10^{23} \text{ МэВ} = 658 \text{ ГЖ}$ энергия аж-
 ралади.

$$35.47. 5,13 \cdot 10^{-3} \text{ МэВ} = 82 \text{ ГЖ.}$$

$$35.48. 5,13 \cdot 10^{32} \text{ эВ}; 2,8 \cdot 10^6 \text{ кг};$$

$$1,68 \cdot 10^9 \text{ кг.}$$

$$35.49. 1,54 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

$$35.50. {}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{95}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n.}$$

$$35.51. 9,8 \text{ МэВ.}$$

$$35.52. 30 \text{ г.}$$

$$35.53. 44 \text{ г.}$$

$$35.54. 15 \text{ МВт.}$$

$$35.55. 72 \text{ г.}$$

$$36.1. 0,4 \text{ ГэВ ва } 9 \text{ ГэВ.}$$

36.2. Фотон ўз энергиясини электрон-
 га берган бўлсин. У ҳолда $h\nu + m_0c^2 =$
 $= \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4}$. Бундан $p_0 = \frac{h\nu}{c}$

$\sqrt{1 + \frac{2m_0c^2}{h\nu}} = p_0 \sqrt{1 + \frac{2m_0c^2}{h\nu}} >$
 $> p_0$, бу эса импульснинг сақланиш
 қонунига зид.

36.3. $E^2 - p^2c^2 = E'^2 - p'^2c^2$. Тўқнаш-
 гунга қадар $E = E_1 + E_2 = E_k + E_0 +$
 $+ E_0 = E_k + 2E_0$, $p = p_1$, $p_2 = 0$.
 Тўқнашгандан кейин $E' = E_0$, $p' = 0$.

$p_1 = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_0 + E_k)E_k}$ эканлигидан
 фойдаланиб (7,19 - масала ечимига қа-
 ранг), $(3E_0)^2 - 3E_0^2 = m_0^2c^4$ ни ҳосил
 қиламиз. Бундан $m_0 = \sqrt{6} m_0$.

$$36.4. 2,76 \text{ МэВ.}$$

36.5. $(E + m_1c^2)^2 - p^2c^2 = (m_1 + 2m)^2c^4$,
 бу ерда $p = E/c$ (ўзаро таъсирлашган-
 дан сўнг натижавий заррачалар реакция
 бўсағасида тишч бўлади). $m_1 = 0$
 бўлганда тенглик бажарилмайди.

36.6. $p = 2 \frac{E}{c} \cos \frac{\varphi}{2}$ ва $E_k + 2mc^2 =$
 $= 2E$, бу ерда p — позитрон импульси,
 m — унинг массаси, E — фотон энергия-
 си, $p_1 = p_2 = \frac{E}{c}$ — фотон импульси.

Позитрон учун $(E_k + mc^2)^2 - p^2c^2 = m^2c^4$.
 У ҳолда $\cos \frac{\varphi}{2} = 1 / \sqrt{1 + 2mc^2/E_k} =$
 $= 0,651$; $\varphi = 98^\circ 30'$.

$$36.7. 750 \text{ кэВ}; 1,65 \text{ пм.}$$

$$36.8. 4 \cdot 10^{-22} \text{ Н} \cdot \text{с.}$$

$$36.9. E_k = \frac{E - 2m_0c^2}{2} \text{ ва } E_k = mc^2 -$$

$$- m_0c^2 \text{ ифодалардан фойдалансак: } v = \\ = c \sqrt{1 - \frac{(2m_0c^2)^2}{E^2}} = 2,82 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

$$36.10. h\nu = 2m_0c^2 + E_{e-} + E_{e+}. \text{ У} \\ \text{ҳолда } E_{e-} + E_{e+} = h\nu - 2m_0c^2 = \\ = (3,02 - 1,02) \text{ МэВ} = 2,00 \text{ МэВ.}$$

$$36.11. m_0^2 c^4 = (E_1 + E_2)^2 - c^2 (p_1 + p_2)^2,$$

$$\text{бу ерда } p_1 = \frac{E_1}{c} \text{ ва } p_2 = \frac{E_2}{c}. \text{ У}$$

$$\text{ҳолда } m_0^2 c^4 = E_1^2 + 2E_1E_2 + E_2^2 - E_1^2 - \\ - 2p_1p_2c^2 - E_2^2 = 2E_1E_2(1 - \cos\Theta) \rightarrow$$

$$\rightarrow \sin \frac{\Theta}{2} = \frac{m_0c^2}{2\sqrt{E_1E_2}}.$$

$$36.12. 67,5 \text{ МэВ.}$$

$$36.13. 0,78 \text{ МэВ.}$$

$$36.14. \tau_0 = \frac{l}{v} \sqrt{1 - v^2/c^2} = 2,1 \text{ мкс.}$$

$$36.15. 32 \text{ нс; } 5,76 \text{ м.}$$

$$36.16. \langle l \rangle = c \langle \tau_0 \rangle \sqrt{\frac{\eta(\eta+2)}{(\eta+1)^2}} = \\ = 3,3 \text{ м.}$$

$$36.17. \tau_0 = lmc / \sqrt{E_k(E_k + m_0c^2)} = \\ = 1,45 \text{ нс.}$$

$$36.18. 249 \text{ М м/с.}$$

$$36.19. \text{ Агар } \frac{E}{m_0c^2} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 1 \\ \text{бўлса, у ҳолда } v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_0c^2}{E}\right)^2}$$

$$= 2,60 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

$$36.20. eU = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$$

$$\text{ифодадан фойдалансак; } v = 282 \text{ Мм/с.}$$

$$36.21. r \text{ радиусни } E_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} =$$

$$= \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{(eBr/m_0c)^2}{1 + (eBr/m_0c)^2}}} \text{ формуладан}$$

$$\text{топамиз. } \frac{v}{c} \text{ нисбат } p = m_0c \beta \sqrt{1 - \beta^2}$$

$$\text{ифодадан топилади. } (p = eBr \text{ ни } \frac{mv^2}{r} = \\ = eBv \text{ тенгликдан топамиз). } r = 10 \text{ см.}$$

$$36.22. B = mv/(qr). \text{ Заррача импульси } p = mv$$

$$\text{билан унинг кинетик энергияси } E_k \\ \text{ўзаро } p = \frac{1}{c} \sqrt{E_k(E_k + 2m_0c^2)} \text{ муно-} \\ \text{сабат орқали боғланган. У ҳолда } B = \\ = \frac{1}{cqr} \sqrt{E_k(E_k + 2m_0c^2)}, \text{ бу ерда}$$

$$E_k = \frac{1}{2} (h\nu - 2m_0c^2) = 2,50 \text{ МэВ.}$$

$$B = 0,28 \text{ Тл.}$$

$$36.23. 11,6 \text{ марта.}$$

$$36.24. A = enU \text{ ва } E_k = mc^2 - m_0c^2 \\ \text{ифодалардан фойдаланамиз; } n = \\ = \frac{mc^2 - m_0c^2}{2eU} = \frac{0,05 m_0c^2}{2eU} = 784 \text{ мар-}$$

$$\text{та айланади.}$$

$$36.25. \text{ Тўлқинлар } \lambda > 2d \text{ шарт бажарил-} \\ \text{ганда кристалл (графит) бўйлаб сочилмас-} \\ \text{дан тарқалади. Шунинг учун импульси}$$

$$p < \frac{h}{2d} \text{ бўлган секин ҳаракатланувчи}$$

$$\text{нейтронлар графит атомларида сочилмай,} \\ \text{стержень орқали ўтади. Тез ҳаракатла-} \\ \text{наётган (импульси } p \geq \frac{h}{2d} \text{ бўлган) ней-}$$

$$\text{тронлар эса сочилиб, стержендан таш-} \\ \text{қарига чиқади ва ютилади.}$$

1. Халқаро система (СИ) нинг асосий ва қўшимча бирликлари Илова

Катталик	Бирлик	
	ном	белгиси
<i>Асосий бирликлар</i>		
Узунлик	метр	м
Масса	килограмм	кг
Вақт	секунд	с
Электр токининг кучи	ампер	А
Термодинамик ҳарорат (температура)	кельвин	К
Модда миқдори	моль	моль
Ёруғлик кучи	кандела	кд
<i>Қўшимча бирликлар</i>		
Ясси бурчак	радиан	рад
Фазовий бурчак	стерадиан	ср

2. Қуёш, Ер ва ойга тааллуқли баъзи ўлчамлар

Ўлчамлар	Қуёш	Ер	Ой
Масса, кг	$1,97 \cdot 10^{30}$	$5,96 \cdot 10^{24}$	$7,33 \cdot 10^{22}$
Радиус, м	$6,95 \cdot 10^8$	$6,37 \cdot 10^3$	$1,74 \cdot 10^6$
Ўртача зичлиги, кг/м ³	1400	5518	3350
Ергача ўртача масофа, км	$1,496 \cdot 10^8$	—	384440

3. Зичликлар (кг/м³)

<i>Газлар (0°C ҳарорат ва нормал атмосфера босимида)</i>			
Водород	0,08988	Кислород	1,429
Ҳаво	1,293	Карбонат ангидрид	1,977
<i>Суюқликлар</i>			
Бензол	880	Керосин	800
Сув (+ 4°C)	1000	Қон	1050
Глицерин	1200	Симоб	13600
Олтин	17200	Кумуш	9300
Қанақунжут мойи	950	Спирт	790
<i>Қаттиқ жисмлар</i>			
Алюминий	2600	Қалай	7100
Темир	7900	Платина	21400
Олтин	19300	Пукак	200
Ош тузи	2200	Қурғошин	11300
Жез	8400	Кумуш	10500
Муз	900	Пулат	7700
Мис	8600	Шиша	2700
Никель	8800		

4. Сувнинг турли ҳароратлардаги зичлиги

Ҳарорат, °С	20	30	40	50	60	70	80
Зичлик, кг/м ³	998	996	992	988	983	978	972

5. Эластиклик модули (ГПа)

Алюминий	70	Мис	120
Ёғоч	10	Қўрғошин	17
Дюралюминий	75	Пўлат (темир)	210
Ғишт	10	Чўян	100
Жез	90	Каучук	0,008

6. Товуш тезлиги (м/с)

Алюминий	5100	Темир	5300
Суз	1450	Ғишт	3650
Ҳаво (0°С)	332		

7. Кенгайиш коэффициентлари (К⁻¹)

<i>Чизиқли кенгайиш (узайиш)</i>			
Алюминий	$2,4 \cdot 10^{-5}$	Мис	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Темир (пўлат)	$1,2 \cdot 10^{-5}$	Шиша	$1 \cdot 10^{-5}$
Жез	$1,9 \cdot 10^{-5}$	Рух	$2,9 \cdot 10^{-5}$
<i>Ҳажмий кенгайиш</i>			
Сув (5 — 10°С)	0,000053	Сув (40 — 60°С)	0,000458
Сув (10 — 20°С)	0,000150	Сув (60 — 80°С)	0,000587
Сув (20 — 40°С)	0,000302	Симоб (18°С)	0,00019

8. Солиштирма иссиқлик сифими

<i>Қаттиқ jismlar va suyuqliklar</i>			
Модда	Солиштирма иссиқлик сифими (Ж/(кг·К))	Модда	Солиштирма иссиқлик сифими (Ж/(кг·К))
Алюминий	896	Муз	2100
Бензин (50°С)	2095	Трансформатор мойи (20°С)	1800
Висмут	130	Мис	395
Сув (20°С)	4190	Симоб	138
Вольфрам	195	Қўрғошин	131
Темир (пўлат)	460	Спирт	2510
Жез	386		

Газлар ва буглар

Модда	C_p	C_v	$\gamma = C_p / C_v$
Аммиак (NH_3)	2120	1630	1,31
Аргон (Ar)	532	320	1,66
Ҳаво	1020	729	1,40
Гелий (He)	5240	3140	1,66
Кислород (O_2)	913	649	1,40
Метан (CH_4)	2373	1854	1,28
Сув буғи (H_2O)	1820	1380	1,32
Карбонат ангидрид (CO_2)	848	654	1,30

9. Молекулалар ва атомларнинг диаметрлари (нм)

Азот (N_2)	0,31	Кислород (O_2)	0,29
Аргон (Ar)	0,29	Углерод оксид (CO)	0,32
Водород (H_2)	0,23	Карбонат ангидрид (CO_2)	0,33
Сув буғи (H_2O)	0,26	Хлор (Cl_2)	0,37
Гелий (He)	0,19		

10. Суюқлик, газ ва бугларнинг қовушоқлиги

Модда	Ҳарорат, °C	Қовушоқлик, мкПа.с	Модда	Ҳарорат, °C	Қовушоқлик, мкПа.с
Азот	0	16,7	Сув буғи	0	8,7
Сув	20	1004	Карбонат ангидрид	0	13,7
Ҳаво	21,6	18,4	Кислород	0	19,9
Гелий	0	18,6	Хлор	0	12,9

11. Ван - дер - Ваальс доимийлари

Модда	$a, \frac{Ж \cdot м^3}{моль^2}$	$b, 10^{-5} \frac{м^3}{моль}$	Модда	$a, \frac{Ж \cdot м^3}{моль^2}$	$b, 10^{-5} \frac{м^3}{моль}$
Азот	0,136	4	Кислород	0,137	3
Аргон	0,132	3	Карбонат ангидрид	0,364	4,3
Сув	0,554	3			

12. Ҳарорат ва босимнинг критик қийматлари

Модда	T_k, K	P_k, MPa	Модда	T_k, K	P_k, MPa
Азот	126	3,4	Сув буғи	647	22,0
Аргон	151	4,87	Гелий	5,2	0,23
Бензол	562	4,8	Кислород	154	5,07
Водород	33	1,3	Карбонат ангидрид	304	7,4

13. Суюқликларнинг 20°C ҳароратдаги сирт тарангликлари

Модда	Сирт таранглик, мН/м	Модда	Сирт таранглик, мН/м
Ашилин	43	Қанақунжут мойи	33
Бензол	30	Керосин	30
Сув	73	Совунли сув	45
Сув (70°C)	64	Симоб	500
Глицерин	64	Кумуш (эриш т. 960°C)	780
Олтин (эриш т. 1070°C)	610	Спирт	22

14. Моддаларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги

Модда	Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/(м·К)	Модда	Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/(м·К)
Алюминий	205	Мис	390
Аргон	0,16	Қозон қуйқуми	2,3
Асбест	0,14	Пукак	0,035
Висмут	10	Қурум	0,25
Сув	0,58	Қўрғошин	34,8
Ҳаво	0,026	Смсла	0,52
Ёғоч (толага кўнда-ланг)	0,17	Шиша	0,71
Темир (пўлат)	62	Эбонит	0,16
Ғиштли девор	0,84		

15. Тўйинган сув буғининг босими ва зичлиги

t, °C	p, Па	ρ, г/м³	t, °C	p, Па	ρ, г/м³
-30	37,3	0,33	12	1402,3	10,7
-29	41,3	0,37	13	1519,6	11,4
-28	46,7	0,41	14	1598,3	12,1
-27	50,7	0,46	15	1704,9	12,8
-26	57,3	0,51	16	1816,9	13,6
-25	62,7	0,55	17	1936,8	14,5
-24	69,3	0,66	18	2063,5	15,4
-23	77,3	0,68	19	2196,8	16,3
-22	85,3	0,73	20	2338,1	17,3
-21	93,3	0,80	21	2486,0	18,3
-20	102,6	0,85	22	2643,3	19,4
-19	113,3	0,96	23	2808,6	20,6
-18	125,3	1,05	24	2983,3	21,8
-17	137,3	1,15	25	3167,2	23,0
-16	150,6	1,27	26	3360,5	24,4
-15	165,3	1,38	27	3567,1	25,8
-14	181,3	1,51	28	3779,1	27,2
-13	198,6	1,65	29	4004,3	28,7
-12	217,3	1,80	30	4241,6	30,3
-11	237,3	1,96	31	4603,2	31,9
-10	259,9	2,14	32	4753,6	33,9
-9	283,9	2,33	33	5029,4	35,7
-8	337,2	2,54	34	5316,7	37,6
-7	351,9	2,76	35	5622,6	39,6

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{Па}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{Па}$	$\rho, \text{г/м}^3$
-6	367,9	2,99	36	5939,8	41,8
-5	401,2	3,24	37	6274,4	44,0
-4	437,2	3,51	38	6623,7	46,3
-3	457,9	3,81	39	6990,3	48,7
-2	517,2	4,13	40	7374,2	51,2
-1	562,5	4,47	45	9581,6	65,4
0	610,5	4,84	50	12330,3	83,0
1	656,1	5,22	55	15729,4	104,3
2	758,4	5,60	60	19915,0	130
3	797,3	5,98	65	24993,8	161
4	812,1	6,40	70	31152,2	198
5	871,1	6,84	75	38577,0	242
6	934,4	7,3	80	47334,8	293
7	1001,1	7,8	85	57793,9	354
8	1073,1	8,3	90	70089,1	424
9	1147,7	8,8	95	84498,9	505
10	1227,7	9,4	100	101303,0	598
11	1300,7	10,0			

16. Эриш ҳарорати ва солиштира эриш иссиқлиги

Модда	Эриш ҳарорати, $^\circ\text{C}$ (0,1 МПа да)	Солиштира эриш иссиқлиги, кЖ/кг	Модда	Эриш ҳарорати, $^\circ\text{C}$ (0,1 МПа да)	Солиштира эриш иссиқлиги, кЖ/кг
Алюминий	660	387	Сямсб	-38,9	11,7
Темир	1535	272	Қурғошин	327	25
Муз	0	334	Кумуш	960	80
Мис	1083	174	Рух	420	118
Қалай	232	60			

17. Моддаларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги

Модда	ϵ	Модда	ϵ
Сув	81	Чинии	6
Керосин	2	Эбоит	2,6
Трансформатёр мойи	2,2	Парафин	2
Слюда	6	Парафин шимдирилган	
Шиша	5,5—10	қоғоз	3,7

18. Солиштира қаршилик ва қаршиликнинг ҳарорат (температура) коэффиценти (20°C да)

Ўтказгич	Солиштира қаршилик, нОм·м	Ҳарорат коэф-фициенти, К ⁻¹	Ўтказгич	Солиштира қаршилик, нОм·м	Ҳарорат коэф-фициенти, К ⁻¹
Алюминий	28	0,0038	Никелин	400	0,000017
Вольфрам	55	0,0051	Нихром	980	0,00026
Графит	8000		Симоб	958	0,0009
Темир	98	0,0062	Қўрғошин	211	0,0042
Константан	480	0,00002	Пўлат	120	0,006
Мис	17,2	0,0043	Кумир	40	-0,0008

19. Ионлар ҳаракатчанлиги

Сувдаги эритмалар (мм ² /(В·с))			
Н ⁺	0,326	ОН ⁻	0,18
Na ⁺	0,045	F ⁻	0,049
K ⁺	0,067	Cl ⁻	0,068
Ag ⁺	0,056	Br ⁻	0,07
NH ⁺	0,067	NO ₃ ⁻	0,064

Газлар (нормал шароитда) (см²/(В·с))

Модда	Мусбат ионлар	Манфий ионлар	Модда	Мусбат ионлар	Манфий ионлар
Азот	1,3	1,8	Кислород	1,3	1,8
Водород	5,4	7,4	Углерод оксид	1,0	1,1
Ҳаво	1,4	1,9	Хлор	0,6	0,5

20. Ионлантириш иши (эВ)

Азот	15,8	Кислород	13,56
Аргон	15,7	Натрий	5,12
Водород	15,4	Неон	21,48
Гелий	24,45	Қарбонат ангидрид	14,4

21. Электрохимиявий эквивалентлар (мг/Кл)

Алюминий (Al ³⁺)	0,093	Мис (Cu ²⁺)	0,329
Висмут (Bi ³⁺)	0,719	Никель (Ni ²⁺)	0,304
Темир (Fe ²⁺)	0,289	Никель (Ni ³⁺)	0,203
Темир (Fe ³⁺)	0,193	Кумуш (Ag ⁺)	1,118
Олтин (Au ⁺)	2,043	Хром (Cr ³⁺)	0,180
Олтин (Au ³⁺)	0,681	Рух (Zn ²⁺)	0,338
Мис (Cu ⁺)	0,660		

22. Синдириш кўрсаткичлари (оқ ёруғлик учун ўртача)

Олмос	2,42	Муз (-4°C)	1,31
Сув (20°C)	1,33	Скипидар (20°)	1,47
Кварц	1,54	Шиша	1,5

23. Электроннинг металллардан чиқиш иши (эВ)

Вольфрам	4,5	Никель	5,0
Темир	4,74	Платина	5,29
Олтин	4,68	Симоб	4,52
Калий	2,0	Рубидий	2,13
Литий	2,4	Кумуш	4,74
Магний	3,46	Тантал	4,07
Мис	4,47	Цезий	1,97
Молибден	4,2	Рух	4,0
Натрий	2,3		

24. Баъзи радиоактив моддаларнинг ярим парчаланиш даври

Висмут $^{210}_{83}\text{Bi}$	5,02 сутка	Радон $^{222}_{86}\text{Rn}$	3,82 сутка
Иридий $^{192}_{77}\text{Ir}$	75 сутка	Стронций $^{90}_{38}\text{Sr}$	28 йил
Кальций $^{45}_{20}\text{Ca}$	164 сутка	Торий $^{232}_{90}\text{Th}$	$1,38 \cdot 10^{11}$ йил
Натрий $^{24}_{11}\text{Na}$	15,3 соат	Уран $^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ йил
Полоний $^{210}_{84}\text{Po}$	138 сутка	Уран $^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ йил
Радий $^{226}_{88}\text{Ra}$	1600 йил		

25. Баъзи изотопларнинг массалари (м.а.б)

Изотоп	Масса	Изотоп	Масса
^1_1H	1,00783	$^{17}_8\text{O}$	16,99913
^2_1D	2,01410	$^{19}_9\text{F}$	18,99840
^3_1T	3,01605	$^{20}_{10}\text{Ne}$	19,99244
^3_2He	3,01603	$^{23}_{11}\text{Na}$	22,98977
^4_2He	4,00260	$^{24}_{11}\text{Na}$	23,99097
^6_3Li	6,01512	$^{27}_{13}\text{Al}$	26,98154
^7_3Li	7,01600	$^{28}_{13}\text{Al}$	27,9869
^7_4Be	7,01693	$^{28}_{14}\text{Si}$	27,9769
^8_4Be	8,00531	$^{30}_{14}\text{Si}$	29,97377
^9_4Be	9,01218	$^{31}_{15}\text{P}$	30,97376
$^{10}_5\text{B}$	10,01294	$^{56}_{26}\text{Fe}$	55,9349
$^{11}_5\text{B}$	11,00930	$^{59}_{27}\text{Co}$	58,93330
$^{12}_6\text{C}$	12,0	$^{60}_{29}\text{Ni}$	59,9308
$^{13}_7\text{N}$	13,00574	$^{131}_{54}\text{Xe}$	130,9051
$^{14}_7\text{N}$	14,00307	$^{235}_{92}\text{U}$	235,0493
$^{16}_8\text{O}$	15,99491	$^{238}_{92}\text{U}$	238,05353

26. Баъзи ўзгармас сонлар ва тақрибий формулалар

Ўзгармас сонлар	Тақрибий формулалар ($\alpha < 1$ да)
$\pi = 3,1416$ $\pi^2 = 9,8696$ $\sqrt{\pi} = 1,7725$ $e = 2,7183$ $\lg e = 0,4343$ $\ln 10 = 2,3026$	$(1 \pm \alpha)^n \approx 1 \pm n\alpha$ $e^\alpha \approx 1 + \alpha$ $\ln(1 + \alpha) \approx \alpha$ $\sin \alpha \approx \alpha$ $\cos \alpha \approx 1 - \alpha^2/2$ $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$

27. Ҳосилалар ва интеграллар жадвали

Функция	Ҳосила	Функция	Ҳосила	Функция	Ҳосила
x^n	$n \cdot x^{n-1}$	$\sin x$	$\cos x$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\cos x$	$-\sin x$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$	$\operatorname{tg} x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$\operatorname{arctg} x$	$\frac{1}{1+x^2}$
\sqrt{x}	$\frac{1}{2\sqrt{x}}$	$\operatorname{ctg} x$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$	$\operatorname{arccotg} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
e^x	e^x			$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$
e^{nx}	$n \cdot e^{nx}$	\sqrt{u}	$\frac{u'}{2\sqrt{u}}$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x$
a^x	$a^x \ln a$	$\ln u$	$\frac{u'}{u}$	$\operatorname{th} x$	$\frac{1}{\operatorname{ch}^2 x}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$\frac{u}{v}$	$\frac{vu' - v'u}{v^2}$	$\operatorname{cth} x$	$-\frac{1}{\operatorname{sh}^2 x}$

$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \quad (n \neq -1)$ $\int \frac{dx}{x} = \ln x$ $\int \sin x dx = -\cos x$ $\int \cos x dx = \sin x$ $\int \operatorname{tg} x dx = -\ln \cos x $ $\int \operatorname{ctg} x dx = \ln \sin x $ <p>Бўлаклаб интеграллаш:</p>	$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x$ $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x$ $\int e^x dx = e^x$ $\int \frac{dx}{1+x^2} = \operatorname{arctg} x$ $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x$ $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-1}} = \ln(x + \sqrt{x^2-1})$ $\int u \cdot dv = uv - \int v du.$
---	--

28. Күрсаткичли функциялар

x	e^x	e^{-x}	x	e^x	e^{-x}
0,00	1,0000	1,0000	2,00	7,3891	0,1353
0,05	1,0513	0,9512	2,05	7,7679	0,1287
0,10	1,1052	0,9048	2,10	8,1662	0,1225
0,15	1,1618	0,8607	2,15	8,5849	0,1165
0,20	1,2214	0,8187	2,20	9,0250	0,1108
0,25	1,2840	0,7788	2,25	9,4877	0,1054
0,30	1,3499	0,7408	2,30	9,9742	1,1003
0,35	1,4191	0,7047	2,35	10,486	0,09537
0,40	1,4918	0,6703	2,40	11,023	0,09072
0,45	1,5683	0,6376	2,45	11,588	0,08629
0,50	1,6487	0,6065	2,50	12,182	0,08208
0,55	1,7333	0,5770	2,55	12,807	0,07808
0,60	1,8221	0,5488	2,60	13,464	0,07427
0,65	1,9155	0,5221	2,65	14,154	0,07065
0,70	2,0138	0,4966	2,70	14,880	0,06721
0,75	2,1170	0,4724	2,75	15,643	0,06393
0,80	2,2255	0,4493	2,80	16,445	0,06081
0,85	2,3396	0,4274	2,85	17,288	0,05784
0,90	2,4596	0,4066	2,90	18,174	0,05502
0,95	2,5857	0,3867	2,95	19,106	0,05234
1,00	2,7183	0,3679	3,00	20,086	0,04979
1,05	2,8577	0,3499	3,05	21,115	0,04736
1,10	3,0042	0,3329	3,10	22,198	0,04505
1,15	3,1582	0,3166	3,15	23,336	0,04285
1,20	3,3201	0,3012	3,20	24,533	0,04076
1,25	3,4903	0,2865	3,25	25,790	0,03877
1,30	3,6693	0,2725	3,30	27,113	0,03688
1,35	3,8574	0,2592	3,35	28,503	0,03508
1,40	4,0552	0,2466	3,40	29,964	0,03337
1,45	4,2631	0,2346	3,45	31,500	0,03175
1,50	4,4817	0,2231	3,50	33,115	0,03020
1,55	4,7115	0,2123	3,55	34,813	0,02872
1,60	4,9530	0,2019	3,60	36,598	0,02732
1,65	5,2070	0,1921	3,65	38,475	0,02599
1,70	5,4739	0,1827	3,70	40,447	0,02472
1,75	5,7546	0,1738	3,75	42,521	0,02352
1,80	6,0496	0,1653	3,80	44,701	0,02237
1,85	6,3598	0,1572	3,85	46,993	0,02128
1,90	6,6859	0,1496	3,90	49,402	0,02024
1,95	7,0287	0,1423	3,95	51,935	0,01925
4,00	54,598	0,01832	6,0	403,43	0,00248
4,05	57,397	0,01742	6,1	445,86	0,00224
4,10	60,340	0,01657	6,2	492,75	0,00203
4,15	63,434	0,01576	6,3	544,57	0,00184
4,20	66,686	0,01500	6,4	601,85	0,00166
4,25	70,105	0,01426	6,5	665,14	0,001503
4,30	73,700	0,01357	6,6	735,10	0,001360
4,35	77,478	0,01291	6,7	812,41	0,001231
4,40	81,451	0,01228	6,8	897,85	0,001114
4,45	85,627	0,01168	6,9	992,27	0,001008
4,50	90,017	0,01111	7,0	1096,6	0,000912
4,55	94,632	0,01057	7,1	1212,2	0,000825
4,60	99,484	0,01005	7,2	1339,4	0,000747
4,65	104,58	0,00956	7,3	1480,5	0,000676

x	x^x	e^x	x	e^x	e^{-x}
4,70	109,95	0,00910	7,4	1636,0	0,000611
4,75	115,58	0,00865	7,5	1808,0	0,000553
4,80	121,51	0,00823	7,6	1998,2	0,000500
4,85	127,74	0,00783	7,7	2208,3	0,000453
4,90	134,29	0,00745	7,8	2440,6	0,000410
4,95	141,17	0,00708	7,9	2697,3	0,000371
5,00	148,41	0,00674	8,0	2981,0	0,000335
5,05	156,02	0,00641	8,1	3294,5	0,000304
5,10	164,02	0,00610	8,2	3641,0	0,000275
5,15	172,43	0,00580	8,3	4023,9	0,000249
5,20	181,27	0,00552	8,4	4447,1	0,000225
5,25	190,57	0,00525	8,5	4914,8	0,000203
5,30	200,34	0,00499	8,6	5431,7	0,000184
5,35	210,61	0,00475	8,7	6002,9	0,000167
5,40	221,41	0,00452	8,8	6634,2	0,000151
5,45	232,76	0,00430	8,9	7332,0	0,000136
5,50	244,69	0,00409	9,0	8103,1	0,000123
5,55	257,24	0,00389	9,1	8955,3	0,000112
5,60	270,43	0,00370	9,2	9897,1	0,000101
5,65	284,29	0,00352	9,3	10938	0,000091
5,70	298,87	0,00335	9,4	12088	0,000083
5,75	314,19	0,00318	9,5	13360	0,0000755
5,80	330,30	0,00303	9,6	14765	0,000068
5,85	347,23	0,00288	9,7	16318	0,000061
5,90	365,04	0,00274	9,8	18034	0,000055
5,95	833,75	0,00261	9,9	19930	0,000050
			10,0	22026	0,000045

Д.И.МЕНДЕЛЕЕВИНИНГ ХИМИЯВИЙ

ДАВРААР	КАТОРЛААР	Э Л Е М Е Н Т Л А Р					
		I	II	III	IV	V	
I	1	1 H ВОДОРОД 1.00797					
II	2	3 Li ЛИТИЙ 6.939	4 Be БЕРИЛЛИЙ 9.012	5 B БОР 10.811	6 C УГЛЕРОД 12.01115	7 N АЗОТ 14.007	
III	3	11 Na НАТРИЙ 22.990	12 Mg МАГНИЙ 24.312	13 Al АЛЮМИНИЙ 26.982	14 Si КРЕМНИЙ 28.086	15 P ФОСФОР 30.974	
IV	4	19 K КАЛИЙ 39.102	20 Ca КАЛЬЦИЙ 40.08	Sc 21 СКАНДИЙ 44.956	Ti 22 ТИТАН 47.90	V 23 ВАНАДИЙ 50.942	
	5	29 Cu МИС 63.546	30 Zn РУХ 65.37	31 Ga ГАЛЛИЙ 69.72	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72.59	33 As МИШЬЯК 74.922	
V	6	37 Rb РУБИДИЙ 85.47	38 Sr СТРОНЦИЙ 87.62	Y 39 ИТРИЙ 88.905	Zr 40 ЦИРКОНИЙ 91.22	Nb 41 НИОБИЙ 92.906	
	7	47 Ag КУМУШ 107.868	48 Cd КАДМИЙ 112.40	49 In ИНДИЙ 114.82	50 Sn КАЛАЙ 118.69	51 Sb СУРЬМА 121.75	
VI	8	55 Cs ЦЕЗИЙ 132.905	56 Ba БАРИЙ 137.34	La * 57 ЛАНТАН 138.91	Hf 72 ГАФНИЙ 178.49	Ta 73 ТАНТАЛ 180.948	
	9	79 Au ОЛТИН 196.967	80 Hg СИМОН 200.59	81 Tl ТАЛЛИЙ 204.37	82 Pb КУРПОШИН 207.19	83 Bi ВИСМУТ 208.980	
VII	10	87 Fr ФРАНЦИЙ [223]	88 Ra РАДИЙ [226]	Ac ** 89 АКТИНИЙ [227]	Ku 104 КУРЧАТОВИЙ [261]	Ns 105 НИЛЬСБОРИЙ [261]	
ЮҚОРИ ОКСИДАЛАР		RO_2	RO	RO_3	RO_2	RO_5	
ВОДОРОДЛИ УЧУВ ЧАН БИРИКМАЛАР					RH_4	RH_3	
* ЛАНТАНОИДАЛАР		Ce 58 церий 140.12	Pr 59 празеодим 140.907	Nd 60 неодим 144.24	Pm 61 прометий [145]	Sm 62 самарий 150.35	Eu 63 европий 151.96
** АКТИНОИДАЛАР		Th 90 торий 232.038	Pa 91 протактиний [231]	U 92 уран 238.03	Np 93 нептуний [237]	Pu 94 плутоний [242]	Am 95 амерций [243]

ЭЛЕМЕНТЛАР ДАВРИЙ СИСТЕМАСИ

ГРУППАЛАРИ

VI	VII	VIII		
	(H)			2 He ГЕЛИЙ 4.003
8 O КИСЛОРОД 15.9994	9 F ФТОР 18.998			10 Ne НЕОН 20.183
16 S ОЛТИНГУГУРТ 32.064	17 Cl ХЛОР 35.453			18 Ar АРГОН 39.948
24 Cr ХРОМ 51.996	25 Mn МАРГАНЕЦ 54.938	26 Fe ТЕМИР 55.847	27 Co КОБАЛЬТ 58.933	28 Ni НИКЕЛЬ 58.71
34 Se СЕЛЕН 78.96	35 Br БРОМ 79.904			36 Kr КРИПТОН 83.80
42 Mo МОЛИБДЕН 95.94	43 Tc ТЕХНЕЦИЙ [99]	44 Ru РУТЕНИЙ 101.07	45 Rh РОДИЙ 102.905	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106.4
52 Te ТЕЛЛУР 127.60	53 I ИОД 126.904			54 Xe КСЕНОН 131.30
74 W ВОЛЬФРАМ 183.85	75 Re РЕНИЙ 186.2	76 Os ОСМИЙ 190.2	77 Ir ИРИДИЙ 192.2	78 Pt ПЛАТИНА 195.09
84 Po ПОЛОНИЙ [209]	85 At АСТАТ [210]			86 Rn РАДОН [222]
RO ₃	RO ₂ ₇	RO ₂		
RH ₂	RH			

Gd ⁶⁴ гадолиний 157.25	Tb ⁶⁵ тербий 158.924	Dy ⁶⁶ диспрозий 162.50	Ho ⁶⁷ гольмий 164.930	Er ⁶⁸ эрбий 167.26	Tm ⁶⁹ тулий 168.934	Yb ⁷⁰ иттербий 173.04	Lu ⁷¹ лютеций 174.97
Cm ⁹⁶ кюрий [247]	Bk ⁹⁷ берклий [247]	Cf ⁹⁸ калифорний [249]	Es ⁹⁹ эйнштейний [254]	Fm ¹⁰⁰ фермий [253]	Md ¹⁰¹ менделеев [256]	No ¹⁰² нобелий [255]	Lr ¹⁰³ лоуренсий [257]

М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши	3
I б о б. Механика	
1- §. Кинематика	4
2- §. Моддий нуқта ва моддий нуқталар системасининг динамикаси	13
3- §. Энергия, импульс ва импульс моментининг сақланиш қонуни	19
4- §. Қаттиқ жисм механикаси	25
Қаттиқ жисм мувозанатининг шартлари	26
Қаттиқ жисм айланма ҳаракати динамикаси	29
Қаттиқ жисм мувозанати	32
5- §. Суюқликлар ва газлар механикаси	33
Гидро - ва аэростатика	33
Гидро- ва аэродинамика	34
6- §. Ноинерциал санақ системалари. Инерция кучлари	36
7- §. Махсус нисбийлик назарияси элементлари	38
8- §. Жисмларнинг эластиклик хоссалари	40
9- §. Механик тебранишлар ва тўлқинлар	43
Тебранишлар	45
Тўлқинли ҳаракат. Акустика	47
10- §. Бутун олам тортишиши қонуни	49
II б о б. Молекуляр физика ва термодинамика	
11- §. Газлар молекуляр-кинетик назариясининг асослари	51
Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси	52
Газ қонунлари	53
Максвелл ва Больцман тақсимотлари. Барометрик формула	56
12- §. Газларда кўчиш ҳодисалари	58
Молекулаларнинг ўртача эркин югуриш йўли узунлиги	59
Тўқнашишлар сони	59
Газларнинг диффузияси, қовушоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлиги	60
13- §. Термодинамиканинг биринчи қонуни	61
Иссиқлик сифими	62
Термодинамиканинг биринчи қонунини идеал газга қўллаш	63
Газ динамикаси элементлари	68
14- §. Термодинамиканинг иккинчи қонуни	69
Иссиқлик двигателлари ва совитгич машиналар	70
Энтропия	74
15- §. Реал газлар ва суюқликлар	75
Реал газлар	77
Суюқликлар	78
16- §. Қаттиқ жисмларнинг иссиқлик хоссалари. Фазавий ўтишлар	82
Қаттиқ жисмларнинг иссиқлик хоссалари	83
Фазавий ўтишлар	84

III б о б. Электр ва магнетизм

17- §. Электростатика	85
Кулон қонуни	86
Майдон кучланганлиги ва потенциали	89
Электр майдондаги ўтказгичлар ва диэлектриклар	92
Электр сифими	94
Электр майдони энергияси	97
18- §. Ўзгармас электр токи	100
Ом қонуни	100
Қирхгоф қоидалари	105
Токининг иши ва қуввати	109
19- §. Термоэлектрон эмиссия ва контакт ҳодисалари	112
Термоэлектрон эмиссия	113
Контакт ҳодисалари	114
20- §. Электролитларда ва газларда электр токи	115
Электролитларда электр токи	115
Газларда электр токи	117
21- §. Магнит майдони. Магнит майдонининг ҳаракатдаги зарядлар ва тоқларга таъсири	118
22- §. Электромагнит индукция. Магнит майдонининг энергияси	126
23- §. Ўзгарувчан ток. Электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар	130

IV б о б. Оптика

24- §. Ёруғлик интерференцияси	134
25- §. Ёруғлик дифракцияси	138
26- §. Геометрик оптика	141
Ёруғликнинг қайтиши	143
Ёруғликнинг синиши	144
Линзалар ва оптик системалар	145
Оптик асбоблар	148
27- §. Фотометрия	150
28- §. Ёруғликнинг қутбланиши	152
29- §. Ёруғлик дисперсияси ва унинг ютилиши. Ёруғликнинг сочилиши	154
30- §. Оптикадаги релятивистик ҳодисалар	156

V б о б. Квант физикаси

31- §. Нурланишнинг квант хоссалари	159
Фотоннинг энергияси, импульси ва массаси	160
Фотоэффект	161
Ёруғликнинг босими	162
Тормозланиш рентген нурланиши	163
Комптон эффекти. Рентген нурлари интенсивлиги	164
Иссиқлик нурланиши	165
32- §. Модданинг тўлқин хоссалари	167
Де Бройль тўлқинлари	168
Гейзенбергининг ноаниқлик принципи	169
Шрёдингер тенгламаси	169
Мозли қонуни	170
33- §. Атомнинг Резерфорд — Бор модели	171
34- §. Қаттиқ жисмларда квант ҳодисалари	173
35- §. Атом ядроси физикаси	176
Ядро тузилиши	177
Радиоактив парчаланиш қонуни	177
Ядро реакциялари	179
36- §. Элементар заррачалар	181
Жавоблар ва ечимлар	184
Илова	224

На узбекском языке

**ЗАГУСТА ГЕННАДИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
МАКЕЕВА ГАЛИНА ПАВЛОВНА
МИКУЛИЧ АЛЕКСЕЙ СТЕПАНОВИЧ
САВИЦКАЯ ИНЕССА ФЕДОРОВНА
ЦЕДРИК МИХАИЛ СЕМЕНОВИЧ**

**СБОРНИК ЗАДАЧ ПО КУРСУ
ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

Учебное пособие для педагогических институтов

Ташкент «Ўқитувчи» 1991

Таржимонлар *М. Раҳматуллаев, А. Ҳакимов*
Муҳаррир *Ю. Музаффархўжаев*
Расмлар муҳаррири *С. Соин*
Техник муҳаррир *Т. Скиба*
Мусаҳҳиҳ *М. Абдуллаева*

ИБ № 5582

Теришга берилди 10.07.90. Босишга рухсат этилди 7.01.91. Формати 60×90^{1/16}. Тип. қорози №2. Литерагурная гарн. Кегли 10,8 шпонсиз. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 15,0. Шартли кр.-отг 15,0. Нашр. л. 15,2. Тиражи 7000. Зак. № 2343. Баҳоси 2 с. 60 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент—129. Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 03—50—90.

Ўзбекистон ССР Матбуот давлат комитети «Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасининг Бош корхонаси. Тошкент, Навоий кўчаси 30. 1991.

Головное предприятие ТППО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по печати. Ташкент, ул. Навои, 30. 1991.

22 607

THE UNIVERSITY OF CHICAGO