

В. С. ВОЛЬКЕНШТЕЙН

**УМУМИЙ ФИЗИКА
КУРСИ ДАН
МАСАЛАЛАР
ТЎПЛАМИ**

2 - ҚИСМ

**ГАРМОНИК ТЕБРАНМА ҲАРАКАТЛАР
ВА ТЎЛҚИНЛАР, АКУСТИКА,
НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ
ЭЛЕМЕНТЛАРИ, МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК
НАЗАРИЯ ВА ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ
ФИЗИК АСОСЛАРИ**

РУСЧА БЕШИНЧИ НАШРИГА АВТОР МУҚАДДИМАСИ

“Умумий физика курсидан масалалар тўплами”нинг бешинчи наشري қайтадан таҳрир қилинди. Айрим масалалар янги масалалар билан алмаштирилди. Ўқувчиларнинг маълумотномадан фойдаланиш малакасини ошириш учун масала шартидаги сонли маълумотлар тўпламининг охиридаги жадваллар киритилди.

IV бобнинг масалалари мос равишда янги ГОСТ 8848-63 га ўтказилди. Китобнинг олдинги нашридаги камчилик ва нуқсонларни кўрсатган барча ўртоқларга ўз миннатдорчилигимни билдираман.

В.С. Волькенштейн

12-§. Гармоник тебранма ҳаракатлар ва тўлқинлар

Гармоник тебранма ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$x = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right) = A \sin(2\pi vt + \varphi) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

Бунда x — нуқтанинг мувозанатлик вазиятидан силжиши (у турли вақт пайтлари учун турлича бўлади), A — амплитуда, T — давр, φ — бошланғич фаза, $v = \frac{1}{T}$ тебранишлар частотаси, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ бурчак частота.

Тебранаётган нуқтанинг тезлиги
$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T} \cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right)$$

ва тезланиши
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right)$$

га тенг.

gn массали нуқтани гармоник тебранираётган куч

$$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx,$$

$$k = \frac{4\pi^3 m}{T^2}, \text{ бундан } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Буерда T эса $F = -kx$ куч таъсирида тебранаётган нуқ-танинг тебранишыаври; бунда k — деформация коэффициента бўлиб, сон жихатдан 1 га тенг силжишни вужудга хелтирувчи кучга тенг.

Тебранаётган нуқтанинг кинетик энергияси
$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \cos^2\left(\frac{1\pi}{T}t + \varphi\right)$$

ва потенциал экергияси
$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2} \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$
 ва тўла энергияси

$$W = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}.$$

Маятникнинг кичик тебранишлари гармоник тебранма ҳаракатларга мисол бўлиши мумкин. Математик маятникийнинг тебранишлар даври $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ га тент, бунда l -маятникнинг узунлиги ва g -оғирлик кучининг тезланиши.

Бир хил даврга эга, бир томонга йўуалган икки гармоник тебранишлар, кўшилганида, даври ўзгармаган $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ амплитудали ва бошланғич фазаси $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$ тенгламадан аниқланиладиган гармоник тебраниш ҳосил бўлади. A_1 ва A_2 —кўшилувчи тебранишлар амплитудалари, φ_1 ва φ_2 — уларнинг бошланғич фазалари.

Бирдай даврли ўзаро перпендикуляр икки тебранишлар кўшилганда натижавий ҳаракат траекториясининг тенгламаси қуйидаги кўринишда

бўлади:
$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

m массали моддий нуктага эластик куч $F = -kx$ дан ташқари ишқаланиш кучи $F_{\text{ишқ}} = -rv$ ҳам (бунда r ишқаланиш коэффиценти ва v — тебранаётган нукта тезлиги) таъсир этаётган бўлса, нуктанинг тебраниши сўна боради.

Сўнувчи тебранма ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$x = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi)$$

бунда δ — сўниш коэффиценти. Бунда $\delta = \frac{r}{2m}$ ва $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ формуладаги ω_0 — хусусий тебранишнинг бурчак частотаси. $x = \delta l$ катталиқ сўнишнинг логарифмик декременти деб аталади.

Тебраниши $x_1 = A e^{-\delta t} \sin \omega_0 t$ кўринишида берилган m массали моддий нуктага ташқи даврий $F = F_0 \sin \omega t$ куч таъсир этаётган бўлса, у ҳолда нуктанинг тебраниши мажбурий бўлади ва унинг ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади

$x_2 = A \sin(\omega t + \varphi)$, бунда $A = \frac{r_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$ ва

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

Мажбурий тебранишлар частотаси ω хусусий тебранишлар частотаси ω_0 сўниш коэффиценти δ билан қуйидаги муносабатда боғланганда резонанс вужудга келади: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$.

Сўймайдиган тебранишлар нур деб аталувчи муайян йўналиш бўйлаб c тезликда тарқалаётганида шу иур ётувчи ва тебранишлар манбаидан l масофада турган ҳар қандай нуктанинг силжиши қуйидаги тенглама билан

берилади: $x = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right)$, бунда A — тебранаётган нукталарнинг

амплитудаси, λ — тўлқин узунлиги, Чунончи $\lambda = cT$ Нурда тебранишлар манбаидан l_1 ва l_2 масофада ётувчи икки нуктанинг фазалар айирмаси қуйидагича бўлади $\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{l_2 - l_1}{\lambda}$. Тўлқинлар интерференциясида қуйидаги

шартда максимум амплитуда ҳосил бўлади $l_2 - l_1 = 2n \frac{\lambda}{2}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), бунда l_1 —

l_2 нурлар юриш йўлининг фарқи $l_2 - l_1 = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) шартда амплитуда

минимум бўлади.

12.1. Агар 1 мин да 150 тебраниш бўлиб, тебранишларнинг бошланғич фазаси 45° га тенг ва амплитудаси 5 см бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг. Шу ҳаракат графигини чизинг.

12.2. Амплитудаси 0,1 м, даври 4 сек ва бошланғич фазаси иолга тенг бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг.

12.3. Гармоник тебранишлар амплитудаси 50 мм, даври 4 сек ва

бошланғич фазаси $\frac{\pi}{4}$. 1) Мазкур тебранишнинг тенгламасини ёзинг. 2) $t=0$ ва $t=1,5$ сек бўлганда тебранаётган нуктанинг мувозанат вазиятдан силжишии топинг. 3) Бу ҳаракат графигини чизинг.

12.4. Тебранишларинг бошланғич фазаси: 1) 0, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) $\frac{3}{2}\pi$, 5) 2π бўлган гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг. Тебранишлар амплитудаси 5 см ва тебранишлар даври 8 сек. Бу ҳолларнинг ҳаммаси учун тебранишлар графигини чизинг.

12.5. Бирдай амплитуда ($A_1=A_2=2$ см) ва бирдай даврга ($T_1=T_2=8$ сек) эга бўлган, лекин фазаларнинг фарқи: 1) $\frac{\pi}{4}$, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π , 4) 2π бўлган икки гармоник тебранишни битта графикда чизинг.

12.6. Гармоник тебранаётган нукта ҳаракат бошланишидан қанча вақт ўтгач мувозанат вазиятдан ярим амплитудага тенг силжийди? Тебраниш даври 24 сек, бошланғич фаза нолга тенг.

12.7. Гармоник тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг. Даврнинг қандай қисмини ўтгач нуктанинг тезлиги максимал тезлигининг ярмига тенг бўлади?

12.8. $x=7 \sin 0,5 \pi t$ тенглама бўйича тебранма ҳаракат қилаётган нукта ҳаракат бошланганидан қанча вақт ўтгач мувозанат вазиятидан максимал силжишга қадар йўлни ўтади?

12.9. Гармоник тебраниш амплитудаси 5 см, даври 4 сек га тенг. Тебранаётган нуктанинг максимал тезлигини ва унинг максимал тезланишини топинг.

12.10. Нуктанинг ҳаракат тенгламаси $x=2\sin\left(\frac{\pi}{2}t+\frac{\pi}{4}\right)$ см кўринишида берилган. 1) Тебранишлар даврини 2) нуктанинг максимал тезлигини, 3) унинг максимал тезланишини топинг.

12.11. Нуктанинг ҳаракат тенгламаси $x=\sin\frac{\pi}{6}t$ кўринишида берилган. Максимал тезлик ва максимал тезланишларга эришиладиган вақт пайтларини топинг.

12.12. Нукта гармоник тебранади. Тебранишлар даври 2 сек, амплитудаси 50 мм, бошланғич фазаси нолга тенг. Нуктанинг мувозанат вазиятидан 25 мм га силжиган пайтдаги тезлигини топинг.

12.13. Нуктанинг максимал тезланиши $49,3$ см/сек² тебранишлар даври 2 сек ва нуктанинг мувозанат вазиятидан 25 мм га силжиган бошланғич вақт пайтдаги гармоник тебранишнинг ҳаракат тенгламасини ёзинг.

12.14. Гармоник тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг. Нукта мувозанат вазиятидан 2,4 см силжиганида нуктанинг тезлиги 3 см/сек бўлади, 2,8 см силжиганида эса тезлиги 2 см/сек бўлади. Шу тебранишнинг амплитудаси ва даврини топинг.

12.15. $m=1,6 \cdot 10^{-2}$ кг массали моддий нуктанинг тебраниш тенгламаси

$x = 0.1 \sin\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{4}\right)$ кўринишга эга. Нуқтага таъсир этувчи F кучнинг (битта давр чегарасида) t вақтга боғлиқлик графигини чизинг. Максимал куч қийматини топинг.

12.16. Массаси 10 г бўлган моддий нуқта $x = 5 \sin\left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{4}\right)$ см тенглама бўйича тебранади. Нуқтага таъсир этувчи максимал кучни ва тебранаётган нуқтанинг тўла энергиясини топинг.

12.17. Массаси 16 г бўлган моддий нуқтанинг тебраниш тенгласи $x = 2 \sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{4}\right)$ см кўринишга эга.

Нуқтанинг кинетик, потенциал ва тўла энергиясининг битта давр чегарасида вақтга боғлиқлик графигини чизинг.

12.18. Вақтнинг 1) $t = \frac{T}{12}$ сек, 2) $t = \frac{T}{8}$ сек, 3) $t = \frac{T}{6}$ сек пайтлари учун гармоник тебранаётган нуқта кинетик энергиясининг унинг потенциал энергиясига бўлган нисбати нимага тенг? Тебранишнинг бошланғич фазаси нолга тенг.

12.19. Нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжиши 1) $x = \frac{A}{4}$ 2) $x = \frac{A}{2}$ 3) $x = A$ ни ташкил қиладиган (A — тебраниш амплитудаси) пайтлар учун гармоник тебранаётган нуқта кинетик энергиясининг унинг потенциал энергиясига бўлган нисбати нимага тенг?

12.20. Гармоник тебранма ҳаракатда бўлган жисмнинг тўла энергияси $3 \cdot 10^{-5}$ ж, жисмга таъсир этувчи максимал куч $1,5 \cdot 10^{-3}$ н га тенг. Тебраниш даври 2 сек ва бошланғич фаза 60° бўлса, бу жисмнинг ҳаракат тенгласини ёзинг.

12.21. Моддий нуқтанинг гармоник тебранишлар амплитудаси $A = 2$ см, тебранишларнинг тўла энергияси $W = 3 \cdot 10^{-7}$ ж. Мувозанат вазиятидан қанча силжиганда тебранаётган нуқтага $F = 2,25 \cdot 10^{-5}$ н куч таъсир этади?

12.22. Узунлиги 2 м бўлган ипга осилган шарчанн 4° бурчакка оғдирилиб, тебраниши кузатилади. Тебранишни сўнмайдиган гармоник тебраниш деб фарз қилиб, шарча мувозанат вазиятидан ўтаётгандаги тезлигини топинг. Механика тенгламаларидан шарчанинг мувозанатлик вазиятидан ўтиш тезлигини топиб, олинган ечимни текшириб кўринг.

12.23. Пружинага 10 кГ юк осилган. Пружина 1 кР куч таъсирида $1,5$ см чўзилиши мзълум бўлса, юкнинг вертикал тебраниш даврини аниқланг.

12.24. Пружинага юк осилган. Юк тебранишининг максимал кинетик энергияси 1 ж эканлиги маълум бўлса, пружинанинг деформация коэффициентини топинг. Тебраниш амплитудаси 5 см.

12.25. Иккита бирдай пружиналарга осилган юкнинг пружиналарни кетма-кет улашдан параллел улашга ўтказилгандаги вертикал тебраниш даври қандай ўзгарган?

12.26. Пружинага осилган мис шарча вертикал тебранапти. Пружинага мис шарча ўрнига шундай радиусдаги алюминий шарча осилса,

тебраниш даври қандай ўзгаради?

12.27. Пружинага тошлар қўйилган тарози палласи осилган. Бунда вертикал тебранишлар даври 0,5 сек га тенг. Паллага қўшимча тошлар қўйилганидан кейин вертикал тебраниш даври 0,6 сек бўлди. Шу қўшимча юк туфайли пружина қанчага чўзилган?

12.28. Узунлиги 40 см ва радиуси 1мм бўлган резинка шнурга оғирлиги 0,5 кГ тош осилган. Шу резинканинг Юнг модули 0,3 кГ/мм² эканлиги маълум бўлса, тошнинг вертикал тебраниш даврини топинг. К ў р с а т м а. Резинканинг деформация коэффициента k резинканинг Юнг модули E билан $k = \frac{SE}{l}$ нисбатда боғланганлигини эътиборга олинг; бундаги S —резинка кўндаланг кесимининг юзи ва l — унинг узунлиги.

12.29. Оғирлиги $P=0,2$ кГ бўлган ареометр суюқликда қалқимокда. Ареометри суюқликка бир оз ботириб, сўнгра қўйиб юборилса, у $T=3,4$ сек давр билан тебрана бошлайди. Тебранишни сўнмайдиган деб ҳисоблаб, шу тажриба маълумотларига, асосланиб ареометр қалқиб юрган суюқликнинг зичлиги ρ ни топинг. Ареометрнинг вертикал цилиндрик найчасининг диаметри $d=1$ см².

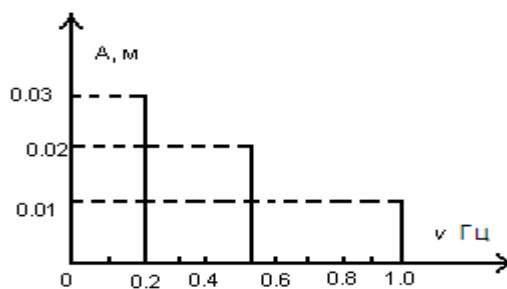
12.30. 8 сек бирдай давр ва 0,02 м бирдай амплитудали бир томонга йўналган икки гармоник тебранма ҳаракатларни қўшиш натижасида олинadиган ҳаракат тенгламасини ёзинг. Бу тебранишлар фазаларининг фарқи $\frac{\pi}{4}$ га тенг, бирининг бошланғич фазаси нолга тенг.

12.31. $x_1 = 0.02 \sin\left(5\pi + \frac{\pi}{2}\right)$ м ва $x_2 = 0.03 \sin \cdot 5\pi + \frac{\pi}{4}$ м тенгламалар билан берилган, бир томонга йўналган тебранишларни қўшишдан ҳосил бўлган гармоник тебраниш амплитудаси ва бошланғич фазасини топинг.

12.32. Бир томонга йўналган бирдай амплитуда ва даврли икки гармоник тебранишларни қўшиш натижасида худди шундай давр ва амплитудали натижавий тебраниш ҳосил бўлади. Қўшилувчи тебранишлар фазаларининг фарқини топинг.

12.33. 1) $x_1 = 4 \sin \pi$ см ва $x_2 = 3 \sin\left(\pi + \frac{\pi}{2}\right)$ см тенгламалар билан берилган, бир томонга йўналган тебранишларни қўшишдан ҳосил бўлган гармоник тебраниш амплитудаси ва бошланғич фазасини топинг. 2) Натижавий тебраниш тенгламасини ёзинг. 3) Амплитудаларни қўшишнинг вектор диаграммасини чизинг.

12.34. 61-расмда мураккаб тебраниш спектри берилган. 1) Бу расм маълумотларидан фойдаланиб, мураккаб тебранишии ташкил этувчи тебранишлар тенгламасини ёзинг. 2) Шу тебранишлар графигини чизинг. ($t = 0$ пайтда бу тебранишлар фазаларининг фарқи нолга тенг деб қабул қилинади.)



61 - расм

3) Натижавий мураккаб тебраниш графигини чизинг.

12.35. $x_1 = 3\sin 4\pi t$ см ва $x_2 = 6\sin 10\pi t$ см икки гармоник тебраниш берилган. Бу тебранишлар графигини чизинг. Бу тебранишларни график равишда кўшиб, натижавий тебраниш графигини чизинг. Олинган мураккаб тебраниш спектрини чизинг.

12.36. Тебраниш $x = A\sin 2\pi\nu_1 t$ (1) тенглама кўринишида берилган, A — вақтга цараб, $A = A_0(1 + \cos 2\pi\nu_2 t)$ қонун бўйича ўзгаради. Бунда $A_0 = \text{const}$. (1) тебраниш қандай гармоник тебранишлардан ташкил топишини аниқланг. $A_0 = 4$ см, $\nu_1 = 2$ сее⁻¹, $\nu_2 = 1$ сее⁻¹ бўлган ҳол учун ташкил этувчилар графиги ва натижавий тебраниш графигини чизинг. Мураккаб тебраниш спектрини чизинг.

12.37. $\nu_1 = \nu_2 = 5$ гц бирдай частота $\varphi_1 = \varphi_2 = 60^\circ$ бирдай бошланғич фазага ўзаро перпендикуляр икки тебранишларни қўшиш натижасида олинган натижавий тебраниш тенгламасини ёзинг. Тебранишлардан бирининг амплитудаси $A_1 = 0.10$ м, иккинчисининг амплитудаси $A_2 = 0.05$ м га тенг.

12.38. Нуқта бирдай бошланғич фазага ва даврга эга икки тебранишда қатнашади. Тебранишлар амплитудаси $A_1 = 3$ см ва $A_2 = 4$ см. 1) Тебранишлар бир томонлама йўналган, 2) тебраниш ўзаро перпендикуляр бўлган ҳоллар учун натижавий тебраниш амплитудасини топинг.

12.39. Нуқта бир вақтда икки $x = 2\sin \omega t$ см ва $y = \cos \omega t$ м ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг.

12.40. Нуқта бир вақтда икки $x = \cos \pi t$ ва $y = \cos \frac{\pi}{2} t$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг натижавий ҳаракати траекториясини топинг.

12.41. Нуқта бир вақтда икки $x = \sin \pi t$ ва $y = 2\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг ва уни масштаб билан чизинг.

12.42. Нуқта бир вақтда икки $x = \sin \pi t$ ва $y = \sin(\pi t + \pi)$ ўзаро перпендикуляр бўлган тебранишларда қатнашади. Нуқтанинг ҳаракати траекториясини топинг ва уни масштаб билан чизинг.

12.43. Сўнувчи тебранишлар даври 4 сек, сўниш логарифмик декременти 1,6 га, бошланғич фаза нолга тенг. Нуқта $t = \frac{T}{4}$ да 4,5 см га силжийди. 1) Бу тебранишнинг ҳаракат тенгламасини ёзинг. 2) Икки давр чегарасида бу тебраниш ҳаракат графигини чизинг.

12.44. Тенгламаси $x = e^{-0.1} \sin \frac{\pi}{4} t$ м кўришида берилган сўнувчи тебраниш графигини чизинг.

12.45. Сўнувчи тебраниш $x = 5e^{-0.25t} \sin \frac{\pi}{4} t$ м тенглама кўринишида берилган. 0, T, 2T, 3T, ва 4T вақт пайтлари учун тебраниш

нуқта тезлигини топинг.

12.46. Математик маятникнинг сўниш логарифмик декременти 0,2 га тенг. Маятникнинг бир марта тўла тебранишида амплитудаси неча марта камайишини топинг.

12.47. 1 мин да тебраниш амплитудаси икки марта камайса, математик маятникнинг сўниш логарифмик декременти қанчага тенг бўлади? Маятникнинг узунлиги 1 м.

12.48. 24,7 см узунликдаги математик маятникнинг тебраниши сўнувчи тебраниш. Маятникнинг тебраниш энергияси қанча вақтдан кейин 9,4 марта камаяди? Масалани сўниш логарифмик декрементнинг 1) $x = 0,01$ ва 2) $x = 1$ қийматлари учун ҳал қилинг.

12.49. Сўниш логарифмик декременти 0,2 бўлган математик маятникнинг тебраниши сўнувчи тебраниш. Маятникнинг тўла тезланиши битта тебранишнинг чекка вазиятида неча марта камаяди?

12.50. 1 мин да математик маятникнинг сўнувчи тебраниши амплитудаси икки марта камайган. 3 мин да неча марта камаяди?

12.51. Мувозанат вазиятидан чиқарилган, узунлиги 0,5 м бўлган математик маятник биринчи тебранишида 5 см, иккинчи тебранишида эса (ўша томонга) 4 см оғган. Релак сация вақтини, яъни тебранишлар амплитудаси e марта камаядиган вақтни топинг; бунда e — натурал логарифмлар асоси.

12.52. Вертикал осилиб турган пружинага юк осилган. Бу пружина 9,8 см га чўзилади. Юкни пастга тортиб, сўнг қўйиб юбориб у ни тебранишга мажбур этилади. 1) Тебранишлар орадан 10 сек ўтгач тўхташи (шартли равишда тебранишлар амплитудаси бошланғич қийматининг 1% ига қадар пасайганда тебранишлар сўнади деб) учун, 2) юк мувозанат вазиятига аperiодик, равишда қайтиши учун, 3) сўниш логарифмик декременти 6 бўлиши учун сўниш коэффиценти δ нимага тенг бўлиши керак?

12.53. $m=10$ г массали жисмнинг тебраниши сўнувчи; амплитудасининг максимал қиймати 7 см, бошланғич фазаси ноль, сўниш коэффиценти $1,6 \text{ сек}^{-1}$ га тенг. Бу жисм ташқи даврий куч таъсири натижасида мажбурий тебрана бошлади. Мажбурий тебраниш $x = 5 \sin(10\pi t - 0,75)$ см тенглама кўринишида. 1) Хусусий тебраниш тенгламасини (сон коэффицентлари билан), 2) ташқи даврий куч тенгламасини (сон коэффицентлари билан) чиқаринг.

12.54. Вертикал пружинада осилган оғирлиги 0,2 кГ тош $0,75 \text{ сек}^{-1}$ сўниш коэффиценти билан сўнувчи тебранишда. Пружинанинг деформация коэффиценти 0,5 кГ/см. Ташқи кучнинг энг катта қиймати 0,98 н бўлса, тошнинг мажбурий тебраниш A амплитудасининг ташқи даврий куч ω частотасига боғлиқлик графигини чизинг. График қуришда қуйидаги: $\omega = 0$, $\omega = 0,5\omega_0$, $\omega = 0,75\omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega = 1,5\omega_0$ ва $\omega = 2\omega_0$ частоталар учун A нинг қийматларини топинг. Бунда (ω_0 — осилган тошнинг хусусий тебраниш частотаси).

12.55. Тупроқ йўлдан трактор ўтгач, бир-биридан 30 см масофада қатор

чуқурчалар шаклида из қолган. Бу йўлдан бирдай иккита рессорали болалар коляскаси ҳам ғилдиратиб ўтилган. Рессоралардан ҳар бири 1 кГ юк таъсирида 2 см га эгилади. Коляска чуқурчаларга тушганда силкинишдан резонансга келиб, кучли чайқала бошлаган бўлса, уни қандай тезликда тортилган? Колясканинг оғирлиги 10 кГ .

12.56. Даври 10^{-14} сек га тенг тебранишнинг тўлқин узунлигини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги $3 \cdot 10^8 \text{ м/сек}$.

12.57. Частотаси $\nu = 500 \text{ гц}$ ва амплитудаси $A=0,25 \text{ мм}$ бўлган товуш тебраниши ҳавода тарқалапти. Тўлқин узунлиги $\lambda = 70 \text{ см}$. 1) Тебранишнинг тарқалиш тезлигини 2) ҳаво заррачаларининг максимал тезлигини топинг.

12.58. Сўнмайдиган тебраниш $x=10\sin 0,5\pi$ см тенглама кўринишида берилган. 1) Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 300 м/сек бўлса, тўлқин тенгламасини топинг. 2) Тебраниш манбаидан 600 м масофада турувчи нуқта учун тебраниш тенгламасини ёзинг ва график равишда тасвир қилинг. 3) Тебраниш бошланганидан $t=4 \text{ сек}$ ўтгандан кейин тўлқин нуқталари учун тебраниш тенгламасини ёзинг ва график равишда тасвирланг.

12.59. Сўнмайдиган тебраниш $x=4\sin 600\pi$ см тенглама кўринишида берилган. Тебраниш бошланганидан $0,01 \text{ сек}$ ўтгандан кейин тебранишлар манбаидан 75 см масофада турувчи нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжишини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 300 м/сек .

12.60. Сўнмайдиган тебраниш $x=\sin 2,5\pi$ см тенглама кўринишида берилган. Тебраниш бошланганидан $t = 1 \text{ сек}$ ўтгандан кейин тебранишлар манбаидан 20 м масофадаги нуқтанинг мувозанат вазиятидан силжишини, тезлиги ва тезланишини топинг. Тебранишнинг тарқалиш тезлиги 100 м/сек .

12.61. Тебраниш манбаидан 10 м ва 16 м масофадаги икки нуқтанинг тебранишининг фазалар фарқи қанчага тенг бўлади? Тебраниш даври $0,04 \text{ сек}$ ва тарқалиш тезлиги 300 м/сек .

12.62. Тўлқин узунлиги 1 м бўлган нурда ётиб, бир-биридан 2 м масофада турувчи икки нуқта тебраниши фазаларининг фарқи топилсин.

12.63. $t = \frac{T}{6}$ пайт учун тебраниш манбаидан $l = \frac{\lambda}{12}$ масофадаги нуқтанинг мувозанат вазиятидан қанчага силжиши аниқлансин. Тебраниш амплитудаси $A = 0,05 \text{ см}$.

12.64. Тебраниш манбаидан 4 см масофадаги нуқта $t = \frac{T}{6}$ пайтда мувозанат вазиятидан ярим амплитудага тенг силжийди. Югурувчи тўлқин узунлиги топилсин.

12.65. Турғун тўлқиннинг 1) унча зичбўлмаган муҳитдан қайтарилаётган, 2) анча зич муҳитдан қайтарилаётган ҳоллардаги тугун ва кавариқлик ҳолати топилсин ва графиги чизилсин. Югурувчи тўлқин узунлиги 12 см .

12.66. Турғун тўлқишшиг биринчи ва тўртинчи кавариқлари орасидаги масофа 15 см бўлса, тебраниш тўлқин узунлиги аниқлансин.

Акустика

Муайян муҳитдаги акустик тебранишларнинг тарқалиш тезлиги куйидаги формула билан аниқланади:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

бунда E — муҳитнинг Юнг модули ва ρ — муҳитнинг зичлиги.

Газлардаги тарқалит тезлиги

$$c = \sqrt{\frac{\chi RT}{\mu}}$$

бунда μ — бир киломоль газнинг массаси, T — газнинг абсолют температураси, R — газ доимийси, $\chi = \frac{C_p}{C_v}$ (C_p — ўзгармас босимдаги газнинг иссиқлик сиғими ва C_v — ўзгармас ҳажмдаги газнинг иссиқлик сиғими).

Товуш босими даражаси L_1 (децибел ҳисобида) товуш босими амплитудаси Δp билан

$$L_1 = 20 \lg \frac{\Delta p}{\Delta p_0}$$

муносабатда боғланган; бунда Δp_0 — товуш қаттиқлигининг ноль даражасидаги товуш босими амплитудаси. Товуш қаттиқлик даражаси L_2 (фон ҳисобида) товуш интенсивлиги билан

$$L_2 = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

муносабатда боғланган; бунда I_0 — товуш қаттиқлигининг ноль даражаси.

$$I_0 = 10^{-12} \text{ вт/м}^2 \text{ ва } \Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$$

деб қабул қилинган.

Допплер принципига кўра кузатувчи қабул қилаётган товуш частотаси

$$\nu' = \frac{c + v}{c - u} \nu$$

формула билан аниқланади, бунда ν - манбадан юборилаётган товуш частотаси; u — товуш манбаининг ҳаракат тезлиги, v — кузатувчининг ҳаракат тезлиги ва c - товушнинг тарқалиш тезлиги. Кузатувчи товуш манбаига қараб ҳаракат қилаётган бўлса, тезлик $\nu > 0$; ; товуш манбаи кузатувчига қараб ҳаракат қилаётган бўлса $u > 0$.

Торнинг асосий тон частотаси куйидаги формула билан аниқланади:

$$\nu = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

бунда l — торнинг узунлиги, F — унинг таранглик кучи, S — кўндаланг кесимининг юзи ва ρ — муҳит материалининг зичлиги.

13.1. 435 *гц* частотали асосий тон *ля* нинг тўлқин узунлиги топилсин. Товуш тезлиги 340 *м/сек* деб қабул қилинсин.

13.2. Одам қулоғи частотаси тахминан 20 *гц* дан 20000 *гц* гача бўлган

товушларни қабул қила олади. Тovuш тебранишларининг эшитилиш интервали қандай тўлқин узунликлари ўртасида ётади? Тovuшнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/сек деб қабул қилинсин.

13.3. Тovuшнинг пўлатдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.4. Тovuшнинг мисдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.5. Тovuшнинг керосиндаги тарқалиш тезлиги 1330 м/сек , Керосиннинг сиқилиш коэффициентига топилсин.

13.6. Денгизнинг чуқурлиги эҳолот ёрдами билан ўлчанган. Тovuш пайдо бўлган пайтдан уни қабул қилиб олгунга қадар $2,5 \text{ сек}$ ўтган бўлса, денгизнинг чуқурлиги қанча бўлган? Сувнинг сиқилиш коэффициентига $4,6 \cdot 10^{10} \text{ м}^2/\text{н}$ ва денгиз сувининг зичлиги 1030 кг/м^3 .

13.7. 1) — 20°C , 2) 0°C ; 3) $+20^\circ\text{C}$ температураларда тovuшнинг ҳавода тарқалиш тезлиги топилсин.

13.8. Ёзда ҳаводаги (температура $+27^\circ\text{C}$) тovuшнинг тарқалиш тезлиги қишдаги (температура — 33°C) тарқалиш тезлигидан неча марта кўп?

13.9. Тажриба шароитида икки атомли газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 461 м/сек эканлиги маълум бўлса, шундай шароитда тovuшнинг газдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.10. Икки атомли газнинг зичлиги 760 мм симоб устунида $1,29 \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^3$ бўлса, тovuшнинг шу газда тарқалиш тезлиги топилсин.

13.11. Бир киломоль азот молекуласининг илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси $3,4 \cdot 10^3 \text{ кж}$ га барабар эканлиги маълум бўлса, шундай шароитда тovuшнинг азотдаги тарқалиш тезлиги топилсин.

13.12. Атмосфера юқори қатламларининг температурасини аниқлаш учун термометрдан фойдаланиб бўлмайдими, чунки газ зичлиги кам бўлганлигидан термометр атрофдаги муҳит билан ксиклик мувозанатига келолмайдими. Шу мақсадда гранатли ракета учурилиб, муайян баландликка чиққанида гранат портлатилади. Ер гозидан 21 км баландликдаги портлашдан чиққан тovuш 19 км баландликдаги портлашдан чиққан тovuшдан $6,75 \text{ сек}$ кечикиб келса, 20 км баландликдаги температурани аниқланг.

13.13. Ҳаво — шиша чегарасидаги тovuш тўлқинларининг синдириш кўрсаткичи нимага тенг? Шиша учун Юнг модули $6,9 \cdot 10^{10} \text{ н/м}^2$ га тенг, шишанинг зичлиги $2,6 \text{ г/см}^3$, ҳавонинг температураси 20°C .

13.14. Ҳаво—шиша чегарасида тovuш тўлқинларининг тўла ички лимит бурчаги топилсин. Олдинги масаладаги керакли маълумотлардан фойдаланилсин.

13.15. Икки тovuшнинг қаттиқлик даражаси 1 фон га фарқ қилади. Бу тovuшлар интенсивликларининг нисбати топилсин.

13.16. Икки тovuшнинг босим даражаси 1 дб га фарқ қилади. Амплитудаларининг тovuш босимига нисбати топилсин.

13.17. Кўчадаги 70 фон қаттиқликдаги шовқин хонада 40 фон қаттиқликдаги шовқин бўлиб эшитилади. Кучадаги ва хонадаги тovuш интенсивликларининг нисбати топилсин.

13.18. Тovuш интенсивлиги 1000 барабар кучайган.

- 1) Тovuш босимининг даражаси неча децибел кучайган?
- 2) Тovuш босимининг амплитудаси неча марта катталашган?

13.19. Тovuш интенсивлиги 10^{-2} *вт/м²*, 1) Қаттиқлик даражасини, 2) тovuш босими амплитудасини топииг.

13.20. Тovuш интенсивлиги: 1) 3000 марта ва 2) 30 000 марта ортган бўлса, тovuшнинг қаттиқлик даражаси қанча фонга кучайган?

13.21. Патефон пластинкасида *ля* тони учун (435 *гц*): 1) ёзув бошида марказдан 12 *см* масофадаги, 2) ёзув охирида марказдан 4 *см* масофадаги тovuш арикчаларининг кўшни тишлари орасидаги масофа топилсин. Пластинканинг айлаиш тезлиги 78 *айл/мин*.

13.22. 1) $v = 100$ *гц* ва 2) $v = 2000$ *гц* учун граммофон пластинкасидаги тovuш арикчаларининг кўшни тишлари орасидаги масофа топилсин. Пласгинка марказигача бўлган ўртача масофа 10 *см* деб ҳисоблансин. Пластинканинг айланиш тезлиги 78 *айл/мин*.

13.23. Кундт трубкасида турғун тўлқин ҳосил бўлганида ҳаво устунида 6 кавариқлик кузатилган. Агар пўлат стержень ҳаво устунининг; 1) ўртасига, 2) бир учига маҳкамланган бўлса, ҳаво устунининг узунлиги қанча бўлган? Стерженнинг узулиги 1 *м*. Тovuшнинг пўлатдаги тезлиги 5250 *м/сек* ва ҳаводаги тезлиги 343 *м/сек*.

13.24. Шиша стержень ўртасидан маҳкамланганида ҳаво устунида 5 кавариқлик кузатилган бўлса, Кундт трубкасидаги бу стерженнинг узунлиги қанча? Ҳаво устунининг узунлиги 0,25 *ж*. Шиша учун Юнг модули $6,9 \cdot 10^{10}$ *н/м²* ва шишанинг зичлиги 2,5 *г/см³*. Тovuшнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* деб олинсин.

13.25. Қавариқликларни бир-биридан ажратишнинг энг кичик масофаси $l = 4$ *мм* деб олинса, тovuш тезлигини аниқлашда қандай энг катта частоталар учун Кундт методи яроқли бўлади? Тovuшнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* деб олинсин.

13.26. Икки поезд 72 *км/соат* ва 54 *км/соат* тезлик билан бир-бирига қарама-қарши келмоқда, Бириичи поезд 600 *гц* частота билан хуштак чалади. Иккинчи поезддаги йўловчи эшитадиган тovuшнинг: 1) поездлар учрашишидан аввал, 2) поездлар учрашганидан кейин қандай тебраниш частотада бўлишини топинг. Тovuш тезлиги 340 *м/сек* деб олинсин.

13.27. Поезд кўзғалмас кузатувчи олдидан ўтаётганида паровоз гудоги тovuшининг тон баландлиги бирдан ўзгаради. Поезд 60 *км/соат* тезликда юраётган бўлса, тovuш тонининг бирдан ўзгариш миқдори тон ҳақиқий частотасининг неча процентини ташкил қилади?

13.28. Денгиз қирғоғидаги кузатувчи пароход гудогининг тovuшини эшитади. Кузатувчи ва пароход тинч турган пайтда кузатувчи қабул қиладиган тovuш 420 *гц* частотага тўғри келади. Пароход кузатувчига томон ҳаракат қилаётганида қабул қилинадиган тovuш частотаси 430 *гц* га тенг. Пароход кузатувчидан нарига ҳаракат қилаётганида частота 415 *гц* га тенг бўлади. Агар тажриба шароитидаги тovuш тезлиги 338 *м/сек* бўлса, биринчи ва иккинчи ҳоллардаги пароходнинг тезлиги аниқлансин.

13.29. Милтиқ ўқи 200 м/сек тезлик билан учади. Кўзғалмай турган кузатувчи учун унинг олдидан учиб ўтаётган ўқ тонининг баландлиги неча марта ўзгариши топилсин. Товуш тезлиги 333 м/сек деб қабул қилинсин.

13.30. Бирдай тезлик билан қарама-қарши бораётган икки поезддан бирининг ҳуштак тони иккинчисига эшитилаётганда $\frac{9}{8}$ марта ўзгариши учун уларнинг тезликлари қандай бўлиши керак? Товуш тезлиги 335 м/сек деб олинсин.

13.31. Кўршапалак деворга перпендикуляр йўналишда $v=6,0$ м/сек тезлик билан $\nu=4,5 \cdot 10^4$ гц частотали ультратовуш чиқариб учмоқда. Кўршапалак қандай частотали икки хил товушни эшитади? Товуш тезлигини 340 м/сек деб олинг.

13.32. Радиуси 0,05 см бўлган пўлат тор 100 кГ куч билан таранг тортилганида 320 частотали тон бериши учун унинг узунлиги қандай бўлиши керак?

13.33. Узунлиги 20 см ва диаметри 0,2 мм бўлган пўлат тор нотада лянни (частотаси 435 гц) чиқариши учун уни қандай куч билан таранг тортиш керак?

13.34. Пўлат учун мустаҳкамлик чегараси маълум бўлса, узунлиги 1 м бўлган торни созлаш учун энг катта частота топилсин.

13.35. 15 кГ куч билан таранг тортилган тор камертонда секундига 8 урилиш беради. Бу тор 16 кГ куч билан таранг тортилгандан кейин у камертон билан унисонга созланган. Камертоннинг тебраниш сони аниқлансин.

13.36. Олдинги масаладаги камертон иккинчи камертонда 5 секундига 10 урилиш беради. Иккинчи камертоннинг тебраниш частотаси топилсин.

13.37. $F = 6 \cdot 10^3$ н куч билан таранг тортилган торнинг асосий тони частотаси топилсин. Торнинг узунлиги $l = 0,8$ м ва оғирлиги $P = 0,03$ кГ.

13.38. 1) Очиқ труба, 2) берк труба асосий тонининг частотаси топилсин.

13.39. Берк труба 130,5 гц частотага тўғри келадиган асосий тон беради. Труба очилган. Энди у қандай асосий тон чиқаради? Трубанинг узунлиги қанча? Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/сек деб олинсин.

17-§. Нисбийлик назариясининг элементлари

Муайян санок системасига нисбатал V тезлик билан ҳаракат қилаётган жисмининг l узунлиги, мазкур системада кўзғалмас жисмининг l_0 узунлиги билан $l' = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$ муносабатда боғланган, бунда $\beta = \frac{v}{c}$; c — ёруғликнинг тарқалиш тезлиги.

Кузатувчига нисбатан v тезликда ҳаракат қилаётган системадаги $\Delta\tau'$ вақт оралиғи кузатувчи учун кўзғалмас ҳисобланган системадаги $\Delta\tau_0$ вақт оралиғи билан қуйидаги нисбатда боғланган $\Delta\tau' = \frac{\Delta\tau_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$.

Жисм m массасининг унинг ҳаракат тезлигига боғлиқлиги тенглама

билан берилади $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$, бунда m_0 — мазкур жисмнинг тинч ҳолдаги массаси.

Жисм кинетик энергиясининг тезликка боғлиқлиги қуйидаги тенглама билан берилади $W_k = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right)$. Система массасининг Δm миқдор ўзгариши система энергияси катталигининг $\Delta W = c^2 \Delta m$ ўзгаришига мувофиқ келади.

17.1. Ҳаракатдаги жисм узунлигининг релятивистик қисқариши ҳаракатнинг қайси нисбий тезлигида 25% ни ташкил қилади?

17.2. Ҳаракатдаги жисмнинг бўйлама ўлчами икки баравар кичрайиши учун у қандай тезликка эришуви керак?

17.3. Космик нурларнинг мезонлари Ер юзига ниҳоятда хилма-хил тезликларда етиб келади. Ёруғлик тезлигининг 95 процента тезлигида бўлган мезон ўлчамининг релятивистик қисқаришини топинг.

17.4. Беқарор заррача ёруғлик тезлигининг 99 процента ташкил этувчи тезлик билан ҳаракат қилса (қўзғалмас кузатувчининг соати бўйича), унинг яшаш вақти неча марта узаяди?

17.5. Космик нурлар таркибидаги мезон ёруғлик тезлигининг 95 процентини ташкил қилувчи тезликда ҳаракат қилмоқда. Мезон «хусусий вақти» нинг бир секундига ердаги кузатувчи соатининг қанча вақт оралиғи мос келади?

17.6. α -заррача массаси нолга тенг бошланғич тезликдан ёруғлик тезлигининг 0,9 ига баравар тезликка қадар тезлашганида қанчага ортади?

17.7. Қуйидаги тезликлар: 1) $v \ll c$; 2) $2 \cdot 10^{10}$ см/сек; 3) $2,2 \cdot 10^{10}$ см/сек; 4) $2,4 \cdot 10^{10}$ см/сек; 5) $2,6 \cdot 10^{10}$ см/сек; 6) $2,8 \cdot 10^{10}$ см/сек учун электрон зарядининг унинг массасига бўлган нисбати топилсин. Кўрсатилган тезликлар учун m ва $\frac{\varepsilon}{m}$ ларнинг $\frac{v}{c}$ нисбатига боғлиқ графигини чизинг ва жадвалини тузинг.

17.8. Ҳаракатдаги электроннинг массаси қандай тезликда унинг тинч ҳолатдаги массасидан икки марта катта бўлади?

17.9. Заррача массасининг нисбий катталашуви 5% дан ортмаслиги учун, циклотрондаги заррачаларни қандай энергияга қадар тезлаштириш мумкин. Масалани: 1) электронлар 2) протонлар, 3) дейтонлар учун ҳал қилинг.

17.10. Электрон тезлиги ёруғлик тезлигининг 95 процетини ташкил қилиши учун у қандай тезлаштирувчи потенциаллар айирмасидан ўтиши лозим?

17.11. Прогоннинг бўйлама ўлчамлари икки баравар кичик бўлиши учун у қандай тезлаштирувчи потенциаллар айирмасидан ўтиши керак?

17.12. Мезоннинг тўла энергияси тинч ҳолатидаги энергиясидан 10 марта катта бўлса, унинг тезлиги топинг.

17.13. Заррача кинетик энергияси унинг тинч ҳолатидаги энергиясига

тенг бўлиши учун заррача тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилиши керак?

17.14. Синхрофазотрон кинетик энергияси 10000 Мэв протонлар дастасини беради. Бу дастадаги протонлар тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилади?

17.15. Олдинги масала шартларида протон ўлчамларининг релятивистик қисқариши нимага тенг?

17.16. Циклотрондан учиб чиқувчи электронлар $0,67 \text{ Мэв}$ кинетик энергияга эга. Шу электронларнинг тезлиги ёруғлик тезлигининг қанча улушини ташкил қилади?

17.17. Электронлар ва протонлар учун уларнинг W_k кинетик энергиясининг тезликка (ёруғлик тезлигининг улушларида) боғлиқлик жадвалини тузинг. Жадвални β нинг қуйидаги қийматлари учун тузинг: 1) 0,1; 2) 0,5; 3) 0,6; 4) 0,7; 5) 0,8; 6) 0,9; 7) 0,95 ва 8) 0,999.

17.18. Ҳаракатдаги электрон массаси унинг тинч ҳолатдаги массасидан икки баравар катта. Бу электроннинг кинетик энергиясини топинг.

17.19. Энергиянинг бир калория ўзгариши массанинг қандай ўзгаришига мувофиқ келади?

17.20. Массанинг бир атом бирлик ўзгаришига мувофиқ келувчи энергия ўзгаришини топинг.

17.21. Массанинг электроннинг тинч ҳолатдаги массаси катталигича ўзгаришига мувофиқ келувчи энергия ўзгаришини топинг.

17.22. Агар сувнинг ҳосил бўлиш реакцияси $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 5,75 \cdot 10^5 \text{ кЖ}$ бўлса, бир киломоль сувнинг ҳосил бўлишига тўғри келадиган массанинг камайишини топинг.

17.23. Уран ${}_{22}\text{U}^{235}$ ядроси парчаланганида тахминан 200 Мэв энергия ажралади. Бир киломоль уран парчаланганидаги массанинг ўзгаришини аниқланг.

17.24. Қуёш ҳар минутда $6,5 \cdot 10^{21} \text{ квт-соат}$ га тенг энергия чиқаради. Қуёш нурланиши ўзгармас деб ҳисобланса, Қуёш массаси қанча вақтда икки баравар камайишини топинг.

5- §. Молекуляр-кинетик назария ва термодинамиканинг физик асослари

Идеал газлар Менделеев — Клапейрон ҳолат тенгламасига буйсунади:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

бунда p — газнинг босими, V — унинг ҳажми, T — абсолют температура, m — газнинг массаси, μ — бир моль газнинг массаси, $R = 8,31441$ Ж/(моль К) — газ доимийси, $\nu = m/\mu$ — нисбат моллар сонини беради.

Дальтон қонунига кўра газ аралашмасининг босими уларнинг порциал босимлари йиғиндисига, яъни ҳар бир газ алоҳида олинганида мавжуд температурада бир ўзи бутун ҳажмни тўлдиргандаги босимлар йириндисига тенг булади.

Газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$P = \frac{2}{3} n \overline{W_0} = n \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2},$$

Бунда n — ҳажм бирлигидаги молекулаларнинг сони, W_0 — битта молекула илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси, m_0 — молекуланинг массаси ва $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ — молекуланинг ўртача квадратик тезлиги,

Бу катталикларни қуйидаги формулалардан аниқлаш мумкин.

Ҳажм бирлигидаги молекулаларнинг сони

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

бунда $k = R/N_A = 1,380662 \cdot 10^{-23}$ Ж/К - Больцман доимийси, $N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$ моль - Авогадро сони.

Молекулаларнинг илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси:

$$W_0 = \frac{3}{2} kT$$

Молекулаларнинг ўртача квадратик тезлиги:

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}},$$

шу билан бирга

$$m = \mu / N_A.$$

Молекулаларнинг иссиқлик ҳаракат энергияси (газнинг ички энергияси)

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

бунда i — молекуланинг эркинлик даражаси.

C моляр ва c солиштирма иссиқлик сиғимлари ўзаро қуйдагича боғланган:

$$C = \mu c$$

Ўзгармас ҳажмдаги газнинг моляр иссиқлик сиғими

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

Ўзгармас босимдаги

$$C_v = C_p + R$$

Бундан кўринадикки, C мольр иссиқлик сиғими газ молекулалари эркинлик даражасининг сони i билан тўлиқ аниқланади :

бир атомли газлар учун ($i = 3$)

$$C_v = 12,5 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), \quad C_p = 20,8 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

Икки атомли газлар учун ($i = 5$)

$$C_v = 20,8 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), \quad C_p = 29,1 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

Кўп атомли газлар учун ($i = 6$) бўлиб,

$$C_v = 24,9 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), \quad C_p = 33,2 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К}),$$

Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимот қонуни (Максвелл қонуни), нисбий тезликлари u дан $u + \Delta u$ гача бўлган интервалда ётган молекулалар сони ΔN ни топишга имкон беради:

$$\Delta N = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N e^{-u^2} u^2 \Delta u$$

бу ерда $u = v/v_0$ нисбий тезлик бўлиб, v_0 - берилган тезлик ва $v_{\text{эзх}} = \sqrt{2RT/\mu}$ энг катта эҳтимолли тезлик, Δu нисбий тезликларнинг интервали u тезликга нисбатан жуда кичик бўлган нибат тезликларини интервал катталиг.

Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимот қонунига доир масалалар ечишда $\Delta N/(N\Delta u)$ лар учун u нинг ҳар хил қийматлари берилган 10-жадвалдан фойдаланиш қулай.

10- жадвал

u	$\Delta N/(N\Delta u)$	u	$\Delta N/(N\Delta u)$	u	$\Delta N/(N\Delta u)$
0	0				
0.1	0,02			1,8	0,29
0.2	0,09	0.9	1,0	1,9	0,22
0.3	0,18	1.1	1,2	2,0	0,16
0.4	0,31	1.3	1,4	2,1	0,12
0.5	0,44	1.5	1,6	2,2	0,09
0.6	0,57	1.7		2,3	0,06
0.7	0,68			2,4	0,04
0.8	0,76			2,5	0,03

Молекулаларнинг ўртача арифметик тезлиги $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$.

Кўпчилик ҳолларда тезлиги, берилган u тезликнинг қийматидан ортик, бўлган молекулаларнинг N_x сонини билиш муҳим.

11-жадвалда N_x/N нинг қиймати берилган, бунда N -молекулаларнинг умумий сони.

11- жадвал

u	N_x/N	u	N_x/N
0	1.000	0.8	0,734
0,2	0,994	1.0	0,572
0.4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,6	0,213
0,6	0,868	2,0	0,046
0,7	0,806	2,5	0,0057

Барометрик формула газ босимининг оғирлик кучи майдонида баландликка қараб камайишини ифодалайди:

$$p = p_0 l^{(-\frac{\mu g h}{RT})}$$

бунда p — газнинг h балаидликдаги босими, p_0 — газнинг $h = 0$ балаидликдаги босими, $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$ — оғирлик кучининг тезланиши. Бу формула тақрибийдир, чунки баландликларнинг фарқи катта бўлганда T температурани бир хил деб бўлмайди.

Газ молекуласи эркин югуриш йўлининг ўртача узунлиги

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{z} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 \cdot n}$$

Бунда \bar{v} —ўртача арифметик тезлик, \bar{z} - ҳар бир молекуланинг қолган молекулалар билан вақт бирлиги ичида ўртача тўқнашишлар сони, σ — молекуланинг эффе́ктив диаметри ва n — ҳажм бирлигидаги молекулалар сони.

Барча молекулаларни вақт бирлиги ичида бир бирлик ҳажмда умумий тўқнашишлар сони қуйидагига тенг.

$$Z = \frac{1}{2} \bar{z} n$$

Диффузия натижасида Δt вақт ичида кўчирилган масса m қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = -D \frac{\Delta\rho}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t$$

бунда $\frac{\Delta\rho}{\Delta x}$ - юз ΔS га тик йўналишдаги зичлик градиенти , D — диффузия коэффициентини бўлиб, қуйидагига тенг.

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}$$

Бу ерда \bar{v} - ўртача тезлик, $\bar{\lambda}$ -молекула эркин югириш йўлининг ўртача узунлиги.

Газнинг Δt вақт ичида кўчирилган импульси газдаги ички ишқаланиш кучи F ни аниқлайди:

$$F = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \Delta S$$

бунда $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ — юз ΔS га тик йўналишдаги газ оқимининг тезлик градиенти, η ички ишқаланиш коэффициентини динамик ёпишқоқлик.

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \rho$$

Иссиқлик ўтказувчанлик натижасида Δt вақт ичида кўчирилган иссиқлик миқдори қуйидагига тенг:

$$Q = -K \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t$$

бунда $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ - юз ΔS га тик йўналишдаги температура градиенте, K - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини у:

$$K = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} C_v \rho$$

Термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин

$$dQ = dW + dA,$$

бунда dQ — газ олган иссиқлик миқдори, dW — газ ички энергиясининг ўзгариши ва $dA = pdV$ газнинг ҳажми ўзгарганда унинг бажарган иши. Газнинг ички энергиясининг ўзгариши

$$dW = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R dT,$$

бунда dT — температуранинг ўзгариши.. Газнинг ҳажми ўзгарганда бажарилган тўла иш

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Газнинг ҳажми изотермик ўзгарганда бажарилган иш,

$$A_{\text{из}} = RT \frac{m}{\mu} \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Адиабатик жараёнда газ босими билан ҳажмининг ўзаро боғланиши Пуассон тенгламаси билан ифодаланади

$$pV^\gamma = \text{const},$$

яъни

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma$$

бунда

$$\chi = \frac{C_p}{C_v}$$

Пуассон тенгламасини қуйидаги кўринишда ҳам ёзиш мумкин

$$TV^{\chi-1} = \text{const}, \quad \text{ёки} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\chi-1}$$

яъни

$$TP^{(1-\chi)/\chi} = \text{const}, \quad \text{ёки} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\chi/(1-\chi)} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(1-\chi)/\chi}$$

Газнинг ҳажми адиабатик ўзгарганда бажарилган иш қуйидаги формуладан топилади:

$$A_{\text{ад}} = \frac{RT_1}{\chi-1} \frac{m}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\chi-1} \right] = \frac{RT_1}{\chi-1} \frac{m}{\mu} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{pV_1(T_1 - T_2)}{(\chi-1)T_1},$$

бунда p_1 ва V_1 — газнинг T_1 температурадаги босими ва ҳажми.

Полиетропик жараёнининг тенгламаси қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$pV^n = \text{const}, \quad \text{ёки} \quad P_1V_1^n = P_2V_2^n,$$

бунда n — полиетроп кўрсаткичи ($1 < n < \chi$).

Иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициентини (Ф.И.К.)

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

бунда Q_1 — ишчи жисмга берилган иссиқлик миқдори ва Q_2 — совитгичга берилган иссиқлик миқдори.

Карнонинг идеал цикли учун

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

бунда T_1 — иситгичнинг температураси, T_2 — совитгичнинг температураси.

Ииккита А ва В ҳолатдаги энтропиянинг $S_B - S_A$ фарқи қуйидаги

формуладан аниқланади:

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

5.1. $m=2$ г азот $p=0,2$ МПа босим остида $V=820$ см³ ҳажми эгалласа, унинг температураси t қандай бўлади?

5.2. $t=20^\circ\text{C}$ температура ва $p=100$ кПа босимда 10 г кислород қандай ҳажми эгаллайди?

5.3. Сифими $V=12$ л бўлган баллонда $p=8,1$ МПа босим ва $t=17^\circ\text{C}$ температурада азот тўлдирилган. Баллонда қанча m азот бор?

5.4. Оғи маҳкам беркитилган шиша идишдаги ҳавонинг температура-тураси $t_1=7^\circ\text{C}$, босими $p=100$ кПа. Шиша идиш иситилганда, ундаги ҳаво босими $p=130$ кПа га етганда тикин отилган. Шиша идиш қандай t температурагача иситилганлиги топилсин.

5.5. $m = 6,4$ кг массали кислород сиғадиган баллон девори $t = 20^{\circ}\text{C}$ температурада $p = 15,7$ МПа босимга чидаса, унинг энг кичик ҳажми V қандай бўлади?

5.6. Баллонда $p_1 = 10$ МПа босимли $m_1 = 10$ кг газ бўлган. Баллондаги босим $p_2 = 2,5$ МПа га тенг бўлиши учун баллондан қанча Δm миқдордаги азотни олиш керак? Азотнинг температураси ўзгармас деб ҳисоблансин.

5.7. $t = 27^{\circ}\text{C}$ температурада ва $p = 100$ кПа босимда $V = 25$ л ҳажмни эгаллаши учун олтингугурт газ (SO_2) нинг массаси m топилсин.

5.8. Баландлиги $h = 5$ м ва полининг юзи $S = 200$ м² бўлган аудиториядаги ҳавонинг массаси топилсин. Бинонинг температураси $t = 17^{\circ}\text{C}$, босими $p = 100$ кПа га тенг. Бир моль ҳавонинг массаси $\mu = 0,029$ кг/моль деб олинсин.

5.9. Қишда бинони тўлдириб турган ($t = 7^{\circ}\text{C}$) ҳавонинг ρ_1 зичлиги ёздаги (37°C) ҳавонинг ρ_2 зичлигида неча марта катта? Босим бир хил деб олинсин.

5.10. а) $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ ва б) $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$ температуралар учун $m = 0,5$ г водороднинг изотермалари чизилсин.

5.11. а) $t_1 = 29^{\circ}\text{C}$ ва б) $t_2 = 180^{\circ}\text{C}$ температуралар учун $m = 15,5$ г кислороднинг изотермалари чизилсин.

5.12. Газ солинган $V = 10$ м³ ҳажмли баллонда $t = 17^{\circ}\text{C}$ температура ва $p = 96$ кПа босимда қанча v миқдорда газ бўлади?

5.13. $V = 4$ л ҳажмли ёпиқ идишдаги $t = 20^{\circ}\text{C}$ температурали $m = 5$ г азот $t = 40^{\circ}\text{C}$ температурагача иситилгай. Газнинг иситилишдан олдинги p_1 ва кейинги p_2 босими топилсин.

5.14. Ҳавоси сўриб олинган учи кавшарлаб қўйилган горизонтал капиллярнинг ўртасида $l = 20$ см узунлигидаги симоб устуни бор. Агар капиллярни вертикал қилиб қўйилса, симоб устуни $\Delta l = 10$ см силжийди. Капиллярдаги ҳаво қанча p_0 босимгача сўриб олинган? Капиллярнинг узунлиги $L = 1$ м.

5.15. «1 тонна қўрғошин оғирми ёки 1 тонна пўкакми?» деган ҳазил савол ҳаммага маълум. Ҳавода ўлчанганда $9,8$ кН келган пўкакнинг ҳақиқий оғирлиги, ҳавода худди шундай $9,8$ кН келган қўрғошиннинг ҳақиқий оғирлигидан қанча катта экани ҳисоблансин. Ҳавонинг температураси $t = 17^{\circ}\text{C}$, босими эса $p = 100$ кПа га тенг.

5.16. Водород тўлдирилган $r = 12,5$ см радиусли болалар шарчасининг натижавий кўтарилиш кучи $F = 0$ га тенг бўлиши, яъни шарча муаллақ вазиятда бўлиши учун шарча қобиғининг оғирлиги P қандай бўлиши керак? Шарчанинг ички босими ташқи босимга тенг.

5.17. $t = 50^{\circ}\text{C}$ температурада тўйинган сув буғининг эластиклиги $p = 12,3$ кПа га тенг бўлса, бу буғнинг зичлиги ρ нимага тенг?

5.18. $t = 15^{\circ}\text{C}$ температура ва $p = 97,3$ кПа босимдаги водороднинг зичлиги ρ топилсин.

5.19. $t = 10^{\circ}\text{C}$ температура ва $p = 200$ кПа босимдаги бирор газнинг зичлиги $\rho = 0,34$ кг/м³ га тенг. Бу газ моляр массаси μ нимага тенг?

5.20. Идишдаги ҳаво $p = 1,33 \cdot 10^{-9}$ Па гача сўриб олинган бўлса, идишдаги

ҳавонинг зичлиги ρ нимага тенг? Ҳавонинг температураси $t=15^{\circ}\text{C}$ га тенг.

5.21. $t_1=7^{\circ}\text{C}$ температурали $m=12$ г газ $V=4$ л ҳажми эгаллайдн. Газ ўзгармас босимда иситилганда унинг зичлиги $\rho=0.6$ $\text{кг}/\text{м}^3$ га тенг бўлиб қолган. Газ қандай t_2 температурагача иситилган?

5.22. $m=10$ г кислород $t=10^{\circ}\text{C}$ температура ва $p=304$ кПа босимда турибди. У ўзгармас босимда қиздирилгандан сўнг кенгайиб $V_2=10$ л ҳажми эгаллайди. Газнинг кенгайгандан олдинги V_1 ҳажми, кенгайгандан кейинги t_2 температураси, кенгайишдан олдинги ρ_1 ва кенгайгандан кейинги зичлиги ρ_2 топилсин.

5.23. Кавшарланган идиш ҳажмининг ярмигача сув тўлдирилган.. $t=400^{\circ}\text{C}$ температурада сувнинг тўлиқ, буғга айланиши маълум бўлса, бу температурада сув буғнинг босими p ва ρ зичлиги топилсин.

5.24. Кислород зичлиги ρ нинг а) $T = \text{const} = 390$ К температурада $0 \leq p \leq 400$ кПа интервалда 50 кПа оралатиб p босимга боғланиш, б) $p = \text{const} = 400$ кПа босимда 200 К $\leq T \leq 300$ К интервалда 20 К оралатиб T температура га боғланиш графиги чизилсин.

5.25. Сифими $v=1$ м^3 бўлган берк идишда $m_1=0,9$ кг сув ва $m_2=1,6$ кг кислород бор. $T=500$ К температурада сувнинг тўлиқ, буғга айланиши маълум бўлса, бу температурада идишдаги босим p топилсин.

5.26. $V_1=3$ л сиримли 1 идишда $p_1=0,2$ кПа босимда газ бор. $V_2=4$ л сифими 2 идишда $p=0,1$ МПа босимда худди ўшанча газ бор. Иккала идишда ҳам температуралар бир хил. 1 ва 2 идишлар найча билан туташтирилса, газ босими p қандай бўлади?

5.27. $V=2$ л ҳажмли идиш $m_1=6$ г карбонат ангидрид (CO_2) ва m_2 азот (1)-оксиди (N_2O) билан тўлдирилган. $T=127^{\circ}\text{C}$ температурада идишдаги аралашманинг умумий босими p қандай?

5.28. Идишда $t=10^{\circ}\text{C}$ температурада ва $p=1$ МПа босимда $m_1=14$ г азот ва $m_2=9$ г водород бор. Аралашманинг μ моляр массаси ва идишнинг V ҳажми топилсин.

5.29 Нормал шароитда ҳажми $V=2$ л берк идишга ҳаво тўлдирилган. Идишга диэтил эфири ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) юборилган. Ҳамма эфир буғланиб кетгандан кейин, идишдаги босим $p=0,14$ МПа га тенг бўлиб қолган. Идишга қандай m массали эфир юборилган?

5.30 $V=5$ л сиримли идишда $m=1$ г буғсимон иод (I_2) бор. $t=1000^{\circ}\text{C}$ температурада идишдаги босим $p_u=93,3$ кПа га тенг бўлган. Иод молекуласининг иод атомларига диссоциацияланиш даражаси α топилсин. Иод молекуласининг моляр массаси $\mu=0,254$ $\text{кг}/\text{кмоль}$ га тенг.

5.31. Идишда карбонат ангидрид гази бор. Бирор температурада карбонат ангидрид газининг кислородга ва карбон оксидига диссоциацияланиш даражаси $\alpha=0,25$ га тенг. Бу шароитдаги босим карбонат ангидрид гази молекулалари диссоциацияланмагандаги босимдан неча марта катта бўлади?

5.32. Ҳаво (массаси бўйича) 23,6 % қисми кислороддан ва 76,4 % қисми азотдан ташкил топган деб ҳисоблаб, ҳавонинг $p=100$ кПа босимда ва $t=13^{\circ}\text{C}$

температурадаги ρ зичлиги топилсин. Бу шароитда кислород ва азотнинг p_1 ва p_2 порциал босимлари топилсин.

5.33. Идишда $m_1=10$ г карбонат ангидрид газдан ва $m_2=15$ г азотдан иборат аралашма бор. Бу аралашманинг $t=27^\circ\text{C}$ температура ва $p=150$ кПа босимда зичлиги ρ топилсин.

5.34. а) водород, б) гелий атомларининг m_0 массаси топилсин.

5.35. $g=600$ м/с тезлик билан учиб келаётган азотнинг молекуласи идиш деворига нормал равишда урилиб, ундан тезлигини йўқотмасдан эластик қайтади. Урилиш вақтида идиш деворининг олган $F \Delta t$ куч импульси топилсин.

5.36. $g=500$ м/к тезлик билан учиб келаётган аргон молекуласи идиш деворига эластик урилади. Молекула тезлигининг йўналиши билан идиш деворига ўтказилган нормал орасидаги бурчак $\alpha=60^\circ$ ни ташкил қилади. Урилиш вақтида идиш деворининг олган $F \Delta t$ куч импульси топилсин.

5.37. $g=430$ м/с тезлик билан учиб кетаётган азот молекуласининг ҳаракат миқдори mv топилсин.

5.38. Сув буғининг масса бирлигида қанча n молекула бўлади?

5.39. $V=4$ л СИРИМЛИ идишда $m=1$ г водород бор. Бу идишнинг ҳажм бирлигида қанча n молекула бўлади?

5.40. $t=17^\circ\text{C}$ температура ва $p=100$ кПа босимда $V=80$ м³ ҳажмли хонада N қанча ҳаво молекуласи бўлади?

5.41. $t=10^\circ\text{C}$ температурада ва $p=1,33 \times 10^{-9}$ Па босимда идишнинг ҳажм бирлигида қанча n молекула бўлади?

5.42. Шиша идишда яхши вакуум олиш учун адсорбцияланган газни чиқаришда идиш деворларини қиздириш зарур. Агар адсорбцияланган газ молекулалари идиш деворидан идиш ичига ўтса, у ҳолда $r=10$ см радиусли сферик идишдаги босимнинг қанчага ортиши ҳисоблансин. Адсорбция қатламини мономолекуляр қатлам деб, молекуланинг кўндаланг кесим юзини эса $S_0=10^{-19}$ м² деб олинсин. Идишдаги газ температура $t=300^\circ\text{C}$.

5.43. Агар иоднинг диссоциация даражаси $\alpha=0,5$ бўлса, иод буғи (I_2) нинг масса бирлигида қанча n заррача бўлади? Молекуляр иоднинг моляр массаси $\mu=0,254$ кг/моль га тенг.

5.44. Диссоциация даражаси $\alpha=0,5$ га тенг бўлган $m=16$ г кислородда қанча N заррача бўлади?

5.45. Идишда $\nu_1=10^{-7}$ моль кислород ва $m_2=10^{-6}$ г азот бор. Аралашма - нинг температураси $t=100^\circ\text{C}$ га тенг. Бунда идишдаги босим $p=133$ мПа га тенг. Идишнинг V ҳажмини, кислород ва азотнинг p_1 ва p_2 парциал босимлари ва идишнинг ҳажм бирлигидаги молекулалар сони n топилсин.

5.46. Моляр массаси $\nu=0,029$ кг/кмоль га тенг бўлган хавони бир жинсли газ деб ҳисоблаб. $t=17^\circ\text{C}$ температурада ҳаво молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ топилсин.

5.47. Бир хил температурадаги гелий ва азот молекулалари ўртача квадратик тезликларининг нисбати топилсин.

5.48. Атом бомбаси портлаш пайтида температура тахминан $T \approx 10^7$ К гача

кўтарилади. Бундай температурада ҳамма молекулаларни атомларга диссоциацияланган, атомларни эса ионлашган ҳисоблаб, водород ионининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ топилсин.

5.49. Агар $p=266,6$ Па босимда водород молекуласининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}=2,4$ км/с га тенг бўлса, бу шароитда ҳажм бирлигидаги водород молекулаларининг сони n топилсин.

5.50. Бирор газнинг зичлиги $\rho=0,06$ кг/м³ га, молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги эса $\sqrt{\langle v \rangle^2}=500$ м/с га тенг. Газнинг идиш деворига таъсир қилган босими p топилсин.

5.51 Ҳаводаги муаллақ, чанг ўртача квадратик тезлиги ҳаво молекула сининг ўртача квадратик тезлигидан неча марта кам? Чангнинг массаси $m=10^{-8}$ г. Ҳавонинг моляр массаси $\mu=0,029$ кг/моль га тенг бўлган бир жинсли газ деб ҳисоблансин.

5.52. $t=20^\circ$ С температурада водород молекуласининг ҳаракат миқдори топилсин.. Молекуланинг тезлигини ўртача квадратик тезликка тенг деб ҳисоблансин.

5.53. $V=2$ л ҳажмли идишда $p=90,6$ кПа босимли $m=10$ г кислород бор. Газ молекулаларининг $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ ўртача квадратик тезлиги, 2) идишдаги молекулаларининг N сони, 3) газнинг зичлиги ρ топилсин.

5.54. $\sigma=1$ мкм диаметрли гуммигут заррачалари броун ҳаракатида иштирок қилади. Гуммигутнинг зичлиги $\rho=1 \cdot 10^3$ кг/м³. $t=0^\circ$ С температурада гуммигут заррачаларининг ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5.55. Бирор газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}=450$ м/с га тенг. Газнинг босими $5 \cdot 10^4$ н/м² га тенг. Бу шароитда газнинг зичлиги ρ топилсин.

5.56. $p=100$ кПа босимда зичлиги $\rho=8,2 \cdot 10^{-6}$ г/см³ га тенг бўлган газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ топилсин. Агар зичликнинг бу қиймати $t=17^\circ$ С температура учун берилган бўлса, бу газнинг моляр массаси μ нимага тенг?

5.57. Нормал шароитда бирор газнинг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}=461$ м/с га тенг. Бу газнинг $m=1$ г даги молекулаларининг сони n канча?

5.58. $t=10^\circ$ С температурада $m=20$ г кислороднинг иссиқлик ҳаракат энергияси W нимага тенг? Бу энергиянинг қанча қисми молекулаларнинг илгарилама ҳаракатига ва қанча қисми айланма ҳаракатига туғри келади?

5.59. $t=15^\circ$ С температурада ҳавонинг $m=1$ г ни ички энергияси W топилсин. Ҳавони моляр массаси $\mu=0,029$ кг/моль га тенг бўлган бир жинсли газ деб ҳисоблансин.

5.60. $t=7^\circ$ С температурада $m=1$ кг даги азот молекулаларининг $W_{\text{айл}}$ айланма ҳаракатининг ички энергияси нимага тенг?

5.61. $p=150$ кПа босимда бўлган $V=2$ л ҳажмли идишдаги икки атомли газ

молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси W нимага тенг?

5.62. $V=0,02 \text{ м}^3$ ҳажмли баллондаги азот молекулалари илгарилама ҳаракатининг кинетик энергияси $W=5 \text{ кЖ}$ га, ўтача квадратик тезлиги эса $\sqrt{\langle v \rangle^2} = 2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ га тенг. Баллондаги азотнинг m массаси ва азот қандай p босимда бўлганлиги топилсин.

5.63. Гелийнинг атомлари Ернинг тортиш кучини енгиб, Ер атмосферасини бутинлай ташлаб кетиши учун гелий атомлари иссиқлик ҳаракатининг энергияси қандай T температурада етарлича бўлади? Шунга ўхшаш масала Ой учун ечилсин.

5.64. $p=80 \text{ кПа}$ босимда зичлиги $\rho = 4 \text{ кг/м}^3$ бўлган $m=1 \text{ кг}$ икки атомли газ бор. Бу шароитда газ молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси W топилсин.

5.65. $p=5,3 \text{ кПа}$ босимда ва $t=27^\circ\text{C}$ температурада $V=10 \text{ см}^3$ ҳажмни эгаллаган икки атомли газ молекулаларининг сони N қанча? Бу молекула - ларнинг иссиқлик ҳаракати энергияси W қанча?

5.66. а) $V = \text{const}$ ва б) $p = \text{const}$ бўлганда кислороднинг солиштирма иссиқлик сифими c топилсин.

5.67. Ўзгармас босимда қуйидаги газларнинг: а) водород хлорид, б) неон, в) азот икки оксиди, г) углерод оксиди ва д) симоб буғининг солиштирма иссиқлик сифимлари c_p топилсин.

5.68. Ўзгармас босимда кислород учун солиштирма иссиқлик сифими ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сифимига нисбати c_p/c_v топилсин.

5.69. Бирор икки атомли газнинг ўзгармас босимда солиштирма иссиқлик сифими $c_p=14,7 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$ га тенг. Бу газнинг моляр массаси μ нимага тенг?

5.70. Агар бирор икки атомли газнинг нормал шароитда зичлиги $\rho=1,43 \text{ кг/м}^3$ бўлса, бу газнинг c_v ва c_p солиштирма иссиқлик сифимлари нимага тенг?

5.71. Агар бирор газнинг моляр массаси $\mu=0,03 \text{ кг/моль}$ га тенглиги ва унинг учун $c_p/c_v = 1,4$ нисбат маълум бўлса, газнинг c_v ва c_p солиштирма иссиқлик сифимлари толилсин.

5.72. Қалдирак газ (водород билан кислороднинг портловчи аралаш - маси)нинг иссиқлик сифими C' шу газ ёнганда ҳосил бўлган сув буғининг иссиқлик сифими C'' дан неча марта катта? Масала: а) $V = \text{const}$, б) $p = \text{const}$ ҳоллар учун ечилсин.

5.73. Агар кислороднинг ўзгармас босимда солиштирма иссиқлик сифими $c_p=1,05 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$ га тенг бўлса, унинг диссоциация даражаси α нимага тенг?

5.74. Диссоциация даражаси $\alpha=0,5$ га тенг бўлган. буғсимон иоднинг c_v ва c_p солиштирма иссиқлик сифимлари топилсин. Иод (I_2) молекуласининг моляр массаси $\mu=0,254 \text{ кг/моль}$ га тенг.

5.75. Агар азот учун нисбатнинг $c_p/c_v = 1,47$ га тенглиги маълум бўлса, унинг диссоциация даражаси α нимага тенглиги топилсин.

5.76. $\nu_1=3 \text{ кмоль}$ аргон ва $\nu_2=2 \text{ кмоль}$ азотдан иборат бўлган газ аралашмасининг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими C_p топилсин.

5.77. $m_1=8$ г гелий ва $m_2=16$ г кислороддан иборат бўлган газ аралашмаси учун c_p/c_v нисбат топилсин.

5.78. $\nu_1 = 1$ кмоль кислород ва қанчадир m_2 массали аргондан иборат бўлган газ аралашмасининг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими $C_p = 1,05$ Ж/(кг·К) га тенг. Газ аралашмасида қанча m_2 массали аргон бор?

5.79. $t=10^\circ\text{C}$ температурада $m=10$ г кислород $p=0,3$ МПа ўзгармас босимда иситилгандан кейин газ кенгайиб $V=10$ л ҳажмни эгаллайди. а) Газнинг олган иссиқлик миқдори, б) газ молекулаларининг иситилгандан олдинги ва кейинги иссиқлик ҳаракати энергияси топилсин.

5.80. $V=2$ л ҳажмли ёпик идишда $t=10^\circ\text{C}$ температурада $m=12$ г азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим $p=1,33$ МПа га тенг бўлган. Иситишда газга қанча Q иссиқлик миқдори берилган?

5.81. $p=0,1$ МПа босимда $V=2$ л азот бор. Агар: а) $p = \text{const}$ бўлганда, унинг ҳажмини икки барабар орттириш учун, б) $V = \text{const}$ бўлганда, унинг босимини икки марта орттириш учун қанчадан Q иссиқлик миқдори бериш керак?

5.82. Ёпик идишда $t_1=27^\circ\text{C}$ температура ва $p=0,1$ МПа босимда $m=14$ г азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим 5 марта ортган. а) Газнинг қандай t_2 температурагача иситилганлиги, б) идишнинг V ҳажми, в) газга берилган Q иссиқлик миқдори топилсин.

5.83. $m=12$ г кислородни ўзгармас босимда $\Delta t=50^\circ\text{C}$ га иситиш учун қанча Q иссиқлик миқдори сарфлаш керак?

5.84. $m=40$ г кислородни $t_1=16^\circ\text{C}$ дан $t_2=40^\circ\text{C}$ гача иситиш учун $Q=628$ Ж иссиқлик сарф бўлган. Газ қандай шароитда иситилган? (ўзгармас ҳажмдами ёки ўзгармас босимдами?)

5.85. Ёпик идишда $p=0,1$ МПа босимда $V=10$ л ҳаво бор. Идишдаги босимни 5 марта орттириш учун ҳавога қанча Q иссиқлик миқдори бериш керак?

5.86. $Q=222$ Ж иссиқлик миқдори бериб, $p = \text{const}$ босимда карбонат ангидрид газининг қанча m массасини $t_1=20^\circ\text{C}$ дан $t_2=100^\circ\text{C}$ гача иситиш мумкин? а) Бунда битта молекуланинг кинетик энергияси қанчага ортади?

5.87. $V=2$ л ҳажмли ёпик идишда зичлиги $\rho = 1,4$ кг/м³ га тенг азот бор. Азотни $\Delta T=100$ К гача иситиш учун унга қанча Q иссиқлик миқдори бериш керак?

5.88. $V=3$ л ҳажмли ёпик идишда $p_1=0,3$ МПа босимда $\Delta t_1=27^\circ\text{C}$ температурали азот бор. Иситилгандан кейин идишдаги босим $p_2=2,5$ МПа гача кўтарилган. Иситилгандан кейинги азотнинг t_2 температураси ва азотга берилган Q иссиқлик миқдори топилсин.

5.89. Бирор миқдордаги газни $p=\text{const}$ ўзгармас босимда $\Delta t_1=50^\circ\text{C}$ га иситиш учун $Q_1=670$ Ж иссиқлик миқдори сарф қилиш керак. Агар шу миқдордаги газни $V=\text{const}$ ўзгармас ҳажмда $\Delta t_2=100^\circ\text{C}$ га совитилса, $Q_2=1005$ Ж иссиқлик миқдори ажралади. Бу газ молекулалари қандай сонли эркинлик даражасига эга бўлади?

5.90. Ёпик идишда $t_1=7^\circ\text{C}$ температурали $m=10$ г азот бор.

Азот молекуласининг ўртача квадратик тезлигини икки барабар орттириш учун унга қанча Q иссиқлик бериш керак? Бунда газ температураси ва газнинг идиш деворига бўлган босими неча марта ортади?

5.91. $V=2$ л ҳажмли ёпик. Идишда $p=100$ кПа босимда $t=20^\circ\text{C}$ температурали гелий бор? Гелий температурасини $\Delta t=100^\circ\text{C}$ га орттириш учун унга қанча Q иссиқлик миқдори бериш керак? Янги температурада газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2}$, p_2 босими, ρ_2 зичлиги ва унинг молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси W қандай бўлади?

5.92. Нормал шароитда $V=2$ л ҳажмли ёпик. идишда m грамм азот ва m грамм аргон бор. Бу газ аралашмасини $\Delta t=100^\circ\text{C}$ га иситиш учун унга қанча иссиқлик миқдори бериш керак?

5.93. $p=40$ кПа босимда зичлиги $\rho = 0,3$ кг/м³ бўлган газ молекулалари-нинг $\langle \vartheta \rangle$ ўртача арифметик, $\sqrt{\langle v \rangle^2}$, ўртача квадратик ва $\vartheta_{\text{эх}}$ энг катта эҳтимолли тезликлари топилсин.

5.94. Қандай температурада азот молекулаларининг $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ ўртача квадратик тезлиги, уларнинг энг катта эҳтимолли тезлигидан $\vartheta = 50$ м/с га ортиқ бўлади?

5.95. $t = 0^\circ\text{C}$ да кислород молекулаларининг қанча қисми 100 м/с дан 0 м/с гача ораликдаги ϑ тезликларга эга бўлади?

5.96. $t=150^\circ\text{C}$ да азот молекулаларининг қанча қисми 300 м/с дан 325 м/с гача ораликдаги ϑ тезликларга эга бўлади?

5.97. $t=0^\circ\text{C}$ да водород молекулаларининг қанча қисми 2000 м/с дан 2100 м/с гача ораликдаги ϑ тезликларга эга бўлади?

5.98. Тезликлари $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ дан $\sqrt{\langle v \rangle^2} + \Delta\vartheta$ гача интервалда ётган молекулаларнинг ΔN_2 сони, тезликлари $\vartheta_{\text{эх}}$ дан $\vartheta_{\text{эх}} + \Delta\vartheta$ гача интервалда ётган молекулаларнинг сони ΔN_1 дан неча марта кичик?

5.99. T температурада азот молекулаларининг қандай қисми $\vartheta_{\text{эх}}$ ва $\vartheta_{\text{эх}} + \Delta\vartheta$ интервалдаги тезликларга эга бўлади, бунда $\Delta\vartheta = 20$ м/с? Масала: а) $T = 400$ К ва б) $T = 900$ К учун ечилсин.

5.100. $t = 150^\circ\text{C}$ температурада азот молекулаларининг қандай қисми $\vartheta = 300$ м/с дан $v_2 = 800$ м/с гача интервалдаги тезликларга эга бўлади?

5.101. Молекулалар умумий сони N нингқандай қисми: а) энг катта эҳтимолли тезлик $\vartheta_{\text{эх}}$ дан катта тезликларга, б) энг катта эҳтимолли тезлик $\vartheta_{\text{эх}}$ дан кичик тезликларга эга бўлади?

5.102. Баллонда $m=2,5$ г кислород бор. Тезликлари $\sqrt{\langle v \rangle^2}$ ўртача квадратик тезликдан катта бўлган кислород молекулаларининг N_x сони топилсин.

5.103. Идишда $T=1600$ К температурали $m=8$ г кислород бор. Илгарилама ҳаракатининг кинетик энергияси $W_0 = 6,65 \cdot 10^{-20}$ Ж дан юқори бўлган кислород молекулаларининг N_x сони қандай?

5.104. Зарядли заррачанинг энергияси кўпинча электрон-вольтларда ўлчанади.: 1 эВ - электроннинг потенциаллар айирмаси 1 В бўлган электр

майдонидан ўтганда олган энергиясидир, бунда $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ж}$ эканлигини кўрсатиш мумкин. Қандай T_0 температурада молекулалар илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси $W_0=1 \text{ эВ}$ га тенг? Қандай температурада ҳамма молекулалар 50 % ининг илгарилама ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси $W_0=1 \text{ эВ}$ дан юқори бўлишлиги топилсин.

5.105. Калий атомларининг ионизация иши учун $W_i= 418,68 \text{ кЖ/моль}$ моляр энергия зарур. Илгариланма ҳаракатдаги барча молекулаларнинг 10 % нинг моляр кинетик энергияси, калийнинг битта атомини ионлаштириш учун зарур бўлган энергиядан қандай T температурада катта бўлишлиги топилсин.

5.106. Обсерватория денгиз сатхидан $h=3250 \text{ м}$ баландликда жойлашган. Хавонинг шу баландликдаги p босими топилсин. Хавонинг температураси ўзгармас ва $t=5^\circ \text{С}$ га тенг деб ҳисоблансин. Хавонинг моляр массаси $\mu=29 \text{ кг/моль}$ га тенг. Денгиз сатҳидаги хавонинг босими $p_0=101,3 \text{ кПа}$ га тенг.

5.107. Қандай h баландликда хавонинг босими денгиз сатҳидаги босимнинг 75 % ини ташкил қилади? Температура ўзгармас ва $t=0^\circ \text{С}$ га тенг деб ҳисоблансин.

5.108. Пассажир самолёти $h_1=8300 \text{ м}$ баландликда учади. Пассажирларни кислород маскаси билан таъминламаслик учун компрессор ёрдамида $h_2=2700 \text{ м}$ баландликдаги босимга тенг доимий босим тутиб турилади. Кабина ичидаги ва ташқаридаги Δp босимларнинг фарқи топилсин. Ташқардаги хавонинг ўртача температураси $t=0^\circ \text{С}$ деб қабул қилинсин.

5.109. Олдинги масалада кабинанинг ташқарисидаги хавонинг температураси $t_1= - 20^\circ \text{С}$ ва кабинанинг ичидаги температура $t=+20^\circ \text{С}$ бўлса, бу ҳолда кабинадаги хавонинг зичлиги ρ_2 ташқаридаги хавонинг зичлиги ρ_1 дан неча марта катта бўлади?

5.110. а) Ернинг сиртида, б) Ер сиртидан $h=4 \text{ км}$ баландликда хавонинг зичлиги ρ қанча? Хавонинг температурасини ўзгармас ва $t=0^\circ \text{С}$ га тенг деб олинсин. Ер сиртида хавонинг босими $p_0=100 \text{ кПа}$ га тенг.

5.111. Қандай h баландликда газ денгиз сатҳидаги зичлигининг 50 % зичлигидек зичликка эга бўлади? Температурани ўзгармас ва $t=0^\circ \text{С}$ га тенг деб ҳисоблансин. Масалани: а) ҳаво ва б) водород учун ечинг.

5.112. Перрен микроскоп ёрдамида муаллақ гуммигут заррачалар концентрациясининг баландликка қараб ўзгаришини кузатади ва барометрик формулани қўллаб, экспериментал равишда N_A Авогадро сонининг қийматини топди. Перрен тажрибаларидан бирида қатламларнинг ораси $\Delta h=100 \text{ мкм}$ бўлганда пастки қатламдаги муаллақ гуммигут заррачаларнинг сони юқори қатламдагидан икки марта кўп эканлигини аниқлади. Гуммигутнинг температураси $t=20^\circ \text{С}$. $\sigma=0,3 \text{ мкм}$ диаметрли гуммигут заррачалари зичлиги, заррачалар зичлигидан $\Delta\rho=0,2 \text{ г/см}^3$ га кам бўлган суқликда муаллақ турибди. Бу берилганларга асосан N_A Авогадро сони топилсин.

5.113. $t=100^\circ \text{С}$ температура ва $p=13,3 \text{ Па}$ босимда карбонат ангидрид молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли λ аниқлансин. Карбонат

ангидрид молекуласининг диаметрини $\sigma = 0,32$ нм га тенг деб олинсин.

5.114. Ернинг сунъий йўлдошига ўрнатилган ионизацион манометр ёрдамида Ер сиртидан $h=300$ км баландликдаги атмосферанинг $n=10^{15} \text{ м}^{-3}$ ҳажмида бир миллиардга яқин газ заррачалари] мавжудлиги аниқланди. Шу баландликдаги газ заррачаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин. Заррачаларнинг диаметрини $\sigma = 0,2$ нм га тенг деб олинсин.

5.115. Нормал шароитда ҳаво молекуласининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини шартли ҳолда $\sigma = 0,3$ нм га тенг деб олинсин.

5.116. Агар $t=100^\circ\text{C}$ температурада карбонат ангидрид молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 870$ мкм га тенг бўлса, молекулаларнинг вақт бирлиги ичидаги ўртача тўқнашишлари сони $\langle z \rangle$ топилсин.

5.117. $t=27^\circ\text{C}$ температура ва $p=53,33$ кПа босимда азот молекулаларининг вақт бирлиги ичидаги ўртача тўқнашишлари сони $\langle z \rangle$ топилсин.

5.118. Нормал шароитда $V=0,5$ л ҳажмли идишда кислород бор. Бу ҳажмдаги кислород молекулаларининг вақт бирлиги ичидаги умумий тўқнашишлари сони Z топилсин.

5.119. Агар икки атомли газнинг ҳажми адиабатик равишда 2 баравар орттирилса, газ молекулаларининг вақт бирлиги ичидаги тўқнашишлар сони $\langle z \rangle$ неча марта камайди?

5.120. $t=17^\circ\text{C}$ температура ва $p=10$ кПа босимда азот молекулалари -нинг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин.

5.121. Гелийнинг зичлиги $\rho = 0,021 \text{ кг/м}^3$ бўлганда гелий атомларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин.

5.122. $t=50^\circ\text{C}$ температура ва $p = 0,133$ Па босимда водород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин.

5.123. $t=0^\circ\text{C}$ температура ва бирор босимда кислород молекулалари -нинг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 95$ нм га тенг. Агар шу температурада идишдаги кислороднинг босимини даслабки босимга нисбатан 100 марта камайтирилса, кислород молекулаларининг вақт бирлиги ичидаги ўртача тўқнашишлари сони $\langle z \rangle$ нимага тенг?

5.124. Маълум бир шароитда газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 160$ нм га ва ўртача арифметик тезлиги эса $\langle v \rangle = 1,95$ км/с га тенг. Агар берилган температурада газнинг босимини 1,27 марта камайтирилса, бу газ молекулаларининг вақт бирлиги ичидаги ўртача тўқнашишлар сони $\langle z \rangle$ нимага тенг бўлади?

5.125. $V=100 \text{ см}^3$ ҳажмли колбада $m=0,5$ г азот бор. Шу шароитда азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин.

5.126. Идишда зичлиги $\langle \rho \rangle = 1,7$ кг/м³, шу шароитда молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 79$ нм га тенг бўлган карбонат ангидрид гази бор. Карбонат ангидрид гази молекулаларининг σ диаметри топилсин.

5.127. $t=10^\circ\text{C}$ температура ва $p=133$ Па. босимда азот молекулалари -нинг иккита кетма-кет тўқнашишлари орасидаги ўртача вақт $\langle \tau \rangle$ топилсин.

5.128. Идишдаги ҳавони босими $p=1,33 \times 10^{-4}$ Па гача сўриб олинган. Бу

холда идишдаги ҳавонинг зичлиги ρ , идишнинг ҳажм бирлигидаги молекулаларининг сони n ва молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметри $\sigma = 0,3$ нм. Ҳавонинг моляр массаси $\rho = 0,029$ кг/моль га тенг. Ҳаво температураси $t = 17^\circ\text{C}$ га тенг.

5.129. $D = 15$ см диаметрли сферик идишдаги газнинг молекулалари бири-бири билан тўқнашмаслиги учун ҳажм бирлигида энг кўпи билан қанча n молекула бўлиши керак? Газ молекуласининг диаметри $\sigma = 0,3$ нм га тенг.

5.130. Газнинг молекулалари бири-бири билан тўқнашмаслиги учун диаметри: а) $D = 1$ см, б) $D = 10$ см ва в) $D = 100$ см бўлган сферик идишнинг ичида қандай p босим ҳосил қилиш керак? Газ молекуласининг диаметри $\sigma = 0,3$ нм га тенг.

5.131. Разряд найида катод билан аноднинг ораси $d = 15$ см га тенг. Электронлар катоддан анодгача бўлган йўлда ҳавонинг молекулалари билан тўқнашмаслиги учун разряд найида қандай босим ҳосил қилиш керак. Температура $t = 27^\circ\text{C}$ га тенг. Ҳаво молекуласининг диаметри $\sigma = 0,3$ нм га тенг. Газда электронларнинг ўртача эркин югурнш йўли шу газ молекула - ларининг ўртача эркин югуриш йўлидан 5,7 марта катта.

5.132. $V = 1$ л ҳажмли сферик колбада азот бор. Азотнинг зичлиги ρ қандай бўлганда азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли идишнинг ўлчамидан катта бўлади?

5.133. Агар бирор газ молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 5$ мкм ва ўртача квадратик тезлиги $\langle v \rangle = 500$ м/с бўлса, шундай шароитда газ молекуласининг вақт бирлиги ичидаги ўртача тўқнашишлар сони $\langle z \rangle$ топилсин.

5.134. Агар нормал шароитда водород молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 0,16$ мкм га тенг бўлса, шундай шароитда водороднинг диффузия коэффициенти D топилсин.

5.135. Нормал шароитда гелийнинг диффузия коэффициенти D топилсин.

5.136. Водороднинг диффузия коэффициенти D нинг ўзгармас $p = \text{const} = 100$ кПа босимда T температурага боғланиш графиги $100\text{ К} \leq T \leq 600\text{ К}$ интервалда 100 К оралатиб чизилсин.

5.137. Агар юзага тик йўналишдаги азотнинг зичлик градиенти $\Delta\rho / \Delta x = 1,26$ кг/м⁴ га тенг бўлса, диффузия натижасида $S = 0,01$ м² юзадан $t = 10$ с да ўтган азотнинг m массаси топилсин. Азотнинг температура- си $t = 27^\circ\text{C}$; азот молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle = 10$ мкм.

5.138. Ўртача квадратик тезлиги $\sqrt{\langle v \rangle^2} = 632$ м/с ва ёпишқоқлик коэффициентини диффузия коэффициентига нисбати $\eta / D = 0,3$ кг/м³ тенг бўлиши учун газнинг p босими қандай бўлиши керак.

5.139. Агар гелийнинг $t = 0^\circ\text{C}$ температура ва $p = 101,3$ кПа босимда ички ишқаланиш коэффициенти $\eta = 13$ мкПа · с га тенг бўлса, шундай шароитда гелий молекулаларининг ўртача эркин югуриш йўли $\langle \lambda \rangle$ топилсин.

5.140. Агар нормал шароитда азотнинг диффузия коэффициенти $D = 1,42$ м²/с га тенг бўлса, шундай шароитда азотнинг ички ишқаланиш

коэффициенти η топилсин.

5.141. Агар $t=0^\circ\text{C}$ температурада кислороднинг ички иўқаланиш коэффициенти $\eta=18,8$ мкПа \cdot с га тенг бўлса, кислород молекуласининг диаметри σ топилсин.

5.142. Азот ички η ишқаланиш коэффициентининг T температурага боғланиш графиги $100\text{K} < T < 600\text{K}$ интервалда 100K дан оралатиб чизилсин.

5.143. $t=10^\circ\text{C}$ температура ва $p=101,3$ кПа босимда ҳавонинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини $\sigma=0,3$ нм га тенг деб олинсин.

5.144. Кислороднинг ички ишқаланиш коэффициенти азотнинг ички ишқаланиш коэффициентидан неча марта катта? Газларнинг температуралари бир хил.

5.145. Маълум бир шароитда водороднинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари мос равишда $D = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ва $\eta = 8,5$ мкПа \cdot с га тенг. Шундай шароитда бирлик ҳажмдаги водород молекулаларнинг сони n топилсин.

5.146. Кислороднинг диффузия ва ички ишқаланиш коэффициентлари мос равишда $D = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ ва $\eta = 19,5$ мкПа \cdot с га тенг. Шундай шароитда кислороднинг ρ зичлиги, кислород молекулаларнинг ўртача $\langle \lambda \rangle$ эркин югуриш йўли ва молекулаларининг $\langle v \rangle$ ўртача арифметик тезлиги топилсин.

5.147. $D=0,3$ мм диаметрли ёмғир томчиси қандай энг катта v тезликка эриша олади. Ҳаво молекуласининг диаметрини $\sigma=0,3$ нм га, ҳавонинг температурасини $t=0^\circ\text{C}$ га тенг деб олинсин. Ёмғир томчиси учун Стокс қонуни ўринли деб ҳисоблансин.

5.148. Самолёт $v = 360$ км/соат тезлик билан учмоқда. Ёпишқоқлик туфайли самолёт қаноти сиртидан $d=4$ см наридагн ҳаво қатлами самолётга эргашмайди деб ҳисоблаб, қанот сиртининг ҳар бир квадрат метрига таъсир қилувчи F_s уринма куч топилсин. Ҳаво молекулаларининг диаметрини $\sigma=0,3$ нм га, ҳавонинг температурасини $t=0^\circ\text{C}$ га тенг деб олинсин.

5.149. Иккита коаксиал цилиндрнинг оралигидаги фазо газ билан тўлдирилган. Цилиндрларнинг радиуслари мос равишда $r = 5$ см ва $R = 5,2$ см га тенг. Ички цилиндрнинг баландлиги эса $h = 25$ см га тенг. Ташқи цилиндр $n = 360$ айл/мин частотага мос тезлик билан айланадн. Ички цилиндрнинг ҳаракатсиз қолишлиги учун унга уринма равишда $F = 1,38$ мН куч қўйилиши керак. Биринчи яқинлашишда бу ҳолни ясси пластинкалар каби қараб, тажрибада берилганларга асосан цилиндрлар орасидаги газнинг ёпишқоқлик коэффициенти η топилсин.

5.150. Водороднинг ички ишқаланиш коэффициентини $\eta=8,6$ мкПа \cdot с га тенглиги маълум бўлса, шундай шароитда унинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти K топилсин.

5.151. $t=10^\circ\text{C}$ температура да ва $p=100$ кПа босимда ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти топилсин. Ҳаво молекуласининг диаметрини $\sigma=0,3$ нм га тенг деб олинсин.

5.152. Водороднинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини температурага боғланиш графиги $100\text{ K} \leq T \leq 600\text{ K}$ интервалда 100 K дан оралатиб чизилсин.

5.153. $V = 2$ л ҳажмли идишда икки атомли газнинг $n=4 \cdot 10^{22}$ та молекуласи бор. Газнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $K=0,014$

$\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ га тенг. Шундай шароитда газнинг диффузия коэффициенти D топилсин.

5.154. Бир хил температура ва босимда карбонат ангидрид ва азот берилган. Бу газлар учун: а) диффузия, б) ички ишқаланиш ва в) иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентларининг иисбатлари топилсин. Бу газлар молекуласининг диаметрлари бир хил деб ҳисоблансин.

5.155. Дьюар идишининг деворлари орасидаги масофа $d=8\text{ мм}$ га тенг. Ҳавоси сўриб олинаётганда, қандай босимдан бошлаб Дьюар идишининг деворлари орасидаги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентни камайиб боради? Ҳавонинг температурасини $t=17^\circ\text{C}$ га, ҳаво молекуласининг диаметрини $\sigma=0,3\text{ нм}$ га тенг деб олинсин.

5.156. Ички радиуси $r_1=9\text{ см}$, ташқи радиуси $r_2=10\text{ см}$ ва баландлиги $h=20\text{ см}$ бўлган цилиндрик термос муз билан тўлдирилган. Музнинг температураси $t_1=0^\circ\text{C}$; ташқаридаги ҳавонинг температураси эса $t_2=20^\circ\text{C}$. Термоснинг икки девори орасидаги ҳавонинг босими p энг кўпи билан қандай бўлганда K иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентни босимга боғлиқ бўлиб қолаверади? Ҳаво молекуласининг диаметрини $\sigma=0,3\text{ нм}$ га тенг, термос деворлари орасидаги ҳавонинг температурасини эса муз ва ташқи муҳит температураларининг ўртача арифметик қийматига тенг деб олинсин. Босим $p_1=101,3\text{ кПа}$ ва $p_2=13,3\text{ кПа}$ га тенг бўлганда термос деворлари орасидаги ҳавонинг Q иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти топилсин ($\mu=0,029\text{ кг/кмоль}$). Иссиқлик ўтказувчанлик туфайли $r=9,5\text{ см}$ уртача радиусли термоснинг ён сиртидан $t=1\text{ мин}$ давомида қанча иссиқлик миқдори ўтади? Масала $p_1=101,3\text{ кПа}$ ва $p_2=13,3\text{ кПа}$ га босимлар учун ечилсин.

5.157. Дераза ромлари орасидаги ҳавонинг Q иссиқлик ўтказувчанлиги туфайли дераза орқали $t=1$ соатда қанча иссиқлик миқдори сарф бўлиб боради. Ҳар битта ромнинг юзи $S=4\text{ м}^2$ га, ромларининг оралиғи эса $d=30\text{ см}$ га тенг. Бинодаги температура $t_1=18^\circ\text{C}$ ташқи муҳитдаги температура $t_2=-20^\circ\text{C}$ ҳаво молекулаларининг диаметри $\sigma=0,3\text{ нм}$ га тенг. Ромлар орасидаги ҳавонинг температурасини бинодаги ва ташқи муҳитдаги температураларнинг ўртача арифметик қийматига тенг деб олинсин. Босим $p=101,3\text{ кПа}$.

5.158. Бир-биридан $d=1\text{ мм}$ ораликда бўлган иккита пластинкалар орасида ҳаво бор. Пластинкалар орасида $\Delta T=1\text{ К}$ температуралар фарқи доимий сақланади. Ҳар битта пластинканиннг юзи $S=0,01\text{ м}^2$ га тенг. Q Иссиқлик ўтказувчанлик туфайли бир пластинкадан иккинчисига $t=10\text{ мин}$ давомида қанча иссиқлик миқдори ўтади? Ҳаво нормал шароитда деб ҳисоблансин. Ҳаво молекулаларининг диаметри $\sigma=0,3\text{ нм}$ га тенг.

5.159. $t=10^\circ\text{C}$ температурали $m=10\text{ г}$ кислородни $P=\text{const}$ босимда иситиш натижасида у кенгайиб $V=10\text{ л}$ ҳажмни эгаллаган. Газнинг олган Q

иссиқлик миқдори, ΔW газ ички энергиясининг ўзгариши ва газнинг кенгайишда бажарган A иши топилсин.

5.160. Температураси $t=27^{\circ}\text{C}$ бўлган $m=6,5$ г водород $p=\text{const}$ босимда ташқаридан берилаётган иссиқлик ҳисобига икки марта кенгайган. Газнинг A кенгайиш иши, газ ички энергиясининг ΔW ўзгариши, газга берилган иссиқлик Q миқдори топилсин.

5.161. Ёпиқ идишда $m_1=20$ г азот ва $m_2=32$ г кислород бор. Бу газ аралашмасини $\Delta T=28$ К га совитилганда, унинг ички энергиясининг ΔW ўзгариши топилсин.

5.162. $\nu=2$ кмоль карбонат ангидрид гази ўзгармас босимда $\Delta T=50$ К га иситилган. Газ ички энергиясининг ΔW ўзгариши, кенгайганда бажарилган A иш, газга берилган Q иссиқлик миқдори топилсин.

5.163. Икки атомли газга $Q=2,093$ кЖ иссиқлик берилганда, у $p=\text{const}$ босимда кенгайган. Газнинг кенгайишда бажарган A иши топилсин.

5.164. Икки атомли газ изобарик равишда кенгайганда $A=156,8$ Ж иш бажарилган. Газга қанча Q иссиқлик миқдори берилган?

5.165. $p=200$ кПа босим остида бўлган $t=17^{\circ}\text{C}$ температурали $V=5$ л ҳажмни эгаллаган газ иситилганда изобарик равишда кенгайган. Бунда газнинг кенгайиш иши $A=195$ Ж га тенг бўлган. Газ неча градусга иситилган?

5.166. $m=7$ г карбонат ангидрид гази эркин кенгая олиш шароитида $\Delta T=10$ К га иситилган. Газнинг кенгайишда бажарган A иши ва ΔW ички энергиясининг ўзгариши топилсин.

5.167. Кўп атомли $\nu=1$ кмоль газ эркин кенгая олиш шароитида $\Delta T=100$ К га иситилган. Газга берилган Q иссиқлик миқдори, газ ички энергиясининг ΔW ўзгариши, кенгайишда бажарган A иши топилсин.

5.168. Идишдаги поршень остида $m=1$ г азот бор. Азотни $\Delta T=10$ К га иситиш учун қанча Q иссиқлик миқдори сарф қилиш керак? Бунда поршень қанчага кўтарилган? Поршеннинг массаси $M=1$ кг, унинг кўндаланг кесим юзи $S=10$ см². Поршень устидаги босим $p=1$ кПа га тенг.

5.169. Идишдаги поршень остида қалдиروق газ бор. Қалдиروق газ портлаганда унинг ички энергияси $\Delta W=336$ Ж га ўзгарганлиги ва поршеннинг $h=20$ см кўтарилганлиги маълум бўлса, бунда қанча Q иссиқлик миқдори ажралганлиги топилсин. Поршеннинг массаси $M=2$ кг, унинг кўндаланг кесим юзи $S=10$ см². Поршень устида нормал шароитда ҳаво бор.

5.170. $m=10,5$ г азот $t=-23^{\circ}\text{C}$ температурада изотермик $p_1=250$ кПа босимдан $p_2=100$ кПа босимгача кенгайди. Газнинг кенгайишда бажарган A иши топилсин.

5.171. $t=17^{\circ}\text{C}$ температурали $m=10$ г азот изотермик кенгайганда $A=860$ Ж га тенг иш бажарган. Азот кенгайганда босим неча марта ўзгарган.

5.172. Бирор $m=10$ г газ изотермик V_1 ҳажмдан $V_2=2V_1$ ҳажмгача кенгайганда $A=575$ Ж га тенг иш бажарган. Бу температурадаги газ молекулаларининг $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ ўртача квадратик тезлиги топилсин.

5.173. Нормал шароитда $V_1=1$ л гелий ташқаридан олган иссиқлик бажарган A иши, газга берилган Q иссиқлик миқдори топилсин.

5.174. $V=2 \text{ м}^3$ газ изотермик кенгайганда унинг босими $p_1=0,5 \text{ МПа}$ дан $p_2=0,4 \text{ МПа}$ гача ўзгарган. Бунда бажарилган A иш топилсин.

5.175. $t=0^\circ\text{C}$ температурадаги ҳаво адиабатик V_1 ҳажмдан $V_2=2V_1$ ҳажмгача кенгайса, у қандай t_2 температурагача совийди?

5.176. $V_1=7,5 \text{ л}$ кислород адиабатик $V_2=1 \text{ л}$ ҳажмгача сиқилган ва сиқилишнинг охирида босим $p_2=1,6 \text{ МПа}$ га тенг бўлган. Газ сиқилишгача қандай p_1 босимда бўлган?

5.177. Ички ёнув двигателининг цилиндридаги ҳаво адиабатик сиқилади ва бунда унинг босими $p_1=0,1 \text{ МПа}$ дан $p_2=3,5 \text{ МПа}$ гача ўзгаради. Ҳавонинг бошланғич температураси $t=40^\circ\text{C}$. Ҳавонинг сиқилгандан кенинги t температураси топилсин.

5.178. Газ адиабатик кенгайди ва бунда унинг ҳажми икки баравар ортади, температураси эса 1,32 марта пасаяди. Бу газ молекуласининг i эркинлик даражаси қандай?

5.179. $t=27^\circ\text{C}$ температура ва $p=2 \text{ МПа}$ босимда икки атомли газ адиабатик V_1 ҳажмдан $V_2=0,5V_1$ ҳажмгача сиқилади. Сиқилгандан кейинги газнинг t_2 температураси ва p_2 босими топилсин.

5.180. Нормал шароитда поршень остидаги идишда $V=0,1 \text{ л}$ ҳажмда қалдирик газ бор. Газ жуда тез сиқилганда алангаланаяди. Газ сиқилганда бажарган иши $A=46,35 \text{ Ж}$ га тенглиги маълум бўлса, алангаланган қалдирик газнинг T температураси топилсин.

5.181. Нормал шароитда поршень остидаги идишда газ бор. Идиш тубидан поршенгача бўлган масофа $h=25 \text{ см}$ га тенг. Поршенга $m=20 \text{ кг}$ юк қўйилганда у $\Delta h=13,4 \text{ см}$ пастга тушган. Сиқилишни адиабатик ҳисоблаб, берилган газ учун c_p/c_v нисбат топилсин. Поршеннинг кўндаланг кесим юзи $S=10 \text{ см}^2$ га тенг; поршеннинг оғирлиги назарга олинмасин.

5.182. Икки атомли газ $p_1=0,5 \text{ МПа}$ босимда $V_1=0,5 \text{ л}$ ҳажми эгаллайди. Газ адиабатик бирор V_2 ҳажм ва p_2 босимгача сиқилади, бундан кейин газ $V_2=\text{const}$ ҳажмда бошланғич температурасигача совитилади. Бунда унинг босими $p=100 \text{ кПа}$ га тенг бўлиб қолади. Бу жараённинг графиги чизилсин. V_2 ҳажм ва p_2 босим топилсин.

5.183. Газ адиабатик кенгайиб, унинг босими $p_1=200 \text{ кПа}$ дан $p_2=100 \text{ кПа}$ гача пасаяди. Кейин газ ўзгармас ҳажмда бошланғич темпера-турасигача иситилади, бунда унинг босими $p=122 \text{ кПа}$ гача кўтарилади. 1) Бу газ учун c_p/c_v нисбат топилсин. 2) Бу жараённинг графиги чизилсин.

5.184. Нормал шароитда $\nu=1 \text{ кмоль}$ азот адиабатик V_1 ҳажмдан $V_2=5V_1$ ҳажмгача кенгайди. 1) Газ ΔW ички энергиясининг ўзгариши, 2) кенгайишда бажарилган A иш топилсин.

5.185. $V_1=10 \text{ л}$ ҳавони $V_2=2 \text{ л}$ ҳажмгача сиқиш керак. Газни қандай сиқиш фойдали: адиабатикми ёки изотермикми?

5.186. $\nu=1$ киломоль газ адиабатик сиқилганда $A=146 \text{ кЖ}$ иш бажарилган. Сиқилганда газнинг температураси қанчага ортган?

5.187. Икки атомли газнинг ҳажми 2 баравар кенгайтирилганда газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги неча марта камаяди?

5.188. Нормал шароитда $m=10 \text{ г}$ кислород $V_2=1,4 \text{ л}$ ҳажмгача сиқилади.

Кислороднинг 1) изотермик, 2) адиабатик сиқилгандан кейинги p_2 босими ва t_2 температураси топилсин. Бу ҳолларнинг ҳар бирида бажарилган иш A топилсин.

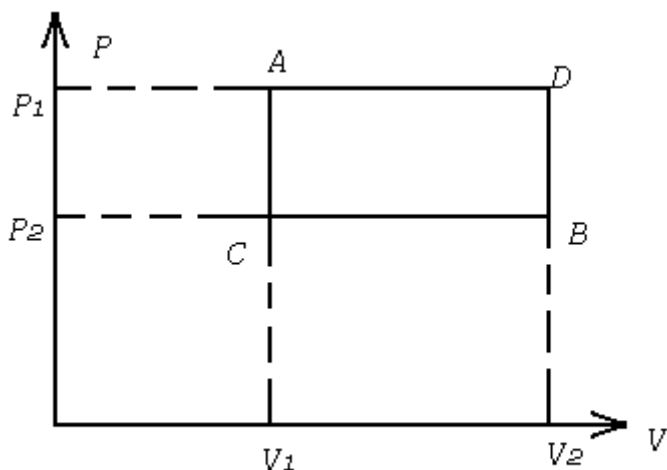
5.189. $t_1=40^\circ\text{C}$ температурада ва $p_1=100$ кПа босимда $m=28$ г азот

$V_2=13$ л ҳажмгача сиқилган. Азотнинг: а) изотермик, б) адиабатик сиқилгандан кейинги t_2 температураси ва p_2 босими топилсин. Бу ҳолларнинг ҳар бирида газни сиқишда бажарилган A иш топилсин.

5.190. Агар икки атомли газнинг босими икки баравар камайса, газ молекулалари эркин югуриш йўлининг узунлиги неча марта ортади? Қуйидаги ҳоллар қараб чиқилсин: 1) газ изотермик кенгайди, 2) газ адиабатик кенгайди.

5.191. Бири бир атомли, бошқаси икки атомли ҳар хил газлар бир хил температурада бўлиб, бир хил ҳажмни эгаллайди. Газлар ҳажми икки марта камайгунча адиабатик сиқилган. Газларнинг қайси бири кўпроқ исийди ва неча марта?

5.192. $t=30^\circ\text{C}$ температура ва $p_1=150$ кПа босимда бўлган $m=1$ кг ҳаво



8-расм

адиабатик кенгайганда босими $p_2=1$ кПа гача пасаяди. Ҳавонинг ҳажми неча марта ортади? Кенгайишда газнинг бажарган A иши ва охириги t_2 температураси топилсин.

5.193. Дастлаб $\nu=1$ кмоль кислород нормал шароитда турган, кейин унинг ҳажми $V=5V_0$ гача кенгайган. Кенгайиш: а) изотермик ва б) адиабатик ҳолларда содир бўлганида, абсисса ўқи учун V_0 ни бошланғич қиймат деб

олиб $p=f(V)$ нинг графиги тузилсин. p нинг қийматлари: V_0 , $2V_0$, $3V_0$, $4V_0$ ва $5V_0$ га тенг ҳажмлар учун топилсин.

5.194. Қандайдир миқдордаги кислород $t_1=27^\circ\text{C}$ температурада ва $p_1=820$ кПа босимда $V_1=3$ л ҳажмни эгаллайди (8-расм). Газ иккинчи ҳолатда $V_2=4,5$ л ва $p_2=600$ кПа параметрларга эга. Газнинг олган Q иссиқлик миқдори; кенгайишда газнинг бажарган A иши; газнинг ички энергиясининг ўзгариши ΔW топилсин. Масала қуйидаги ҳоллар учун ечилсин: газ бир ҳолатдан иккинчисига: а) ACB ва б) ADB йўллар билан ўтади.

5.195. Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ҳар бир циклда иситтичдан $A=600$ Ж иссиқлик олади. Иситтичнинг температураси $T_1=400$ К, совитгичнинг температураси $T_2=300$ К. Машинанинг бир циклда бажарган A иши ва бир циклда совитгичга берган Q_2 иссиқлик миқдори топилсин.

5.196. Идеал иссиқлик машинаси Карно цикли бўйича ишлайди. Агар бир циклда $A=2,94$ Ж га тенг иш бажарилганлиги ва совитгичга $Q_2=3,2$

Ж иссиқлик берилгани маълум бўлса, циклниң ф. и. к. η аниқлансин.

5.197. Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ҳар бир циклда $A = 73,5$ кЖ иш бажаради. Иситгичниң температураси $t_1 = 100^\circ\text{C}$, совитгичниң температураси $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Машинаниң ф. и. к. η , машинаниң бир циклда иситгичдан олган Q_1 иссиқлик миқдори, бир циклда совитгичга берган Q_2 иссиқлик миқдори топилсин.

5.198. Идеал иссиқлик машинаси Карно цикли бўйича ишлайди. Бунда иситгичдан олинган иссиқликниң 80% и совитгичга берилади. Исит - гичдан олинган иссиқлик миқдори $Q_1 = 1,5$ Ж га тенг. Циклниң ф. и. к. η , тўла циклда бажарилган A иш топилсин.

5.199. Идеал иссиқлик машинаси бошланғич босими $p_1 = 708$ кПа бўлган ва $t_1 = 127^\circ\text{C}$ температурагача иситилган ҳаво билан Карно цикли бўйича ишлайди. Ҳавонинг бошланғич ҳажми $V_1 = 2$ л. Биринчи изотермик кенгайишдан кейин ҳавонинг ҳажми $V_2 = 5$ л га; адиабатик кенгайишдан кейин ҳажми $V_3 = 8$ л га тенг бўлган. а) Изотерма билан адиабаталар кесишган нуқтасиниң координатлари, б) циклниң ҳар бир қисмида бажарилган A иш, в) бутун цикл давомида бажарилган тўла A иш, г) циклниң ф. и. к. η , д) бир циклда иситгичдан олинган Q_1 иссиқлик миқдори, е) бир циклда совитгичга берилган Q_2 иссиқлик миқдори топилсин.

5.200. Идеал газниң $\nu = 1$ киломоли иккита изохора ва иккита изобарадан иборат ёпиқ циклни бажаради. Бунда газниң ҳажми $V_1 = 25$ м³ дан $V_2 = 50$ м³ гача ва босими $p_1 = 100$ 1 атм дан $p_2 = 2$ атм гача ўзгаради. Бундай циклда бажарилган A иш, ҳажми изотермик кенгайтирилганда 2 марта ортган ва изотермалари қараб чиқилаётган циклниң энг юқори ва энг паст температураларига мос келган Карно цикли бўйича бажарилган A ишдан неча марта кичик?

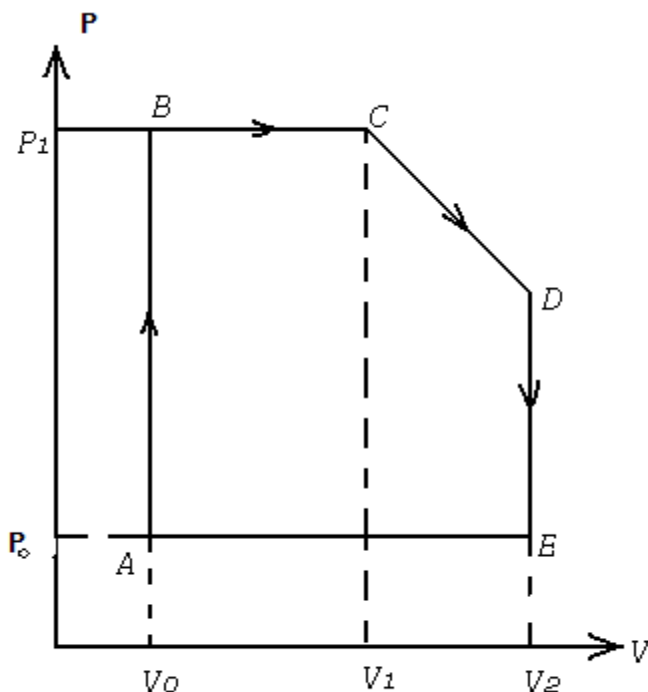
5.201. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал иссиқлик машинаси ҳар бир циклда $A = 37$ кЖ га тенг иш бажаради. Бунда машина $t_2 = -10^\circ\text{C}$ температурали жисмдан иссиқлик олиб $t_1 = 17^\circ\text{C}$ температурали жисмга иссиқлик беради. Циклниң ф. и. к. η , бир циклда совуқ жисмдан олинган Q_2 иссиқлик миқдори ва бир циклда иссиқ жисмга берилган Q_1 иссиқлик миқдори топилсин.

5.202. Идеал совитиш машинаси тескари Карно цикли бўйича иссиқлик насосидек ишлайди. Бунда машина $t_2 = 2^\circ\text{C}$ температурали сувдан иссиқлик олади ва уни $t_1 = 27^\circ\text{C}$ температурали ҳавога беради. а) Бирор вақт оралигида ҳавога берилган иссиқлик миқдорини шунча вақтда сувдан олинган иссиқлик миқдорига бўлган нисбатидан иборат η_1 коэффициент; б) бирор вақт оралигида сувдан олинган иссиқлик миқдорини шунча вақт оралигида машинаниң ишлаши учун сарфланган энергияга бўлган нисбатидан иборат η_2 коэффициент (η_2 — машинаниң совитиш коэффициенти дейилади); в) бирор вақт оралигида машинаниң ишлаши учун сарфланган энергияни шунча вақтда ҳавога берилган иссиқлик миқдорига бўлган нисбатидан иборат η_3 коэффициент (η_3 — циклниң фойдали иш коэффициенти) топилсин. η_1 , η_2 , η_3 коэффициентлар -ниң ўзаро боғланиши топилсин.

5.203. Тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган идеал совитиш

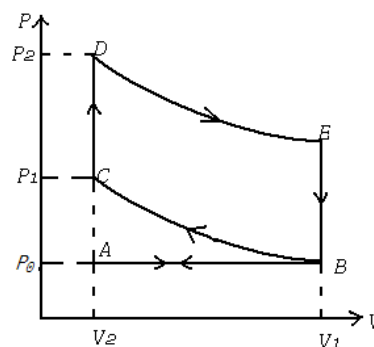
машинаси $t_2=0^\circ \text{C}$ температурадаги сувни совитгичдан $t_1=100^\circ\text{C}$ температурадаги сувли қайнатгичга иссиқлик узатади. Қайнатгичда $m=1 \text{ кг}$ сувни буғга айлантириш учун совитгичда қанча миқдор сувни музлатиш керак?

5.204. Бино тескари Карно цикли бўйича ишлайдиган совитиш машинаси ёрдамида иситилади. Хонанинг маълум миқдор ўтин ёқилган печкадан олган иссиқлик миқдори Q' ни, ўшанча ўтинни истеъмол қилувчи иссиқлик машинаси билан ишлайдиган совитиш машинанинг хонага берган иссиқлик миқдори Q билан солиштиринг. Бу иссиқлик двигатели $t_1=100^\circ\text{C}$ ва $t_2=0^\circ\text{C}$ температуралар оралигида ишлайди. Хонанинг температураси доимо $t_1'=16^\circ\text{C}$ бўлиши талаб қилинади. Атрофдаги ҳавонинг температураси $t_2'=-10^\circ\text{C}$.



9-расм

5.205. Идеал буғ машинанинг иш цикли 9- расмда тасвирланган. $V_0 = \text{const}$ ҳажмда қозондан цилиндрга буғ кира бошлагач, босим p_0 дан p_1 гача кўтарилади (AB тармоқ). Буғнинг бундан кейинги кириши давомида поршень $p_1 = \text{const}$ ўзгармас босимда чапдан ўнгга сурилади боради (BC тармоқ). Поршеннинг ўнгга сурилиши давом қилганда буғнинг қозондан цилиндрга кириши тўхтайтилади ва буғ адиабатик кенгаяди (CD тармоқ). Поршень ўзининг ўнгдаги энг чекка вазиятига етганда, буғ цилиндрдан совитгичга чиқади ва $V_2 = \text{const}$ ҳажмда буғнинг босими тезда p_0 гача пасаяди (DE тармоқ). Поршень қайтаётганда $p_0 = \text{const}$ ўзгармас босимда қолган буғни сиқиб чиқаради, бунда ҳажм V_2 дан V_0 гача кичраяди (EA тармоқ). Ага $V_0 = 0,5 \text{ л}$, $V_1 = 1,5 \text{ л}$, $V_2 = \text{л}$, $p_0 = 0,1 \text{ МПа}$, $p_2 = 1,2 \text{ МПа}$ ва адиабата кўрсаткичи $\chi = c_p / c_v = 1,33$ га тенг бўлса, бу



3,0

10-расм

машинанинг ҳар бир циклда бажарган A иши топилсин.

5.206. Қуввати $P=14,7$ кВт бўлган буғ машина $t=1$ соат иўлаган да иссиқлик бериш қобилияти $q=33$ МЖ/кг бўлган кўмирдан $m=8,1$ кг сарф қилади. Қозоннинг температураси $t_1=200$ °С, совитгичнинг температураси $t_2=58$ °С. Машинанинг ҳақиқий ф. и. к. η топилсин ва уни ўшандай температуралар оралиғида Карно цикли бўйича ишловчи машинанинг ф. и. к. η' билан солиштирилсин.

5.207. Қуввати $P=14,7$ кВт га тенг бўлган буғ машинаси поршенининг юзи $S=0,02$ м², поршень йўли эса $h=45$ см. Поршень ўз йўлининг учдан бир қисмига сурилганда BC изобарик процесс хосил бўлади (9- расм). V_0 ҳажм V_1 ва V_a ҳажмларга нисбатан назарга олинмаса ҳам бўлади. Қозондаги буғнинг босими $p_1=1,6$ МПа, совитгичдаги буғнинг босими $p=0,1$ МПа. Агар адиабата кўрсаткичи $\chi=1,3$ га тенг бўлса $t=1$ мин давомида неча цикл бажаради?

5.208. Тўрт тактли карбюраторли ва газли ички ёнув двигателлари нинг иш цикли 10- расмда тасвирланган. Поршеннинг биринчи юришида цилиндрга ёқилғи сўрилади (карбюраторли двигателларда ёқилғи сифатида ҳаво билан бензин буғининг карбюраторда тайёрланган ёқилғи аралашмаси ишлатилади, газ двигателларида эса газогенератор қурилмадан газ –ҳаво аралашмаси келади), бунда $p_0 = \text{сop}$ бўлиб, ҳажм V_2 дан V_1 гача катта лашади (AB тармоқ). Поршеннинг иккинчи юришида аралашма V_1 дан V_2 гача адиабатик сиқилади (BC тармоқ), бунда температура T_0 дан T_1 гача кўтарилади ҳамда босим p_0 дан p_1 гача ортади. Кейин сиқилган аралаш - мани электр учқуни ёндириб юборади (портлатади), бунда $V_2 = \text{const}$ ўзгармаган холда (CD тармоқ) босим p_1 дан p_2 гача ортади, температура T_1 дан T_2 гача кўтарилади. Поршеннинг учинчи юришида ёқилғи адиабатик V_2 дан V_1 ҳажмгача кеинаяди (DE тармоқ), температура эса T_3 гача пасаяди. Поршеннинг энг чекка вазиятида (E нуқта) чиқариш клапани очилади ва $V_1 = \text{const}$ ҳажмда босим p_0 гача пасаяди (EB тармоқ) / Поршеннинг тўртинчи юриши — изобарик сиқиш (BA тармоқ— ишлаб бўлган газ сиқиб чиқарилади). Агар сиқиш коэффициентини $V_1/V_2=5$ га ва адиабата кўрсаткичи $\chi=1,33$ га тенг бўлса, циклнинг ф. и. к. η топилсин.

5.209. Карбюраторли ички ёнув двигателнинг цилиндрида газ политропик $V_2=V_1/6$ ҳажмгача сиқилади. Цилиндрдаги бошланғич босим $p_1=90$ кПа ва бошланғич температура $t_1=127$ °С деб ҳисоблаб, сиқилишдан кейинги цилиндридаги p_2 босим ва t_2 температура топилсин. Политроп кўрсаткичи $n=1,3$ га тенг.

5.210. Карбюраторли ички ёнув двигателнинг цилиндридаги газ политропик сиқилгандан кейин температураси $t_2=427$ °С гача кўтарилган. Газнинг бошланғич температураси $t_1=140$ °С, сиқилиш коэффициенти $V_2/V_1=5,8$. Политроп кўрсаткичи n нимага тенг?

5.211. Карбюраторли ички ёнув двигатели цилиндрининг диаметри $D=10$ см, поршень йўли $h=11$ см. Газнинг бошланғич босими $p_1=0,1$ МПа, бошланғич температураси $t_1=140$ °С ва сиқилишдан кейинги босими $p_2=1$ МПа бўлганлиги маълум бўлса, сиқилиш камераси қандай V ҳажмга эга?

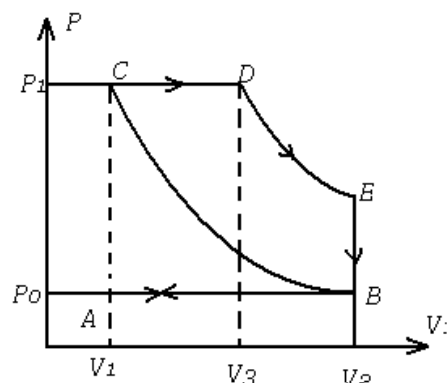
Сиқишдан кейин камеранинг t_2 температураси қандай? Сиқишда бажарилган A иш топилсин. Политроп кўрсаткичи $n=1,3$ га тенг.

5.212. Карбюраторли ички ёнув двигателининг политроп кўрсаткичи $n=1,33$ га ва сиқиш даражаси: а) $V_1/V_2=4$; б) $V_1/V_2=6$; в) $V_1/V_2=8$ га тенг бўлса, унинг ф. и. к. η топилсин.

5.213. Қуввати $P=735,5$ Вт га тенг бўлган карбюраторли двигатель $t=1$ соат вақтда ичида энг ками билан $m=265$ г бензин сарф қилади. Ишқаланиш, иссиқлик ўтказувчанлик ва бошқаларга исроф бўлган бензиннинг миқдори топилсин. Сиқлиш коэффиценти $V_1/V_2=6,2$.

Бензиннинг иссиқлик бериш қобиляти $q=46$ МЖ/кг. Политроп кўрсаткичи $n=1,2$ га тенг деб олинсин.

5.214. Тўрт тактли Дизель двигателининг иш цикли 11-тасвирлаиған. AB тармоқ—цилиндрга ($p_0=0,1$ МПа) ҳаво BC тармоқ — ҳаво p_1 босимгача адиабатик сиқилади. Сиқиш тактининг охири да цилиндр ёқилғи пуркалади ва у иссиқ алангаланиб кетади, бунда ўнг томонга аввал изобарик (CD кейин эса адиабатик (DE тармоқ) ҳаракатланади.



расмда сўрилади.

ичига ҳавода поршень тармоқ),

11-расм

Адиабатик кенгайишнинг охирида чиқариш клапани очилиб, босим p_0 гача камаяди (EB тармоқ). Поршень чап томонга ҳаракатланганда аралашма цилиндрдан чиқариб ташланади (BA тармоқ). Дизель двигателининг ф. и. к. η топилсин.

5.215. Дизелнинг ички ёнув двигателини адиабатик сиқиш даражаси $\epsilon=16$ га, адиабатик кенгайиш даражаси эса $\delta=6,4$ га тенг. Агар двигател -нинг қуввати $P=36,8$ Вт, адиабата кўрсаткичи $\chi=1,3$ ва нефтнинг иссиқлик бериш қобиляти $q=46$ МЖ/кг бўлса, двигатель $t=1$ соатида энг камида қанча m миқдордаги нефть сарф қилади?

5.216. $m=10$ г музни ($t=-20$ °С) буғга (100 °С) айланишидаги энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.217. $m=1$ г сувни ($t=0$ °С) буғга ($t=100$ °С) айланишидаги ΔS энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5.218. $m=1$ кг муз ($t=0$ °С) эригандаги ΔS энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5.219. Эриб турган $t_{эп}$ температурали $m=640$ г қўрғошинни музга ($t=0$ °С) қуйилган. Бу жараёнда энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.220. $m=8$ г кислороднинг $t_1=80$ °С температурадаги $V_1=10$ л ҳажмдан $t_2=300$ °С температурадаги $V_2=40$ л ҳажмга ўтишида ΔS энтропиянинг ўзгариши топилсин.

5.221. $m=6$ г водород $p_1=150$ кПа босим ва $V_1=20$ л ҳажмдан $p_2=100$ кПа босим ва $V_2=60$ л ҳажмга ўтишида энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.222. $m=6,6$ г водород V_1 ҳажмдан $V_2=2V_1$ ҳажмга ортгунча изобарик

кенгаяди. Бундай кенгайишда энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.223. $m=8$ г гелийнинг $V_1=10$ л ҳажмдан $V_2=20$ л ҳажмгача изобарик кенгайишида энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.224. $m=6$ г водороднинг $p_1=100$ кПа босимдан $p_2=50$ кПа босимгача изотермик кенгайишида энтропия ўзгариши ΔS топилсин.

5.225. $m=10,5$ г азот $V_1=2$ л ҳажмдан $V_2=5$ л ҳажмгача изотермик кенгайган. Бу жараёнда энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.226. $m=10$ г кислород $t_1=50^\circ\text{C}$ дан $t_2=150^\circ\text{C}$ гача иситилган. Агар иситиш: а) изохорик ва б) изобарик бўлса, энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.227. $\nu=1$ кмоль икки атомли газ иситилганда унинг абсолют температураси T_1 дан $T_2=1,5T_1$ температурагача ортган. Агар газ: а) изохорик ва б) изобарик иситилса, энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин.

5.228. $m=22$ г азот иситилиш натижасида унинг абсолют температураси T_1 дан $T_2=1,2T_1$ температурагача ортган, энтропияси эса $\Delta S=4,19$ Ж/К га ортган. Қандай шароитда азот иситилган (ўзгармас ҳажмдами ёки ўзгармас босимдами)?

5.229. Агар 5.194- масала шартидаги газ A ҳолатдан B ҳолатга: а) ACB йўл билан ва б) ADB йўл билан ўтганда энтропиянинг ўзгариши ΔS топилсин (8- расмга қаралсин).

5.230. $t_1=0^\circ\text{C}$ температура ва $p_1=98$ кПа босимда $V_1=1$ м³ ҳаво V_1 ҳажмдан $V_2=2V_1$ ҳажмгача изотермик кенгаяди. Бу жараёнда энтропиянинг ΔS ўзгариши топилсин.

5.231. Карно циклидаги иккита адиабаталарнинг орасидаги қисмда энтропиянинг ўзгариши $\Delta S=4,19$ кЖ/К га тенг. Иккита изотермаларнинг орасидаги температураларнинг фарқи $\Delta T=100$ К га тенг. Бу циклда қанча миқдор Q иссиқлик ишга айланади?

6 - §. Реал газлар

Реал газларнинг ҳолат тенгламаси (Ван-дер-Ваальс тенгламаси) бир моль учун қуйидаги кўринишда бўлади;

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT_1$$

бунда V_0 — бир моль газнинг ҳажми, a ва b — хар хил газлар учун турлича бўлган ўзгармас катталиклар, p —босим, T — абсолют температура ва R —газ доимийси.

Газнинг ихтиёрий M массаси учун Ван-дер-Ваальс тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V^2}\right)\left(V - \frac{M}{\mu}b\right) = \frac{M}{\mu}RT$$

бунда V - газнинг умумий ҳажми, μ — бир киломоль газнинг массаси.

Бу тенгламадаги $\frac{M^2 a}{\mu^2 V^2} = p_i$ — босим, молекулаларнинг ўзаро таъсир кучига боғлиқдир ва $\frac{M}{\mu}b = V_l$ — ҳажм эса молекулаларнинг хусусий ҳажмига боғлиқ.

Берилган газга тегишли a ва b доимийлар шу газнинг T_k — критик температураси, p_k — критик босими ва V_{0k} — критик ҳажми билан қуйидагича боғланган:

$$V_{0k} = 3b, p_k = \frac{a}{27b^2}, T_k = \frac{8a}{27bR}.$$

Бу тенгламаларни a ва b доимийларга нисбатан ечиш мумкин:

$$a = \frac{27T_k^2 R^2}{64p_k}, b = \frac{T_k R}{8p_k}$$

Агар келтирилган катталикларни киритсак:

$$\tau = \frac{T}{T_k}, \pi = \frac{p}{p_k}, \omega = \frac{V_0}{V_{0k}}$$

У вақтда Ван-дер-Ваальс тенгламаси бир моль учун қуйидаги кўринишда бўлади:

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

6.1. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимийларнинг СИ системасидаги ўлчов бирликлари топилсин.

6.2. Баъзи бир газлар учун критик катталиклар T_k ва p_k нинг қийматларини билган холда (VII- жадвалга қаранг),шу газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимийлар топилсин.

6.3. $p=0,2$ МПа босимда $V=820$ см³ ҳажмдаги $m=2$ г азотнинг T температураси қандай бўлади? Газни: а) идеал ва б) реал деб қаралсин,

6.4. $p=2,8$ МПа босимда $V=90$ см³ ҳажмдаги $m=3,5$ г кислород нинг T температураси қандай бўлади? Газни: 1) идеал ва 2) реал деб қаралсин.

6.5. $p = 100$ МПа босимда $m = 10$ г гелий $V = 100$ см³ ҳажми эгаллайди. Газни: 1) идеал ва 2) реал деб ҳисоблаб, унинг T температураси топилсин.

6.6. $t = 100^\circ\text{C}$ температурада $\nu = 1$ кмоль карбонат ангидрид газни берилган. Газни: 1) идеал ва 2) реал ҳисоблаб, унинг p босими топилсин. Масалани: а) $V_1 = 1$ м³ ва б) $V_2 = 0,05$ м³ ҳажмлар учун ечилсин.

6.7. $V = 0,5$ м³ ҳажми ёпиқ идишда $p = 3$ МПа босимда $\nu = 0,6$ кмоль карбонат ангидрид газни бор. Ван-дер-Ваальс тенгламасидан фойдаланиб, босимни икки марта орттириш учун температурани неча марта орттириш кераклиги топилсин.

6.8. $t = 27^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 10$ МПа босимда $\nu = 1$ кмоль кислород бор. Берилган шароитда кислородни реал газ деб ҳисоблаб, газнинг V ҳажми топилсин.

6.9. $t = 27^\circ\text{C}$ ва $p = 5$ МПа босимда $\nu = 1$ кмоль азот бор. Берилган шароитда азотни реал газ деб ҳисоблаб, газнинг V ҳажми топилсин.

6.10. Кислород учун критик катталиклар T_k ва p_k ни маълум деб, кислород молекуласининг σ эффектив диаметри топилсин.

6.11. Азот молекуласининг σ эффектив диаметрини икки хил усул: а) нормал шароитда берилган ўртача эркин югуриш йўли узунлигининг $\lambda = 95$ нм қийматидан, б) Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийсининг берилган қийматидан топилсин.

6.12. Нормал шароитда карбонат ангидрид газни молекуласининг ўртача эркин югуриш йўлининг узунлиги топилсин. Карбонат ангидрид газни учун T_k критик температура ва p_k критик босим маълум деб, молекуласининг σ эффектив диаметри ҳисоблансин.

6.13. $t = 17^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 150$ кПа босимдаги гелий газининг D диффузия коэффиценти топилсин. Гелий газни учун T_k ва p_k маълум деб, атомининг σ эффектив диаметри ҳисоблансин.

6.14. Карбонат ангидрид газини: 1) идеал ва 2) реал деб ҳисоблаб, унинг $\nu = 1$ кмоль учун $t = 0^\circ\text{C}$ температурада $p = f(V)$ изотермалари чизилсин. V ҳажми (л/моль да) реал газ учун қуйидаги қийматларда олнинг: 0,07, 0,08, 0,10, 0,12, 0,14, 0,16, 0,18, 0,20, 0,25, 0,30, 0,35 ва 0,40; идеал газ учун эса $0,2 \leq V \leq 0,4$ л/моль интервалда олинсин.

6.15. Нормал шароитда $\nu = 1$ кмоль газ молекулаларининг ўзаро таъсир кучидан ҳосил бўлган p_i босим топилсин. Бу газ учун критик температура ва критик босим мос равишда $T_k = 417$ К ва $p_k = 7,7$ МПа га тенг.

6.16. Водород учун молекулаларининг ўзаро таъсир кучи жуда кичик бўлиб, молекулаларнинг хусусий ўлчами асосий ролни ўйнайди.

а) Бундай ярим идеал газнинг ҳолат тенгламаси ёзилсин.

б) Водород молекулаларининг хусусий ўлчамини ҳисобга олмасдан, $t = 0^\circ\text{C}$ температурада ва $p = 280$ МПа босимда бирор ҳажмдаги водороднинг ν миқдорини ҳисоблаганимизда йўл қўйиладиган хатолик топилсин.

6.17. $V = 10$ л ҳажми идишда $t = 27^\circ\text{C}$ температурада $m = 0,25$ кг азот бор. а) Молекулаларнинг ўзаро таъсирдан ҳосил бўлган босим газ босимининг қанча қисмини ташкил қилади? б) Молекулаларнинг хусусий ҳажми идиш ҳажмининг қанча қисмини ташкил қилади?

6.18. Баъзи бир газнинг $\nu=0,5$ кмолли $V_1 = 1 \text{ м}^3$ ҳажмни эгаллайди. Газ $V_2 = 1,2 \text{ м}^3$ ҳажмгача кенгайганда, молекулаларнинг ўзаро таъсир кучига қарши $A = 5,684 \text{ кЖ}$ га тенг иш бажарилган. Бу газ учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимий топилсин.

6.19. $m=20$ кг азот бўшлиқда $V_1 = 1 \text{ м}^3$ ҳажмдан $V_2 = 2 \text{ м}^3$ ҳажм гача адиабатик кенгайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимийни азот учун маълум деб ҳисоблаб (6. 2- масаланинг жавобига қаранг), газнинг бундай кенгайишидаги ΔT температуранинг пасайиши топилсин.

6.20. $\nu=0,5$ кмоль уч атомли газ бўшлиқда $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$ ҳажмдан $V_2 = 3 \text{ м}^3$ ҳажмгача адиабатик кенгайди. Бунда газнинг температ ураси $\Delta T = 12,2 \text{ К}$ га пасайса, Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a доимий топилсин.

6.21. $t_1 = 31^\circ\text{C}$ ва $t_2 = 50^\circ\text{C}$ температурада карбонат ангидрид газини суюқ карбонат кислотага айлантириш учун унга қандай p босим бериш керак? $m=1$ кг суюқ карбонат кислота энг кўпи билан қандай $V_{\text{мак}}$ ҳажмни эгаллайди? Суюқ карбонат кислота тўйинган буғиннинг энг катта $p_{\text{мак}}$ босими қайдай?

6.22. Сувнинг Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги b доимийни маълум деб ҳисоблаб (6. 2- масаланинг жавобига қаранг), критик ҳолатдаги сув буғиннинг зичлиги ρ_k топилсин.

6.23. Гелий учун критик катталиклар T_k ва p_k нинг қийматларини маълум деб ҳисоблаб, критик ҳолатдаги гелийнинг зичлиги ρ_k топилсин.

6.24. $p=93 \text{ МПа}$ босимда $\nu=1$ кмоль кислород $V=56 \text{ л}$ ҳажмни эгаллайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги келтирилган катталиклардан фойдаланиб, газнинг t температураси топилсин.

6.25. $t=200 \text{ C}$ температурада $\nu=1$ кмоль гелий $V=0,237 \text{ м}^3$ ҳажмни эгаллайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги келтирилган катталиклардан фойдаланиб, газнинг p босими топилсин.

6.26. Агар газнинг ҳажми ва температураси бу катталикларнинг критик қийматидан икки марта катталигн маълум бўлса, газнинг босими критик босимдан неча марта катталиги топилсин.