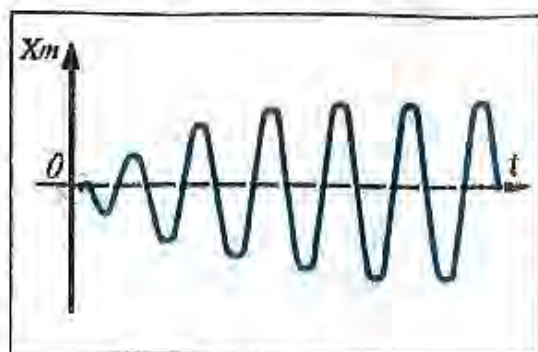


чисмҳои дигар каме аз энергияи механикӣ ба энергияи дохилии ҳаракати ҳароратии атому молекулаҳо табдил меёбад. Амплитудаи ларзишҳо торафт кам шуда, баъди ягон лаҳзаи вақт раққосак ором мешавад.

Ларзишҳои механикии озод ҳамеша хомӯшшавандаанд, яъне амплитудаи онҳо тадриҷан кам мешавад.



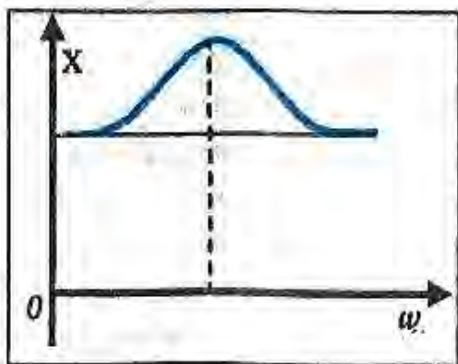
Расми 44

Ҳодисаи резонанс. Ҳангоми дар система бо таъсири қувваҳои берунаи даврӣ тағйирёбанда ба вуҷуд омадани ларзишҳо аввал амплитуда меафзояд. Баъди ягон лаҳзаи вақти таъсири қувваҳои беруна ларзишҳои маҷбурии амплитудаашон доимӣ ва даврашон ба даври таъсири қувваҳои беруна баробар ҳосил мешаванд (расми 44).

Амплитудаи ларзишҳои маҷбурии барқароршуда аз рӯи амплитудаи қувваи таъсиркунанда ва харҷи энергия дар системаи ларзанда муайян карда мешавад. Харҷи энергия дар системаи ларзанда ҳангоми ларзишҳои маҷбурии барқароршуда дар як давр ба қори қувваҳои беруна дар ҳамин лаҳза баробар аст.

Амплитудаи ларзишҳои маҷбурии барқароршуда аз басомади тағйирёбии қувва вобаста аст. Амплитудаи ларзишҳои маҷбурии ҳангоми ларзиши қувваҳои берунаи басомадашон ω ба қимати максималии худ мерасад, ки он қариб ба басомади ларзишҳои хоси система ω_0 баробар аст, $\omega \approx \omega_0$.

Ҳодисаи то қимати максималӣ афзудани амплитудаи ларзишҳои маҷбурии барқароршударо ҳангоми наздикшавии басомади тағйирёбии қувваҳои беруна ба басомади ларзишҳои озоди система резонанс меноманд.



Расми 45

Мисоли алоқамандии амплитудаи ларзишҳои маҷбурии (X) бо басомади қувваҳои маҷбуркунандаи амплитудаи доимӣ дар расми 45 нишон дода шудааст. Дар расм аз рӯи тири абсисса басомади тағйирёбии қувва (ω) -и ба система таъсиркунанда, аз рӯи ордината амплитудаи ларзишҳои маҷбурии (X) ҳисоб карда мешаванд.

Азбаски ҳангоми резонанс қувваҳои беруна дар тӯли як давр қори максималии мусбат иҷро мекунанд, пас ба ҳисоб гирифта мешавад, ки ҳангоми резонанс дар системаи ларзанда энергияи максималӣ нақл мешавад.

Ҳодисаи резонанс дар техника ва рӯзгор ҳар замон вомехӯрад. Ҳодисаи резонанс метавонад боиси вайроншавии биноҳо, кӯпрукҳо,

механизму иншоот гардад.

Аз тарафи дигар, ҳодисаи резонансро дар рӯзгор, илм ва техника ба таври васеъ истифода мебаранд. Чунончи амали як қатор асбобҳои техникӣ (басомадсанҷ, вибраторҳои зичкунандаи бетон, суръатфизоҳои резонансии зарраҳои бунёди) ба ҳодисаи резонанс асос ёфтаанд.

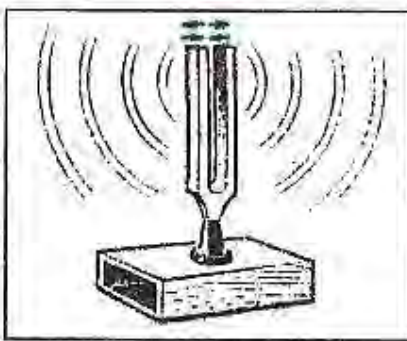
§ 21. Мавҷҳои арзӣ ва тӯлӣ.

Дарозии мавҷ

Мавҷҳои арзӣ. Қисмҳои саҳт, моеъ, газмонанди андозаҳояшон бузургро ҳамчун муҳити аз ҳиссаҳои алоҳида иборатбудаи байни худ алоқаманд пиндоштан мумкин аст. Ба ларзиш даровардани ҳиссаҳои як қитъаи муҳит боиси ларзиши маҷбурии ҳиссаҳои ҳамсоя ва онҳо дар навбати худ боиси ларзиши дигар ҳиссаҳо мегарданд.

Агар як нӯги ресмони резинии дарозро ба даст гирифта онро дар ҳамвории уфуқӣ ба ларзиш дарорем, қувваҳои чандирии дар қисмҳои ресмон таъсиркунанда паҳншавии ларзишҳоро қад-қади он ба вучуд меоваранд. Дар натиҷа мавҷи ба дарозии ресмон давандаро мебинем. Ҳамин гуна мавҷро ҳангоми ба сатҳи оби ором партофтани санг мушоҳида кардан мумкин аст.

Ҳангоми паҳншавии мавҷ қад-қади ресмон ё дар сатҳи об ларзишҳо нисбат ба самти паҳншавии мавҷ перпендикуляр ба вучуд меоянд. Мавҷҳоеро, ки дар онҳо ларзишҳо нисбат ба паҳншавии онҳо перпендикуляр ба амал меоянд, мавҷҳои арзӣ меноманд.



Расми 46

Мавҷҳои тӯлӣ. На ҳар гуна мавҷро чашми мо мебинанд. Агар шоҳаи камертонро бо болгача кӯбем ба гӯши мо садо мерасад, вале ҳеҷ гуна мавҷро дар ҳаво намебинем. Садоро дар натиҷаи тағйирёбии даврии фишори ҳаво узвҳои шунавоии мо ҳис мекунанд. Ларзиши шоҳаҳои камертон боиси тағйирёбии фишори ҳавои назди гӯши мо мегардад. Ин тағйирёбӣ дар ҳаво ба ҳамаи самтҳо паҳн мешавад (расми 46). Онҳоро

мавҷҳои садой меноманд.

Ҳангоми паҳншавии мавҷи садой ҳиссаҳои муҳит қад-қади самти паҳншавии ларзишҳо мелаппанд. Мавҷҳое, ки дар онҳо ларзишҳо ба самти паҳншавии мавҷ, ба амал меоянд, мавҷҳои тӯлӣ номида мешаванд.

Дарозии мавҷ. Суръати паҳншавии мавҷ. Суръати дар фазо паҳншавии ларзиш ϑ -ро суръати мавҷ меноманд. Масофаи байни ду нуқтаи наздиктаринеро, ки бо фазаҳои якхела мелаппанд, дарозии мавҷ меноманд. Алоқамандии дарозӣ, суръати мавҷ бо даври ларзиш тавассути формулаи

$$\lambda = \vartheta T \quad (1.5.4)$$

ифода меёбад.

Азбаски $T = \frac{1}{\nu}$ аст, пас алоқамандии суръати мавҷ бо басомади

$$\text{ларзиш ба таври } \mathcal{G} = \lambda \nu \quad (1.5.5)$$

ифода карда мешавад.

§ 22. Инъикос ва шикасти мавҷҳо

Мавҷҳо дар муҳити якҷинса аз манбаи ларзишҳо ба ҳамаи самтҳо якхела паҳн мешаванд. Дар ҳудуди ҷудошавии муҳитҳои хосияти физикии гуногундошта манзараи паҳншавии мавҷ тағйир меёбад. Мавҷ қисман метавонад аз як муҳит ба муҳити дигар гузарад, қисман аз ҳудуд инъикос шуда, дар муҳити аввала аз нав паҳн шавад.

Мавҷҳои садоӣ дар ҳаво озодона паҳн мешаванд ва ҳамин ки ба монеа (девор) дучор омаданд, инъикос мешаванд ва мо акси онҳоро мешунавем. Инъикосёбии мавҷҳои сатҳӣ обро дар зарфи сатҳаш кушодаи обдор мушоҳида кардан мумкин аст.

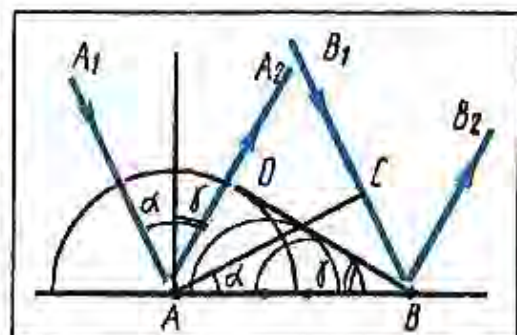
Принципи Гюгенс. Инъикоси мавҷ ва қонуниятҳои дигари паҳншавии онро дар асоси принципи соли 1690 пешниҳодкардаи физики ҳоландӣ Христиан Гюгенс (1629 - 1695) шарҳ додан мумкин аст. Мувофиқи принципи мазкур ҳар як нуқтаи муҳит, ки ба он мавҷ омада мерасад, дар навбати худ манбаи нуқтавии мавҷҳои дуҷумӣ мешавад. Сатҳи ихотакунандаи ба мавҷҳои бунёдии дуҷумӣ расанда, fronti минбаъдаи мавҷ мешавад. Шакли fronti мавҷиро дар ягон лаҳзаи вақт t



Расми 47

доништа, шакли ин гуна фронтро дар лаҳзаи $t + \Delta t$ ёфтан мумкин аст. Агар муҳит якҷинса бошад, аз ҳар нуқтаи fronti АВ дар лаҳзаи t нимсфераҳои радиусашон $\Delta \ell = \mathcal{G} \Delta t$ (\mathcal{G} - суръати паҳншавии мавҷ) ташкил меёбанд (расми 47 ва сатҳи ихотакунандаи $A'B'$, ки ҳар нуқтаи он аз сатҳи АВ дар масофаи $\Delta \ell$ ҷойгир аст, fronti мавҷ дар лаҳзаи Δt мешавад.

Қонуни инъикоси мавҷҳо. Бигузур ба сарҳади муҳити АВ мавҷи ҳамвори АВ афтад ва он бо нормали дар нуқтаи афтиш ба сатҳ фурувардашуда кунҷи α -ро ташкил диҳад, ки он кунҷи афтиш ном дорад. Дар лаҳзаи нури A_1A дар fronti АВ (расми 48) ба сарҳади муҳити дигар расидан нуқтаи А мувофиқи принципи Гюгенс манбаи мавҷҳои дуҷумӣ мегардад. То ба нуқтаи В-и сарҳад расидани нури B_1B мавҷҳои дуҷумӣ аз



Расми 48

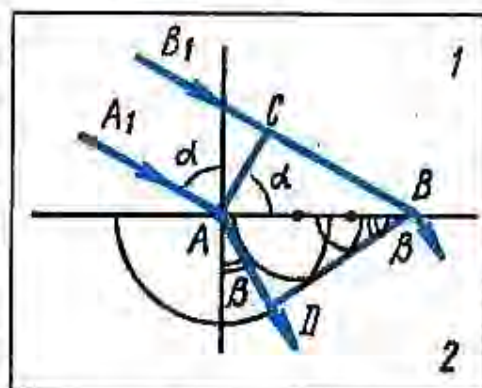
нуктаи А ба масофаи $R = g\Delta t$ дур мешаванд. Хамин тавр аз нуктаҳои дигари муҳит (В-яке аз онҳост) масофаҳои паҳншавии мавҷҳои дуомиро вобаста ба вақти мувофиқ муайян сохта, фронти мавҷи инъикосёфтаи ВД-ро муқаррар кардан мумкин аст.

Мавҷҳои афтандаю инъикосёфта дар ҳамон як муҳит паҳн мегарданд. Бинобар ҳамин суръатҳои онҳо якхелаанд дар ҳамон як муддати вақт масофаҳои якхеларо мепаймоянд. Ин аст, ки дарозии порчаҳои $BC=AD=R$ мебошанд. Катетҳои ВС ва АД баробаранд. Секунҷаҳои АВС ва АВД гипотенузаҳои умумӣ доранд, бинобар ҳамин онҳо баробаранд, яъне $\angle BAC = \angle ABD$

Мувофиқи ин баробарӣ кунҷҳои инъикос (γ) ва афтиш (α) ҳамчун кунҷҳои тарафҳоишон перпендикуляр баробаранд. Хулосаи мазкур, ки аз принципи Гюгенс ба тарзи назариявӣ бармеояд, дар таҷриба санҷида шудааст ва қонуни инъикоси мавҷ ном гирифтааст: шуъои инъикосёфта, шуъои афтанда ва перпендикуляр ба сарҳади ду муҳит фурувардашуда дар як ҳамворӣ меҳобанд ва кунҷҳои инъикосу афтиш баробаранд.

Қонуни шикасти мавҷҳо. Дар ҳудуди ҷудошавии ду муҳит тағйирёбии самти паҳншавии мавҷҳоро шикасти мавҷ меноманд.

Протсеси шикасти мавҷро ҳангоми афтиши мавҷи фронташ ҳамвор ба сатҳи ҳамвори ҷудошавии ду муҳит дида мебароем. Агар кунҷи афтиши мавҷ аз сифр фарқ кунад, пас мавҷи афтанда дар вақтҳои ҳархела ба нуктаҳои гуногуни ҳудуди ҷудошавии ду муҳит мерасад. Дар лаҳзае, ки китъаи бо шуъои A_1A ифодашудаи мавҷи афтанда ба ҳудуди ҷудошавии ду муҳит мерасад (расми 49), мувофиқи принципи



Расми 49

Гюгенс нуктаи А манбаи мавҷҳои дуоми мегардад. Дар лаҳзаи вақте, ки дар муҳити якум китъаи бо B_1C ишоратшудаи фронти мавҷ ба сарҳад

мерасад, мавҷҳо дар муҳити дуюм аз нуктаи А ба масофаи $AD = g_2 \cdot \Delta t$ паҳн мешаванд. Мавҷи фронти мавҷи шикаста дар лаҳзаи ба ҳудуди ҷудошавӣ расидани шуъои B_1C дар расм бо хати рости ВД нишон дода шудааст. Мавҷҳои афтанда ва шикаста дар муҳитҳои гуногун бо суръатҳои ҳархела паҳн мешаванд. Аз ин рӯ онҳо масофаҳои гуногунро тай мекунанд. Кунҷи афтиш α ба кунҷи САВ, кунҷи шикаст β ба кунҷи ДВА ҳамчун кунҷҳои тарафҳоишон байни худ перпендикуляр баробаранд. Нисбати синуси кунҷи афтиш α -ро ба синуси кунҷи шикаст β меёбем:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\left| \frac{BC}{AB} \right|}{\left| \frac{AD}{AB} \right|} = \left| \frac{BC}{AD} \right|$$

Тавре ки дар боло гуфтем, $|BC| = \mathcal{G}_1 \Delta t$ ва $|AD| = \mathcal{G}_2 \Delta t$, пас

$$\boxed{\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2}} \quad (1.5.6)$$

мешавад.

Ин баробарӣ қонуни шикасти мавҷро ифода мекунад: шуъои афтанда, шуъои шикаста ва перпендикуляри ба ҳудуди ҷудошавии ду муҳит гузаронидашуда дар як ҳамворӣ меҳобанд; нисбати синуси кунҷи афтиш бар синуси кунҷи шикаст барои ду муҳити додашуда бузургии доимист.

Нисбати синуси кунҷи афтиш бар синуси кунҷи шикастро нишондоди нисбии шикаст меноманд:

$$\boxed{\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}} \quad (1.5.7)$$

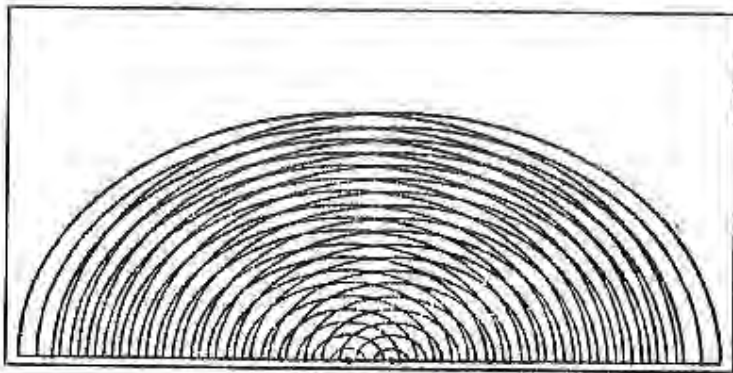
Ин ҷо бояд қайд кунем, ки нисбати нишондоди шикасти муҳити ихтиёрӣ бар нишондоди шикаст дар вакуум (хало) нишондоди шикасти мутлақ номида мешавад.

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad n_1, n_2 \text{ мувофиқан нишондоди шикасти мутлақи муҳитҳои}$$

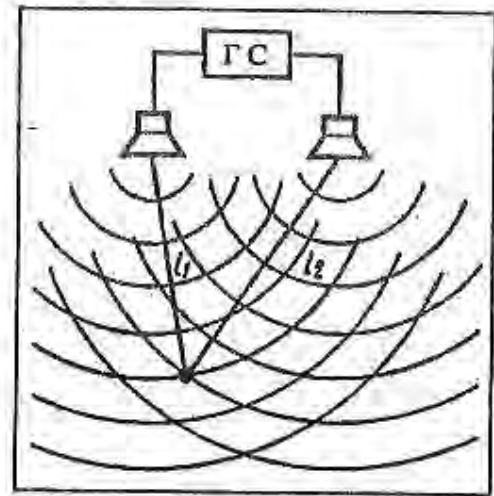
якум ва дуюм мебошанд. Яъне ҳар гуна муҳит ба худ хос нишондоди шикаст дорад.

§23. Интерференсия ва дифраксияи мавҷҳо

Принсипи суперпозитсия. Паҳншавии мавҷҳоро аз ду ё якчанд манбаъ дар сатҳи об мушоҳида карда, фаҳмида метавонем, ки мавҷҳо яке аз болои дигар гузашта, ба ҳам таъсир намерасонанд. Мавҷҳои садо низ айнан ҳамин тавр рафтор мекунанд. Ҳангоми шумидани оркестр садои ҳар кадом асбоб мисли он ки як асбоб навохта мешуда бошад, ба гӯши мо мерасад. Дар ҳар нуқтае, ки ба он мавҷҳо аз манбаъҳои гуногун якбора мерасанд, натиҷаи амали якҷояи мавҷҳо ба суммаи натиҷаҳои амали ҳар кадоми мавҷҳои алоҳида баробар аст. Ин қонуниятро **принсипи суперпозитсия** меноманд.



Расми 50



Расми 51

Интерференсияи мавҷҳо Барои чуқуртар фаҳмидани моҳияти принципи суперпозитсия ба таҷрибаи зайл муроҷиат менамоем.

Дар ваннаи мавҷӣ тавассути вибратори аз ду тараф миладошта, ду манбаи нуқтагии мавҷҳоро ҳосил мекунем, ки онҳо бо басомади якхела ларзиш мекӯранд. Мушоҳида нишон медиҳад, ки дар мавриди мазкур дар ваннаи мавҷӣ манзараи махсуси паҳншавии мавҷ мушоҳида мешавад. Дар сатҳи об қитъаҳои тасмашакле пайдо мешаванд, ки дар онҳо ларзишҳо ба назар намерасанд (расми 50).

Ҳодисаи ба ин монандро дар таҷрибаҳо бо мавҷҳои садои низ мушоҳида кардан мумкин аст. Ду баландгӯяки динамикиро аз ҳам ҷудо гузошта, онҳоро ба як генератори садои пайваस्त мекунем (расми 51). Синфхонаро қадам зада, дар мавқеъҳои гуногун пасту баланд шундашавии садоро пайҳас кардан мумкин аст. Мавҷҳои садогии ду манбаъ дар баъзе нуқтаҳои фазо якдигарро пурқувват ва дар дигар нуқтаҳо якдигарро суст мекунанд. Ҳодисаи афзоиш ё камшавии амплитудан мавҷи натиҷавӣ ҳангоми ҳамҷояшавии ду мавҷи даври ларзишшон якхеларо интерференсияи мавҷ меноманд.

Дар нуқтаҳои фазо, ки мавҷҳои амплитуда ва зудии якхела дошта аз рӯи фазо бо π ё ним даври лаппиш гецида паҳн мешаванд, амплитудан лаппишҳо ба сифр баробар аст. Ҳангоми бо қонунияти ягона аз ду манбаъ паҳн гаштани мавҷҳо фарқи ба ним давр баробар ҳамон вақт ҳосил мешавад, ки агар фарқи масофаҳо Δl аз манбаъҳои λ_1 ва λ_2 то нуқта ба нисфи дарозии мавҷ баробар шавад.

$$\Delta l = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda}{2} \text{ ё барои шумораи токи ниммавҷҳо } \Delta l = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Фарқи Δl -ро фарқи густариши мавҷҳои нтерференсияшаванда ва

шарти $\Delta l = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ -ро шарти минимуми интерференсионӣ меноманд.

Максимумҳои интерференсионӣ дар нуқтаҳои мушоҳида мешаванд, ки мавҷҳо аз онҳо бо лапишҳои фазаи якхела дошта мегузаранд. Ҳангоми қонуниятҳои якхелаи лапишҳои ду манбаъ шартҳои мазкур бояд фарқи густириши мавҷҳо ба шумораи бутуни онҳо баробар шавад $\Delta\lambda = k \cdot \lambda$.

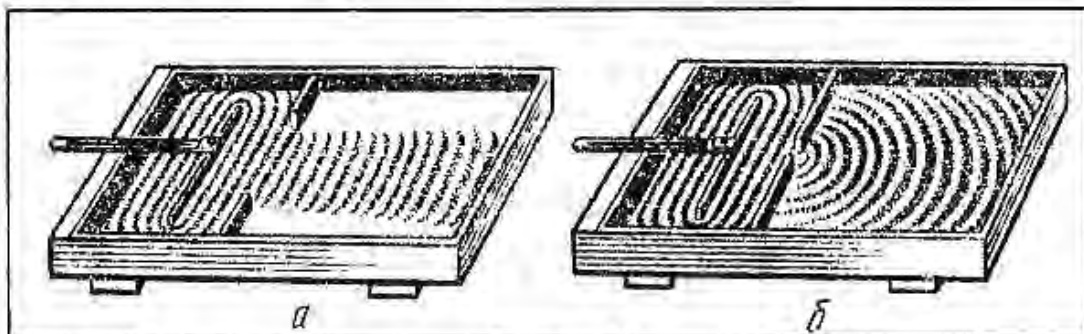
Интерференсияи мавҷҳо танҳо ҳангоми иҷрои шартҳои когерентӣ имконпазир аст. Калимаи когерентӣ маънои мувофиқатро дорад.

Когерентӣ гуфта лапишҳои мегӯянд, ки басомади якхела доранд ва бо мурури замон фарқи фазаҳои онҳо доимӣ мемонад.

Дифраксияи мавҷҳо. Мо борҳо садои сигнали мошини дар паси девор ё бурҷи биноҳо истодаро, ки намоён нест, шунидаем. Яъне, мавҷҳои садо канораҳои монеаро давр зада, гузашта метавонанд. Чунонки мавҷи об санги дар об намоёнро озодона давр зада мегузарад. Ин ҳодисаро дар ваннаи мавҷӣ мушоҳида мекунем. Дар роҳи мавҷҳо, ки дар натиҷаи ларзиши вибратор-ҷадвал паҳн мегарданд, экранҳои роғадорро мегузорем.

Агар андозаи роға назар ба дарозии мавҷ бузург бошад, мавҷ дар паси роға тавре густириш меёбад, ки гуё монеа вучуд надорад. Яъне мавҷ қариб шакли худро тағйир надиҳад, аз роға мегузарад (расми 52, а).

Вақте ки андозаи роға хурд карда мешавад, дар паси он қачии



Расми 52

фронти мавҷ доирашакл мешавад (расми 52, б). Яъне мавҷ ба паси роға, гуё онро давр зада мегузарад.

Ҳодисаи канорҳои монеаро давр зада гузаштани мавҷро дифраксияи мавҷ меноманд. Ҳодисаи дифраксия низ дар асоси принциби Гйугенс шарҳ дода мешавад. Дар роғаи андозаҳои хурд манбаъҳои мавҷи дуҷумӣ ба якдигар чунон наздик шуда метавонанд, ки онҳоро ҳамчун як манбаи нуқтагӣ қабул кардан мумкин аст. Мавҷҳои дуҷумии ин манбаъ ба паси канораҳои монеа мегузаранд ва қачшавии фронти мавҷи ҳамвор ба амал меояд.

Ҳодисаи дифраксия мисли интерференсия ба ҳама навъҳои мавҷ хос аст.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ гуна ларзишхоро озод меноманд? Ларзишҳои маҷбурӣ чӣ?
2. Резонанс чист?
3. Мавҷ чист?

4. Тафовути мавҷҳои арзӣ аз тӯли дар чист?
5. Байни дарозӣ ва суръати паҳншавии мавҷ чӣ гуна алоқамандӣ вучуд дорад?
6. Интерференсия ва дифраксияи мавҷҳоро шарҳ диҳед.



Машқи 13

1. Агар басомади ларзиш 200 Гс ва суръати мавҷ 480 м/с бошад, фарқи фазаҳои ду нуқтаи мавҷро муайян кунед, ки масофаи байнашон 20 см аст.
2. Ҳангоми бо эҳолот чен кардани чуқурии баҳр лаҳзаҳои афканиш ва қабули садо 0,6 с фарқ доштанд. Агар суръати садо дар оби баҳр 1450 м/с бошад, чуқурии баҳр дар зери киштӣ чӣ қадар аст?



Хулосаҳо аз фасли «Ларзиш ва мавҷҳои механикӣ»

Бо мурури вақт такрорёбии ҳаракати ҳисро ларзиш меноманд. Фосилаи вақтеро, ки дар тӯли он як ларзиши пурра иҷро мешавад, даври ларзиш T меноманд. Адади ларзишҳои воҳиди вақтро басомади ларзишҳо меноманд.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Мавриди махсуси омӯзиши ларзишҳо ларзиши мавзун ҳисоб мешавад, ки аз рӯи қонуни синус ба амал меояд.

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

ки дар ин ҷо A -амплитудаи ларзиш, $\omega t + \varphi_0$ -фазаи ларзиши мавзун ва φ_0 фазаи ибтидоӣ мебошанд.

Даври ларзиши рақосаки математикӣ аз рӯи формулаи

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \text{ҳисоб карда мешавад.}$$

Бо мурури вақт дар муҳит паҳншавии ларзишҳоро мавҷ меноманд. Масофаеро, ки ларзиш ҳангоми як даври пурра мепаймояд, дарозии мавҷ меноманд.

$$\lambda = \nu T$$

Ҳангоми мувофиқ омадани басомади ларзишҳои маҷбурӣ ва ларзишҳои хусусӣ (озод)-и система афзоиши якбораи амплитудаи ларзишҳои системаро резонанси ларзишҳо меноманд.

Ҳодисаи афзоиш ё камшавии амплитудаи мавҷи натиҷавиро ҳангоми якҷояшавии мавҷи даври ларзишашон якхела интерференсия меноманд.

Ҳодисаи канорҳои монеаро давр зада гузаштани мавҷро дифраксияи мавҷ меноманд.

1.6. ҚОНУНҲОИ БАҚО ДАР МЕХАНИКА

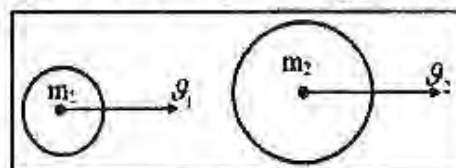
§ 24. Импулси ҷисм. Қонуни бақои импулс

Импулс ё миқдори ҳаракати ҷисм гуфта бузургии физикиеро меноманд, ки вай ба ҳосили зарби массаи ҷисму суръати он баробар аст.

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1.6.1)$$

Азбаски \vec{g} - бузургии векторӣ аст, ҳосили зарби он бо бузургии скалярии масса (m) ҳам вектор мешавад, яъне импулс бузургии векторӣ аст.

Бигузур ҷисмҳои массаҳояшон m_1 ва m_2 бо суръатҳои g_1 ва g_2 соҳиб бошанд (расми 53) ва аз рӯи як хати рост ба ҳамон як самт ҳаракат кунанд.



Расми 53

Агар суръати ҷисми якум назар ба суръати ҷисми дуюм зиёд бошад ($g_1 > g_2$), пас баъди ягон лаҳзаи вақт вай ба ҷисми дуюм расида, бо он бар мехӯрад. Фаҳмост, ки дар натиҷаи зарба суръати ҷисми якум кам g'_1 шуда, суръати ҷисми дуюм g'_2 меафзояд.

Қонунҳои дуюм $\left(\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}\right)$ ва сеюми $(\vec{F}_2 = -\vec{F}_1)$ Нютонро истифода бурда, баъди ихтисори вақт (t) ҳосил мекунем:

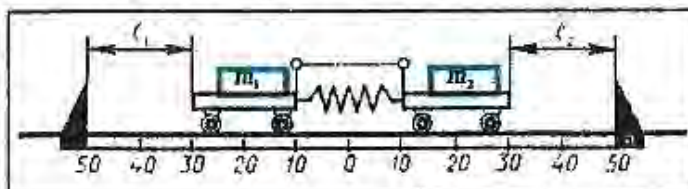
$$m_1(\vec{g}_1 - \vec{g}'_1) = -m_2(\vec{g}_2 - \vec{g}'_2)$$

Баробарии охириро дар шакли зерин навиштан мумкин аст.

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = m_1 g'_1 + m_2 g'_2 \quad (1.6.2)$$

Фаҳмидан душвор нест, ки тарафҳои чапу ростии формула суммаи импулсҳои ҷисмҳоро пеш аз зарба ва баъди он ифода мекунанд, яъне дар системаи маҳдуд суммаи импулсҳои (импулси пурра) ду ҷисм ҳангоми таъсири байниҳамдигарии онҳо бо мурури замон (пеш ва баъди зарба) бетағйир мемонад. Инро қонуни бақои импулс меноманд.

Ба дурустии қонуни мазкур тавассути таҷриба бо аробачаҳои дар расми 54 тасвирёфта, ки массаҳои онҳоро тағйир додан мумкин аст ва бо қувваи чандирии пружина аз ҳамдигар тела дода мешаванд, бовар



Расми 54

кардан мумкин аст.

Яъне дар таҷриба санчида мешавад, ки

$$m_1 l_1 = -m_2 l_2 \text{ ё ки } m_1 \mathcal{J}_1 \Delta t = -m_2 \mathcal{J}_2 \Delta t,$$

ва

$$m_1 \bar{\mathcal{J}}_1 = -m_2 \bar{\mathcal{J}}_2 \text{ ё ки } m_1 \bar{\mathcal{J}}_1 + m_2 \bar{\mathcal{J}}_2 = 0 \quad (1.6.3)$$

ҳосил мешавад.

Ҳамин тариқ дурустии қонуни бақои импульс барои таъсири байниҳамдигарии ду ҷисм санчида мешавад. Қонуни мазкур барои системаи ҷисмҳо низ дуруст аст. Яъне, импульси системаи маҳдуд бо мурури вақт тағйир намеёбад.

$$\bar{P} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_N = \text{const} \quad (1.6.4)$$

Зухуроти қонуни бақои импульс ҳангоми тирпарронӣ (тири тӯп онро ба қафо тела медиҳад), ҳаракати реактивӣ (дар натиҷаи сӯзиш гази хориҷшаванда ва бадани мушак ба импульсҳои якхела соҳиб мешаванд) мушоҳида мешавад.

§ 25. Ҳаракати реактивӣ

Дониستاني қонуни бақои импульс имконият медиҳад, ки ҳангоми номаълум будани қимати қувваҳо суръатҳо муайян карда шаванд.

Барои мисол муҳаррики реактивиро мегирем. Ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ газҳои ҳарорати баланддошта аз ақиби мушак бо суръати баланди $\bar{\mathcal{J}}$ хориҷ мешаванд (расми 55).

Киштии ва газҳои хориҷшаванда байни якдигар дар таъсири мутақобил мебошанд.

Дар асоси қонуни бақои импульс гуфта метавонем, ки ҳангоми вучуд надоштани қувваҳои беруна суммаи вектории қувваҳои ҷисмҳои таъсири мутақобилдошта доимӣ мемонад.

То дами ба кор даромадани муҳаррик импульси мушак ва сӯзишвории он баробари сифр буд, пас аз ин мебарояд, ки баъди ба кор шурӯъ кардани муҳаррик низ суммаи

векторҳои импульси ракета ва газҳои хориҷшаванда ба сифр баробар аст. Яъне

$$M \bar{\mathcal{J}}_1 + m \bar{\mathcal{J}}_2 = 0 \quad (1.6.5)$$

ки дар ин ҷо M – массаи мушак, $\bar{\mathcal{J}}_1$ – суръати мушак, m – массаи газҳои хориҷшаванда, $\bar{\mathcal{J}}_2$ – суръати чоришавии газ аст.



Расми 55

формулаи (1.6.5) ҳосил мекунем:

$$M\vec{g}_1 = -m\vec{g}_2 \quad (1.6.6)$$

ё ки барои қимати мутлақи суръати мушак

$$\vec{g}_1 = \frac{m}{M} \cdot \vec{g}_2 \quad (1.6.7)$$

мешавад.

Формулаи мазкур барои ҳисоб кардани қимати мутлақи суръати кишти ҳангоми кам тағйир ёфтани массаи он M татбиқ мешавад.

Муҳаррики реактивӣ дорои хусусиятҳои ҷолиб мебошад. Аз ҷумла, барои ҳаракати автомобил ба ғайр аз муҳаррик боз роҳ лозим аст, ки бо он чархҳо мутақобил таъсир намоянд, барои қайқ – об, барои тайёра ҳаво. Аммо барои ракета (мушак) на роҳ, на об ва на ҳаво лозим аст, чунки вай аз ҳисоби таъсири мутақобили сӯхтани сӯзишворӣ ҳаракат мекунад. Маҳз бо ҳамин сабаб киштии қайқонӣ дар фазои беҳаво ҳаракат карда метавонад.

Асосгузори ҳаракати реактивӣ олим ва ихтироъкори рус К.Э. Циолковский (1857-1935) мебошад. Дар замони Иттиҳоди Шӯравӣ илми қайқоншиносӣ хеле тараққӣ кард ва ба натиҷаҳои назаррас ноил гашт. Олими машҳури шӯравӣ С.П. Королев (1907-1966) ақидаҳои Циолковскийро амалӣ гардонда, дар сохтан ва ба мадор баровардани киштиҳои қайқонӣ корҳои зиёдеро ба анҷом расонид. Имрӯз киштиҳои гуногуни қайқонӣ ва радифҳои маснӯъ ба нафъи мардум хизмат мекунанд.

Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ гуна бузургии физиқиро импульси ҷисм меноманд?
2. Моҳияти қонуни бақои импульсро бо мисолҳо фаҳмонда метавонед?
3. Қонуни бақои импульс дар чӣ гуна системаҳо амал мекунад?

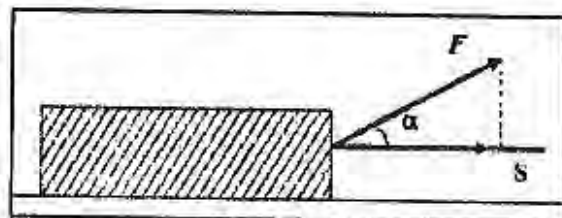
Машқи 14

1. Варзишгари массааш 70 кг бо суръати 10 м/с давида, ба аробаи массааш 150 кг, ки ба пешвози \bar{y} бо суръати 3 м/с ҳаракат мекард, мечаҳад. Ароба бо варзишгар ба кадом тараф ва бо кадом суръат ҳаракат мекунанд?
2. Тири тўп, ки бо суръати 480 м/с уфуқӣ парвоз мекард, қафида ба ду пораи баробар ҷудо шуд. Яке аз ин пораҳо бо суръати 400 м/с нисбат ба Замин амудан ба боло парвоз кард. Суръати пораи дуюмро муайян кунед.

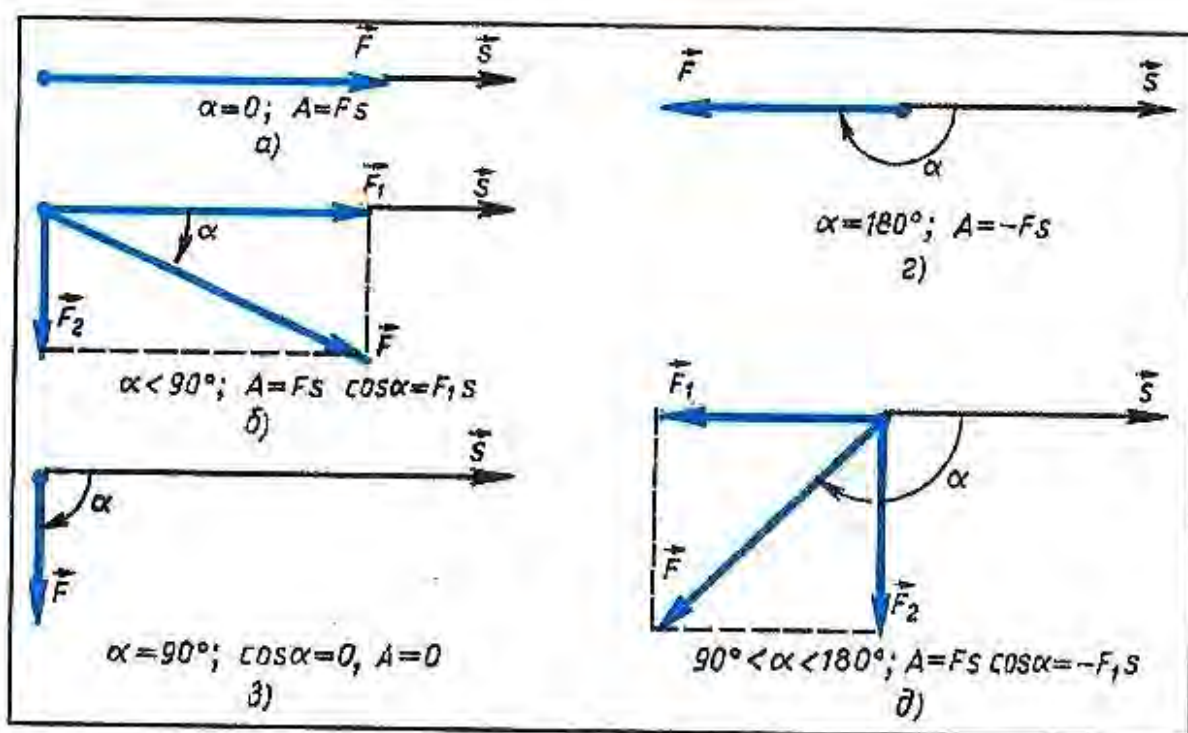
§ 26. Кор ва энергия

Кори механикӣ. Зери таъсири қувва ҳаракат кардани ҷисм аз он дарак медиҳад, ки вай бо ягон ҷисм (ё системаи ҷисмҳо) таъсири мутақобил дорад ва дар натиҷа ҳолати ҳаракати он тағйир меёбад. Дар айни ҳол мегӯянд, ки ҷисм кори механикӣ иҷро мекунад.

Кори механикӣ аз рӯи ҳосили зарби модулҳои қувва, кӯчиш ва косинуси кунҷи байни векторҳои қувва ва кӯчиши ҷисм муайян карда мешавад (расми 56).



Расми 56



Расми 57

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha \quad (1.6.8)$$

Аз рӯи расми 57 натиҷаи кори қувваи ба ҷисм гузошташударо дар мавридҳои гуногун муоина карда метавонем.

Дар системаи байналхалқии воҳидҳо ба сифати воҳиди кор ҷоул (Ҷ) қабул шудааст, ки $1\text{Ҷ} = 1\text{Н} \cdot 1\text{м}$

Масалан, агар кори кашолакунии автомобилро ба 2 км ҳангоми 600 Н будани тарангии симтаноб ҳисоб карданӣ шавем, пас

$$A = F \cdot s = 600\text{Н} \cdot 2000\text{м} = 1200000\text{Ҷ}$$

ҳосил мешавад.

Ба хотир меорем, ки кори ҳангоми фишурдашавӣ (ё кашидашавӣ)-и

пружина иҷрошаванда чӣ гуна ҳисоб карда мешавад. Ҳангоми ба бузургии $\Delta\ell$ таъйиқшавӣ қувваи гузошташуда ба қувваи чандирӣ баробар буда, аз $F_1 = 0$ то $F_2 = k\Delta\ell$ тағйир меёбад. Онро ҳамчун қимати миёнаи арифметикии қувваҳои F_1 ва F_2 ҳисоб кардан мумкин аст.

$$F_M = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{0 + k\Delta\ell}{2} = \frac{k\Delta\ell}{2} \quad (1.6.9)$$

Азбаски самти қувваи беруна ба самти кӯчиши нӯги пружина мувофиқат мекунад, пас $\cos\alpha = 1$ ва кори иҷрошуда ба

$$A = F_M \cdot \Delta\ell = \frac{1}{2} k\Delta\ell^2 \quad (1.6.10)$$

баробар мешавад.

Тавоноӣ. Барои ба қобилияти кориҷрокунии муҳаррик баҳо додан, аз мафҳуми тавоноӣ истифода мебаранд. Нисбати кори иҷрошуда бар фосилаи вақт (t)-ро, ки дар давоми он кор иҷро гардидааст, тавоноӣ (N) меноманд.

$$N = \frac{A}{t} \quad (1.6.11)$$

Дар системаи байналхалқӣ ба сифати воҳиди тавоноӣ ватт: $1\text{Вт} = 1\text{Ҷ/с}$ қабул шудааст.

Ҳангоми ҳаракати мунтазам $\left(g = \frac{S}{t}\right)$ тавоноӣ бо суръати ҳаракати ҷисм ифода мешавад, яъне

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot g \quad (1.6.12)$$

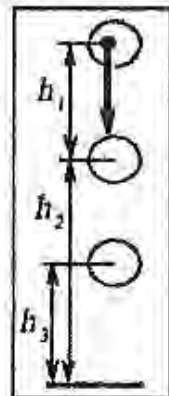
Формулаи охир аз он далолат мекунад, ки дар ҳамон як қимати тавоноии муҳаррик суръатро каму зиёд карда, қимати қувваи кашиш F - ро тағйир додан мумкин аст. Аз ин хусусияти муҳаррикҳо ронандагони нақлиёт, устои дастгоҳҳо истифода мебаранд. Масалан, барои ҳосил кардани қувваи кашиши зиёд ва чуқур шудгор кардани замин тракторчӣ суръати ҳаракатро суст мекунад; барои коркарди масолеҳи саҳт устои дастгоҳи харротӣ суръати теги бурандаро паст мекунад ва гайраҳо.

Энергия. Агар координатаҳо ва суръатҳои ҷисмҳои система дар ягон лаҳзаи вақт маълум бошанд, пас аз рӯи ин маълумот ба ҳолати механикии система пурра баҳо додан мумкин аст. Аз тарафи дигар ба ҳар як ҳолати система аз рӯи як бузургӣ, ки он аз суръатҳо ва

координатаҳои ҷисмҳои система вобастагӣ дорад, низ баҳо додан мумкин аст. Энергия бузургист, ки ба ҳамин хусусият молик аст. Системаи дар ин ва ё он ҳолати механикӣ қарордошта ҳангоми тағйирдиҳии ҳолат метавонад кор иҷро намояд, яъне соҳиби энергия аст.

Энергияи потенциалӣ. Ҷисме, ки аз сатҳи Замин ба ягон баландӣ бардошта шудааст, яъне системаи «ҷисм-Замин» соҳиби энергия аст. Энергияеро, ки аз рӯи мавқеи ҷойгиршавии ҷисмҳо ё худ қисмҳои онҳо муайян карда мешавад, энергияи потенциалӣ меноманд.

Барои муқоисаи энергияи потенциалии ҷисмҳои гуногун бояд шартан мавқеи ибтидоии ҷисмҳо, ки нисбат ба он ҷисм дар ягон баландии h мешавад, муайян бошад. Вобаста ба шарти масъала ин бузургӣ (болои девор h_1 , сатҳи Замин $-h_2$ ё сатҳи об $-h_3$) гуногун шуда метавонад (расми 58). Одатан, энергияи потенциалии ҷисми дар сатҳи Замин бударо ба сифр баробар мегӯянд. Ҳамин тавр дар системаи ба Замин алоқаманд ҷисми дар баландии h буда, дорои энергияи



Расми 58

$$E_n = mgh \quad (1.6.13)$$

мешавад.

Формулаи (1.6.13) фақат барои баландиҳои начандон зиёд татбиқшаванда аст, ки дар онҳо тағйирёбии қимати g ба эътибор гирифта намешавад.

Энергияи ҷисмҳои чандирӣ таъйиқшударо низ энергияи потенциалӣ мегӯянд, чунки он аз мавқеъгирии қисмҳои ҷисм (масалан, печакҳои пружина) вобастагӣ дорад. Яъне, энергияи потенциалии пружинаи фишурдашударо аз рӯи формулаи

$$E_n = \frac{k\Delta\ell^2}{2} \quad (1.6.14)$$

муайян кардан мумкин аст.

Энергияи кинетикӣ. Ҷисмҳои дар ҳаракат буда (оби ҷоришаванда, бод, чархи гардон ва ғайра) низ дорои энергияи механикӣ мебошанд. Энергияеро, ки ҷисм дар натиҷаи ҳаракати худ бо он молик мешавад, энергияи кинетикӣ меноманд.

Бигузур ба ҷисми массааш m , ки нисбат ба системаи сарҳисоби муайян дар ҳолати оромист, ягон қувваи доимии \vec{F} таъсир кунад. Таҳти таъсири қувва ҷисм бо шитоби α ба ҳаракат мебарояд, масофаи S -ро паймуда, соҳиби суръати \vec{v} мешавад. Агар вай дар сатҳи уфуқӣ кӯчиш кунад, пас

$$E_k = A = F \cdot S \quad (1.6.15)$$

мешавад.

Аммо $F = ma$ ва $S = \frac{g^2}{2a}$ аст, пас

$$FS = ma \frac{g^2}{2a} = \frac{mg^2}{2}$$

мешавад.

Ҳамин тавр
$$E_k = \frac{mg^2}{2} \quad (1.6.16)$$

мешавад.

Энергияи кинетикӣ ба нисфи ҳосили зарби масса ва квадрати суръати ҷисм баробар аст.

Агар ҷисм то ибтидои вақти ҳаракат соҳиби ягон суръати g_1 бошад, пас

$$E_k = A = FS = ma \frac{g_2^2 - g_1^2}{2a} = \frac{mg_2^2}{2} - \frac{mg_1^2}{2} \quad (1.6.17)$$

мешавад.

Қисми рости баробарии боло тағйирёбии энергияи кинетикиро ифода мекунад. Яъне тағйирёбии энергияи кинетикӣ ба кори дар ин ҳангом иҷрошуда баробар аст.

§ 27. Қонуни бақои энергия

Аз формулаҳои E_n ва E_k фаҳмидан душвор нест, ки энергия низ мисли қор бо ҷоулҳо ҳисоб карда мешавад.

Ҳар гуна ҷисм якбора метавонад соҳиби энергияҳои потенциалӣ ва кинетикӣ бошад. Дар ҳодисаҳои механикӣ ба якдигар табдилёбии энергияҳои потенциалӣ кинетикӣ имконпазир аст, аммо энергияи пурраи механикӣ системаи маҳдуди ҷисмҳо бетағйир мемонад.

$$E = E_k + E_n \quad (1.6.18)$$

Энергияи механикӣ дохили система танҳо аз як ҷисм ба ҷисми дигари система гузашта, ё аз як намуд ба намуди дигари энергия табдил ёфта метавонад.

Хулосаи мазкур ҳолати хусусии яке аз муҳимтарин қонунҳои табиат – қонуни бақо ва табдили энергияро ифода менамояд, ки мувофиқи он ҳангоми табaddулотӣ дилхоҳи энергия (механикӣ ба

дохилӣ, электрикӣ ба механикӣ ё дохилӣ ва гайра) суммаи энергияҳои кинетикӣ ва потенциали бузургии доимист.

Ҳамин тариқ, агар қимати қувваҳои ба ҷисм гузошташуда маълум бошанд, қонунҳои бақои импульс ва энергия имконият медиҳанд, ки масъалаҳои механикӣ ҳал шаванд.

Қонунҳои бақо қонунҳои умумитарини табиатанд. Чунончи, Қонуни Паскал танҳо барои моеъ ва газҳо иҷрошаванда аст, Қонуни Ом ҳудуди муайяни татбиқ дорад, ҳол он ки қонунҳои бақои энергия ва импульс дар ҳамаи протсессҳои физикӣ иҷрошавандаанд.

Мо қонунҳои бақои энергия ва импульсро чун натиҷаи амали қонунҳои динамика ҳосил намудем. Аммо ин қонунҳо дар мавридҳои низ татбиқшавандаанд, ки онҳо қонунҳои динамикаи Нютонро бевосита татбиқ кардан мумкин нест.

Масалан, ҳангоми ҳаракати ҷисме, ки суръаташ ба суръати рӯшноӣ наздик аст, ё ҳангоми омӯзиши ҳаракати зарраҳои дохили атом қонунҳои Нютонро татбиқ кардан гайриимкон аст. Аммо қонунҳои бақо дар ҳама мавридҳо беистисно татбиқшавандаанд.

Саволҳои санҷишӣ

1. Қори қуввае, ки нисбат ба самти ҳаракати ҷисм таҳти ягон қонун таъсир мекунад, чӣ тавр ҳисоб карда мешавад?
2. Дар кадом қимати қончи байни самти таъсири қувва ва қўчиш қор ба сифр баробар мешавад? Қимати зиёдтарин мегирад?
3. Таваҷҷуҳи ҷисм? Таваҷҷуҳи муҳаррикоро чӣ тавр ҳисоб мекунад?
4. Энергияи потенциалии ҷисми аз сатҳи Замин дар ягон баландӣ воқеъбуда ба чӣ баробар аст?
5. Энергияи потенциалии ҷисми чандири тазйиқшударо чӣ тавр ҳисоб мекунад?
6. Моҳияти қонуни бақо ва табдили энергияро шарҳ дода метавонед?

Машқи 15

1. Тайёра ҳангоми аз Замин кандашавиаш бояд суръати 25 м/с дошта бошад. Дарозии хестангоҳи он 100 м-ро ташкил медиҳад. Агар массаи тайёра 1 т ва муқовимати ҳаракат 200 Н бошад, муҳаррики тайёра бояд чӣ гуна таваҷҷуҳ дошта бошад?
2. Автомобили массааш 5000 кг ҳангоми гузаштан аз роҳи қўҳӣ нисбат

ба сатҳи баҳр 400 м боло баромад. Энергияи потенциалии автомобилро нисбат ба сатҳи баҳр муайян кунед.

3. Агар муқовимати филизот ҳангоми буридан 600 Н ва суд (ККФ)-и дастгоҳи ҳарротӣ 0,75 бошад, магар тавоноии муҳаррики электрикии он (7,8 кВт) барои бо суръати 5 м/с буридани он кифоягӣ мекунад?

4. Бори массааш 2,5 кг аз баландии 8 м ба сатҳи Замин озод меафтад. Ҳангоми ба 100 Ҷ камшавии энергияи потенциалиаш вай дар кадом баландӣ мешавад.

5. Бори массааш 50 кг аз теппаи баландиаш 200 м лағжида дар поёни теппа қарор мегирад. Барои аз нав борро бо ҳамин роҳ ба болои теппа баровардан чӣ қадар кор бояд иҷро шавад.

6. Агар энергияи кинетикии тири массааш 10 г ҳангоми паррондан 3200 Ҷ бошад, вай бо кадом суръат ҳаракат мекунад.

7. Бо ҳар зарбаи бори массааш 400 г меҳ ба тахта 20 мм медарояд. Агар суръати болға пеш аз зарба 4 м/с бошад, қувваи миёнаи муқовимати тахтаро муайян кунед.

8. Ҷисми массааш 0,3 кг, ки бо суръати 25 м/с амудан ба боло партофта мешавад, баъди 2 с ба кадом энергияи кинетикӣ соҳиб мешавад.

9. Агар пружинаи 2500 Н/м саҳтидошта 2 см фишурда шуда бошад, пас вай соҳиби чӣ гуна энергия аст?

10. Ҷисме, ки озод меафтад, бо суръати 30 м/с ба сатҳи Замин мерасад. Баландии афтиши ҷисмро ёбед.

11. Агар ҷисм дар баландии 10 м суръати 8 м/с дошта бошад, дар кадом баландӣ энергияҳои кинетикию потенциалиаш баробар мешаванд?

12. Агар ҷисми массааш 5 кг суръаташро аз 4 то 3 м/с тағйир диҳад, кори қувваи соишро муайян кунед.

ⓘ Хулосаҳо аз фасли «Қонунҳои бақо»

Импулси ҷисми массааш m , ки суръати \vec{g} дорад, ба $\vec{P} = m\vec{g}$ баробар аст.

Импулси система ба суммаи геометрии импулсҳои ҷисмҳои системаро ташкилдиҳанда баробар аст.

Агар суммаи қувваҳои ба система таъсиркунанда ба сифр баробар бошад, пас импулси система бетағйир мемонад.

$$m_1\vec{g}_1 + m_2\vec{g}_2 + \dots = const$$

Қонуни бақои импульс барои тадқиқи ҳаракати реактивӣ мақоми муҳим дорад.

Таъсири қувва ба ҷисми ҳаракатнок бо қори механикӣ тавсиф дода мешавад. Қувваи доимии \vec{F} ҳангоми кӯчиши ростхатаи ҷисм қори $A = F \cdot |\Delta\ell| \cdot \cos\alpha$ - ро иҷро мекунад.

Бузургии қори дар воҳиди вақт иҷрошударо тавоноӣ меноманд:

$$N = \frac{A}{\Delta t}$$

Тағйирёбии энергияи кинетикӣ ба қори умумии қувваҳои ба ҷисм гузошташуда баробар аст:

$$A = \Delta K = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2}$$

Энергияи потенциалии ҷисме, ки аз сатҳи Замин дар ягон баландӣ воқеъ аст, аз рӯи формулаи

$$П = mgh$$

муайян карда мешавад.

Энергияи потенциалии ҷисм ҳангоми деформатсияи чандирӣ ба

$$П = \frac{k(\Delta\ell)^2}{2} \text{ баробар аст.}$$

Дар системаи сарбаст энергияи механикӣ пурра бетағйир (доимӣ) мемонад.

$$E = K + П = const$$

Энергияи механикӣ ҳолати системаро ифода мекунад; энергияи кинетикӣ аз суръати ҷисмҳо ва энергияи потенциалӣ аз мавқеи ҷойгиршавии онҳо вобастагӣ доранд.

1.7. ГИДРОСТАТИКА ВА ГИДРОДИНАМИКА

§ 28. Вобастагии фишори моеъ аз суръати чоришавии он. Муодилаи Бернулли

Мушоҳидаи ҷараёни об (масалан, оби дарё) аз он гувоҳӣ медиҳад, ки ҳаракати моеъ (газ)-ҳо назар ба ҳаракати ҷисмҳои сахт мураккабтаранд. Яъне, қисмҳои алоҳидаи моеъ бо суръатҳои ҳархела ҷорӣ мешаванд: дар қисми мобайнии дарё суръат зиёд асту дар канорҳои он кам, баъзан гирдобҳо ба вучуд меоянд. Ҳаракати ҳаво низ дар атмосфера чунин аст. Азбаски қонунҳои ҳаракати моеъҳо ва газҳо аз якдигар чандон фарқ намеkunанд, онҳоро якҷоя меомӯзанд.

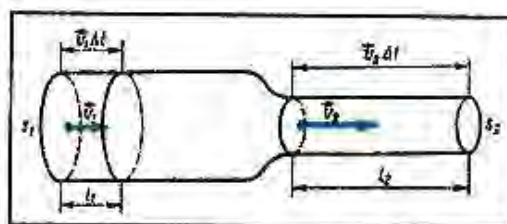
Аслан бо мақсади муҳокимаронию шарҳи мухтасар ҳангоми омӯзиши ҳаракати моеъҳо ва газҳо онҳоро ба ду навъ ҷудо мекунанд.

Ҳангоми суръатҳои начандон баланд моеъ (ҳамчун газ) ҳамчун қабатҳои ҷудогона, ки нисбат ба якдигар мелағзанд, ҷорӣ мешавад. Яъне ҳаракати бешитоб (мунтазам)-и ҳама қитъаҳои моеъ ё газро ҷараёни ламинарӣ* меноманд. Агар эффекти канориро ба эътибор нагирем, пас ҷараёни моеъро дар лӯла (қубур)-ҳои дароз ё дарёҳои калон ҷараёни ламинарӣ ҳисобидан мумкин аст.

Агар суръати ҷараёни моеъ (газ) бо мурури замон тағйир ёбад, ҳаракати шитобноки зарраҳо сурат мегирад, ки он сабаби фарқи фишорҳо мешавад. Яъне, бо тағйирёбии суръати моеъ қабатҳо омезиш ёфта, соҳаҳои чархзанандаи гирдобӣ ба вучуд меоянд ва ҷараёни ба истилоҳ турбулентӣ** (бенизом, пуртуғён) пайдо мешавад.

Татбиқёбии қонуни бақои энергияро дар мисоли ҳаракати моеъ (ё газ)-ҳо дар дохили лӯлаҳо дида мебароем.

Ҳангоми ҳаракати муътадили моеъ ё газ аз лӯлаи масоҳати буришҳои арзишҳои гуногуни S_1 ва S_2 (расми 59) бояд дар лаҳзаҳои якхелаи вақти Δt массаҳои якхелаи моеъ гузаранд:



Расми 59

$$\rho_1 g_1 s_1 \Delta t = \rho_2 g_2 s_2 \Delta t$$

Агар зичии моеъ дар қитъаҳои лӯла $\rho_1 = \rho_2$ бошад, пас

$$g_1 S_1 = g_2 S_2$$

мешавад.

* Аз калимаи латинии *laminia*, ки маънояш қабат аст.

** Аз калимаи латинии *turbie lentus*, ки маънояш гирдобшакл аст.

Аз ин чо фаҳмида мешавад, ки суръати ҳаракати моеъ дар қитъаи борики лӯла назар ба қитъаи кушоди он зиёдтар аст, яъне:

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Афзоиши суръати ҳаракати моеъ ё газ ҳангоми аз қитъаи кушод ба қитъаи борики лӯла гузаштан нишонан он аст, ки ба моеъ ё газ дар ин ҳангом қуввае таъсир мекунад, ки он танҳо аз фарқи фишор дар буришҳои гуногуни лӯла вобастагӣ дорад.

Қувваи номбурда ба фарқи қувваҳои фишор $P_1 S_1$ ва $P_2 S_2$ баробар буда, ба тарафи қитъаи борики лӯла самт мегирад. Дар ягон фосилаи Δl ин қувва кори $A = P_1 S_1 \ell_1 - P_2 S_2 \ell_2$ -ро иҷро мекунад.

Мувофиқи қонуни бақои энергия кори мазкур ба тағйироти энергияи механикии моеъ ё газ баробар аст

$$A = \Delta E$$

Агар лӯла уфуқӣ қой гирифта бошад, пас энергияи потенциалии массаи моеъ бетағйир монда, танҳо энергияи кинетикии он тағйир меёбад. Яъне

$$P_1 S_1 \ell_1 - P_2 S_2 \ell_2 = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2} \quad (1.7.1)$$

Дар расми 59 мебинем, ки ҳаҷми моеъ дар буришҳои лӯла яхела аст.

$$V = S_1 \ell_1 = S_2 \ell_2$$

(1.7.1)-ро ба V тақсим карда, ҳосил мекунем:

$$P_1 - P_2 = \rho \frac{g_2^2}{2} - \rho \frac{g_1^2}{2} \quad \text{ё ки} \quad P_1 + \rho \frac{g_1^2}{2} = \rho \frac{g_2^2}{2} + P_2$$

Модоме ки буришҳои S_1 ва S_2 -ро ихтиёрӣ интихоб кардем, пас барои ҳар гуна буриши лӯла формулаи зеринро навишта метавонем:

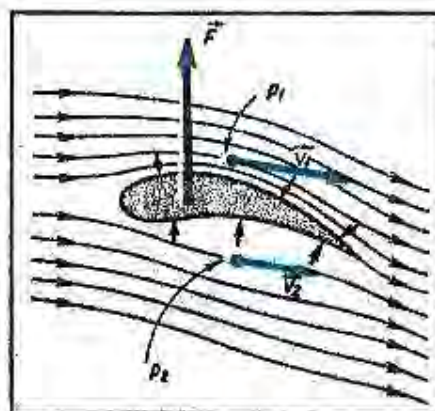
$$P + \rho \frac{g^2}{2} = \text{const}$$

Муодилаи охириро соли 1738 академики петербургӣ Даниил Бернулли ҳосил намудааст, ки он дар сели чараёни моеъ ё газ тағйирёбии фишорро вобаста ба суръати ҷоришавӣ алоқаманд месозад. Яъне бо афзоиши суръати сели моеъ ё газ фишор кам мешавад.

§ 29. Қувваи болобурди болҳои тайёра

Муодилаи Бернуллиро барои шарҳи пайдоиши қувваи болобурди болҳои тайёра истифода бурдан мумкин аст. Ҳангоми ҳаракати тайёра

чараёни ҳавои атрофи болҳо монанди расми 60 чорӣ мешавад. Яъне суръати чараёни ҳаво дар қисми болои бол \mathcal{Q}_1 назар ба суръати чараён дар қисми поён \mathcal{Q}_2 бештар аст. Мувофиқи формулаи (1.7.2) фишори ҳаво дар қисми болои бол P_1 назар ба фишори қисми поёни он P_2 кам мешавад. Маҳз ҳамин фарқи фишорҳо боиси пайдоиши қувваи болобурди болҳо мегардад, ки онро аз рӯи формулаи



Расми 60

$$F_s = (P_2 - P_1)S = \frac{1}{2} \rho (\mathcal{Q}_1^2 - \mathcal{Q}_2^2) S$$

ҳисоб кардан мумкин аст.

Пайдоиши қувваи болобурди болҳоро дар киштиҳо, ки дар баҳру дарёҳо шино мекунанд ва болҳои зеробӣ доранд, истифода мебаранд. Баданҳои чунин киштиҳо тавассути пояҳои шоро ба болҳои зеробӣ тақия мекунанд. Ҳангоми ҳаракати болҳо дар зери об мисли болҳои тайёра қувваи болобурд пайдо шуда, киштиро боло мебардорад.

Дар ин маврид муқовимат ба пешравиши кишти нисбатан кам мешавад. Дар натиҷа кишти бо ҳамон тавоноии пештара назар ба киштиҳои муқаррарӣ ба суръати баландтар (то 70 км/с) соҳиб мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ суръати ҷоришавии об дар китъаи борики лула назар ба китъаи васеътари он зиёд аст?
2. Фишори моеъ аз суръати ҷоришавӣ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Муодилаи Бернуллӣ нависед ва онро барои ҳаракати моеъ дар лулаи уфуқи ҷойгиршуда шарҳ диҳед.
4. Пайдоиши қувваи болобурди болҳоро дар киштиҳо, ки болҳои зеробӣ доранд, шарҳ диҳед.
5. Барои чӣ тайёраҳо ҳамеша ба муқобили самти боди вазиданиста мепаранд ва фуруд меоянд?

❗ Хулосаҳо аз фасли «Гидростатика ва гидродинамика»

Ҷисмҳо аз рӯи хосиятҳои механикиашон ба ҷисмҳои сахт, моеъҳо ва газҳо ҷудо карда мешаванд. Ҷисмҳои сахт ҳаҷм ва шакли худро нигоҳ медоранд. Дар онҳо ҳангоми таъйиқшавӣ қувваҳои ҷандирӣ пайдо мешаванд. Моеъҳо бошанд, ҳаҷмро нигоҳ дошта, шаклашонро тағйир

медиханд. Хангоми тағйирёбни мавкен қабатҳои онҳо қувваҳои чандирӣ ба вуҷуд намеоянд. Газҳо ҳар гуна зарфро пур карда, ҳам ҳаҷм ва ҳам шакли худро дигар мекунад.

Мувофиқи қонуни Бернуллӣ хангоми ҳаракати моеъ (ё газ) фишор дар ҷойҳои зиёд аст, ки он ҷо суръати моеъ кам бошад. Ин қонун бисёр ҳодисаҳоро, аз ҷумла пайдоиши қувваи болобурди тайёраҳо равшан менамояд.

Машқи 16 (барои ҳалли мустакилона).

1. Заврақ нисбат ба соҳил таҳти кунҷи рост ҳаракат мекунад. Суръати он нисбат ба об ба 2 м/с баробар аст. Агар бари дарё 80 м, суръати ҷоришавии об 1 м/с бошад, вақти ҳаракати заврақро то соҳили муқобил муайян кунед.

2. Ронанадаи автомобил хангоми 72 км/с будани суръат моторро хомӯш ва тормозро якбора паҳш кард. Агар коэффитсиенти соиш $k=0,6$ бошад, автомобил то ҷои ист чӣ қадар вақт ҳаракат мекунад?

3. Вазни автомобили массааш 2000 кг ва суръаташ 60 км/с дар нуқтаи баландтарини кӯпруки радиуси қачиаш 100 м чӣ қадар кам мешавад?

4. Тире, ки бо суръати 600 м/с ҳаракат мекунад ба тахтаи гафсиаш 0,1 м бархӯрда, аз он бо суръати 400 м/с мебарояд. Модули шитоби ҳаракати тирро андаруни тахта ҳисоб кунед.

5. Поезди дарозиаш 250 м бо суръати 54 км/с ҳаракат мекунад. Вай кӯпруки дарозиаш 0,5 км-ро дар чӣ қадар вақт мегузарад?

6. Одами массааш 60 кг дар чархофалаки уфукӣ чархзананда савор аст. Қувваи чандириеро муайян кунед, ки ба одам хангоми бо суръати 10 м/с аз рӯи давраи радиусааш 12 м чархзананда таъсир мекунад.

7. Велосипедрони массааш 80 кг бо суръати 10 м/с аз болои кӯпруки фуруҳамидаи радиусааш 20 м ҳаракат мекунад. Қувваи чандириеро, ки ба велосипедрон дар нуқтаи пасттарини кӯпрук таъсир мекунад, ёбед.

8. Санге, ки бо суръати 14 м/с таҳти кунҷи 60° нисбат ба уфук партофта мешавад, баъди чӣ қадар вақт ба Замин меафтад?

9. Суръати якуми кайҳониро барои сайёраи Зӯҳра муайян кунед. Агар массаи Зӯҳра $4,87 \cdot 10^{24}$ кг, радиуси он $6,05 \cdot 10^6$ м бошад?

10. Тепловози массааш 130 т бо суръати 2 м/с ба қатораи массааш 1170 т, ки қарор аст, наздик мешавад. Баъди якҷояшавӣ қатораю тепловоз бо кадом суръат ҳаракат мекунад?

11. Вағони роҳи оҳан, ки массааш 15 т аст, дар қитъаи уфуқии роҳ бо суръати 1 м/с ҳаракат мекунад. Вағони дигар, ки 20 т масса дорад, аз қафо бо суръати 2 м/с ҳаракат карда, ба он мерасад. Суръати вағонҳо баъди

якчояшавӣ чӣ қадар мешавад?

12. Кори қувваи чандириро ҳангоми аз $x=2$ см то $x=6$ см тазйиқшавии пружинаи саҳтиаш 200 Н/м ҳисоб кунед.

13. Электровози қувваи кашишаш 250 кН поезде чӣ қадар масса доштаро мунтазам ҳаракат дода метавонад? Коэффитсиенти соиш $0,05$.

14. Радифи маснӯи Замин дар баландии 3600 км аз рӯи мадори гирдхатта ҳаракат мекунад. Суръати радифро ёбед, агар радиуси Замин 6400 км, шитоби афтиши озод $g=9,8$ м/с² бошад.

15. Тайёраи «ИЛ-62» чор муҳаррик дорад, ки қувваи кашиши ҳар кадомаш 103 кН аст. Тавоноии тайёра ҳангоми бо суръати 864 км/ст ҳаракат кардани он чӣ қадар аст?

16. Кори қувваи соишро ҳангоми то истодан тормоздиҳии қаторои массааш 1200 т, ки бо суръати 72 км/ст ҳаракат мекунад, ёбед.

17. Ба қисми массааш 10 кг қувваи доимии 5 Н таъсир мекунад. Энергияи кинетикии қисмро баъди 2 сонияи оғози ҳаракати он муайян намоед.

18. Ресмони аз пӯлод сохташуда, ки $5 \cdot 10^5$ Н/м саҳтӣ дорад, ба 2 мм кашида дароз карда шуд. Энергияи потенциалии тазйиқи чандири ресмонро ҳисоб кунед.

19. Нерӯгоҳи барқии Норақ тавоноии $2,7$ млн кВт дорад. Агар баландии обанбори он 310 м бошад, пас дар тӯли як сол аз гидротурбинаи он чӣ қадар об бояд гузарад? Ҳисоб карда шавад, ки энергияи потенциалии об пурра ба энергияи барқ табдил мешавад?

20. Саққои пӯлодини радиусаш 2 см дар нӯги ресмон овезон аст. Қувваи тарангии ресмонро муайян кунед. Зичии саққо $7,8 \cdot 10^3$ кг/м³, шитоби афтиши озод $g=9,8$ м/с².

21. Ду раққосаки математикӣ дар як вақт ба ларзидан оғоз намуданд. Дар ҳамаи муддати вақте, ки раққосаки якум 20 ларзиш кард, раққосаки дигар 10 маротиба ларзид. Нисбати дарозихои раққосакхоро ёбед.

22. Дар укёнусоҳо дарозии мавҷ то 270 м, даври ларзишҳо то $13,5$ с мерасад. Суръати паҳншавии ларзишхоро дар ин маврид ҳисоб кунед.

ҚИСМИ II. ФИЗИКАИ МОЛЕКУЛӢ

2.1. АСОСҲОИ НАЗАРИЯИ МОЛЕКУЛӢ-КИНЕТИКӢ

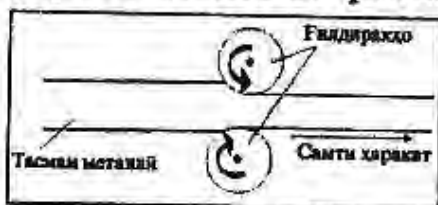
§30. Нуктаҳои асосии назарияи молекулӣ-кинетикӣ

Ҳангоми омӯзиши физика дар синфи 7 ва химия дар синфи 8 Шумо оид ба атому молекулаҳо, ҳаракати онҳо баъзе тасаввурот пайдо кардед. Мухтасар онҳоро такрор мекунем.

Чисмҳое, ки ҳар рӯз бо онҳо дар зиндагӣ, истехсолот сару кор дорем, ба назари мо ҳамвору яклухт ва бефосила менамоянд. Дар баробари ин бисёр ҳодисаҳои табиат аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки ин тасаввурот чандон саҳеҳ нест. Чунончи ба ҳама маълум аст, ки чисмҳо ҳангоми гармшавӣ гудохта ва бӯғ мешаванд. Бӯғшавии на танҳо моеъҳо, балки чисмҳои сахт низ мушоҳида мешавад (бӯғшавии нафталин, порчаҳои саҳти йод, ях ва дигарҳоро ба ёд оред). Агар модда сатҳи яклухт медошт, ин ҳодисаҳоро фаҳмидан ва шарҳ додан ғайриимкон мебуд. Айнан ҳаминро барои далелҳои ба ҳама маълуми тағйирёбии ҳаҷми чисмҳо бо таъсири беруна, гармшавӣ ва хунукшавӣ низ гуфтан мумкин аст.

Аз тарафи дигар, агар фарз намоем, ки чисмҳо танҳо дар назар яклухт менамоянд (дар асл онҳо аз заррачаҳои хурди модда-молекулаҳо, ки аз якдигар дар масофаи начандон бузург воқеъбуда таркиб ёфтаанд), ин ҳодисаҳоро низ бе душворӣ шарҳ додан мумкин аст. Андозаи фосилаҳои байни молекулаҳо бо таъсири беруна, дигаргуншавии ҳарорат ё сабабҳои дигар тағйир меёбад. Бӯғшавӣ дар натиҷаи ҷудошавӣ (ҷаҳиш)-и молекулаҳо аз моеъ ё ҷисми сахт, вале тағйири ҳаҷми ҷисм бо тағйирёбии андозаи фосилаҳои байни ҳиссаҷаҳои он шарҳ дода мешавад. Бешак, фосилаҳои байни молекулаҳо дар модда аз ковокиҳои муқаррарие, ки дар ҷӯб, хишт, қоғаз ва ғайра мавҷуданд, фарқ доранд.

Шумо метавонед оид ба мавҷудияти фосилаҳо дар байни молекулаҳо дар истехсолот бо фактҳои шавқовару боварибахш дучор оед.



Расми 61

Дар саноати филизӣ барои аз филизот ва хулаҳои онҳо тайёр кардани тунука, ки он аз байни навардҳои ҷарҳзананда мегузарад (расми 61), фишори навард ба филизот то $15 \cdot 10^8$ Па мерасад. Чунин фишори баланд боиси хурд гаштани фосилаҳои байни молекулаҳо

гашта, филизотро мустаҳкам ва сифатнок месозад.

Ҳангоми таҳқиқи танаи (лифофа) киштиҳои кайҳонӣ муқаррар гашт, ки газ метавонад аз қабати гафси филизот гузарад. Аз ин сабаб филизи аз он тана сохташавандаро пешакӣ ба варақаҳо ҷудо карда, мекубанд. Нуктаҳои асосии назарияи молекулӣ-кинетикӣ соҳти моддаҳо чунинанд:

1. Ҳар гуна модда аз молекулаҳо ё атомҳои дар ҳаракати бефосилаи бетартиб (бетартибона) буда иборат аст.

2. Дар байни онҳо қувваҳои молекулаи таъсир мекунад.

Молекула ва атомҳо чунон хурданд, ки онҳоро бо чашми оддӣ ё ҳатто бо микроскоп фарқ кардан номумкин аст. Танҳо соли 1974 тавассути микроскопи электронӣ сурати атом ва молекулаҳои алоҳида ҳосил карда шуд, ки мавҷудияти худ онҳоро исбот намуд. Пас, то ин дам кадом далелҳо мавҷудияти ин ҳиссаҷаҳоро тасдиқ карда метавонистанд?

Ҳап дар сари он аст, ки мавҷудияти молекулаю атомҳо ҳангоми ҳаракати онҳо ошкор мегардад ва таъсири байниҷадигарии онҳо дар шароитҳои муайян ба назар мерасад. Аз ин сабаб чандин мушоҳида ва таҷрибаҷоро гузаронидан мумкин аст, ки нуктаҳои асосии назарияи молекулаи-кинетикӣ сохти модда-дискретӣ (фосиланокӣ) ва «ҳаракатнокӣ доимӣ»-и онҳоро бевосита тасдиқ намоянд. Дар ин амал гузаронидани таҷрибаҳо оид ба падидаи даррафт (диффузия) ва Ҳаракати броуни дар мадди аввал меистанд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Шумо аз ҳаёти ҳаррӯзаатон кадом мушоҳидаҷоро номбар карда метавонед, ки аз мавҷудияти фосилаҳои байни молекулаи гувоҳӣ диҳанд?

2. Нуктаҳои асосии назарияи молекулаи-кинетикӣ сохти модда аз чӣ иборатанд?

3. Далелҳои биеҷед, ки молекулаҳо доим дар ҳаракати бефосилаи бетартиб мебошанд

§ 31. Асоси таҷрибавии назарияи молекулаи – кинетикӣ. Ҳаракати броуни

Даррафти (диффузия) моддаҳо. Бо ин ҳодиса Шумо аз синфи 7 шинос ҳастед, аз ин рӯ ҳоло баъзе таҷрибаҷоро ба хотир оварда, моҳияти онҳоро аниқу пурратар хоҳем кард.

Даррафт гуфта ҳодисаеро меноманд, ки ҳангоми ҷоришавии он моддаҳо худ бо худ омехта мешаванд. Мисоли оддӣ даррафт дар газҳо-якбора паҳншавии бӯй дар ҳаво аст. Бӯи хуши атри рехташуда баъди чанд дақиқа дар тамоми хона ба машом мерасад. Даррафти газҷоро мумкин аст инчунин дар таҷриба бо бугҳои бром бубинем. Ба устувоии (силиндри) шишагин, ки қариб 50 см баландӣ дорад, чанд ҷақраи бромро мерезанд ва ҳамзамон устувоинаро бо лавҳаи шишагин мепӯшонанд (барои он ки бӯи нафасгири бром паҳн нашавад). Бром якбора ба бугшавӣ шурӯъ мекунад ва ба боло ҳаракат карда, бо ҳаво омехта мешавад, ки сурхранг аст. Диққат диҳед, ки дар айни ҳол омехташавии газҳо на аз ҳисоби қувваи вазнинӣ ба вуҷуд меояд, чунки бӯи бром назар ба ҳаво хеле зичтар аст ва дар қабати ҳаво ҳосил мешавад.

Табиист, ки ин ҳодиса дар асоси назарияи молекулий-кинетикӣ шарҳ дода мешавад: молекулаҳои бромӣ ҳаво бетартибона ҳаракат карда, ба якдигар бар меҳӯранд, дар фосилаҳои байни молекулавӣ меафтанд, ки ин ба омехташавии газҳо оварда мерасонад ва оҳиста-оҳиста омехтаи якҷинсаи газҳо ба вуҷуд меояд.

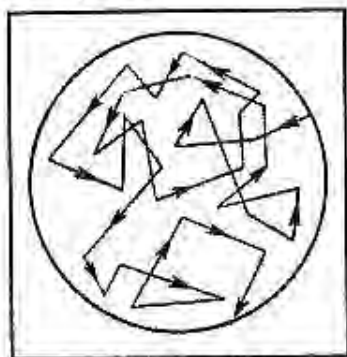
Даррафт дар моеъҳо нисбатан ботадриҷ ба вуҷуд меояд. Ба устувонаи шишагӣ қариб то нисфаш маҳлули даҳани фаранг (CuSO_4) меандозем ва баъд ба он оҳиста оби тоза мерезем. Дар аввали таҷриба ҳудуди чудошавии маҳлули даҳани фарангӣ об баръало дида мешавад. Бо мурури замон ҳудуд нобуд мешавад: ранги осмонӣ ба боло ҳаракат мекунад ва баъди чанд рӯз ҳар ду моеъ пурра омехта шуда, маҳлули якҷинсаи рангаш осмонии баланд ҳосил мешавад. Суръати даррафт баланд набуда, он аз ҳарорати моеъ вобаста аст. Устувонаро бо маҳлулаш каме гарм карда, ба ин боварӣ ҳосил кардан мумкин аст. Азбаски даррафт аз рӯи ҳаракати ҳароратии молекулаҳо шарҳ дода мешавад, бинобар ин сабаби афзоиши суръати ҳиссаҷаҳо бо баландшавии ҳарорат алоқаманд доништа мешавад.

Молекулаҳои ҷисмҳои саҳт низ дар ҳароратҳои муқаррарӣ омехта мешаванд. Чунин таҷриба гузаронида шуда буд. Ба рӯи лавҳаи тиллоӣ устувонаи сурбиро, ки аз оксидҳо хеле хуб тоза карда шуда буд, дар ҳарорати муътадил ба муҳлати чанд сол болои ҳам гузоштанд. Маълум гашт, ки баъди 4 сол устувонаи сурбӣ ва лавҳаи тиллогӣ часпидаанд ва таҳлили химиявӣ нишон дод, ки тиллою сурб ба 5 мм гузафта, ба ҳам якҷоя шудаанд. Дар айни ҳол саволе пайдо мешавад, ки агар зарраҳои ҷисми саҳт танҳо дар атрофи ҳолати мувозинатии ҳеш лапшиш хӯранд, пас ҳодисаи даррафт дар онҳо чӣ тавр шарҳ дода мешавад. Дар ин маврид ба эътибор гирифта мешавад, ки зарраҷаҳои ҷисми саҳт баъзан ҷои худро тарк карда, ба ҷои дигар мегузаранд. Ана ҳамин молекула ё атомҳои «саёҳаткунанда» сабабгори дар ҷисмҳои саҳт ба амал омадани даррафт мешаванд.

Ҳаракати Броунӣ. Яке аз далелҳои эътимодноки мавҷудияти молекулаҳо ва ҳаракати бенизоми ҳароратии онҳо ҳаракати Броунӣ мебошад ва ба шарафи ботаники англис Р. Броун, ки онро соли 1827 мушоҳида карда буд, гузошта шудааст. Р. Броун қатраи обро таҳти микроскоп мушоҳида карда, дар он ба ҳаракати бетартибонаи ҳиссаҷаҳои шинокунандаи растаниҳо диққат дод. Ҳиссаҷаҳо ҳамеша ҳаракати бетартибона мекарданд.

Ин ҳодисаро худ Шумо низ метавонед мушоҳида намоед. Барои ин қатраи маҳлули обу ранг (ё шир)-ро гирифта, онро болои шишаи назди микроскоп, ки калонкуниаш 500-600 карата аст, гузоред. Моеи ба назар яклухт ва якҷинса дар зери микроскоп тамоман дигар ҳел менамояд. Пораҳои шаклҳои нодурустдошта, ки андозаҳои ҳархела доранд, дар моеи беранг шино мекунанд, Албатта, онҳо молекула

набуда, пораҳои аз якдигар чудос мебошанд, ки аз онҳо ранг тайёр шудааст. Яке аз пораҳои зерин назорат гирифта, мебинем, ки вай бо мурури замон бетартиб (гоҳ ба як тараф, гоҳ ба тарафи дигар) ҳаракат мекунад.



Расми 62

Агар мавқеи ҳамин ҳиссачаро баъди фосилаҳои муайяни вақт (масалан, баъди ҳар 30 с) ба қайд гирифта, нуқтаҳо гузорем ва онҳоро пайи ҳам пайваस्त кунем, пас хати шикастаи чигилшудаеро (расми 62) ҳосил мекунем, ки аз ҳаракати бетартибонаи ҳиссача шаҳодат медиҳад, вале ҳуди масири ҳаракати ҳиссача дар асл хеле мураккаб аст.

Хусусияти аҷиби ин ҳодиса дар ҳамаи мавридҳо қатъ нагаштани ҳаракат аст. Яъне, бо вучуди истисноӣ таъсири берунии (масалан гармкунӣ ё паст кардани ҳарорат) ҳаракати бетартибонаи молекулаҳои мушоҳида намудан мумкин аст. Аз ин мебарояд, ки сабаби ҳаракати бетартибонаи ҳиссачаҳои броуниро дар ҳуди моеъ чустан лозим аст.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Сохти молекули модда бо кадом далелҳо асоснок карда мешавад?
2. Моҳияти ҳодисаи даррафтро шарҳ диҳед.
3. Дар газҳо, моеъҳо ва ҳиссаҳои сахт даррафтро чӣ тавр мушоҳида кардан мумкин аст?
4. Барои чӣ бо баландшавии ҳарорат суръати даррафти моддаҳо меафзояд?
5. Ҳаракати броуни чист?
6. Барои чӣ ҳаракати броуниро бо ҳиссачаҳои нисбатан калони моддаҳо мушоҳида кардан норавост?

§ 32. Андоза ва массаи молекулаҳо.

Микдори модда. Адади Авогадро

Шумо оид ба андоза ва массаи молекулаҳо аз физикаи синфи 7 ва химияи синфи 8 тасаввуроти ибтидоӣ доред. Ба андозаи молекулаҳо аз рӯи таҷрибаҳои гузаронидаи физикҳои олмонӣ В. Рентген ва англис Д. Рэлей низ баҳо додан мумкин аст.

Агар ба сатҳи оби тоза қатраи равғанро чаконем, пардаи тунук ҳосил мешавад, ки ғафсии он қариб ба андозаи (ғафсии) молекула баробар аст, бинобар ин ғафсии ҳудудии чунин пардаро ҳамчун қутри молекула қабул кардан мумкин аст. Масоҳати пардаи бавучудомадаро ҳисоб карда, ғафсии онро (қутри молекула) муайян мекунем. Натиҷаҳои яке аз таҷрибаҳо чунин буд: ҳаҷми қатраи равған $3,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3$ масоҳати сатҳи парда 90 см^2 . Ҳамин тавр ғафсии парда

$$d = \frac{3,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3}{90 \text{ см}^2} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

ҳосил шуд.

Дар замони ҳозира усулҳои гуногуни чен кардани андозаи молекула ва атомҳо мавҷуданд, ки натиҷаҳои онҳо барои молекулаҳои ҳар як модда тақрибан якхела мебошад. Масалан, андозаҳои хаттии молекулаҳои оксиген тақрибан $3 \cdot 10^{-10}$ м, об қариб $2,6 \cdot 10^{-10}$ м, аксари моддаҳои дигар низ тартиби 10^{-10} м -ро ташкил медиҳанд. Аммо молекулаҳои як қатор моддаҳои узвӣ (органикӣ), ки аз ҳазорҳо атомҳо иборатанд, ба андозаҳои моликанд, ки нисбат ба андозаи молекулаҳои ду ва ё сеатома чандин маротиба зиёданд.

Молекула ва атомҳо чунон хурданд, ки онҳоро танҳо дар муқоиса бо ҳисмҳои дигар тасаввур кардан мумкин аст. Барои муқоиса ду мисол меорем. Атоми оҳан аз чормағз чанд маротиба хурд бошад, ҳуди чормағз аз Моҳ ҳамон қадар хурдтар аст. Агар молекулаи обро то ба андозаи нӯги сӯзан калон кунем, пас ҳуди нӯги сӯзан дар ин сурат назар ба андозаи кӯҳи баландтарини Замин - Қомолунгма хеле калонтар мешуд.

Массаи молекулаю атомҳо бо вучуди андозаҳои хурд дошташон, хеле саҳеҳ чен карда шудаанд. Онҳо бо ададҳои хеле хурд ифода меёбанд. Масалан, массаи молекулаи оксиген ба $53,5 \cdot 10^{-27}$ кг, гидроген - $3,34 \cdot 10^{-27}$ кг баробар аст. Ин ададҳо дар хотир нигоҳ доштани онҳо ҳисоби китоб гузаронидан низ кори душвор аст. Аз ин рӯ, тавре ки Шумо аз курси химияи синфи 8 медонед, ба сифати воҳиди ченкунии массаҳои атому молекулаҳо, воҳиди атомии масса (в.а.м.) қабул шудааст. Воҳиди атомии массаро чунин интиҳоб кардаанд, ки массаи маъмултарин изотопи¹ карбон назар ба он расо 12 маротиба зиёд бошад. Ба таври дигар, воҳиди атомии масса ба 1/12 ҳиссаи изотопи бештар паҳншудаи карбон баробар аст.

Массаи атомиро, ки бо воҳиди атомии масса ифода ёфтааст, массаи нисбии атомӣ M_n меноманд.

Нисбати массаи атомӣ m_0 и модда ба 1/12 ҳиссаи массаи атомии карбонро массаи нисбии атомии модда меноманд:

$$M_n = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_c}$$

Яъне вай нишон медиҳад, ки массаи атомии элементи додашуда

¹Изотоп - аз калимаҳои юнони *изо* «якхела» ва *топос* «ҷой» таркиб ёфта, атомҳои химиявиеро ифода мекунад, ки дар онҳо шумораи якхелаи протонҳо ва адади гуногуни нейтронҳо мавҷуданд.

m_0 аз $1/12$ ҳиссаи массаи атомии карбон m_c чанд маротиба хурд аст. Фаҳмоист, ки воҳиди массаи атомии карбон ба 12 баробар аст. Массаи нисбии атомии магний ба 24 баробар аст. Ин нишон медиҳад, ки массаи атомии магний аз $1/12$ ҳиссаи массаи атомии карбон 24 маротиба калон аст. Массаи атомии гидроген қариб 12 маротиба аз массаи атомии карбон хурд аст, яъне массаи нисбии атомии гидроген ба 1 наздик аст.

Массаҳои атомии элементҳо дар системаи даврии элементҳои химиявии Д.И. Менделеев нишон дода шудаанд, вале ҳангоми ҳисобкуниҳои амалӣ массаҳои нисбии атомии элементҳо то адади бутуни наздиктарин яклухт мекунад. Агар модда аз молекулаҳо таркиб ёфта бошад, пас массаи нисбии молекулавии он M_n ба суммаи массаҳои нисбии атомии атомҳои баробар аст, ки онҳо ин молекуларо ташкил медиҳанд. Масалан, массаи нисбии молекулаи нитроген N_2 ба 28 баробар аст, зеро молекулаи нитроген аз ду атом ($14+14=28$) таркиб ёфтааст. Массаи нисбии молекулавии гази карбонат CO_2 ба 44 баробар аст, зеро молекулаи он аз як атоми карбон ва ду атоми оксиген ($12+16+16=44$) таркиб ёфтааст ва ғ.

Ба таври таҷрибавӣ муайян шудааст, ки воҳиди атомии масса ба $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг баробар аст. Азбаски дар ҷадвали Д.И. Менделеев массаҳои нисбии атомӣ нишон дода шудаанд, пас массаи ҳар гуна атом ё молекуларо ба осонӣ ҳисоб кардан мумкин аст. Масалан, массаи молекулаи гази карбонат ба $m_{CO_2} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 44 = 73,04 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, массаи

молекулаи об $m_{H_2O} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 18 = 29,88 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ баробар аст.

Массаи молекулаи ҳаргуна моддаро аз рӯи формулаи

$$m_0 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot M_n$$

ҳисоб мекунад, ки ин ҷо m_0 - массаи молекула (бо кг), M_n - массаи нисбии молекулавии ин модда мебошанд.

Андоза ва массаҳои молекулаҳо хеле хурданд, аз ин сабаб шумораи онҳо дар ҳар гуна ҷисми макроскопӣ хеле бузург аст. Барои мисол молекулаҳои як чакра оби массааш 1г-ро ҳисоб мекунем. Барои ин массаи чакра m -ро бояд ба массаи як молекула m_0 тақсим намоем:

$$n = \frac{m}{m_0}$$

Азбаски массаи молекулаи моддаи ихтиёрӣ ба $m_0 = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot M_n$ баробар аст, пас

$$n = \frac{10^{-3} \text{ кг}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 18} = 3,3 \cdot 10^{22}$$

Ин адади хеле бузург аст, зеро аз шумораи истаконҳои оби

укёнусоҳо зиёд аст. Аз ин сабаб ҳангоми ҳисобҳо қабул шудааст, ки на шумораи мутлақи атом ё молекулаҳои ҳисм, балки шумораи молекула ё атомҳои ҳисмро бо шумораи атомҳои $0,012\text{кг}$ карбон нисбат диҳанд. Шумораи нисбии атом ё молекулаҳои ҳисмро миқдори модда меноманд. Шумо аз химияи синфи 9 медонед, ки нисбати адади молекулаҳои ҳисм N бар шумораи N_A атомҳои дар $0,012\text{кг}$ карбон буда миқдори модда номида мешавад.

$$v = \frac{N}{N_A}$$

Миқдори моддаро бо молҳо чен мекунанд. Миқдори моддаеро 1 мол меноманд, ки шумораи молекулаҳои он ба шумораи атомҳои $0,012\text{кг}$ карбон баробар аст. Масалан, 2 г гидроген, 32 г оксиген 1 моли ҳар кадоме аз ин моддаҳоро ташкил медиҳанд. Ғайри мол инчунин киломол ($1\text{кмол}=10^3\text{мол}$) қобили истифода аст.

Массаи 1 моли моддаро массаи молярӣ меноманд ва онро бо M ифода мекунанд. Аз мисоли дар боло овардаамон чунин бармеояд, ки қимати ададии массаи молярии мода, ки бо граммҳо ифода ёфтааст, ба массаи нисбии молекулии ҳамон модда баробар аст. Агар массаи моляриро бо килограммҳо ифода кунем, пас қимати ададии массаи молярӣ 1000 маротиба $10^{-3}M$ хурд мешавад: $M=10^{-3}M_n$. Масалан, массаи молярии гидроген ба $2 \cdot 10^{-3}\text{кг/мол}$, нитроген $28 \cdot 10^{-3}\text{кг/мол}$, газии карбонат $44 \cdot 10^{-3}\text{кг/мол}$ баробар аст.

Ба сифати мисол массаи молярии қандро ҳисоб мекунем, ки формулааш $C_{12}H_{22}O_{11}$ аст.

Аз рӯи ҷадвали Д.И. Менделеев массаҳои нисбии атомии карбон (12), гидроген (1) ва оксиген (16)-ро гирифта, массаи нисбии молекулии қандро муайян мекунем:

$$M_n = 12 \cdot 12 + 1 \cdot 22 + 16 \cdot 11 = 342$$

Пас, массаи молярии қанд ба $M = 10^{-3} \cdot 342\text{кг/мол} = 0,342\text{кг/мол}$ баробар мешавад.

Аз химияи синфи 9 медонед, ки шумораи молекула ё атомҳо дар моли ҳар гуна модда якхела буда ба $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{мол}^{-1}$ баробар аст. Ин ададро ба шарафи олими италиявӣ (асри X-X) Амедео Авогадро доимии Авогадро меноманд.



Саволҳои санҷишӣ

1. Массаи нисбии атомии моддаро шарҳ диҳед. Массаи нисбии атомии карбон чӣ қадар аст?
2. Массаи нисбии молекулии моддаро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
3. Агар массаи нисбии молекулаи маълум бошад, пас массаи молекулаи ҳамин модда чӣ тавр муайян карда мешавад?

4. Микдори модда чист ва онро бо кадом воҳидҳо чен мекунанд?
5. Агар адади заррачаҳои модда маълум бошад, пас адади молҳои онро чӣ тавр меёбанд?
6. Массай молярии моддаро чӣ тавр муайян мекунанд?



Машқи 17

1. Аз системаи даврии Д.И. Менделеев истифода бурда, массай нисбии молекули оксиген O_2 , метан CH_4 , гидросулфид H_2S -ро муайян кунед.
2. Массай молекулаи оксиген, метан ва гидросулфидро муайян кунед.
3. Агар ҳаво аз оксиген (22%) ва нитроген (78%) иборат бошад, ҳавои массааш 1 кг чӣ қадар молекула дорад? Молекулаи ин газҳо дуатомаанд.
4. 45 г обро бо молҳо ифода намоед.
5. Массай молярии оксиген, метан ва гидросулфидро ҳисоб кунед.

§ 33. Газҳои идеалӣ

Аз фанни химия медонед, ки байни молекулаҳои модда қувваҳои ҷозиба ва теладиҳӣ таъсир карда, сабаби мураккабии сохти онҳо мешаванд. Бинобар ин ҳангоми омӯзиши моддаҳо андозаҳои заррачаҳо ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳо бояд ба ҳисоб гирифта шаванд. Азбаски дар газҳо андозаи ҳуди молекулаҳо назар ба масофаҳои байни онҳо хеле хурданд ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳо ночиз аст, ҳаҷми молекулаҳо ва қувваҳои таъсири мутақобили онҳоро ба эътибор намегиранд. Ғайр аз ин фарз карда мешавад, ки гуё ҳангоми байни худ ва бо деворҳои зарф бархӯрӣ молекулаҳо энергия сарф намекунанд. Ҳамин тариқ, ҳар як молекулаи газ бештар озод ҳаракат мекунад ва гоҳ-гоҳ бо молекулаҳои дигар ё ба деворҳои зарф бар мекӯрад. Бо чунин фарзияҳо омӯзиши газҳои реалӣ (ҳақиқӣ)-ро ба омӯзиши модели ба онҳо наздик, ки гази идеалӣ ном гирифтааст, иваз менамоянд. Гази идеалӣ чунин газест, ки он аз маҷмӯи молекулаҳо-саққочаҳои чандири озод ва бетартиб ҳаракаткунанда иборат буда, онҳо танҳо ҳангоми бархӯрӣ байни якдигар таъсир мекунанд. Чунин модели содакардашуда имконият медиҳад, ки хосиятҳои асосии газҳо шарҳ ва баъзе қонунияти рафтори онҳо муқаррар карда шавад. Дар муҳокимаҳои минбаъда мо фақат гази идеалиро дар назар дорем.

Фаҳмост, ки дар табиат гази идеалӣ вучуд надорад. Молекулаҳои газҳои реалӣ андозаҳои муайян доранд ва байни худ таъсир мекунанд, ки ин таъсирот бо афзоиши масофаи байни заррачаҳо кам мешавад. Аз тарафи дигар бо камшавии зичии газ ҳаҷми хоси молекулаҳо нисбат ба ҳаҷме, ки онро ҳуди газ ишғол мекард, кам мешавад ва масофаи миёнаи байни заррачаҳо ба дараҷае меафзояд, ки қувваҳои таъсири мутақобили онҳоро ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Хосиятҳои чунин газ ба хосиятҳои гази идеалӣ наздик аст.

Интихоби модели гази идеалӣ имконият медиҳад, ки аз омӯзиши

хусусиятҳои газҳои алоҳида сарфи назар карда, қонуниятҳои умумию дар амал истифодашавандаи газҳоро муқаррар намоем.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Қадом хосиятҳои гази идеалиро медонед?
2. Зарурияти дохил кардани мафҳуми гази идеалиро фаҳмонед.
3. Фарқи байни газ, моеъ ва ҷисми сахт дар чист?

§ 34. Ҳарорат ва ҷенкунии он. Мувозинати ҳароратӣ

Ҳангоми омӯзиши параграфҳои гузашта борҳо оид ба вобастагии ҳодисоти гуногуни физикӣ ва ҳарорат (температура) суҳан ронда, дар назар доштем, ки Шумо бо ин мафҳум аллақай шинос ҳастед.

Моҳияти ҳароратро дар асоси чунин муҳокимарониҳо фаҳмидан мумкин аст. Аз таҷрибаи ҳаррӯза медонем, ки байни ду ҷисми ҳархела гармкардашуда ҳангоми расиш (тамоси ҳароратӣ) мубодилаи энергия ба амал меояд. Агар яке аз онҳо ба дуҷумӣ энергия бахшад, пас ҳисоб мекунанд, ки ҷисми якум назар ба дуҷум ҳарорати бештар дорад. Агар байни онҳо мубодилаи энергия ба амал наояд, пас онҳо ҳарорати якхела доранд ва дар ҳолати мувозинати ҳароратӣ мебошанд.

Барои ҷенкунии ҳарорат зарур аст, ки байни ду ҷисми дар тамосбуда мувозинати ҳароратӣ барқарор шавад. Агар масалан, ҷисмҳои А ва В бо ҷисми С дар мувозинати ҳароратӣ бошанд, пас ҳуди ин ҷисмҳо (А ва В) низ байни худ дар мувозинати ҳароратӣ мебошанд.

Ҷисмҳои А ва В-и бо ҷисми С дар мувозинати ҳароратӣ бударо дорой ҳароратҳои якхела ҳисоб мекунанд ва ҷисми С-ро ҳароратсанҷ (термометр) меноманд. Пас, термометр ҷисмест, ки бо ҷисми дигари ҳарораташ ҷеншаванда дар тамоси ҳароратӣ мебошад. Баъди барқароршавии мувозинати ҳароратии онҳо ҳарорати ҷенкардашуда ба нишондоди термометр баробар аст.

Ҳангоми тағйирдиҳии ҳолати ҳароратии ҷисм, ғайр аз ҳарорат бузургҳои дигари физикӣ (ҳаҷм, муқовимати электрикӣ ва ғ.) низ тағйир меёбанд. Яъне тағйирёбии ин бузургҳо нишонаи баландшавӣ ё пастшавии ҳарорат мешавад. Одатан ба ҳарорати ҷисм аз рӯи тағйирёбии ҳаҷми он баҳо медиҳанд. Тарзи амали термометр низ ба ҳамин асос карда шудааст.

Ҷисми ба сифати «ҷенкуандаи ҳарорат» (ҷисми термометрӣ) интихобкардари бо яхи обшудаи стода ба мувозинати ҳароратӣ меорем. Фарз мекунем, ки дар ин маврид ҳарорати он 0°C ва ҳаҷмаш V_0 аст. Сипас онро бо оби таҳти фишори атмосферӣ ҷӯшидаи стода аз нав ба мувозинати ҳароратӣ оварда, ҳаҷми он V_{100} -ро муайян карда, ҳарораташро 100° қабул мекунем. Ҳамин тариқ, ба 100° тағйирёбии ҳарорат ба тағйирёбии ҳаҷм ($V_{100}-V_0$) мувофиқ меояд. Вобастагии хатии

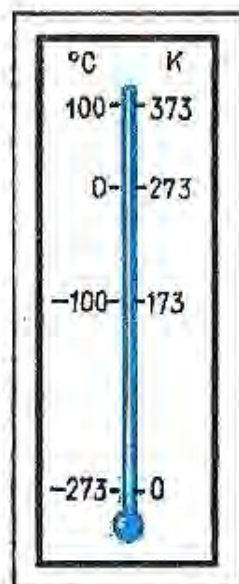
ҳаҷми ҷисми термометрӣ ва ҳароратро ба назар гирифта, тағйироти ба

1^o мувофиқ будаи ҳаҷм $\frac{V_{100} - V}{100}$ -ро меёбем. Пас ба сифати градус

(дараҷа) аз сад як ҳиссаи фарқи байни ҳароратҳои ҷӯшиш ва яхбандии оби софи таҳти фишори атмосфера бударо қабул кардан мумкин аст.

Миқёси (шкалаи) ҳароратии бо ҳамин тарз сохташударо ба шарафи астрономи Шветсия миқёси Селсий меноманд. Ҳароратсанҷи (термометр) бо ин тарз дараҷабандишуда ва ҷисмро ба мувозинати ҳароратӣ оварда, ҳарорати онро муайян мекунем. Ҳароратсанҷи симобӣ ё спиртии миқёси Селсийро Шумо ҳангоми омӯзиши физика, химия ва дар ҳаёти ҳаррӯзаатон истифода кардаед.

Дар физика миқёси мутлақи ҳароратҳо (температура) миқёси (шкала) Келвин, ки дар он ҳарорати яхшавии об 273,15 градус ва ҳарорати ҷӯшиши об 373,15 градус (амалан қиматҳои тақрибии онҳо 273 ва 373) аст, ба таври васеъ истифода мешавад. Андозаи градус дар ин миқёс ба андозаи миқёси Селсий якхела аст. Ҳароратеро, ки аз миқёси мутлақи ҳароратҳо мегиранд, ҳарорати мутлақ меноманд ва бо ҳарфи Т ишорат мекунанд, вале градуси ин миқёсро барои аз миқёси Селсий (°C) фарқ кардан бо ҳарфи К ишорат мекунанд. Ҳарорати мутлақ Т ва ҳарорат аз рӯи миқёси Селсий t чунин вобастаанд: $T=t+273$ (расми 63). Ҳарорати 1К-ро сифри мутлақ меноманд, ки ба $-273,15^{\circ}\text{C}$ мувофиқ меояд.



Расми 63

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Мувозинати ҳароратӣ чист?
2. Усули чен кардани ҳарорат ба кадом хосияти ҷисмҳо асос ёфтааст?
3. Сохти миқёси Селсийро шарҳ диҳед?
4. Вобастагии байни ҳарорати мутлақ ва ҳарорат аз рӯи миқёси Селсий чӣ гуна аст?

§ 35. Таъсироти ҳарорат ва фишори газ дар асоси тасаввуроти молекулярӣ

Қаблан зикр шуд, ки ҳарорати ҷисм ва суръати ҳаракати молекулаҳои он байни худ алоқамандии зич доранд. Ҳарчанд ҳарорати ҷисм баланд бошад, молекулаҳои он ҳамон қадар тезтар ҳаракат мекунанд ва ҳамон қадар энергияи кинетикӣ онҳо зиёдтар аст. Ҳамин тариқ, энергияи кинетикӣ ҳаракати молекулаҳоро мисли ҳарорат ба сифати меъёри ҳаракати ҳароратии молекулаҳо муоина намудан мумкин аст. Барои ошкор намудани робитаи байни онҳо бо баъзе мафҳумҳои

асосӣ шинос мешавем.

Молекулаи гази идеалӣ, ки бо суръати \mathcal{G} ҳаракат мекунад, соҳиби

энергияи кинетикии $E_1 = \frac{m\mathcal{G}_1^2}{2}$ аст. Суммаи энергияҳои кинетикии

тамоми N молекулаҳои газ энергияи кинетикии пурраи онҳоро ташкил медиҳад:

$$E_k = \frac{m}{2} (\mathcal{G}_1^2 + \mathcal{G}_2^2 + \dots + \mathcal{G}_N^2) \text{ аст.}$$

Энергияи кинетикии пурраи молекулаҳо E_k -ро бо адади молекулаҳо тақсим мекунем:

$$\frac{E_k}{N} = \frac{m(\mathcal{G}_1^2 + \mathcal{G}_2^2 + \dots + \mathcal{G}_N^2)}{2 \cdot N}$$

Бузургии $\frac{E_k}{N}$ -ро энергияи миёнаи кинетикии ҳаракати

пешравандаи молекула меноманд. Формулаи охиринро ба таври умумӣ чунин навиштан мумкин аст:

$$\boxed{\bar{E}_k = \frac{m}{2} \bar{\mathcal{G}}^2} \quad (2.1.1)$$

Бузургии $\bar{\mathcal{G}}^2$ -ро қимати миёнаи квадрати суръат меноманд.

Қимати миёнаи квадрати суръат $\bar{\mathcal{G}}^2$ -ро аз квадрати суръати миёна

$$(\bar{\mathcal{G}})^2 = \left(\frac{\mathcal{G}_1 + \mathcal{G}_2 + \dots + \mathcal{G}_N}{N} \right)^2 \text{ фарқ бояд кард. Онҳо бузургҳои}$$

гуногунанд.

Акнун ба алоқамандии байни энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ва ҳарорат бармегардем. Агар ду газеро, ки қимати миёнаи энергияи кинетикии молекулаҳояшон гуногун аст, ба якдигар омезиш диҳем, пас бо мурури замон энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳояшон якхела мешавад, зеро молекулаҳои ҳар ду газ байни худ бар хӯрда, яке ба дигаре энергия мебахшанд. Дар айни ҳол энергия аз газе, ки қимати миёнаи зиёдтари энергияи кинетикӣ дорад, ба гази дигар мегузарад. Баъди баробаршавии энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо дар газҳо мувозинати ҳароратӣ барқарор мегардад, ки баъди он нақли энергия қатъ мегардад, ҳол он ки бархӯрию ҳаракати бетартиби

молекулаҳо давом мекунад.

Маълум аст, ки ин гуфтаҳо нисбати ҳисмҳои ҳарорати якхела надошта низ гуфтан мумкин аст. Дар натиҷаи расиш баробаршавии ҳароратҳои онҳо барқарор мешавад, яъне аз яке ба дигаре энергия мегузарад. Ҳарорати ҳамагон ҳисм нисбатан баланд ҳисобида мешавад, ки аз худ энергия хориҷ кардааст.

Аз ин муқоисакуниҳо маълум мегардад, ки энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳо низ мисли ҳарорат тағйир меёбад. Ҳангоми расиши ҳисмҳо ва барқароршавии мувозинати ҳароратӣ ҳардуи ин бузургҳо мутаносибан тағйир меёбанд. Пас ҳарорат чун ченаки энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои газ хизмат мекунад. Ба ин ақида дар асоси таҷриба боварӣ ҳосил кардан мумкин аст.

Тадқиқу омӯзиши хосиятҳои газҳо ва як қатор далелҳои таҷрибавӣ (таҷрибаи Отто Штерн- физики олмонӣ) имконият доданд, ки алоқамандии ниҳоят муҳим – вобастагии суръати ҳаракати молекулаҳо аз ҳарорат муқаррар карда шавад. Дар таҷрибаи Штерн бо тағйирёбии қувваи ҷараён дар сие, ки аз он атомҳои нуқра бухор мешаванд, ҳароратро тағйир медиҳанд ва суръати миёнаи заррачаҳо чен карда вобастагии суръати (ё худ энергияи кинетикии миёна) атомҳо аз ҳарорат муқаррар месозанд.

Вобастагии байни суръати ҳаракати молекулаҳо аз ҳарорат нишон медиҳад, ки энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳо E ба ҳарорати мутлақи газ мутаносиб аст ва бо формулаи зерин ифода меёбад:

$$E_k = \frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT \quad (2.1.2)$$

Коэффитсиенти k -ро доимии Болсман меноманд. Он нишон медиҳад, ки ҳангоми ба як градус тағйир ёфтани ҳарорат энергияи кинетикии як молекула чӣ қадар тағйир меёбад. Доимии Болсманро таҷрибавӣ ҳосил кардан мумкин аст. Ин доимӣ бо усулҳои гуногун муайян карда шудааст ва ченкуниҳо қимати $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Ҷ/К-ро додаанд.

Людвиг Болсман (1844-1906) физик-назариячи австриягӣ. Муодилаи асосии назарияи кинетикии газҳо ҳосил кардааст, аз ҷиҳати статистикӣ қонуни дуҷуми термодинамикаро асоснок ва қонуни нурафкани ҳароратиро муқаррар кардааст.

Як қатор тадқиқотҳои соҳаи механика, оптика, гидродинамика, назарияи чандирият, назарияи майдони электромагнитӣ ва ғ. ба ӯ мансубанд.

Ҳамин тариқ, ба мафҳуми ҳарорат ҳамчун «дараҷаи гармӣ»-и ҳисм, ки дар ҳаёти ҳаррӯза истифода мешавад, метавонем таърифи саҳеҳтари зеринро диҳем: ҳарорат ченаки



энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати молекулаҳо мебошад. Ин хулоса на танҳо барои гази идеалӣ, балки барои ҳолатҳои гуногуни моддаҳо дуруст меояд.

Масъала. Энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои гази идеалиро ҳангоми 27°C будани ҳарорат ҳисоб кунед.

Ҳал. Энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати ҳароратии молекулаҳои гази идеалии якатома E бо ҳарорати мутлақи газ вобастагии зерин дорад:

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

дар ин ҷо k - доимии Болсман ва

$$T = t + 273, \quad T = 300\text{K}$$

қимати ҳарорати мутлақ аст. Қимати ҳарорат ва доимии Болсманро ба формула гузошта, қимати энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои гази идеалиро меёбем:

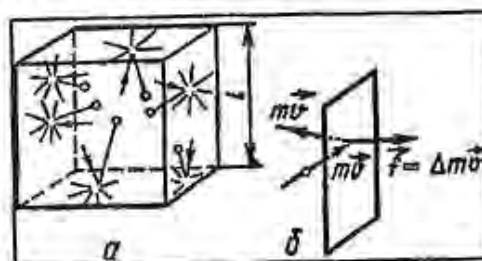
$$E = \frac{3}{2} 1,38 \cdot 10^{-23} \text{Ч} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300\text{K} \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{Ч}$$

Аз формулаи (2.1.2) фаҳмида мешавад, ки ҳангоми сифри мутлақи ҳарорат энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳо баробари сифр аст. Аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки ҳангоми сифри мутлақи ҳарорат ҳаракати молекулаҳо қатъ мегардад. Амалан бошад, ин тавр нест, зеро дар назарияи квантӣ исбот шудааст, ки ҳатто ҳангоми ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик ҳам ҳаракати ларзишноки молекулаҳо қатъ намегардад. Файр аз ин бояд дар назар гирем, ки сифри мутлақ ҳарорати умуман дастнорас аст. Ҳоло ҳарорати $1,2 \cdot 10^{-6} \text{K}$ ҳосил карда шудааст.

Бори дигар ба он масъала бармегардем, ки ҳарорати ҷисм аз рӯи энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он муайян карда мешавад. Ин бузургӣ ҳангоми адади зиёди молекулаҳо маъно дорад ва аз ин рӯ табиати омори дорост. Ҳамин тариқ, ҳарорат-бузургии макро скопиест, ки аз ҳолати шумораи зиёди молекулаҳо дарак медиҳад. Оид ба ҳарорати як ё якчанд молекулаҳои «сард» ё «гарм» сухан рондан ноҷоиз аст.

Аз физикаи синфи 7 Шумо медонед, ки фишори газ ба деворҳои зарф аз рӯи зарбаи молекулаҳо баҳо дода мешавад. Зарраҳои газ чун жолаи рӯи Замин ба деворҳои зарф бар муҳуранд (расми 64, а). Ҳангоми зарба молекула ба девор импульс мебахшад, ки онро ҳуди молекула гум мекунад (расми 64, б).

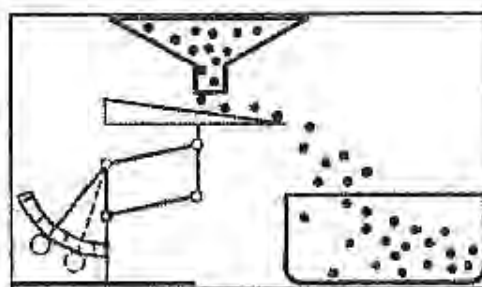
Азбаски молекулаҳо хеле бисёранд, таъсири пурраи онҳоро ба сатҳи девор бо ягон қувваи миёнаи бефосила таъсиркунанда иваз кардан мумкин аст. Бузургии ин қувва, ки ба воҳиди сатҳи девор мувофиқ



Расми 64

меояд, фишори газро муайян менамояд.

Барои ба ин боварӣ ҳосил кардан аз модели зерин истифода бурдан мумкин аст (расми 65). Ҳангоми зиёд будани шумораи саққоҳо, ки ба майдончаи ҳаракатнок дар ягон воҳиди вақт меафтанд, қувваҳои зарбаи саққоҳои алоҳида ба қувваи миёнаи фишор «табдил» меёбад, ки онро акрабаки асбоб нишон медиҳад. Барои муайян кардани фишори газ бояд ин қувва ба майдони сатҳаш мувофиқ тақсим карда шавад.



Расми 65

Ҳамин тариқ, фишори газ ба деворҳои зарф зарбахӯрии шумораи зиёди молекулаҳо нишон медиҳад. Азбаски молекулаҳо бетартиб ҳаракат мекунанд ва шумораи онҳо дар воҳиди ҳаҷми газ хеле бузург аст, ба ҳисоби миёна дар тамоми самтҳо шумораи якхелаи зарбаҳо ба вуқӯъ меоянд, пас фишори газ дар тамоми деворҳои зарф бояд як хел бошад. Бетартиб будани ҳаракат инчунин ба он оварда мерасонад, ки баробартаъсиркунандаи тамоми қувваҳои зарбаи молекулаҳо ба сатҳ перпендикуляр мешавад. Қувваи зарбаи молекулаҳо мумкин аст ба ду ташкилдиҳанда ҷудо намоем. Ҳангоми шумораи зиёди молекулаҳо ҳамеша заррачаи дигаре ёфт мешавад, ки ба импульсу қувваи баробар ва самти муқобил таъсир мекунанд. Бинобар ҳамин ҳам қувваи натиҷавии тамоми ин ташкилдиҳандаҳо ба сифр баробар аст.

Узвҳои ҳиссиёти мо ва асбобҳои ченкунанда қобилияти ба қайд гирифтани зарбаҳои молекулаҳои алоҳидаро надоранд: онҳо танҳо баъзе қиматҳои миёнаи импульсҳо, ки муайянкунандаи фишори газ мебошанд, қабул мекунанд. Вале дар натиҷаи бетартиб будани ҳаракат суръати ба деворҳо бархӯрии молекулаҳо ва шумораи онҳо дар лаҳзаҳои гуногуни вақт умуман гуногун аст, бинобар ин ҳам фишор бо мурури замон тағйир меёбад, вале барои шумораи зиёди молекулаҳо фишори газ ба ҳисоби миёна доимӣ мемонад. Агар шумораи молекулаҳо кам бошад, пас суръат ва шумораи зарбаҳои онҳо ба деворҳои зарф дар лаҳзаҳои гуногун фарқ карда меистад, яъне бо ибораи дигар флукуатсияи (тағйирёбии дилхоҳ) фишор ба амал меояд, аммо дар ҳолатҳои, ки як ё якчанд молекула вуҷуд дорад, умуман мафҳуми фишор маънои худро гум мекунанд. Ҳамин тариқ фишори газ бузургист, ки ҳолати шумораи зиёди молекулаҳо роифода мекунанд, яъне бузургии макроскопӣ аст.

❓ Саволҳои санҷишӣ

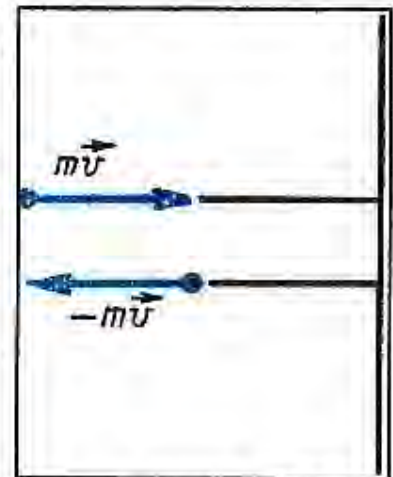
1. Байни ҳарорат ва энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳои газ чӣ гуна алоқамандӣ аст?
2. Қисмҳои тафсон аз сард чӣ фарқ доранд?

3. Маънои физикии доими Болсманро шарҳ диҳед.
4. Оё ақидаи ҳангоми сифри мутлақи ҳарорат тамоми ҳаракатҳои зарраҳо қатъ мегарданд, дуруст аст?
5. Фишори газро дар асоси назарияи молекуляр-кинетикӣ чӣ тавр бояд шарҳ дод. Вай аз чӣ вобастагӣ дорад?

§ 36. Муодилаи асосии назарияи молекуляр-кинетикӣ газҳо

Аз муҳокимаи қаблӣ фаҳмидем, ки ба фишори газ аз рӯи бархӯрди молекулаҳо баҳо дода мешавад. Акнун кӯшиш мекунем вобастагии байни фишори газ ва бузургиҳои дигари тавсифкунандаи ҳаракати молекулаҳо муқаррар кунем. Барои ҳисоб кардани фишори газ бояд суммаи қувваҳои ба девор бархӯрандаи молекулаҳо ёбем. Барои ин модели ба девор бархӯрии молекулаҳо муоина мекунем.

Бигзор молекулаи массааш m бо ягон суръати \vec{v} нисбат ба девор перпендикуляр ҳаракат кунад (расми 66). Импулси он то зарба ба девор ба $m\vec{v}$ баробар аст ва ҳангоми зарбаи чандир молекула суръати худро гум накарда, самти ҳаракати худро тағйир медихад, бинобар ҳамин импулси он ҳангоми зарба ба



Расми 66

$$\Delta(m\vec{v}) = m\vec{v} - (-m\vec{v}) = 2m\vec{v}$$

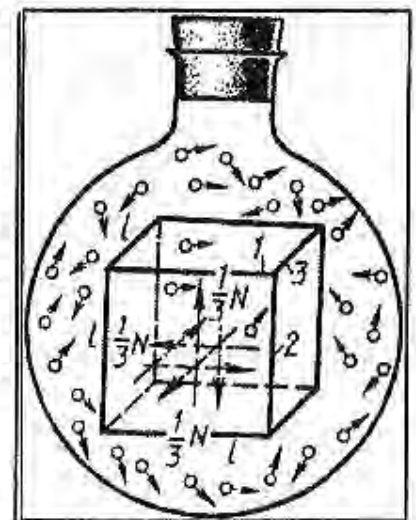
тағйир меёбад.

Мувофиқи қонуни сеюми Нютон ҳангоми зарба айнаан ҳамин гуна импулс ба девор дода мешавад. Мувофиқи қонуни дууми Нютон ба он

қувваи $f_1 = \frac{2m\vec{v}}{\Delta\tau}$ таъсир мекунад, ки ин ҷо

$\Delta\tau$ вақти зарба мебошад.

Дар зарфе, ки N молекула дорад, кубӣ тегааш l -ро ҷудо мекунем (расми 67). Барои содашавии ҳалли масъалаи гузошташуда баъзе фарзияҳо дохил мекунем. Аввалан аз ҳисоби ҳаракати бетартиб чунин мепиндорем, ки молекулаҳо бо суръати якхелаи \vec{v} фақат аз рӯи се тири байни худ перпендикуляр (дар расми 67 бо порчаҳои самтдор нишон дода шудаанд)



Расми 67

ҳаракат мекунанд. Пас дар лаҳзаи дилхоҳи вақт қад-қади ҳар кадоми ин самтҳо якбора $\frac{N}{3}$ молекулаҳо ҳаракат мекунанд, илова бар ин

нисфи онҳо, яъне $\frac{N}{6}$ ҳиссаи онҳо ба самти муайян ба ягон тараф, нисфи

дигар ба самти муқобил ҳаракат мекунанд. Баъдан фарз мекунем, ки зарраҳои газ аз як тегга то теггаи дигар бе бархӯрд ҳаракат мекунанд.

Ҳаракати яке аз молекулаҳоро, ки аз девори чапи куб ба рост ва баръакс ба амал меояд, зери назорат мегирем. Молекула ҳангоми зарба ба девор импулси $2m\vartheta$ мебахшад. Баъди ягон фосилаи вақти Δt бори дигар ба ҳамон девор бар меҳӯрад. Фосилаи вақти байни ду зарбаи пай дар пайи молекуларо ҳисоб мекунем. Дар ин муддат вай масофаи $\Delta \ell$ -

ро бо суръати ϑ мепаймояд, пас $\Delta t = \frac{2\ell}{\vartheta}$ аст. Ин заррача дар 1 с бо

девор $k = \frac{1}{\Delta t} = \frac{\vartheta}{2\ell}$ маротиба бар меҳӯрад. Пас тағйирёбии импулси он

дар 1 с $2m\vartheta k = \frac{m\vartheta^2}{\ell}$ мешавад. Аз рӯи қонуни дуюми Нютон

$f \cdot \Delta \tau = \frac{m\vartheta^2}{\ell}$ ва қувваи аз тарафи як молекула ба девори куб

таъсиркунанда ба $f = \frac{m\vartheta^2}{\ell \Delta \tau}$ баробар аст, вале азбаски $\Delta \tau = 1$ аст, пас

$f = \frac{m\vartheta^2}{\ell}$ мешавад. Дар байни деворҳои чапу рости куб $\frac{N}{3}$ молекула

ҳаракат мекунанд. Бинобар ин қувваи натиҷавии ба девор таъсиркунандаи зеринро ҳосил мекунем:

$$F = \frac{N}{3} \cdot \frac{m\vartheta^2}{\ell}$$

Аз рӯи таърифи фишор $P = \frac{F}{S}$ / бо назардошти он ки $S = \ell^2$ аст,

$$P = \frac{1}{3} N \frac{m\bar{g}^2}{\ell^3}$$

мешавад.

Ба ҳисоб гирем, ки ҳаҷми куб $\ell^3 = V$ ва $\frac{N}{V} = n$ шумораи молекулаҳои воҳиди ҳаҷми газ аст,

$$P = \frac{1}{3} nm\bar{g}^2 - \text{ро}$$

ҳосил мекунем. Дар маънидаи суръати якхелаи молекулаҳо фишори газ аз рӯи ҳамин формула ҳисоб карда мешавад. Дар асл заррачаҳои газ суръатҳои гуногун доранд. Аз ин ҳисоб бузургии \bar{g}^2 ба қимати миёнаи квадрати суръат \bar{g}^2 бояд иваз карда шавад. Пас формулаи натиҷавии зеринро ҳосил мекунем:

$$P = \frac{1}{3} nm\bar{g}^2 \quad (2.1.3)$$

Ин ифода ро муодилаи асосии назарияи молекулярӣ-кинетикӣ газҳо меноманд. Вай алоқаи байни бузургҳои микроскопӣ – массаи молекула, заррачаҳои воҳиди ҳаҷм, қимати миёнаи квадрати суръати ҳаракати пешравандаи молекулаҳо ва фишорро муқаррар мекунад.

Бо вучуди он ки муодилаи (2.1.3) аз муоинаи зарфи кубшакл ҳосил карда шудааст, барои зарфи шаклаш дилхоҳ дуруст аст.

Муодилаи асосии назарияи молекулярӣ-кинетикӣ газро дар шакли

дигар низ навиштан мумкин аст. Ба ҳисоб мегирем, ки $n = \frac{N}{V}$ аст ва тарафи ростии муодилаи (2.1.3)-ро ба ду зарбу тақсим карда, ҳосил мекунем:

$P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot \frac{m\bar{g}^2}{2}$. Вале $\frac{m\bar{g}^2}{2} = E_k$ қимати миёнаи энергияи кинетикӣ ҳаракати пешравандаи молекулаҳо мебошад. Пас,

$$PV = \frac{2}{3} NE_k \quad (2.1.4)$$

мешавад, яъне ҳосили зарби фишори газ бар ҳаҷми он ба $\frac{2}{3}$ ҳиссаи қимати миёнаи энергияи кинетикӣ тамоми молекулаҳо баробар аст.

Ҳосили зарби $mn = \rho$ зичии газ аст, ва аз ин ρ муодилаи асосии назарияи молекуляр-кинетикӣ (2.1.3) шакли зайл мегирад:

$$P = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2 \quad (2.1.5)$$

Фишори гази идеалӣ ба ҳосили зарби зичии газ ва қимати миёнаи квадрати суръати ҳаракати пешравандаи молекулаҳо мутаносиб аст.

Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ ҳаракати молекулаҳои газро аз рӯи се самти байни худ перпендикуляр ба ҳисоб мегиранд?
2. Муодилаи асосии назарияи молекуляр-кинетикии газҳо робитаи байни кадом бузургӣро муқаррар мекунад?
3. Муодилаи асосии назарияи молекуляр-кинетикии газҳо ро навишта, шарҳ диҳед.

§ 37. Муодилаи ҳолати газ

Аз муодилаи асосии назарияи молекуляр-кинетикии газҳо ҳамаи вобастагӣҳои байни бузургӣҳои тавсифкунандаи ҳолат: фишор P , ҳарорат T ва ҳаҷм V -ро ҳосил кардан мумкин аст, ки онро муодилаи ҳолати газ меноманд.

Муодилаи ҳолати гази идеалиро ҳосил мекунем. Барои ин ба муодилаи (2.1.4)-и параграфи гузашта қимати $E_k = \frac{3}{2} kT$ -ро мегузорем:

$$PV = \frac{2}{3} N \cdot \frac{3}{2} kT = NkT \quad (2.1.6)$$

Дар ин вобастагӣ ҳамаи бузургӣҳои ҳолати газро тавсифдиҳанда дохиланд ва он муодилаи ҳолати гази идеалӣ ҳисобида мешавад.

Азбаски массаи (m) додашудаи газ аз $\frac{m}{M}$ мол иборат ва адади молекулаҳои як мол ба адади Авогадро N_A баробар аст, пас миқдори умумии молекулаҳои газ

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

мешавад.

Қимати ҳосилшудаи N -ро ба муодилаи ҳолат мегузорем:

$$pV = \frac{m}{M} N_A kT \quad (2.1.7)$$

Ҳосили зарби доимҳои k ва N_A бузургии доимист ва онро доимии универсалии газ номида, бо ҳарфи R ишорат мекунанд:

$$R = kN_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ} / \text{К} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ мол}^{-1} = 8,31 \text{ Ҷ} / (\text{К} \cdot \text{мол})$$

Дар натиҷа

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (2.1.8)$$

ҳосил мешавад.

Ин муодила алоқамандии байни бузургиҳои тавсифдиҳандаи ҳолати газро (фишор, ҳаҷм ва ҳарорат) ифода мекунад ва онро муодилаи ҳолати гази идеалӣ ё муодилаи Клапейрон-Менделеев меноманд. Муодилаи ҳолати гази идеалиро физики франсавӣ Бенуа Клапейрон (1799-1864) ҳосил кардааст. Онро дар намуди (2.1.8) аввалин шуда олими бузургии рус Дмитрий Иванович Менделеев (1834-1907) истифода бурдааст. Аз ин ҷо мебинем, ки

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} \cdot R = \text{const} \quad (2.1.9)$$

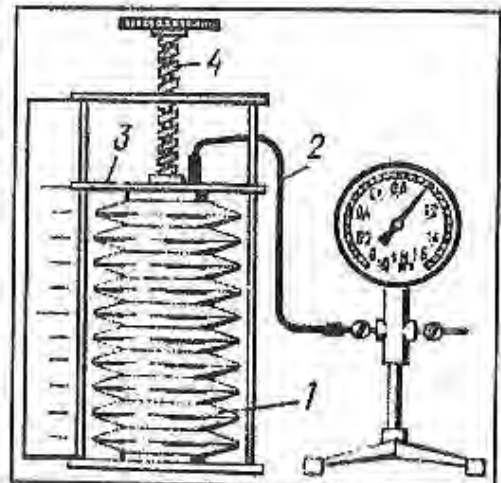
аст, яъне барои массаи додашудаи газ ҳангоми тағйирёбии дилҳоҳ нисбати ҳосили зарби фишору ҳаҷм бар ҳарорати мутлақ бузургии доимӣ мемонад.

Баъзан муодилаи ҳолати гази идеалиро дар намуди зерин менависанд:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (2.1.10)$$

Муодилаи ҳолатро бо ёрии асбоби дар расми 68 тасвиршуда таҷрибавӣ санҷидан мумкин аст. Асбоб аз устувои чиндори ҳаҷмаш тағйирёбандаи 1 (сифон), ки бо лӯлаи резинии 2 аз сарпӯши филизии 3 гузашта ба манометр пайваст мешавад, иборат аст. Ҳаҷми устувоиро бо мурвати 4 тағйир додан мумкин аст. Барои санҷиши доимӣ

будани бузургии $\frac{pV}{T}$ устувоиро ба зарфи обдор ҷойгир мекунанд. Фишор, ҳаҷм ва ҳарорати газро чен карда, қимати $\frac{pV}{T}$ -ро



Расми 68

ҳисоб мекунад. Сипас, ҳарорати оби зарф (инчунин гази устувона) ва ҳаҷми газро тағйир дода, фишорро чен мекунад ва аз нав $\frac{PV}{T}$ -ро

меёбанд. Муқоисаи қиматҳои $\frac{PV}{T}$ барои ин ду маврид нишон медиҳад, ки онҳо қариб бетағйир мекунанд.

Масъала. Зарфи ғунҷоишаш 100 л 5,76 кг оксиген дорад. Агар зарф ба фишори $5 \cdot 10^6$ Па тоб оварад, пас дар кадом ҳарорат ҳавфи таркиш ба миён меояд.

Ҳал. Ҳавфи таркиш дар ҳарорате ба амал меояд, ки ҳангоми он фишори оксиген ба $5 \cdot 10^6$ Па баробар шавад. Ин ҳароратро аз муодилаи Клапейрон-Менделеев муайян мекунем:

$$T = \frac{PVM}{mR} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3 \cdot 0,032 \text{ кг / мол}}{5,76 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Ҷ / (К} \cdot \text{мол)}} \approx 334 \text{ К} = 61^\circ \text{ С}$$

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Тавсифдиҳандаи ҳолати газ кадом бузургиҳо ҳисоб мешаванд?
2. Муодилаи ҳолати газро шарҳ диҳед.
3. Муодилаи ҳолати газро таҷрибавӣ чӣ тавр ҳосил мекунанд?

⚠ Машқи 18

1. 1 мол газ дар зарфи ҳаҷмаш 1 л ҷой карда шудааст. Фишори газ чӣ қадар аст? Ҳарорати газро 300 К гиред.

2. Дар сеҳи кафшергарӣ 40 баллони асетилен (C_2H_2) мавҷуд аст, ки ҳар кадом 40 дм^3 ғунҷоиш дорад. Баъди 12 соати кор фишор дар ҳамаи баллонҳо аз $1,3 \cdot 10^7$ то $0,7 \cdot 10^7$ Па паст фаромад. Агар ҳарорат дар сеҳ бетағйир ба 32° С баробар бошад, пас чӣ қадар асетилен харҷ шудааст?

3. Дар зарфи ҳаҷмаш 12 л оксигени ҳарораташ 27° С таҳти фишори 10^7 Па қарор дорад? Массайи гази дар зарфбуда ва зичии онро муайян кунед.

§ 38. Изоравандҳо (изопротсессҳо) дар газҳо.

Одатан ҳангоми дар газҳо гузаштани раванд ҳар се параметр (бузургиҳои тавсифдиҳандаи асосӣ)-и он: P, V ва T тағйир меёбанд. Аз ин рӯ, равандҳое, ки бо тағйирёбии фақат ду бузургӣ гузашта, бузургии сеюм доимӣ мемонад, содатаранд. Чунин равандҳо изоравандҳо ном гирифтаанд (аз калимаи юнонии «изос-баробар, якхела»). Муодилаи ҳолати газро дар ин маврид бо осонӣ аз муодилаи Клапейрон-Менделеев ҳосил кардан мумкин аст. Бо ин мақсад яке аз бузургиҳоро доимӣ қабул кардан кофист. Тадқиқи изоравандҳоро аз раванде оғоз мекунем, ки ҳангоми доимӣ будани ҳарорат мегузарад ва он раванди изотермӣ

номида мешавад.

Агар дар муодилаи ҳолат (2.1.8) ё (2.1.10) (параграфи гузашта) ҳарорат доимӣ $T = \text{Const}$ бошад, он гоҳ тарафи ростии он низ доимӣ, яъне

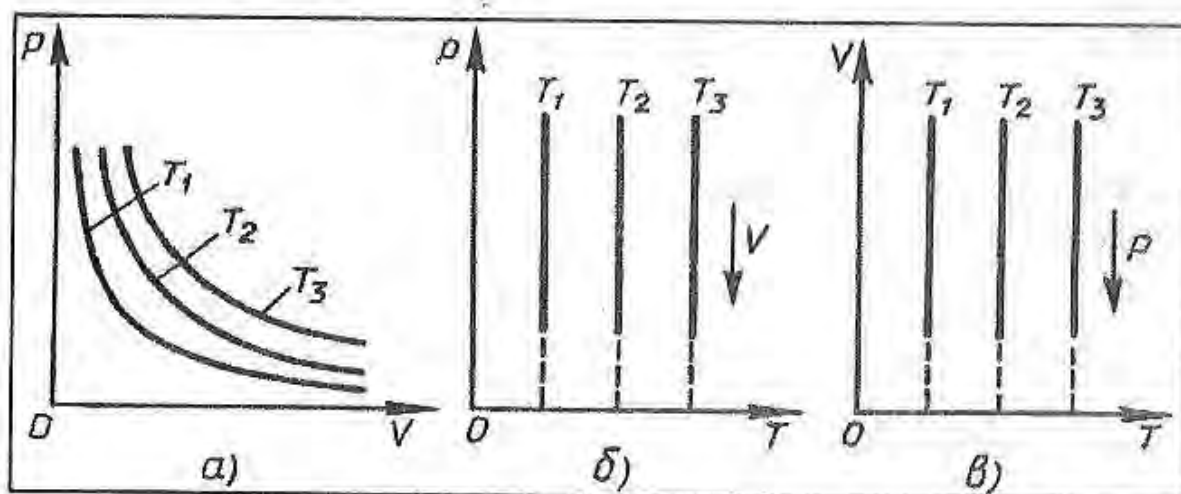
$$PV = \text{Const} \text{ ё ки } \boxed{P_1 V_1 = P_2 V_2} \quad (2.1.11)$$

мешавад.

Формулаи ҳосилшуда қонунро ифода мекунад, ки он бо роҳи таҷриба дар миёнаҳои асри XVII аз тарафи олими англис Р. Бойл (1627-1691) ва физики франсавӣ Э. Мариотт (1620-1684) кашф шудааст. Дар Қонуни Бойл-Мариотт ё муодилаи ҳолати гази идеалӣ ҳангоми раванди изотермӣ гуфта мешавад: ҳосили зарби фишори массаи додашудаи газ ва ҳаҷми ишғолкардаи он ҳангоми доимӣ будани ҳарорат бузургии доимӣ аст.

Қонуни Бойл-Мариоттро бо ёрии асбоби дар боло нишондодашуда (расми 65) таҷрибавӣ санҷидан мумкин аст. Ҳангоми доимӣ будани ҳарорат ҳаҷми ҳаворо дар устувона ботадрич тағйир дода, нишондоди манометрро мушоҳида мекунанд ва боварӣ ҳосил мекунанд, ки бо камшавӣ ва афзоиши ҳаҷм фишор мувофиқан зиёду кам мешавад.

Вобастагии байни фишор ва ҳаҷми газ ҳангоми доимӣ будани ҳарорат ба таври графикӣ гипербола мешавад ва ба ҳар як қимати ҳарорат хати қачи алоҳида мувофиқ меояд (расми 69, а). Ин хатҳои қачро изотермаҳо (хатҳои қачи ҳароратҳои баробарро нишондиҳанда) меноманд. Ҳарчанд ҳарорати изораванд баланд бошад, ҳамон қадар изотерма баландтар ($T_3 > T_2 > T_1$) ҷойгир мешавад.



Расми 69

Дар системаҳои координатии P, T (расми 69, б) ва V, T (расми 69, в) раванди изотермӣ бо хати рости (изотермаҳо) тасвир карда мешавад, ки мувофиқан бо тири P ё V мувозӣ аст. Параметри сеюм (V ё P) қад-қадии ин хатҳо доимӣ наменонад ва бо самти акрабак меафзояд.

Акнун фарз мекунем, ки фишори газ (P) доимӣ мемонад. Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев маълум мегардад, ки дар ин маврид

нисбати ҳаҷми газ ба ҳарорати он доимӣ мемонад.

$$\boxed{\frac{V}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P} = Const} \quad (2.1.12)$$

Яъне барои массаи додашудаи газ ҳангоми доимӣ будани фишор ҳаҷми газ бо ҳарорати мутлақ мутаносиби роста аст. Ин қонун соли 1802 аз тарафи физики франсавӣ Гей-Люссак (1778-1850) кашф шуда буд. Формулаи Қонуни Гей-Люссакро дар шакли зерин навиштан мумкин аст:

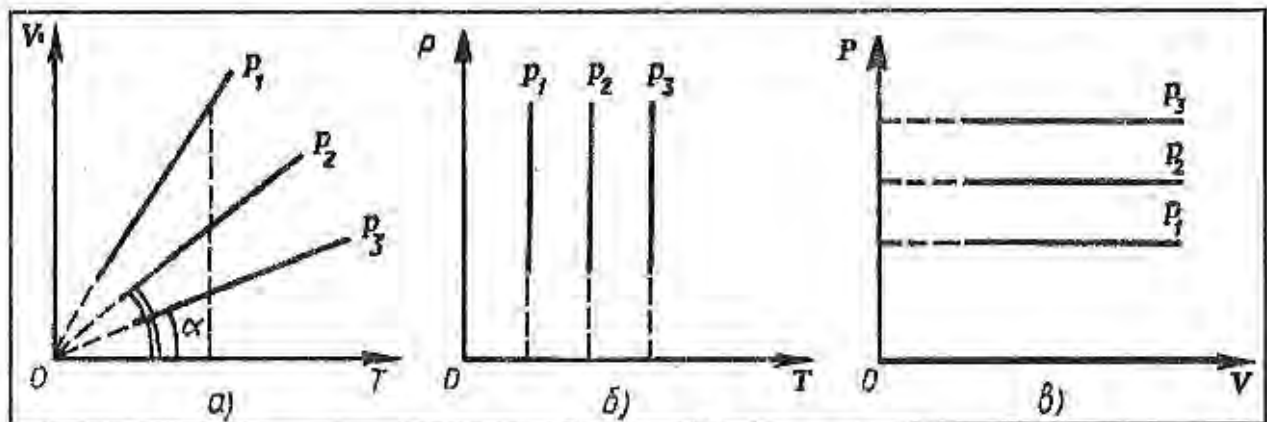
$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \text{ ё ки } \boxed{V = V_0 \frac{T}{273}} \quad (2.1.13)$$

Ҳамин тариқ, ҳангоми бетағйир мондани масса ва фишори газ ба 1 градус афзудани ҳарорат сабаби ба 1,273 ҳисса афзудани ҳаҷме мешавад, ки онро газ дар ҳарорати 273 К (0°С) ишғол мекунад.

Ин қонунро низ бо ёрии дастгоҳи дар боло нишондодашуда (расми 68) санҷидан душвор нест. Барои ин устуворонаи ҳаҷмаш тағйирёбандаро ба дохили зарфи обдор ҷойгир мекунанд. Ҳангоми афзоиши ҳарорати об фишори ҳаво зиёд мешавад. Бо ёрии мурват ҳаҷми онро чунон тағйир медиҳанд, ки фишори он тағйир наёбад. Ҳаҷми ҳавои устуворона ва ҳарорати онро чен карда муайян мекунанд, ки ҳангоми доимӣ будани фишор нисбати ҳаҷми газ бар ҳарорати мутлақ бузургии доимӣ аст.

Ҳангоми доимӣ мондани фишор аз як ҳолат ба ҳолати дигар гузаштани газро раванди изобарӣ меноманд. Чунин раванд ба таври графикӣ дар тирҳои координатии V, T хати ростеро ташкил медиҳад, ки давоми он аз ибтидои координатаҳо мегузарад. Ин хатро изобара меноманд. Кунҷи моилии он α бо тири ҳарорат аз фишори газ вобаста аст. Фишор ҳарчанд зиёд бошад, кунҷи моилӣ ҳамон қадар хурд мешавад (расми 70, а), $P_3 > P_2 > P_1$. Дар ҳақиқат ҳам муодилаи хати изобара аз формулаи (2.1.12) пайдо мешавад

$$V = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P} T$$



Расми 70

ки дар он $\frac{m}{M} \cdot \frac{R}{P}$ бузургии доимист ва бо камшавии P вай зиёд мешавад. Маълум мегардад, ки дар ҳамон як ҳарорат ҳарчанд фишори газ кам бошад, ҳамон қадар вай ҳаҷми зиёдро ишғол мекунад. Дар диаграммаҳои P, T ё P, V изобараҳо хатҳои рости ба тири T ё ба тири V мувофиқан мувозианд (расми 70. б, в).

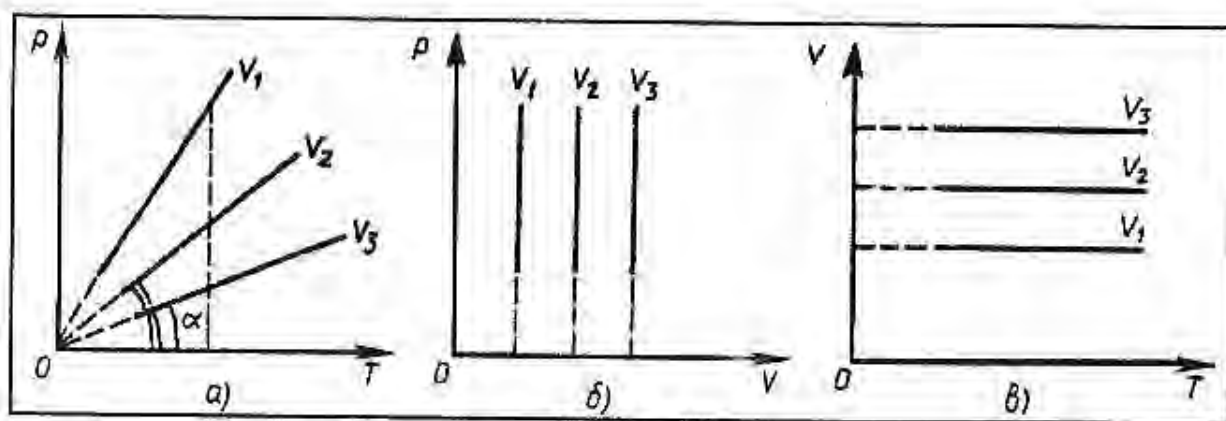
Дар охир рафтори газро дар мавриде муоина менамоем, ки ҳаҷми он V доимӣ мемонад. Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев маълум мешавад, ки дар ин ҳолат нисбати фишори газ ба ҳарорати он доимӣ мемонад:

$$\frac{P}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{V} = \text{Const} \quad (2.1.14)$$

Ҳангоми доимӣ мондани ҳаҷм фишори газ ба ҳарорати мутлақ мутаносиби роста аст.

Ин қонун аз тарафи олими франсавӣ Ж. Шарл (1746-1823) кашф шуда буд. Онро низ бо ҳамон дастгоҳи таҷрибавии боло (расми 68) санҷидан мумкин аст.

Ҳангоми доимӣ мондани ҳаҷм гузариши газро аз як ҳолат ба ҳолати дигар раванди изохорӣ меноманд. Графики ин раванд аз рӯи муодилаи (2.1.14) сохта мешавад. Вай хати ростест, ки давоми он аз ибтидои координатаҳо мегузарад (расми 71, а) ва онро изохора меноманд. Кунҷи моилӣ изохора α нисбат ба тири ҳарорат вобаста аз камшавии ҳаҷми газ меафзояд (дар расми 71, а $V_3 > V_2 > V_1$). Дар системаҳои координатии P, V ё V, T изохора хати рости ба тирҳои P ё T мувозӣ аст (расми 71, б ва в).



Расми 71

Ҳамин тариқ, мо боварӣ ҳосил кардем, ки қонунҳои асосии газ (Бойл-Мариотт, Гей-Люссак, Шарл) ҳолатҳои хусусии муодилаи Клапейрон-Менделеев мебошанд.

Масъалаи 1. Дар баллоне, ки 100 л ғунҷоиш дорад, газ таҳти фишори $4,9 \cdot 10^5$ Па қарор дорад. Ҳамин газ таҳти фишори мӯътадили атмосфера ($1,01 \cdot 10^5$ Па) ва бетағйир мондани ҳарорат чӣ қадар ҳаҷмро ишғол менамояд?

Ҳал. Дар масъала сухан аз тағйири изотермии ҳолати газ меравад,

ки он бо қонуни Бойл-Мариотт шарҳ дода мешавад: $P_1 V_1 = P_2 V_2$

аз ин ҷо
$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

ё ки
$$V_2 = \frac{4,9 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3}{1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 0,48 \text{ м}^3 = 480 \text{ л}$$

Масъалаи 2. Фишори ҳавои баллон ҳангоми ҳарорати 5°C ба 10^4 Па баробар аст. Ҳангоми чӣ гуна ҳарорат фишори он $2,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$ мешавад.

Ҳал. Аз қонуни Шарл

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ҳароратро меёбем:

$$T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1}$$

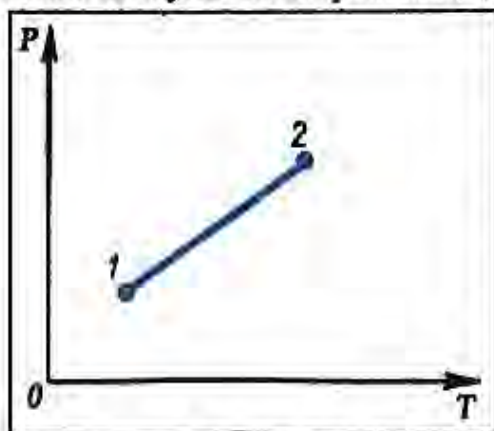
Пас
$$T_2 = 278 \text{ К} \cdot \frac{2,6 \cdot 10^4 \text{ Па}}{10^4 \text{ Па}} \approx 722,8 \text{ К} = 449,8^\circ \text{C}$$
 мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ гуна равандро изораванд меноманд?
2. Қонунҳои Бойл-Мариотт, Гей-Люссак ва Шарлро дар таҷриба чӣ тавр санҷидан мумкин аст?
3. Изотерма, изобара ва изохораро дар диаграммаи P, V тасвир намоед.
4. Муодилаи ҳолати гази идеалиро барои 1 моли газ нависед.

⚠️ Машқи 19

1. Фишор дар кабинаи киштии кайҳонии «Союз» ҳангоми ҳарорати 290 К ба $9,7 \cdot 10^4 \text{ Па}$ баробар буд. Ҳангоми ба 8 К баландшавии ҳарорат фишори ҳаво чӣ гуна тағйир меёбад?



Расми 72

2. Барои чӣ баллонҳоеро, ки гази фишурда (оксиген, гидроген, атсетилен) доранд, аз 35°C бештар гарм кардан мумкин нест?

3. Як мол гази идеалии дар ҳарорати 0°C таҳти фишори 10^6 Па қарордошта кадом ҳаҷмро ишғол менамояд?

4. Дар график (расми 72) вобастагии фишору ҳарорати ягон газ нишон дода шудааст. Агар массаи газ бетағйир монад, ҳангоми аз ҳолати 1 ба ҳолати 2 гузаштан ҳаҷми газ чӣ гуна тағйир меёбад?

§ 39. Бугҳои сер ва носер. Вобастагии байни ҳарорати ҷӯшиш ва фишор

Дар табиат ва техника ба газ табдилёбии моеъҳо ва ҷисмҳои сахтро мушоҳида мекунем. Дар рӯзи ҳавои софи тобистон кӯлмакчаҳои баъди борон боқимонда ва ё либоси тар ба зудӣ хушк мешаванд. Порчаҳои хушки ях бо мурури замон хурд мешаванд, андозаҳои порчаҳои нафталин, ки онҳоро ба либоси пашмин мегузоранд, хурд мешаванд ва ғ. Дар ҳамаи ин мавридҳо раванди табдилёбии моддаҳо ба ҳолати газӣ мушоҳида мешавад.

Бугҳо дар натиҷаи бухоршавӣ ва ҷӯшиш ҳосил мешаванд. Дар навбати аввал бухоршавиро муоина мекунем, ки дар сатҳи моеъ ба амал меояд.

Чунин раванд ҳангоми ҳарорати ихтиёрӣ имконпазир аст ва онро назарияи молекулярӣ-кинетикӣ шарҳ дода метавонад. Молекулаҳои моеъ, молекулаҳои газ суръатҳои гуногун доранд, Молекулаҳои сатҳи моеъ нисбатан зудҳаракат буда, барои ҷудошавӣ аз сатҳ ва беруншавӣ аз майдони таъсири қувваҳои молекулярӣ энергияи кинетикии кифоя доранд. Бинобар ҳамин дар сатҳи моеъ ҳамеша молекулаҳои озод мавҷуданд, ки бугро ташкил медиҳанд.

Азбаски аз сатҳи моеъ молекулаҳои нисбатан тезҳаракат канда мешаванд, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои боқимонда кам мешавад. Дар натиҷаи ин моеъ баъди бугшавӣ хунук мешавад. Ин хосияти моеъҳоро дар техника ва рӯзгор истифода мебаранд. Барои доимӣ мондани ҳарорати моеи бугшаванда ба вай бефосила энергия додан лозим аст, ки он бояд ба қори қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо баробар бошад.

Дар натиҷаи ҳаракати бетартиб баъзе молекулаҳои буг боз ба сатҳи моеъ бармегарданд. Ин равандро конденсатсияи буг меноманд. Ҳангоми наздикшавии молекула ба сатҳи моеъ аз таъсири қувваҳои кашиш молекулаҳо ба шитоб меоянд. Энергияи кинетикии иловагӣ ба энергияи барои бартарафкунии ин қувваҳо харҷшаванда баробар аст. Акнун молекула аз нав ба ҳолати пештарааш баргашта энергияро доро мешавад, ки онро дар вақти бугшавӣ дошт. Бинобар ин ҳангоми конденсатсияи буг ҳамон қадар энергия ҷудо мешавад, ки вай ҳангоми бугшавӣ сарф шуда буд.

Агар моеъ дар зарфи кушода ҷойгир бошад, бугшавии он то пурра ба буг табдил ёфтани моеъ давом мекунад. Аз физикаи синфи 8 ва таҷрибаи ҳаррӯза медонед, ки агар ҳарорати моеъ баланд ва болои он кушода бошад бугҳои дар болои моеъ пайдошуда зуд дур шаванд, фишори беруна дар сатҳи он кам шуда, суръати бугшавӣ меафзояд. Суръати бугшавӣ инчунин аз табиати моддаи бугшаванда вобастагӣ дорад. Чунинки, эфир назар ба об тезтар ва об назар ба равған зудтар

буг мешаванд. Ин бо тафовути қимати қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳои моддаҳо шарҳ дода мешавад.

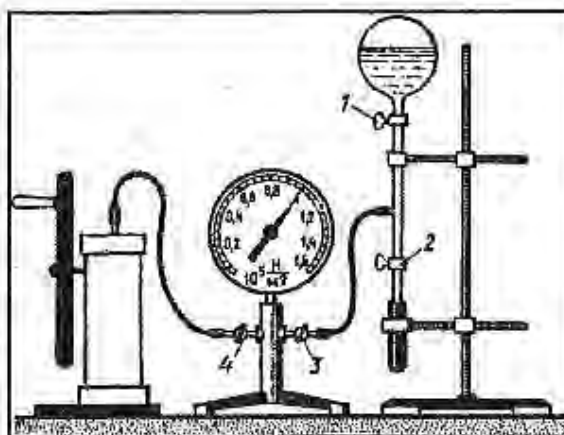
Бугшавии моеъ дар зарфи пӯшидае, ки як қисми ҳаҷми онро ишғол менамояд, каме дигар ҳел мушоҳида мегардад. Дар ибтидои раванд шумораи молекулаҳои аз моеъ хориҷшавананда назар ба шумораи молекулаҳои ба он баргарданда бештаранд ва концентратсияи молекулаҳои буг меафзояд. Аммо бо зиёдшавии молекулаҳои сатҳи моеъро тарккунанда адади молекулаҳои ба сатҳи моеъ баргарданда низ зиёд мешавад. Дар охир чунин ҳолате мешавад, ки шумораи молекулаҳои дар воҳиди вақт сатҳи моеъро тарккарда ба шумораи молекулаҳои ба он баргарданда баробар мешавад. Аз ҳамин лаҳза сар карда концентратсияи (ғаноиш) молекулаҳо доимӣ мемонад. Чунин ҳолатро мувозинати динамикии буг ва моеъ меноманд. Бугеро, ки бо моеъи худ дар мувозинати динамикӣ мебошад, буги сер меноманд.

Ҳамин тариқ, ба хулосае меоем, ки дар ҳарорати додашуда молекулаҳои воҳиди ҳаҷми буги сер бештар буда, фишори зиёдтарин ба вучуд меоранд.

Мувозинати динамикии буги моеъҳои гуногун ҳангоми зичиҳои гуногуни буг ба вукӯъ меояд. Сабаби ин яхела набудани қувваҳои таъсири мутақобили молекули аст. Дар моеъҳое, ки қувваи ҷозибаи байниҳамдигарӣ зиёд аст (масалан, симоб), фақат адади хеле ками молекулаҳои нисбатан тезҳаракат ба берун меҷаҳанд. Аз моеъҳое, ки қувваи ҷозибаи байниҳамдигарии хурд доранд (масалан, эфир) дар ҳамон як ҳарорат шумораи зиёдтари молекулаҳо парида ҷудо мешаванд ва мувозинати динамикӣ фақат баъди концентратсияи зиёди онҳо ба амал меояд.

Бугеро, ки бо моеи худ дар мувозинати динамикӣ нест буги носер меноманд. Дар чунин моеъ бугшавӣ назар ба конденсатсия афзалият дорад. Бешубҳа, зичии буги носер аз зичии буги сер кам аст. Хосияти бугҳои носерро ба воситаи қонунҳои гази идеалӣ: Бойл-Мариотт, Гей-Люссак, Шарл, Клапейрон-Менделеев шарҳ додан мумкин аст. Ҳар қадар буг аз ҳолати серӣ дур бошад, ҳамон қадар ба қонунҳои номбурда хубтар итоат мекунад.

Акнун ба тавассути таҷриба муайян мекунем, ки қонунҳои газро барои бугҳои сер татбиқ намудан мумкин аст ё не? Пеш аз ҳама вобастагии байни ҳаҷм ва фишори буги серро ҳангоми доимӣ мондани ҳарорат меомӯзем. Дар поя дастгоҳи дар расми 73 бударо чамъ мекунем, ки он аз қиф ва ҷумаки 1, найчаи шишагин бо ҷумаки 2, сарпӯши резинӣ ва сегӯша, лӯлаи озмоишӣ (пробирка) иборат аст.



Расми 73

Асбобро ба воситаи манометри намоишдиҳӣ ба насоси ҳавой васл карда, чумаки 1-ро маҳкам мекунем ва бо насос ҳаворо берун мекашем. Вақте ки нишондоди манометр ба сифри шкала наздик мешавад, чумаки 4-ро маҳкам мекунем. Агар дар тӯли чанд дақиқа нишондоди манометр тағйир наёбад, пас дастгоҳ барои гузаронидани таҷриба тайёр аст.

Чумаки 2-ро маҳкам карда, ба қиф эфири сулфур мерезем. Якбора чумаки 1-ро ба 180° тоб дода, ба найча каме эфир дохил мекунем. Эфир буг мешавад ва манометр фишори бугҳои сери онро нишон медиҳад. Айнан ҳамин тавр ба найча эфирро то он даме мегузаронем, ки дар болои чумаки 2-и найча моеъ пайдо шавад, ки он нишонаи бо бугҳои эфир сершавии фазои дохили найча мебошад. Агар эфир боз илова шавад ҳам, нишондоди манометр бетағйир мемонад: фишори бугҳои сери моеъ ҳангоми бетағйир будани ҳарорат бузургии доимист.

Акнун чумаки 2-ро мекушоем ва эфирро ба найча сар медиҳем. Ҳамин тавр, мо ҳаҷми бугҳои серро хеле зиёд мекунем, аммо нишондоди манометр бетағйир мемонад. Агар ба лӯлаи озмоишӣ эфир резем, ҳаҷми буг кам мешавад, вале нишондоди манометр боз бетағйир мемонад. Пас фишори бугҳои сер аз ҳаҷми онҳо вобастагӣ надорад.

Сабаби чунин рафтори буги сер он аст, ки концентратсияи (ғаноиш) молекулаҳо дар зарфи пӯшидаи моеъдор ҳангоми ҳарорати додашуда новобаста аз ҳаҷми ишғолкарда якхела мемонад. Масалан, агар ҳаҷми буги сер кам шавад, зичии он зиёд ва мувозинати динамикии байни молекулаҳои аз сатҳи моеъ хоричшаванда ва ба он баргарданда вайрон мешавад. Ҳангоми зичии зиёди буг шумораи молекулаҳои ба сатҳи моеъ баргарданда назар ба шумораи онро тарккунанда бештар буда, то барқароршавии мувозинати динамикии навбатӣ зичии буг кам мешавад. Азбаски зичии буг мисли пештара бетағйир мемонад, фишори он тағйир намеёбад.

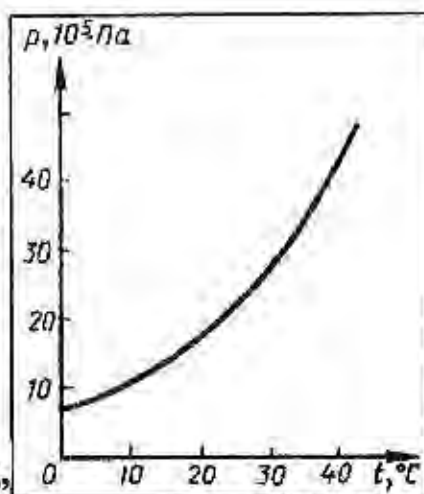
Барои омӯзиши вобастагии фишори бугҳои сер ва ҳарорат бугҳои эфири лӯлаи озмоиширо бо оби истакон хунук мекунем. Нишондоди манометр ботадриҷ кам мешавад. Ба зери лӯлаи озмоишӣ истакони оби гармро гузошта, якбора баландшавии фишорро мушоҳида мекунем. Яъне фишори буги сер бо афзоиши ҳарорат зиёд мешавад.

Бояд қайд кард, ки ҳангоми бугҳои сер вобастагии байни фишор ва ҳароратро бо Қонуни Шарл ифода кардан мумкин нест, яъне қонуни Шарл барои бугҳои сер татбиқнашаванда аст. Сабаби инро шарҳ медиҳем. Гармкунии гази идеалӣ ҳангоми доимӣ будани ҳаҷм боиси баландшавии фишори он мегардад. Ин натиҷаи зиёдшавии энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо мебошад, ки аз ҳисоби бархӯрӣ бо деворҳои зарф ба амал меояд. Ҳангоми гармкунии буги сер на танҳо энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо, балки дар натиҷаи бугшавии бошиддат шумораи ин гуна молекулаҳо низ меафзояд. Бинобар ҳамин бо баландшавии ҳарорат суръати афзоиши фишор дар буги сер нисбат

ба гази идеалӣ (расми 74) бештар аст.

Дар ин маврид қонунҳои Бойл-Мариотт ва Шарл аз сабаби тағйирёбии массаи газ татбиқнашавандаанд.

Бо ёрии асбоби дар боло тасвирёфта бо осонӣ санчидан мумкин аст, ки бо зиёдшавии ҳаҷм фишор меафзояд. Вақте ки буг сер мешавад, камшавии минбаъдаи ҳаҷми он сабаби тағйирёбии фишор намешавад, зеро қисман буг ба моеъ табдил меёбад. Ҳамин тариқ, ҳангоми ҳарорати додашуда дар фишори зиёдтарин буги сер ба вучуд меояд.



Расми 74

Фишори бугҳои сер аз навъи моддаҳо вобастагӣ дорад. Агар дар таҷрибаи гузаронидамон ба ҷои эфир бензинро истифода барем, дар ҳамон ҳарорат фишори буги сери он хеле кам мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Буги сер чист ва дар кадом шароитҳо пайдо мешавад?
2. Ҳангоми изотермӣ кам (зиёд) кардани ҳаҷми буги сер фишор чӣ гуна мешавад?
3. Барои зиёд кардани фишори буги сер чӣ бояд кард?
4. Магар қонунҳои гази идеалӣ барои бугҳои сер татбиқ мешаванд?
5. Буги носерро ба буги сер чӣ тавр табдил додан мумкин аст?

§ 40. Намнокии ҳаво. Намнокии мутлақ ва нисбӣ.

Нуқтаи шабнам

Дар атмосфера, хусусан дар қабатҳои ба сатҳи Замин наздик аз ҳисоби бугшавӣ ҳамеша миқдори зиёди бугҳои об вучуд доранд. Мавҷудияти бугҳои об дар ҳаво яке аз шартҳои зарурии ҳаёт дар рӯи Замин аст. Фақат намнокии мӯътадили ҳаво барои ҳаёт ва фаъолияти инсон шароити зарурӣ фароҳам меоварад. Намнокии зиёд ба як қатор равандҳои истеҳсоли, нигоҳдории маводи хӯроқа ва ғайра зарар меоварад. Пас зарурияти муайян кардани вобастагии дараҷаи намнокии ҳаво аз миқдори бугҳои об ба миён меояд. Чунин кор махсусан барои пешгуи обу ҳаво хеле зарур аст. Намнокии ҳаворо надониста обу ҳаворо пешгуӣ кардан мумкин нест, ҳол он ки ин маълумот ба кишоварзону кормандони нақлиёт ва ҳама соҳаҳои хоҷагии халқ зарур аст. Бо мақсади муайян намудани намнокии ҳаво миқдори бугҳои дар 1 м^3 бударо ҳисоб кардан зарур аст. Миқдори буги оби бо граммҳо ифода кардашудаи 1 м^3 ҳаворо намнокии мутлақи ҳаво меноманд. Яъне намнокии мутлақро аз рӯи зичии буги оби дар ҳаво мавҷудбуда муайян мекунанд.

Миқдори буғи дар 1 м^3 ҳаво бударо амалан чен кардан душвор аст. Вале маълум гашт, ки қимати ададии намнокии мутлақ аз фишори буғи оби дар ҳамин шароит бо миллиметрҳои сутуни симоб ченкардашуда кам фарқ мекунад. Фишори газ бошад, ба осонӣ чен карда мешавад. Аз ин рӯ дар ҳавосанҷӣ ба намнокии мутлақи ҳаво аз рӯи фишори буғи об, ки бо миллиметрҳои сутуни симоб ифода карда шудааст, баҳо медиҳанд.

Намнокии мутлақи ҳаворо доништа, оид ба андозаи хушкӣ ё намнокии он маълумоти пурра додан мумкин нест, зеро намнокӣ ба ҳарорати ҳаво низ вобаста аст. Агар ҳарорат паст бошад, миқдори додашудаи буғи оби ҳаво метавонад ба буғи сер наздик бошад, яъне ҳаво намнок мешавад. Ҳангоми ҳарорати баланд ҳамон миқдори буғи об аз буғи сер дур ва хушк буда метавонад. Масалан, ҳангоми намнокии мутлақи 6 мм сут.сим. ҳаво дар нисфирӯзии моҳи июл аз ҳолати серӣ хеле дур, вале рӯзи тирамоҳ ҳамон миқдори буғи об метавонад чунон сер бошад, ки дар ҳаво туман пайдо шавад.

Пас барои доништани дараҷаи намнокии ҳаво ба ҳолати серӣ наздик ё дур будани онро муайян кардан лозим аст. Бо ҳамин мақсад мафҳуми намнокии нисбиро истифода мебаранд. Нисбати намнокии мутлақ бар миқдори буғи дар ҳарорати додашуда барои сер кардани ҳавои 1 м^3 зарурбударо, намнокии нисбӣ меноманд. Онро бештар бо фоизҳо ифода мекунанд. Ба тарзи дигар гӯем, аз рӯи намнокии нисбии ҳаво мефаҳмем, ки намнокии мутлақ ρ_M / кадом ҳиссаи зичии буғи серро ρ_C / ташкил медиҳад.

$$\varphi = \frac{\rho_M}{\rho_C} \cdot 100\% \quad (2.1.15)$$

Аз рӯи муодилаи Клапейрон-Менделеев

$$P = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$$

яъне $P \sim \rho$ ва $\frac{\rho_M}{\rho_C} = \frac{P_M}{P_C}$ мешавад. Аз ин рӯ, дар ҳавосанҷӣ ба сифати намнокии нисбӣ нисбати фишори мавҷудаи буғи оби ҳаво бар фишори буғи обе, ки ҳаворо дар ҳамон ҳарорат сер мекунад, қабул шудааст.

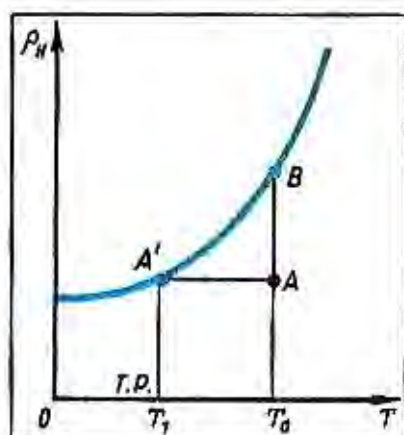
Намнокии нисбӣ на фақат аз намнокии мутлақ, балки аз ҳарорат низ вобастагӣ дорад. Агар миқдори буғҳои оби ҳаво тағйир наёбад, бо пастшавии ҳарорат намнокии нисбӣ меафзояд, зеро буғи об ба сершавӣ наздик мешавад. Барои ҳисоб кардани намнокии нисбӣ аз қиматҳои ρ_M (ё P_M) истифода мебаранд, ки онҳо дар ҷадвалҳои мувофиқ оварда

мешаванд. Дар чадвали 1 қиматҳои зичӣ ва фишори бугҳои ҳавои сер дар ҳароратҳои аз 0 то 30°С дода шудааст.

Чадвали 1.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сут. сим}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сут. сим}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сут. сим}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{сн}, \text{г/м}^3$	$P_{сн}, \text{мм сут. сим}$
0	4,8	4,6	8	8,3	8,0	16	13,6	13,6	24	21,8	22,4
1	5,2	4,0	9	8,8	8,6	17	14,5	14,5	25	23,0	23,8
2	5,6	5,3	10	9,4	9,2	18	15,4	15,5	26	24,4	25,2
3	6,0	5,7	11	10,0	9,8	19	16,3	16,5	27	25,8	26,7
4	6,4	6,1	12	10,7	10,5	20	17,3	17,5	28	27,2	28,4
5	6,8	6,6	13	11,4	11,2	21	18,3	18,7	29	28,7	30,0
6	7,3	7,0	14	12,1	12,0	22	19,4	19,8	30	30,3	31,8
7	7,8	7,5	15	12,8	12,8	23	20,6	21,1			

Вобастагии фишори буги сер аз ҳарорат ба таври графикӣ чун хати парабола (расми 75) тасвир карда мешавад. Буг дар нуқтаи А носер мебошад. Барои онро ба буги сер табдил додан ё то ҳарорати T_1 (нуқтаи шабнам) хунук мекунад, ё зичии онро (то нуқтаи В) зиёд мекунад.



Расми 75

Масъалаи 1. Ҳангоми ҳарорати 18°С ва намнокии нисбии 50% ба сеҳи завод 20000 м³ ҳаво гузаронидан лозим аст. Ҳавои беруна ҳарорати 10°С ва намнокии нисбии 60% дорад. Барои он ки ҳавои аз берун додасуда ба қиматҳои зарурии ҳарорат ва намнокӣ мувофиқат кунад, чӣ қадар обро иловагӣ буг бояд кард.

Ҳал. Аз чадвали 1 зичии буги серро ҳангоми 18°С меёбем:

$\rho_c = 15,4 \text{ г/м}^3$. Пас, дар 20000 м³ ҳаво ҳангоми 18°С ва

намнокии нисбии $\varphi_1 = 50\%$ бояд

$$m_1 = 15,4 \text{ г/м}^3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot 0,5 = 154 \text{ кг}$$

буги об бошад. Аз ҳамин чадвал зичии буги серро ҳангоми $t_2 = 10^\circ\text{C}$

меёбем, ки $\rho_c = 9,4 \text{ г/м}^3$ аст. Пас дар ҳамон ҳаҷми ҳаво ҳангоми

ҳарорати 10°С ва намнокии нисбии $\varphi_2 = 60\%$

$$m_2 = 9,4 \text{ г/м}^3 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot 0,6 = 112,8 \text{ кг}$$

буғи об мавҷуд аст. Ҳамин тавр, бояд иловагӣ

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 41,2 \text{ кг}$$

об буғ карда шавад.

Қаблан зикр кардем, ки намнокии нисбии ҳаво аз ҳарорат вобастагӣ дорад. Бигузор намнокии мутлақи ҳаво ρ_M ҳангоми ҳарорати 28°C ба $13,6 \text{ г/м}^3$ баробар бошад. Азбаски зичии буғи сершуда ρ_C ҳангоми ин ҳарорат ба $27,2 \text{ г/м}^3$ баробар аст (ниг. ба ҷадвали 1), пас

намнокии нисбӣ $\varphi_2 = \frac{13,6}{27,2} \cdot 100\% = 50\%$ -ро ташкил медиҳад. Фарз

мекунем, ки ҳарорати ҳаво то 16°C паст шуд, вале намнокии нисбӣ бетағйир монд. Намнокии нисбии ҳаво ҳангоми ҳамин ҳарорат

$$\varphi_2 = \frac{13,6}{13,6} \cdot 100\% = 100\%,$$

яъне буғи оби таркиби ҳаво сер мешавад. Агар ҳарорат то 10°C паст шавад, аз ҳар метри мукааби ҳаво $13,6 \text{ г} - 9,4 \text{ г} = 4,2 \text{ г}$ буғ конденсатсия мешавад.

Ҳамин тавр, миқдори буғи ҳаворо тағйир надода, бо паст кардани ҳарорат намнокии нисбии ҳаворо то 100% расондан мумкин аст. Ҳароратеро, ки ҳангоми он намнокии нисбии ҳаво ба 100% мерасад, нуқтаи шабнам меноманд. Дар мисоли боло нуқтаи шабнам ба 16°C баробар аст. Агар ҳарорати ҳаво каме аз нуқтаи шабнам пасттар шавад, конденсатсияи буғ, яъне туман ва қатраҳои шабнам пайдо мешаванд.

Масъалаи 2. Бегоҳӣ ҳарорати ҳаво 18°C намнокии нисбӣ 65% буд. Шабона ҳарорат то 4°C паст фаромад. Оё шабона шабнам ба вучуд омад? Агар ба вучуд омада бошад, пас аз 1 м^3 ҳаво чӣ қадар буғи об конденсатсия шуд?

Ҳал. Аз ҷадвали 1 зичии буғи серро ҳангоми $t=18^\circ \text{C}$ меёбем:

$\rho_{C1} = 15,42 \text{ г/м}^3$. Пас намнокии мутлақи ҳаво $\rho_M = \rho_{C1} \cdot \frac{\varphi}{100\%}$, ё ки

$$\rho_M = 10,012 \text{ г/м}^3$$

мешавад.

Ин зичии буғи сери ҳарораташ $\approx 11^\circ \text{C}$ (ниг. ҷадвали 1) аст. Пас, маълум мешавад, ки ҳангоми ҳарорати 11°C шабнам пайдо мешавад. Барои фаҳмидани он ки аз 1 м^3 ҳаво ҳангоми то 4°C хунуккунӣ чӣ қадар буғи об конденсатсия мешавад, аз ҷадвали 1 зичии буғи сершуда ба

