

муайян кардан лозим аст. Нишондоди ҳароратсанҷҳои хушқу намнокро доништа, аз ҷадвали 2 намнокии нисбии ҳаво $\varphi_2 = 66\%$, аз ҷадвали 1 ҳангоми 20°C будани ҳарорат зичии буғи сер $\rho_c = 17,32 / \text{м}^3$ -ро ёфта, намнокии мутлақи ҳаворо ҳисоб мекунанд:

$$\rho_m = \rho_c \cdot \frac{\varphi}{100\%} \text{ ё ки } \rho_m = 11,422 / \text{м}^3$$

Ҷадвали 2.

Нишондоди ҳароратсанҷи хушқ, $^\circ\text{C}$	Нишондоди ҳароратсанҷи намнок, $^\circ\text{C}$											
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
15	52	61	71	80	90	100						
16	46	54	62	71	81	90	100					
17	39	47	55	64	72	81	90	100				
18	34	41	49	56	65	73	82	91	100			
19		35	43	50	58	65	74	82	91	100		
20			37	44	51	59	66	74	83	91	100	
21				39	46	52	60	67	75	83	91	100

? Саволҳои санҷишӣ

1. Буғҳои об дар атмосфера аз кучо пайдо мешаванд?
2. Намнокии мутлақ ва нисбии ҳаво чӣ маънӣ доранд?
3. Намнокии мутлақ ва нисбии ҳаворо дар ҳавосанҷӣ чӣ тавр муайян мекунанд?
4. Агар фарқи байни нишондоди ҳароратсанҷҳои психрометр кам шавад, намнокии бино чӣ гуна тағйир меёбад?
5. Нуқтаи шабнам чист?
6. Барои чӣ шабнам одатан наздикии субҳ ба вуҷуд меояд?
7. Пайдоиши туманро шарҳ диҳед.

! Машқи 20

1. Кондиционер бояд ба сеҳи завод 50000 м^3 ҳавои ҳарораташ 15°C ва намнокии нисбиаш 40% -ро диҳад. Ҳавои аз куча ба сеҳ дохилшаванда ҳарорати 0°C ва намнокии нисбии 80% дорад. Магар ҳавои ба сеҳ додашаванда бояд намнок шавад? Чӣ қадар об бояд иловагӣ буғ ё аз ҳаво баргардонда гирифта шавад?
2. Ҳангоми 0°C будани ҳарорат намнокии нисбии ҳавои хона 80% буд. Агар ҳарорати ҳаво то 20°C баланд шавад, намнокии нисбии он чӣ қадар

мешавад?

3. Агар дар вақти кор ҳангоми ҳарорати 15°C намнокии нисбии ҳавои устохона 50% бошад, шабона ҳарорат бояд то кадом қимат паст шавад, ки дар сатҳи ашёҳои филизӣ конденсатсияи буги об ба амал наояд?

4. Тавассути психрометр муайян карданд, ки дар як бино ҳангоми ҳарорати 0°C намнокии нисбии ҳаво 80% , вале дар бинои дигари ҳаҷман ба аввала баробар ҳангоми 20°C намнокӣ 50% аст. Ҳавои кадом бино бештар бугҳои об дорад?

5. Бо радио шунавонидаанд, ки бегоҳӣ ҳарорати ҳаво ба 20°C баробар буда, намнокии нисбӣ 60% аст, вале пагоҳ сахарӣ ҳарорат 8°C мешавад. Оё шабнами субҳ ба ронандаи комбайн, ки галла медаравад, ҳалал мерасонад?

§ 41. Хосиятҳои сатҳи моеъ. Энергияи сатҳ.

Кашии сатҳ

Моеъ ҳолати агрегатии модда буда, байни ҷисмҳои сахту газмонанд мавқеъ дорад. Аз ин рӯ вай қисман ба хосиятҳои моддаҳои газмонанду сахт молик аст. Моеъҳо чун ҷисмҳои сахт ҳаҷми муайян доранд ва монанди газҳо шакли зарфро мегиранд, ки дар он ҷой дода мешаванд. Молекулаҳои газ метавонанд ба самтҳои гуногун ҳаракат карда ҳаҷми зарфро пурра ишғол намоянд. Дар моеъ бошад, қувваҳои таъсири мутақобили байни молекулаҳо онҳоро дар масофаҳои муайян нигоҳ медоранд. Энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати ҳароратии молекулаҳо нисбат ба энергияи потенциалии миёнаи онҳо, ки натиҷаи таъсири мутақобили онҳо мебошад, хурд аст. Сабаби ҳаҷми муайян доштани моеъҳо бо он шарҳ дода мешавад, ки барои бартарафкунии қувваҳои ҷозибаи байни молекулаҳо энергияи кинетикии миёнаи онҳо кифоят намекунад.

То солҳои 30-юми асри XX чунин меҳисобиданд, ки сохти моеъ ба газҳо монанд аст ва онҳо аз якдигар танҳо бо масофаи байни молекулаҳои ва қувваи таъсири мутақобилашон фарқ мекунанд. Вале тадқиқи моеъҳо тавассути нурҳои рентгенӣ ва як қатор маълумотҳои таҷрибавӣ нишон доданд, ки дар ҷойгиршавии зарраҳои моеъ тартиботи муайяне мавҷуд аст. Моеъҳо дар ҳароратҳои ба сахтшавӣ наздик дорои панҷараи кристаллианд. Дар фазои байни гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ, кӯчиши молекулаҳо ба амал меояд. Бар хилофи ҷисмҳои сахт дар моеъҳо тартиботи номбурда на дар тамоми ҳаҷм, балки дар ягон соҳаи моеъ нигоҳ дошта мешавад. Ақидаи ҷойгиршавии бонизоми заррачаҳои моеъ аз ҳамин нуқтаи назар аст ва ҳисоб мекунанд, ки аз ҷиҳати сохт моеъҳо ба ҷисмҳои сахт наздиктаранд.

Ҳар як молекулаи моеъ мударе дар ҳолати муайяни мувозинатӣ ларзида меистад. Баъзан ба масофаи баробари андозаи худ ҳаракат карда, мавқеи ҷойгиршавии худро дигар мекунад. Дар натиҷа молекулаҳои моеъ тадриҷан мекӯчанд. Вақтеро, ки дар давоми он

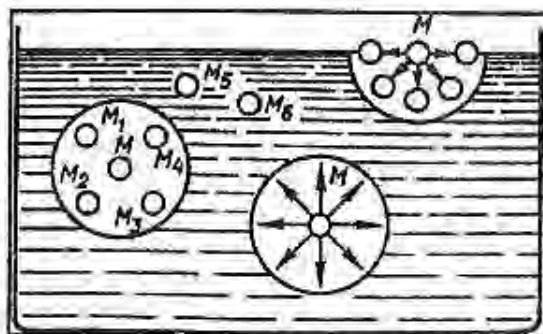
молекула дар назди мавқеи мувозинати худ меларзад, вақти муқимияти он меноманд. Вай аз ҷинс ва ҳарорати моеъ вобастагӣ дорад (бо баландшавии ҳарорат кам мешавад). Таҷрибаи ҳаррӯза нишон медиҳад, ки моеъ хосияти ҷоришавандагӣ дорад ва чандир нест. Дар воқеъ, ҳатто таҳти таъсири қувваи хеле ночиз моеъ ба ҷоришавӣ шурӯъ мекунад, вале баъди қатъшавии таъсири қувва қабатҳои моеъ ба ҳолати пештараи худ бар намегарданд, зеро молекула ё ҳиссаҷаҳо аз ҳолати мувозинати худ мебароянд. Вале агар вақти таъсири қувва аз вақти муқимияти молекула кам ё баробар бошад, пас моеъ бо сабаби сохти кристаллӣ доштани шакли чандирашро нигоҳ медорад. Масалан, одам аз соҳил ба кӯл озод дохил мешавад, вале вақте аз баландӣ ба об меҷаҳад, саҳт лат меҳӯрад, зеро дар ин маврид (ҳангоми зарба) моеъ мисли ҷисми саҳт муқовимат нишон медиҳад. Аз ин хосияти моеъҳо дар техникаи ҳозиразамон ба таври васеъ истифода мебаранд. Масалан, моеъе, ки аз сӯрохии хурд таҳти фишори баланд фаввора зада мебарояд, хоросангро бурида метавонад. Ё бо ёрии гидромониторҳо, ки фаввораи тавоноии обро бо фишори (10-20)·10⁵Па ба вучуд меоранд, дар конҳои кушода ангишт истеҳсол мекунанд.

Таъсири қувваи вазнинӣ ва ҷоришавии моеъро инчунин бо мисоли уфуқӣ ҷойгиршавии сатҳи моеи ором шарҳ додан мумкин аст. Ҳангоми тағйирдиҳии шакли моеъ бетағйир мондани ҳаҷми онро бо мавҷудияти қувваҳои ҷозибавӣ байни молекулаи шарҳ додан мумкин аст.

Бояд қайд намуд, ки моеъҳо низ дар шароитҳои муайян як қатор хосиятҳои ҷисми саҳтро ба монанди мурғӣ, мустаҳкамӣ, кандашавӣ ва дигарҳо зоҳир карда метавонанд.

Акнун қувваҳои таъсири муттақобили молекулаҳои моеъро муфассалтар муоина мекунем.

Қувваҳои молекулаи дар масофаҳои хеле хурд (10^{-9} м) таъсир мекунанд. Молекулаи М-ро дар дохили моеъ тасаввур карда (расми 78), дар атрофи он кураи радиусаш муайянеро мадди назар мегирем. Фарз мекунем, ки радиуси кура ба масофаи таъсири молекулаи баробар аст. Пас мо соҳаҳои таъсири қувваҳои молекулаи М-ро ба зарраҷаҳои дигар ҳосил мекунем. Ҳар як молекулаи дохили ин кура (масалан, M_1, M_2, M_3, M_4) ба молекулаи М кашида мешавад (ба расми 78 тарафи чап нигаред). Зарраҷаҳое, ки берун аз ин кура ҷойгиранд (масалан, M_5 ва M_6) ба молекулаи М ҷазб намешаванд, зеро онҳо радиуси таъсири қувваҳои молекулаи худро доранд. Дар дохили кура зарраҷаҳои бисёр дар атрофи зарраи маркази кура мунтазам тақсим мешаванд. Бинобар ин баробартаъсиркунандаи қувваҳои

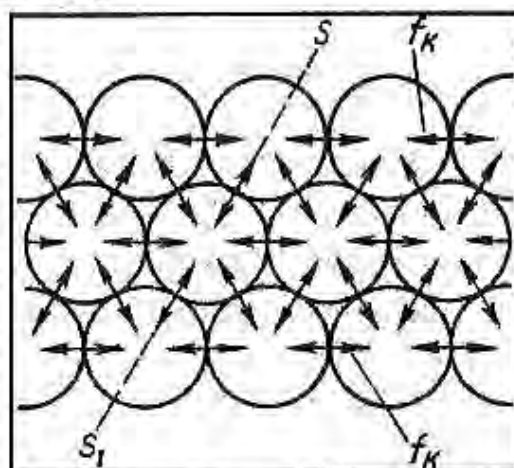


Расми 78

молекулай, ки ба молекулаи M таъсир мекунад, ба ҳисоби миёна баробари сифр мешавад. Аз ин сабаб қувваҳои кашиш дар дохили моеъ барои кӯчиши нисбии молекулаҳо садди роҳ намешаванд.

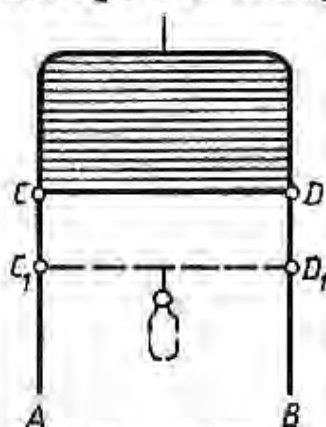
Ҳолати молекулаҳои дар сатҳи моеъ ҷойгирифта, масалан молекулаи M (расми 78 аз рост) дигар аст. Яъне шумораи заррачаҳо дар нимкураи поён назар ба нимкураи боло чандин маротиба зиёд аст. Аз ин сабаб баробартаъсиркунандаи қувваҳои таъсири мутақобили молекулаи қабати сатҳи моеъ ба заррачаҳои нимкураи болоӣ назар ба нимкураи поёнӣ то андозае хурд аст, ки онро ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Ҳамин тариқ ба ҳар як молекулаи қабати сатҳи моеъ қуввае таъсир мекунад ва онро ба қабатҳои дохилии моеъ мекашад. Маҳз аз ҳамин сабаб молекулаҳои қабати сатҳи моеъ дорони энергияи потенциалӣ мешаванд.

Молекулаҳои, ки дар сатҳ мехобанд, аз тарафи молекулаҳои ҳамсоя низ кашида мешаванд. Як гурӯҳи молекулаҳо қадқади хати рости SS_1 (расми 79) интиҳоб мекунем. Молекулаҳо байни худ бо қувваҳои f_k (дар расми 79 бо ақрабақ нишон дода шудаанд) кашида мешаванд. Қатори муоинашавандаи молекулаҳо аз ду тараф бо молекулаҳои дигар ихота шудаанд, аз ин сабаб қувваҳои f_k нисбат ба ҳар як заррачаи алоҳида байни худ дар мувозинат мешаванд. Таъсири умумии ин қувваҳо сабаби мавҷудияти кашиши сатҳи моеъ мешавад. Онро ҳамчун қувваи F , ки ба ҳудуди сатҳи моеъ таъсир мекунад, тавсиф дода, қувваи кашиши сатҳ меноманд. Вай ба ҳар гуна элементи хатҳое, ки ҳамчун расанда ба сатҳи пардаи моеъ гузаронида шудаанд, перпендикуляр таъсир мекунад. Умуман, қувваи кашиши сатҳ тавре таъсир мекунад, ки гуё сатҳи моеъро кам мекарда бошад.



Расми 79

Мавҷудияти қувваҳои кашиши сатҳро дар таҷрибаҳои сода санҷидан мумкин аст. Сими росткунҷашакли як тарафаш ҳаракатнокро гирифта, ба кафки собун дохил мекунем (расми 80, СД), ки дар натиҷа пардаи собун ҳосил мешавад. Агар ба тарафи ҳаракатноки росткунҷа имконияти озод ҳаракат кардан диҳем, вай дар зери таъсири пардаи кӯтоҳшавандаи собун тадриҷан боло мебарояд. Барои дар мавқеи пештарааш (C_1D_1) нигоҳ доштани тарафи ҳаракатноки росткунҷа, ба вай ягон бори иловагӣ овезон кардан лозим меояд.



Расми 80

Таҷрибаҳои муоинашуда аз мавҷудияти қувваҳои кашиши сатҳ шаҳодат медиҳанд.

Барои ба қувваи кашиши сатҳ миқдоран баҳо додан онро ҳамчун воҳиди ҳудуди дарозии қабати сатҳ муоина мекунамд. Бузургии бо ин усул ёфтшударо кашиши сатҳ меноманд, ки он ба

$$\delta = \frac{F}{\ell} \quad (2.1.16)$$

баробар аст.

Ҳамин тариқ, кашиши сатҳ ба нисбати модули қувваи кашиши сатҳ F , ки дар ҳудуди қабати сатҳи дарозиаиш ℓ таъсир мекунад, бар бузургии ҳамин дарозӣ баробар аст. Барои моеъи додашуда δ бузургии доимӣ буда, аз дарозии ℓ вобастагӣ надорад. Дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СБ) ин бузургӣ бо ниютонҳо бар метр (Н/м) ифода карда мешавад.

Масъала. Баъди қолаби ҳарфи П (расми 80) монандро аз кафки собун берун кардан, пардаи собуни пайдошуда кӯтоҳ шуда, бори массааш 1,14 г.-и ба сими уфуқии дарозиаиш 75 мм овехташударо боло мебардорад. Кашиши сатҳ дар парда чӣ қадар аст?

Ҳал. Азбаски пардаи собун ду сатҳ дорад, пас қувваи кашиши сатҳ, ки ба тарафи ҳаракатноки қолаб таъсир мекунад ба $F = 2\delta\ell$ баробар мешавад ва шарти кӯчиши пардаро ин тавр навиштан мумкин аст:

$$F = 2\delta\ell,$$

ки аз ин ҷо

$$\delta = \frac{mg}{2\ell} \approx 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$$

мешавад. Ин ҷо кашиши сатҳро аз муоинаи қувваҳои байни молекулаҳои қабати сатҳи моеъ таъсиркунанда муайян намудем. Аз рӯи тавсифи энергияи қабати сатҳ низ ба чунин натиҷа омадан мумкин аст. Фарз мекунем, ки зери таъсири қувваҳои кашиши сатҳ тарафи ҳаракатноки қолаб ба баландии h боло баромад. Пас, қувваи кашиши сатҳ кори $A = 2\delta\ell h$ -ро иҷро кард. Мувофиқи қонуни бақои энергия аз ҳисоби ин кор энергияи потенциалии сими ҳаракатнок ба бузургии mgh зиёд шуд, яъне $A = mgh$. Бузургии $2\ell h = \Delta s$ масоҳатест, ки сатҳи парда ба қадри он кам мешавад. Пас $A = \delta\Delta s$ будааст, ки аз ин ҷо

$$\delta = \frac{A}{\Delta s} \quad (2.1.17)$$

ҳосил мешавад.

Кори қувваҳои молекулярӣ, бешубҳа аз навъи моеъ ва шароити беруна вобаста аст. Формулаи (2.1.17)–ро истифода бурда ба кашиши

сатҳ таърифи энергияи зерин додан мумкин аст: кашиши сатҳ ҳангоми ба воҳиди масоҳат хурдшавии сатҳи моеъ ададан ба кори қувваҳои молекулаӣ баробар аст.

Кашиши сатҳ бо ҷоул бар метри мураббаъ ($\text{Ҷ}/\text{м}^2$) чен карда мешавад. Воҳидҳои энергиявӣ ва қуввагии ченкунии кашиши сатҳ ба якдигар мувофиқанд:

$$1\text{Ҷ}/\text{м}^2 = 1\text{Нм}/\text{м}^2 = 1\text{Н}/\text{м}$$

Ҳангоми баландшавии ҳарорат масофаи миёнаи байни ҳиссачаҳо афзуда қувваҳои кашиши молекулаӣ кам мешаванд, пас кашиши сатҳ бояд аз ҳарорат вобаста бошад. Таҷриба нишон медиҳад, ки бо афзоиши ҳарорати моеъ кашиши сатҳ кам мешавад ва дар нуктаи атф (критикӣ), ки зичии моеъ ва буг якхела аст, кашиши сатҳ ба сифр баробар мешавад.

Кашиши сатҳ аз омехтаҳои таркибии моеъ низ вобастагӣ дорад. Моддаҳои, ки кашиши сатҳи моеъро суст мекунанд, моддаҳои сатҳашон фаъол ном гирифтаанд. Яке аз моддаҳои маъмули сатҳан фаъол маҳлули собун мебошад. Собун кашиши сатҳии обро хеле (аз $7,5 \cdot 10^{-2}$ то $4,5 \cdot 10^{-2}$ Н/м) кам мекунад. Нисбат ба об эфирҳо, спиртҳо, нефт ва ғайра сатҳан фаъол мебошанд. Аз нуктаи назари молекулаӣ таъсири моддаҳои сатҳан фаъол бо он шарҳ дода мешавад, ки қувваи кашиши байни молекулаҳои худии моеъ назар ба қувваҳои кашиши байни молекулаҳои моеъ ва омехтаҳои он зиёдтар аст. Аз ин сабаб молекулаҳои моеъ, ки дар қабати сатҳ ҷойгиранд, назар ба молекулаҳои дохили моеъ бо қувваи зиёдтар кашида мешаванд. Дар натиҷа молекулаҳои моеъ аз сатҳ ба қариб он гузашта, молекулаҳои моддаи сатҳан фаъол ба сатҳ зич шуда мебароянд.

Саволҳои санҷишӣ

1. Сохти моеъ чӣ гуна аст?
2. Ғояи дар моеъҳо мавҷуд будани ҷойгиршавии бонизоми заррачаҳои ҷӣ тавр мефаҳмед?
3. Кашиши сатҳро кадом қувваҳо ба вучуд меоваранд. Оид ба мавҷудияти кашиши сатҳи моеъ мисолҳо биёред.
4. Барои чӣ кашиши сатҳ аз ҳарорат вобаста аст.
5. Чӣ тавр бояд шарҳ диҳем, ки кашиши сатҳи филизоти гудохта бузург ва аз гази моеъ хеле кам аст.

Машқи 21

1. Лавҳаи шишагинро ба динамометр овехта, баъди ба сатҳи моеъ расонидан боло мебардоранд. Барои кадоме аз моеъҳо симоб, об ё карасин ҳангоми аз сатҳ кандашавии лавҳа динамометр қувваи зиёдтарин нишон медиҳад.
2. Агар бо ёрии чакрарезе, ки қутри нӯғаш 0,4 мм аст, обро бо чакраҳои 0,01 г резондан мумкин бошад, пас кашиши сатҳи об чӣ қадар аст?

❗ Супориши таҷрибавӣ барои хона

Ба лаълича каме об рехта, ба болои он чор чӯбчаи гӯгирдро чунон гузоред, ки квадрат ҳосил шавад. Порчаи собуиро гиред ва ба сатҳи оби дохили квадрат расонед. Ҳодисаи мушоҳидашавадаро шарҳ диҳед.

Таҷрибаро такрор кунед.

§ 42. Таҷрибавӣ. Капиллярноқӣ

Бо ин ҳодисаҳо шумо аз синфи 7 шиносед ва медонед, ки онҳо дар натиҷаи таъсири қувваҳои молекулярӣ ба вуқӯъ меоянд. Баъзе мисол ва таҷрибаҳои шиносро ба хотир меорем.

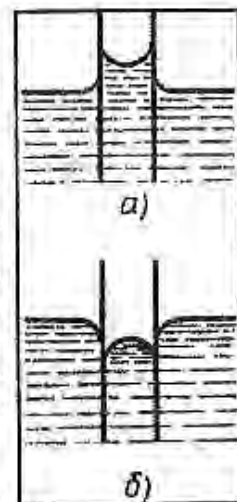
Дар сатҳи қоғазӣ раванолуд ё парафинмолидашуда чакраҳои об шакли кура мегиранд, вале агар онҳо ба сатҳи шиша афтанд, тунук шуда мечаспанд. Дар сатҳи шиша низ қатраҳои алоҳидаи симобро мушоҳида мекунем, вале симоб дар сатҳи рух, мис ё оҳан тунук шуда мешорад. Пас моеъҳои гуногун дар ҳамон як сатҳи саҳт ҳархела рафтор мекунанд ва ҳамон як моеъ низ дар сатҳҳои моддаҳои гуногун якхела рафтор намекунанд. Яъне на дар ҳамаи мавридҳо моеъ сатҳҳоро тар мекунанд.

Ҷисми саҳтро тар кардани моеъ бо он шарҳ дода мешавад, ки кашиши байни молекулаҳои моеъ ва ҷисми саҳт назар ба кашиши байни заррачаҳои моеъ зиёдтар аст. Дар мавриди ҷисми саҳтро тар накардани моеъ кашиши байни молекулаҳои он назар ба кашиши молекулаҳои ҷисми саҳту моеъ зиёд аст. Ҳодисаеро, ки дар ҳудуди байни муҳитҳои гуногун (моеъ ва ҷисми саҳт) ба амал меояд, батафсил муоина мекунем.

На фақат дар моеъҳо, балки дар ҷисмҳои саҳт низ кашиши сатҳ мавҷуд аст. Байни молекулаҳои ҷисми саҳт қувваҳои ҷозибаи байниҳамдигарӣ таъсир мекунанд. Дар натиҷаи таъсири мутақобили онҳо панҷараҳои кристаллӣ ташкил меёбанд. Ҳамаи гуфтаҳои боло оид ба шароитҳои махсусе, ки дар онҳо заррачаҳои қабати сатҳи моеъ қарор доранд, ба ҷисмҳои саҳт низ мувофиқат мекунанд. Пас, ҷисмҳои саҳт низ мисли моеъҳо кашиши сатҳ доранд.

Деворҳои зарфро тар кардан ё тар накардани моеъ аз шакли сатҳи моеъ дида мешавад. Агар миқдори зиёди моеъ ба зарфи кушод рехта шуда бошад, пас шакли сатҳи он аз рӯи қувваҳои вазниние, ки сатҳи ҳамвор ва уфуқии моеъро таъмин месозанд, муайян карда мешавад. Вале дар ҳар маврид сатҳи моеъ дар назди девораи зарф қач мешавад: моеъи девораро таркунанда дар девор боло баромада (расми 81, а) моеъи тарнакунанда паст мефарояд (расми 81, б). Шарҳи ин ҳодиса бо шарҳи боло (оид ба рафтори қатра) монанд аст.

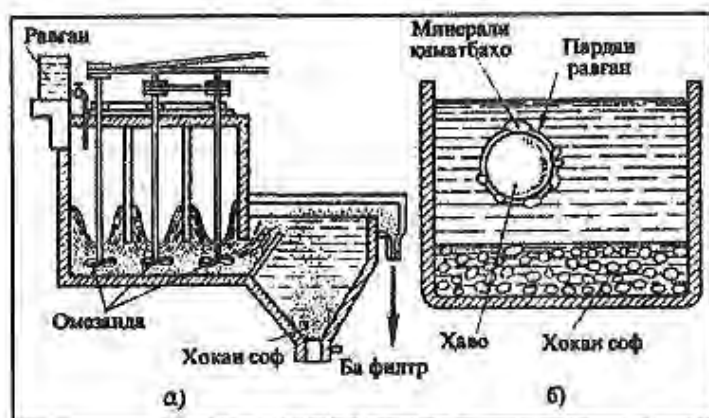
Ин ҳодиса дар амалия татбиқи васеъ дорад. Хусусан онро хангоми часпонидан, кафшеркунӣ, рангубори



Расми 81

чисмҳо, равғанмолии қисмҳои соишхӯрандаи механизмҳо ва амсоли инҳо истифода мебаранд.

Масалан, ҳангоми флотатсия* маъдани кӯҳиро, ки заррачаҳои филизоти қиматбаҳо дорад, ба хокаи майда (0,1-0,01 мм) табдил медиҳанд.



Расми 82

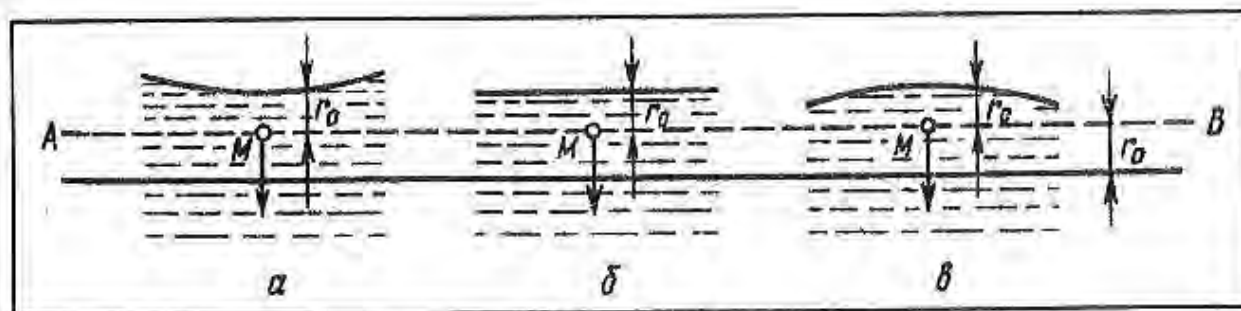
Ин хокаро бо оби равғандор меомезанд (расми 82,а). Дар натиҷа кафк пайдо шуда, ҳамроҳи хубобчаҳои ҳавоии бо пардаи равған ихотагашта заррачаҳои филизӣ ба боло мебароянд. Дар ин асно порчаҳои нодаркори хока, ки тар шудаанд, дар зарф таҳшин мешаванд (расми 82,б).

Агар аз маъдан чанд филизоти гуногунро ҷудо кардан лозим бошад, флотатсияро такроран истифода мебаранд. Барои ин ба тағора чунин моддаҳои сатҳшон фаъолро меандозанд, ки онҳо қувваи кашиши сатҳи моеъро ба таври матлуб тағйир диҳанд. Дар натиҷа, ҳиссаҳои филизоти лозима шино мекунад ва боқимонда меғутад.

Ҳангоми коркарди механикӣ филизот, кофтани чуқуриҳо филиз ва хокаҳоро бо моеъҳои махсус тар мекунад, ки ин коркарди онҳоро осон мекунад ва раванди корро метезонад.

Ҳангоми муоинаи кашиши сатҳ муқаррар намудем, ки ба молекулаҳои қабати сатҳ қувваҳои ба дохили моеъ самтдошта таъсир мекунад. Фишореро, ки ин қувваҳо дар моеъ ба вучуд меоваранд фишори дохилӣ ё молекулавӣ меноманд. Ин фишор ба деворҳои зарф ва ба ҷисме, ки дар моеъ ғўтонида шудааст, таъсир мерасонад. Маҳз бо ҳамин сабаб онро ба таври ченкуниҳои бевосита муайян мекунад.

Фишори дохили моеъ аз шакли сатҳи он вобаста аст.



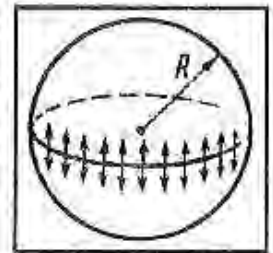
Расми 83

Инро нишон медиҳем. Бигузур се молекулаи якхелаи М дар ҳамон як чуқурии r_0 зери сатҳҳои фурӯҳамида (расми 83,а), уфуқӣ (расми 83,б),

* Флотатсия калимаи англисӣ буда, маънои аслиаш рӯи об баромадан аст. Дар саноати кӯҳӣ тоза кардани канданиҳои фойданокро ба тавассути об, ки раванди мураккаб аст, флотатсия меноманд.

ва барҷастаи (расми 83,в) моеъ ҷойгир бошанд. Чуқурии r_0 назар ба масофае, ки дар он қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо вучуд доранд, хеле хурд аст. Молекулаҳои аз сатҳи АВ поён ҷойгирбуда молекулаи М-ро ба қари зарф ва молекулаҳои болои онро боло мекашанд. Аз расм дидан мумкин аст, ки шумораи ҳиссачаҳои молекулаи М-ро боло кашанда дар сатҳи фурӯҳамида назар ба ҳамвор зиёд, дар сатҳи барҷаста назар ба ҳамвор кам мебошанд. Пас фишори зери сатҳи фурӯҳамида назар ба ҳамвор кам, аммо зери сатҳи барҷаста назар ба сатҳи ҳамвор зиёд аст. Дар зери сатҳи барҷастаи моеъ фишори иловагӣ ба вучуд меояд, ки ба поён самт дорад.

Фишори иловагиро дар ҳолати сатҳи сферӣ доштани моеъ ҳисоб мекунем. Барои ин тасаввур мекунем, ки гуё қатраи курашакл аз ду нимкура ташкил ёфта бошад (расми 84). Пардаи сатҳи ин ду нимкура ба давраи дарозиаш $2\pi R$ (R - радиуси қатра) маҳдуд гаштааст.



Расми 84

Азбаски дар байни ҳар ду нимкура кашиши сатҳ амал мекунад, онҳо байни худ бо қувваи $F = 2\pi R\delta$ кашида мешаванд. Ин қувва нимкураҳоро бо сатҳи $S = \pi R^2$ зич карда, фишори иловагии

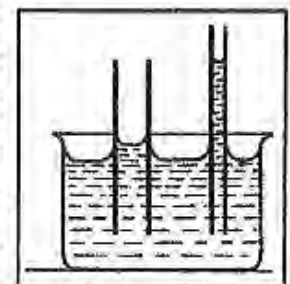
$$P = \frac{F}{S} = \frac{2\pi R\delta}{\pi R^2} = \frac{2\delta}{R} \quad (2.1.18)$$

-ро ба вучуд меорад.

Формулаи 2.1.18 - ро, ки аз рӯи он фишори иловагии зери сатҳи барҷастаи пардаи моеъро ҳисоб мекунанд, формулаи Лаплас меноманд.

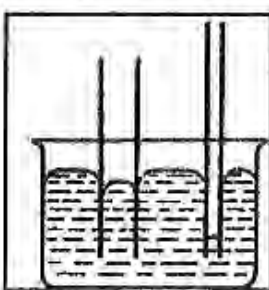
Агар сатҳи сферии моеъ фурӯҳамида бошад, дар формулаи Лаплас R -ро бо $-R$ иваз бояд кард.

Зимни татбиқи формулаи Лаплас ба ҳодисаи дигари физикӣ шинос мешавем. Нӯғҳои якчанд найчаҳои шишагини кутрашон ҳархеларо ба дохили зарфи обдор мегузорем (расми 85). Об дар даруни найчаҳо аз сатҳи моеъ болотар мебарояд. Ҳарчанд қутри найча хурд бошад, баландии об дар он бештар мешавад. Агар қутри найчаҳо калон набошад, тамоми сатҳи об дар онҳо қач мешавад. Сатҳи қачшударо



Расми 85

мениск, найчаҳои борикро-капилляр ва баландшавии моеъро дар онҳо ҳодисаи капиллярноқӣ ё умуман капиллярноқӣ меноманд.



Расми 86

Агар найчаҳои шишагини капилляриро ба зарфи симобдор гузорем (расми 86), сатҳи симоб дар онҳо назар ба симоби зарф паст меистад.

Баландӣ ё пастии моеъро дар найчаҳои капиллярӣ

ба осонӣ ҳисоб кардан мумкин аст. Агар моеъ деворҳои найчаро тар кунад, мениски онро ҳамчун нимкура қабул кардан мумкин аст. Радиуси

мениск ба радиуси капилляр баробар ва фишори иловагӣ $P = \frac{2\delta}{r}$

мешавад. Зери таъсири ин фишор моеъ ба чунин баландии h мебарояд, ки фишори гидростатикӣ он ρgh бояд фишори иловагӣ P -ро мувозинат намояд:

$$\rho gh = \frac{2\delta}{r}$$

Аз ин ҷо баландии болоравии моеъ дар найчай капиллярӣ

$$h = \frac{2\delta}{r\rho g} \quad (2.1.19) \quad \text{мешавад.}$$

Яъне, ин баландӣ ба кашиши сатҳ мутаносиби роста, ба радиуси найча ва зичии моеъ мутаносиби чаппа аст.

Формулаи (2.1.19) инчунин барои найчай капиллярие, ки моеи тарнақунанда дорад, низ татбиқшаванда аст, фақат дар ин маврид h пастшавии сатҳи моеи найчаро ифода мекунад. Дар шароити лабораторӣ ҳангоми муайян кардани кашиши сатҳи моеъ аз ин формула истифода мебаранд.

Масъала. Барои ҳангоми таршавии пурра об дар найчай капиллярӣ ба 10 см боло баромадан радиуси найча бояд чӣ қадар бошад? Коэффитсиенти кашиши сатҳи об ба $7 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ баробар аст.

Ҳал. Ҳангоми таршавии пурра модули қувваи кашиши сатҳ ба модули қувваи вазнинии сутуни моеъ баробар аст:

$$2\pi r\delta = mg; \quad 2\pi r\delta = \rho gh \cdot \pi r^2$$

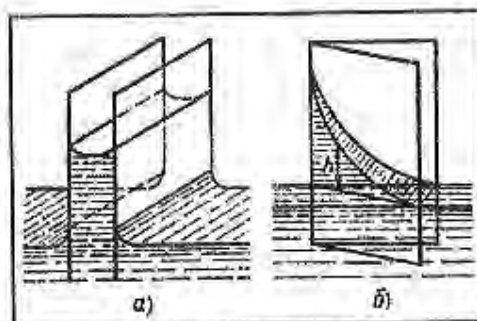
Аз ин муодила

$$r = \frac{2\delta}{\rho gh} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}}{103 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-1} \text{ м}} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

мешавад.

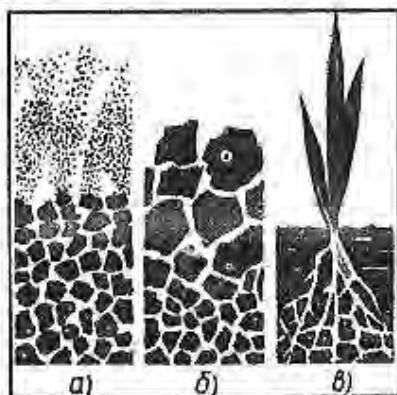
Ҳодисаи капиллярнокиро дар байни ду лавҳаи шишагини ба ҳам мувозӣ (расми 87,а) ё таҳти кунҷ (расми 87,б) наздикчойгиршуда мушоҳида намудан мумкин аст.

Капиллярнокӣ дар табиат, техника ва рӯзгор дучор меояд ва аз он мувофиқи мақсад истифода мебаранд.



Расми 87

Гузаштани моддаҳои ғизоӣ аз хок ба растаниҳо (ба баргу шохаҳо) тавассути капиллярҳо ба амал меояд. Танаи растаниҳо аз шумораи зиёди рағҳои борике иборатанд, ки тавассути онҳо омехтаи намакҳо аз реша ба танаи растани мегузаранд.



Расми 88

Намнокии аз меъёр зиёди хок низ тавассути капиллярҳо кам мешавад, ки ин ба кишоварзон маълум аст (расми 88, а). Барои дар хок нигоҳ доштани намӣ бо роҳи шудгоркунӣ капиллярҳоро вайрон мекунанд (расми 88, б, в).

Дар саноати сохтмон иншоотҳо бо назардошти ҷиҳатҳои матлуб ва зараровари ин ҳодиса бунёд карда мешаванд. Ҳатто дар хишт ва девори бетонӣ ҳам капиллярҳо мавҷуданд, ки ба воситаи онҳо об ба баландии муайян баромада, деворҳои биноро намнок мекунад. Аз ин рӯ, таҳкурсии ва деворҳои биноро обнагузаранда (гидроизолятсия) месозанд. Ҳангоми чиндани хишт сақичи гарм, сементи гидрофосиро истифода мебаранд. Дар байни таҳкурсии бино ва девор қабати тол, ширеш ва амсоли инҳоро гузошта, намнокшавиро пешгирӣ мекунанд.

Бо ҳодисаҳои капиллярӣ дар рӯзгор низ вомехӯрем. Имконоти истифодаи сачоқ, салфетка, пахтаи гигроскопӣ, доқа, қоғази намчинак ва ғ. маҳз бо мавҷудияти капиллярҳо шарҳ дода мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Таркунӣ (тар кардан)-и ҷисми сахтро чӣ тавр бояд шарҳ дод. Оид ба ҳодисаҳои таркунӣ ва тар накардан аз фаъолият ва ҳаёти ҳаррӯзаатон мисолҳо биёред.
2. Магар моеъҳое, ки чун рағгани молидани истифода мешаванд, сатҳи чузҳои (деталҳо) соишхӯрандари тар мекунанд?
3. Шакли сатҳи моеъ ва қимати фишори дохилӣ чӣ гуна вобастагӣ доранд.
4. Барои чӣ дар капиллярҳо моеи таркунанда боло ва моеи тарнакунанда паст ҷойгир мешавад?
5. Баландии болоравӣ ва фаромадани моеъ дар капилляр аз чӣ вобаста аст?
6. Намнокӣ бо танаи дарахт гузашта, то ба нӯги он меравад. Ин ба кадом ҳодисаи физикӣ мансуб аст? Ба баландии гуногун баромадани намнокиро дар танаи дарахтон чӣ таъмин менамояд?
7. Магар бо моил кардани капилляр (нисбат ба уфуқ) баландии сатҳи моеъ дар он тағйир меёбад?
8. Оид ба татбиқи ҳодисаи капиллярнокӣ дар техника, кишоварзӣ ва рӯзгор мисолҳо биёред.

⚠️ Машқи 22

1. Ба зарфе, ки оби гарм дорад, найчаи капиллярӣ фароварда шудааст. Магар баъди хунук шудани об сатҳи он дар найча тағйир меёбад?

2. Ҳангоми чен кардани кашиши сатҳ спирт дар найчаи капиллярии кутраш 0,15 мм ба баландии 7,6 см боло мебарояд. Мувофиқи натиҷаҳои таҷриба кашиши сатҳи спирт чӣ қадар аст? Зичии спирт $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ аст.

3. Дар сатҳи Замин об дар найчаи капиллярии шишагӣ ба 1 см боло мебарояд. Об дар ҳамон найча дар сатҳи Моҳ ба кадом баландӣ боло мебарояд? ($g_m = 1,6 \text{ м/с}^2$)

§ 43. Ҷисмҳои саҳти кристаллӣ ва аморфӣ.

Соҳти кристаллҳо.

Аз физика ва химияи синфҳои 8-9 Шумо аллақай медонед, ки ҷисмҳои саҳтро аз рӯи хусусиятҳои онҳо ба ду гурӯҳ ҷудо кардан мумкин аст. Як гурӯҳро ҷисмҳои кристаллӣ ва гурӯҳи дигарро ҷисмҳои бешакл (аморфӣ) ташкил медиҳанд. Бо вучуди ин дар физика ба гурӯҳи ҷисмҳои саҳт асосан ҷисмҳои кристаллӣро дохил мекунанд, зеро бо истисноии саҳти ҷисмҳои аморфӣро чун моеъҳои гализ муоина намудан мумкин аст.

Ҷисмҳои кристаллӣ тавре ки маълум аст, ҳар кадом ҳарорати муайяни гудозиш доранд. Гализии моддаҳои аморфӣ ҳангоми гармшавӣ кам мешавад ва онҳо тадриҷан мулоим шуда, ба ҳолати моеъ мегузаранд.



Расми 89

Кристаллҳо аз рӯи мавҷудияти қувваҳои мутақобили байни молекулаҳои аз ҷисмҳои аморфӣ фарқ мекунанд ва онҳо на танҳо ҳаҷм, балки шакли худро доимӣ нигоҳ медоранд. Дар шароитҳои табиӣ шакли ҳандасии (геометрӣ) дуруст доштан, нишонаи беруниро асосии ҳар гуна кристалл аст. Мо шаклҳои тартиби муайяни ҳандасӣ доштани кристаллҳои яхӣ сатҳи шишаҳои тиреза ва ё зарраҳои барфро (расми 89) дидаем. Шаклҳои дурусти кристаллҳои намаки ош, булури кӯҳӣ ва дигарҳоро дидан ба ҳама дастрас аст. Кристаллҳои алоҳидаро муоина намуда, бовар кардан мумкин аст, ки онҳо ҳамчун бисёррӯяҳои мунтазам аз якдигар бо рӯяҳои ҳамвор маҳдуд гаштаанд (расми 90).



Расми 90

Кристаллҳои ҳамон як модда шаклҳои гуногун дошта метавонанд, чунки шакли онҳо аз шароитҳои пайдоишашон вобастагӣ доранд. Масалан, маълум аст, ки кристаллҳои кварс – беранг, гулобӣ, сиёҳ ва ё тиллоранг мешаванд. Аз тарафи дигар барои кристаллҳои ҳар як модда

кунҷҳои байни тегаҳо ва рӯяҳо мувофиқан якхела мешаванд, Масалан, кристаллҳои намаки ош дар намуди куб, параллелепипед ё призма ва ҳатто қисми шаклаш мунтазам вомехӯранд, вале дар қуллаи ҳар як кристалл се тега, ки байни худ кунҷҳои ростро ташкил медиҳанд, пайваस्त мешаванд. Айнан ҳамин тавр дар қуллаи кристалли шпати исландӣ се тега якҷоя мешаванд, ки онҳо як кунҷи тези $78^{\circ}08'$ * ва ду кунҷи кунди ҳар кадом $101^{\circ}51'$ -ро ташкил медиҳанд. Кунҷҳои байни рӯяҳои кристалли номаълумро чен карда, аз рӯи рӯйхати (каталог) махсус муайян кардан мумкин аст, ки кристалли кадом модда таҳқиқ мегардад.

Ин қонуни доимияти кунҷи байни рӯяҳои кристаллҳо аз тарафи М. В. Ломоносов ҷамъбаст карда шуда буд. Аз ин ҷо вай хулосаи хеле муҳиме баровард, ки шакли низомдори кристаллҳо бо қонунияти ҷойгиришавии заррачаҳои онҳо вобастагӣ дорад.

Ломоносов Михаил Василевич (1711-1765) асосгузори илм, мутафаккир ва дошиманди рус мебошад. Идеи бақои ҳаракатро дар табиат асоснок намуд ва қонуни бақои массаро исбот кард, тарафдори назарияи молекулярӣ-кинетикӣи газҳо буда, ҳодисаҳои ҳароратиро ҳамчун ҳаракати дохилии заррачаҳои микроскопӣ шарҳ медод.



Асоси таҳлили кристаллӣ-химиявӣ яъне аз рӯи шакли кристаллҳо (ё кунҷи байни рӯяҳо) муайян кардани сохти химиявӣи моддаҳоро олими машҳури рус Е. С. Федоров (1853-1919) кор карда баромадааст. Саҳми ӯ дар инкишофи илми кристаллҳо-кристаллография хеле бузург аст. Е. С. Федоров ченкуниҳои зиёди кристаллографӣ гузаронида, исбот кардааст, ки фақат 230 намудҳои гуногуни кристаллҳо вуҷуд дошта метавонанд. Баъзе намудҳои пешгӯикардаи ӯ баъдтар собит гаштанд.

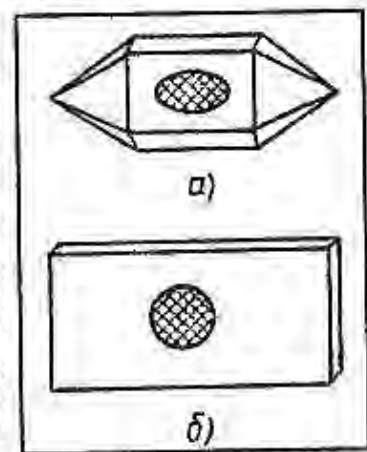
Монокристаллҳо ва поликристаллҳо. Баъзан моддаи саҳт аз як навъ кристалл иборат буда метавонад, ки онро монокристалл меноманд. Масалан, порчаҳои қанд дар шакар, порчаҳои намак, булӯри кӯҳӣ ва гайра монокристаллҳоянд. Мавридҳои дигаре низ имконпазиранд, ки ҷисм аз шумораи зиёди навъҳои гуногуни кристаллҳо таркиб меёбад. Мисоли чунин ҷисмҳо порчаҳои яхи дар шишаҳои тиреза часпида, нақшаҳои руҳ дар оҳани руҳандудшуда ва умуман ҳамаи филизот шуда метавонанд. Тамоми филизҳо дар ҳолати саҳтӣ сохти кристаллӣ доранд. Кристаллҳои баъзе аз ин моддаҳоро ҳатто бо чашми оддӣ, масалан, ҷӯяни шикаста ё пӯлоди обутобдошударо бодикқат назар карда, дидан мумкин аст. Кристаллҳои бисёр филизотро бо ёрии пурбин ё микроскоп дидан мумкин аст. Ҷисмҳои, ки аз маҷмӯи навъҳои гуногуни кристаллҳои хурди бетартиб ҷойгирифта иборатанд, ҷисмҳои

* $78^{\circ}08'$ -«ҳафтоду ҳашт градусу ҳашт дақиқа» ҳонда мешавад.

поликристаллӣ ё поликристаллҳо номида мешаванд. Ҳамин тарик, тамоми филизот холис набуда моддаҳои поликристаллӣ мебошанд.

Анизотропияи механикии монокристаллҳо, пеш аз ҳама дар дигар будани мустаҳкамии онҳо дар самтҳои гуногун зоҳир мешавад. Монокристаллҳоро ба ягон самт ба осонӣ ба қисмҳо ҷудо кардан мумкин аст. Масалан, порчаи абракро (слюда), ки кристалл аст, ба лавҳачаҳои хурд ҷудо кардан мумкин аст. Агар аз монокристалл кура сохта, онро бо зарбаи болға кафонем, кунҷҳои қисмҳои таркибӣ ба монокристалли ибтидоӣ монанд мешавад. Ин аз он дарак медиҳад, ки мустаҳкамии монокристалл дар ин самтҳо хурдтарин аст.

Ба анизотропияи ҳосиятҳои ҳароратии монокристаллҳо дар мисоли зерин боварӣ ҳосил кардан мумкин аст. Лавҳаҳои абрак (кристалл) ва шишагӣ (ҷисми аморфӣ)-ро бо қабати тунуки парафин пӯшонда, ба онҳо меҳчаҳои якхела гармкардашударо мерасонем. Мебинем, ки парафини дар сатҳи абрак ғудохташуда шакли эллипс (расми 91,а), вале дар сатҳи шиша буда, шакли доираро (расми 91,б) мегиранд. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки абрак бар хилофи шиша ба самтҳои гуногун гармигузаронии ҳархела дорад.



Расми 91

Ғайр аз ин дар монокристаллҳо муқовимати электрикӣ, суръати паҳншавии рӯшноӣ ва як қатор бузургҳои дигари физикӣ дар самтҳои гуногун қиматҳои ҳархела доранд.

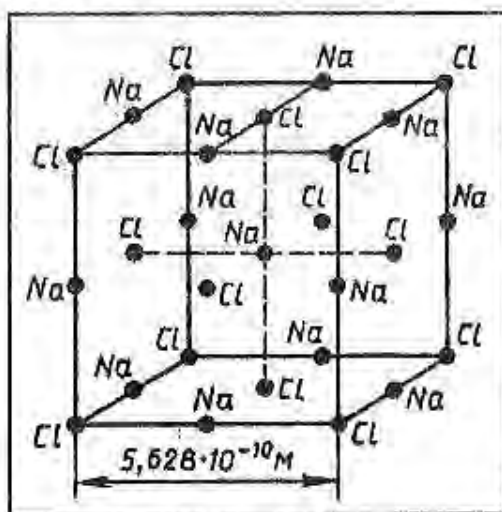
Ҷисмҳои поликристаллӣ, мисли ҷисмҳои аморфӣ-изотропианд, яъне ҳосиятҳои физикиашон дар ҳамаи самтҳо якхела мебошанд. Поликристаллҳо аз навҳои гуногуни кристаллҳо таркиб ёфтаанд. Анизотропияи кристалл дар ҳудуди ҳар як кристалли алоҳида ҷой дорад, аммо дар натиҷаи ҷойгиршавии (ориентатсия) бетартиб поликристалл, умуман, ба анизотропия молик нест, яъне изотропӣ аст. Кристаллҷаҳое, ки ҷисми поликристаллиро ташкил медиҳанд, ҳарчанд хурд бошанд, ҳамон қадар якҷинса ва ба ҳосияти изотропии бештар молик мешаванд. Монокристаллҳо дар техникаю илми имрӯза татбиқи васеъ ёфтаанд, қариб тамоми асбобҳои нимқоқилӣ монокристаллианд, ки бо иловаи омехтаҳои махсус дорой ҳосиятҳои матлуб мешаванд. Электроникаи молекулаи соҳаи нави электроника буда, солҳои охир босуръат инкишоф меёбад, ки ба омӯзиши монокристаллҳо алоқаманд аст. Дар монокристалл ҳосилкунии қитъаҳои ҳосиятҳои гуногундошта имконият медиҳанд, ки қисмҳои алоҳида ё схемаҳои махсуси электронӣ сохта шаванд. Сохтани пурқувваткунандаҳои молекулаи ва генераторҳои пуриқтидори микромавҷӣ-мазерҳо ва генераторҳои пуриқтидори нурбарории диапазони оптикӣ-лазерҳо дастовардҳои бузурги солҳои охир ба шумор мераванд. Қисмҳои асосии намудҳои гуногуни ин қабил

асбобҳо, ки пурқувваткунандаҳо ва генераторҳои квантӣ ном гирифтаанд, аз монокристаллҳо иборатанд.

Тадқиқи раванди сабзиши кристаллҳо, ошкор кардани хосиятҳои нави онҳо, ба вуҷуд овардани кристаллҳои нав – яке аз вазифаҳои муҳими физикаи муосир аст. Ҳоло тарзҳои махсуси сабзондани кристаллҳои ҳаҷман калон (даҳҳо сантиметр) маълуманд.

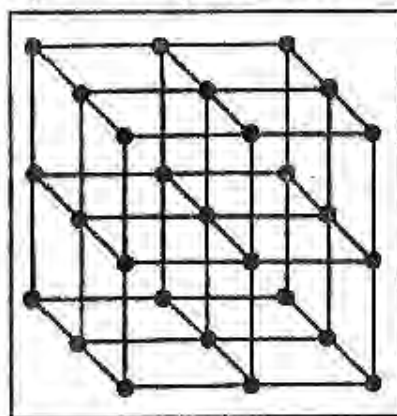
§ 44. Сохти дохилии кристаллҳо

Донистани вобастагии хосиятҳои физикии кристаллҳо аз самт ва мунтазамии шакли ҳандасии онҳо имконият медиҳад, ки тартиби ҷойгиршавии зарраҳои кристалл пешгӯӣ карда шавад. Чунин фарзияро бисёр олимон пешниҳод кардаанд, вале танҳо дар ибтидои асри XX дурустии он бо ёрии нурҳои рентгенӣ таҷрибавӣ исбот гардид.



Расми 92

панҷараи кристаллии элементарӣ ном гирифтааст. Монокристаллро чун кӯчиши мувозии ба масофаи тегааш баробарбудаи панҷараи элементарӣ



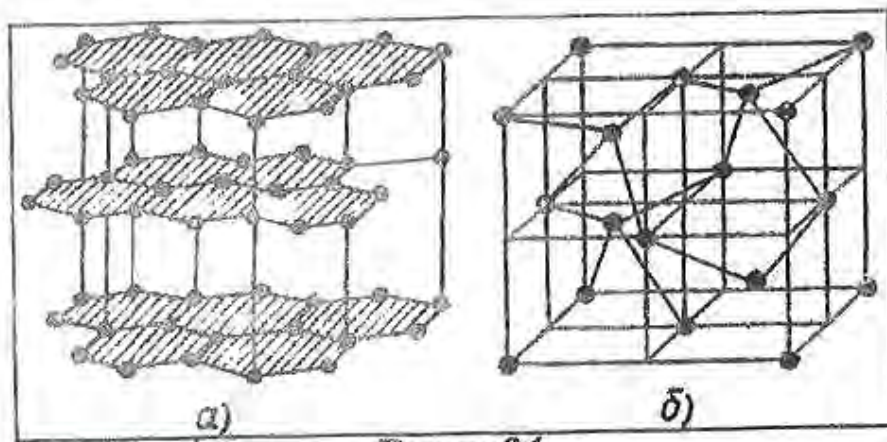
Расми 93

расмҳои 89-91 овардашударо набояд ҳамчун молекула, атом ва ионҳо тасаввур намоем. Гиреҳи маҷкӯи мувозинатии заррача аст. Масофаи байни гиреҳҳо шартан масофаи байни марказҳои атомҳо ва молекулаҳо ро ифода мекунад. Панҷараи кристаллӣ инъикоси ҳақиқии масофаи байни зарраҳо, андозаҳои нисбии онҳо нест. Дар асл атом ва

Мувофиқи тасаввуроти муосир зарраҳои кристалл ҳангоми ҳаракати ҳароратӣ дар наздикии ҳолати мувозинатии худ, ки гиреҳ ном дорад, меларзанд. Агар онҳоро «хаёлан» бо хатҳои рост пайваст кунем, пас «скелет»-и кристалл ҳосил мешавад. Чунин тасвири кристаллро панҷараи фазоии кристаллӣ меноманд (расми 92). Дар он қитъаи хурдере (ҳучрача) ҷудо кардан мумкин аст, ки ҷойгиршавии зарраҳои он параллелепипедро ташкил намояд. Ин ҳучрача

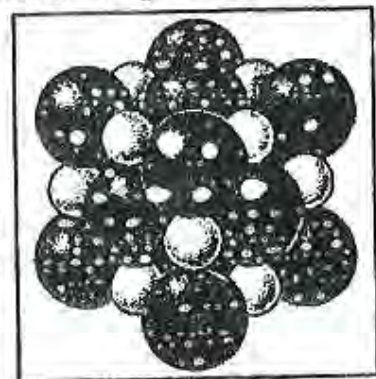
тасаввур кардан мумкин аст. Яке аз панҷараҳои хеле оддӣ панҷараи намаки ошӣ (NaCl) (расми 93) аст. Вай шакли мукаабро (куб) дорад, ки тегааш $5,628 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ буда, дар гиреҳҳои он ионҳои натрий ва хлор ҷой гирифтаанд.

Панҷараи кристаллҳои дигар сохти нисбатан мураккаб доранд. Дар расми 94 панҷараи кристалли графит (а) ва алмос (б) тасвир ёфтаанд, ки дар гиреҳҳои онҳо атомҳои карбон ҷойгиранд. Гиреҳҳои панҷараҳои кристаллии дар



Расми 94

молекулаҳо дар кристаллҳо мустақам чой гирифтаанд, онҳо ба ҳамдигар расида, мавқеи якдигарро нигоҳ медоранд. Инро муқоисаи расмҳои 92 ва 95 тасдиқ карда метавонад. Дар расми аввал панҷараи кристаллии намаки ошӣ ва дар дигараш модели маҳкам печидаи ионҳо дар кристалли он тасвир ёфтаанд (расми 95).



Расми 95

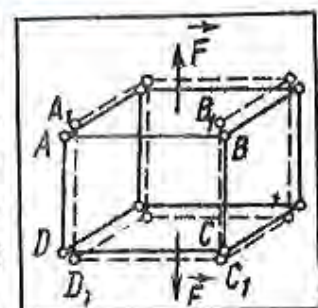
Вобаста аз табиати физикии қувваҳои, ки байни зарраҳои кристаллҳо таъсир мекунанд, чор намуди зерини кристаллҳо ва панҷараҳои кристаллиро аз якдигар фарқ мекунанд: ионӣ, атомӣ, филизӣ ва молекулаӣ, ки онд ба онҳо Шумо аз дарсҳои химияи синфи 8 маълумот доред.

? Саволҳои санҷишӣ

1. Нишондиҳандаи асосии зохирии кристалл аз чӣ иборат аст?
2. Анизотропияи кристаллро шарҳ диҳед.
3. Барои чӣ кристаллро аз рӯи самти муайян шикастан осонтар аст?
4. Чаро қисмҳои поликристаллӣ изотропианд?
5. Аз рӯи хосиятҳои ҳароратӣ анизотропияи монокристаллҳоро чӣ тавр муайян мекунанд?
6. Тафовути байни қисмҳои кристаллӣ ва аморфиро шарҳ диҳед.
7. Чӣ гуна панҷараи фазоии кристаллӣ меноманд? Мисолҳо биёред.
8. Намудҳои кристаллҳоро номбар кунед.

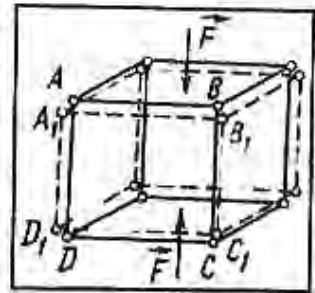
§ 45. Тазйиқи (деформатсия) қисмҳои саҳт

Ҳар як зарраи кристалл (молекула, атом ё ион) дар ягон ҳолати мувозинатист, зеро қувваҳои таладиҳӣ ва ҷазбшавии зарраҳои кристалл баробаранд. Аммо агар таҳти ягон қувваи беруна зарра каме аз мавқеи мувозинатӣ берун шавад, пас дарҳол яке аз ин қувваҳо баргарӣ пайдо мекунанд. Масалан, агар қисм ёсад (расми 96), масофаи байни зарраҳои кристалл меафзояд, қувваҳои кашиш нисбат ба қувваҳои таладиҳӣ баргарӣ



Расми 96

пайдо карда, кӯшиш мекунад, ки зарраҳоро ба ҳолати мувозинати пештара баргардонданд. Баръакс, агар қисм фишурда шавад (расми 97), қувваҳои таладихӣ бартарӣ ҳосил мекунад.



Расми 97

Мушоҳидаю бевосита чен кардани қувваҳои ба молекула, атом ё ионҳои алоҳида таъсиркунанда имконнопазир аст. Вале агар қувваҳои беруна шакл ва андозаҳои қисмро тағйир диҳанд (тазйиқ кунанд), қувваҳои чандирии дохилии ба онҳо муқобилтаъсиркунанда ба амал меоянд. Ҳамин тавр, қувваҳои чандирӣ баробартаъсиркунандаи (суммаи геометрии) қувваҳои мебошанд, ки байни зарраҳои қисм таъсир мекунад.

Ҳангоми сохтани мошину дастгоҳҳо, иншоот, вақти коркарди моддаҳои гуногун доништан зарур аст, ки ин ё он қисми асбоб таҳти таъсири қувваҳо чӣ гуна тазйиқ меёбад. Дар кадом шароитҳо тазйиқи он ба кори мӯътадили мошин таъсир намерасонад ва ғ. Ба омӯзиши ин қабил масъалаҳо илмҳои техникии муқовимати масолах, қисмҳои мошину механизмҳо, масолахшиносӣ ва ғ. машғуланд. Мо ин ҷо оид ба тазйиқи қисмҳо танҳо маълумоти ибтидоӣ медиҳем.

Ёзиш (фишуриш). Дар синфи 9 моҳияти тазйиқи чандир, вобастагии байни шиддати механикӣ ва дарозшавии қисм (сим) – Қонуни Ҳукро омӯхтем, ки мувофиқи он, ҳангоми тазйиқшавии хурд шиддат ба дарозшавии нисбӣ мутаносиби рооста, яъне

$$\delta = \varepsilon E \quad (2.1.20)$$

аст, ки ин ҷо δ -шиддати механикӣ, ε -тазйиқи нисбӣ, E -модули Юнг (модули чандирӣ) мебошанд.

Дар амалия аксар вақт вобастагии дарозшавии мутлақи қисм $\Delta \ell$ ва қувваи ба он гузошташуда (F)-ро ёфтаи лозим мешавад. Дар ин маврид дарозии ибтидоии қисм ℓ , масоҳати бурриши арзии он S ва навъи масолах, яъне модули Юнг E бояд маълум бошанд. Азбаски

$\delta = \frac{F}{S}$ ва $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$ аст, формулаи Қонуни Ҳукро барои ҳолати ёзиши

қисм ин тавр навишта метавонем:

$$\frac{F}{S} = \frac{\Delta \ell}{\ell} \cdot E$$

ё ки

$$F = \frac{ES}{\ell} \cdot \Delta \ell \quad (2.1.21)$$

Масъала. Милаи оҳанини дарознаш 1,5 метр зери таъсири қувваи 5000Н набояд бештар аз 0,3 м дароз шавад. Модули Юнг барои оҳан $E=2 \cdot 10^{11} \text{Н/м}^2$ бошад, бурриши миларо чӣ қадар бояд гирифт.

Ҳал. Мувофиқи Қонуни Хук $F = \frac{ES}{\ell} \cdot \Delta \ell$ аст.

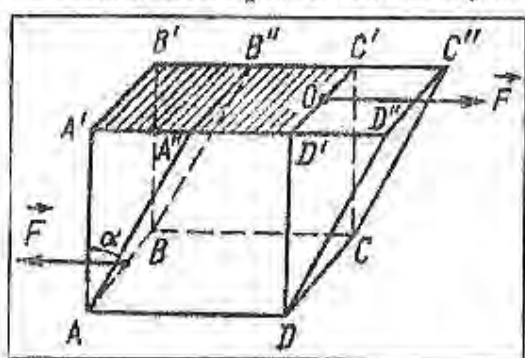
Аз ин ҷо

$$S = \frac{F\ell}{E\Delta\ell}; S = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 1,25 \text{ см}^2$$

мешавад.

Тазйиқи фишуриш аз рӯи табиати худ аз тазйиқи ёзиш фарқ намекунад ва онро ҳамчун бузургии қиматаш манфӣ муоина намудан мумкин аст. Бо ин мақсад дар формулаи Қонуни Хук пеш аз бузургии дарозшавии ҷисм аломати минус гузошта мешавад.

Тазйиқи ёзиш дар симтанобҳо ҳангоми бардоштани борҳо, кашидани мошин, амалҳо ва тазйиқи фишуриш дар сутуну таҳкурсии биноҳо, деворҳои хонаҳо, пояҳои купрукҳо ва ғайра ба амал меоянд.



Расми 98

Пешравӣ. Ин намуди тазйиқ дар зери таъсири қувваҳои ба амал меояд, ки ба ду тегани муқобили ҷисм таъсир мекунад (расми 98). Ин қувваҳо чунин кӯчиши қабатҳои ҷисро ба вуҷуд меоранд, ки ба самти қувваҳои таъсиркунанда мувозианд. Пас ҳар гуна параллелипипеди росткунҷаи ҳаёлан дар ҷисм ҷудокардашуда зери таъсири ин

қувваҳо моилшакл мешавад. Дар аснои тазйиқи пешравӣ ҳаҷми ҷисми тазйиқшуда тағйир намеёбад.

Одатан ба сифати ченаки тазйиқи пешравӣ кунҷи $\alpha = \angle A'AA''$ гирифта мешавад, ки қимати он аз рӯи нисбати кӯчиши $A'A''$ бар баландии AA' -и параллелипипед муайян карда мешавад.

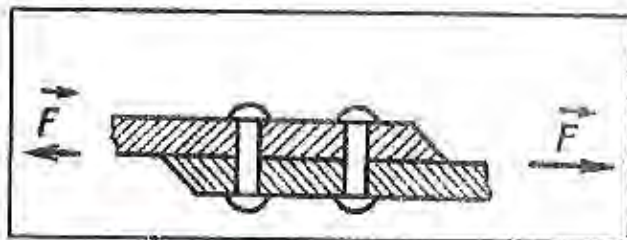
Қонуни Хукро барои тазйиқи пешравии чандир ин тавр таъриф додан мумкин аст: кунҷи пешравӣ α ба қуввае, ки ба воҳиди масоҳати ҷисм таъсир мекунад мутаносиби роста аст:

$$\alpha = k \cdot \delta = k \cdot \frac{F}{S} \quad (2.1.22)$$

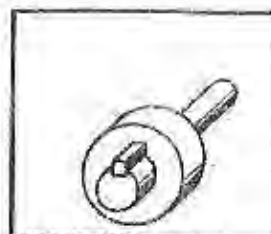
ки ин ҷо k - коэффитсиенти пешравӣ мебошад.

Милаҳои пайвастукуанда, парчинҳои қисмҳои васлшаванда (расми

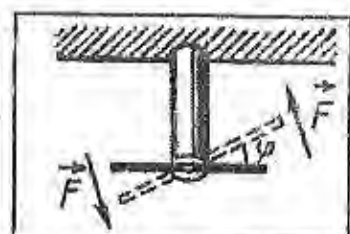
99), мурватҳои сохташон гуногун (расми 100) ва ғ. ба тазйиқи пешравӣ дучор мешавад.



Расми 99



Расми 100



Расми 101

Тобхӯрӣ. Як тарафи милаи шакли устувонавӣ ва дарозии L -доштаро маҳкам карда, ба нӯги поёнии он бо ду қувваи баробару муқобилсамт таъсир кунем (расми 101), тазйиқи тобхӯрӣ ба амал меояд. Ҳангоми тоб додани милаи устувонавӣ ташкилдихандаҳои он аз рӯи хатҳои печон тоб мехӯранд, зеро қабатҳои тунуки мила (ба тире устувона перпендикуляр) пеш мераванд.

Ба сифати ченаки тазйиқи тобхӯрӣ кунҷи φ қабул шудааст. Агар китфи ҳар кадоме аз қувваҳои ба мила таъсиркунанда F -ро бо ℓ ифода кунем, пас $M = F \cdot \ell$ мешавад.

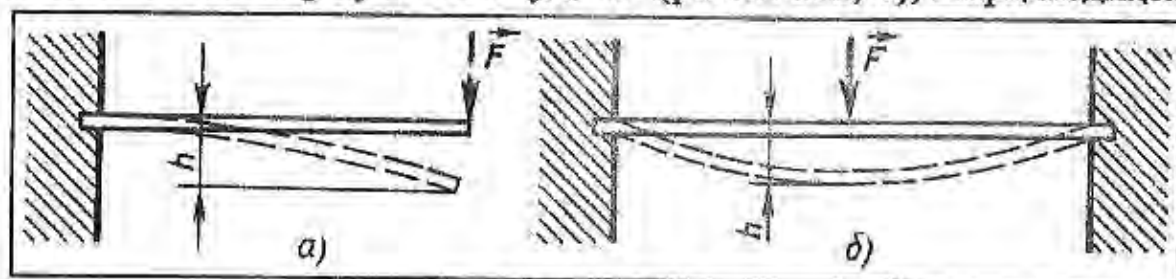
Қонуни Ҳукро барои тазйиқи тобхӯрӣ ин тавр таъриф додан мумкин аст: кунҷи тобхӯрӣ φ ба моменти қувва M ва дарозии мила L мутаносиби роста аст:

$$\varphi = \mu ML \quad (2.1.23)$$

ки дар ин ҷо μ -коэффитсиенти тобхӯрӣ мебошад. Ин коэффитсиент на танҳо аз моддаи мила, балки бештар аз радиуси он вобастагӣ дорад.

Наварди мошин, мурват, парма ба тазйиқи тобхӯрӣ дучор мешаванд.

Ҳамшавӣ (қатшавӣ). Тазйиқи ҳамшавӣ бештар дар техника дучор меояд. Ба ин намуди тазйиқ кӯпрукҳои калон, болорҳои биноҳои бузург, симҳои барқи шиддати баланд дучор мешаванд. Тазйиқи ҳамшавиро дар мисоли милае, ки як нӯгаш маҳкам ва ба нӯги дигари озодаш қувваи F таъсир мекунад (расми 102, а) ё милае, ки ҳар ду нӯгаш маҳкам ва ба миёнаҷояш ягон бор гузошта шудааст (расми 102, б), шарҳ медиҳем.



Расми 102

Ҳангоми ҳамшавӣ қисми барҷастаи қисм меёзад, вале қисми фуруҳамидаи он фишурда мешавад, яъне тазйиқи ҳамшавӣ ба тазйиқи ёзиш ва фишуриш оварда мерасонад. Азбаски ба қабатҳои мобайнии

чисм амалан ҳангоми ҳамшавӣ ё муқовимат овардани ҷисм таъсире намерасад, тағйирёбии қисми дарунии ҷисмро ба эътибор нагирифта мумкин аст. Маҳз бо ҳамин сабаб ба ҷои милаҳои яклухт, милаҳои дарунковок (кубурҳо), болорҳои ҷӯйборшаклро истифода мебаранд.

Зухуроти равшани инро дар шароитҳои табиӣ низ мебинем. Аксарияти устухонҳои инсон, ҳайвонот ва парандаҳо мисли найча дарунковоканд. Шоҳаҳои бисёр растанию наботот низ ҷунинанд.

Ҳамин тариқ, аз намудҳои ёдоваршуда тазйиқҳои ёзиш ва пешравӣ асосианд. Аксар вақт дар амалия ин намудҳои одди тазйиқ якҷоя мушоҳида мешаванд ва аз ин рӯ ҷудо кардани онҳо шартӣ ҳисобида мешавад.

Саволҳои санҷишӣ

1. Оид ба тазйиқи ёзиш мисолҳо биёред.
2. Қонуни Ҳукро барои тазйиқи ёзиш чӣ тавр менависанд?
3. Ҷисмҳои мисол биёред, ки онҳо ба тазйиқи пешравӣ дучор мешаванд.
4. Тазйиқи ҳамшавӣ ба кадом намуди тазйиқшавӣ мансуб аст?

Машқи 23

1. Бо мақсади мустаҳкамии бехтари конструксияҳои оҳану бетонӣ онҳоро аз арматураҳои таҳти шиддати механикӣ қарордошта тайёр мекунанд. Сими пӯлодини қолабро таранг кашида, бетон мерезанд. Фаҳмонед, ки барои чӣ конструксияҳои оҳану бетонии арматурааш таҳти шиддатбуда ба мустаҳкамии бештари механикӣ соҳиб мешаванд.

2. Бо ёрии шиканчае, ки қувваи $1,5 \cdot 10^7 \text{ Н}$ ҳосил карда метавонад, кубии аз пӯлоди хрому никел тайёр кардашудаи тегааш 15 см ба 0,5 мм фишурда мешавад. Модули Юнг барои ин навъи пӯлод чӣ қадар аст?

3. Маълум аст, ки бетон ба тазйиқи фишурдашавӣ хуб тобовар аст, аммо ҳангоми кашидашавӣ зуд вайрон мешавад. Ҳамвории оҳану бетоние, ки барои пӯшонидани сатҳи байни ошёнаҳо лозим аст, чӣ гуна бояд сохта шавад?

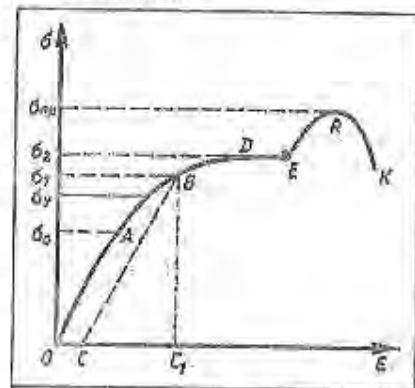
§ 46. Чандирият, муртӣ ва мустаҳкамии ҷисмҳои саҳт

Агар хаткашаки пӯлодинро ҳам карда, сар диҳем рост шуда, шакли пештараашро мегирад. Пас зери таъсири қувва ҷисм тазйиқ шуда, баъди қатъшавии таъсири қувва тазйиқ пурра бартараф гардид. Инро тазйиқи чандирӣ мегӯянд ва Қонуни Ҳукро ба ҳамин гуна тазйиқҳо татбиқ кардан мумкин аст.

Ҳосияти ҷисми саҳтро, ки баъди қатъшавии қувва шакл ва ҳаҷми он барқарор мешавад, чандирият мегӯянд. Ҳангоми сохтани кӯпрукҳо, бино, мошин ва дигар иншоотҳо ҳамеша шиддати механикиро бояд тавре интиҳоб намуд, ки тазйиқҳои баамалоянда чандир бошанд, вагарна ҳодисаҳои номатлуб рӯх медиҳанд.

Таҷрибаро бо хаткашак аз нав такрор мекунем, вале ин дафъа онро бештар кам карда мебинем, ки ба ҳолати пештарааш барнамегардад, яъне тазйиқ пурра баргараф намегардад. Тазйиқеро, ки баъди қатъ гаштани таъсири қувва боқӣ мемонад, тазйиқи боқимонда меноманд. Хосияти тазйиқи боқимонда доштани қисмҳоро хосияти пластикии қисм меноманд. Шиддатеро, ки ҳангоми он дар қисм пайдошавии тазйиқи боқимонда оғоз меёбад, ҳудуди чандирии қисм меноманд.

Дар расми 103 вобастагии тазйиқ (ёзиши нисбии сими оҳанин) аз шиддат нишон дода шудааст. Аз график дида мешавад, ки дар аввал мувофиқи Қонуни Ҳук тазйиқ ба шиддат мутаносиб аст. Ба ин соҳаи тазйиқи чандир хати рости ОА мувофиқ меояд. Шиддати σ_s (нуқтаи А)-ро ҳудуди мутаносибӣ меноманд. Ҳангоми аз σ_s то σ_r зиёд шудани шиддат мутаносибият



Расми 103

каме вайрон мешавад, аммо тазйиқи чандир мемонад. Ин қитъаи график (порчаи АВ, ба хати рост хеле наздик) низ ба соҳаи тазйиқи чандир тааллуқ дорад, бинобар ҳамин аксар вақт байни қиматҳои σ_s ва σ_r фарқият намегузоранд, нуқтаи В-ро ҳамчун ҳудуди соҳаи тазйиқи чандир ҳудуди чандирият ҳисоб мекунанд.

Ҳангоми зиёдшавии ояндаи шиддат тазйиқҳои пластикӣ ба вучуд меоянд. Дар соҳаи чунин тазйиқҳо ҳангоми тадриҷан камшавии шиддат, масалан аз қимати σ_1 , ки ҳангоми он дарозшавии нисбӣ ба OC_1 баробар аст, тазйиқ ҳам аз рӯи хати рости ВС то сифр кам мешавад ва баъди пурра барҳам хӯрдани шиддат дар қисм тазйиқи бузургташ OC боқӣ мемонад (тазйиқи боқимонда).

Дар аксарияти қисмҳои саҳт ҳангоми шиддатҳои назар ба ҳудуди чандирӣ σ_r хеле зиёд бо вучуди доимӣ мондани қимати шиддат (қитъаи ДЕ) дарозшавӣ мушоҳида мешавад. Шиддати σ_s ро, ки ҳангоми он тазйиқи пластикӣ ба амал меояд, ҳудуди сайлоният (шӯроӣ) меноманд.

Афзоиши ояндаи шиддат ба дарозшавии сусти намуна (қитъаи РК-и график) мувофиқ меояд. Дар охир чунин ҳолате мешавад, ки тазйиқи намуна сарфи назар аз камшавии қувваи таъсиркунанда (қитъаи РК-и график) то рафт меафзояд. Дар ин ҳолат дар қисм бориқшавии буриши арзӣ ва пайдошавии гарданаро мушоҳида мекунем, ки кандашавӣ маҳз ҳамин ҷо ба амал меояд.

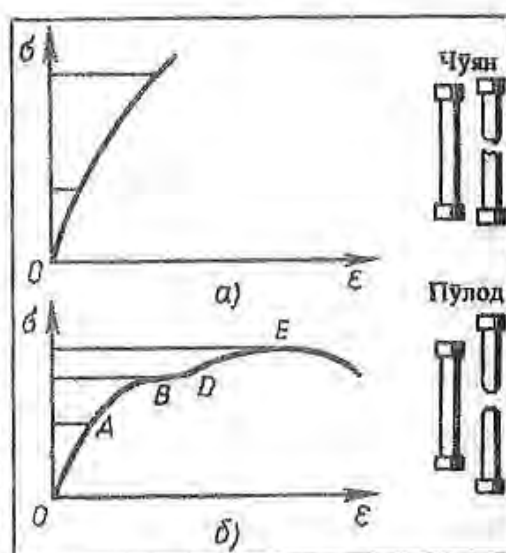
Бори зиёдтаринеро, ки ба он намуна (то кандашавӣ) тоб меоварад,

бори худуди чандирӣ меноманд ва шиддати σ_m -ро, ки ба ин бори максималӣ мувофиқ аст, худуди мустаҳкамӣ меноманд. Ба худуди мустаҳкамӣ нуқтаи R-и график мувофиқ меояд.

Чунин вобастагии шиддат ва тазйикро дар дигар ҷисмҳои саҳт низ мушоҳида кардан мумкин аст. Тафовут фақат дар қимати худуди чандирӣ σ_2 ва худуди мустаҳкамӣ σ_m -и онҳост. Дар баъзе ҷисмҳо σ_2 аз σ_m хеле кам фарқ мекунад, яъне дар онҳо тазйиқи пластикӣ амалан вучуд надорад ва тазйиқи чандир бевосита бо вайроншавӣ анҷом меёбад. Чунин моддаҳоро (чӯян, пӯлоди обутобёфта ва дигарҳо) мурт меноманд.

Хусусияти муҳими онҳо аз он иборат аст, ки пеш аз зоҳиршавии тазйиқҳои пластикӣ вайрон мешаванд.

Барои дурусттар фаҳмидани тафовути байни вайроншавии пластикӣ ва муртии моддаҳо графикҳои санҷиши намунаҳои якхелаи чӯян ва пӯлоди мулоимро муқоиса мекунем. Инчунин намуди берунии ин намунаҳоро пеш ва баъди вайроншавиашон мушоҳида мекунем (расми 104). Дар пӯлоди мулоим вайроншавӣ тадричан бо пайдошавии гардана ба амал меояд. Дар чӯян худуди чандирро саҳеҳ муайян кардан душвор аст, зеро суръати гузариш аз қитъаи ростхатта ба қитъаи қачхаттаи график хеле суст аст, қитъаи сайлоният вучуд надорад ва намуна якбора вайрон мешавад.



Расми 104

Мармар, чинӣ, шиша, хишт низ моддаҳои муртанд. Аз тарафи дигар моддаҳоро ба пластикӣ ва мурт ҷудо кардан шартӣ аст, зеро раванди вайроншавии масолеҳ аз тарзи таъсири қувва ва ҳарорат вобаста аст.

Дар аксарияти моддаҳо σ_m нисбат ба σ_2 хеле зиёд (сурб, қалъагӣ), баъзеи дигарашон (биринҷӣ) қариб шорой надоранд. Хосиятҳои чандирӣ ва пластикӣ ба ҳама ҷисмҳо хосанд. Оҳани дар ҳарорати ҳонагӣ чандирро то $800-900^{\circ}\text{C}$ гарм кунем, вай нарм ва пластикӣ мешавад. Аз ин хусусияти оҳан ва маводҳои дигар дар техника ҳангоми коркард ва истеҳсоли таҷҳизоти филизӣ истифода мебаранд. Баръакс, маводҳои дар шароити муқаррарӣ мулоим ва пластикӣ ҳангоми хуноқиҳои баланд хосияти чандирӣ пайдо мекунанд. Чунончи, пружинаи аз сурб тайёркардашуда дар ҳарорати ҳавои моеъ (-183°C) чандирӣ баланд пайдо мекунанд, зангӯлаи сурбӣ аз сабаби хосияти пластикии зиёд

доштанаши, ки дар шароити хона тамоман садо намедод, хангоми ҳарорати ҳавои моеъ беҳтар аз зангулаи нуқрагин садо медиҳад.

Яке аз тавсифоти механикии моддаҳо мустаҳкамӣ онҳост, зеро устувории эътимодноки иншоот ва мошинаҳои гуногун ба он вобаста аст. Худи мафҳуми мустаҳкамӣ қобилияти ба вайроншавӣ муқовимат доштани масолеҳро мефаҳмонад.

Қаблан қайд кардем, ки ҳар модда ҳудуди мустаҳкамӣ дорад, яъне дар зери шиддати муайян вайрон мешавад. Бинобар ин дар амалия шиддати имконпазирро тавре интихоб мекунанд, ки вай ягон қисми ҳудуди мустаҳкамиро ташкил диҳад. Ададҳо, ки аз шиддати имконпазир чанд маротиба зиёд будани ҳудуди мустаҳкамиро нишон медиҳад, захираи мустаҳкамӣ ё коэффитсиенти беҳатарӣ меноманд. Захираи мустаҳкамӣ вобаста аз намуди иншоот ва табиати қувваҳо одатан дар ҳудуди аз 2 то 10 гирифта мешавад. Захираи мустаҳкамиро хангоми қувваҳои доимӣ камтар гирифтани мумкин аст, вале он дар таҷҳизоте, ки зарбаҳои гуногунро қабул мекунанд ва қувваҳо тағйирёбандаанд, бояд бештар бошад. Намунаи онҳо парраҳои тайёраю киштиҳо, устувонаҳои муҳаррикҳои дарунсӯз, мили силоҳҳои артилерӣ ва ғ. мебошанд.

Масъала. Барои дар асоси девор $8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ шудани шиддат хиштро то кадом баландӣ чиндан мумкин аст. Зичии хиштро $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$ қабул кунед.

Ҳал. Баландии ниҳони деворро бо h ва масоҳати асоси онро бо S ишорат мекунем. Девор ба асос бо қувваи

$$P = mg = \rho Vg = \rho ghs$$

фишор меоварад ва дар он шиддати $\sigma = \frac{P}{S}$ -ро ба вучуд меоварад. Ин

шиддат набояд аз шиддати имконпазир, яъне $\sigma_u = \rho gh$ зиёд бошад. Пас аз ин ҷо баландии матлуб

$$h = \frac{\sigma_u}{\rho g} = \frac{8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2}{2400 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 34 \text{ м}$$

мешавад.

Зиёд намудани мустаҳкамии масолеҳ масъалаи муҳими илмию амалӣ аст. Ба ин мақсад онро бо таври ҳароратӣ фишурда, обутоб медиҳанд, ё ба он омехтаҳои мустаҳкамкунанда ҳамроҳ мекунанд. Барои ҳосил кардани моддаҳои бенуқсу мустаҳкамии зиёддошта тадқиқотҳои илмӣ идома доранд.



Саволҳои санҷишӣ

1. Бо мисолҳо ҳисмҳои чандиру пластикиро шарҳ дода метавонед?
2. Шиша аз ҷиҳати сахтӣ аз пӯлоди обутобёфта (инструменталӣ) кам фарқ мекунад. Барои чӣ асбобҳои бурандари аз шиша тайёр намеkunанд?
3. Зери мафҳуми мустаҳкамӣ масолаҳ чиро мефаҳманд?
4. Аз ҳаёти ҳаррӯзаи худ оид ба моддаҳое, ки захираи мустаҳкамӣ гуногун доранд, мисолҳо оварда метавонед?



Машқи 24

1. Крани С-464 то 5000 кг бор мебардорад. Агар чангаки он ба чор симтаноби ҳар кадомаш аз 300 сими қутрашон 0,4 мм иборатбуда овехта шуда бошад, пас муайян кунед, ки вай бо кадом захираи мустаҳкамӣ қор мекунад? Ҳудуди мустаҳкамӣ пӯлод, ки аз он симтаноб тайёр карда шудааст, ба $9,8 \cdot 10^8$ Н/м² баробар аст.

2. Пӯлоди бинокории навъи 3 ҳудуди мустаҳкамӣ $4,5 \cdot 10^8$ Н/м² дорад. Ҷузъҳое, ки аз ин пӯлод тайёр карда мешаванд, бояд бо захираи мустаҳкамӣ 3 қор кунанд. Ҳангоми шартҳои мазкур кадом шиддати кашидашавии зиёдтарин қобили истифода аст?



Хулосаҳо аз фасли «Асосҳои назарияи молекулярӣ-кинетикӣ»

1. Ҳамаи ҳисмҳо аз молекула ва атомҳо таркиб ёфтаанд, ки онҳо дар ҳаракати бефосилаи бенизом мебошанд. Дар байни атомҳо ва молекулаҳо қувваҳои таъсири мутақобил таъсир меkunанд.

2. Даррафт дар газҳо, моеъҳо ва ҳисмҳои сахт бо ҳаракати ҳароратии молекулаҳо шарҳ дода мешавад. Ҳаракати броунӣ як навъ инъикоси ҳаракати молекулаҳои моеъ ё газ мебошад.

3. Фишори газ натиҷаи барҳӯрии шумораи зиёди молекулаҳо ба деворҳои зарф аст.

4. Ҳарорати ҳисм ченаки энергияи кинетикӣ миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳои он мебошад.

5. Муодилаи асосии назарияи молекулярӣ-кинетикӣ газҳо тасдиқ мекунад, ки фишори гази идеалӣ ба адади молекулаҳои воҳиди ҳаҷм, массаи молекула ва ба қимати квадрати суръати миёнаи молекулаҳо

мутаносиб аст:
$$P = \frac{1}{3} n m \bar{v}^2.$$

6. Барои массаи додашудаи газ новобаста аз тағйирёбии фишор нисбати ҳосили зарби фишору ҳаҷм бар ҳарорат бузургии доимӣ аст:

$$\frac{PV}{T} = \text{Const} \quad (\text{муодилаи ҳолати гази идеалӣ-муодилаи Клапейрон-}$$

Менделеев).

7. Аз муодилаи ҳолати гази идеалӣ $\frac{PV}{T} = Const$ қонунҳои Бойл-

Мариотт, Гей-Люссак, Шарлро ҳосил кардан мумкин аст.

8. Аз муодилаи асосии назарияи молекулярӣ-кинетикӣ фаҳмида мешавад, ки дар ҳаҷмҳои баробари ҳар гуна газ ҳангоми фишорҳо ва ҳароратҳои якхела миқдори якхелаи молекулаҳо мавҷуд аст (Қонуни Авогадро). Дар як моли газ ҳангоми шароитҳои муқаррарӣ (мӯътадил) $6,022 \cdot 10^{23}$ молекула вуҷуд дорад.

9. Газҳои реалӣ ба қонунҳои асосии гази идеалӣ тахминан иттиқат мекунанд. Ҳарчанд зичии гази реалӣ кам бошад, ҳамон қадар рафтори вай ба гази идеалӣ наздиктар мешавад.

10. Фишори буғи сершуда ҳангоми ҳарорати якхела ҳамеша аз ҳаҷми буғи вобаста нест. Бо афзоиши ҳарорат фишори буғи сершуда меафзояд ва он ҳангоми ҳарорати ҷӯшиши моеъ ба фишори атмосфера баробар аст.

11. Ҳолате, ки ҳангоми он зичии моеъ ва зичии буғи сери он якхелаанд, ҳолати атфӣ номида мешавад. Дар ҳолати атфӣ моеъ ҳаҷми максималӣ, буғи сер ва фишори максималӣ дорад. Ҳангоми ҳароратҳои болотар аз атфӣ газро дар ягон фишор ба моеъ табдил додан мумкин нест.

12. Намнокии мутлақӣ ҳаво аз рӯи миқдори буғи оби дар 1 м^3 буда чен карда мешавад. Намнокии нисбӣ аз рӯи нисбати миқдори буғи оби ҳаво бар миқдори буғе, ки дар ҳамон ҳарорат барои сер кардани ҳаво зарур аст, муайян карда мешавад.

13. Моеъ ҳолати мобайнии ҳолатҳои газию кристаллист. Дар ҷойгиршавии зарраҳои моеъ тартиботи муайяне вуҷуд дорад, яъне молекулаҳои он қариб ба панҷараи кристаллӣ монанд ҷойгир мешаванд. Бар хилофи кристаллҳо дар моеъҳо ҷойгиршавии бенизоми зарраҳо на дар тамоми ҳаҷм, балки дар соҳаҳои алоҳида мушоҳида мешавад.

14. Дар натиҷаи таъсири мутақобилаи молекулаҳо кашиши сатҳии моеъ ба вуҷуд меояд. Он аз рӯи қуввае баҳо дода мешавад, ки ба хати тарози (контури) сатҳи моеъро маҳдудкунанда таъсир мекунад. Ин қувваро қувваи кашиши сатҳ меноманд. Кашиши сатҳ миқдоран аз рӯи нисбати модули қувваи кашиши сатҳ бар дарозии контури қабати сатҳ тавсиф меёбад.

15. Қабати сатҳи моеъ мувофиқи таъсири қуввае, ки ба сатҳи он нормалӣ равона шудааст тағйир меёбад. Ин қувва фишори иловагиро ба вуҷуд меоварад, ки фишори дохилӣ ё молекулярӣ номида мешавад. Фишори иловагӣ аз шакли сатҳи фурӯҳамида назар ба ҳамвор кам ва фишори зери сатҳи барҷаста назар ба ҳамвор зиёд аст. Фишори дохилии

(иловагӣ) зери сатҳи сферӣ аз рӯи формулаи П. Лаплас $P = \frac{2\sigma}{R}$ муайян

карда мешавад, ки ин чо R-фишори иловагӣ, σ - зароби кашиши сатҳ, R-радиуси качии сатҳ мебошанд.

16. Кашиши сатҳии моеъ ҳодисаи капиллярнокӣ - дар найчаҳои буриши хурд болоравӣ (пастравӣ)-и моеъро ба вучуд меоварад. Онро бештар дар техника, хусусан дар агротехника васеъ истифода мебаранд.

17. Ҷисмҳои сахтро аз рӯи хосиятҳои ба ду гурӯҳ: кристаллӣ ва бешакл (аморфӣ) ҷудо мекунанд. Ҷисмҳои кристаллӣ баръакси ҷисмҳои бешакл ҳарорати муайяни гудозиш доранд. Ҷисмҳои поликристаллӣ ва бешакл изотропӣ мебошанд.

18. Чор намуди кристаллҳо аз якдигар фарқ мекунанд: ионӣ, атомӣ, молекулярӣ ва филизӣ.

19. Ҳар гуна ҷисм дар зери таъсири қувваҳои беруна шакли худро тағйир медиҳад. Ин ҳодисаро тағйирҷавӣ меноманд. Вобаста ба таъсири беруна тағйирҷавӣ гуногун мешавад. Дар байни онҳо тағйирҷавии ёзиш (фишуриш), пешравӣ, тобхӯрӣ ва хамхӯрӣ маъмултаранд.

20. Тағйирҷавӣ аслан чандир (мувофиқи Қонуни Ҳук тавсифшаванда) ва пластикӣ (ғайричандир, нарм) мешавад.

2.2. АСОСҲОИ ТЕРМОДИНАМИКА

§ 47. Энергияи дохилӣ ва тағйирёбии он ҳангоми гармигузаронӣ ва кор

Маълум аст, ки ҷисмҳо аз атому молекулаҳо таркиб ёфтаанд ва онҳо дар ҳаракати доимии бетартиб мебошанд. Пас ҳар як молекула соҳиби ягон энергияи кинетикӣ мебошад. Дар байни зарраҳои ҷисм қувваҳои кашишу теладиҳӣ таъсир мекунанд, яъне онҳо соҳиби энергияи потенциалӣ низ мебошанд. Суммаи энергияҳои кинетикӣю потенциалии тамоми молекулаҳои ҷисмро энергияи дохилии он меноманд.

Таҷрибаи чандасраи ҳаётии одамон ва тадқиқотҳои илмӣ тасдиқ мекунанд, ки тағйирдиҳии энергияи дохилии ҷисм бо ду роҳ: ё бо кориҷароӣ, ё бо гармигузаронӣ ба амал оварда мешавад.

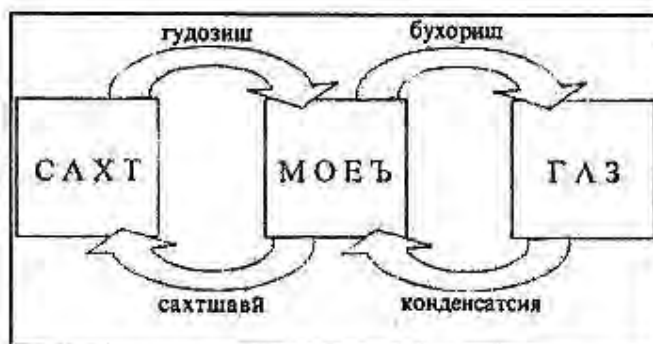
Миқдори энергияе, ки як ҷисм ба ҷисми дигар медиҳад, вобаста ба тарзи таҳвил гуногун мешавад. Агар тарзи таҳвил иҷрошавии кор бошад, пас энергияи додасударо кор мегӯянд. Агар нақли энергия бо тарзи гармигузаронӣ сурат гирад, пас энергияи бахшидашударо миқдори гармӣ меноманд. Яъне, миқдори гармихориҷкунӣ ҳамчун ченаки тағйирдиҳии энергияи дохилии ҷисм ё системаи ҷисмҳо хизмат мекунад.

Ба хотир меорем, ки миқдори гармӣ (Q) ҳангоми гармигузаронӣ аз рӯи формулаи

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm(T_2 - T_1) \quad (2.2.1)$$

ҳисоб карда мешавад, ки дар ин ҷо m - массаи ҷисм, t_1 ва t_2 ҳароратҳои ибтидоӣ ва ниҳоӣ ҷисм ва c - коэффитсиенти мутаносибӣ ё гармиғунҷоии хоси модда мебошанд.

Дар натиҷаи гармигузаронӣ ва кор моддаҳо ҳолатҳои агрегатии худро тағйир медиҳанд.



Расми 105

Равандҳои аз як ҳолати агрегатӣ ба ҳолати дигар гузаштани моддаҳо ба таври нақшавӣ дар расми 105 دیدан мумкин аст. Шумо ба равандҳои номбурда аз синфи 7 шинос мебошед.

Тарзҳои тағйирёбии энергияи дохилии ҷисмҳо

Ҷадвали 3

Кори механикӣ (соишхӯрӣ, тазйикёбӣ, резакунии ва ғ.)		$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$
Гармигузаронӣ	Гармшавӣ ва хунукшавии ҷисмҳо	$\Delta U = Q = cm(T_2 - T_1)$
	Гудозиш ва ساختшавӣ (кристаллизатсия)- и моддаҳо	$\Delta U = Q = \lambda \cdot m$
	Бугшавӣ ва конденсатсия	$\Delta U = Q = rm$
	Сӯзиши сӯзишворӣ	$\Delta U = Q = qm$

Агар дар мубодилаи гармӣ якбора якчанд ҷисм иштирок намоянд, пас миқдори гармии хориҷкардаи ҷисмҳо, ки энергияи дохилиашон кам мешавад, бояд ба миқдори гармии қабулкардаи ҷисмҳо, ки энергияи дохилиашон меафзояд, баробар бошад. Муодилаи мувозанати гармӣ ба Шумо аз физикаи синфи 7 шинос аст ва дар асоси он бисёр масъалаҳои амалӣ ҳал карда мешаванд. Татбиқи онро дар ҳалли масъалаҳои зерин дида мебароем.

Масъала. Барои муайян кардани гармигунҷоиши хоси филизоти гудохташаванда намунаи массаи 200 г-и онро гирифта, то ҳарорати 500°C гарм карданд ва баъд онро ба калориметри биринҷии 150 г массадошта, ки 200 г оби ҳарораташ 15°C дошт, ғутониданд. Баъд аз ин дар калориметр ҳарорат 70°C шуд. Агар гармигунҷоиши об $4,2 \cdot 10^3 \text{ Ҷ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, аз биринҷӣ $0,38 \cdot 10^3 \text{ Ҷ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ бошад, гармигунҷоиши хоси филизоти гудохташавандаро муайян кунед.

Ҳал. Дар мубодилаи гармӣ се ҷисм: калориметр, об ва намунаи гудохташаванда иштирок мекунанд. Намуна аз худ миқдори гармии

$$Q_1 = c_1 m_1 (T_2 - T_1) \text{ -ро ҷудо мекунад.}$$

Об ва калориметр миқдори гармиҳои $Q_2 = c_2 m_2 (T_3 - T_2)$ ва

$$Q_3 = c_3 m_3 (T_3 - T_2) \text{ -ро қабул мекунанд.}$$

Муодилаи мувозанати гармиро менависем:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$\text{ё ки } c_1 m_1 (T_1 - T_2) = c_2 m_2 (T_3 - T_2) + c_3 m_3 (T_3 - T_2)$$

$$\text{Аз ин ҷо } c_1 = \frac{(c_2 m_2 + c_3 m_3)(T_3 - T_2)}{m_1 (T_1 - T_2)}, \quad c_1 \approx 5,7 \cdot 10^2 \text{ Ҷ}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \text{ ҳосил}$$

мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Чӣ ро энергияи дохилии система мегуянд?
2. Қадом намудҳои тағйирдиҳии энергияи дохилиро медонед?
3. Миқдори гармӣ чист?
4. Гармигунҷоиши хоси қалъагӣ $130 \text{ Ҷ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ва аз пӯлод $460 \text{ Ҷ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ аст.

Қадме аз ин моддаҳо (қалъагӣ ё пӯлод) дар шароитҳои якхела зудтар гарм мешаванд?

⚠️ Машқи 25

1. 250 кг алюминийро дар ҳарорати 660°C гудоختанд. Агар ҳарорати алюминий пеш аз гудохташавӣ 20°C бошад, тағйирёбии энергияи дохилии онро муайян кунед. Гармии хоси гудозиши алюминий $3,9 \cdot 10^6 \text{ Ҷ}/\text{кг}$ аст.

2. Барои 10 кг яхӣ ҳарораташ -5°C -ро гудохтан ва оби ҳосилшударо то 100°C гарм кардан, ба буг табдил додан чӣ қадар миқдори гармӣ харҷ мешавад?

§ 48. Қонуни якуми термодинамика

Назарияи ҳодисаҳои ҳароратиро, ки сохти атомӣ-молекулии ҷисмҳоро ба ҳисоб намегирад, термодинамика меноманд. Дар термодинамика барои тавсифи ҳодисаҳо мафҳумҳои «системаҳои термодинамикӣ» ё «равандҳои термодинамикӣ» истифода мешаванд. Маҷмуи ҷисмҳои физикиро, ки аз таъсири мутақобил бо ҷисмҳои дигар озод шуморида мешаванд, системаи термодинамикӣ ва тағйиротро дар онҳо равандҳои термодинамикӣ меноманд.

Энергияи дохилии ҷисм дар натиҷаи нақлҳои гармӣ ба муҳити атроф ё иҷрои кори система (ҷисм) зидди қувваҳои беруна тағйир меёбад. Ҳангоми дар як вақт ба амал омадани равандҳои номбурда низ чунин тағйирот ба амал омада метавонад. Аз физикаи синфҳои поёни медонед, ки тамоми равандҳо дар табиат ба қонуни бақо ва табдили энергия итоат мекунанд. Табиист, ки равандҳои тағйирёбии энергияи дохилии ҷисмҳо низ тибқи ин қонун мегузаранд. Хотирнишон мекунем, ки мувофиқи Қонуни бақо ва табдили энергия дар ҳама равандҳои табиат энергия аз ҳеч пайдо намешавад, нест ҳам намешавад ва фақат ба миқдори баробар аз як намуд ба намуди дигар табдил меёбад. Мувофиқи ин қонун тағйирёбии энергияи дохилии система ΔU ба суммаи миқдори гармии ба он додашуда (Q) ва кори иҷрошуда (A^1) баробар аст (яке аз таърифҳои қонуни якуми термодинамика):

$$\Delta U = Q + A^1 \quad (2.2.2)$$

Дар чунин ифодаи қонуни якуми термодинамика A -кори қувваҳои беруна аст. Агар кори система муқобили қувваҳои берунӣ иҷро шавад, он гоҳ $A^1 = -A$ гирифтани лозим аст. Дар ин маврид баробарии (2.2.2) шакли зэйл мегирад:

$$\Delta U = Q - A$$

ё ки

$$Q = \Delta U + A \quad (2.2.3)$$

Баробарии (2.2.3) ифодаи дигари қонуни якуми термодинамика аст. Мувофиқи он миқдори гармии ба система воридшуда Q қисман барои зиёд шудани энергияи дохилӣ (ΔU) ва қисман барои иҷрои кори система (A) сарф мешавад.

Қонуни якуми термодинамика хусусияти умумӣ дошта, барои тамоми ҳодисоти табиат иҷрошаванда мебошад. Ҳангоми кӯчиши механикӣ, дар натиҷаи соиш гармшавии ҷисмҳо, ҷоршавии ҷараёни электрикӣ дар симҳо, ҳодисоти рӯшноӣ, табдилоти радиоактивии элементҳои химиявӣ ва ҳоказо – ҳама мувофиқи қонуни якуми термодинамика ба амал меоянд.

Кашфи таърихи ин қонун бо нақшаҳои сохтани мошине алоқаманд аст, ки аз берун гармӣ нагирифта, ба мӯҳлати беохир кор иҷро кунад. Дар термодинамика ин гуна мошинро «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум меноманд. Азбаски дар ин маврид бояд $Q=0$ бошад, бинобар ин $A = -\Delta U$, яъне система фақат аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ кор иҷро мекунад. Аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки сохтани «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум ғайриимкон аст, зеро аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ кори абадии ягон мошинро таъмин кардан мумкин нест.

Дар натиҷаи гармигузаронӣ ба ҷисмҳои сахту моеъ асосан энергияи дохилии онҳо зиёд мешавад. Вале дар мавриди гарм кардани газҳо кори аз тарафи гази васеъшаванда иҷро мешудагиро ба ҳисоб нагирифтани мумкин нест.

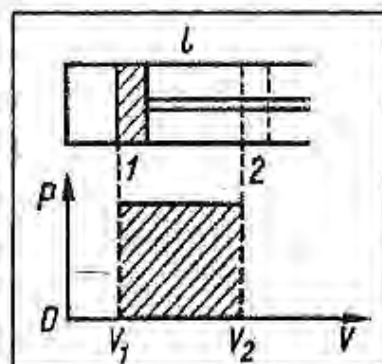
❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни якуми термодинамикаро таъриф дода метавонед? Оё формулаи онро медонед?
2. Кадом бузургӣ ҳангоми нақли гармӣ ба сифати ченаки энергияи дохилӣ хизмат мекунад?
3. Чӣ гуна мошинро «муҳаррики абадӣ»-и навъи якум меноманд? Барои чӣ сохтани он ғайриимкон аст?

§ 49. Кори газ ҳангоми васеъшавӣ

Дар муҳаррики ҳароратӣ, энергияи ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ ҷудошуда ба энергияи механикӣ табдил меёбад. Раванди табдили энергия дар муҳаррики ҳароратӣ ба тавассути васеъшавии буг ё газ ба амал меоянд. Буг ё гази ҳарораташ зиёд таҳти фишори баланд соҳиби захираи зиёди энергия гашта, ҳангоми васеъшавӣ онро қисман ба поршени муҳаррик ё парраҳои турбина медиҳад. Инро нисбат ба амали муҳаррики реактивӣ низ гуфтан мумкин аст. Яъне дар ҳар маврид кор дар натиҷаи васеъшавии газ ба амал меояд.

Ба принципи кори муҳаррики ҳароратӣ муфассалтар шинос мешавем. Фарз кунем, ки зери поршен массаи муайяни газ мавҷуд буда (расми 106) ҳарорати ибтидоии газ T_1 ба ҳарорати муҳити атроф баробар аст. Баъди гармкунӣ газ ба васеъшавӣ сар мекунад. Энергияе, ки дар ин маврид ба газ дода мешавад, қисман ба васеъшавии газ, қисман барои иҷрои кор сарф мешавад.



Расми 106

Бигузур ҳангоми то T_2 баландшавии ҳарорати газ поршен ба ягон масофаи l кӯчида бошад. Газ изобарӣ васеъ шуда, поршенро тела медиҳад ва муқобили қувваҳои беруна кори

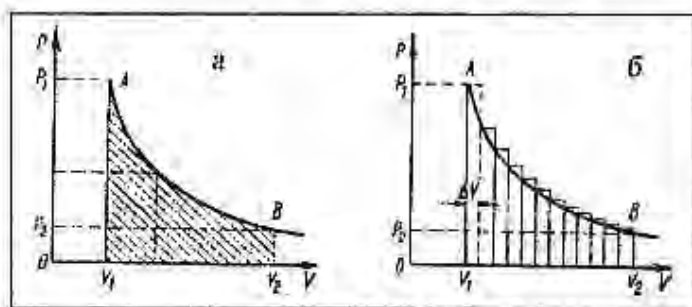
$A = \rho S \ell$ -ро иҷро мекунад, ки ин ҷо S -масоҳати поршен мебошад. Вале $S \ell$ тағйирёбии ҳаҷм $V_2 - V_1$ аст. Аз ин ҷо

$$A = \rho(V_2 - V_1) \quad (2.2.4)$$

-ро ҳосил мекунем. Яъне коре, ки газ ҳангоми васеъшавии изобарӣ муқобили қувваҳои беруна иҷро мекунад, ба ҳосили зарби фишори газ ва тағйирёбии ҳаҷми он баробар аст.

Аз тасвири графיקии раванди изобарӣ дар системаи координатаҳои P, V (расми 106) истифода бурда, дидан мумкин аст, ки кори газ одатан ба масоҳати росткунҷаи баландиаш P ва асосаш $V_2 - V_1$ баробар аст. Агар газ изобарӣ фишурда шавад, корро қувваҳои берунае иҷро мекунанд, ки энергияи потенциалии газро зиёд карданд. Ин кор ба таври графיקӣ бо ҳамон масоҳати пештара ифода меёбад.

Ҳисоб кардани кори газ ҳангоми равандҳои дигар душвортар аст, зеро барои онҳо фишор (P)-бузургии тағйирёбанда аст. Вале ҳангоми ҳар гуна раванд кори газро ададан ба масоҳати дар системаи координатаҳои V ва P тасвиршудаи раванд баробар гирифтани мумкин аст. Тарзи графיקии муайян кардани кори газро бештар ҳангоми сохтани конструкцияҳои муҳаррикҳои ҳароратӣ дар техникаи гармо истифода мебаранд. Аз ин рӯ дар мисоли раванди изотермӣ бо татбиқи он шинос шудан ба мақсад мувофиқ аст. Дар ҳолати раванди изохорӣ $V = \text{const}$ буда, газ кор иҷро намекунад.



Расми 107

Графיקи раванди изотермӣ ($t = \text{const}$) дар системаи координатаҳои P ва V бо гиперболаи баробартарафи AB (расми 107, а) тасвир карда мешавад. Вале кори газ ҳангоми васеъшавии изотермӣ, одатан ба масоҳати фигурае баробар

аст, ки бо тири V ва қиматҳои P_1 ва P_2 -ордината маҳдуд шудааст. Ин тасдиқро бо роҳи ба қитъаҳои хурд ҷудо кардани масоҳати фигураи қачхаттаи гипербола маҳдудкарда (расми 107, б), исбот кардан мумкин аст. Фарз кардан мумкин аст, ки ҳангоми тағйирёбии ноҷизи ҳаҷм фишор дар ҳама қитъаҳо доимист. Аз ин рӯ, кори васеъшавии газро чун масоҳати росткунҷаи борик тасвир кардан мумкин аст. Кори ба

$\Delta V = (V_2 - V_1)$ васеъшавии газ тақрибан ба масоҳати шакли (фигураи зинамонанд) ҳосилшуда баробар аст, ки дар натиҷаи ҷамъ кардани масоҳати қитъаҳои росткунҷаи хурд ҳосил мешавад. Табиист, ки

масоҳати бо ин усул ёфтшуда аз масоҳати бо гиперболо маҳдудгашта ба қадре калон мешавад, вале агар графикро ба шумораи зиёди қитъаҳои борик чудо кунем, афтиши фишор ба тағйироти ҳақиқии он наздик хоҳад шуд ва масоҳати ҳақиқии ададан ба кори васеъшавии газ баробарбударо ҳосил мекунем.

Усули ба қитъаҳои алоҳида чудо кардани масоҳатро истифода бурда, кори васеъшавии газро дар равандҳои гуногун тақрибӣ ҳисоб кардан мумкин аст.

Масъала. Газе, ки ҳаҷми $V_1 = 11$ л-ро дорад, ҳангоми фишори 10^5 Па аз 20 то 100°C изобарӣ гарм шуд. Кори васеъшавии газро муайян кунед.

Ҳал. Кори васеъшавии газ ба $A = P(V_2 - V_1)$ баробар аст.

Азбаски газ изобарӣ гарм мешавад, пас $V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$ ва аз ин ҷо

$$A = PV \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}; \quad A = 300 \text{ Ҷ} \quad \text{мешавад.}$$

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Кори газ муқобили қувваҳои беруна ҳангоми васеъшавии изотермӣ ба таври графикӣ чӣ тавр ифода карда мешавад? Ин корро қувваҳои беруна ҳангоми фишурдашавии изотермӣ иҷро намоянд чӣ?

2. Чаро ҳангоми дар ҳало (вакуум) васеъшавии ҳавои фишурдашуда ҳарорати он паст мешавад? Магар ҳангоми ҳамин тавр васеъшавии гази идеалӣ пастшавии ҳарорат ба амал меояд.

⚠️ Машқи 26

1. 1 м^3 ҳавои ҳарораташ 0°C дар устувона таҳти фишори $2 \cdot 10^5$ Па ҷойгир аст. Ҳангоми ба 10°C васеъшавии изобарии ҳаво чӣ қадар кор иҷро мешавад?

2. Аз рӯи маълумоти ҷадвал графикҳои раванди изотермиро соzed.

V, л	10	15	20
P, Па	$6 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$

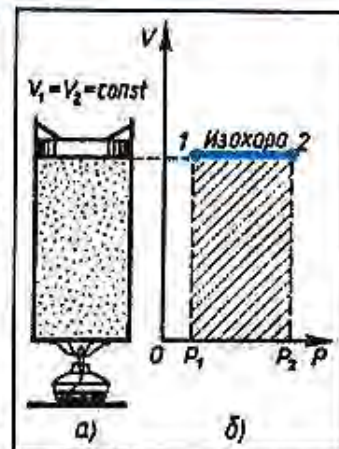
3. Болғаи пневматикӣ аз ҳисоби энергияи ҳавои фишурдашуда кор иҷро мекунад. Барои чӣ ҳангоми кор яхбандии сатҳи берунии болға мушоҳида мешавад? Сабаби хунуқшавии онро шарҳ диҳед.

§ 50. Татбиқи Қонуни якуми термодинамика дар равандҳои (протсесс) гази идеалӣ. Раванди адиабатӣ

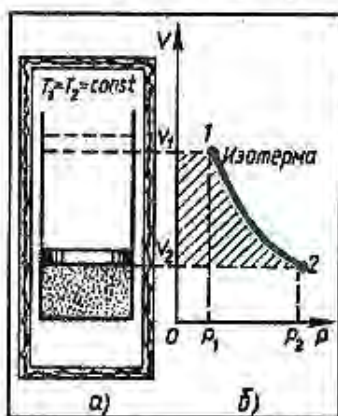
1. **Раванди изохорӣ.** Бигуздор гази дохили устувона бо поршен маҳкам бошад (расми 108,а). Ба газ миқдори гармии Q мегузаронем. Азбаски дар ин маврид ҳаҷми газ бетағйир мемонад (расми 108,б), кори васеъшавии газ ба сифр баробар мешавад ва формулаи Қонуни якуми термодинамика намуди зерин мегирад:

$$Q = \Delta U$$

Ҳамин тавр, ҳангоми тағйири изохории ҳолати газ тамоми миқдори гармии додашуда барои тағйирёбии энергияи дохилии он сарф мешавад.



Расми 108



Расми 109

2. **Раванди изотермӣ.** Барои муоинаи раванди изотермӣ фарз мекунем, ки устувона даруни термостат ҷойгир аст ва ҳарорат доимӣ нигоҳ дошта мешавад (расми 109,а). Ба газ имконияти васеъшавӣ медиҳем, вале бояд ҳарорати он паст нашоавад, барои ин вай бояд аз термостат миқдори гармии Q гирад. Азбаски энергияи дохилии гази идеалӣ аз ҳаҷм вобастагӣ надорад, пас ҳангоми тағйирёбии изотермӣ ҳолати энергияи дохилии он бетағйир мемонад ($\Delta U = 0$) ва муодилаи қонуни

якуми термодинамика ин тавр мешавад:

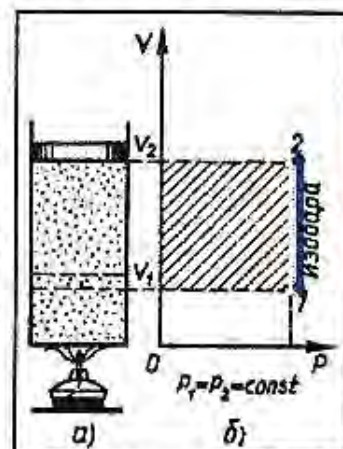
$$Q = A \quad (2.2.5)$$

Аз ин ифода бармеояд, ки ҳангоми раванди изотермӣ тамоми миқдори гармии ба газ додашуда барои иҷрои кор сарф мешавад. Гази идеалӣ ҳангоми васеъшавии изотермӣ аз ҳисоби миқдори гармии гирифтааш муқобили қувваҳои беруна кор иҷро мекунад; ҳангоми фишурдашавии изотермӣ қувваҳои беруна кор иҷро мекунанд, вале газ ба муҳити атроф миқдори гармии эквивалент медиҳад (расми 109,б).

3. **Раванди изобарӣ.** Барои раванди изобарӣ гази устувонаро (расми 110,а) гарм мекунем. Миқдори гармии додашуда қисман ба энергияи дохилии система гузашта, қисман барои иҷрои кори боло бардоштани поршен сарф мешавад:

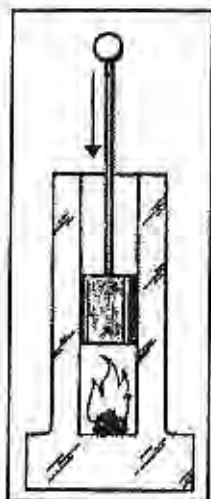
$$Q = \Delta U + A \quad (2.2.6)$$

Ҳангоми васеъшавии изобарии газ миқдори



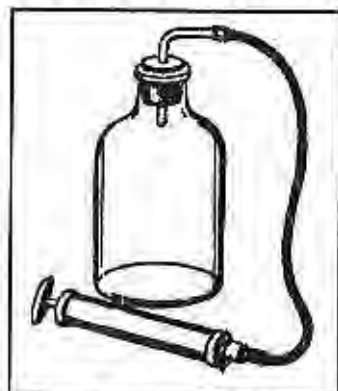
Расми 110

гармии додашуда ба ҳосили ҷамъи кори иҷрокардаи газ ва тағйирёбии энергияи дохилии он баробар аст. Кори газ ҳангоми раванди изобарӣ ададан ба масоҳати росткунҷае (расми 110,б) баробар аст, ки бо изобара, тири ҳаҷмҳо ва изохораҳои ҳолатҳои ибтидоию интиҳой маҳдуд шудааст.



Расми 111

4. Раванди адиабатӣ. Ба чунин раванд то ҳол шинос нестед. Шояд шумо бо насос ҷархи велосипед ё тӯби волейболро дам карда, мушоҳида кардаед, ки дар ин вақт насос хеле гарм мешавад. Ин баландшавии ҳарорат на танҳо аз ҳисоби соиши байни поршен ва деворҳои насос, балки аз ҳисоби гармшавии ҳаво ҳангоми фишурӣш ба амал меояд. Ҳодисаи гармшавии газро ҳангоми якбора фишурдани он инчунин дар таҷриба бо асбоби «Чақмоқи ҳавой» мушоҳида кардан мумкин аст (расми 111), ки он аз устувонаи деворҳои гафси шишагину поршен иборат аст. Дар қаъри устувона порчаи хурди пахтаи бо эфир таркардашударо мегузоранд ва поршенро якбора ба самти қаъри устувона ба ҳаракат меоранд. Пахта аланга мегирад. Сабаби аланга якбора баландшавии ҳарорати ҳаво аст, ки дар натиҷаи зиёдшавии фишор ба амал меояд.



Расми 112

Ҳамин тавр, ҳангоми фишурдашавии газ энергияи дохилии он аз ҳисоби кори қувваҳои берунӣ меафзояд. Вале, агар аз берун энергия ворид нашавад, ҳангоми васеъшавии газ энергияи дохилии он кам мешавад. Инро дар таҷрибаи зайл дидан мумкин аст. Ба зарфи шишагин (расми 112) аввал каме об, баъд дуд андохта, сипас ҳаворо дам мекунанд. Дар ин маврид оби дохили шиша буг мешавад, ки ин аз баландшавии ҳарорати ҳавои дохили зарф шаҳодат медиҳад. Ҳангоми қимати муайяни фишори дохилии зарф пӯки даҳони шиша мепарад, ҳаво якбора васеъ шуда, аз зарф берун меравад. Дар зарф тумани гафс пайдо мешавад, ки ин аломати хунукшавии ҳавост.

Дар мисолҳои боло ҳангоми фишурдашавӣ ва васеъшавӣ байни газ ва муҳити атроф додугирифтӣ гармиро ба эътибор нагирифтаи мумкин аст, зеро тағйирёбии ҳолат хеле тез ба амал меояд ва фурсати мубодилаи гармӣ намешавад.

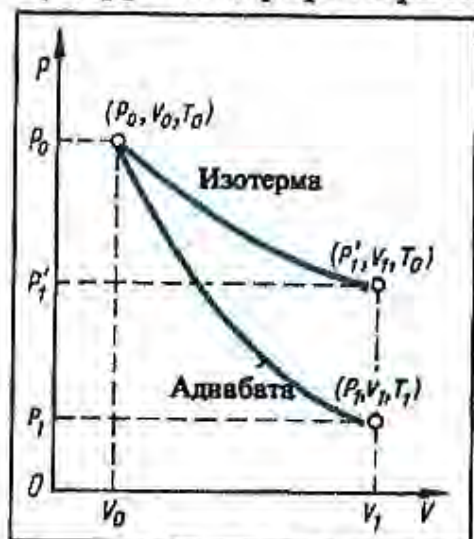
Ҳамин тавр, бе мубодилаи гармӣ байни газ ва муҳити атроф энергияи дохилии газ ҳангоми фишурдашавӣ афзуда ҳангоми васеъшавӣ кам мешавад. Ин хулоса аз Қонуни якуми термодинамика бармеояд. Азбаски мубодилаи гармӣ вучуд надорад $Q=0$ аст ва

$$\Delta U = A \quad (2.2.7)$$

мешавад.

Ин чунин маъно дорад, ки ҳангоми васеъшавии газ аз ҳисоби энергияи дохилӣ кори мусбат иҷро мешавад ва сабаби хунукшавии газ мегардад. Ҳангоми фишурдашавии газ бошад, кори манфӣ иҷро мешавад ва энергияи дохилии он афзуда, гарм мешавад. Раванди тағйирёбии ҳолати газро, ки бе мубодилаи гармӣ бо ҷисмҳои атроф мегузарад, раванди адиабатӣ меноманд.

Табиист, ки истисноии пурраи мубодилаи гармӣ бо ҷисмҳои дигар аз имкон берун аст, зеро дар табиат моддаҳои вучуд надоранд, ки тамоман гармиро аз худ нагузаронанд. Вале газро чунин фишурдан ё васеъ намудан мумкин аст, ки мубодилаи гармӣ хеле кам бошад. Масалан, ҳангоми якбора фишурдашавӣ ё васеъшавӣ мубодила бо муҳити атроф қимати ночиз дорад, бинобар ин дар ягон муддати кӯтоҳи вақт $Q=0$ гуфта, ин равандро чун равандҳои адиабатӣ муоина намудан мумкин аст. Чунин ҳодисаро дар таҷриба бо «Чакмоқи ҳавоӣ» ва зарфи шишагӣ мушоҳида намудем. Фишурдашавии моддаи сӯзандаро дар устувонаи муҳаррики ҳароратӣ раванди адиабатӣ ҳисобидан мумкин аст.



Расми 113

Раванди тағйирёбии адиабатии ҳолати газро дар муқоиса ба равандҳои дигар графикӣ тасвир кардан мумкин аст. Графикҳои ин равандро адиабата меноманд (расми 113). Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ назар ба изотермӣ фишори газ ба зудӣ кам мешавад, зеро афтиши фишор на танҳо аз рӯи зиёдшавии ҳаҷм (чун раванди изотермӣ), балки инчунин аз рӯи қатъшавии ҳарорат ба вучуд меояд. Бинобар ҳамин адиабата аз ҳаҷмон як нуқтаи ҳолати газ аз изотерма паस्तтар мегузарад.

Оташгирии моддаи сӯзанда дар муҳаррики дизелӣ ба ҳодисаи гармшавии ҳаво ҳангоми якбора фишурдашавӣ асос карда шудааст. Бар хилофи муҳаррики карбюраторӣ дар устувонаҳои ин муҳаррикҳо моддаи сӯзанда не, балки ҳавои атмосфера кашаида мешавад. Ҳангоми фишурдашавии якбора ҳарорати ҳаво меафзояд ва дар интиҳои фишурдашавӣ ҳарорати он ҳатто аз ҳарорати аланга гирифтани сӯзишворӣ бештар мешавад. Дар ин лаҳза тавассути форсункаи махсус сӯзишворӣ пош мехӯрад ва он ба ҳавои тафсон расида, оташ мегирад.

Ҳангоми кори компрессорҳои тавононашон зиёд ҳавои фишурдашуда ба дараҷае гарм мешавад, ки деворҳои устувонаи кориро хунук кардан лозим меояд, вагарна оташ гирифтани равшанҳои молидани ва фалокат аз эҳтимол дур нест. Аз ин рӯ аз ҷӯйчаҳои махсуси деворҳои устувона оби хунуккунанда мегузаронанд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Магар ҳангоми тағйироти изохории ҳолати газ кор иҷро мешавад?
2. Газ изотермӣ фишурда мешавад. Оё дар ин вақт энергияи дохилии он тағйир меёбад? Барои чӣ?
3. Муодилаи Қонуни якуми термодинамикаро барои тағйирёбии изобарии ҳолати газ навишта метавонед?
4. Фарқияти раванди адиабатӣ аз изоравандҳо дар чист?
5. Ҳангоми адиабатӣ васеъшавии газ кор аз ҳисоби кадом энергия иҷро мешавад?
6. Муодилаи Қонуни якуми термодинамикаро барои тағйирёбии адиабатии ҳолати газ навишта ва шарҳ дода метавонед?
7. Барои чӣ бугҳои оби атмосфера дар баландии муайян конденсатсия шуда, абр ва туманро ташкил медиҳанд?

§ 51. Бебозгаштии равандҳои ҳароратӣ

Қонуни якуми термодинамика барои равандҳои ҳароратӣ ифодаи Қонуни бақо ва табдили энергия аст. Вале ин қонун оид ба самти гузариши равандҳо ва имконпазирии табдилоти энергия система маълумот намедиҳад. Аз нуқтаи назари Қонуни якуми термодинамика ҳар гуна раванде, ки дар он миқдори энергия бетағйир мемонад, имконпазир аст. Инро бо мисолҳо шарҳ медиҳем.

Фарз кунем, ки ду ҷисми ҳароратҳои гуногуни T_1 ва T_2 доштаро ба ҳам мерасонем. Мубодилаи гармӣ тавре мегузарад, ки қисме аз энергияи ҷисми нисбатан гарм ба ҷисми нисбатан хунук мегузарад. Вале аз ҷисми нисбатан хунук ба ҷисми гарм гузаштани гармиро низ Қонуни якуми термодинамика рад намекунад, ба шарте, ки захираи энергияи дохилӣ бетағйир монад. Аммо таҷриба нишон медиҳад, ки гузариши гармӣ аз ҷисми нисбатан хунук ба ҷисми гарм худ ба худ ба амал намеояд. Гармӣ худ ба худ фақат ба як самт – аз ҷисми гарм ба ҷисми хунук мегузарад. Гузаронидани гармиро ба самти муқобил аз ҷисми хунук ба гарм танҳо дар натиҷаи иҷрои кор ба амал овардан мумкин аст.

Айнан ҳамин тавр газе, ки ҳаҷми зарфро ишғол намудааст, ҳеҷ гоҳ худ аз худ дар ягон қисми зарф ҷамъ намешавад. Барои ин газро фишурда кор иҷро кардан лозим меояд.

Ё ҳангоми аз ягон баландӣ афтидани санг тамоми энергияи потенциалии он ба энергияи дохилии ҳуди санг ва ҷисмҳои дигар табдил меёбад. Яъне Қонуни бақои энергия вайрон намешавад, вале раванди баръакс, ки ҳангоми он ба санги сатҳи Замин аз ҷисмҳои атроф ягон миқдори гармӣ гузашта, дар натиҷа он ба баландии пештара барояд, номумкин аст.

Ин қабил мисолҳоро бисёр овардан мумкин аст. Ҳамаи онҳо аз он шаҳодат медиҳанд, ки Қонуни якуми термодинамика нисбат ба табдили энергия ягон маҳдудият намегузорад. Илова бар ин таҷриба нишон

медихад, ки шаклҳои гуногуни энергия аз ҷиҳати дараҷаи ба дигар шаклҳо табдилшавиашон якхела нестанд. Энергияи механикиро ба энергияи дохилии ягон ҷисм пурра табдил додан мумкин аст. Дар ҳақиқат ҳам бо соиш энергияи дохилии ҷисмро зиёд карда, баробари кори иҷрошуда гарм кардан мумкин аст. Аммо барои ба намудҳои дигар табдил додани энергияи дохилӣ маҳдудияти муайян мавҷуд аст. Ин маҳдудият аз он иборат аст, ки дар баъзе мавридҳо захираи энергияи дохилӣ пурра ба намудҳои дигари энергия табдил намеёбад. Самти ҷоришавии равандҳои табиат маҳз ба ҳамин ҷиҳати табдилоти энергӣ алоқаманд аст.

Нақли гармӣ аз ҷисми тафсон ба ҷисми хунук, табдили энергияи механикӣ ба дохилӣ, васеъшавии газ дар ҳало (вакуум) – ҳамаи ин мисолҳои равандҳои бебозгаштанд. Раванди бе ягон тағйироти муҳити атроф ба ҳолати ибтидоӣ баргаштани системаро раванди баргарданда меноманд. Агар чунин имконияти бозгашт вучуд надошта бошад, яъне баъди анҷоми раванд дар ҷисмҳои атроф ё дар системаи мазкур ягон тағйирот ба амал омада бошад, он гоҳ раванд бебозгашт ҳисобида мешавад.

Ҳамаи равандҳои болотар муоинашудаи изотермӣ, изобарӣ, изохорӣ ва адиабатӣ равандҳои бебозгаштанд. Масалан, ҳангоми изотермӣ фишурдашавии газ қисме аз гармӣ тавассути деворҳои зарф ба муҳити атроф мегузарад ва он ҳеч гоҳ худ аз худ ба газ бар намегардад ва ба энергияи механикии поршен табдил намеёбад.

Амалан ҳангоми ҷоришавии тамоми равандҳои табиат гарминақлкунӣ ва соиш ҷой доранд ва аз ин рӯ онҳо бебозгаштанд. Раванди баргарданда мафҳуми абстрактӣ аст. Мавқеи мафҳумҳои раванди баргарданда дар термодинамика, нуктаи материалӣ дар механика ё гази идеалӣ дар физикаи молекулярӣ якхела аст.

§ 52. Қонуни дуёми термодинамика

Қоидаи бебозгаштини равандҳои табиӣ, ки самтнокии онҳоро нишон медиҳад, дар системаҳои макроскопӣ ба самтҳои имконпазири табдили энергия маҳдудият мегузорад. Ин хусусият яке аз ифодаҳои умумии Қонуни дуёми термодинамика ба ҳисоб меравад. Ин қонун монанди ҳар гуна қонуни бунёдӣ чамъбасти шумораи зиёди фактҳои таҷрибавӣ мебошад.

Бо вучуди шумораи зиёди таърифоти Қонуни дуёми термодинамика, ки шаклан фарқ мекунанд, ҳама як маъно доранд. Ана яке аз онҳо: гармӣ худ аз худ аз ҷисми хунук ба ҷисми нисбатан гарм гузашта наметавонад.

Қонуни дуёми термодинамика маҳдудияти ба энергияи механикӣ табдилёбии энергияи дохилиро ифода мекунад. Мувофиқи ин қонун сохтани мошине, ки аз ҳисоби гармии аз муҳити атроф гирифташуда кор

ичро кунад, имконнопазир аст. Чунин мошини фарзӣ номи муҳаррики «абадии» чинси дуҷумро гирифт, зеро бо сабаби номаҳдуд будани захираи энергияи дохилӣ дар Замин, уқёнус, атмосфера ин гуна мошин барои тамоми мақсадҳои амалӣ вазифаи муҳаррики абадиро иҷро мекард. Фақат аз ҳисоби энергияи дохилии оби баҳру уқёнусҳо ба тавассути муҳаррики абадии чинси дуҷум мошинҳои тамоми фабрикаю заводҳоро дар тӯли чандин ҳазорсолаҳо ба ҳаракат овардан мумкин мебуд. Гуё дар 1700 соли аввали истифодаи энергияи дохилӣ ба ҳисоби миёна фақат аз сад як ҳиссаи градус ҳарорати оби уқёнус паст мешуду халос. Вале Қонуни дуҷуми термодинамика ошкор намуд, ки чунин имконият нест. Аз ин сабаб ба қонуни мазкур таърифи зайл низ медиҳанд: сохтани муҳаррики абадии чинси дуҷум ғайриимкон аст.

Ҳамин тавр, агар Қонуни якуми термодинамика имконнопазирии мошинеро тасдиқ намояд, ки ҳангоми кори вай Қонуни бақои энергия вайрон намешавад, пас қонуни дуҷум имконияти сохтани мошини абадие, ки аз ҳисоби хунукшавии ягон ҷисм кор иҷрокунандаро манъ намояд.

§ 53. Принципи амали мошинҳои ҳароратӣ. Суди (ККФ) мошинҳои ҳароратӣ

Аз мавзӯҳои гузашта медонем, ки дар натиҷаи иҷрои кор ё гузаронидани миқдори гармӣ энергияи дохилии газро зиёд кардан мумкин аст ва баръакс аз ҳисоби энергияи дохилии газ кор иҷро кардан мумкин аст. Энергияи дохилӣ як намуди энергия аст, ки аз сӯختани сӯзишвории гуногун ё истифодаи энергияи Офтоб онро ҳосил кардан мумкин аст. Дар баробари ин дар истехсолот, нақлиёт ҳангоми кори механизмҳои гуногун зарурияти истифодаи энергияи механикӣ дучор меояд. Аз ин рӯ табдилдиҳии энергияи дохилӣ ба механикӣ дар фаъолияти амалии одамон хеле зарур аст. Ин амал тавассути мошинҳои ҳароратӣ ба амал оварда мешавад.

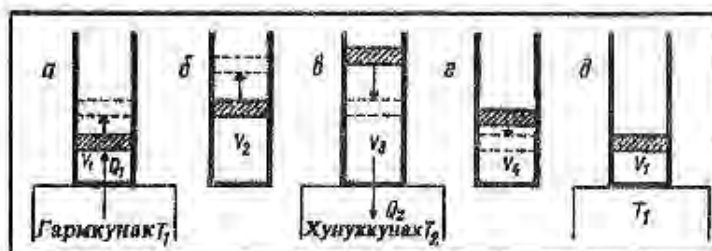
Аз физикаи синфи 8 медонед, ки ҳар як мошини ҳароратӣ бояд гармкунак, ҷисми корӣ ва хунуккунак дошта бошад.

Ба сифати ҷисми корӣ газ (буғ) истифода бурда мешавад. Агар газ дар устувона таҳти поршени ҳаракатнок бошад, пас ҳангоми васеъшавиаш кор иҷро мешавад ва энергияи дохилии газ (асосан энергияи кинетикии молекулаҳои он) қисман ба энергияи механикии поршен табдил меёбад. Васеъшавии газ изотермӣ ё адиабатӣ ба амал меояд. Барои доимӣ нигоҳ доштани ҳарорат ҳангоми васеъшавии изотермии газ ба он бояд миқдори гармие дода шавад, ки он ба тағйирёбии энергияи дохилӣ ва кори поршен баробар аст. Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ кори поршен ба камшавии энергияи дохилии газ баробар аст.

Дар ҳар гашти поршен миқдори муайяни энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ табдил меёбад. Барои кори ояндаи газ бояд поршен

ба ҳолати аввала баргардад. Бо ин мақсад ба газ бояд миқдори гармии муайян дода шавад. Чунин тағйироти ҳолати газро раванди даврий меноманд.

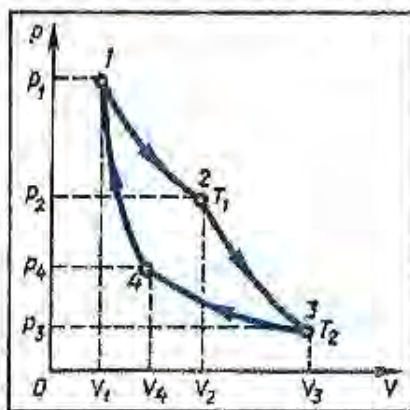
Муфассалтар тағйиротеро муоина мекунем, ки аз он давр пайдо мешавад. Маълум аст, ки агар ҳангоми ягон раванд газ аввал васеъ ва сипас аз нав фишурда шавад, пас кори фоидабахш иҷро намегардад, зеро кори васеъшавии мусбати газ ба кори фишурдашавии манфии он баробар мешавад. Барои ҳосил кардани кори фоиданокӣ даври муайян равандҳои гуногунро истифода бурдан зарур аст, ки ба васеъшавии газ дар фишор ва ҳарорати баланд ва фишурдани он ҳангоми фишор ва ҳарорати паст бояд алоқаманд бошад. Физики франсавӣ Сади Карно (1796-1832) соли 1824 нишон дод, ки барои ин истифодаи даври аз равандҳои изотермӣ ва адиабатӣ иборатбуда нисбатан мувофиқ мебошад.



Расми 114

Бигузор гази идеалӣ дар устувона ҳаҷми ибтидоии V_1 ва фишори P_1 дошта бошад. Устувонаро ба болои гармкунак мегузorem, ки ҳарорати он (T_1) доимӣ нигоҳ дошта мешавад (расми 114,а).

Ҳангоми то ҳаҷми V_2 ва фишори P_2 васеъшавии изотермии газ вай кори А-ро иҷро мекунад. Ин кор аз ҳисоби миқдори гармии (Q_1) аз гармкунак гирифташуда иҷро мегардад. Раванд дар системаи координатаҳои P, V графикӣ бо изотермаи 1-2 (расми 115) тасвир карда мешавад.



Расми 115

Баъди қатъи мубодилаи гармӣ бо устувона ва васеъшавии адиабатӣ газ аз ҳолати ҳаҷмаш V_2 ва фишораш P_2 ба ҳолати ҳаҷмаш V_3 ва фишораш P_3 мегузарад (расми 114,б). Газ аз ҳисоби энергияи дохилии худ кори васеъшавии мусбати A_2 -ро иҷро мекунад. Дар айни ҳол ҳарорати он аз T_1 то T_2 паст мешавад. Дар расми 115 ба ин раванд адиабатаи 2-3

мувофиқат мекунад.

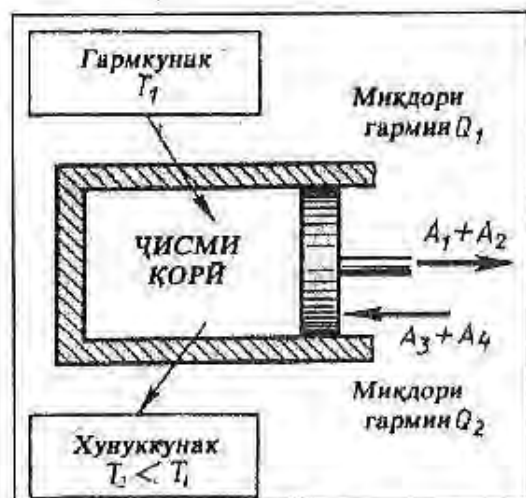
Минбаъд устувона ба хунуккунаки ҳарорати доимии T_2 дошта дар тамос мешавад. Газро изотермӣ аз ҳолати ҳаҷмаш V_3 ва фишораш P_3 то ҳолати ҳаҷмаш V_4 ва фишораш P_4 мефишурем (расми 114,в). Ҳолати V_4, P_4 -ро чунон интихоб мекунем, ки фишурдашавии адиабатии навбатӣ ҳангоми ба ҳарорати T_1 расидан газ ҳаҷми V_1 -ро ишғол намояд, вагарна давр (сикл) ҳосил намешавад. Қувваҳои беруна дар ин маврид аз ҳисоби фишурдашавии газ кори манфии $-A_3$ -ро иҷро мекунанд ва бояд ҳарорати газ тағйир наёфта, ба хунуккунак миқдори гармии $Q_2 = A_3$ дода шавад.

Ин раванд дар расми 115 бо изотермаи 3-4 тасвир ёфтааст. Дар охир мубодилаи гармиро бо устувона аз нав қатъ месозем (расми 114,г) ва бо фишуриши адиабатӣ газро ба ҳолати аввалааш бармегардонем (расми 114, д). Дар график (расми 115) ба ин раванд адиабатаи 4-1 мувофиқат мекунад.

Ҳангоми фишурдашавии газ энергияи дохилии он меафзояд ва ҳарораташ то T_3 баланд мешавад.

Дар натиҷа як даври кори мошини ҳароратии идеалиро ҳосил кардем. Ин давр, ки аз ду раванди изотермӣ ва ду раванди адиабатӣ иборат аст, даври Карно ном гирифтааст. Ҳангоми васеъшавӣ ҷисми корӣ кор иҷро мекунад, вале ҳангоми фишурдашавӣ зидди он қувваҳои беруна кор иҷро мекунанд. Дар интиҳои ҳар як давр ҷисми корӣ ба ҳолати пештараи худ бармегардад.

Аз график (расми 115) мебинем, ки дар натиҷаи ин давр кори ғоиданок иҷро мешавад, ки ададан ба масоҳати давр, яъне масоҳати 12341 баробар аст. Дар ҳақиқат ҳам, кори васеъшавии газ одатан ба масоҳати $123 V_3, V_1, 1$ вале кори фишуриши газ ададан ба масоҳати $143 V_3, V_1, 1$ баробаранд. Фарқи ин корҳо ба масоҳати бо давр маҳдудгашта баробар аст.



Расми 116

Ҷисми корӣ ҳангоми васеъшавӣ кори $A_1 + A_2$ -ро иҷро намуда, ҳангоми фишурдашавӣ миқдори гармии Q -ро аз худ дод. Ҳамин тариқ,

$$Q_1 + A_3 + A_4 = Q_2 + A_1 + A_2$$

ё ки $A_2 = A_4$ буданаширо ба ҳисоб гирифта

$$A_1 - A_3 = Q_1 - Q_2 \quad (2.2.8)$$

ҳосил мекунем.

Фарқи $A_1 - A_3$ кори натиҷавиест, ки онро ҷисми корӣ ҳангоми даври мазкур иҷро мекунад. Вай ба фарқи миқдори гармиҳои ҳангоми васеъшавӣ ба газ додашуда ва ҳангоми фишурдашавӣ хориҷшуда баробар аст.

Барои муайян кардани самаранокии давр ё умуман мошини ҳароратӣ мафҳуми суд-коэффитсиенти кори ғоиданок (ККФ)-и давр ё

мошин дохил карда мешавад, ки он оид ба дараҷаи табдилдиҳии энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ маълумот медиҳад. Вай аз рӯи нисбати кори фойданоки A_1-A_3 бар кори умумӣ A_1 муайян карда мешавад:

$$\eta = \frac{A_1 - A_3}{A_1} \quad (2.2.9)$$

ё ки баробарии (2.2.8)-ро ба ҳисоб гирифта,

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (2.2.10)$$

ҳосил мекунем.

Дар термодинамика исбот карда мешавад, ки ҳангоми раванди идеалии табдили энергияи дохилӣ ба механикӣ суд (ККФ)-и баландтарин

бояд

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2.2.11)$$

бошад, ки ин ҷо T_1 -ҳарорати баландтарини ҳисми корӣ (газ ё буг), T_2 – ҳарорати пасттарин мебошад. Азбаски T_2 – ҳарорати хунуккунак ё маводи баъди сӯзиш боқимонда буда, аз сифри мутлақ фарқ мекунад, бинобар ин суд (ККФ)-и баландтарини мошин аз 1 ҳамеша хурд мешавад.

Масъала. Суд (ККФ)-и чунин даври Карноро муайян кунед, ки ҳангоми вай ҳароратҳои гармкунак ва хунуккунак мувофиқан 200 ва 15° С бошанд. Барои ду маротиба зиёд шудани суд (ККФ)-и давр ҳарорати гармкунакро чӣ қадар бояд зиёд намуд.

Ҳал. Формулаи (2.2.11)-ро барои суд (ККФ)-и даври Карно

истифода бурда $\eta = \frac{473K - 288K}{473K} \approx 0,39$ -ро ҳосил мекунем.

Бигузор ҳарорати гармкунакро ба ΔT баланд бардоштан лозим

бошад, пас суд (ККФ) ба $\eta_1 = \frac{(473K - \Delta T) - 288}{473K + \Delta T}$

баробар ё $\frac{(473K - \Delta T) - 288}{473K + \Delta T} = 0,78$

мешавад ва аз ин ҷо $\Delta T = 836K$ аст.

Аз формулаи (2.2.11) маълум мешавад, ки барои зиёд кардани суд (ККФ)-и мошинҳои ҳароратӣ ба роҳҳои баланд бардоштани ҳарорати гармкунак ва пасткунии ҳарорати хунуккунак аҳамият бояд дод. Аз ин сабаб дар техникаи ҳозиразамон буги параметрҳои (ҳарорат ва фишор)

баланддошта, муҳаррикҳои дарунсӯзи газӣ ва турбинаҳои газиро татбиқ менамоянд, зеро ба тавассути онҳо ҳароратҳои боз баландтарро ба даст овардан мумкин аст.

Дар баланд бардоштани суд (ККФ)-и мошини ҳароратӣ омилҳои дигар низ мақоми муҳим мебозанд. Масалан, кам кардани харҷи энергия барои баргараф кардани соиш дар қисмҳои мошин, кам кардани нақли гармӣ ба ҳавои атроф ва ҳоказо. Аз ин рӯ, суди мошини ҳароратӣ аз сохти он ва табиати равандҳо низ вобастагӣ дорад.

Дар ҷадвали 4 якчанд намудҳои мошинҳои ҳароратӣ, суд (ККФ)-и онҳо ва қимати тақрибии ҳароратҳои гармкунаку хунукунак нишон дода шудааст. Аз ҷадвал мебинем, ки суди мошинҳои реалӣ нисбат ба қиматҳои баландтарини имконпазир хеле паст аст.

Ҷадвали 4.

Мошини ҳароратӣ	Қисми корӣ	Ҳарорати гармкунак, К	Ҳарорати хунукунак, К	Қимати имконпазири $\eta_{\max}, \%$	Суд (ККФ)-и мошин, $\eta, \%$
Мошини поршендори бугӣ	Буг	480	300	37	7-15
Турбинаи бугӣ	Буг	850	380	55	20-25
Муҳаррики дизелӣ	Маводи сӯзиш	2100	380	82	30-39
Муҳаррики карбюраторӣ	Маводи сӯзиш	2100	380	82	18-24

Баланд бардоштани суд (ККФ)-и мошинҳои ҳароратӣ масъалаи муҳими техникӣ аст, зеро пешрафти саноату нақлиёт ба он вобастагӣ дорад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Аз ҳаёти ҳаррӯзаатон оид ба табдилёбии энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ мисолҳо оварда метавонед?
2. Раванди даврӣ ё сиклӣ чист?
3. Даври Карно аз кадом равандҳо иборат аст?
4. Магар давре, ки ҳангоми он миқдори гармии ба қисми корӣ додасуда пурра ба энергияи механикӣ табдил ёбад, амалан имконпазир аст?
5. Суд (ККФ)-и мошини ҳароратӣ чист? Роҳҳои баланд бардоштани он кадомҳоянд?

! Машқи 27

1. Агар дастгоҳи гармидиҳӣ аз рӯи даври Карно кор кунад, ҳангоми ҳарорати гармкунак 600°C ва ҳарорати хунуккунак 15°C будан суд (ККФ) чӣ қадар мешавад?
2. Барои чӣ муҳаррики ҳароратиро бе хунуккунак сохтан мумкин нест?
3. Дар оби баҳру уқёнусҳо ва атмосфера захираи бузурги энергияи дохилӣ мавҷуд аст? Ин энергияро чӣ тавр истифода бурдан мумкин аст.

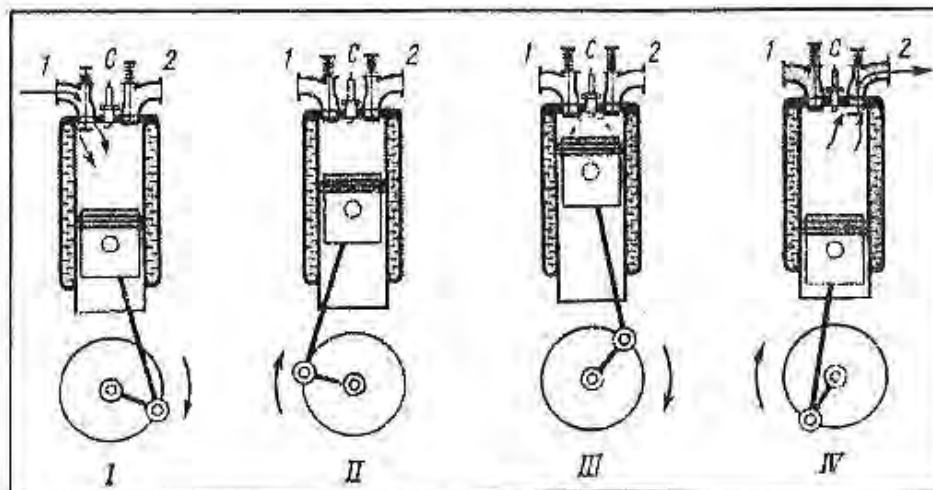
§ 54. Мошинҳои ҳароратӣ ва мақоми онҳо дар ҳоҷагии халқ

Баъди шиносӣ бо принципи кори мошинҳои ҳароратӣ, ки шарҳи назариявии масъала буд, ба муоинаи баъзе муҳаррикҳои ҳароратӣ мегузарем.

Фаҳмост, ки даври идеалии Карноро бо сабабҳои гуногун амалӣ гардонидан номумкин аст: ҳуди гази идеалӣ вуҷуд надорад, барои изотермӣ ҷоришавии раванд бояд суръати тағйироти параметрҳо хеле хурд бошад ва ғайра. Аммо даври воқеии шаклан ба даври Карно наздикро ҳосил кардан мумкин аст. Барои баланд бардоштани суд (ККФ)-и мошинҳои воқеӣ тафовути ҳароратҳои гармкунак ва хунуккунакро зиёд бояд кард, ки ба ин мақсад то қадри имкон ҳарорати хунуккунакро паст кардан мумкин аст.

Муҳаррики дарунсӯз. Бо сохт ва принципи кори муҳаррики дарунсӯз, ки бо бензин кор мекунад, аз синфи 8 шинос ҳастед. Баъзе лаҳзаҳои ин мавзӯро ба ёд меорем.

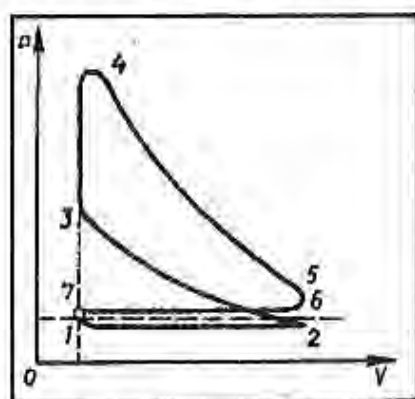
Муҳаррики дарунсӯзи чортакта як ё якчанд устувона дорад. Андаруни устувона поршен (расми 117) ҳаракат мекунад, ки он бо механизми кривошипӣ-шатунӣ ба наварди зонудори дар нӯғаш сарчарх шинонидашуда пайваст шудааст. Кушодан ва пӯшидани клапанҳои ворид (I) ва хорич (II) кардани бензину дуди он ба воситаи наварди



Расми 117

таксимкунанда ба амал оварда мешавад. Барои аланга гирифтани моддаи сӯзанда ба электроди шамъи С, ки дар болои устувона шинонда шудааст, шиддати барқии баланд дода мешавад.

Дар такти аввал ҳангоми ба поён ҳаракат кардани поршен баъди ба устувона воридшавии моеи сӯзанда клапани кушода маҳкам мешавад. Дар такти дуум поршен ба самти муқобил ҳаракат карда (дар ин лаҳза ҳар ду клапан пӯшида аст), моеи сӯзандаро мефишурад, ки дар натиҷа вай гарм мешавад. Вақте ки поршен қариб ба мавқеи болои худ мерасад, моддаи сӯзандаи фишурдашуда аз шарораи электрикии шамъ оташ мегирад. Гази оташгирифта ба поршен фишор оварда, онро ба поён тела медиҳад. Ҳаракати поршен тавассути шатун ба наварди зонудори ба он сарчарх шинондашуда дода мешавад, ки дар натиҷа поршен кори фойданок иҷро мекунад. Сарчарх баъди саҳт телахӯрӣ минбаъд аз рӯи инерсия давр зада, ҳангоми тактҳои минбаъда поршенро ба ҳаракат меоварад. Ҳамин тавр, такти сеюм-такти корӣ ҳисоб мешавад. Вақте ки поршен ба мавқеи поёнии худ мерасад, газ дар натиҷаи васеъшавӣ хунук мешавад, ки ин боиси паст шудани фишор дар устувона (то $2-3 \cdot 10^5 \text{ Па}$) мегардад. Дар давоми такти сеюм ҳар ду клапан маҳкам мемонанд. Дар охир ҳангоми такти чорум поршен газҳои сӯхташударо аз клапани кушодаи хориҷкунӣ тела дода, ба мавқеи болои худ бармегардад (дар ин лаҳза клапани воридкунӣ маҳкам аст).



Расми 118

Графики (диаграммаи P, V) тағйирёбии ҳолати гази устувонаи муҳаррик дар расми 118 нишон дода шудааст. Дар такти якум 1-2 клапани воридкунӣ кушода, моеи сӯзанда ворид мегардад. Такти дуум 3-4 – ҳар ду клапан пӯшида, поршен моеи сӯзандаро мефишурад – «фишуриш». Дар охири фишурдашавӣ бо ёрии оташаки электрикӣ моеи сӯзанда оташ мегирад, таркиш ба амал меояд, фишор бо ҳақиқати 3-4 баланд шуда, такти сеюм 4-5 – гашти корӣ оғоз меёбад (клапанҳо чун

пешгара маҳкаманд). Дар охири он (нуқтаи 5) клапани хориҷкунӣ кушода мешавад, фишор якбора паст мешавад ва таҳти ин фишор, ки нисбат ба фишори атмосфера баландтар аст, гази сӯхташуда ба берун хориҷ мегардад – такти чорум 6-7 – «хориҷшавӣ» иҷро мешавад. Давр ба охир мерасад, клапани хориҷкунӣ маҳкам мешавад, аз нав клапани воридкунӣ кушода мегардад ва даври нав оғоз меёбад. Кори фойданок дар давоми як даври пурра тақрибан ба масоҳати фигураи 2-3-4-5-6-2 баробар аст.

Баргариҳои муҳаррики дарунсӯз нисбат ба дигар муҳаррикҳо инҳоанд: массаи хурд, истифодабарии осон, суд (ККФ)-и нисбатан баланд (ҳарорат дар дохили устувона ҳангоми сӯхтани сӯзишворӣ то 1200°C

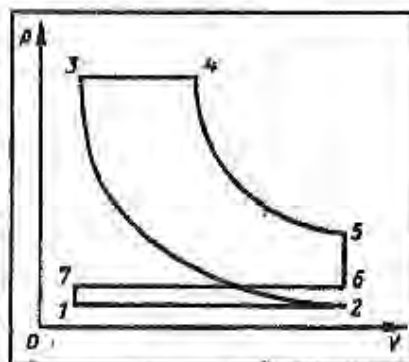
мерасад). Ҳисоботи назариявии суд (ККФ)-и муҳаррики дарунсӯз натиҷан

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \approx \frac{1200\text{K}}{1500\text{K}} = 0,8 \text{ ё ки } 80\% \text{-ро медиҳад.}$$

Вале дар амал бошад, суд (ККФ)-и ин муҳаррик ҳамагӣ 30%-ро ташкил медиҳад ва ин имконият медиҳад, ки муҳаррикҳои дарунсӯз ба таври васеъ истифода бурда шаванд.

Ин навъи муҳаррикҳои дарунсӯз бо тавонии аз 0,37 то 440 кВт сохта мешаванд. Вале онҳо аз камбудихои ҷиддӣ низ ҳолӣ нестанд: бо сӯзишвории қимату баландсифат кор мекунанд, сохти басо мураккаби техникӣ доранд, наварди чунин муҳаррикҳо суръати баланди гардиш дорад, газҳои сӯхташудаи онҳо ба муҳити атроф паҳн шуда, атмосфераро ифлос мекунанд ва ғ.

Муҳаррики дизелии дарунсӯзи чортакта назар ба ин муҳаррик ба андозае аз ҷиҳати иқтисодӣ бартарӣ дорад. Вай бо навъҳои нисбатан арзони сӯзишворӣ кор мекунад. Ҷиҳатҳои фарқкунандаи кори онҳо чунинанд: ҳангоми ба поён ҳаракат кардани поршен ба устувона аз клапани воридкунӣ на моеи сӯзанда, балки ҳавои атмосфера ворид мегардад. Дар диаграммаи P, V (расми 119) ин такт бо изобараи 1-2 тасвир ёфтааст.



Расми 119

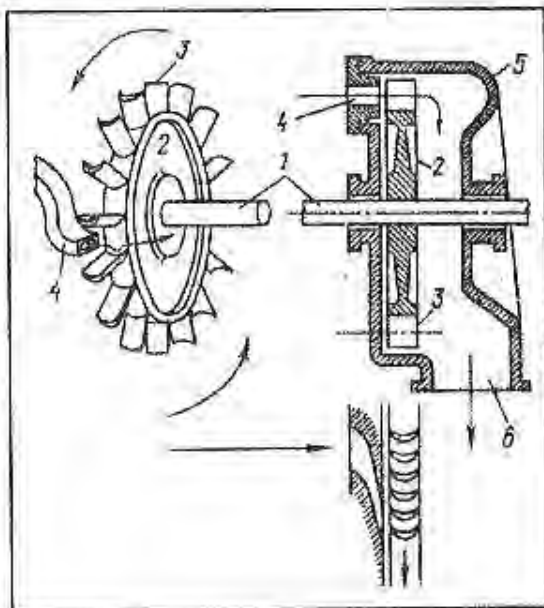
Ҳангоми гардиши ояндаи сарчарх поршен ба самти муқобил ба боло ҳаракат карда, дар устувона ҳаворо адиабатӣ то фишори $1,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ мефишурад. Дар натиҷа дар охири ин такт (2-3) ҳарорат то $500\text{-}700^\circ\text{C}$ меафзояд. Ба ҳавои фишурдаи тафсон бо ёрии насос ва форсунка сӯзишвории дизелӣ попида мешавад. Вай аланга мегирад ва нисбат ба бензин дер месӯзад. Гази дар ин ҳангом ба вучуд-омада ба поршен фишор оварда, дар тӯли тамоми ҳаракаташ ба поён кори ғоиданок иҷро мекунад. Фишори гази васеъшаванда тақрибан доимӣ нигоҳ дошта мешавад (изобараи 3-4). Дар охири сӯзиши сӯзишвории пошхӯрда васеъшавии адиабатии газ (адиабатаи 4-5) ба вучуд меояд ва дар хотима клапани хориҷкунӣ кушода ва фишор аз рӯи изохораи 5-6 паст мешавад. Поршен ҳангоми ба самти муқобил ҳаракат карданаш (хориҷкунӣ) боқимондаҳои сӯзишвориро ба берун тела медиҳад (изобараи 6-7) ва бо ҳамин давр ба охир мерасад. Ҳамин тариқ дар диаграммаи P, V ғашти корӣ бо қитъаи 3-4-5 нишон дода шудааст, вале кори ғоиданоки давр тақрибан ба масоҳати фигураи 2-3-4-5-6-2 баробар аст. Суд (ККФ)-и чунин муҳаррик қариб 40%-ро ташкил медиҳад. Муҳаррики дизелиро дар трактору автомобилҳо, теплоходҳои дарёию баҳрӣ, дар тепловозҳо ва нерӯгоҳҳои барқии камиқтидор

исстифода мебаранд.

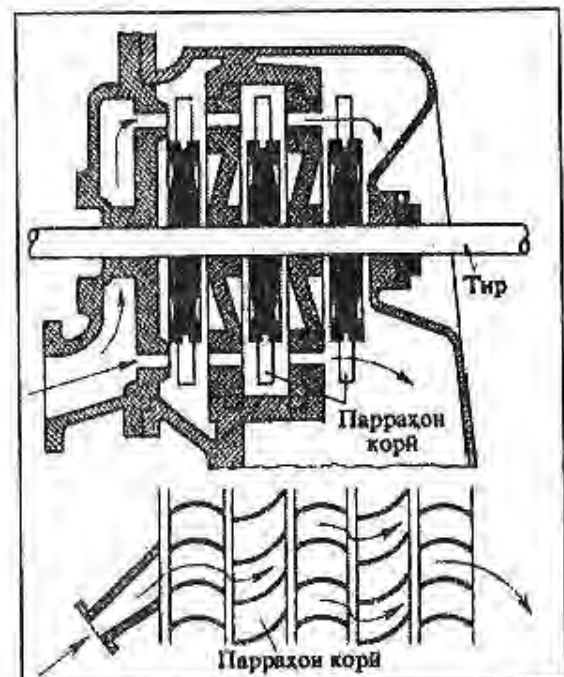
Турбинаҳои бугӣ ва газӣ. Бо принципи кори турбинаҳои бугӣ дар синфи 8 шинос шуда будем.

Қисми асосии турбина ротор аст, ки он аз чархи (гирда) гирдогирдаш парраҳои ба навард маҳкамшуда иборат аст. Буг аз дег бо шайпураҳо (сопла) ба парраҳо равона карда мешавад. Дар турбина буг васеъ шуда, фишори он кам мешавад ва суръати ҷоришавиаш меафзояд, яъне энергияи дохилии он ба энергияи кинетикии ҷоришавӣ табдил меёбад.

Турбинаҳои бугӣ ду хел мешаванд: турбинаҳои амалашон фаъол, ки ротори онҳо аз ҳисоби зарбаи ҷараёни буг ҳаракат мекунад ва турбинаҳои амалашон реактивӣ, ки аз ҳисоби ҷойгиршавии махсуси парраҳо буг аз тарқишҳои байни онҳо баромада қувваи реактивиро ба вуҷуд меорад.



Расми 120



Расми 121

Турбинаи реактивии содатарини якзинагӣ дар расми 120 тасвир ёфтааст. Вай аз ротори 2, ки бо тири 1 шинонда шудааст, иборат аст. Муқобили белчаҳои хамхӯрдани пулодини 3 як (ё якчанд) шайпураи 4 ҷойгир карда мешавад. Танаи турбинаи 5 бо гулбаи 6 пушониди мешавад.

Турбинаҳои якзинагӣ суд (ККФ)-и паст доранд ва онҳоро бо тавоноии хурд барои ба ҳаракат даровардани мошинҳои на чандон калон месозанд. Турбинаҳои ҳозиразамони пуриқтидорро бисёрзина (расми 121) месозанд, яъне ротори чунин турбинаҳо якчанд қатори белчаҳо дорад ва онҳо аз якдигар бо деворҳои беҳаракат ҷудоанд.

Зудгардишхӯрӣ, тавоноии зиёд доштан бартариҳои турбинаҳои бугианд. Суди турбинаҳои бугӣ ба 25% мерасад. Хусусиятҳои инерсионӣ

(якбора ба кор шурӯъ накардан), номумкин будани танзими пурраи суръати гардиш, надоштани гашти баръаке камбудихои имрӯзаи турбинаҳои бугӣ мебошанд.

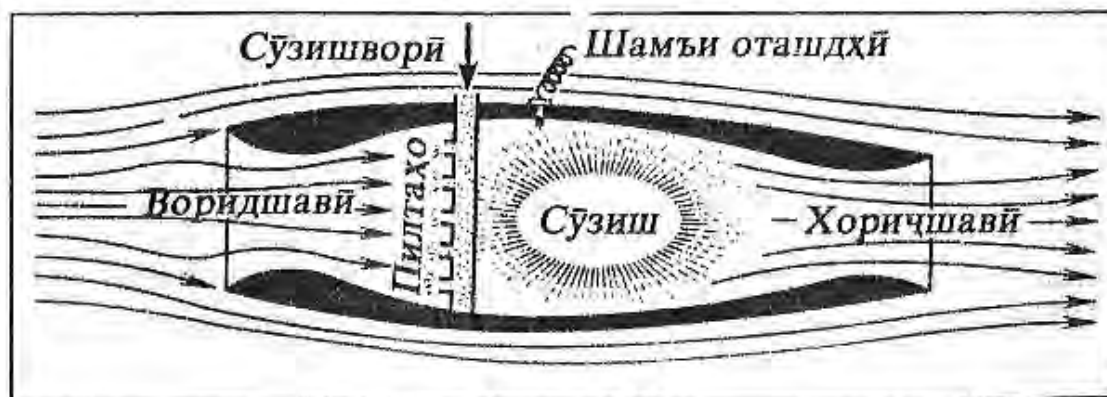
Бо назардошти ин камбудихо истифодаи турбинаҳои газӣ ба мақсад мувофиқ аст. Вай низ мисли турбинаи бугӣ кор мекунад, вале ҷисми кори вай газӣ тафсон мебошад. Азбаски ҳарорати он нисбат ба ҳарорати буг хеле баланд аст, суди турбинаи газӣ то 60-65% мерасад.

Бартари назарраси турбинаҳои газӣ нисбат ба бугӣ дар он аст, ки онҳо дастгоҳи калонҳаҷми гармкунанда надоранд. Ин бартарӣ имконият медиҳад, ки онҳо на фақат дар нерӯгоҳҳои ҳароратӣ барқӣ, балки дар нақлиёт ҳам истифода шаванд. Турбинаҳои газӣ дар автобус, поездҳо, киштиҳо, тайёраҳо ва киштиҳои кайҳонӣ истифода бурда мешаванд. Мухарриқҳои газӣ турбинагӣ хусусан дар ҳавопаймоӣ татбиқи васеъ пайдо кардаанд.

Мухарриқҳои реактивӣ. Мухарриқҳои ҳароратиеро, ки бо истифодаи қувваи реактивии газӣ хоричшаванда кор мекунад, мухарриқҳои реактивӣ меноманд. Аз сабаби он ки сӯзишворӣ дар камераҳои махсуси онҳо месӯзад, онҳо ба мухарриқҳои дарунсӯз дохил мешаванд. Қувваи теладиҳии аз ҳисоби газӣ бефосила хоричшаванда бадастомада, имконият медиҳад, ки онҳо ба суръатҳои хеле баланд соҳиб шаванд.

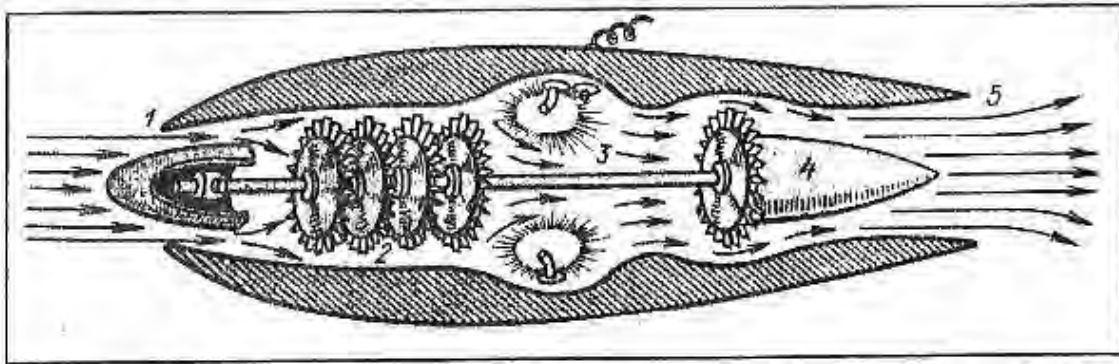
Бо принципи кори мухарриқҳои реактивӣ мо аллақай шинос ҳастем. Дар ин ҷо бо якчанд намуди мухарриқҳои реактивӣ шинос мешавем.

Яке аз намудҳои содаи онҳо мухарриқи ҳавоӣ-реактивии шориаиаш рост аст (расми 122). Вай аз лӯлае иборат аст, ки дар дохилаш моеи сӯзандаи пошидашуда бо сели ҳаво фишурда шуда, маҷбуран аланга мегирад. Газӣ тафсон аз лӯла бо суръати баланд хорич шуда, мувофиқи Қонуни бақои импульс қувваи реактивиро ба амал меорад. Камбудии чунин мухарриқҳо дар он аст, ки барои ҳосил кардани ҳаракати якбора шитобнок ва қувваи теладиҳанда онро ба тавассути ягон мухарриқи дигар ба кор даровардан лозим мешавад. Мухарриқи ҳавоӣ-реактивии шориаиаш рост ҳангоми суръатҳои тартиби 2000-3000 км/ст самарбахш кор мекунад ва ҳангоми суръатҳои 6000-7000 км/ст ба қувваи



Расми 122

теладиҳандаи калонтарин соҳиб мешавад.



Расми 123

Агар муҳаррики реактиви турбинагӣ бо компрессори ҳаворо ба камераи сӯзиш равонакунанда мучаҳҳаз гашта бошад, онро турбокомпрессор меноманд (расми 123). Ин қабил муҳаррикҳо кайҳо боз дар авиатсия ба кор бурда мешаванд. Ҳангоми ба кор даровардани муҳаррик стартер тири ба турбокомпрессори 2 ва турбинаи газии 4 васлшударо ба гардиш меорад. Ҳавое, ки онро турбокомпрессор дар ҳавочамъкунаки 1 мефишурад, ба камераи сӯзиши 3 мегузарад. Газии тафсон аз турбинаи газии 4 гузашта, компрессорро ба гардиш мебарорад. Газҳо аз шайпураи реактиви 5 хориҷ гашта, қувваи реактивиро ба вучуд меоваранд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Муҳаррики дарунсӯзи бензинӣ аз кадом қисмҳои асосӣ иборат аст?
2. Дар ҳар тақти муҳаррики дарунсӯзи чортакта кадом равандҳо иҷро мешаванд?
3. Ҳангоми кори муҳаррики дарунсӯз вазифаи сарҷарҳ аз чӣ иборат аст?
4. Муҳаррики дизелӣ аз бензинӣ чӣ фарқ дорад?
5. Дар турбинаи бугӣ энергияи дохилӣ чӣ тавр ба энергияи механикӣ табдил меёбад?
6. Фарқи турбинаҳои газӣ нисбат ба бугӣ дар чист?
7. Кадом намудҳои муҳаррики реактивиро медонед?
8. Дар муҳаррики реактивӣ ба сифати хунуккунак ва гармкунак чӣ хизмат мекунад?

⚠️ Машқи 28

1. Буги тафсон бо ҳарорати 600°C ба турбина ворид гашта, бо ҳарорати 40°C аз он мебарояд. Турбинаи бугиро идеалӣ ҳисобида, суди онро муайян кунед.
2. Ҳароратҳои гармкунак ва хунуккунанда мувофиқан 520 ва 20°C бошанд, пас барои аз гармкунак ҳосил кардани 10^7J миқдори гармӣ кадом кор бояд иҷро шавад? Мошини ҳароратиро идеалӣ қабул кунед.
3. Сели ҳавое, ки аз сатҳи Замин паҳн мешавад, гуё ягон муҳаррики ҳароратиро менамояд. Қисмҳои асосии системаи мазкурро, ки ба ҳар як муҳаррики ҳароратӣ хос аст, нишон диҳед.

§ 55. Мошинҳои ҳароратӣ ва муҳофизати муҳити зист

Мошинҳои ҳароратиро дар хоҷагии халқ ба таври васеъ истифода мебаранд. Тепловозҳо дар роҳҳои оҳан, теплоходҳо дар роҳҳои обӣ воситаҳои хуби нақлиётанд. Автомобилҳои мучаҳҳаз бо муҳаррикҳои дарунсӯз борҳою мусофиронро мекашонанд. Тайёраю чархболҳо бо муҳаррикҳои поршендор, турбовинтӣ, турбореактивӣ кор мекунанд. Бо ёрии муҳаррикҳои реактивӣ радиҳои маснуъ, киштиҳо ва стансияҳои кайҳонӣ ба мадор бароварда мешаванд. Муҳаррикҳои дарунсӯз дар хоҷагии қишлоқ асоси механикони равандҳои истеҳсолианд. Трактор, комбайн, насосҳои стансияҳои гуногун бо муҳаррикҳои дарунсӯз кор мекунанд.

Ҳангоми дар мошинҳои ҳароратӣ сӯختани сӯзишворӣ миқдори зиёди оксиген сарф мешавад. Барои сӯзиши сӯзишвориҳои гуногун аз 10 то 25% оксигене сарф мешавад, ки онро растаниҳо ҳосил мекунанд.

Мошинҳои ҳароратӣ на фақат оксигенро кам мекунанд, балки инчунин миқдори зиёди оксиди карбон (гази карбонат)-ро низ ба атмосфера хориҷ мекунанд. Дар танурҳои коргоҳҳои саноатӣ ва нерӯгоҳҳои барқӣ – аловӣ сӯзишворӣ ҳеҷ гоҳ пурра намасӯзад ва захролудшавии ҳавои муҳити зисти мо ба боқимондаҳои носӯхтаи сӯзишвориҳо вобастагӣ дорад. Ҳоло дар рӯи замин дастгоҳҳои муқаррарии энергӣ ҳар сол 200-250 млн. тонна дуда (хокистар) ва қариб 60 млн. тонна оксиди сулфур (SO_2)-ро ба атмосфера хориҷ мекунанд.

Ғайр аз коргоҳҳои саноатӣ ҳаворо инчунин намудҳои гуногуни нақлиёт, махсусан нақлиёти автомобилӣ захролуд мекунанд. Нафасгирии аҳолии шаҳрҳои калон аз газҳои хориҷгаштаи муҳаррики автомобилҳо душвор мегардад.

Дар тамоми мамлакатҳои ҷаҳон, ки саноати тараққикардадоранд, ҳоло барои кам кардани захролудшавии ҳаво чораҳо меандешанд ва роҳҳои пешгирии онро ҷустуҷӯ мекунанд. Дар мамлақати мо низ ба ин масъала диққати ҷиддӣ дода мешавад. Хусусан баҳри ба атмосфера ҳамроҳ нагаштани дудҳои гализ муборизаи қатъӣ бурда мешавад. Минбаъд тамоми марказҳои барқу гармӣ, ки амал мекунанд ё акнун сохта мешаванд, бо таҷҳизоти газтозакунанда ва чангҳоро ҷамъкунанда мучаҳҳаз мешаванд. Дар ҷойгиркунии марказҳои барқу гармӣ чораҳои зарурӣ меандешанд,

онҳоро аз шахр берун сохта, байни онҳо ва мавзеъҳои аҳолиниш майдонҳои сабзор бунёд мекунанд.

Ҳоло барои паст кардани захираҳои ҳаво аз газҳои хориҷшудаи муҳаррикҳои автомобилҳо корҳои зиёд ба анҷом мерасанд. Ба муҳаррикҳо филтрҳои махсус мегузоранд, намудҳои нави муҳаррикҳои газотурбинӣ, роторӣ ва ҳатто бугӣ сохта мешаванд. Вале дар оянда электромобил ва автомобилҳои бо нитроген коркунанда бештар ба мақсад мувофиқанд. Дар мамлакатҳои гуногун аллакай автомобилҳои муҳаррикҳои электрикӣ ё нитрогенидошта сохта шудаанд ва санҷиши амалии онҳо давом дорад.

❗ Хулосаҳо аз фасли «Асосҳои термодинамика»

1. Энергияи дохилии ҷисм бо роҳи мубодилаи гармӣ бо ҷисмҳои атроф ё ҳангоми иҷрои кори механикӣ тағйир меёбад.

Тағйирёбии энергияи дохилиро ҳангоми мубодилаи гармӣ бе иҷрошавии кор аз рӯи формулаҳои зерин ҳисоб кардан мумкин аст:

$$\Delta U = cm(T_2 - T_1) - \text{ҳангоми гармкунӣ ё хунуккунӣ};$$

$$\Delta U = \lambda m - \text{ҳангоми ғудозиш ё сахтшавӣ};$$

$$\Delta U = rm - \text{ҳангоми бугҳосилкунӣ ё конденсатсия};$$

$$\Delta U = qm - \text{ҳангоми сӯختани сӯзишворӣ}.$$

2. Агар дар мубодилаи гармӣ якчанд ҷисмҳо иштирок дошта бошанд, пас миқдори гармие, ки ҷисмҳо медиҳанд, бояд ба миқдори гармии ҷисмҳои дигаргирифта баробар бошад (муодилаи мувозанати гармӣ).

3. Тағйирёбии энергияи дохилӣ ба суммаи миқдори гармии ба ҷисм додашуда ва кори зидди қувваҳои берунӣ иҷрошуда баробар аст (қонуни якуми термодинамика).

4. Газ ҳангоми васеъшавӣ кореро иҷро мекунанд, ки он ададан ба масоҳати сатҳи бо графикаи ин раванд маҳдудшуда баробар аст.

5. Ҳангоми тағйироти изобарии ҳолати гази идеалӣ миқдори гармии ба он додашуда қисман барои зиёдшавии энергияи дохилӣ ва қисман барои аз тарафи газ иҷро намудани кор сарф мешавад ($Q = \Delta U + A$). Ҳангоми раванди изохорӣ тамоми миқдори гармии ба газ додашуда барои тағйирёбии энергияи дохилӣ $|Q = \Delta U|$, вале дар раванди изотермӣ фақат барои иҷрошавии кор $|Q = A|$ сарф мешавад. Раванди адиабатӣ бе мубодилаи гармӣ бо муҳити атроф мегузарад ва

ҳангоми чунин раванд газ фақат аз ҳисоби энергияи дохилии худ кор иҷро менамояд.

6. Дар ҳамаи мошинҳои ҳароратӣ энергияи дохилии моеи сӯзанда ба энергияи механикӣ табдил меёбад. Барои амалӣ гардонидани ин табдилёбӣ бояд ду қисми ҳароратҳояшон гуногун- гармкунак ва хунуккунак мавҷуд бошанд, то ки байни онҳо мубодилаи гармӣ ба амал ояд.

Агар мошини ҳароратӣ бо даври Карно кор кунад, суд (ККФ)-и бештарин дошта метавонад, ки онро аз рӯи формулаи

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

ҳисоб мекунанд. Ба баландшавии суди мошинҳои ҳароратӣ ҳам аз ҳисоби баландкунии ҳарорати гармкунаку пасткунии ҳарорати хунуккунак ва ҳам аз ҳисоби кам кардани харҷи энергияи сӯзишворӣ ҳангоми сӯзиши нопурраи он ва ғайра муваффақ шудан мумкин аст.



Машқи 29 (барои ҳалли мустақилона)

1. Массайи молекулаи гидроген ба $3,3 \cdot 10^{-27}$ кг баробар аст. Гидрогенро гази идеалӣ ҳисобида, ҳангоми миқдори ҳаҷмии молекулаҳо 10^{25} м^3 ва 700 м/с будани суръати квадратии миёнаи молекулаҳо фишори газро муайян кунед.

2. Ҳаворо гази идеалӣ ҳисобида, миқдори ҳаҷмии молекулаҳои онро ҳангоми шароитҳои муқаррарӣ ҳисоб кунед.

3. Зичии гази неон дар лампаи неонӣ ҳангоми $5 \cdot 10^3 \text{ Па}$ будани фишор $0,05 \text{ кг/м}^3$ аст. Ҳарорати неонро муайян кунед.

4. Массайи буги сери обро дар 1 м^3 ҳаво ҳангоми 20° С будани ҳарорат муайян кунед.

5. Барои аз сатҳи моеъ ҷудо кардани ҳалқаи кутраш 5 см қувваи 16 Н лозим аст. Аз рӯи ин маълумот қувваи кашиши сатҳро муайян кунед.

6. Сими алюминий, ки 2 м дарозӣ ва буриши арзии 4 мм^2 дорад, таҳти таъсири бори овехташуда 1 мм дароз шуд. Қувваи чандириро муайян кунед, ки дар сим пайдо мешавад. Модули чандирии алюминий $0,71 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ аст.

7. Ба гази идеалие, ки зери поршен дар устувона аст, бояд чӣ қадар миқдори гармӣ дода шавад, ки энергияи дохилиаш ба 100 Ҷ зиёд шавад ва газ 200 Ҷ кор иҷро намояд.

8. Дар калориметр $0,5 \text{ кг}$ оби ҳарораташ 10° С мавҷуд аст. Ба об 1 кг

яхе, ки -30°C ҳарорат дорад, андохтаанд. Агар гармигунҷоиши калориметрро ба эътибор нагирем, пас дар он ҳарорат чӣ қадар мешавад?

9. Мошини ҳароратӣ, ки судаш (ККФ) 25% аст, аз гармкунак 800°C гармӣ мегирад. Вай чӣ қадар кори фоиданок иҷро мекунад?

10. Қимати максималии суди мошини ҳароратиеро ҳисоб кунед, ки гармкунаки он 427°C ва яхдонаш 27°C ҳарорат дорад.

11. Дар зарфи ҳаҷмаш 1 м^3 1 мол гази идеалӣ мавҷуд аст. Агар фишори газ 10^5Па бошад, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он чӣ қадар аст?

12. Газ дар ҳарорати 100°C ҳаҷми 200см^3 -ро ишғол мекунад. Таҳти ҳамон як фишор ҳангоми 0°C газ кадом ҳаҷмро ишғол мекунад.

13. Барои оби массааш 10 кг -ро, ки ҳарорати ибтидоиаш 20°C аст, дар зарфи сатҳаш кушода то ҷӯшидан гарм кардан ва ба буг табдил додан чӣ қадар гармӣ лозим аст?

14. Баландии сутуни об дар найчаи капиллярии шишагин дар сатҳи Замин 1 см аст. Дар ҳамон найча об дар сатҳи Моҳ ба кадом баландӣ мебарояд?

15. Энергияи дохилии 4 кг гелий ҳангоми ҳарорати 127°C чӣ қадар аст?

16. Буги тафсон бо ҳарорати 600°C ба турбина дохил шуда, бо ҳарорати 40°C аз он хориҷ мешавад. Мошини ҳароратиеро идеалӣ ҳисобида суд (ККФ)-и онро муайян кунед.

17. Магар мошини ҳароратиеро бе хунуккунак сохтан мумкин аст. Барои чӣ?

ҚИСМИ Ш. ЭЛЕКТРИК

3.1. МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

§ 56. Қонуни бақои заряди электрикӣ

Мо аллақай медонем, ки ду қисми гуногун ҳангоми соиш заряднок мешаванд. Дар айни ҳол яке заряди мусбат, дигаре заряди манфӣ мегиранд. Агар то расиши байни ҳамдигарӣ онҳо безаряд бошанд, пас заряди мусбати қисми яқум айнан ба заряди манфӣ гирифтаи қисми дуюм баробар мешавад.

Ҳамин тавр заряднокшавӣ ҳангоми расиш (тамос) моҳиятан раванди тақсимшавии зарядҳои электрикиро байни қисмҳои расидаистода ифода мекунад, ки дар натиҷа дар якеи онҳо зарядҳои мусбат ва дар дигар зарядҳои манфӣ ҳам мешаванд. Миқдори умумии зарядҳои манфӣю мусбат, ки дар қисмҳо мавҷуд аст, бетағйир мемонад ва онҳо байни қисмҳо тақсим мешаванд. Як қисм ҳангоми расиш чӣ қадар электронҳои худро гум кунад, қисми дигар ҳамон қадар электронҳоро пайдо мекунад.

Яъне, зарядҳои электрикӣ худ аз худ пайдо ва нест намешаванд, онҳо танҳо аз як қисм ба қисми дигар мегузаранд. Аз ин рӯ суммаи алгебравии зарядҳо, ки ҳангоми ҳар гуна раванди электрикӣ дар тамоми қисмҳои дар раванд иштироккунанда ба вуҷуд меоянд, ҳамеша ба сифр баробар аст. Қонуни бақои зарядҳои электрикӣ аз ҳамин иборат аст.

Ҳеч гоҳ ва дар ҳеч ҷо ҳангоми таъсири байнихамдигарии қисмҳо мумкин нест, ки зарядҳои аломати якхеладошта пайдо шаванд ё онҳо якдигарро нест кунанд. Пайдоиши заряди мусбати электрикӣ ҳама вақт бо пайдоиши заряди дигаре, ки қимати мутлақи якхела ва аломати манфӣ дорад, анҷом меёбад. Ҳангоми расиши қисмҳои гуногунном заряднокшуда зарядҳо бенишон гум намешаванд. Шумораи барзиёди электронҳо аз қисми манфӣ заряднокшуда ба қисме мегузаранд, ки баъзе аз атомҳои он шумораи нокифояи электронҳо доштанд.

Бояд дар назар дошт, ки Қонуни бақои заряди электрикӣ барои системаҳои маҳдуд, яъне системаҳое, ки бо қисмҳои дигар алоқаи электрикӣ надоранд, дуруст буда метавонад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Агар қисми мусбат заряднокшударо бо қисми заряднокнаш манфӣ расонем, пас он безаряд мешавад? Оё дар айни ҳол гуфтаи мумкин аст, ки зарядҳо дар қисм нест шуданд?

2. Қонуни бақои заряди электрикиро таъриф ва шарҳ диҳед.

§ 57. Қонуни Кулон

Ба вучуд омадани қувваҳои кашиш ва талақӯрии ҷисмҳои заряднок дар таъсири мутақобили онҳо зоҳир мешавад. Ҳоло ба тавсифи миқдории ин қувваҳо шурӯъ мекунем.

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки қувваҳои таъсири мутақобили ҷисмҳои заряднок ҳангоми шароитҳои яхела бештар аз шакл ва андозаҳои ин ҷисмҳо вобастагӣ доранд. Вале агар андозаҳои ҷисмҳои заряднок нисбат ба масофаи байни якдигарии онҳо чунон хурд бошад, ки онҳоро чун нуқтаҳои моддӣ қабул кардан мумкин бошад, он гоҳ муайян кардани қувваҳои таъсири мутақобил осонтар мешавад.

Ду заряди нуқтагии электрикӣ байни худ бо қуввае таъсир мекунанд, ки он ба ҳосили зарби бузургии зарядҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст. Ин қувва қад-қадӣ хати росте равона аст, ки он ҷисмҳоро бо ҳам мепайвандад.

Хулосаи мазкур Қонуни Кулонро ифода менамояд. Ин қонунро соли 1785 физики франсавӣ Ш. Кулон (1736-1806) кашф намуд ва аз ин рӯ номи ӯро гирифтааст.

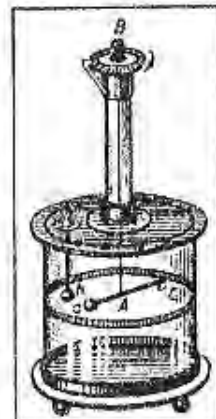
Қонуни Кулонро дар шакли математикӣ ба таври

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (3.1.1)$$

менависанд, ки ин ҷо q_1 ва q_2 бузургии зарядҳо, r -масофаи байни онҳо, k -коэффитсиенти мутаносибиест, ки аз интихоби системаи воҳидҳои ченкунӣ вобастагӣ дорад. Азбаски қимати k доимо мусбат аст, бинобар ин барои зарядҳои гуногунном қувваи манфӣ (кашиш) ва барои зарядҳои ҳамном қимати қувваи мусбат (талақӯӣ) мувофиқ меояд.

Аз Қонуни Кулон (3.1.1) фақат қувваи таъсири мутақобили заряди ҷисмҳои нуқтагии беҳаракатро муайян кардан мумкин аст. Вале ҳар гуна ҷисми заряднокро ҳамчун маҷмӯи нуқтаҳои моддӣ заряднок муоина намудан мумкин нест. Аз ин сабаб қуввае, ки бо он як ҷисми заряднок ба дигараш таъсир мекунад, ба суммаи вектории қувваҳои баробар аст, ки ба тамоми зарядҳои нуқтагии ҷисми дуҷум ҳар як заряди нуқтагии ҷисми якум таъсир мекунанд.

Таъсири мутақобили зарядҳои электрикӣ нуқтагиро Кулон дар тарозуи чархзананда омӯхта буд (расми 124). Тарозуи чархзананда аз милаи шишагин (А)-и ба ресмони борики чандирӣ (В) овекташуда иборат буд. Дар яке аз нӯгҳои мила саққои филизии майда маҳкам карда шуда, дар нӯги дигари он бори саққои филизиро дар мувозинат оранда (порсанг) меистод.



Саққои филизии дуҷум (b) дар шифти тарозу *Расми 124*

беҳаракат маҳкам карда шуда буд. Агар саққохоро заряднок кунем, пас дар зери таъсири мутақобили онҳо мила дар ҳамвори уфуқӣ тоб мехӯрад. Пас, аз рӯи кунчи гардиши милаи А ба қувваи таъсири мутақобили зарядҳо баҳо додан мумкин аст.

Кулон таҷқиқоти худро дар шароите гузаронд, ки дар он қувваи таъсири мутақобили зарядҳо ба қувваи таъсири онҳо дар хало (вакуум) мувофиқат мекард. Таҷрибаҳои минбаъда нишон доданд, ки муҳити зарядҳоро ихотақунанда қувваи таъсири мутақобили онҳоро тағйир медиҳад. Агар фазои байни зарядҳо бо ягон модда (масалан, карасин, об, равшан, шиша ва ҳоказо) пур карда шавад, он гоҳ қувваи таъсири мутақобили зарядҳо кам мешавад. Ба ин тағйирот аз рӯи муқоисаи қувваҳои таъсири байни зарядҳо дар хало F_0 ва муҳит F баҳо додан

мумкин аст. Нисбати қувваҳо $\frac{F_0}{F}$ -ро нуфузпазирии диэлектрикии муҳит номида, бо ε ишорат мекунанд:

$$\boxed{\varepsilon = \frac{F_0}{F}} \quad (3.1.2)$$

Аз (3.1.2) бармеояд, ки ε - бузургии беандоза (беченак) аст. Дар асоси (3.1.2) Қонуни Кулон намуди зерин мегирад.

$$\boxed{F = \frac{F_0}{\varepsilon} = k \frac{q_1 q_2}{r^2 \cdot \varepsilon}} \quad (3.1.3)$$

Қимати ε дар хало 1, карасин 2, қоғози хушк 22,5, об 80 ва ғайра аст.

Барои дар муҳитҳои гуногун ҳисоб кардани қувваи таъсири мутақобили зарядҳо қимати k -ро доништан зарур аст.

Тавре, ки хотирнишон кардем, қимати k аз интихоби воҳидҳои ченкунии бузургӣҳо вобаста аст. Дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СБ) қувва бо нютонҳо ва масофа бо метрҳо чен карда мешаванд. Дар ин маврид зарядро бо кулонҳо чен мекунанд. Ба хотир меорем, ки 1 кулон (1 Кл) чунин зарядест, ки он ҳангоми 1А будани қувваи ҷараён дар муддати 1с аз буриши арзии ноқил мегузарад. Қувваи таъсири мутақобили ду зарди маълумро, ки нисбат ба якдигар дар хало дар ягон масофа ҷойгиранд, муайян карда, аз рӯи формулаи (3.1.1) k -ро ҳисоб кардан мумкин аст.

$$k = \frac{F \cdot r^2}{q_1 q_2}$$

Дар асоси чунин таҷрибаҳо муайян гаштааст, ки дар системаи