

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ
ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Гулистон Давлат Университети

«МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА»

**фани бўйича замонавий педагогик
технология асосида ёзилган маъруза матнлари**

Гулистон – 2014

«Молекуляр физика» фани бўйича замонавий педагогик технология асосида ёзилган маъруза матнлари.
Гулистон. 2014. - 104 бет.

В 440100 – Физика таълим йўналишида тахсил олаётган талабалар учун мўлжалланган. Маъруза матнлари туплами Гулистон давлат университети Илмий Кенгаши тамонидан («_____» _____ 2014 йил _____ - сонли баённома) нашрга тавсия этилган.

Тузувчи: «Умумий физика» каф.доц. А.Абдуллаев

Такризчилар: УзМУ физика факультети,

**ГулДУ «Умумий физика» каф. доц.
Ш. К. Ниезов**

С

ГулДУ

1-Машгулот

Маъруза номи: Молекуляр физикага кириш. (2-соат)

Мавзу режаси:

1. Молекуляр физика предмети.
2. Модда хақида молекуляр кинетик тасавурлар ва уларнинг ривожланиши.
3. Модда хоссаларини урганишда статистик, динамик ва термодинамик усулларнинг кулланилиши.
4. Макроскопик ва микроскопик параметрлар.

Таянч сузлар ва иборалар.

Молекуляр физика, Термодинамика, Молекула, Атом, Кимёвий элементлар, Агрегат ҳолатлар, Термодинамик усул, Макро ҳолат, Макроскопик параметрлар, Молекуляр ҳаракат, Иссиклик ҳаракати, Ҳоитик ҳаракат, Молекуляр кинетик назария. Динамик усул, Статистик усул, Ички ва ташқи параметрлар диссоциация. Микроскопик параметрлар.

1. 1. 1. Биринчи асосий савол:

Молекуляр физика предмети.

1. 2. Асосий саволнинг максоди: Умумий физика курсининг молекуляр физика бўлимида урганиладиган масалалар, модданинг табиати ва хоссаларини урганишда молекуляр физика ва термодинамиканинг вазифалари тугрисида тушунча бериш.

1. 3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Молекуляр физика предмети тугрисида тушунча мустаҳкамланади.
2. Термодинамикада урганиладиган масалалар қуриб чиқилади.

1. 4. Мавзунинг баёни:

Кириш

Умумий физика курсининг молекуляр физика ва термодинамика деб аталадиган бу бўлимида жисмларда содир буладиган ҳаракатнинг молекуляр шакли, яъни жисм таркибига қирувчи қўп сонли зарралар ҳаракатига боғлиқ бўлган ҳаракат шакли урганилади. Бунда иккита масала назарда тутилади.

- 1) Молекуляр ҳаракат шаклининг хусусиятларини.
- 2) Ўлкан миқдордаги заррачалар тупламини урганиш усулларини ва тегишли тушунчаларни билиб олиш.

Термодинамика жисмдаги иссиқлик ҳодисаларини урганади, лекин бунда у модданинг тузилиши ва иссиқликнинг физик табиати тугрисида ҳеч қандай тасаввурлардан фойдаланмайди ва у иссиқликни яхлит бирор ички ҳаракат тури деб қарайди.

Молекуляр физика, аксинча, жисмларнинг хоссаларини шу жумладан. иссиқлик ҳодисаларини ҳам, уларнинг атом-молекуляр тузилиши билан боғлаб урганади ва иссиқликни атом ва молекулаларнинг тартибсиз ҳаракати натижаси деб қарайди.

1. 4. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Молекуляр физика предмети нималарни ургатади.
2. Нима учун модданинг тузилиши ва ҳоллари ҳақидаги фан молекуляр физика ва термодинамика каби бўлимларга бўлинади?

3. Молекуляр физика нимани урганади?

- А) Модданинг молекулалардан тузилишини ургатади.
- В) Молекулаларнинг ҳаракат турларини ургатади.
- С) Модда таркибига кирувчи зарраларнинг ҳаракат шаклининг хусусиятларини ургатади.
- Д) Модда атомлар ва молекулалардан иборат деб қарайди.
- Е) Билмайман.

4. Модда тузилиши ҳақида қандай тасаввурлар бўлган

1. 5. Мустақил ишлар учун саволлар.

- 1. Моддалар ҳақидаги молекуляр кинетик назария намоёндалари. [2] 5-7 бетлар
- 2. Микроскопик ва макроскопик параметрлар. [3] 5-7 бетлар

1. 2. 1. Иккинчи асосий савол:

Модда ҳақида молекуляр кинетик тасаввурлар ва уларнинг ривожланиши.

2. 1. Асосий саволнинг мақсади: Модда тузилиши тугрисидаги дастлабки тасаввурлар асосида унинг молекула ва атомлардан ташкил топганлиги тугрисидаги тушунчаларнинг шаклланиш босқичлари ва моддаларнинг элементар қисмлари ҳақида маълумот бериш.

2. 2. Идентификатор мақсадлари:

- 1. Атом ва молекула тугрисидаги тушунчага эга бўлади.
- 2. Атом ва молекулаларнинг ўлчамлари билан танишади.
- 3. Молекуляр-кинетик назариянинг моҳиятини билиб олади.

2. 3. Мавзунинг баени:

Модданинг кичик зарраларда тузилганлиги тугрисидаги тасаввурлар 2000 йил аввал юнон олимлари томонидан айтиб утилган (Лукреций, Демокрит,...) кейинчалик Абу Райхон Беруний ва Ибн Синолар ҳам шу фикрларни билдиришган. Лекин улар моддаларнинг хоссаларини уларни ташкил этувчи зарралар ҳаракатига боғлиқ эканлигига боғлай олмаганлар. Бундай тасаввур 19 -асрга келиб юзага келди. Ломоносов асарларида бундай тасаввурлар ўз аксини топди. Моддаларнинг майда зарралар (молекулалар)дан тузилганлиги тугрисидаги тасаввурлар уларнинг амалда кузатиладиган қўллаб хоссаларини тугри тушунириб беришга амқоният яратиб берди. Масалан, ҳароратга қараб, қисмларнинг ҳажмини ўзгариши, газлар диффузияси ва ҳақозо.

Демак, қисмларни бизга туюлгандек, яхлит, бир бутун эмас, балки, ҳатто энг яхши микроскоп билан ҳам қуриб бўлмайдиган даражадаги майда зарралар бир-бирига зич эмас, балки маълум масофада жойлашган деб қараш, қисмлар ҳажми ўзгаришини зарралар орасидаги масофанинг ўзгариши билан изоҳлаш мумкин бўлади. Модданинг бундай майда зарралари молекула деб аталади. (молекула-кичик-юнонча).

XX асрга келиб молекулаларнинг реал мавжудлиги, унинг таркибий қисмларга, атомларга бўлиниши қўллаб тажрибаларда исботланди. Шунингдек, молекулалар ва атомлар орасидаги ўзаро таъсир ва тартибдор қўллари мавжуд бўлиб, бу қўллари қисмларнинг барча хоссаларининг сабаби экани ҳам қўрсатиб берилди. Молекула ва атомлар фақатгина қисмлар таркибида мавжуд бўлиб қолмай, алоҳида ҳолда ҳам мавжуд бўла олар экан. Бундай ҳолатда улар доимо ҳаракатда бўлиб, улар ҳаракати тартибсиз бўлиб, ҳаракат тезлиги газнинг ҳароратига боғлиқ.

Моддаларни хоссаларини молекулалар ёки атомларнинг ҳаракати билан боғлаб урганиувчи тушунчалар молекуляр-кинетик назария деб аталади.

Шундай килиб, молекуляр физика, модда майда зарралар молекулалардан тузилган, бу зарралар бир-бири билан узаро таъсирда булиб, улар узлуксиз ва тартибсиз харакатда булади деб карайди. Атом ва молекулаларни тартибсиз харакати уларнинг иссиклик харакати деб каралади ва бундай харакат модданинг иссиклик хоссаларини белгилайди. Модданинг иссиклик хоссаларини урганувчи булим Термодинмика деб аталади.

Барча моддаларни ташкил килган зарраларнинг узи кандай?

Молекула модданинг барча химиявий хоссаларини узида мужассамлаштирган энг кичик заррасидир.

Молекулалар атомлардан тузилган булади. Хозирги пайтда 106 хил атом топилган. Шулардан 92 таси табиатда учрайди. Колганлари кейинги йилларда сунъий хосил килинган. Булар кимёвий элементларнинг атомларидир.

Молекулалар ва атомларни улчамлари нихаятда кичик, уларни радиуслари $\sim 10^{-8}$ см га тенг булади. 1г сувда $3,3 \times 10^{22}$ та, 1 см^3 ховада $2,7 \times 10^{19}$ та молекула булади. Бундай кичик улчамли зарралар тезлиги нихояаятда катта. Масалан, хона хароратида хаво молекулалар тезликлари уртача 500 м/с га якин булиб, харорат ошиши билан ортиб боради. Молекулаларни хаддадан ташкари куп булиши уларни бир-бири билан жуда тез-тез тукнашиб туришига олиб келади. Масалан, нормал холатдаги хаво молекуласи 1с.да 5000 млн марта тукнашади. Бу деган суз молекула бир тукнашишдан кейингисигача бор-йуги 10^{-3} см гина масофа ута олади. Суюкликлар ичида молекулалар яна хам купрок тукнашади.

Демак, моддаларнинг макроскопик хоссаларини нихоятда куп сондаги молекулалар харакати белгилар экан. Модда тузилишининг молекуляр назарияси нукта назаридан иссикликнинг табиати ана шундай.

Урганиладиган система факат макроскопик булгандагина иссиклик харакати тугрисида гапириш мумкин. Система бир ёки бир неча атомлардан иборат булганда иссиқ харакати тугрисида гапиришнинг маъноси булмайди.

Молекулалар ва атомлар доимо бир бири билан узаро таъсирда булади. Уларнинг узаро таъсир кучлари электрромагнит характерга эга. Узаро таъсир потенциал энергиясининг айрим атом ва молекулаларни кинетик энергиясига нисбатан катта ё кичиклигига караб моддалар газ, суюклик ва каттик холатларда булади. Модданинг бу холати унинг агрегат холатлари деб аталади.

2. 4. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Атом тушунчасини биринчи булиб ким киритган.

А) Лукреций В) Демокрит С) Аристотел Д) Беруний Е) Резерфорд.

2. М.В.Ломоносовнинг модда тузилиши ва иссиклик хакадаги тасаввурларини айтинг.

3. Кандай зарра молекула деб аталади.

А) Модданинг энг кичик зарраси.

В) Атомлардан ташкил топган энг кичик зарра.

С) Модданинг барча кимёвий хоссаларини узида мужассамлаштирган энг кичик булаг.

Д) Энг кичик массали заррача.

Е) Билмайман.

4. Молекуляр- кинетик назария мохияти нималардан иборат.

2.5. Мустакил ишлар учун саволлар.

1. Беруний ва Ибн Синонинг модда тузилиши хакидаги фикрлари ва ишлари.[6] 170 б.

2. Модданинг физикавий ва кимёвий хоссалари хакида тушунча бериш.

[1] 9-12 бетлар

[3] 6-7 бетлар

1. 3. 1. Учинчи асосий савол.

Модда хоссаларини урганишда статистик динамика ва термодинамика усулларининг кулланилиши.

3. 1. Асосий саволнинг мақсади.

Микроскопик улчамдаги куп сонли заррачалар тупламага хос булган хусусиятларни урганишда кулланиладиган усул ҳақида маълумот бериш ва уларнинг макроскопик система ҳолатларини урганишда ишлатиладиган томонларини курсатиб бериш.

3. 2. Идентив үкүв мақсадлари.

1. Моддаларнинг хоссалари унинг таркибига кирувчи микрзарралар хусусиятларидан келиб чиқиши тугрисидаги тушунча мустахкамланади.
2. Макроскопик жисм ҳолатларини урганишнинг динамик, статик ва термодинамик усулларининг моҳиятини билиб олади.

3. 3. Мавзунинг баени:

1. Модда хоссаларини урганиш усуллари.

Куп микдордаги зарралардан ташкил топган системанинг хоссасини урганиш учун молекуляр физика учта усулни назарда тутлади.

1. Динамик усул. Моддани ташкил этган барча зарраларнинг исталган вақтдаги ҳолатини ва тезлигини аниқлаш куп заррали система тугрисида тула ва аниқ маълумот олиш имконини беради. Лекин жуда куп сондаги зарралардан ташкил топган системага бу усулни татбиқ этиб булмайди. Чунки, масалан, 1с да 1 млнта хаво молекуласи ҳолати аниқланганда ҳам 1см^3 даги молекулалар учун 6 млн. йил кетар эди.

2. Статистик усул. Ниҳоятда куп микдордаги заррачалар учун умумлашган характердаги информациядан фойдаланиш мумкин. Бундай информацияга асосланган модда хоссаларини урганиш усули статистик усул деб аталади.

3. Термодинамик усул. Куп заррали системаларни унинг ички тузилишига эътибор бермай урганиш мумкин. Бунинг учун бутун системага тегишли тушунчалар ва физикавий микдорлардан фойдаланиш зарур. Масалан, ҳажм, босим ва ҳарорат. Бундай усул термодинамик усул деб аталади.

3. 4. Назорат топшириклари.

Блум таксономияси.

1. Модданинг хоссаларини урганишда нима учун динамик усулдан фойдаланиш мумкин эмас?
2. Куп сонли зарралар туплами учун математик статистика усулларини куллаш заруратини айтиб беринг.
3. Модданинг қандай хоссаларини урганишда термодинамик усулдан фойдаланилади?
А) Иссиқликдан кенгайиш. В) Иссиқлик утқазувчанлик. С) Иссиқлик
Д) Исиғанда иш бажариш. Е) Энергетик хоссаларини

3. 5. Мустақил ишлар учун саволлар:

1. Микроҳолатларнинг эҳтимоллиги. [2] 43-55 бетлар.

1. 4. 1. Тўртинчи асосий савол.

Макроскопик ва микроскопик параметрлар.

4. 2. Асосий саволнинг мақсади.

Модданинг ҳолатини аниқлашда унинг ҳар бир заррасининг ҳаракат тавсифларини билиш муҳим аҳамиятга эга эканлигини курсатиш билан бирга бу ишни амалга ошириш аввало, мантиқан маънога эга эмаслигини, сунгра

заррачаларнинг ҳаракатини тасвифловчи катталикларнинг уртача кийматидан фойдаланиш система ҳолатини белгилашда етарлиқ эканлигини курсатиб бериш.

4. 3. Идентив укӯв максадлари:

1. Микрозаррачалар ҳақидаги тушунча мустаҳкамланади.
2. Макросистема микросистеманинг умумлашган ҳоли эканини билиб олади.
3. Модда ҳолатини микрозарраларга тегишли катталиклар билан ифодалаш мумкинлигини билиб олади.

4. 4. Мавзунинг баени:

Макроскопик ва микроскопик параметрлар.

Маълумки механикада системанинг оний ҳолати уни ташкил қилган зарраларнинг координатлари ва тезликлари билан аникланади. Молекулляр физикада ҳам система ҳолатини уни ташкил қилган барча атомлар ва молекулалар, шунингдек, электронлар, атом ядроларнинг ва ҳакозоларнинг вақтнинг ҳар бир пайтидаги координатлари ва тезликларини аниклаш орқали тавсифлаш мумкин. Бунчалик батафсил тавсифланадиган ҳолат динамик ҳолат ёки микроскопик ҳолат деб аталади.

Шундай қилиб ҳар бир заррачанинг ҳолати ва тезлиги билан тавсифланадиган газ ҳолатини микроскопик ҳолат деб аталади.

Бирок системалар улкан сондаги зарралардан ташкил топган ҳолларда улар ҳолатини бундай тавсифлаш ҳеч бир маънога эга эмас. Жумладан, термодинамик системанинг мувозанат ҳолатини уни ташкил этган зарраларнинг ҳолатларини умумий таризда ифодаловчи катталиклар орқали ҳам аниклаш мумкин. Масалан, системанинг босими, зичлиги, ҳаракати, концентрацияси, ҳажми электр ва магнит майдонларининг кучланганлиги шундай катталикларга киради. Бундай катталиклар макроскопик параметрлар деб аталади. Макроскопик параметрлар воситасида тавсифланадиган ҳолат макроскопик ҳолат ёки макроҳолат деб аталади.

Макроскопик параметрлар ички ва ташқи параметрларга бўлинади. Ички параметрлар системанинг ички ҳолатини белгилайди. Ташқи параметрлар билан системага таъсир қилаётган ташқи жисмлар ва куч майдонлари характерланади.

Газ камалган идиш ҳажми унинг деворлари ҳолати билан аникланади. Бу ташқи параметрдир. Газнинг идиш деворига босими унинг молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати тезликларига боглиқ бўлади. Бу ички параметрдир.

Агар газ куп атомли бўлса, уни киздирганда молекулалар атомларга парчаланади, яъни молекулалар диссоцияланади. Диссоцияланган молекулалар сонини уларнинг умумий сонига нисбати диссоцияланиш даражаси деб аталади. Газ яна ҳам киздирилса унинг атомлари ионлашади - зарядланган ионлар ва электронларга парчаланиб кетади. Ионлашган атомлар сонини умумий атомлар сонига нисбатан ионлашиш даражаси деб аталади. Газларнинг диссоцияланиш ва ионлашиш даражалари-ички параметрлар ҳисобланади. Газ электр майдонида кутбланади, магнит майдонда эса магнитланиб, газнинг электр ва магнит майдонлари пайдо бўлади. Булар ҳам ички параметрлардир. Лекин газ жойлашган электр ва магнит майдонларнинг кучланганликлари-ташқи параметрдир.

Моддани ташкил этувчи зарралари сони модда микдорини белгилайди. Модда микдори **мол** деб аталади. 1 **Мол** моддани шундай микдорики, ундаги зарралар сони 0,012 кг углерод ^{12}C даги зарралар сонига тенг. Демак, ҳар қандай моддани 1 Молида бир хил сондаги зарралар бўлади. Бу сон Авогадро сони деб аталади. ^{12}C да 12 та элементар зарра бор (протон + неутрон). Ҳар бирининг массаси $M_a = 1,6 \times 10^{-27}$ кг. Шундай қилиб, 0,012 кг ^{12}C даги зарралар сони

$$N_A = 0,012 / 12 m_0 = 10^{-3} / m_0 \text{ кг} \times \text{мол}^{-1} = 6,02 \times 10^{23} \text{ мол}^{-1}.$$

^{12}C нинг битта молекуласи массаси: $m_a = 12 \times m_0 = 2 \times 10^{-26}$ кг. Бундан

¹² С нинг моляр массаси

$$\mu = m_o \times N_A = 2 \times 10^{-26} \times 6,02 \times 10^{23} = 12 \times 10^{-3} \text{ кг / мол.}$$

Шундай килиб, моляр масса $\mu = m_{\text{мол}} \times N_A$ формула билан топилади бу ерда $m_{\text{мол}}$ - молекула массаси. Модда массаси унинг моляр массасига нисбати модда микдори деб аталади, яъни $v = M / \mu$ кг/мол. Модда микдори берилган M массали моддада канча мол борилигини ифодалайди. Берилган моддадаги молекулалар сони $n = M / m_{\text{мол}} = M \times N_A / m_{\text{мол}} \times N_A = v \times N_A$ га тенг булади.

Мисол -1. Сувнинг нисбий массаси $M_2 = 18 \times 10^{-3}$ кг/мол.

Моляр массаси $M = 18 \times 10^{-3}$ кг/мол. 1 кг сувдаги моллар сони

$$v = 1 \text{ кг} / 18 \times 10^{-3} = 55,6 \text{ мол}$$

Молекула массаси $m_o = M_2 \times m_{\text{маб}} = 18 \times 1,6 \times 10^{-27} = 2,99 \times 10^{-26}$ кг.

1 г даги молекула сони $n = M / m_o = 1 \times 10^{-3} \text{ кг} / 2,99 \times 10^{-26} \text{ кг} = 3,33 \times 10^{22}$ та молекула бор.

Ёки $n = v \times N_A = 0,056 \text{ мол} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ мол}^{-1} = 3,33 \times 10^{22}$ та.

Мисол 2: сувнинг битта молекуласи хажми $\Delta V = 3 \times 10^{-29} \text{ м}^3$ булса, сув зичлиги топилсин:

$$\rho = m_o / \Delta V = 10^3 \text{ кг / м}^3.$$

4. 5. Назорат топшириклари.

Блум таксономияси.

1. Микрозаррачага мисол келтиринг.
2. Макросистемага мисол келтиринг.
3. Куйидаги тушунчалардан қайси бири макросистемага, қайси бири макросистемага тегишли.

1) атом массаси, 2) молекуляр масса, 3) молекула тезлиги, 4) Авогадро сони.

Микросистема: А) 1,2, В) 2,3, С) 1,2,3, Д) 1,4, Е) 1,3,4,

Макросистема: А) 1,2,3, В) 2,4, С) 2,4, Д) 2,3,4, Е) 4

4. 6. Мустакил ишлар учун топшириклар.

1. Системанинг микроскопик ва макроскопик ҳолатлари [2] 33-35 стр

2. Макроҳолатларнинг эҳтимоллиги.

[1] 54-56 бетлар

[2] 43-55 стр

2-Машгулот

Маъруза номи: Молекулаларнинг тезликлар буйича таксимоти.

Таксимот функцияси. Максвелл таксимоти. (2 соат)

Маъруза режаси:

1. Таксимот ҳақида тушунча.
2. Молекулалар тезликларининг Максвелл таксимоти.
3. Молекулаларнинг тезликлари.

Таянч сузлар ва иборалар

тукнашувлар сони

эркин югуриш йули

концентрация

тезликлар интервали

таксимот функцияси

тартибсиз (хаотик) ҳаракат

энг катта эҳтимолли тезлик

таксимот эгри чизиги

уртача арифметик тезлик

уртача квадратик тезлик

эхтимоллик

Максвелл

Болцман

2. 1. 1. Асосий саволнинг максоди: Куп сонли заррачалар мухитида зарраларнинг иссиқлик ҳаракати тезлиги хаотик бўлмай, маълум қонуниятга бўйсунганини курсатиб, шу асосида газ молекулаларининг тезликлар бўйича тақсимооти тугрисида тушунча бериш.

2. 2. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Модданинг доимо ҳаракатда бўлган зарраларидан ташкил топганлиги тугрисидаги тушунча мустаҳкамланади.
2. Математик ҳисоблашларнинг соф физик масалаларни ҳал қилишдаги аҳамияти яна бир таъкидлаб утилади.
3. Молекулаларнинг уртача арифметик, уртача квадратик ва энг катта эҳтимолий тезлиги тугрисида маълумотга эга бўлади.

2. 3. Мавзунинг баени:

Тақсимоот ҳақида тушунча

Идеал газдан иборат система берилган бўлсин. Маълум бир моментда бундаги сон-саноксиз молекулалар тартибсиз ҳаракати ва ўзаро тўқнашувлари туфайли улар ичида турли тезликка эга бўлган молекулалар учрайди. Улар ичида тез молекулалар ҳам, секин молекулалар ҳам учрайди. Бошқача айтганда молекулалар тезликлар бўйича тақсимланган бўлади. Молекулалар ҳаракати тартибсиз ва уларнинг тўқнашуви тасодифий бўлишига қарамай уларнинг тезликлари бўйича тақсимооти тамомила аниқ бўлишини назария ва тажрибалар курсатади. Унинг характериға молекулалараро таъсирлар, ҳатто ташки майдонлар ҳам таъсир курсата олмайди. Молекула 1 секундда 10^7 та тўқнашувни бошидан кечиради. Шу вақт ичида у 10^{-7} м га силжишга улгуради. Бу масофа молекулаларнинг эркин югуриш йули деб аталади. Тезлиги бирор аниқ қийматга эга бўлган айрим молекула тугрисида гапириш маънога эга эмас. Чунки шундай тезликли молекула бўлмаслиги мумкин. Шунинг учун тезликнинг бирор интервалидаги молекулалар сони тугрисида гапирилади ва бу ораликдаги молекулалар сони тезлик интервалининг катталигига боғлиқ, яъни

$$\Delta n = a \times \Delta v \quad (1)$$

бу ерда a - пропорционаллик коэффециенти.

Шунингдек, Δn тезликнинг узига ҳам боғлиқ бўлиши аниқ, яъни катталиклари бирдай бўлган тезликлар интервалида ҳаракатланувчи молекулалар сони турлича бўлади. Масалан, ёши 99-100 билан 30-31 оралигидаги одамлар сони бир хил бўлмаганидек. Шу сабабли (1) даги пропорционаллик коэффециенти a тезликнинг функцияси ҳисобланади, яъни

$$a = f(v)$$

Шунингдек, Δn катталик ҳажм бирлигидаги зарралар сони (концентрацияга) ҳам боғлиқ. Шундай қилиб, (1) ни

$$\Delta n = n f(v) \Delta v \quad (2) \quad \text{деб ёза оламиз.}$$

(2) ни одатда $\Delta n/n = f(v) \Delta v$ (3) қурилишда ёзиш қулай.

Бунда $\Delta n/n$ катталик тезликлари v дан $v + \Delta v$ оралиқда ётган молекулалар улушини билдиради. Бу улуш $f(v)$ функцияга боғлиқ. Шу сабабли $f(v)$ функция **тақсимоот функцияси** деб аталади. Унинг маъноси қуйидагича. $v = 1$ бўлганда $f(v) = \Delta n/n$ функция тезликлари v тезлик яқинидаги тезликлар интервали бирлигида ётган зарралар улушига тенг. Лимитга ўтиб (3) ни қуйидагича ёзамиз.

$$dn/n = f(v) dv \quad (4)$$

(4) дан таксимот функцияси $f(v)$ нинг куйидаги маъноси келиб чиқади. Бу функция катталиги газнинг ҳажми бирлигидаги ихтиёрий молекуласининг v тезлик яқинидаги бирлик тезлик интервалидаги тезликга эга бўлиш эҳтимолдир. Шунинг учун уни эҳтимоллик зичлиги деб юритилди.

Таксимот функциясини Максвелл (1859 й) эҳтимоллик назарияси тасаввуридан келтириб чиқарди. Больцман бу функцияни газ молекулаларининг тукнашувлари асосида келтириб чиқарди.

1. 4. Назорат саволлари. Блум таксономияси.

1. Тукнашувлар сони нима деган савол учун тугри жавобни курсатинг.

- 1) Молекулаларнинг узаро тукнашувлари сони.
- 2) Битта молекуланинг вақт бирлигидаги тукнашувлари сони.
- 3) Ҳажм бирлигидаги барча молекулаларнинг тукнашувлари сони.
- 4) Ҳажм бирлигидаги барча молекулаларнинг вақт бирлигидаги тукнашувлари сони.

А) 1,4, В) 2,3, С) 3,4, Д) 2,4, Е) Барча жавоб тугри.

2. Молекуланинг эркин югуриш йули нима?

- А) Молекуланинг бир секунддаги босган йули.
- В) Молекуланинг эркин ҳаракат қилиб ўтган йули.
- С) Молекуланинг икки кетма-кет тукнашуви орасидаги йули.
- Д) Газ молекуласининг T_1 ва T_2 ҳароратли нукталар орасидаги йули.
- Е) Газ солинган идиш деворига тенг бўлган масофа.

3. Таксимот функцияси маъносини айтиб беринг.

4. Тезлик интервали деганда нимани тушунаси.

1. 5. Мустақил ишлар учун топшириқлар.

1. Молекулаларнинг уртача тукнашувлари сонини ҳисоблаш формуласини чиқаринг. [3] 47 бет.

2. Молекуланинг эркин югуриш йули формуласини чиқаринг. [3] 45 бет.

3. Нормал шароитдаги 1 см^3 ҳажмдаги кислород молекулалари орасида 1сда бўладиган барча тукнашувларни ҳисобланг. [3] 50 бет.

2. 2. 1. Иккинчи асосий савол:

Молекулаларнинг тезликлар буйича Максвелл таксимоти.

2. 2. Асосий саволнинг максоди: Молекулалар тезликларининг Максвелл таксимоти буйича аниқланиши мумкинлигини курсатиб бериш, унинг моҳияти ва физик маъноси билан тушунтириш, бу таксимотни графикда ифодалаш.

2. 3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Қўп сонли зарралар тупламидан иборат системанинг хусусиятларини назарий ҳисоблаш усули билан танишади.
2. Молекулаларнинг тезликлар буйича таксимланиш сабаблари билан танишиши.
3. Айрим заррачага тегишли катталиқлар билан бутун системага тегишли параметрлар орасидаги боғланиш билан танишади.

2. 4. Мазунинг баени:

Молекулалар тезликларининг Максвелл буйича таксимоти.

Бирон идишда идеал газ берилган бўлсин. Унинг молекулалари оғирлик кучи таъсирида факат тик яъни Z уқи бўйлаб ҳаракат қилаётир деб қарайлик. Координата

боши Z_0 да молекулар тезлиги V_{z0} , бирон Z баландликда V_z булсин. Идишдаги молекулалар учун куйидаги энергия сакланиш конунини ёзиш мумкин.

$$mv_{z0}^2/2 = mv_z^2/2 + mgz \quad (1)$$

Кинетик энергиялари $mv_{z0}^2/2$ дан кичик булган молекулалар Z баландликдан юкорига кутарила олмайди. Молекулалар кутарилиши мумкин булган энг юкори баландлик

$$mv_{z0}^2/2 = mgz \quad \text{тенгликдан аникланади, яъни у}$$

$$Z = V_{z0}^2 / 2g \quad \text{га тенг}$$

Z_0 баландликда Z уки буйлаб харакатланаётган молекулаларнинг сони тезликларнинг V_{z0} дан $V_{z0} + dv_{z0}$ интервалида куйидагича аникланади:

$$dn_{z0} = n_{z0} [f(v_{z0}) dv_{z0} \quad (2)$$

Бу ерда n_{z0} - Z_0 баландликдаги хажм бирлигидаги молекулалар сони, V_{z0} -молекулаларнинг Z_0 баландликдаги тезликлари, $f(v_{z0})$ - таксимот функцияси.

Назарий хисоблашлар ва кузатишлар молекуларнинг баландлик буйлаб таксимоти экспоненциал характерга эга булишини курсатади. У холда таксимот функцияси Z баландлик учун куйидагича булади.

$$f(v_z) = A \exp(- mv_z^2 / 2kT)$$

Z_0 учун $f(v_{z0}) = A \exp(- mv_{z0}^2 / 2kT)$, бу ерда A -бирор узгармас сон.

Умумий холда, Z уки буйлаб тезлик ташкил этувчилари буйича молекулаларнинг таксимот функцияси куйидагича булади

$$f(v_z) = A \exp(- mv_z^2 / 2kT) \quad (3)$$

У холда тезликлари тезликнинг z уки буйлаб V_z дан $V_z + dv_z$ гача булган интервалида булган молекулалар улуши

$$dn = n A \exp(- mv_z^2 / 2kT) dv_z \quad \text{ёки} \quad dn/n = A \exp(- mv_z^2 / 2kT) dv_z \quad (4)$$

dn/n ни V_z тезликнинг $-\infty$ дан $+\infty$ гача булган барча кийматлари учун

интеграллаб A нинг кийматини аниклаймиз.

У $A = (m/2\pi kT)^{1/2}$ га тенг эканлигини аниклаш мумкин.

Шундай килиб, (2) даги таксимот функцияси куйидаги куринишни олади.

$$f(v_z) = dn / ndv_z = 1/\sqrt{\pi} (m/2kT)^{1/2} \exp(- mv_z^2 / 2kT) \quad (5)$$

Бу
келтирилган.

функцияни

графики

1-

расмда



(5) формула ва 1- расмдан куришиб турибдики тезликлари О га якин булган молекулалар улуши А га тенг. (Бу унинг физик маъноси.)

Харорат ортиши билан бундай молекулалар улуши камаяди. Огирлик кучининг молекулалар тезликларининг бундай таксимотида ҳеч бир роли йук, (5) формулага g ҳам кирмаган. Огирлик кучи шундай таксимот мавжудлигини “намоён” қилади. Бу таксимот молекулаларнинг хоатик ҳаракатлари туфайли шундай таксимланиши натижасидир.

Энди молекулалар тезликлари X уки буйича V_x дан $V_x + dV_x$ гача, Y уки буйича V_y дан $V_y + dV_y$ гача, Z уки буйича V_z дан $V_z + dV_z$ гача булган интервалда берилган булсин. Молекулалар тезлигини бир вақтнинг узида ҳар учала йуналишда булиши эҳтимоллиги алоҳида йуналишдаги эҳтимоллар купайтмасига тенгдир.

dn_{xyz} ҳажм бирлигидаги молекулалар сони булса, (4) формулага асосан куйидагини ёза оламиз.

$$dn_{xyz} / n = A^3 \exp(-mv^2 / 2kT) dv_x dv_y dv_z \quad (6)$$

бу ерда $V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$ га тенг

А нинг юқоридаги кийматини ҳисобга олиб (6) ни куйидагича ёза оламиз:

$$dn_{xyz} = n(m/2\pi kT)^{3/2} \exp(-mv_z^2 / 2kT) dv_x dv_y dv_z \quad (7)$$

Бу формула ҳажм бирлигидаги молекулалардан канчаси тезликлари V_x ва $V_x + dV_x$, V_y ва $V_y + dV_y$, V_z ва $V_z + dV_z$ интервалда ётган молекулалар сонини курсатади.

(7) формулани бутун газ учун татбиқ этсак, тезликлари V дан $V + dV$ гача булган молекулалар улуши куйидагига тенглигини аниклаш мумкин.

$$dn / n = 4 / \sqrt{\pi} (m/2kT)^{3/2} v^2 \exp(-mv^2 / 2kT) dv \quad (8)$$

Бу формула молекулаларнинг тезликлар буйича **Максвелл таксимоти** конунини ифодалайди. Ундан фойдаланиб, молекулаларнинг тезликлар буйича таксимот формуласини куйидагича курунишда ёзиш мумкин.

$$f(v) = dn/n dv = 4/\sqrt{\pi} (m/2kT)^{3/2} v^2 \exp(-mv_z^2/2kT) \quad (9)$$

Бу функция газ хажми бирлигидаги молекулаларнинг тезликлари айна шу тезликни уз ичига олган тезликларнинг бирга тенг интервалида ётган улушини билдиради. Бу функция $V=0$ ва $V \rightarrow \infty$ да 0 га айланади.



2-расмдан куруниб турибдики, газ молекулаларининг энг кўпи V_0 яқин тезликлар билан харакатланар экан. Шунинг учун **Максвелл таксимоти** эгри чизигининг максимуми **энг катта эхтимолли тезлик** деб аталади.

(9) формуладан куруниб турибдики, таксимот эгри чизиги куруниши газнинг табиати ва хароратга боғлиқ боғлиқ (3-

расм).



3-расмда азот гази учун турли хароратларда молекулаларнинг тезликлар буйича таксимот эгри чизиги келтирилган. Харорат ортиши билан молекулалар тезлиги ортиб бутун эгри чизик катта тезликлар томонга силжийди. Лекин эгри чизик юзаси узгармайди, унинг максимуми эса пасаяди.

Максвелл таксимот функциясини чиқаришда молекулаларнинг узаро тукнашишини ҳисобга олди ва бунда тукнашув натижасида канча молекула тезлигини оширса, шунчаси камайтиради деб фараз қилди. Бу газнинг мувозанат ҳолатига мос келади. Шу сабабли Максвелл (баъзида Максвелл-Больцман) таксимоти **мувозанатли таксимотидир**.

2. 5. Назорат саволлари: Блум таксономияси.

1. Таксимот функциясини чиқаришда қандай чекланишлар ишлатилади?
2. Таксимот функцияси билан Максвелл таксимот қонуни уртасида қандай фарқ бор?
3. Нима учун Максвелл таксимот қонуни мувозанат таксимот қонуни деб юритилади?
4. Таксимот функцияси эгри чизигининг қурилиши қандай параметрларга боғлиқ?

А) хароратга, Б) босимга, С) молекулалар сонига, Д) харорат ва молекулалар тезлигига, Е) молекулалар тезлигига.

2. 6. Мустақил ишлар учун саволлар.

1. Тезликларнинг бирон интервалидаги тезликларга эга булган молекулалар концентрациясини топиш формуласини ёзинг. [3] 33 бет.
2. Максвелл таксимотининг Гаусс таксимотидан фарқини тушунтиринг. [3] 34 бет.

2. 3. 1. Биринчи асосий савол:

Молекулаларнинг тезликлари.

3. 2. Асосий саволнинг макседи: Куп сонли заррачалар тупламидан иборат система хусусиятларини урганишда молекулаларнинг ҳаракатида учратиш мумкин булган тезликлар тугрисида тушунча бериш ва бу тезликларни ифодаловчи асосий формулаларни чиқариш.

3. 3. Идентив укув мақсадлари:

1. Молекулаларнинг тезликлари ҳақидаги тушунча мустаҳкамланади.
2. Уртача арифметик, уртача квадратик ва энг катта эҳтимоллий тезликлар тугрисида билимга эга бўлади.
3. Таксимот функциясида молекулалар тезликларининг улушларининг ҳароратга қараб ўзгариши тугрисида тушунчага эга бўлади.

3. 4. Мавзунинг баени:

Молекулаларнинг тезликлари

Таксимот функциясидан физиканинг энг муҳим булган бир қатор қатталикларини ҳисоблаш мумкин. Жумладан, уртача арифметик тезлик- V , уртача квадратик тезлик $V = \sqrt{v^2}$ ва энг катта эҳтимоллий тезлик- v , ларни ҳисоблаш мумкин.

Таъриф: Уртача арифметик тезлик V деб, ҳажм бирлигидаги ҳамма молекулаларнинг ҳамма тезликларининг йигиндисини ҳажм бирлигидаги молекулалар сонига нисбатига айтилади.

Тезлик интервали V дан $V + \Delta V$ гача бўлсин, ҳажм бирлигидаги молекулалар сони эса $n f(v) dV$ га тенг. (1)

Хар қандай тезликка эга булган барча молекулаларнинг тезликлари йигиндисини топиш учун (1) ни 0 дан ∞ гача булган барча тезликлар бўйича интеграллаш керак.

$$\int_0^{\infty} V n f(v) dv$$

Уртача арифметик тезлик эса таърифга қура

$$V = 1/n \int_0^{\infty} V n f(v) dv = \int_0^{\infty} V f(v) dv \quad (2)$$

Таксимот функцияси урнига

$$f(v) = 4/\sqrt{\pi} (m/2kT)^{3/2} v^2 \exp(-mv_z^2/2kT)$$

ни қуйиб уртача арифметик тезлик учун қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$V = \sqrt{8kT/\pi m} \quad (3)$$

Шу йул билан уртача арифметик тезликнинг бирор компонента (масалан x уки) учун ташкил этувчисининг модулини ҳам аниқлаш мумкин.

$$V_x = \sqrt{8kT/\pi m} \quad (4)$$

(3) ва (4) ни тенглаштирсак $|V_x| = V/2$ келиб чиқади, яъни тезликнинг X -компонентаси модулининг уртача қиймати $|V_x|$ тезликнинг уртача қиймати V дан икки марта кичик булар экан.

Уртача квадратик тезлик.

Молекулаларнинг уртача квадратик тезлиги $\sqrt{V^2}$ ни топиш учун ҳажм бирлигидаги барча молекулалар тезликлари квадратлари йигиндисининг ҳажм бирлигидаги

молекулалар сонига нисбатини ҳисоблаш керак. Бунинг учун (2) дан фойдаланиб куйидагини ёзамиз.

$$V^2 = \int_0^{\infty} V^2 f(v) dv \quad (5)$$

(5) га $f(v)$ ни куйиб, топамиз

$$V^2 = 3kT/m \quad \text{ёки} \quad V = \sqrt{V^2} = \sqrt{3kT/m} \quad (6)$$

Бу уртача квадратик катталиқ учун формуласи.

Бу тезлик квадратининг уртача киймати уртача квадратик тезлик киймати квадратидан 9 % га катта бўлади.

Энг катта эҳтимолли тезлик.

Молекулаларнинг энг катта эҳтимолли тезлиги деб, қуп сондаги молекулалар тезликлари яқин бўлган тезликка айтилади. Бу тезлик молекулалар тақсимои эгри чизигининг максимумига мос келади. Уни топиш учун тақсимот функциясидан олинган ҳосилани 0га тенглаш керак. Математик амаллардан сунг аниқлаймиз:

$$V_0 = \sqrt{2kT/m} \quad (7)$$

(3), (6) ва (7) ни таккослаб топамиз:

$$V = \sqrt{3\pi/8} V_0 = 1,09 V_0 = \sqrt{3/2} V_0 = 1,22 V_0$$

3. 5. Назорат саволлари: Блум таксономияси.

1. Уртача арифметик тезлик маъносини айтиб беринг.
2. Уртача квадратик тезлик маъносини айтинг.
3. Молекуляр уртача квадратик тезлиги билан уларнинг уртача тезликлари уртасида қандай фарқ бор?

А) ҳеч қандай фарқ йук. В) 9% катта. С) 9% кичик. Д) Молекула массасига боғлиқ. Е) билмайман.

4. Берилган ҳароратда қандай тезликга энг қуп сондаги молекулалар эга бўлади?

А) арифметик тезликга В) энг катта тезликга С) уртача квадратик тезликга Е) билмайман.

3. 6. Мустақил ишлар учун топшириқлар.

1. Молекулаларнинг энг катта эҳтимоллий тезлигининг тақсимот функциясида тутган урни. [1] 79 бет.

2. Молекуланинг уртача тезликлари. [1] 74 - 76 бет.

3-Машгулот.

Мавзу номи: Идеал газнинг босими. (4 соат)

Мавзу режаси:

1. Идеал газ молекулаларининг идиш деворига босимни ҳисоблаш.
2. Идеал газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси. Босим бирликлари.

Таянч сузлар ва иборалар.

Босим

кинетик назариянинг асосий

молекулалар тукнашуви	тенгламаси
молекулаларнинг импульслари.	Паскал
умумий импульс	Бар.
уртача тезлик	Симоб устуни,

3. 1. 1. Биринчи асосий савол:

Идеал газ молекулаларининг идиш деворига босимини хисоблаш.

1. 2. Асосий саволнинг максоди: Тартибсиз ҳаракат қилаётган газ молекулаларининг ҳар бирининг идиш деворига тукнашуви натижасида деворга берган импульси асосида бутун газга тегишли булган макроскопик параметр - газ босими келтириб чиқарилади.

1. 3. Индентив ўқув мақсадлари:

1. Механика қонунларининг молекула системаси учун қўлланилиши билан танишади.
2. Молекулаларнинг уртача тезлигининг газ ҳолатининг урганишдаги аҳамиятини билиб олади.
3. Босимнинг турли бирликларини урганади.

1. 4. Мавзунинг баени:

Газ молекулалари томонидан идиш деворига таъсир қилувчи қуч газнинг идиш деворига босимини ифодалайди. Девор юзи қанча катта булса газ томонидан деворга таъсир қилувчи қуч, яъни газ босими шунча катта булади.

Босим деб, молекулалар томонидан деворга қўрсатиладиган Γ қучга нормал булган девор сиртининг юз бирлиги S га тугри келади қучга айтилади, яъни

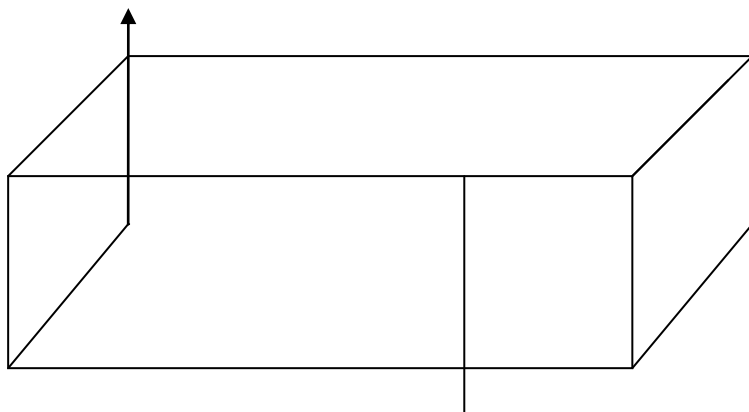
$$P = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Газнинг идиш деворига босими газ молекулаларининг деворлар билан чексиз тукнашувлари натижасидир.

Ҳарчи ҳар бир алоҳида молекуланинг тукнашиш вақтида девор молекулалари билан ўзаро таъсир қучи нолга булсада, механика қонунлари газнинг барча молекулаларининг биргаликдаги уртача таъсир қучини, яъни босимини аниқлашга имкон беради.

Фараз қилайлик газда ажратиб олинган параллелепипед шаклидаги ҳажмнинг X укига тик булган $abcd$ сирти деворига X уки йўналишида ҳаракатланаётган молекулалар таъсир қўрсатаётган булсин. Улар тезликларининг X укига проекцияси X

булсин.



Газдан Δx катламни ажратиб оламиз. Бу катламга деформацияланган девор томонидан Γ куч таъсир килади. Газ ҳам деворга карама - карши йуналишда худди шундай куч билан таъсир курсатади.

Газ молекулалари тартибсиз ҳаракати туфайли вақт ичида танлаган катламга чапдан уннга бирор сондаги молекулалар киради ва худди шунча молекулалар унндан чапга қараб ҳаракатланиб газдан чиқиб кетади. Уларнинг импульслари узаро тенг, лекин карама - карши. вақт ичида газ молекулалари тезликни олишган булсин. У ҳолда

уки буйлаб ҳажмдаги молекулаларнинг ярими чапдан уннга, ярими тескари йуналишда ҳаракатланаётган булади. Агар ҳажм бирлигида n та молекула булса, вақт ичида катламга чапдан уннга та молекула киради. Уларнинг ҳар бири импульсга эга, улар олиб қараётган умумий импульс

Худди шу вақт ичида n та молекула унндан чапга ҳаракатланиб шунча

импульсни олиб кетади. Шундай қилиб, катлам импульсининг узгариши

Катлам импульсининг бу узгариши куч импульси ни ифодалайди.

бундан

(2)

Газ молекулалари турлича тезлик билан ҳаракатланади. Шундай қилиб (2) да урнига унинг уртача қиймати _____ ни оламыз. Шундай қилиб,

(3)

Ҳар бир молекуланинг координата ўқларидаги уртача тезлиги учун _____ деб ёзиш мумкин.
Молекулалар ҳаракати батамом тартибсиз бўлгани туфайли

деб фараз қилиш мумкин. Натижада _____ буни (3) га қуямиз.

Бу тенгликни қуйидагича ёзиш мумкин.

(4)

Бу ерда _____ битта молекуланинг уртача кинетик энергиясидир. Шундай қилиб, газнинг босими ҳажм бирлигидаги газ молекулаларининг уртача энергиясининг $\frac{2}{3}$ қисмига тенг.

2. 5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Босим қучи ва таянчнинг реакция қучи орасидаги боғланишни тушунтириб бериш.
2. Газ босимининг молекулаларининг идиш девори билан тўқнашувига асосланган тарифини бериш.
3. Молекуляр кинетик назарияга асосланган газ босими формуласини курсатинг.
4. Газ молекулаларининг идиш деворига берган умумий импульси формуласини ёзинг ва изоҳланг.
5. Импульс ва қуч импульси орасида қандай боғланиш бор?
6. Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламасини ёзинг.

- | | | | |
|------|------|------|---------|
| 1) | 2) | 3) | 4) |
| A. 3 | B. 2 | C. 4 | D. 1, 4 |
| | | | E. 2, 4 |

3. 2. 1. Иккинчи асосий савол:

Идеал газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси.

2. 2. Асосий саволнинг мақсади: Идеал газ босими формуласининг моҳиятини очиқ бериш, газ босимининг молекулалар кинетик энергиясига ва молекулалар сонига боғлиқлигини курсатиб бериш.

2. 3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Газ босимининг статистик катталиқ эканини билиб олади.
2. Куп сонли зарралар туплами ҳолатини урганишда зарралар ҳулкига киритилган чеклашлар билан танишади.

2. 4. Мавзунинг баёни:

Идеал газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси қуйидагича:

Бу формула алоҳида молекулага тегишли катталиқ билан бутун газга тегишли катталиқ P босим орасидаги боғланишни ифодалайди ва идеал газлар кинетик назариясининг асосий тенгламаси деб аталади.

СИ да босим бирлиги учун шундай босим олинадики, бунда 1 м^2 сиртга унга нормал ҳолда 1 Н қуч таъсир қилади. Бундай бирлик Паскал (Па) деб аталади.

Па жуда кичик бирлик. Ундан катта бирлик **бар** деб аталади.

$$1\text{ бар} = 10^5\text{ Па}.$$

Техникада 1 ат . қабул қилинган. Бу бирлик 1 кг қучнинг 1 см^2 юзага босимига тенг, яъни

$$1\text{ ат} = 1\text{ кг н/см}^2 = 98066,5\text{ Па} = 0,98\text{ бар}.$$

яъни $1\text{ бардан } 2\%$ га фарқ қилади.

Физикавий босим бирлиги атм ҳам бор. У баландлиги 760 мм булган симоб устинининг босимига тенг. (симоб зичлиги $13,5951\text{ кг/м}^3$).

$$1\text{ атм} = 1,01325 \times 10^5\text{ дина/см}^2 = 101325\text{ Па} = 1,01\text{ бар}.$$

Паст босимларни улчаш учун тор бирлик қабул қилинган

$$1\text{ тор} = 1/760\text{ атм} = 133,322\text{ Па} = 1,33 \times 10^3\text{ дина/см}^2.$$

2. 5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Газ босими формуласини чиқаришда молекулаларнинг уртача квадратик тезлиги тушунчасидан фойдаланиш сабабини тушунтиринг.

2. Газ босими формуласини ҳар қандай газ учун ёзинг.

3. Газ босимининг қандай бирликлари бор?

1) Па, 2) Бар, 3) Ат, 4) Атм, 5) Тор, 6) 760 мм симоб устини.

А) 1, 2, 4; Б) 1, 2, 6; С) 1, 4, 6; Д) 1, 4, 5; Е) Барчаси тугри.

4. Физикавий босимнинг тугри тарифини курсатинг.

1) 760 мм симоб устини босими; 2) Симобли барометрда улчанган босим;

3) Баландлиги 760 мм булган симоб устинининг оғирлиги; 4) Баландлиги 760 мм булган симоб устинининг вакуумдаги босими; 5) Баландлиги 760 мм булган симоб устинининг нормал шароитдаги босими.

А) Барчаси тугри, Б) 1,2, С) 5, Д) 4, Е) 3

5. формула нима учун молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси деб ном олган.

2.6. Мустақил ишлар учун саволлар

1. Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси. [2] 22-25 бетлар.

2. Молекулалар тезлиги ва газ босими. [3] 24-25 бетлар.

3. Газ босимини улчаш усуллари. [1] 86-89 бетлар.

4-машгулот.**Мавзу номи: Харорат. (2 соат)****Мавзу режаси:**

1. Газ босими билан харорат уртасида боғланиш.
2. Харорат шкаласини аниклаш.

Таянч суз ва иборалар.

Босим формуласи	абсолют шкаласи
термодинамик жисм	цельсий шкаласи
Репер нукталар	Больцман доимийси
Градус белгиси	Келвин градуси
абсолют харорат	энергия ва харорат

4. 1. 1. Биринчи асосий савол.

Газ босими билан харорат уртасида боғланиш.

1. 2. Асосий саволнинг максоди. Газ босими ва харорат орасидаги боғланиш тажриба натижалари билан боғлаб курсатиб берилади. Хароратнинг физикавий катталик сифатидаги маъноси аникланади. Харорат иссиқлик мувозанати ҳолатини характерловчи катталик эканлиги курсатилади. Жисмларнинг иссиқлик мувозанатига келтирилиши жараёндан табиатнинг муҳим қонуни -иссиқлик мувозанати қонуни ҳақида тушунча берилади.

1. 3. Индентив ўқув мақсадлари.

1. Харорат ва босим орасидаги боғланишни билиб олади.
2. Харорат ва молекуланинг илгариланма ҳаракати энергияси уртасидаги боғланиш тугрисида тушунча олади.

1. 4. Мавзу баени:**Температура**

Куйидаги тенглама

(1)

дан идеал газнинг босими унинг молекулаларининг зичлиги (зичлик ҳажм бирлигидаги молекулалар сони n билан аникланади) ва молекулалар илгариланма ҳаракатининг уртача кинетик энергиясига пропорционал эканлиги келиб чиқади. n узгармас бўлганда, яъни газнинг V ҳажми узгармас бўлганда ($n=N/V$, бу ерда N - идишдаги молекулалар сони) газнинг босими молекулаларнинг уртача кинетик энергиясигагина боғлиқ бўлади.

Шу билан бирга тажрибадан маълумки, газнинг ҳажми доимий бўлганда унинг босимини факат бир усул билан, яъни киздириш ёки совитиш йули билан улчаш мумкин; газ киздирилганда унинг босими ортади, совитилганда эса камаёди. Барча жисмлар сингари киздирилган ёки совитилган газ ҳам уз температураси билан характерланади. Бинобарин, температура ва молекулаларнинг уртача кинетик энергияси орасида боғланиш мавжуд бўлиши керак.

Қундалик ҳаётда температура иссиқни совукдан фарқ қилувчи катталикдир.

Ҳақиқат идиш олайлик. Уларнинг бирига иссиқ, иккинчисига совук ва учинчисига иссиқ ва совук сувларнинг аралашмасини қуяйлик. Бир қулимизни, масалан, ун қулимизни иссиқ сувли идишга, чап қулимизни эса совук сувли идишга ботирамиз. Қуларимизни бир мунча вақт бу идишларда ушлаб туриб, энди учинчи идишга ботирамиз.

Дастлабки иссик ва совук сувли идишларга ботирган кулларимиз бир-биридан ва айни вақтда учинчи идишдаги сувнинг температурасидан фарк килувчи температурага эга эди. Хар бирининг температураси тенглашгунча бир мунча вақт керак булади. Бу вақтдан кейин кулларимиз температураси ҳам бирдай булади.

Бу оддий тажриба температура - иссиқлик мувозанати ҳолатини характерловчи катталик эканини курсатади: иссиқлик мувозанати ҳолатида булган жисмларнинг температураси бир хил булади ва аксинча, бир хил температурали жисмлар бир-бири билан иссиқлик мувозанатида булади. Агар икки жисм кандайдир учинчи жисм билан иссиқлик мувозанатида булса, хар иккала жисм ҳам узаро иссиқлик мувозанатида булади. Бу муҳим коида табиатнинг асосий қонунларидан биридир. Температуранинг улчаш мумкинлиги ҳам анашу қонунга асосланади. Иссиқлик мувозанати ҳолати хар кандай изолатцияланган системанинг утиши муқаррар булган ҳолатдир. Бу ҳолатга эришгандан кейин у узгармайди ва системада ҳеч кандай макроскопик узгаришлар булмайди. Маълумки, иссиқлик мувозанати қарор топиш процесиди, яъни икки жисм температурасининг тенглашиш процесиди иссиқлик бир жисмдан иккинчи жисмга узатилади.

2. 6. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Газ босими ва ҳарорат уртасида боғланиши ифодаловчи тажрибаларга мисоллар келтиринг.
2. Репер нуқталар нима ва уларга мисоллар келтиринг тушунтиринг.

4. 2.1. Иккинчи асосий савол:

Ҳарорат шкаласини аниқлаш.

2. 2. Иккинчи асосий саволнинг мақсади: Ҳарорат ва молекулалар кинетик энергияси уртасидаги боғланиш формулалари ургатилади. Ҳароратнинг энергетик характеристика экани тушунтирилади. Ҳарорат шкалалари ва уларни белгилаш тугрисида маълумотлар берилади. Кельвин ва Цельсий шкалалари уртасидаги боғланиш ва фарқлар курсатиб утилади.

2. 3. Идентив укӯв мақсадлари.

1. Ҳарорат иссиқлик алмашилиш жараёнида бир жисмдан иккинчи жисмга утадиган энергия эканини билиб олади.
2. Молекула ҳаракатини хар бир ташкил этувчига тугри келадиган энергия улушларини билиб олади.

2.4. Мавзу баени:

Температура физикавий катталиклар қаторида алоҳида урин эгаллайди.

Температуранинг улчаш учун илгаридан жисмнинг температураси узгарганида унинг хоссалари ҳам узгаришидан фойдаланиб келинади. Бинобарин, бу хоссаларни характерловчи катталиклар ҳам узгаради. Шунинг учун температуранинг улчайдиган асбоб, яъни термометрнинг яратишда бирор модда (термометрик модда) ва модданинг хоссасини характерловчи маълум катталик (термометрик катталик) танланади. Кандай модда ва кандай катталик танлаш мутлақо ихтиёрий.

Энди температура бирлиги - градусни аниқлаш қолади. Градуснинг улчами куйидагича аниқланади. Яна ихтиёрий ҳолда икки температура танланади - одатда бу музнинг эриш ва сувнинг атмосфера босимида қайнаш температуралари (улар репер нуқталари деб аталади) булади. Бу температура интервалини бирор (яна ихтиёрий)

сондаги тенг кисмларга- градусларга булинади. Шундай тарзда температура шкаласи хосил килинади.

Хозирги замон термометр хисоби (термометрия) газ термометри ёрдамида аникланадиган идиал газ шкаласига асосланган. Газ термометри идеал газ билан тулдирилган берк идиш булиб газ босимини улчаш учун монометр билан таъминланган. Демак, бундай термометрик модда идеал газ, термометрик катталики газнинг узгармас хажмдаги босимидир. Босимнинг хароратга богликлиги чизикли деб кабул килинади. Бунда сувнинг кайнаш хароратидаги газ босими ва музнинг эриш хароратидаги газ босими нинг нисбати шу хароратларнинг нисбатига тенг булади:

бу нисбатни тажрибада осон аниклаш мумкин ва у куйидагига тенг.
бинобарин хароратлар нисбатининг киймати хам шундай булади:

Градус улчами $T - T_0$ хароратлар фаркини юз кисмга булиб топилади:

$$T - T_0 = 100$$

Кейинги икки тенгликдан музнинг эриш харорати T_0 биз танлаган шкала буйича 273,15 градуса, сувнинг кайнаш харорати эса 373,15 градиусга тенг. Газ термометри ёрдамида бирор жисмнинг хароратини улчаш учун жисмни газ термометрига тегизиш керак ва мувозанат булишини кутиб термометрдаги газнинг босими P ни улчаш керак. Бунда газнинг харорати куйидаги формула билан аникланади:

бу ерда P_0 - эриётган музга куйилган газ термометридаги босим.

Агар температура шкаласининг нолида термометрик катталики нолга айланса, бундай шкала **абсолют шкала** деб аталади. Уни купинча Кельвин шкаласи, бу шкаладаги температура бирлигини - Кельвин градуси ёки оддий килиб кельвин деб юритилади (К билан белгиланади).

Техника ва турмушда бошкача температура шкаласидан фойдаланилади. Бу шкала Цельсий шкаласи деб аталади. Бу шкаладан хисобланадиган температура T абсолют температура билан куйидагича богланган:

Шундай килиб, температура-система мувозанат карор топиши процессида тенглашадиган катталикидир. Бирок тенглашиш тушунчасининг узи системанинг бир кисмидан бошка кисмига нимадир узатилишини англатади.

Идеал газ солинган изоляцияланган цилиндр берилган булсин. Мувозанат шароитида цилиндрдаги поршень тинч туради, бунда факат температураларгина эмас, босим хам поршеннинг икки томонида бир хил булади. (1) тенгламага мувофик, p () катталиклар хам бир хил булади:

Энди вақтинча газли цилиндр изоляциясини бузамиз ва унинг кисмларидан бирини, масалан, поршендан чап томонини киздирамиз. Бунда биз поршеннинг чапдан уннга харакатланиб силжиётганини курамиз. Бу иш бажарилаётганини ва бинобарин,

чап булимдаги газдан унг булимдаги газга поршень оркали энергия узатилаётганини билдиради. Демак, иссиқлик мувозанати қарор топиш процессида узатилаётган “нимадир” деганимиз энергия экан. Бирор вақтдан кейин поршеннинг ҳаракати тухтайди. Газ тулдирилган цилиндрда яна бошқатдан мувозанат ҳолати қарор топди. Лекин энди газнинг температураси, шунингдек босими ҳам биз киздиргуниimizгача булган температура ва босимидан юқори бўлади, албатта. Поршень аввалги урнида тухтади, шунинг учун молекулалар концентрацияси p (ҳажм бирлигидаги молекулалар сони) аввалгидек қолди. Бу газни киздириш натижасида факат унинг молекулаларнинг уртача кинетик энергияси ортганини аңлатади. Температуранинг тенглашиши, поршеннинг ҳар икки томонидаги молекулалар уртача кинетик энергияси кийматларининг тенглашишини билдиради. Мувозанатга утишда газнинг бир қисмидан иккинчи қисмига энергия узатилади, бироқ бутун газнинг энергияси тенглашмайди, балки бир молекулага тугри келадиган уртача кинетик энергияси тенглашади. Молекуланинг уртача кинетик энергиясининг узи температура демақдир.

Баён қилинган мулоҳазалар шуни қурсатадики; илгаридан температура номи билан маълум булган қатталиқ аслида молекулаларп илгариланма ҳаракатининг уртача кинетик энергиясидан иборат.

Идеал газ учун қуллағанда температура молекулалар уртача кинетик энергиясининг учдан икки қисмига тенг деб ҳисоблаш қулай, чунки бу газ босими учун (1) формуланинг қуринишини соддалаштиради. Шу тарзда аниқланган температурани ҳарфи билан белгилаб, қуйидагини ёзишимиз мумкин:

Бунда (1) тенглама содда қуринишга келади:

Температурани бундай аниқлашда у албатта энергия бирликларида (СИ системасида - жоуль ҳисобида, СГ бирлиқлар системасида - эрг ҳисобида) улчаниши керак. Бироқ, амалда температуранинг бундай бирлигидан фойдаланиш ноқулай.

Шу сабабли, шунингдек, температура қатталигидан илгаридан, яъни температуранинг асл маъносини тушунтириб берувчи молекуляр-кинетик тасаввурлар ривожлангунга қадар фойдаланиб келингани учун уни (температурани) эски бирлиқларда-гарчи бу бирлиқ шартли бўлса-да, градусларда улчанади.

Бироқ, ҳарорат градусларда улчанса, у ҳолда энергия бирлигини градусларга утқувчи тегишли K коэффицент киритиш керак. Натижада градусларда улчанган T ҳарорат билан уртача кинетик энергия орасидаги боғланиш қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

бундан

(2)

(2) формула молекулага тегишли. Унинг кинетик энергияси илгариланма ҳаракатининг кинетик энергиясидир, бу ҳаракатнинг тезлиги уч ташкил этувчига ажратилиши мумкин. Молекуляр ҳаракатларнинг хаотиклиги туфайли молекуланинг энергияси тезликнинг учала ташкил этувчиси бўйлаб текис тақсимланади дейиш мумкин, бунда ҳар бир ташкил этувчига $1/2 kT$ энергия тугри келади.

Энергия бирлиги билан кельвин деб аталган температура бирлиги орасидаги муносабатни ифодаловчи К купайтувчи-Больцман доимийси деб аталади. Унинг сон киймати куп методлар билан аникланган.

СГС бирликлар системасида

(2) формуладан температуранинг ноли молекулалар тартибсиз ҳаракатининг уртача кинетик энергияси нолга тенг бўлгандаги температура, яъни молекулаларнинг хаотик ҳаракати тухтайдиган температура бўлиши келиб чиқади. Бу температура абсолют температура ҳисоби бошланадиган ва биз юкорида эслатиб утган абсолют ноль температурадир.

(2) формуладан, шунингдек, манфий температуралар бўлиши мумкин эмаслиги келиб чиқади, чунки кинетик энергия- факат мусбат катталиқ.

Газ зарраларининг хаотик ҳаракатлари билан боглик бўлган энергия жуда кам. (2) формуладан ва Больцман доимийсининг келтирилган кийматидан 1 К температурага $1,38 \times 10^{-23}$ Ж энергия мос келиши курилиб турибди. Хозирги вақтда эришилган энг паст (10^{-6} К тартибиди) температурада молекулаларнинг уртача энергияси тахминан 10^{-29} жоулга тенг. Хатто сунъий йул билан олинган 100 миллион градусга яқин температурада (ядро бомбаси портлаганда шундай температурага эришиш мумкин) зарраларнинг энергияси жуда оз - 10^{-15} жоуль булади.

СИ бирликлар системасида температура бирлиги (кельвин) температуранинг “эриётган музнинг температураси- кайнаётган сувнинг температураси” интервали асосида эмас, балки “абсолют ноль- сувнинг учланма нуктаси температураси” интервали асосида аникланади. Сувнинг учланма нуктаси-шундай температураки, бу температурада сув, сув буги ва муз мувозанатда булади. Сувнинг учланма нуктаси температурасининг киймати 273, 16 К га аниқ тенг.

Шундай қилиб, 1 кельвин температура абсолют нолдан сувнинг учланма нуктаси температурасигача бўлган интервалининг $1/273,16$ қисимга тенг.

Сувнинг учлама нуктаси температураси $0,01^{\circ}\text{C}$ га тенг бўлгани учун градуснинг Цельсий ва Кельвин шкалаларидаги улчами бир хил булади ва ҳар қандай температура ёки Цельсий градуси ($^{\circ}\text{C}$) ҳисобида ёки кельвин (К) ҳисобида ифодаланиши мумкин.

2.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1) Газ босими ва ҳарорат уртасидаги богланишни ифодаловчи тажрибаларга мисоллар келтиринг.

2) Репер нукталар нима ва уларга мисоллар келтиринг.

3) Абсолют ноль ҳароратнинг маъносини айтинг.

4) Тугри жавобни курсатинг.

$$1) T = t^0 - 273,15; \quad 2) T = t^0 + 273,15; \quad 3) t^0 = T + 273,15;$$

$$4) t^0 = T - 273,15; \quad 5) t^0 = 273,15 - T; \quad 6) T = 273,15 - t^0;$$

$$A) 1,6; \quad B) 4,5; \quad C) 2,4; \quad D) 2,3,5; \quad E) 5,6;$$

5) Больцман доимийси нечага тенг?

$$A) 1,38 \times 10^{23} \text{ Ж}; \quad B) 1,38 \times 10^{23} \text{ Ж/К}; \quad C) 1,38 \times 10^{-23} \text{ Ж};$$

$$D) 1,38 \times 10^{23} \text{ Ж/К.моль}; \quad E) 1,38 \times 10^{23} \text{ Ж/К.моль};$$

6) Абсолют ноль ҳароратда газ босими қандай кийматга тенг булади?

$$A) 1 \text{ Па га}; \quad B) 1 \text{ атм.га}; \quad C) 0 \text{ га}; \quad D) -273 \text{ Па га};$$

$$E) 760 \text{ мм симоб устунига}.$$

7) Изобарик конуниятга кура газ хажми абсолют ноль хароратда нечага тенг булиши керак.

А) $22,4 \text{ м}^3$; В) $22,4 \text{ см}^3$; С) 0; Д) $1/273 \text{ м}^3$; Е) $-1/273 \text{ см}^3$;

5- машгулот.

Мавзу номи: Идеал газнинг холат тенгламаси. Изожараёнлар (4 соат).

Мавзу режаси:

1. Идеал газнинг холат тенгламаси.
2. Идеал газ конунлари. Изожараёнлар.

Таянч сузлар ва иборалар.

Холат параметри,	Изобарик жараён,
Холат тенгламаси,	Изобаралар,
Моляр масса,	Изохорик жараён,
Менделеев-Клайперон тенгламаси,	Изохоралар,
Изотермик жараён,	Лошмит сони,
Изотермалар,	Нормал босим.

5. 1. 1. Биринчи асосий савол:

Идеал газнинг холат тенгламаси.

1.2. Асосий саволнинг максоди: Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламасидан фойдаланиб идеал газнинг холат тенгламаси чиқарилади ва унинг хусусий холи сифатида холат параметрларининг узгаришлари орасидаги боғланишлар ургатилади.

1.3. Идентив уқув мақсадлари:

1. Молекуляр кинетик назариянинг тенгламасининг тадбири урганилади.
2. Идеал газнинг холат тенгламасини билиб олади.

1.4. Мавзунинг баени:

Газнинг босими p , харорати T ва маълум газ массаси эгаллаган хажми V газнинг холат параметрлари деб аталади. Улар мустакил параметрлар эмас, хар бири колган иккитасининг функциясидир. Бу катталикларни узаро боғловчи тенглама газнинг холат тенгламаси деб аталади ва куйидагича ёзилади:

$$p=f(V,T) \quad (1)$$

Бу параметрларнинг иккитаси хам газ холатини аниқлай олади. Учинчиси эса колган иккитаси билан бир кийматли аникланади.

Газларда содир буладиган турли жараёнларни урганиш ва тахлил этиш учун унинг иккита параметри орасидаги боғланиш график тарзида ифодаланади.

Идеал газнинг холат тенгламасини кинетик назария тенгламасидан келтириб чиқариш мумкин.

(2)

Куриб утдикки

га тенг.

(3)

(3) ни (2) га куйиб

ни хосил киламиз. (4)

Агар V хажмда N та зарра булса,

деб ёзиш мумкин.

У холда (4)

(5) куринишини олади.

(5) да газнинг учта параметри хам бор. Шу сабабли бу тенглама газ холат тенгламаси деб аталади.

Маълумки, молекула массаси m_0 ни N_a га купайтмаси шу модданинг моляр массасини беради, яъни

Агар бирор массали газда молекулалар сони N та булса, унинг N_a га нисбати шу моддадаги моллар сонини беради:

Моллар сони, яъни модда микдорини газ массаси M ни унинг моляр массаси га булиб ҳам топиш мумкин, яъни

Шундай қилиб бундан (6) ни (5) га қуйиб топамиз:

Бунда $N_A = 6,0220943 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$, $\kappa = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Ж/К}$, $R = N_A \cdot \kappa = 8,31 \text{ Ж/моль К}$ деб белгиласак, қуйидагини оламиз:

(7)

Идеал газнинг ҳолат тенгламасининг (7) қуриниши Менделеев-Клапейрон тенгламаси деб аталади. R - универсал газ доимийси деб аталади.

Бир моль газ учун $M =$ булади, шунинг учун

1.5. Назорат саволлари. **Блум таксономияси.**

- 1) Идеал газнинг ҳолат тенгламаси газнинг қайси параметрларини узаро боғлайди?
- 2) Моляр масса билан модда микдори статистик тушунча эканини изоҳланг.
- 3) Идеал газ тенгламасининг қулланилиш чегараларини айтиб беринг.
- 4) Универсал газ доимийсининг маъносини тушунтиринг.
- 5) Бир моль газ учун Менделеев - Клапейрон тенгламасини ёзинг.

5.2.1. Иккинчи асосий савол:

Идеал газ қонунлари. Изожараёнлар.

2.2. Асосий саволнинг максади: Газ ҳолатининг ё узгармас ҳарорат, ё босим ва ёки ҳажм шароитида бошқа икки параметри узгаришлари орасидаги боғланишлар моҳияти ургатилади.

2.3. Идентив укӯв максадлари:

1. Идеал газ қонунларини билиб олади.
2. Изожараёнлар моҳиятини урганади.
3. Авогадро ва Дальтон қонунларини ушлаштиради.

2.4. Мавзу баени:

Газлар табиатини ургаувчи қонунлар газ ҳолат тенгламасидан анча аввал аниқланган эди. Уларни МКН тенгламасидан келтириб чиқариш мумкин.

1. Бойль- Мариотт қонуни.

$T = \text{const}$ булсин газ ҳолатининг бундай узгариши изотермик жараён деб аталади. У ҳолда Менделеев-Клапейрон тенгламаси

да $PV = \text{const}$ булади.

Шундай килиб $PV = \text{const}$. (1) бу изотермик жараёнинг тенгламасидир. Бу боғланишни инглиз олими Р.Бойль ва француз олими Э. Мариотт лар тажриба йули билан аниклаган.

(1) га кура идеал газнинг ҳарорат узгармас булганда босими ҳажмга тескари пропорционал равишда узгаради. (1) формулани газнинг икки ҳолати учун ёзамиз:

$V = f(1/p)$ боғланиш чизиги изотермалар деб аталади. Юқори ҳароратларда бу изотерма чизиги координата бошидан узоклашади.

Газнинг ҳажми узгариши билан босими узгариши хоссаси сиқилувчанлик деб аталади. Температура узгармаганда ҳажм узгаришининг босимининг бир бирликка нисбий узгаришини курсатувчи катталиқ изотермик сиқилувчанлик коэффиценти деб аталади.

Ҳолат тенгламасига асосан бирор газ учун
Бундан

еки

келиб чиқади.

минус ишораси ҳажм ортиши билан босимнинг камайишини курсатади.

2. Гей-Люссак қонуни.

Узгармас босимда идеал газ ҳажмининг ҳароратга боғлиқ ҳолда узгариши изобарик жараён деб аталади. $P = \text{const}$ деб олиб газ ҳолат тенгламасидан қуйидагини ҳосил қиламиз:

(1)

(1) Изобара тенгламаси деб аталади. Изобарик жараёни 1802 йилда француз олими Гей-Люссак топган ва у Гей-Люссак қонуни деб аталади. Бу қонун қуйидагича таърифланади: маълум массали газнинг босими узгармас булганда газ ҳажмининг ҳароратга нисбати узгармасдир.

$T=0$ да $V=0$ булади. $V=f(T)$ боғланишни ифодаловчи чизик изобара деб аталади.

Босим узгармаганда газ харорати бир бирликка узгарганда унинг хажмининг нисбий узгаришини курсатувчи катталиқ хажм кенгайиш коэффициенти деб аталади.

Холат тенгламасидан
келиб чиқади.

булгани учун (1) га асосан

Газнинг $V_1 T_1$ ва $V_2 T_2$ ҳолатлари учун деб ёзиш мумкин.
богланишни ифодаловчи чизик изохора деб аталади.

Бундан ҳосил бўлади.

3. Шарл қонуни.

Идеал газнинг ҳажми узгармас бўлганда унинг босими хароратга тугри пропорционал равишда узгаради. Буни изохорик жараён деб аталади.

Бу қонунни 1787 йилда Ж. Шарль аниқлаган. Идеал газ тенгламасидан:

Бундан маълум массали газнинг ҳажми узгармас бўлганда босимнинг T га нисбати узгармасдир деган ҳулоса келиб чиқади.

Газнинг булган ҳолатлари учун деб ёзиш мумкин.
богланишни ифодаловчи чизик изохора деб аталади. Бу боғланишдан қурилиб турибдики $T=0$ да $P=0$ бўлади.

Лекин паст температураларда ҳар қандай газ суюқликка айланади ва яна паст хароратларда қотади. Бошқача айтганда, модда 0 дан фарқли доимий босимга эга бўлиб қолади. Демак, идеал газ қонуни паст температураларда бузилади.

Авагадро қонуни.

Бирдай босим ва температураларда ҳар қандай газнинг тенг ҳажмидаги молекулалар сони бир хил бўлади.

Бу Авагадро қонуни деб аталади. Исботи учун идеал газ ҳолат тенгламасини икки хил газ учун ёзамиз.

Бу ерда ва лар газларнинг ҳажм бирлигидаги молекулалари сони.
Авагадро қонунига асосан

Бу қонун, аксинча, молекулалари сони бирдай булган турли газларнинг бирдай босим ва бирдай температураларда бирдай ҳажм эгаллаши келиб чиқади. Маълумки, ҳар қандай газнинг бир молида бир хил сондаги молекулалар бор. Демак, ҳар қандай газнинг бир моли бирдай босим ва хароратларда бирдай ҳажмни эгаллайди. Масалан 0^0C ($273,15\text{ K}$) харорат ва 1 атм. ($1,01 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$) босимда ҳар қандай бир моль газ ҳажми

га тенг бўлади.

Бундай шароитдаги газнинг 1 м^3 даги моллар сони

булади.

Бу сон Лошмит сони дейилади.

5. Дальтон конуни.

Бирон идишда бир-бири билан кимёвий реакцияга киришмайдиган турли газлар аралашмаси булсин. Бу аралашма учун ҳолат тенгламаси:

(1)

(1) ни куйидагича ёзиш мумкин:

Бу формула аралашманинг умумий босимини ифодалайди. Бунда

деб олсак, улар аралашмадаги ҳар бир газнинг босимини беради. Шундай қилиб $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$

Демак, ҳар бир газ идиш деворига идишда бошқа газ булмаганидек босим курсатар экан. Ҳар бир газнинг босимини унинг порциал босими дейилади. Шундай қилиб газлар аралашмасининг босими унинг компонентлари порциал босимларининг йигиндисига тенг. Бу ҳулоса Дальтон конуни деб юритилади. Уни 1801 йилда Д.Дальтон яратган.

Етарлича юкори босимлардагина Дальтон конунидан четлатишларни кузатиш мумкин.

2.5. Назорат саволлари.

Б. Блум таксономияси.

1. Изотермик жараёнда газ ҳажми икки марта ортса босими неча марта узгаради?

А) узгармайди В) икки марта ортади С) икки марта камаяди Д) тўрт марта ортади Е) тўрт марта камаяди.

2. Изобарик жараён тугрисида тушунча беринг

3. Лошмит сони нимани ифодалайди?

А) 1 м^3 даги молекулалар сони, В) Ҳажм бирлигидаги молекулалар сони, С) нормал шароитдаги 1 м^3 даги молекулалар сони, Д) 1 моль газдаги молекулалар сони, Е) бирлик ҳажмдаги молекулалар сони.

2. 6. Мустақил ишлар учун топшириқлар:

1. Идеал газнинг ҳолат тенгламаси.

2. Идеал газ конунлари. Изожараёнлар.

6-Машгулот

Мавзу номи: Молекуляр кинетик назарияни тасдиқловчи тажрибалар. (2 соат)

Мавзу режаси:

1. Броун ҳаракати.

2. Штерн тажрибаси.

Таянч сузлар ва иборалар:

Штерн тажрибаси
 атомлар тезлиги
 тартибсиз ҳаракат
 Броун ҳаракати
 Эйнштейн ва Смолуховский

флуктациялар
 Перрен тажрибаси
 Броун зарралари

6. 1.1. Биринчи асосий савол:

Броун ҳаракати.

1.2. Асосий саволнинг мақсади: Молекуляр кинетик назария хулосаларини тасдиқловчи Броун тажрибалари билан таништириш, бу тажрибаларда кузатилган натижаларнинг моҳиятини тушунтириш. Шунингдек, бу тажрибалар моддага тегишли бўлган бошқа параметрларнинг қийматини аниқлашга имкон бериши ҳам курсатиб утилади.

1.3. Идентификатор уқув мақсадлари:

- 1) Броун заррачаларининг ҳаракати тартиб ҳаракат эканлиги урганилади.
- 2) Броун заррачаларининг ҳаракати тартибсиз ҳаракатининг сабаблари урганилади.
- 3) Броун заррачаларининг тартибсиз ҳаракат қилиб вақт ичидаги силжишини ҳисобловчи формула билан таништирилади.

1.3. Мавзу баени:

Броун ҳаракати.

Молекулаларнинг тартибсиз ҳаракатини реаллигини энг ишонарли тасдиқловчи далиллардан бири **Броун ҳаракати** деб ном олган ҳодиса ҳисобланади.

Инглиз ботаниги Р.Броун 1827 йилда кучли микроскоп ёрдамида сувда эримайдиган майда бўёқ зарраларининг сув ичидаги тартибсиз ҳаракатини кузатди. Энг хайратга соладигани шу бўлдики, бу зарралар ҳаракатининг ҳеч тухтамаслигидир. Броун зарралар траекториясининг мураккаб синик чизиклардан иборат эканлигини курсатди. Бу ҳодиса бўёқ заррачаларининг сув заррачалари билан доимо тукнашиб, уз йуналишларини узгартириб туришидан далолат беради. Бунда кичик зарралар тез ҳаракатланса, каттарок зарралар секин ҳаракатланиб, йуналиши узгариб турадиган уқ атрофида айланиб ҳам туради.

Броун ҳаракатининг юзага келиш сабабларини МКН асосидагина тушунтириш мумкин. Зарраларнинг тартибсиз ҳаракатига сабаб шуки, суюқлик молекулаларининг ҳаракатидаги флуктациялар туфайли заррага берадиган зарбалари бир-бирини мувозанатлай олмайди. Натижада бирор йуналишда заррага қуйилган тенг таъсир этувчи куч пайдо бўлади. Флуктациялар жуда қисқа вақтли бўлиши туфайли тенг таъсир этувчининг йуналиши ҳам тез-тез узгариб туради. Броун зарраларининг ҳаракатининг тартибсизлиги ана шундан келиб чиқади.

Броун ҳаракатининг микдорий назариясини 1 март 1905 йилда Эйнштейн ва Смолуховский яратишди. Бу назария Броун заррачалари чекли кичик вақт оралиқлари да, силжишларини ҳисоблаш имкониятини беради ва уни қуйидаги формула билан ифодалайди:

Бу ерда r заррача радиуси, k - суюқликнинг ковушқоқлик коэффициентини.

Бу формулага кура, Броун заррачасининг оралигидаги X уқи ёки ихтиёрий бошқа уқ бўйлаб силжишлар квадратининг уртача қиймати шу вақт оралиғига пропорционалдир. 1909 йилда Перрен ҳам шундай тажриба утказди ва айрим

молекулаларнинг бирор вақт оралигидаги силжишларини улчади ва (1) формулага мос кийматлар ҳосил қилди. Бу Броун ҳаракатининг молекуляр кинетик тушунчалар асосида тушунтирилишининг ҳамда МКН нинг тугрилигини яна бир бор тасдиқлайди. Перрен тажрибасидан λ , T ва Q маълум бўлган ҳолда X ни улчаб K ни аниқлашда фойдаланиш мумкин.

6. 2.1. Иккинчи асосий савол:

Штерн тажрибаси

2. 2. Иккинчи асосий саволнинг мақсади. Газ молекулаларининг тезлигини амалда улчаш тажрибаси билан таништирилади.

2.3. Идентиф уқув мақсадлари:

1. Штерн тажрибаси моҳиятини билиб олади.
2. Уртача квадратик тезлик тугрисидаги тушунчани мустаҳкамлаб олади.

2.4. Мавзу баёни:

Штерн тажрибаси

Газ молекулаларининг тезлигини тажрибада 1920 йилда Штерн аниқлади ва уртача квадратик тезлик учун ёзилган

(1)

формуланинг

тугрилигини исботлади. Бу ерда M газнинг моляр массаси. Штерн ишлатган асбоб бири-бирига маҳкам бириктирилган иккита A ва B буш цилиндрлардан иборат (1-расм). Цилиндрлар бир хил узгармас бурчак тезлик билан айлана олади. Кичик цилиндр буйлаб устига кумуш юритилган

ингичка C пластина сим тортилган. Бу симдан электр токи ўтказилади. Кичик цилиндр деворида торгина O тиркиш бор. Цилиндр ичидаги ҳаво суриб олинган.

Дастлаб цилиндрлар тинч турганда симдан ток ўтиб, кумуш катлами бўғланади ва унинг атомлари O тиркишдан ўтиб, B цилиндрнинг ички юзида D доғни ҳосил қилади (1-б-расм). Шундан сунг цилиндрлар жуда катта (1500 c^{-1} гача) тезлик билан айлантирилади. Энди O тиркишдан чиққан атомлар цилиндрлар орасидаги масофани босиб ўтгунча кетган вақт ичида цилиндр бирор бурчакка бурилади. Натижада атомлар O тиркиш қаршисида эмас, балки ундан масофадаги ға бориб тушади. (1,в-расм). Агар B цилиндр юзидаги нукталарнинг айланиш тезлигини десак, масофа куйидагига тенг бўлади.

(2)

Аслида кумуш атомларининг тезлиги бир хил эмас. Шу туфайли

нукта атрофида нукта томонга ёйилган доғ ҳосил булади. нуктани атомлар калин жойлашган жой деб қараш мумкин. Тез атомлар нукта томондаги, секинлари эса нуктадан ҳам узокроқдаги доғларни ҳосил қилади. Шу сабабли атомларнинг уртача тезлиги ҳақида гапириш уринли. Бу тезлик (3)

булади.

(2) дан ни топиб (3) га қуйиб, топамиз

(4)

ва ларни билган ҳолда, масофани улчаб берилган ҳаракат учун қумуш атомларининг уртача тезлигини топамиз. Олинган натижа (1) формула бўйича назарий ҳисобланган қийматга мос келади. Бу эса молекулаларнинг уртача кинетик энергияси абсолют ҳароратга пропорционал эканлигини билдиради, яъни

Бундан ташқари Штерн тажрибалари натижалари факат молекулаларнинг уртача квадратик тезлигини топиш имконини берибгина қолмай, шунингдек Больцман доимийсининг қийматини, доғнинг ёйилишига қура, қумуш атомларининг тезликлар бўйича тақсимланишини ҳам аниқлашга имкон беради.

2. 5. Назорат саволлари.

Б. Блум таксономияси.

1. Штерн тажрибасида ишлатилган қурилмани тавсифлаб беринг
2. Штерн тажрибаларида молекулаларнинг қайси характеристикалари аниқланади.
3. Штерн тажрибаларида қандай зарралар ҳаракати урганилди.
А) атомлар, В) Молекулалар, С) қумуш атомлари,
Д) зарралар, Е) электронлар

2.6 Мустақил ишлар учун топшириқлар:

1. Штерн тажрибасини изоҳланг. [1] 38-40 бетлар
2. Броун тажрибаси ва Броун зарралари ҳаракатини тушунтиринг [1] 41-42 бетлар
3. Штерн ва Броун тажрибаси натижаларидан газ ҳоссаларини аниқлаш [1] 39-43 бетлар, [2] 40-41 бетлар

7-Машгулот.

Мавзу номи: Больцман тақсимооти. Барометрик формула. (4 соат)

Мавзу режаси:

1. Больцман тақсимооти.
2. Барометрик формула.

Таянч сузлар ва иборалар.

Огирлик кучи
Исиклик ҳаракати
тез молекулалар
секин молекулалар
баландлик бўйлаб тақсимоот
зарралар концентрацияси
зарралар потенциал энергияси

Перрен тажрибаси
Больцман доимийси
атмосфера босими
зарралар зичлиги
мувозанат вазият
Ер атмосфераси
зарралар концентрацияси тақсимооти

7. 1.1. Биринчи асосий савол:

Больцман таксимоти.

1.2. Асосий саволнинг мақсади: Молекулаларнинг доимо хаотик ҳаракати табиатдан келиб чиққан ҳолда, Ер атмосферасида улар тортиш кучи таъсирида булишини эътиборга олиб, атмосферадаги газ молекулаларининг баландлик бўйлаб таксимотини курсатиб бериш.

1.3. Индентив ўқув мақсадлари:

1. Таксимот функцияси тугрисидаги билимларни мустаҳкамлайди.
2. Молекулалар концентрациясининг атмосферада баландлик бўйлаб таксимланиш қонуниятини билиб олади.
3. Планеталар атмосферасини ҳисоблаш усули билан танишади.

1. 4. Мавзунинг баени:

Больцман таксимоти.

Одатда, биз, газ хаотик ҳаракатлар туфайли ўзи камалган идишнинг ҳамма қисмини текис эгаллайди ва идишнинг ҳар қандай қисмининг бирлик ҳажмида бир хил сондаги молекулалар бўлади деб қараймиз. Лекин бундай эмас. Газ молекуляр иссиқлик ҳаракатидан ташқари ташқи кучлар таъсирида ҳам бўлиб туради ва бу кучлар унинг идиш бўйлаб таксимотида узғаришлар булишга олиб келади. Ер атмосферасини олайлик. Атмосфера асосан кислород ва азот газ молекулаларидан иборат. Бу газлар молекулалари иссиқлик ҳаракатидан ташқари доимо оғирлик кучи таъсирида ҳам бўлади. Агар молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати бўлмаганда эди, унинг ҳаммаси оғирлик кучи таъсирида Ерга “қулаб” тушар ва бутун ҳаво ер сирти яқинида юпка ҳаво суюқлиги қатламини ҳосил қилган булар эди. Агар оғирлик кучи бўлмай, факат молекуляр ҳаракат бўлганда эди, моллар бутун олам фазоси бўйлаб тарқалиб кетар эди.

Шундай қилиб атмосфера - ҳаводаги молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати ва ер тортиш кучи таъсирида ҳосил қилган газ қатламидир. Шу билан бирга ҳаводаги молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатида турлича тезликдаги молекулалар учрайди. Тез молекулалар атмосферанинг юқори қатламларига кутарилса, секин моллар оғирлик кучи таъсирида Ер сиртига яқинлашади. Бу эса молекулаларнинг баландлик бўйлаб таксимланишига олиб келади, яъни ҳаво молекулалари концентрацияси баландлик ортган сари камайиб боради. Бинобарин баландлик ортган сайин зарраларнинг потенциал энергияси ҳам ортиб боради. Зарраларнинг бундай баландлик бўйлаб таксимотини назарий жиҳатдан Л. Больцман урганган ва бу таксимот зарралар концентрациясининг уларнинг потенциал энергиясига боғлиқ ҳолда фазовий таксимотини характерлайди ва Больцман таксимоти деб аталади. Больцман таксимоти қуйидаги формула билан ифодаланади, яъни *газ зарраларининг бирон h баландликдаги концентрацияси* қуйидагича бўлади:

(1)

бу ерда ва зарраларнинг баландликдаги концентрацияси ва
потенциал энергияси, агар да деб олинса, (1) қуйидаги қурилишни
олади.

(2)

Больцман таксимоти турли планеталарда атмосфераларнинг зичлигини баландлик бўйича узғариш қонуниятини аниқлаш имконини беради. Шарсимон

самовий жисмнинг (планета) тортиш майдонида m массали зарранинг потенциал энергияси учун куйидаги ифодани ёзиш мумкин.

(3)

Бу ерда M - планета массаси, G - бутун олам тортишиш доимийси, h заррачадан планета марказигача булган масофа.

(3) ни (1) га куйиб, планета атмосфераси зичлигининг баландлик буйлаб узгариш конуниятни ҳосил киламиз.

(4)

1.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1) Атмосферадаги газ молекулаларига доимо огирлик кучи таъсир этиб туради. Лекин, нима учун улар идишга солинган биллиард шарчалари каби Ер сиртида бирор калинликда тупланган эмас?

2) Атмосферадаги газ молекулалари доимо тартибсиз иссиқлик ҳаракатида булади. Лекин, нима учун улар зичлиги бирон ёпик идишдаги сингари бир хил булмай баландлик буйлаб узгариб туради?

3) Ҳаводаги молекулалар қандай кучлар таъсирида ҳаракат қилади?

4) Атмосферадаги газ молекулалари концентрацияси қандай конуният билан узгаради.

5) Больцман тақсимотини планета атмосфераси зичлигининг баландлик буйлаб узгаришини ифодаловчи формулани тавсифлаб беринг

7. 2.1. Иккинчи асосий савол:

Барометрик формула.

2.2. Асосий саволнинг мақсади: Газ босимининг баландлик буйича узгариш конуниятни тушунтирилади.

2.3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Больцман тақсимотининг атмосфера босимини ҳисоблашга тадбиқини урганади.

2. Ер атмосферасида мувозанатсиз жараён кечаётгани тугрисида маълумот олади.

2.4. Мавзу баени:

Барометрик формула

Больцман тақсимотини тажрибада 1906 йили Ж.Б. Перрен текшириб қурди ва ҳақиқатдан ҳам зарралар концентрацияси баландлик буйлаб экспоненциал конуният билан узгаришини исботлади. Перрен уз тажрибалари асосида Больцман доимийси K нинг микдорини ҳам текшириб қурди ва ҳозирги пайтда маълум булган қайматга яқин микдорни аниқлади.

МКН га асосан газ босими куйидагича

Бу формулани $h = 0$ ва h баландликлар учун ёзиб ва (2) га куйиб куйидагини ҳосил киламиз:

Бу формула газ босимининг баландлик буйича узгариш конунини ифода қилади ва **барометрик формула** деб аталади. (6) даги ни

$= 0$ учун деб ёзиш мумкин. У ҳолда (6) куйидаги курунишни олади. Ер сирти учун $P = 101,325$ кПа ва Ер сирти учун ($h = 0$) учун ҳарорат узгармас деб ва $T = 273$ К олинса (6) формула куйидагича булади:

Бунда Ер атмосферасининг асосан кислород ва азотдан иборат эканлиги ҳисобга олинади.

Планета атмосфераси босими баландлик ошган сари камайиб боради, бу эса босимнинг баландликка (6) билан аниқланадиган боғланишига таъсир курсатади. Шунга қарамадан, Халқаро улчаш ишларида P учун денгиз сиртидаги уртача қиймат ва ҳарорат учун 15°C олиниб, барометрик формула куйидагича ёзиб олинади:

Бу ерда P - босим, кПа; h - баландлик, км ларда олинади.

Эканини этиборга олсак (6) ни куйидагича ёза оламиз:

(7)

Бу формуладан Ер сиртидан баландликни аниқлашда фойдаланилади. Шунингдек, барометрик формула Больцман доимийсини аниқлаш имконини ҳам беради, лекин аниқлиги унча катта бўлмайди.

(4) формулани ҳам куйидагича ёзиб оламиз:

(8)

(7) ва (8) формулалардан куруниб турибдики Ернинг (бошқа планеталарнинг ҳам) атмосфераси чексизликкача ёйилган ва газнинг зичлиги ҳеч қаерда 0 га тенг бўлмайди. Лекин бундай бўлиши мумкин эмас, учунки зарралар сони чекли, коинот эса чексиз. Шунинг учун, Ернинг атмосфераси мувозанат ҳолатда эмас, деган хулоса қилишга тугри келади. Газ муозанат ҳолатга интилиб, атрофга тарқалиб кетишга, яъни зичлигини бир хил қилишга интилади. Лекин ер атмосферасидаги жуда оз қисмигина Ернинг атмосфера қобилини ташлаб кета олади. Шу сабабли ер атмосфераси миллиард йиллардан бери мовжуд. Ойда эса атмосфера йук ва газ зарралари мувозанат вазиятга эришган.

Маълумки зарралар тезликлар бўйича ҳам тақсимотга эга. Тезлиги иккинчи космик тезликдан катта бўлган зарралар планетанинг тортиш қучини енгиб, планеталараро фазога чиқиб кетади бошқача айтганда планеталар атмосфераси вақт утиши билан сейраклашиб боради. Огир планеталар учун иккинчи космик тезлик енгилларига қараганда анча катта, шу сабабли, огир планеталар атмосфераси секин сейрақлашади. Шунингдек, планета атмосферасининг сейрақлашиши суръати унинг радиусига, ҳароратига, атмосфера таркиби ва ҳ. к. ларга боғлиқ.

2.5. Назорат саволлари

Блум таксономияси.

1. Ер атмосфераси асосан қандай газ молекулаларидан ташкил топган?

А) кислород, В) Азот, С) кислород ва азот, Д) водород, Е) гелий.

2. Ер атмосфераси стационар ҳолатда эмас, чунки ...

А) у турли газдан иборат, В) ҳарорат баландлик ортган сари камайиб

боради, С) газ зичлиги баландлик ортган сайин камайиб боради,
Д) огирлик кучи, Е) ер сиртида турлича нуктада турлича харорат
мавжуд.

- 3) Больцман конунини кандай газлар учун куллаш мумкин? А) реал
газлар учун, В) сийракланган, С) факат идеал газлар,
Д) хава газлари учун, Е) билмайман.
- 4) Огир планеталар атмосфераси нима учун секин сийраклашади?
- 5) Барометрик формулани кандай катталикларни аниклашда ишлатиш мумкин?

2.6. Мустакил ишлар учун топшириklar.

1. Молекулаларнинг потенциал энергия кийматлари буйича Больцман таксимот конуни.
[2] 38-40- бетлар.
2. Ташки потенциал кучлар таъсирида Максвелл-Больцман таксимот конуни.
[2] 40-41- бетлар.
3. Планеталар атмосферасини хисоблашда таксимот коунларидан фойдаланиш.
[5] 82-83- бетлар.

8-Машгулот.

Мавзу номи: Термодинамиканинг биринчи конуни. (2 соат)

Мавзу режаси:

- 1) Идеал газнинг ички энергияси.
- 2) Термодинамиканинг биринчи конуни.

Таянч сузлар ва иборалар:

Идеал газ	энергия бирлиги
бир атомли газ	бажарилган иш
куп атомли газ	термодинамиканинг биринчи конуни
ички энергия	мусбат иш
иссиклик микдори	манфий иш

8. 1. 1. Биринчи асосий савол:

Идеал газнинг ички энергияси.

8. 1. 2. Биринчи асосий саволнинг максоди:

Бир ва икки атомлар газлар тугрисида тушунча бериш уларнинг ички энергиясининг ифодаси билан таништириш. Иссиклик бир жисмдан иккинчи жисмга узатиладиган энергия экани, бу энергияни узатиш жараёнида иш бажарилишини тушунтирилади. Иссиклик ва энергия уртасидаги богланиш курсатилади.

1.3. Идентив укув максадлари:

1. Идеал газнинг ички энергияси тугрисида маълумот олади.
2. Иссиклик микдори тугрисидаги тушунчаларни мустахкамлайди.

1.4. Мавзу баени:

Идеал газнинг ички энергияси.

Идеал газ молекуласининг уртача кинетик энергияси

Бу факат бир атомли газлар учун уринлидир.
Агар газда N та молекула булса, унинг умумий энергияси:

(1)

Бир моль газ учун бу ифода куйидагича:

(2)

m массали газ учун:

(3)

(2) формула бир атомли идеал газнинг ички энергияси деб аталади. Куруниб турибдики, бу энергия факат T га боглик булиб, босимга ҳам хажмга ҳам боглик эмас.

Иссиклик микдори.

Идеал газнинг ички энергияси формуласидан куруниб турибдики, унинг энергиясининг узгартириш учун газ учтида иш барарилишини ёки газ бошка температура устида иш бажарилиши керак. Газ устида бажарилганда у исийди, газ иш бажарганда эса совуйди. Газ харакатининг узгариши учун энергиясини узгариши билан боглик экан. Жисм энергиясини турли йуллар билан узгартириш мумкин. Масалан, совук жисм иссик жисмга якинлашганда ҳам улар орасида энергия алмашиш содир булади. Бунда иссик жисмдан совук жисмга бирор иссиклик микдори берилади ёки иссик жисмдан бирор иссиклик микдори олинадидеб юритилади.

Демак, иссиклик микдори бир жисмдан иккинчи жисмга узатиладиган энергиясидир. Бундай энергия узатиш жараёнида хали иш бажарилади. Бу иш жисмга тартибсиз харакатланаётган микрозарралар томонидан бажарилади. Шундай килиб бир жисмдан иккинчи жисмга берилган иссиклик микдори аслида жисм орасидан алмашинган энергияни ифодалар экан. Лекин иссиклик калория бирликларида энергия жоул бириликларида улчанади. Шунга карамай, иссиклик калорияларида улчанган энергия экани тугрисида бемалол гапириш мумкин. Улар орасидаги эквивалентликка утган асрда Ж. Жоул аниклаган.

$$1 \text{ к кал} = 4186,5 \text{ Ж ёки } 1 \text{ кал} = 4,2 \text{ Ж}$$

Механикавий иш бирлигининг иссиклик бирлигига нисбатини курсатувчи сон иссикликнинг механикавий эквиваленти деб аталади.

1 кал 1 кг сувни хароратини 1 кг га кутариш учун зарур булган иссиклик микдоридир.

1.5. Назорат саволлари. **Блум таксономияси.**

1. Бир атомли идеал газнинг ички энергияси, формуласини ёзинг.
2. Иссиклик механикавий эквиваленти нима?
3. Ихтиёрий m массали идеал газ учун ички энергия формуласини курсатинг.

A) , B) , C)

D) , E) .

4. Иссикликнинг экваленти нечага тенг?

A) 2,24 ж/кал , B) 2,4 ж/кал , C) 4,2 ж/кал , D) 2,3 ж/кал , E) 8,31 ж/кал.

8. 2.1. Иккинчи асосий савол:

Термодинамиканинг биринчи қонуни.

2.2. Иккинчи асосий саволнинг мақсади: Жисмга берилган иссиқликнинг узгартирилиш йуллари билан таништирилади. Бу иссиқликнинг жисм ички энергияси билан унинг бажарган иши йигиндисига тенглиги курсатилади. Энергиянинг сақлангиш қонуни билан таништирилади. Термодинамиканинг биринчи қонуни газ ҳажмининг узгаришида бажариладиган иш билан боғлаб курсатилади.

2.3. Идентив укӯв мақсадлари:

- 1) Термодинамиканинг биринчи қонуни билиб олади.
- 2) Мусбат ва манфий иш бажарилиш жараёнларини билиб олади.

2.4 Мавзу баени:

Термодинамиканинг биринчи қонуни.

Система устида бажарилган ҳар қандай иш унинг ҳолатини ифодаловчи параметрлар орқали аниқланади.

Газга dQ иссиқлик миқдори берилганда dA иш бажарилиб, унинг ички энергияси га узгаради. Бу жараёнда энергия сақланиш қонуни қуйидагича ифодаланади: системанинг бажарган иши берилган иссиқлик миқдори билан унинг ички энергиясининг узгариши орасидаги фаркка тенг.

(1)

ёки

(2)

(1) ва (2) формулалар механикавий ва иссиқлик энергияга нисбатан энергияга сақланиш қонунини билдиради. Бу қонун термодинамиканинг биринчи бош қонуни деб аталади.

Газ ҳажмининг узгаришида бажарилган иш.

Ташки F қуч таъсирида S юзали поршен га силжиган бўлсин. Қуч га тенг (p -газ босими). Газ ҳажми га камаяди.

Газни сиқишда бажарилган иш

(1)

га тенг бўлади.

Газ кенгайганда ташки қучларга қарши ишни бажаради.

Газ ҳажмининг изотермик узгаришида бажарилган иш газ босими билан унинг ҳажми узгариши қупайтмасига тенг.

Бу ҳолда термодинамиканинг биринчи бош қонуни қуйидаги қурилишда ёзилади.

(2)

Агар газ ҳолати бир канча узгаришлардан сунг дастлабки ҳолатига кайси, бундай ҳолат узгариши айланма ёки циклик жараён деб аталади.

Айланма жараёнда жисм ташки кучларга қарши иш бажарса бу иш мусбат бўлиб, ташқаридан Q га тенг иссиқлик миқдори олади. Агар бунда ташки кучлар J устида иш бажарса, иш манфий бўлиб, бу ишга тенг Q иссиқлик миқдори ажралади. Шундай қилиб циклик жараёнда $Q=A$ бўлади.

2.5. Назорат саволлари

Блум таксономияси.

1. Термодинамика I-қонуни таърифини айтинг.
2. Жисмга берилган иссиқлик миқдори газ ҳолатини узгартириб бажарган иш формуласини ёзинг.
3. Ташки кучларларнинг газ устида бажарган ишини термодинамик нуқтаи назардан тушинтиринг.
 - А) Газ ҳажми узгаради, В) газ қизийди, С) газдан ташқари куч бажарган ишга тенг иссиқлик ажралади, Д) газ босими ортади, Е) манфий иш бажарилади.
4. Қандай ҳолда система бажарган иш мусбат бўлади?
5. Қандай ҳолда система бажарган иш манфий бўлади?

2.6. Мустақил ишлар учун топшириқлар.

1. Термодинамиканинг биринчи қонунининг тадбиқлари. [3] 95-98- бетлар.
2. Газ ҳажмининг узгаришида бажарилган ишни ҳисоблаш. [1] 47-51 бетлар.
3. Иссиқлик узатиш ва иссиқлик миқдори. [1] 42-44- бетлар.

9- машғулот.

Мавзу номи: Идеал газнинг иссиқлик сигими. (6 соат)

Мавзу режаси:

- 1) Идеал газнинг иссиқлик сигими.
- 2) Қуп атомли газларнинг иссиқлик сигими.
- 3) Идеал газ ҳажмининг узгаришида бажарилган иш.

Таянч сузлар ва иборалар:

Ички энергия	қуп атомли газлар
иссиқлик миқдори	эркинлик даражаси
иссиқлик сигими	изотермик узгариш
солиштира иссиқлик сигими	изотермик узгаришда бажарилган иш
моляр иссиқлик сигими	адибатик узгариш
изохорик иссиқлик сигими	Пуассон тенгламаси
изобарик иссиқлик сигими	адибатик узгариш
Бир атомли газ	бажарилган иш
энтальпия	политропик жараён
иссиқлик сигими бирлиги	политропа қурсатгичи
битта молекула энергияси	

9. 1.1. Биринчи асосий савол:

Идеал газнинг иссиқлик сигими.

1.2. Биринчи асосий саволнинг максоди: Газга берилган иссиқлик миқдори унинг параметрларини узгартиш тарзида маълумотлар берилади. Бу жараёнлар узгармас ҳажм

ёки босим шароитида кандай хусусиятларга эга булиши ургатилади. Газнинг исиклик сизими, солиштирма исиклик сизими, моляр исиклик сизими тугрисида маълумотлар берилади. Узгармас хажм ва узгармас босимдаги исиклик сизимлари формуласи келтирилади. Бир атом газ тугрисида маълумот берилади ва бир атомли газни исиклик сизими формуласи ёзилади. Исиклик функцияси ёки энтальпия тушунчаси ургатилади.

1.3. Идентиф уқув мақсадлари.

- 1) Идеал газнинг исиклик сизими тугрисида маълумот олади.
- 2) Узгармас хажмдаги ёки узгармас босимдаги исиклик сизимлари тугрисидаги саволларни ушлаштиради.
- 3) Бир атомли газнинг исиклик сизимини билиб олади.
- 4) Исиклик сизимлари орасидаги боғланишларни урганади.
- 5) Универсал газ доимийси нинг маъносини билиб олади.

1.4. Мавзу баени:

Идеал газнинг исиклик сизими.

Идеал газни иситиш учун унга маълум миқдорда исиклик бериш керак. Совитиш учун эса исикликни олиш керак. Бу икки ҳолда ҳам унинг ҳарорати узгаради. Газ ҳароратининг узгариш катталиги исиклик бериш ёки олиш жараёнида иш бажарилиши ёки бажармаслигига боғлиқ. Агар газ узгармас хажмда исиклик олган (берган) бўлса, унга берилган (олинган) барча исиклик унинг ички энергиясини оширади (камайтиради) яъни

Бунда газнинг босими ҳароратга боғлиқ ҳолда узгариб боради. Газ исиганда хажми узгарса, унга берилган исиклик миқдори газнинг ички энергиясини узгаришига ва газнинг бажарган ишига сарфланади. Бунда босим узгармас бўлиб қолиб, исиклик узатиш жараёни қуйидагича аниқланади.

Ҳар икки ҳолда ҳам газнинг ҳароратини бир хил миқдорда қутариш учун унинг босими узгармас сақланганда қупрок исиклик керак бўлади. Газни иситиш учун керак бўлган исиклик миқдори газнинг миқдorigа ва унинг ҳароратини неча гардусга қутарилишига боғлиқ. Шунинг учун газнинг ва бошқа жисмларнинг исиклик хоссаларини характерлаш учун исиклик сизими деган катталик киритилади.

Жисмнинг ҳароратини 1 К га узгартиш учун унга бериш ёки ундан олиш керак бўлган исиклик миқдори жисмнинг исиклик сизими деб аталади. Бирлиги Ж/К бўлади.

Модда массасининг бирлигига тугри келган исиклик сизими солиштирма исиклик сизими деб аталади. Бирлиги Ж/кг К. С-билан белгиланади.

Модданинг 1 молига тугри келган исиклик сизими моляр исиклик сизими деб аталади. Бирлиги Ж/мол К: С - билан белгиланади.

Равшанки $1 \text{ кал/г К} = 4186,8 \text{ Ж/кг К}$

$1 \text{ кал/мол К} = 4,1868 \text{ Ж/ мол К}$

Солиштирма исиклик сизими билан моляр исиклик сизими орасида қуйидаги муносабат мавжуд

Модданинг 1 молини га иситиш учун керак бўлган исиклик миқдори бундан

Агар газ узгармас хажмда иситилган булса, бунга мос исиган исиклик сизими узгармас хажмдаги исиклик сизими ёки изохорик исиклик сизими деб аталади ва C белгиланади.

Бунда исиклик факат ички энергияни узгартишга сарфланади, яъни

Бундан

Натижада термодинамика 1-конунини куйидагича ёзамиз:

Биобарин, жисмга берилган исиклик микдори жисм хароратининг узгариш ва хажмининг узгаришига сарф булади. Харорат узгариб ички энергияси ошади, хажм узгариб механикавий иш бажарилади.

Босим узгармас булганидаги газ исиклик сизими узгармас босимдаги исиклик сизими ёки изобарик исиклик сизими деб аталади.

Бир атомли газнинг исиклик сизими.

Гелий, Неон, Аргон, Криптон, Кеенон сингари газлар бир атомли газ хисобланади. Бир атомли бир мол идеал газнинг ички энергияси

Буни дифференциалаймиз хосил булади.

Маълумки . Демак (1).

Бу бир атомли бир мол газнинг исиклик сизимидир. Бу формулани га булсак, битта молекуланинг бир мол газнинг исиклик сизимига кушган хисса келиб чиқади:

(2)

Биобарин, харорат 1 кельвинга кутарилганда хар бир молекуланинг энергияси уртача $\frac{3}{2} K$ жоулга ортар экан, яъни

Бу битта молекула исиклик сизими.

Идеал газнинг исиклик сизимини хисобга олган холда термодинамиканинг I конунини ёзамиз.

Бу формуланинг маъноси куйидагича: изобарик термодинамикада бир мол идеал газнинг хароратини га кутариш учун газга берилгунча исиклик микдори газни иситиш учун сарф буладиган исиклик микдори ва газнинг кенгайтиради сарф буладиган исиклик микдори йигиндисига тенг.

Буни куйидагича ёзамиз:

маълумки шундай қилиб (3)

(3) формуладан қурилиб турибдики, идеал газнинг узгармас босимдаги иссиқлик сизими унинг узгармас ҳароратдаги иссиқлик сизими дан газ 1 К га исиганда бир мол газнинг бажарган иши қадар ортиқ бўлади экан.

(1) га асосан (3) қуйидаги қурилиш олади:

(4)

Бир мол газ учун ҳолат тенгламаси ни узгармас босим ҳоли учун дифференциаллашмиш, яъни (5) натижада (4) қуйидагича бўлади:

(6)

Шунингдек (5) ни (3) га қулиб топамиз,

(7) бундан

(8)

Шундай қилиб, универсал газ доимийси сон жихатдан 1 моль идеал газнинг 1 К га исиганда кенгайишида бажарган ишига тенг.

(7) ва (8) дан ни чиқариш қийин эмас. Реал газлар учун айирма дан фарқли бўлади. Бу нарса реал газларнинг ички энергияси фақат ҳароратга эмас, балки ҳажмга ҳам боғлиқлиги туфайли бўлади. (1) ва (7) дан ва моляр иссиқлик сизимларининг қийматини ҳосил қиламиз.

У вақтда нинг га нисбати қуйидагига тенг:

Иссиқлик функцияси.

Термодинамиканинг биринчи қонуни газ узгармас босимда кенгайган ҳол учун қуйидагича ёзамиз:

(9)

Бундан қуринадики, узгармас босимда газга берилган ёки ундан олинган иссиқлик микдори қуйидаги катталиқнинг узғаришига тенг бўлар экан:

бундан

Бу катталиқ иссиқлик функцияси ёки энтальпия дейилади.

Узгармас босимдаги исиклик сизимини энтальпия оркали ифодалаш мумкин.

Бир атомли идеал газ учун берилган газ молекуласининг исиклик функцияси хароратга тугри пропорционал ва унинг хажмига боглик эмас. (9), (8) ва (5) асосан (10)

(10) ни температура буйича дефференциаллаб ечсак:

Биобарин, келиб чикади, яъни харорат га узгарганда исиклик функциясининг га узгариши газнинг узгармас босимдаги исиклик сизими га тенг булар экан.

1.5. Назорат саволлари

Блум таксономияси.

1. Исиклик сизими нима?

2. Солиштирма исиклик сизими нима?

3. Узгармас сизимдаги исиклик сизими формуласини курсатинг.

A) B) C)

E) Д)

4. Харорат 1 К га кутарилганда хар бир молекуланинг энергияси канчага оратади?

(синтез)

A) 1 Ж га B) га, C) га, Д) га,

E) 10^{-3} Ж га

9.2.1. Иккинчи асосий савол:

Куп атомли газларнинг исиклик сизимлари.

2.2. Асосий саволнинг макседи: Куп атомли газ хакида маълумот берилади. Газ молекулаларининг эркинлик даражалари ва уларнинг мохияти тугрисида тушунча берилади. Энергиянинг эркинлик даражалари буйлаб таксимланиши ва унинг кулланилиш чегаралари тугрисида маълумот берилади.

2.3. Идентив укув максадлари:

1. Куп атомли газ тугрисида тушунчага эга булади.

2. Эркинлик даражалари буйлаб энергиянинг таксимот конунини билиб олади.

3. Исиклик функцияси - энтальпия тугрисида билимга эга булади.

2.4. Мавзунинг баёни:

Куп атомли газларнинг исиклик сизимлари.

Водород (H_2), водород хлорид (HCl), азот (N_2), углерод оксиди , сув буги , аммиак каби газлар куп атомли газлар хисобланади. Улчашлар уларнинг моляр исиклик сизимлари бир атомли газлар моляр исиклик сизимларидан катта эканини курсатади.

Идеал газда молекулалар моддий нукталар деб каралади. Моддий нукталар илгариланма харакатнинг учта эркинлик даражасига эга. Шунинг учун идеал газ молекуласининг кинетик энергиясини унинг шу учта координата укига нисбатан мос келадиган кинетик энергиялари йигиндиси сифатида тасоввур этилиши мумкин, яъни

Шу билан бирга бир атомли молекулани моддий нукта деб карасак, бу молекуланинг илгариланма харакатининг уртача кинетик энергияси

га тенг. Шу сабабли молекуланинг хар бир эркинлик даражасига уртача кинетик энергия мос келади. Бу хулоса кинетик энергиянинг эркинлик даражалари буйича тенг таксимланиш конуни, ёки, тенг таксимот конуни дейилади.

Шундай килиб бир атомли идеал газни эркинлик даражалари $= 3$ га тенг булган моддий нукталар туплами деб караш мумкин. Бундай газнинг ички энергияси ва иссиклик сигими юкорида куриб утилган.

Энди икки ва ундан куп атомлардан ташкил топган молекулаларнинг ички энергияси ва иссиклик сигимини куриб чикамиз. Бу молекулани X уки буйлаб каттик боғланган атомлардан иборат деб караймиз. Бундай икки атомли газ молекулалари олти эркинлик даражасига эга. Бу эркинлик даражаларидан учтаси уч координата уклари буйлаб илгариланма харакатни ва колган учтаси шу уklar якинида булиши мумкин булган айланма харакатларини ифодалайди. Лекин тажриба хам, назария хам бундай молекуланинг x уки атрофида факат юкори хароратларда айланиши мумкинлигини курсатади. Одатдаги хароратларда молекула X уки атрофида айланмайди. Бинобарин, каттик икки атомли молекуланинг эркинлик даражалари сони 5 га тенг.

3 таси илгариланма ва 2 таси айланма. Уч атомлида 6 та эркинлик даражалари бор. Хар бир эркинлик даражасига $kT/2$ кинетик энергия ва $kT/2$ потенциал энергия тугри келади.

Умумий холда молекуланинг эркинлик даражалари сони f га тенг булса, у холда унинг уртача кинетик энергияси

га тенг булади.

Бундай газнинг ички энергияси $E_{\text{и}}$. Шу газнинг моляр иссиклик сигимлари:

ва

га тенг булади.

Булар учун $E_{\text{и}}$ булади.

Икки атомли газ учун $E_{\text{и}}$ $= 5$ ва бу холда

3 ва ундан ортик атомли газлар учун $E_{\text{и}}$ $= 6$ деб кабул килинган.

У холда

Бирок паст ва юкори хароратларда газларнинг иссиқлик сизимлари хароратга боглик равишла узгаради. Бу эса энергиянинг эркинлик даражалари буйлаб тенг таксимот конунини хамма вақт хам куллаб булмас эканлигини курсатади.

2.5. Назорат саволлари

Блум таксономияси.

1. Куп атомли газ тугрисида тушунча беринг.
2. Атомни битта эркинлик даражасига мос келган кинетик энергия нимага тенг?

A) B) C) D) E)

3. Уч атомли газ учун канчага тенг?

A) Р га, B) К га, C) 1,33 D) 2 га, E) 3/2 га

4. Нима учун газни узгармас босимда 1°C га иситиш учун унга бериладиган иссиқлик микдори, уни узгармас хажмда 1°C га иситиш учун бериладиган иссиқлик микдоридан ортик булади.

A) чунки газ кенгаяди, B) молекулалар техлиги ортади, C) газ кенгайиб иш бажаради, D) молекулалар потенциал энергияси ортади, E) кинетик энергияси ортади.

9.3.1. Учинчи асосий савол:

Идеал газ хажмининг узгаришда бажарилган иш.

3.2. Асосий саволнинг мақсади. Идеал газ хажмининг изотермик, адиабатик узгаришлари ва бу узгаришларда бажариладиган ишлар хисоблаб чиқарилади. Бу узгаришларда сарфланадиган иссиқлик микдорлари ва бажариладиган ишлар таккослаб курилади.

3.3. Идентиф укув мақсадлари

1. Изотермик жараёнда газга берилган иссиқлик микдорининг ишга айланиш имкониятлари билан танишади.
2. Адиабатик жараён хусусиятлари ва газ олган иссиқликнинг бу жараёнда ишга айлантирилиш имкониятларини урганади.
3. Политропик жараён хоссаларини билиб олади.

3.4. Мавзунинг баени:

Идеал газ хажмининг изотермик узгаришида бажарилган иш.

Газнинг сикилиши ва кенгайишини унинг харорати узгармас сакланган холда амалга ошириш мумкин. Бундай жараён изотермик жараён деб аталади. Бундай жараёнда бажарилган ишни аниқлаш учун

ишни бутун изотерма буйлаб интегралланади, яъни

(1)

дан

(2) бир мол идеал газнинг изотермик кенгайишида бажарилган ишини ифодалайди. Ихтиёрий микдордаги газ учун:

Бойль-Мариотт конунига кура бунда
 натижада (3) ни

деб ёзишимиз мумкин. Бу формула газ хажмининг изотермик узгаришида бажарилган ишни ифодалайди.

Идеал газнинг адиабатик узгариши.

Адиабатик жараёнда газ атрофига иссиқлик бермайди ҳам, олмайди ҳам ($Q = 0$). Бу ҳолда термодинамиканинг биринчи конуни қуйидагича ёзилади: (Адиабата - юнонча утиб бўлмас маъносида).

(1)

Бунда газ хажмининг узгариши билан боғлиқ бўлган иш ички энергиянинг узгариши, яъни ҳароратнинг узгаришига олиб келиши керак.

(1) даги минус ишораси газ хажмларининг ортиши билан унинг температураси пасайишини, газ хажмининг кенгайиши билан температуранинг кутарилишини билдиради. Биринчи ҳолда, газ ички энергияси ҳисобига иш бажаради, шунинг учун у соғийди. Иккинчи ҳолда ташқи куч ҳисобига иш бажарилади ва шу ҳисобига иш бажарилади ва шу ҳисобига газнинг ички энергияси, демак, температура ҳам кутарилади.

Адиабатик жараён Бойль-Мариотт конунига бўйсунмайди, (1) ни қуйидагича ёзамиз:

Дифференциаллаб, ни топамиз:

Бундан буни (2) га қуямиз:

Маълумки

ёки

бундан

бундан

ёки

интеграллашни бажариб, топамиз:

(3)

Бу тенглама адиабатик жараёнда газ босими билан ҳажми орасидаги боғланишни ифодалайди ва у Пуассон тенгламаси деб аталади.

-адиабата курсатгичи деб аталади.

Адиабатик жараён учун босим ва ҳажм орасидаги боғланиш эгри чизиги адиабати деб аталади ва булгани учун у энди изотермик жараёндаги каби гипербола бўлмайди.

Босимнинг ҳажм ортганда тикрок пасайишига сабаб шуки, у факат ҳажм узгаришига боғлиқ холда эмас, балки температуранинг пасайишига боғлиқ холда ҳам камаяди.

дан

ни (3) га

куйиб топамиз.

еки

Шунингдек,
топамиз:

дан

ни (3) га куйиб

еки

(4)

(4) ни ҳар икки томонини даражага кутарамиз.

У холда ҳосил бўлади.

Газ ҳажмининг адиабатик узгаришида бажарилган иш.

Маълумки 1 моль газ ҳажми га узгарганда бажарилган иш:

га тенг.

Адиабатик жараёнда босим ва ҳажм орасидаги боғланиш:

Буни ва ҳажмлар учун ёзамиз:

бундан

(2)

(2) ни (1) га куямиз.

Буни интеграллаймиз

интеграллашни бажариб

ни ҳисобга олиб, топамиз:

(3)

М массали газ учун:

(4)

булгани учун, бундан

ни

(3) га куямиз. У холда

Маълумки

. Шундай килиб

(5)

Агар (4) формулани изотермик жараёнда бажарилган иш

формула билан солиштириб курсатиш мумкинки, газ хажмининг адиабатик узгаришида изотермик узгаришдагига нисбатан кам иш бажаради.

булган куп атомли газларда адиабатик ва изотермик жараёнларда бажарилган ишлар ораликдаги фарк жуда кам булади. Идеал газ адиабатик сиқилишда босими ошиб у кизийди. Бу эса хажмининг ошишига олиб келади. Шулар сабабли адиабатик жараёнда газнинг сиқилувчанлиги изотермик жараёндагига нисбатан камрок булади.

Политропик жараён.

Изотермик ва адиабатик жараёнлар идеаллаштирилган жараёнлардир. Буларга нисбатан умумийроқ булган ва газнинг иссиқлик сизими C узгармас деб караладиган жараён бор. Бу жараён политропик жараён деб аталади. Политропик - юнонча, поли - куп ва тропик - йуналиш маъносида. Бунда иссиқлик сизими га тенг колаверади, яъни

ёки

Термодинамиканинг I конунига кура

Шундай килиб

бундан

(1)

дан

Буни ва

ни (1) га куямиз:

буни куйидагича ёзамиз:

Бу ифодани соддалаштириб, топамиз.

буни интеграллаб топамиз:

Бундаги ΔU деб белгиласак, у холда $\Delta U = 0$ (2)

(2) даги ΔU - политропа курсатгичи деб аталади.

Бу ерда C политропик жараёндаги газнинг иссиқлик сигими. Адиобатик жараёнда $\Delta U = 0$ булгани учун иссиқлик сигими ҳам $C = 0$ булади. Бунда ΔU булиб қолади. Изотермик жараёнда ($\Delta U = 0$) ва $\Delta U = 1$ булади.

3.5. Назорат саволлари **Блум таксономияси.**

1. Изотермик жараён тугрисида тушунча бериш.
2. Бир мол газ хажмининг изотермик кенгайишида бажарилган иш формуласини ёзинг ва изохла.
3. Идеал газга берилган иссиқлик хисобига унинг хажми икки марта узгаради - Бунда газ неча марта куп иш бажариш имкониятига эга булади?
А) 2 марта, В) 4 марта, С) 0,7 марта, Д) 1,4 марта, Е) 2,1 марта.
4. Адиобатик жараён тугрисида тушунча бериш
5. Пуассон тенгламасини ёзинг ва уни изохла.
6. Изотермик ва адиобатик жараёнларда босим ва хажм орасидаги боғланишлар бири-биридан қандай фарк қилади.
А) ΔU билан фарк қилади, В) Изотермик жараёнда босим ҳароратга боғлиқ, С) Адиобатик жараёнда босим ҳароратга ҳам боғлиқ, Д) Адиобатик жараёнда хажм ҳароратга боғлиқ, Е) Тугри жавоб йук.
- 7) Политропик жараён тугрисида тушунча бериш?
- 8) Политропа курсатгичи қандай ёзилади?
А) ΔU , В) ΔU , С) ΔU , Д) ΔU , Е) ΔU
9. Бир хил иссиқлик миқдорида сиқилган ва сийрак газларда қайси бири купрок қизийди?
А) сиқилган, В) бир хил, С) сийрак, Д) Хажми ёки босими узгаришига боғлиқ, Е) билмайман.

3.6. Мустақил ишлар учун топшириқлар.

1. Иссиқлик функцияси тугрисида тушунча бериш. [1] 109-110 бетлар
2. Газнинг иссиқлик сигими ва молекулаларнинг эркинлик даражалари орасида боғланиш. [1] 110-115 бетлар
3. Водород газининг иссиқлик сигими. [1] 117-119 бетлар.

10- Машгулот.

Мавзу номи: Сийракланган газларда физикавий ҳодисалар. (4 соат)

Мавзу режаси:

1. Паст босимли газларда иссиқлик узатиш ва газларнинг оқиши.
2. Цилиндрик трубада молекуляр оқим. Ламинар ва турбулент оқим.

Таянч сузлар ва иборалар.

Паст босимлар,
вакуум,
иссиклик узатиш
иссиклик утказувчанлик
молекуляр оким
газ диффузияси

молекуляр диффузия
ламинар оким
турбулент оким
Рейнольдс сони
ваккумда диффузия
сурувчи ижос

10. 1.1 Биринчи асосий савол:

Паст босимли газларда иссиклик узатиш ва газларнинг окиши.

1.2. Асосий саволнинг максоди: Сийракланган газларда иссиклик утказувчанлик ходисасининг содир булиши ва иссиклик утказувчанлик коэффциенти формуласи чиқарилади. Паст босимларда газларнинг эффузия ходисаси ургатилади.

1.3. Идентив укув максоди:

1. Паст босимларда иссиклик узатиш жараёнини узлаштириб олади.
2. Иссиклик утказувчанлик коэффциентининг газ турган идиш деворига богликлик формуласи билан танишади.
3. Паст босимларда содир буладиган газ эффузия ходисасини урганади.

1.4. Мавзунинг баёни.

Сийраклашган газларда физикавий ходисалар.

Газларнинг диффузияси, иссиклик утказувчанлиги ва ички ковушкокклиги каби хоссалари молекулаларнинг эркин югуриш йули узунлигига боглик эканини куриб утдик. Бу ходисаларнинг намоён булишида молекулалар орасидаги тукнашувлар мухим ахамиятга эга. Лекин паст босимларда молекулалар орасидаги узаро тукнашувлар содир булмай колади ва уларнинг эркин югуриш йули узунлиги газ турган идишнинг улчамларидан катта булиб колади. Бундай шароитга 10^{-6} мм симоб устунига (-10^{-5} Па) якин босимларда эришиш мумкин. Бунда газ молекулалари факат идиш деворлари билингина тукнашади. Газларда кузатиладиган бундай шароит **вакуум** деб аталади. Вакуум тушунчаси нисбий тушунчадир: газ тулдирилган идиш улчамлари канча кичик булса, унда шунча юкори босимларда вакуум шароити вужудга келади.

Паст босимларда кучиш ходисалар катта босимдагиларга караганда бошкача тарзда содир булади.

Паст босимли газларда иссиклик узатиш.

Маълумки иссиклик утказувчанлик коэффциенти

босимга боглик эмас. Лекин паст босимларда молекулаларнинг эркин югуриш йули газ турган идиш деворидан катта булиб колганда, молекулаларнинг тукнашувлари билан тавсифланувчи одатдаги иссиклик утказиш ходисаси уз маъносини йукотади. Шу сабабли паст босимлардаги иссиклик утказувчанликни тавсифлаш учун иссиклик узатиш тушунчасидан фойдаланамиз.

Сийракланган газларда иссиклик узатиш механизми томман башкача тарзда амалга ошади. Газ ичида харорат граденти йук. Бу ерда газ молекулалари факат идиш девори билан тукнашади. Бунда улар иссик девордан совук деворга иссикликни олиб утувчи воситалар вазифасини бажаради, холос. Молекулалар иссик деворга урилганда бу сиртнинг хароратига мос энергияни олади ва сиртдан кайтиб, совук сиртга бориб урилади ва унга ортикча энергияни беради ва сиртдан яна иссик сиртга караб кайтади.

Равшанки, иссик девордан совук деворга газ олиб утаётган иссиклик микдори молекулаларни идиш деворига урилиш сонига, яъни газнинг босимига пропорционал булади. Озотдаги газда эса иссиклик утказувчанлик босимига боглик эмас.

Агар деворлар харорати T_1 ва T_2 , улар оралиги булса, бир девордан иккинчи деворга олиб утилатган иссиклик микдори

Бу ерда $T_1 > T_2$ деб назарда тутилади. Бундаги иссиклик утказувчанлик коэффиценти учун расман

(1)

ифода ёзилса ҳам унга куйидаги узгартишларни киритиш зарур. ни
га, ва узгартишлардан кейин (1) куйидаги
куринишни олади.

(2)

(2) нинг унг томонини га булиб ва купайтириб, ҳамда ва
булишни эътиборга олиб, ёза оламиз:

Иссиклик узатишнинг вакуумда
босимга богликлгидан амалда Дьюар
идишлари ва термослар ясашда
фойдаланилади. Улар суюк газларни саклашда
ва иссик суюкликларни саклашда ишлатилади.
Расмда дюарнинг тузулиши курсатилган.

Паст босимларда газларнинг окиши.

Сийрак газ труба буйлаб харакатланганда унинг молекулалари орасида узаро тукнашув булмайди, одатдаги газда кузатиладиган ички ишкालаниш йуколади, ковушкоклик тушунчаси эса узининг аввалги маъносини йукотади. Газ молекулалари факат турба девори билан тукнашади. Шу сабали газнинг молекулалари узаро тукнашмайдиган шароитда окиши молекуляр окиш деб аталади.

Вакуумда газлар диффузияси.

Вакуумда молекулалар орасида тукнашувлар йук. Шу сабали вакуумда газлар диффузиясини одатдаги газлардагидек секин амалга оширилган жараён деб булмайди. Бунда диффузия жуда тез амалга ошади. Бунда газ турган идиш улчами ҳам ахамиятга эга булади. Агар идиш цилиндрсимон булса, диффузия коэффиценти

бу ерда трубанинг диаметри.

Вакуумда молекулаларнинг харакати учун газнинг турли кисмлари оралигида босимлар фарки булиши зарур эмасдек туюлади. Лекин тажрибалар молекуляр оким учун ҳам босим фарки зарурлигини курсатади. Бирор идиш кичик юзага тенг тирикишли тусик билан тенг иккига ажратилган булсин. Тешик улчами молекулаларнинг эркин югуриш йулидан кичик деб оламиз. Биринчи томонда босим, иккинчи тамонда булсин.

деб фараз киламиз. Шунингдек биринчи томонда молекулалар зичлиги ва иккинчи томонда булсин. булиши тушунарли. Биринчи томондан иккинчига вақт бирлигида бирлик юза оркали утган молекулалар сони

(1)

Маълумки ва

Шу сабабли (1) ни (2) деб ёза оламиз.

Бутун юза оркали бирлик вақт ичида утган молекулалар сони

булади.

Бунда ρ давомида тешик оркали олиб утилган газ массаси:

(2)

m - битта молекула массаси. Маълумки,

Шундай қилиб,

(3)

Тешик оркали утган газ микдорини секундига молекула билан иодалаш мумкин.

Маълумки, , натижада (5)

(3), (4) ва (5) тенгламалар вакуумга жойлаштирилган диафрагмадаги кичик тешикдан утган газ микдорини билдиради. Бу микдор босимлар фаркига боглик экан.

Газнинг босими фарки таъсирида кичик тешик оркали оқиш жараёни **газнинг эффузияси** деб аталади. Жумладан газнинг вакуум шароитида кичик тешик оркали оқими **молекуляр эффузияси** деб аталади.

1.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Қандай талабаларга жавоб берганда газдаги шароит вакуум деб аталади?
2. Вакуум шароитига эришиш идиш улчамларига қандай боглик?
3. Паст босимда газ олиб утаётган иссиқлик микдори нималарга боглик?
 - А) Газ турган идиш деворлари ҳарорати айрмаси тугри пропорционал.
 - В) Идиш деворлари оралигига тескари пропорционал.
 - С) Деворлар ҳарорати айрмасига тугри ва деворлар оралигига тескари пропорционал.
 - Д) Газ молекулалари тезлигига боглик.
 - Е) Газнинг зичлигига боглик.
4. Паст босимлардан фойдаланиш усуллари айтинг.
5. Газ диффузияси ҳодисасини тушунтиринг.

10.2.1. Иккинчи асосий савол:

Цилиндрик трубада молекуляр оқим. Ламинар ва турбулент оқим.

2.2. Асосий саволнинг максоди: Зич ва сийрак газларда бирлик юза оркали олиб утилатган газ массасининг идиш улчамларига боғлиқлик массаси урганилади. Оқимнинг ламинар ёки турбулент булиш шартлари курсатиб берилади.

2.3. Идентив укүв максадлари.

1. Паст босимларда Труба оркали олиб утилган газ микдорини аниклашни урганади.
2. Пуазейль формуласининг татбикини билиб олади.

2.4. Мавзу баёни:

Цилиндрик трубада молекуляр оқим.

Одатдаги газлар трубадан оқиши учун ички ишқаланиш булгани сабабли трубадан турли қисмлари оралиғида газнинг босимлари фарқи

булиши зарур. Унча катта тезликда булмаган газнинг ҳажми ва босимлар фарқи орасидаги боғланиш Пуазейль формуласи билан аникланади:

(1)

бу ерда λ - трубадан узунлиги ва r унинг радиуси, η газнинг ковшоклик коэффициентини. Формуладан қурииб турибдики вақт бирлиғида трубадан оқатган газ ҳажми Q труба радиусининг 4-даражасига пропорционал булар экан. Шу ҳажмдаги газ массаси

(2)

- газнинг уртача зичлиғи. Идеал газ ҳолат тенгламасидан

(3)

- газнинг уртача босими.

(4)

(3) ва (4) ни (2) га қуямиз:

(5)

Бу T ҳароратда P радиусли труба оркали вақт бирлиғида оқиб утган ковшоклиғи Q булган газнинг массаси формуласи.

(1), (2) ва (3) формулалар молекулалари эркин юғуриш йули идиш улчамларидан кичик булган яхлит муҳит деб қараш мумкин булган зич газлар учун уринли. Агар газ сийрак ва унинг молекулалари эркин юғуриш йули идиш улчамларидан катта булса бу формуладан фойдаланиб булмайди. Сийрак газнинг вақт бирлиғида оқиб утган массаси:

(6)

булади.

(6) дан қурииб турибдики, вакуум шароитларида цилиндрик труба оркали оқатган газнинг микдори труба радиусининг 4- даражасига эмас, балки 3- даражасига пропорционал булар экан.

(5) ва (6) формулалардан газни берилган тезлик билан утқизишга мулжалланган трубаларнинг геометрик улчамларини (диаметри ёки узунлиғини) аниқлашда фойдаланиш мумкин. Улардан газни ҳайдаш тезлиғи газни суриб олинаётган идишни

насос билан боғловчи трубанинг диаметрига қандай кучли боғланганлигига қурилиб турибди. Труба диаметри кичик бўлса, насос имкониятидан тулик фойдаланилмай қолинади.

Ламинар ва турбулент оқимлар.

Газлар (суюқликлар) кичик тезликлар билан оқканда уларнинг катламлари бир-бирига параллел қолган ҳолда қучади. Шундай оқимдаги газлар учун Пуазейл формуласидан фойдаланиб газларнинг қовушқоқлик коэффициентини улчаш мумкин. Бундай оқимларни **ламинар оқимлар** деб аталади.

Оқим тезлиги ортганда ламинарлик бузилади ва газда (суюқликда) уюрмалар пайдо бўлади. Бундай оқим турбулент деб аталади.

Турбулент оқим газларнинг хоссаларига, трубанинг улчамларига ва ҳаракат тезлигига боғлиқ бўлган бирор шароитда газ беради. Масалан, цилиндрлик трубадаги оқим турбулент бўлиш учун қуйидаги катталик

бирор критик қиймат, масалан, 1000 дан катта бўлиши керак. Бу Рейнольдс сони деб аталади. Бу ерда оқим тезлиги, -труба радиуси.

1000 да оқим ламинар бўлади.

2.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Т ҳароратда труба орқали вақт бирлигида оқиб ўтаётган қовушқоқлиги бўлган зич газнинг массаси труба радиусига қандай боғлиқ?
А) га пропорционал, В) га пропорционал, С) га пропорционал, Д) га пропорционал, Е) га боғлиқ эмас.
2. Т ҳароратда труба орқали вақт бирлигида оқиб ўтаётган сийрак газнинг массаси труба радиусига қандай боғлиқ?
А) га пропорционал, В) га пропорционал, С) га пропорционал, Д) га пропорционал, Е) боғлиқ эмас.
3. Қандай оқим ламинар оқим деб аталади?
А) Кичик тезликли газ суюқлик оқими, В) қовушқоқ суюқлик оқими, С) Газ (суюқлик) катламлари бир-бирига параллел қучганда, Д) Газ (суюқлик) катта диаметрли трубада оқканда, Е) оқим доимий босимда содир бўлганда.
4. Рейнольдс сони маъносини тушунтириб беринг.
5. Оқимнинг турбулентлик шarti қандай?
А) оқимда уюрмалар пайдо бўлиши керак, В) ламинарлик бузилади. С) 1000, Д) Труба қесими кичик, Е) А, В, С, жавоблар тугри.

2.6. Мустақил иш учун топшириқлар:

1. Вакуум техникаси элементлари. [2] 205 бет 57§
2. Кичик босимларни улчаш. [2] § 58 211 бет.

11 - Машгулот

Мавзунинг номи. Реал газлар. Ван-дер-Ваальс тенгламаси. (6 соат)

Мавзунинг режаси:

1. Реал газлар. Газларнинг суюклиши. Фазавий утишлар.
2. Ван-дер-Ваальс тенгламаси ва изотермалари.
3. Реал газнинг ички энергияси.

Таянч сузлар ва иборалар.

Реал газ	критик изотерма,	келтирилган
Молекуланинг хусусий улчами,	критик хажм,	параметрлар
конденсация,	критик босим	мос ҳолатлар
монометр,	критик ҳолат,	конуни.
туйинган буг,	фазовий мувозанат	
туйинган буг босими,	фазовий утиш	
критик ҳарорат,	Вандер Ваальс изатермаси.	
метастабил ҳолатлар	ута туйинган буг	
ута кизиган суюклик	вкриял коэффициентлар.	

11. 1. 1. Биринчи асосий савол:

Реал газлар. Газларнинг суюклиши- Фазавий утишлар.

1. 2. Асосий саволнинг максоди: Реал газлар ҳақида тушунча берилади. Реал газ ҳолати узгаришларида унинг параметрлари орасидаги боғланишларида бузилиши курсатиб берилади. Газ сиқилганда унинг хоссасининг бутунлай узгариши ва бошқа табиатга эга булган моддага айланиш жараёнлари урганилади.

1.3 Идентив укүв максадлари:

1. Реал газ ҳолат тенгламаси билан танишади.
2. Газларни суюлтириш жараёнининг урганади.
3. Фазовий утишлар ҳақида тушунча олади.

1.4. Мавзунинг баёни:

Реал газ ҳақида тушунча.

Менделеев-Клапейрон тенгламасини чиқаришда идеал газ назариясига 2 та фараз асос қилиб олинади:

- 1) Молекулалар орасида узаро таъсир йук.
- 2) Газ молекулалари хусусий хажмга эга эмас, улар моддий нукталар туплами деб қаралади.

Молекулалар уртача 10^{-10} м га улчамга эга заррачалардир. Ҳақиқатдан ҳам атмосфера босимидан газ молекулалари орасидаги уртача масофа уларнинг хусусий улчамидан 10 марта катта, уларнинг умумий хажмлари эса газ эгаллаган хажмдан 2000 марта кичик. Бу шароитларда (ва бундан кичик босимларда) молекулаларни хажмларини ва улар орасидаги узаро таъсир кучларини ҳисобга олмаслик мумкин. Лекин тажрибалар босим ортиши билан купайтманинг узгариб боришини

курсатади. Идеал газ учун бу купайтма узгармас булиб, босимга богланиши тугри чизикдан иборат булади.

Кислород гази учун утказилган тажрибалар эса босим ортиши билан ($T =$ да) дастлаб купайтма камайиб, кандайдир минимумга эришади ва босимнинг навбатдаги ортишида у деярли тугри чизик буйича уса бошлайди. Демак, катта босимлардаги газ хусусиятларини урганганда уларни ташкил этган молекулаларни улчамларини ва ораларидаги узаро таъсирларни ҳисобга олмаслик мумкин эмас экан.

Хусусиятларини урганишда молекулаларни улчамлари ва улар орасидаги узаро таъсир ҳисобга олинадиган газлар реал газлар деб аталади.

Босим ортиганда газнинг зичлиги усади ва молекулалар орасидаги уртача масофа камаяди. Масалан 100 атм. босимдаёқ газнинг молекулалари орасидаги масофа уларнинг улчамларидан 2 марта катта булган кийматгача камаяди, молекулалар хусусий ҳажмлари эса газ ҳажмидан атиги 20 марта кичик булади. Бундай шароитларда молекулалар орасидаги тукнашувлар сезиларли булиб қолади ва улар хусусиятларини урганишда молекулалар хусусий ҳажмларини ҳисобга олмаслик мумкин эмас. Бундай шароитлар учун идеал газ қонунларини қўллаб бўлмайди. Мисол тариқасида қуйидагини келтириб ўтиш мумкин. Бир мол азот газининг 0°C да ва 100 атм даги ҳажми газни идеал деб ҳисоблагандагидан 7% га, 1000 атм да эса 2 марта катта булади.

Келтирилган маълумотлар шуни курсатадики, катта босимларда ташқи қўчлар реал газни идеал газ ҳолати тенгламаси асосида ҳисоблаганидан камроқ сикар экан.

Реал газ ҳолат тенгламасини биринчи марта 1873 йилда голланд физиги Ван-дер-Ваальс тақлиф этган ва у Ван-дер-Ваальс тенгламаси деб аталади.

Бундаги a ва b узгармас катталиклар булиб, турли газлар учун тажриба йули билан аникланади. Формулада идеал газ ҳолат тенгламасига киритилган иккита тузатма бор.

1) -бу молекулалар орасидаги узаро тортишиши қўчларини ҳисобга олувчи тузатма булиб, уни ички босим дейилади (ёки босимга тузатма деб аталади).

2) узгармас b - итариш қўчларини, яъни газ молекулаларининг хусусий ҳажмини ҳисобга олади. Уни ҳажмга тузатма ҳам деб юритилади.

Газларнинг суюлиши (конденсация).

Идеал газ назариясига қўра газ қанча сиқилмасин у газ ҳолича қола бериши керак. Реал газларда эса босимнинг катта кийматларида газни ифодаловчи катталиклар кийматларида четлашишларгина қўзатиб қолмай, балки газ ҳолатида сифатий ўзгаришлар ҳам қўзатилади. Бундай ўзгаришлар юқори босимларда ва ҳар бир газ учун маълум бир тегишли ҳароратларда қўзатилади.

Силжийдиган поршен билан таъминланган шаффоф цилиндр ичида бирон газ ҳажми қамайтириб борилса унинг босими ошиб боради. Босим ўзаришини M монаметр билан ўлчаб борилади. Босим ва ҳажм орасидаги боғланишни графигида қўрсатиб берамиз.

$T =$ қилиб турилади. Газнинг дастлабки сиқилишида (p_0 ҳажмигача) босим ошади ва газ ҳолати идеал газ қонунига (Б.М) бўйсиниб ўзгаради (A, B қисм).

Сикилган газда суюк ва газ ҳолатлар мавжуд бўлиб туриши мумкин экан. Бу ҳолатлар узларининг хоссалари билан бир-биридан фарқ қилади. Агар система физикавий жihatдан турли ҳолатда бўлган бир-биридан ажралиб турувчи бир жинсли қисмларга бўлинса, у ҳолда бу қисмлар унинг фазалари деб аталади.

Агар T хароратда ва P босимда модданинг икки ёки ундан куп турли фазолари бир-бирига тегиб турса ва бунда бири иккинчисининг хисобига усмаса, модданинг бундай ҳолати унинг фазавий мувозанати деб аталади.

Модданинг бир ҳолатдан (фазадан) иккинчи ҳолатга (фазага) утиш фазавий утиш ёки фазавий айланиши деб аталади. Модданинг таркибига қараб мувозанатда буладиган фазалар сони турлича булиши мумкин.

Газ ёки суюкликнинг каттик ҳолатга утиши ҳам фазавий утиш булади.

Эндрюс изотермаларидаги бугнинг суюкликка утиш ва суюкликнинг бугга утиш нукталари BB^1 , CC^1 , ... ларни бирлаштирсак, икки фазали соҳани бир фазали соҳадан ажратувчи эгри чизик zpk ҳосил булади. Бу эгри чизикнинг pz тармогидан унғ томони модданинг газ ҳолатига мос келади. PK тармогидан чап томони модданинг суюк ҳолатга мос келади. KPZ - эгри чизикнинг ичкарисида модда икки фазали ҳолатда булади.

Модданинг критик ҳолат орқали утишини кузатиш осон. Масалан, оғзи берк шиша идишга эфир солиниб у киздирилса, бугга айланиб боради. Бунда суюкликнинг бугдан ажратувчи катлам - мениск юзага келади. Бу катлам харорат ортиши билан эфир куп булса най буйлаб юқорига қараб, кам булса пастга қараб силжийди. Температуранинг маълум қийматига етгандан сунг менск йуқолади бу суюкликнинг бутунлай бугга айланган температурасига мос келади. Эфир учун бу харорат $467,1\text{ K}$ га тенг.

1. 5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. PV қупайтманинг босимга боғланиши идеал газлар учун қандай?

А) Изотермадан иборат, В) узгармас, С) тугри чизикли, Д) қамаяди,

Е) В,С жавоблар тугри.

2. PV қупайтманинг босимга боғланиши реал газлар учун қандай?

А) Изотермадан иборат, В) қамаяди, С) аввал қамайиб, катта босимларда ортади, Д) тугри чизикли, Е) узгармас.

3. Бир хил катта босимда қайси газ куп сиқилади, Идеалми, реалми?

А) реал газ, В) бир хил сиқилади, С) идеал газ, Д) реал газ сиқилмайди, Е) Идеал газ икки марта куп сиқилади.

4. Газнинг суюкликка айланиш қараёнини тушунтириб беринг?

5. Критик ҳолат ва критик параметрлар ҳақида тушунча беринг

6. Фазавий утишлар тугрисиди тушунчалар беринг.

11.2.1. Иккинчи асосий савол:

Ван-дер-Ваальс тенгламаси ва изотермалари.

2.2. Асосий саволнинг максоди: Реал газларнинг ҳолат тенгламасини изохлаб, унга қиритилган тузатмаларнинг физик маъноси берилади ва реал газ изотермалари урганилади.

2.3.Идентив ўқув мақсадлари.

1. Ван - дер-Ваальс тузатмаларининг моҳиятини билиб олади.

2. Мос ҳолатлар тенгламаси билан танишади.

2.5.Мавзунинг баёни.

Ван-дер-Ваальс тенгламаси.

Реал газларнинг ҳолат тенгламасини куйидаги курунишга эга эканини курсатиб утдик.

Бу формулани Менделеев-Клапейрон тенгламасининг реал газлар учун мукаммаллаштирган шакли деб айтиш мумкин. (1) формула реал газларнинг исталган босимлардаги хоссаларини тугри тасвирлабгина қолмасдан, маълум аниқликда суюқликларнинг хоссаларини ва газсимон ҳолатдан суюқлик ҳолатига фазавий ўтишни ҳам тавсифлаши мумкин.

Бир моль газ учун ҳолат тенгламаси

Бунда газ молекулаларининг эркин ҳаракатланиши мумкин бўлган ҳажмининг аниқлади. Лекин бу ҳажмнинг бир қисмини молекулалар хусусий ҳажмлари эгаллайди. Бу ҳажмда молекулалар эркин ҳаракат қила олмайди ва уни V_0 билан белгилаймиз. Демак, газ молекулалари эркин ҳаракат қиладиган ҳажм газ эгаллаган бутун ҳажмдан кичик бўлиб, $V = V_0 + V_1$ га тенг. У ҳолда (2) тенглама

(3) курунишни олади.

Бундан

$P = \infty$ бўлганда газ сиқилиб V_0 га тенг қийматни эгаллайди. Лекин газ қанчалик сиқилмасин, унинг молекулалари орасидаги масофа нолга тенг бўладиган ҳолатгача яқинлашмайди, чунки улар орасида таъсир кучлари юзага келади. Мураккаб бўлмаган ҳисоблашлар тузатма учун куйидаги қийматни беради.

бирлиги м^3

Бу ерда r - молекуланинг радиуси, N_A - Авогадро сони.

Газ молекулалари ташқи босимдан ташқари ўзаро тортишиш кучлари таъсирида ҳам бир-биридан итарилади. Бу қушимча босимни юзага келтиради. Қушимча босимни деб белгиласак, P_0 у

га тенг, (6)

Бу ерда a - пропорционаллик коэффициентини.

Шундай қилиб (4) билан аниқланган босим ҳақиқатан P қадар кам бўлади ва унинг ўрнига босим учун куйидаги ифодани ёзиш ўринлидир.

(6) ни ҳисобга олиб

ёки

(7) формула 1 мол газ учун тегишли. Ихтиёрий микдордаги газ учун

(8)

қуринишни олади. ва катталиклар турлича кийматга эга, демак (8) ифода Менделеев-Клайперон тенгламаси универсал эмас.

Ван-дер-Ваальс изотермалари.

Ван-дер-Ваальс тенгламасини унча мураккаб бўлмаган узгартишлардан сунг куйидаги қуринишга келтириш мумкин.

(1)

Бу га нисбатан учинчи даражали тенглама бўлиб, унинг учта илдизи бор. Демак, босим ва хароратнинг берилган кийматларида хажмнинг уч киймати ёки бошқача айтганда, газ зичлигининг уч киймати бўлиши керак. Учинчи даражали тенгламанинг график тасвири (1) тенгламага асосан харорат узгармас бўлганда P нинг V га боғланишини курсатувчи расмдаги изотермани беради. Бу изотерма Ван-дер-Вальс изотермаси дейилади.

Тенгламанинг эгри чизиги максимум ва минимумлардан иборат. Босимнинг кийматига хажмнинг кийматлари мос келади.

Минимал кийматига газнинг суюқ ҳолати, максимум кийматига газсимон ҳолати мос келади.

Тажрибада минимум ва минимумлар кузатилмайди, фақат авс штрих чизикли утиш кузатилади. кесмани кесманинг давоми деб қараш мумкин, яъни модда ҳолатда газсимон қуринишда бўлади. Бунда буг *ута туйинган* ҳолатда бўлади, яъни буг микдори унинг туйиниш микдоридан куп бўлади. Бундай буг *ута туйинган* ёки *ута совиган* буг деб аталади. тармок суюқ ҳолатга мос келади. Модданинг бу ҳолати *ута кизиган суюклик* деб аталади.

кисмдаги ҳолатлар ностабил, ва кисмларга мос келувчи ҳолатлар метастабил ҳолатлар деб аталади. Шу сабабли бу ҳолатлар тажрибада кузатилмайди. Ван-дер-Ваальс тенгламасини тажриба натижалари билан солиштириш курсатадики а ва в катталиклар берилган газ учун мутлоқ доимий кийматга эга эмас экан. а ва в константалар хароратга боғлиқ булар экан. Шунингдек, амалий топилган , ва ларнинг кийматлари назарий кийматларга мос келмайди. Бу четлашишлар Ван-дер-Ваальс тенгламасининг тақрибий эканини исботлайди. Хозирги пайтда реал газ ҳолатини тасвирлаш учун янада умумийроқ тенглама қабул қилинган:

Бу ерда $B, C, \dots$ коэффицентлар тажрибадан аникланади ва улар хароратга боғлиқ. Бу коэффицентлар *вириал коэффицентлар* деб аталади.

Ван-дер-Ваальснинг келтирилган тенгламаси.

Мос ҳолатлар қонуни.

Ван-дер-Ваальс тенгламаси газнинг табиатига боғлиқ. Турли газлар учун бир хил хароратда турлича изотермалар ҳосил қилинади. Лекин изотерма тенгламасини газ табиатига боғлиқ бўлмайдиган қуринишга келтириш мумкин. Бунинг учун газ ҳолатининг параметрлари критик параметрлар билан бирдай нисбатларда бўлиши керак.

(1) деб белгилаймиз.

Бу улчамсиз катталиклар келтирилган параметрлар деб аталади.

(1) дан , ва ларни Вандер-Ваальс тенгламасига куйсак

(2)

(2) да алохида моддани характерлайдиган константа йук. Шунинг учун бу тенглама барча моддалар учун уринли булган универсал тенгламадир. Бу тенглик келтирилган холатлар тенгламаси деб аталади. Бу тенгламалар шундай хусусиятга эгаки, агар моддаларда иккита келтирилган параметр бирдай булса, учинчиси ҳам бирдай булиб чиқади. Шу сабабли бу конун мос холатлар конуни деб аталади.

Мос холатлар конуни ҳам такрибий характерга эга. Лекин бу конун ёрдасида турли газларнинг номаълум изотермаларини ҳисоблаш мумкин.

Реал газларнинг исиклик сигими.

Идеал газнинг исиклик сигими газнинг температурасига ҳам, ҳажмига ҳам боглик эмас. Ички энергияси эса факат температурага боглик. Реал газларда ички энергия факат температура эмас, балки молекулалар орасидаги масофага, бинобарин молекулаларнинг узаро таъсир потенциал энергиясига ҳам боглик, яъни

Маълумки

Термодинамиканинг биринчи конунига мувофик

Шунга кура

Реал газлар учун ички энергия узгариши икки қисмдан иборат деб караш мумкин.

1) узгармас ҳажмда факат температуранинг узгаришига боглик булган қисми, яъни

2) Узгармас температурада факат ҳажмнинг узгаришига боглик булган қисми:

Бинобарин

Бунга мос ҳолда исиклик сигими:

Бу тенгламанинг узгармас босимдаги исиклик сигимини ифодалайди, яъни

деб ёзсак, унинг ҳади узгармас ҳажмдаги исиклик сигимини ифодалайди
Шундай қилиб,

Лекин

бундан

Реал газлар учун $C_p - C_v$ айирма дан катта фарк килади.

2.5. Назорат саволлари. Блум таксономияси.

1. “ ” тузатманинг мохиятини тушунтиринг.
 2. Реал газ молекулалари орасида қушимча босим қандай қилиб юзага келади?
 3. “ ” ва “ ” константалар тугрисида тушунчалар беринг?
 4. Келтирилган параметрларни ёзинг.
- A) , B) , C) , D) , E) A, B, C жавоблар тугри.
5. Келтирилган ҳолатлар тенгламаси қандай хусусиятга эга?

11. 3.1. Учинчи асосий савол:

Реал газнинг ички энергияси.

3.2. Асосий саволнинг мақсади: Реал газларда ички энергия молекулаларининг температурага боғлиқ бўлган кинетик энергияси ва молекулалар орасидаги массофага боғлиқ бўлган потенциал энергияларнинг йигиндисидан иборат эканлигини эътиборга олиб реал газнинг ички энергияси қараб чиқилади.

3.3. Идентификаторларнинг мақсадлари:

1. Идеал ва реал газ ички энергиялари орасидаги асосий фарқни билиб олади.
2. Жоул-Томсон эффектини урганади.

3.4. Мавзу баёни.

Идеал газнинг ички энергияси молекулалар хаотик ҳаркатида кинетик энергияси билангина аниқланади. Реал газларда молекулаларнинг узаро таъсири уларнинг узаро E_p потенциал энергиясини белгилайди, шунинг учун реал газнинг ички энергияси унинг молекулалари ҳаркатида кинетик энергияси ва молекулаларнинг узаро потенциал энергияси йигиндисига тенг:

Молекулаларнинг E_p узаро потенциал энергияси молекулалар орасидаги ўртача массофага боғлиқ ва шунинг учун у газ эгаллаган ҳажм узгарганда узгаради. Газ ва таъсири муҳит орасида энергия алмашиши бўлмаган ҳолда газнинг ички энергияси доимий қолиши керак. Бинобарин, бу ҳолда энергия қурбонликларида бири узгарганда энергиянинг бошқа қурбонлиши ҳам мос равишда ўзгариши керак.

Ван-дер-Ваальс тенгламасига бўйсунадиган газ учун Жоул-Томсон эффектининг ишораси тенгламадаги тузатма ҳадлардан қайси бири катта роль ўйнашига боғлиқ. Дастлаб газ молекулалари орасидаги тортишиш қувватлари ҳисобга олиш билан боғлиқ бўлган тенгламанинг биринчи тузатма ҳадлари ҳисобга олмастик мумкин бўлган газни қарайлик. Бу ҳолда молекула орасидаги массофа қурбонлиши билан

молекулаларнинг уртача кинетик энергияси камаяди, бу эса газ температурасининг пасайишини билдиради.

Бинобарин, тортишиш кучлари муҳим роль уйнаган ва Ван-дер-Ваальс тенгламасида а тўзатма ҳадини ҳисобга олмаслик мумкин бўлган газ кенгайганда совуғди ва мусбат Жоуль-Томсон эффектини беради.

Айни бир газ учун Жоуль-Томсон эффектининг ишораси газнинг температурасига ва босимига боғлиқ. Бунда ҳар бир газ учун мусбат эффект температура ва босим кийматларининг чегараланган соҳаларидагина кузатилади. Ҳар бир газ учун Жоуль-Томсон эффекти нолга тенг бўлган температура ва босимнинг кийматлари мавжуд ва идеал газ каби, газ кенгайганда исимаёди ва совумаёди. Жоуль-Томсон эффекти нолга тенг бўлган газнинг ҳолати инверсия нуктаси дейилади. Бу ҳолда газ молекулалари орасидаги тортишиш кучларининг таъсири итаришиш кучларининг таъсирини тула компенсациялайди ва шунинг учун газнинг катта бўлмаган кенгайишида температураси узгармаёди.

3.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Реал газнинг ички энергия тугрисида тушунча беринг.
2. Молекулаларнинг узаро таъсир потенциал энергияси газнинг қайси параметрига боғлиқ?
А) газнинг ҳажмига, В) босимига, С) молекулалар орасидаги масофага, Д) ҳароратга, Е) Жавобларнинг ҳаммаси тугри.
3. Жоуль ва Томсон эффектининг моҳияти нимадан иборат?
4. Инверсия нуктаси нима ва уни мисолларда тушунтиринг.
5. Ван-дер-Ваальс тенгламаси билан Жоуль-Томсон эффекти уртасида қандай боғланиш бор?

3.6. Мустақил иш учун топшириқлар:

1. Критик параметрларни аниқлаш методлари. [2] § 64 228 бет.
2. Ван-дер-Ваальс тенгламаси константаларини экспериментал аниқлаш. [2] § 243 бет.

12-Машгулот.

Мавзунинг номи: Термодинамика элементлари. (6-соат)

Мавзунинг режаси:

1. Музонат ҳолатлар. Кайтар ва кайтмас жараёнлар.
2. Механикавий ва иссиқлик энергиясининг узаро айланишлари. Термодинамиканинг биринчи қонуни.
3. Карно цикли. Термодинамиканинг иккинчи қонуни.
4. Эркин энергия ва энтропия. Термодинамиканинг учинчи қонуни.

Таянч сузлар ва иборалар:

Иссиқлик ҳаракати	айланма жараёнлар
термодинамика	иситгич
термодинамик мувозанат	ишчи жисм
термодинамик жисм	совутгич
флуктуациялар	карно цикли

мувозанат ҳолати	кельвин принципи
релаксация вақти	карно принципи
кайтар жараёнлар	савитгич машина
кайтмас жараён	эркин энергия
квазистатик жараёнлар	энтропия
биринчи бош конун	термодинамик айният
Клаузиус тенгсизлиги	

12.1.1. Биринчи асосий савол.

Мувозанат ҳолатлар. Кайтар ва кайтмас жараёнлар.

1.2. Асосий саволнинг мақсади: Кайтар ва кайтмас жараёнлар тугрисида тушунчалар берилади ва реал шароитлардан мисоллар келтирилади. Термодинамик нуктаи назардан мувозанатли ҳолатлар тугрисидаги тушунча ургатилади.

1.3. Идентив укув мақсади:

1. Термодинамик мувозанат тушунчасини узлаштириб олади.
2. Кайтар жараёнлар тугрисида маълумот олади.

1.4. Мавзунинг баени:

Мувозанат ҳолатлар. Кайтар ва кайтмас жараёнлар.

Хар қандай молекуляр система бир-бири билан узаро таъсирлашувчи, узлуксиз ҳаракатланувчи ва узларининг узаро жойлашишини узгартириб турувчи куп сонли заррадан ташкил топган. Бундай системадаги хар бир молекулалага вақтнинг бирор моментида таъсир этувчи кучларни аник билиш ва демак, уларнинг ҳаракатини аник билишнинг иложи булмайди. Лекин шунга карамай, газни идеал молекулалардан ташкил топган деб караб, ундаги куплаб ходисаларни, молекуляр ҳаракатлар механизмини батафсил билмай туриб ҳам урганиш мумкинлигини куриб утдик. Бунда макроскопик катталиклардан, яъни моддани бутунича ҳарактерлайдиган, бироқ алоҳида зарраларга нисбатан куллаш бутунлай маъносиз булган катталиклардан фойдаланилди. Бундай катталик факат куп сонли зарралар тупламига нисбатан ишлатилганда маънога эга.

Шунга кура газлардаги (моддалардаги) иссиқлик ҳаракатлари билан боглик булган ходисаларни урганишда ҳам модданинг тузилишига боглик булмаган баъзи умумий қонуниятлардан фойдаланиш мумкин.

Иссиқлик ҳаракатига боглик булган хоссалари урганилаётган жисм термодинамик жисм деб аталади. Бундай жисмлардаги иссиқлик ҳаракатлари улар бир мувозанат ҳолатидан иккинчисига утганда яккол намоён булади.

Агар системанинг ҳолатини белгиловчи макроскопик катталиклар узгармас булса, система термодинамик мувозанатда булади. Термодинамик мувозанатда булган жисмлар орасида иссиқлик утказувчанлик, диффузия, кимёвий реакциялар ва бошка ходисалар содир булмайди. Масалан, бир хил температурали жисмлар орасида иссиқлик энергияси бир жисмдан икки жисмга утмайди. Шунингдек туйинган буг билан унинг суюқлиги орасида ҳам мувозанат вужудга келди. Канча молекулалар учиб чикса, шунча молекулалар кайтиб тушади. Шунга карамай, газнинг (жисмнинг) турли қисмларда айрим молекулалар энергияси уртача қийматдан фарк қилиб туриш мумкин. Бундай четлашишлар флуктуациялар деб аталади. Флуктуациялар жисмнинг умумий мувозанат ҳолатига таъсир курсата олмайди.

Кайтар ва кайтмас жараёнлар.

Хар кандай молекуляр система унга ташки кучлар таъсир килмаганда утадиган ва истаганча узок муддат тинч туриб қоладиган ҳолати унинг мувозанат ҳолати деб аталади. Системанинг номувозанат ҳолатдан мувозанат ҳолатга ўтиш жараёни релаксация, бунинг учун керак бўлган вақт эса релаксация вақти деб аталади. Шу билан бирга система бир мувозанат ҳолатдан иккинчисига ўтган бўлса, у ўз-ўзидан дастлабки ҳолатига қайтиб ўта олмайди. Бошқача айтганда система мувозанат ҳолатга ўтишдаги ҳолат ўзгаришлари ташки таъсирсиз тескари йўналишда руй бериши мумкин эмас экан.

Газ бўш идишга қуйиб юборилса, бироз вақтдан кейин бу идишнинг бирча қисмини эгаллайди ва барча жойда деярлик бир хил зичликга эга бўлади. Бирок ташки кучлар таъсирсиз газ ҳеч вақт идишнинг бир қисмида унинг бошқа қисмидагига қараганда катта миқдорда (катта зичлик билан) тупланмайди. Худди шунингдек аввал алоҳида бўлган газларни аралашгандан сунг ташки кучлар таъсирсиз ажратиб бўлмайди. Бу мисол молекуляр системада руй берадиган жараёнлар қайтмас жараёнлар эканини кўрсатади.

Қайтар жараёнлар деб система ҳолатининг шундай ўзгаришига айтиладики, бу жараён тескари йўналишда амалга ошганда система тугри йўналишдаги оралик ҳолатлар орқали кетма-кет ўтиб дастлабки ҳолатга ўтадиган, бирок системадан ташқаридаги жисмлар ҳолатига ҳеч қандай ўзгариш киритилмайдиган ўтиш эканлигига айтилади. Бу қоида шартларни қаноатлантирмайдиган ўтишлар қайтмас жараёнлар деб аталади.

Барча қучиш ҳодисалари - иссиқлик ўтказувчанлик, диффузия ва ички ишқаланиш қайтмас жараёнлар.

1.5. Назорат саволлари.

Блўм таксономияси.

1. Термодинамик жисм ва унинг иссиқлик ҳаракатининг хусусиятлари тугрисида тушунча беринг.
2. Термодинамик жисмнинг мувозанат ҳолатининг қандай белгилари бор?
3. Қайтар ва қайтмас жараёнларга мисоллар келтиринг?
4. Релаксация вақти нима?
 - А) Системанинг номувозанат ҳолатдан мувозанат ҳолатга ўтиши учун кетган вақт.
 - В) Система ҳолатининг ҳар қандай ўзгариши учун кетган вақт.
 - С) Система энергиясининг ўзгариши учун кетган вақт.
 - Д) Системадаги тасодифий ўзгаришлар орасидаги вақт
 - Е) Қайтар жараёнлар орасидаги вақт.
5. иссиқлик ўтказувчанлик, диффузия ва ички ишқаланиш қайси жараёнларга мисол бўла олади?
 - А) изожаараёнлар, В) қайтар жараёнлар, С) қайтмас жараёнлар, Д) қучиш жараёнлари, Е) Номувозанатсиз жараёнлар.

11. 2.1. Иккинчи асосий савол.

Механикавий ва иссиқлик энергияларининг ўзаро айланиши. Термодинамиканинг биринчи қонуни.

2.2. Асосий саволнинг максоди.

Энергия турларининг бир-бирига айланиши табиат қонунлари орасида энг муҳими эканлиги қўрастиб берилади.

2.3. Идентив қув мақсадлари.

- 1) Энергия турларининг ўзаро айланиш жараёнларини билиб олади.
- 2) Термодинамиканинг биринчи бош қонунини ўрганади.

2.4. Мавзунинг баёни.

Системанинг мувозанатга утишида табиатда руй берадиган жараёнлардан бири. Механикавий энергиянинг иссиқликка айланишидир. Механикавий энергия жисмлар ҳаракат энергияси ва бу жисмларга таъсир этувчи кучлар туфайли юзага келадиган потенциал энергия йиғиндисидан иборат макроскопик энергиядир.

Молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати кинетик энергияси ва уларнинг узаро таъсирининг потенциал энергияси эса ички энергиясини ҳосил қилади. Бу энергиялар бир-бирига ҳамбарчас боглиқ.

Тесқари жараён - бу иссиқликнинг механикавий энергияга айланиши, яъни иссиқлик ҳисобига механикавий энергия ҳосил қилишдир. Бу жараён иссиқлик ҳисобига механикавий иш бажариш усуллариининг қашф этилишига олиб келди. Бу усуллар- ёниш маҳсулотлариининг ёнишидан ҳосил булган иссиқликнинг механикавий энергияга айланиши, ядро энергиясидан иш бажаришда фойдаланиш учуллари дир.

Термодинамика механикавий ва иссиқлик энергиялари орасидаги богланишни урганувчи физиканинг булими сифатида пайдо булди. Шунингдек, термодинамика иссиқлик энергияси ва бошқа тур энергиялар қимёвий, электр, нур энергиялари ва ҳақозолар ораларидаги богланишни урганувчи фан ҳам ҳисобланади.

Бу богланишланиш урганувчи асосий қонун энергиянинг сақланиш қонуни дир. Бу қонун термодинамиканинг Биринчи-бош қонуни дир. Бу қонун таърифиға қура берилган иссиқлик миқдори бажарган иш билан система ички энергиясининг узғаришиға тенг, яъни

Шуни қайд этиб утиш қераққи бунда система ҳолати узғаради ва иш ёқи иссиқлик миқдори бир ҳолатдан иккинчи ҳолатға системанинг қандай йул билан утишиға боглиқ булса, ички энергиянинг узғариши эса утиш йулиға боглиқ эмас, балқи факат бошланғиқ ва охири қолатларға боглиқ булади. Бу деған суз ҳар бир ҳолатда система ички энергиянинг аниқ қийматиға эға булади демақдир. Бирок система аниқ иссиқлик миқдори ёқи ишға эға деб булмайдй. Шунинг учун ички энергияни ҳолат функцияси деб юритилиади. ва A лар эса ҳолат узғариш жараёнининг функциялари ҳисобланади.

Система қатор ҳолатлардан утиб узининг дастлабқи ҳолатиға қайтадиган утишлари айланма жараён деб аталади.

Айланма жараёнда ички энергиянинг узғариши нолға тенг ва термодинамиканинг Биринчи бош қонуни қуйидағиқа ёзилади:

Термодинамиканинг Биринчи бош қонуни идеал газға тадбиқ этиб қуйидағи муносабатларни аниқлаш мумкин.

1) Бир мол газнинг ҳажми V_1 дан V_2 гача изотермик қенгайғанда бажарилган иш.

2) Адиабатик қенгайиб ҳарорати T_1 дан T_2 гача пасайғанда бажарилган иш

3) Термодинамиканинг Биринчи бош қонунига қура система ҳолати узғаришида бажарилган иш ҳолатнинг қандай йуналишида узғаришиға боглиқ эмас. Бу қонунға қура иссиқлик иссиқ жисмдан совуқ жисмға ва совуқ жисмдан иссиқ жисмға бир хил тарзда утиш мумкин. Бунда факат бир жисмдан томонидан берилган энергия иккинчи

жисм олган энергияга тенг булиши керак. Бу жараёнга тескари жараён исикликнинг механикавий ишга айланишида бир жисмдан иккинчи жисмга исиклик берилиши туфайли иккинчи жисм кенгайган булса, бажарилган иш:

га тенг булади.

Изотермик жараёнда () энг куп иш бажарилади, яъни

Бундан ортик иш бажариб булмайди. Уз-уздан равшанки, бунда бир жисмдан иккинчи жисмга исиклик узатилмайди. Бирок техникада исикликни механикавий ишга айлантириб турувчи курилмалар даврий равишда ишлаб туради, яъни уларда исиклик узатиш ва уни ишга айлантириш жараёнлари даврий такрорланиб туради.

Бунинг учун иш бажараётган жисм манбадан олган исикликдан сунг, яна худди шундай жараёни кайтадан бошлаш учун узининг дастлабки холатига кайтиб туруши керак. Бошкacha айтганда жисм айланма жараёнларни бажариши керак.

Аввалги холатни кайта тикловчи холат узгаришлари туплами цикл деб аталади.

Айланма жараён (цикл) АаВвА ёпик чизик билан ифодаланади ва бунда бажарилган иш шу ёпик чизик билан чегараланган юзага тенг булади.

Айланма жараёндан курииб турибдики, манбадан олинган исиклик микдорига тенг иш бажариш мумкин экан. Шу сабабли, исиклик узатиш жараёни такрорланиб туриши учун исиклик узатиш бевосита эмас, балки бошка учунчи жисм, яъни “йул-йулакай” кенгайиб механикавий иш бажарадиган ва дастлабки холатига кайтадиган жисм оркали амалга оширилиши керак. Бу учунчи жисм-ишчи жисм, исиклик манбаи-иситгич, исиклик узатилаётган паст температурали жисм- советгич деб аталади.

Бундай шакл асосида ишлайдиган исиклик машиналарининг иш жараёнини урганиб, В. Томсон 1854 йилда исикликни механикавий ишга айланиш жараёни учун куйидаги коидани яратди.

Бирор жисмдан олинган исикликни бошка кандайдир жисм ёки жисмларда хеч кандай узгариш вужудга келтирмай, ягона механикавий ишга айлантириб берувчи айланма (циклик) жараёни амалга ошириш мумкин эмас. Бу коидада бошка жисм деганда “советгич” назарда тугилади. Демак, циклик жараёнда иш бажариш учун турли температурали икки жисм катнашиши шарт экан. Шу сабабли бу тасдик Кельвин принципи деб ном олган.

Ишчи жисм дастлабки холатига ВвА эгри чизик билан утиши учун унинг харорати пастрок булиши керак. Демак ишчи жисмни дастлабки холатга утказиш, яъни сикиш учун ундан маълум микдорда исиклик олинishi ва советгичга берилиши керак.

2.5. Назорат саволлари:

Блум таксономияси.

1. Механик энергиянинг исиклик энергиясига айланиш ходисасини молекуляр кинетик назария асосида изохлаб.
2. Термодинамиканинг биринчи конунини таърифни айтиш.
3. Ички энергиянинг узгариши системанинг биринчи холатдан иккинчи холатга утиш йулига ... (тугри жавобни куйинг)

А) боглик. В) ва хароратга боглик, С) боглик эмас, Д) ва босимга боглик, Е) ва утиш жараёнига боглик.

4. Ички энергия И, исиклик микдори ва бажарилган иш А лардан қайси бири ҳолат функцияси ҳисобланади?

А) , А, В) , , С) факат , Д) факат , Е) учаласи ҳам.

5) Энг қуш иш қайси жараёнда бажарилади?

А) адиабатик, В) айланма, С) изотермик, Д) изобарик, Е) политропик.

6) Айланма жараёнда системага 200 кЖ исиклик энергияси берилди. Бу жараёнда қандай иш бажарилади?

А) 100кЖ, В) 300кЖ, С) 200кЖ, Д) 50кЖ, Е) бажарилмайди.

12. 3.1. Учинчи асосий савол.

Карно цикли. Термодинамиканинг иккинчи қонуни.

3.2. Асосий саволнинг максоди. Карно цикли асосида исикликни механик ишга айлантиришнинг энг муҳим қонунияти ургатилади ва бу қонуният термодинамиканинг биринчи бош қонуни деб аталади.

3.3. Идентиф уқув максадлари:

1. Карно циклининг моҳиятини билиб олади.

2. Карно цикли бўйича ишловчи машинанинг фойдали иш коэффициентини ҳисоблашни урганади.

3.4. Мавзунинг баёни.

Карно цикли.

Қайтар процесснинг муҳим хусусияти система дастлабки ҳолатга қайтганда уни ураб олган муҳитда узғаришнинг бўлмаслигидир. Агар система қайтар процесс давомида ташқаридан олинган исиклик ҳисобига иш бажарса, система дастлабки ҳолатга қайтганда у шунча микдорда исиклик бериши керак ва система устидан системанинг узи бажарган ишга тенг бўлган иш бажарилиши керак.

Бундай процессни 1824 йилда француз инженер С. Карно текширган ва шунинг учун у Карно цикли номи олинган.

Карно цикли узаро алмашиб келадиган икки адиабатик процесслардан иборат. Циклни бажарувчи система деб 1 моль идеал газни олайлик. Унинг бошланғич ҳолат параметрларининг қийматлари ,

, бўлсин. Газга изотермик равишда хажмга кенгайиш имконият яратайлик. Бунинг натижасида газнинг босими қийматга камаяди ва система 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтади. Изотермик кенгайиш процессида газ қуйидаги ишни бажаради:

Бунда газнинг температурасини узгармас қилиб сақлаш учун газ бажарган ишга эквивалент бўлган исиклик микдори берилиши керак:

Демак, газга берилган иситкич бажарилган тула иши.

Изотермик сиқиб процессида газнинг температураси узгармаслиги учун бажарилган ишга эквивалент бўлган исиклик микдори системадан олиниши керак:

Адиабатик равишда газни хажмдан хажмгача сикувчи ташки кучларнинг иши хисобига цикл тугалланади. Бу иш газнинг ички энергиясини орттиришга сарф булади.

Термодинамиканинг биринчи конунига биноан цикл давомида газнинг бажарган иши куйидагига тенг:

бу ерда бир цикл давомида газга берилган умумий иссиқлик микдори.
булгани учун (еки)

(3)

булади.

Демак, цикл давомида газ кенгайганда унга ташкаридан иссиқлик микдори берилган, газнинг узи эса сиқилганда дан кам булган иссиқлик микдорини берган. Мана шу айирма хисобига ташки кучларга карши газ А иш бажарилади. Иссиқлик ишга айланадиган бундай цикллар **туғри цикллар** деб аталади. Иссиқлик курилишида олинган энергияни механик ишга айлантирадиган барча иссиқлик машиналари **туғри цикл** бажаради.

Механик энергияни иссиқликга айлантириш тескари жараёнга нисбатан анча содда ва осон, деярлик исрофсиз амалга ошириш мумкин.

Циклнинг фойдали иш коэффициентини деб, цикл давомида олинган ишнинг системага берилган барча иссиқлик микдори ишга айлантирилганда ҳосил булган ишга нисбатига айтилади.

ёки иссиқлик билан ишнинг эквивалентлигини хисобга олсак,

(1) еки (2) муносабатдан фойдаланиб, куйидагини ёзиш мумкин:

(3)

Маълумки,

Худди шунингдек ва хажмлар уртасида куйидаги муносабат бажарилиши керак:

Биринчи тенгликни иккинчи тенгликка хадма-хад булиб, куйидагини ҳосил киламиз:

ёки бу тенгликнинг иккала қисмидан () даражали илдиз чиқарсак,

булади. Бу олинган муносабат () да () ни () киймат билан алмаштиришга имкон беради ва у вақтда, кискартиришни бажариб, куйидагини топамиз:

(4)

бу ерда T – иситкичнинг ҳарорати, T_0 – совуткичнинг ҳарорати.

Карно циклининг ф.и.к.и. иситкич ва совиткичларнинг факат абсолют температуралари билан аникланади ва цикл бажарадиган моддага боғлиқ эмас. Бу ҳулоса **Карно теоремаси** деб аталади.

Карно циклининг Ф. И. К. ни орттириш учун иситкич ва совиткич температуралари фарқини орттириш зарурлиги (4) формуладан келиб чиқади. Жумладан, истгич ва совиткичнинг температуралари бир хил булса, Карно циклининг Ф. И. К. нолга тенг булади.

Бу хил цикллар тескари цикллар номини олган. Тескари циклда ташқари кучларнинг иши ҳисобига система цикл давомида ташқаридан олган иссиқлик микдорига нисбатан куп иссиқлик микдори беради:

Бунда A – ташқи кучлар бажарган иш, Q_2 – система олган иссиқлик микдори.

Бу билан тескари цикл ташқи кучларнинг бажарган иши ҳисобига қандайдир иссиқлик микдорини совуқроқ жисмдан иссиқроқ жисмга олиб утишга имкон беради. Натижада совуқ жисм янада совиқди. Шунинг учун турли совиткич машиналарнинг ишлаши шу принципга асосланган булади. (2-расм).

Карно циклида иситкичдан олинадиган иссиқликнинг факат бир қисми идишга айланади, тенг булган қисмидан фойдаланилмайди ва совиткичга узатмай уни тула ишга айлантирадиган двигател яратилса, няхоятда ажойиб иш булар эди. Бундай двигатель одатдан ташқари фойдали булар эди, чунки (3) га биноан унинг ф.и.к. булади ва у ҳар хил температурали икки жисм: иситкич ва совуткичнинг бўлишини талаб қилмас эди.

Бундай двигатель яратиш имконияти термодинамиканинг биринчи қонунига ҳилоф эмас, чунки унда иш ташқаридан бериладиган иссиқлик ҳисобига бажарилади. Лекин бундай двигатель яратиш мумкин эмас. Шу сабабли Карно циклидан куйидаги ҳулосани чиқариш мумкин. **Бирдан-бир натижаси иссиқликни ишга айлантиришдан иборат булган даврий процесс бўлиши мумкин эмас.** (М.Планк таърифи). Бу таъриф термодинамиканинг 2 қонуни деб аталади. Термодинамикада иссиқликни ишга айлантирадиган абадий двигател иккинчи тур абадий двигател деб ном олган. Бундай двигател яратишдаги уринишлар ҳамма вақт муваффақиятсиз тугаган ва шу сабабли термодинамиканинг иккинчи қонуни бундай двигател қуриш мумкин эмаслигига қурсатма бериш тарзида таърифланади: **иккинчи тур абадий двигателни қуриш мумкин эмас.** Термодинамиканинг иккинчи қонунидан ҳар қандай даврий равишда ишлайдиган иссиқлик машинаси учун совиткичга иссиқликнинг бир қисмини бериш иссиқликни ишга айлантиришнинг зарурий шарти эканлиги келиб чиқади.

Ишчи жисм сифатида идеал газ билан Карно цикли буйича ишлайдиган исиклик машинаси **кайтар машина** деб аталади. Бундан фойдаланиб, иситгичнинг температураси T_1 совитгичнинг температураси T_2 булган барча кайтар машиналарнинг ф.и.к учун куйидагини ёзиш мумкин:

(5)

бундан

Кайтар процесс-идеал процесс. Барча реал исиклик машиналарида атроф-мухит билан исиклик алмашишда ва ишканиш кучларини енгишда мукаррар равишда исиклик йукотилади. Бу реал машиналарда амалда процессларнинг тула кайтувчанлигига эришиб булмаслигига олиб келади ва шунинг учун бу процесслар мохиятан **кайтмас** процесслардир.

Равшанки, кайтмас машиналарда кайтар машиналарга караганда цикл давомида ишчи жисмдан купрок исиклик, яъни исиклик микдори олинади. Бундан

(6)

ёки келиб чиқади (-кайтмас машинанинг ф.и.к.).

(5) ва (6) ифодаларни умумлаштириб, куйидагини оламиз:

(7)

бу ерда тенглик белгиси кайтар машиналарга тегишлидир, тенгсизлик кайтмас машиналарга тегишли.

Система хеч кандай механик иш бажармасдан, балки факат бир жисмдан иккинчи жисмга исиклик утса, у вақтда булади ва (7) муносабат куйидаги курунишни олади:

Исиклик узатиш кайтмас процесс эканлигини хисобга олиб, тенглик белгисини чиқариб ташлаш ва $T_1 - T_2 > 0$ деб ёзиш керак, бундан

$$T_1 > T_2$$

булади, яъни хар кандай кайтмас процессда исиклик берадиган жисм температураси исиклик олаётган температурасидан юкори булиши керак. Бошқача айтганда, исиклик исикрок жисмдан совукрок жисмга ихтиёрий равишда, яъни иш бажармасдан утади, аммо аксинча булмайди. Бу термодинамика иккинчи конунинг таърифларидан биридир.

Хулоса қилиб, реал двигателлардаги Карно циклини амалга ошириш мумкин эмаслигини таъкидлаш лозим. Шунинг учун реал двигателларнинг ф.и.к. Карно циклининг ф.и.к. га яқинрок булган цикллардан фойдаланишга ҳаракат қилинади. Замоновий ички ёнув двигателларида исиклик келтирадиган циклларнинг куйидаги уч типидан фойдаланилади:

- 1) узгармас ҳажмда (-const) - Отто цикли;
- 2) узгармас босимда () - Дизель цикли;
- 3) Қисман узгармас ҳажмда, қисман узгармас босимда - Тринклер цикли.

3.5. Назорат саволлари.

Б. Блум таксономияси.

1. Карно цикли кандай жараёндан иборат?

- а) изотермик ва адиабатик, В) кайтар ва циклик, С) иккиизотермик ва иккиизобарик, Д) 4 та изотермик, В) изотермик ва изобарик.

22. Карно цикли бўйича газ кенгайганда бажарилган иш сиқилганда бажарилган ишдан қандай фарқ қилади?

А) кенгайишдаги иш кичик, В) иккаласи тенг, С) Сиқилганда иш кичик, Д) кенгайгандаги иш мусбат, Е) сиқилгандаги иш манфий.

3. Қуйидаги формуладан қайси бири Карно циклининг ф.и.к. ни ифода қилади?

1) 2) 3) 4)

А) В) С) Д) Е)

4. Карно циклининг ф.и.к иш бажарадиган модда турига боғлиқми?

А) Ҳа, В) Газ бўлиши шарт, С) Йук, Д) Цикл қайтар бўлса, боғлиқ, Е) Цикл қайтмас бўлса боғлиқ бўлади.

5. Совутил машиналарининг ишлаш қандай принципга асосланган?

А) Карно циклида, В) Ташки кучларнинг иш бажаришига, С) Тесқари Карно циклига, Д) Совук жисмдан иссиқ жисмга иссиқлик утишига, Е) С ва Д тугри.

12. 4.1. Тўртинчи асосий савол.

Эркин энергия ва энтропия. Термодинамиканинг учинчи бош қонуни.

4.2. Асосий саволнинг максоди: Карно циклида бажариладиган ишни-ифодалаш учун эркин энергия тушунчасидан фойдаланиш ва қайтмас жараёнларда система энтропияси доимо ортиб бориши тугрисида маълумот берилади.

4. 3. Идентификаторлар:

1. Эркин энергия ва энтропия тушунчаларини ўзлаштириб олади.
2. Қайтмас жараёнларда энтропиянинг ортиш қонуни билан танишади.
3. Термодинамиканинг учинчи бош қонуни урганилади.

4.4. Мавзунинг баёни:

1. Эркин энергия.

Карно циклида 1-изотермик кенгайишда жисм ички энергияси ҳисобига иш бажаради, бугун унинг ички энергияси қаяди:

Бундай изотермик жараёнда жисм температураси ўзгармаслиги керак. Демак, жисмнинг умумий энергиясидан иш бажариш учун фойдаланиладиган бирон қисмини ажратиб олишимиз керак. Жисмнинг умумий энергиясининг иш бажарадиган бу қисми эркин энергия деб аталади. Бу энергияга тенг бўлган иссиқлик жисмга ташқаридан берилади.

Эркин энергияни ифода қилиш учун ички энергия тушунчасидан фойдаланиб бўлмайди, чунки жараён изотермик бўлган тўғрисида бу ички энергия ўзгармаслиги керак. Адиабатик жараёнда ички энергия ўзгаради, унинг ўзгариши (қайтариши) шу жараёнда бажарилган ишга тенг бўлади.

Эркин энергия системанинг ўзи турган бирон ҳолатдан эркин энергия нолга тенг бўладиган ҳолатгача изотермик ва қайтувчан ўзгаришида бажарган иш билан ўлчанади.

Агар система ички энергиясини Q билан белгиласак, у ҳолда қайтувчан изотермик жараёнда бажарилган иш.

булади.

Жисм изотермик кенгайганда бажарилган иш мусбат булиб, у эркин энергиянинг камайишига тенг (минус ишораси). Аксинча, жисм сикилганда бажарилган иш манфий булиб, эркин энергия ошади.

Газнинг ички энергияси унинг эгаллаган хажмига боғлиқ эмас, яъни бир хил температурали сикилган ва сикилмаган газларнинг ички энергия узаро тенг булади. Бирок сикилган газнинг эркин энергияси катта булиб, у изотермик кенгайганда катта иш бажаради.

Эркин энергия жисм ҳолати узгаришларида намоён булади. Демак, эркин энергия ҳолат функцияси ҳисобланади.

2. Энтропия. Клаузиус тенгламаси.

Ишчи жисмнинг T температурали иситгичдан олган иссиқлиги Q , унинг T температурали совутгичга берилган иссиқлиги Q_c булсин. Карно циклига асосан жисм чиқарган ёки ютган иссиқлик микдорларининг температурага нисбати бир-бирига тенг булади, яъни

яъни тенгликни ёза оламиз.

нисбатни *Лоренц келтирилган иссиқлик деб атади*. Демак, айланма жараёнларда жисм олган ва берган келтирилган иссиқликлари тенгдир. Термодинамикада келтирилган иссиқлик энтропия деб юритилади.

Система ҳолати кичик қайтувчан узгаришлар билан узараётган булсин. Бундай айланма жараён учун келтирилган иссиқлик йигиндиси нулга тенг, яъни

(1)

булади.

Лекин, Карно циклида амалда иш бажарилади. Демак, система ҳолатини ифодаловчи қандайдир катталик узгаради. Уни S билан белгилаймиз. Система ҳолати га узгаради бу катталикни узгариши, табиийки

булади. (2)

Агар система бирон ҳолатдан S_1 катталик нулга тенг буладиган ҳолатга утган булсин, у ҳолда (2) ни

деб ёза оламиз. Шу йул билан аниқланган бу S катталик *энтропия* деб аталади. Чексиз кичик ҳолат узгаришлари учун энтропиянинг узгаришини қуйидагича ёза оламиз:

Бундан $dS = \frac{dQ}{T}$. Буни Термодинамиканинг 1-қонуни билан солиштирамиз.

Бу тенглик *термодинамик айният* деб аталади. Купинча бу формула қайтар жараёнлар учун термодинамиканинг иккинчи бош қонуни ҳам деб аталади.

Агар жараёнлар қайтмас булса,

булади. Бу тенгсизлик *Клаузиус тенгламаси* деб аталади.

Карно цикли қайтмас булса, келтирилган иссиқликлар йигиндиси

булади.

Берк системада кайтувчан адиабатик жараён содир булаётган булса, у холда

тенгсизликда булганидан , яъни .

Бошқача айтганда берк системанинг холат адиабатик узгарганда унинг энтропияси узгаришсиз қолади.

3. Берк системада энтропиянинг узгариши.

Энди берк система кайтмас тарзда 1-мувозанат холатдан 2-мувозанат ҳаракатга 1а2 йул билан утган булсин. Сунгра кайтувчан 2б1 йул билан бошлангич холатга утсин. Шундай килиб, система холати узгаришининг бир қисми кайтмас, бир қисми кайтувчан.

Бундай хол учун тенгсизлик уринли булади.
Бирок,

(3)

Бундаги иккинчи интеграл кайтар жараёнга тегишли, шу сабали

бунга асосан (1) ни қуйидагича ёзамиз:

Система берк булгани учун ва шу сабабли

Бундан берк системанинг энтропияси кайтмас жараёнда ортар экан деган ҳулоса чиқади. Табиатда барча жараёнлар кайтмас булгани туфайли энтропия ортиб боради. Шу билан бирга, энтропиянинг ортиши жараёнининг қайси йуналишда содир булиши мумкин ва қайси йуналишда мумкин эмаслигини, қайси холат бошлангич ва қайси холат охириги холат эканини билишга имкон беради. Айтилганлардан қуриниб турибди **энтропия** пайдо булиши мумкин ва у системанинг ҳамма вақт мувозанатга утиш жараёнида ҳосил булади. **Энтропия** ҳамма вақт ортади. **Энтропия** пайдо булгандан сунг йукотилиши мумкин эмас.

4.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Эркин энергия тушунчасини изоҳланг.

2. Кайтмас жараёнда жисм энтропияси қандай узгаради?

А. Сакраб узгаради, В) Бажарилган ишга тенг, С) ортади, Д) қамаяди, Е) узгармайди.

3. Энтропия қандай хусусиятларга эга?

4. Абсолют нолда жисмнинг иссиқлик сизими, иссиқликдан қенгайиш коэффициентини, сикилиш коэффициентини, энтропияси ва ҳоказолар нимага тенг?

А) ва нулга тенг,

В) , , , $C=0$,

С) , , , , $=0$

Д) , , $C=0$, ,

Е) , , , .

5. Берк система ҳолати адиабатик узгарганда унинг энтропияси қандай бўлади?

6. Табиатдаги жараёнларнинг энтропияси қандай узгаради?

7. Кайтувчан жараёнларда система энтропияси қандай бўлади?

8. Энтропиянинг максимал қиймати системанинг қандай ҳолатини ифодалайди?

4.6. Мустақил иш учун топшириқлар.

1. Энтропиянинг ортиш қонуни. [2] § 87 295 бет

2. Термодинамик функциялар [1] § 45 132 бет.

13- Машгулот

Мавзунинг номи. Суюқликларнинг ҳоссалари. (4 соат)

Мавзунинг режаси:

1. Суюқ муҳитнинг умумий ҳоссалари ва суюқликларда қучиш ҳодисалари.

2. Суюқлик сиртида бўладиган ҳодисалар. Осматик босим.

Таянч сузлар ва иборалар.

Эркин сирт	сирт таранглик коэффиценти
сикилувчанлик,	эркин энергия
эмпирик формула	сирт таранглик қучлари
пьезометр	чегаравий бурчак
сув аномалияси	хуллаш тула хуллаш
ФИК қонуни	мениск
Френкель-Андрате формуласи	капилляр ҳодисалар
вискозиметр	бугланиш
Бугланишнинг яширин иссиқлиги	конденсация
суюқ эритма	осматик босим
эритувчи модда	Вант-Гофф қонуни
эриган модда	осмос ҳодисаси.

13. 1.1. Биринчи асосий савол.

Суюқ муҳитнинг умумий ҳоссалари ва суюқликларда қучиш ҳодисалари.

1.2. Асосий саволнинг максоди. Суюқликларнинг сикилувчанлиги, иссиқликдан кенгайиши, сув аномалияси каби суюқликларнинг умумий ҳоссалари ва уларнинг иссиқлик сигимлари, иссиқлик утқазувчанлиги каби параметрлари билан таништирилади.

1.3 Идентив ўқув мақсадлари.

1. Суюкликларнинг умумий хоссаларини билиб олади.
2. Сув аномалияси тугрисидаги тушунчани урганади.
3. Суюкликлардаги кучиш ходисалари тугрисида маълумот олади.

1.4. Мавзунинг баёни.

Умумий тушунчалар.

Газларни юкори босимларда сикилганда бирор босимдан бошлаб улар узлуксиз равишда суюкликга утиши ва бирор критик хароратда газнинг туйинган буги билан суюклик орасида фарк йуколиши суюкликларнинг хоссалари билан ана шу газ хоссалари бир-биридан унчалик фарк килмаслигини курсатади. Реал газларнинг ҳолат тенгламаси эса уз маъносига кура газсимон ҳолатни ҳам, суюк ҳолатни шунингдек уларнинг бир-бирига утишини ҳам ифодалайди. Суюклик ва газ орасидаги фаркни уларнинг зичликларининг микдорий кийматлари орасидаги фарк сифатида ҳам қараши мумкин. Лекин реал, оддий ҳолатларда бу фарк шунчалик каттаки, у суюкликларнинг асосий хусусиятларини белгиловчи омил сифатида намоён бўлади. Аввало бу суюклик ва газларнинг табиати сифат жиҳатдан кескин фарк қилади.

Суюклик иссиқликдан кенгайиши ва сикилиш хоссасига эга. Суюкликнинг бу хил хоссаларини ҳисоблашда ҳолат тенгламасидан фойдаланиш мумкин.

1. Суюкликнинг сикилувчанлиги.

Р босимнинг бир-бирликга узгарганда ҳажмнинг нисбий узгариши жимснинг сикилувчанлик коэффиценти деб аталади ва уни билан белгилаймиз:

(1)

Идеал газлар учун , яъни босим $P=1$ атм. бўлса атм га тенг, босим 2 марта ортса ҳажм 2 марта камаяди. Суюкликларнинг сикилувчанлик коэффиценти жуда кичик ва қўпчилик суюкликлар учун 10 - 10 атм чегарасида ётади.

Суюкликларнинг сикилувчанлик коэффиценти босим ортиб бориши билан камайиб боради. Чунки, суюклик сикилган сари унинг зарралари орасидаги масофа камаяди ва уларнинг узаро итаришиш кучлари ортади. Паст босимларда турлича суюкликларнинг сикилувчанлик коэффиценти бир-биридан катта фарк қилиши мумкин бўлса, юкори босимларда барча суюкликлар учун деярлик бирдай бўлиб қолади.

Суюкликларнинг сикилувчанлик коэффиценти температура катталашади. Чунки суюклик кизиганда унинг ҳажми ортиб, молекулалар орасида масофа катталашади ва улар орасидаги итаришиш кучлари камаяди.

Тажрибадан олинган маълумотлар асосида суюкликнинг сикилувчанлик коэффиценти учун қуйидаги эмпирик формулани ёзиш мумкин:

(2)

бу ерда A температурага боглик равишда ортиб боровчи бирор функция, P - ташки босим ва P Ван-дер-Ваальс кучлари билан боглик бўлган босим.

Сикилувчанликни улчайдиган асбоблар пьезометрлар деб аталади.

2. Суюкликнинг иссиқликдан кенгайиши.

Бирор жимснинг T хароратдаги ҳажми

(3)

бунда α - бошлангич ҳажм, β -ҳажм кенгайиш коэффиценти. Харорат 1 К га узгарган бўлсин.

(4)

(4) дан (3) ни айирамиз. Бунда хажмнинг узгариши

бундан хажм кенгайиш коэффициенти

(5)

келиб чиқади.

Идеал газларда эди, лекин суюкликларда бу боғланиш анча заиф ва харорат кутарилиши билан бироз ортади. Босимнинг ортиши билан эса камаяди.

3. Сув аномалияси.

Сувдан бошка суюкликлар температура ортганда уз хажмини орттириб, айна вақтда зичлигини камайтиради. Лекин сув харорати 0 дан 4 С гача ортганда хажми кичиклашиб, 4 С да максимал зичликга эга булади. Бу сув **аномалияси** деб аталади. Бунга сабаб сув 4 С гача ортганда айрим молекулалар бирлашиб катта молекулар ҳосил қилишидир. Турли температураларда бу гуруҳ молекулаларнинг концентрациялари ҳам турлича булади. Харорат 4 С гача ортганда минимал хажмли гуруҳдаги молекулалар сони купайиб, сув хажми минимал қийматга эга булади.

Бундай аномалия суюк гелийда 2,86 К да кузатилади. Лекин гелийдаги бу аномалия фазо утиши билан ифодаланади. Гелийнинг ва деб аталадиган фазолари ҳоссалари билан бир-биридан кескин фарк қилади.

4. Суюкликларнинг иссиқлик сигимлари.

Суюкликларнинг иссиқлик сигимлари температурага боғлиқ, шу билан бирга бу боғланиш турли суюкликлар учун турлича булади. Купчилик суюкликларда иссиқлик сигим температура ортиши билан ортади, айримларида эса камаяди. Масалан: симобнинг иссиқлик сигими температура ортиши билан камаяди (дастлаб камайиб сунгра ортади). Масалан: сув учун шундай. Суюкликлар учун ҳам ва иссиқлик сигимлари фарқ қилинади. Лекин идеал газлардаги сингари - нинг қиймати универсал доимий га тенг эмас, балки айримлари учун ундан катта, бошқалари учун эса кичик булади ва қандай бўлиши иссиқдан хажмий кенгайиш коэффициенти нинг қийматига ва суюклик зарраларининг узаро таъсир кучларининг катталигига боғлиқ.

5. Суюкликларда диффузия ходисаси.

Суюкликларда молекулалар орасидаги масофа уларнинг улчамлари тартибида булади. Шу сабабли суюкликларда молекулаларнинг эркин югуриш йули узунлиги уз маъносини йукотади. Суюклик молекулаларининг ҳаракати молекулалар аро масофада кичик тебранишлар билан чекланади. Тебранаётган молекула турли флукутация туфайли қушимча энергия олиб бирон масофага сакраши мумкин. Бундай сакрашлар суюклик молекулаларининг иссиқлик ҳаракатини ҳарактерлайди. Сакрашларнинг сони ёки интенсивлиги молекулаларнинг ҳоссаларига, улар орасидаги узаро таъсир кучларига, суюкликнинг зичлигига боғлиқ булади.

Суюкликлардаги диффузия ходисаси учун ҳам Ф.И.К. қонуни уринли булади. Молекулалар уртача масофага сакраган бўлсин. Молекулаларнинг бир сакрашдан 2-сакрашгача “утрок” лик вақти t бўлса, унинг уртача тезлигини беради. У ҳолда диффузия коэффициенти учун газлардаги урнига

қуринишда ёзилади. λ купайтма суюклик молекулалари учун 6 та тенг эҳтимолни ҳаракат йуналиши мавжудлигини билдиради. Температура ортиши билан диффузия коэффициенти кескин ортади. Буни сабаби шуки температура ортиши билан

молекулаларнинг утроклик вакти камаяди. Суюкликларнинг диффузия коэффициентининг сон киймати газларникига нисбатан куплаб марта кичик.

6. Суюкликларнинг ички ишқаланиши.

Суюкликларнинг ички ишқаланиши, газлардаги сингари, суюкликнинг ҳаракат йуналишига тик йуналишда импульс кучиши туфайли юзага келади. Импульснинг катламдан катламга кучиши молекулаларнинг сакраш туфайли содир бўлади. Молекулаларнинг

“утрок” лик муддати канча кичик булса, яъни сакрашлар канча куп булса, суюклик шунча окувчан бўлади.

Суюкликнинг ковушқоклик коэффициенти Френкель-Андрате тенгламаси билан ифодаланади:

Бундаги C купайтмага сакраш нинг катталигига молекулаларнинг тебраниш частотаси ν га ва ҳароратга боғлиқ бўлади. ν ортиши билан ковушқоклик коэффициенти дарҳол камаяди.

Суюкликларнинг ковушқоклик коэффициенти вискозиметрлар билан улчанади.

7. Суюкликларнинг иссиқлик утқазувчанлиги.

Суюкликларда ҳам иссиқлик утқазувчанлик газлардаги сингари ҳарорат градиенти булганда мавжуд бўлади. Суюкликларда иссиқлик утқазувчанлик жараёни каттарок амплитуда билан тебранаётган молекулалар кичик амплитудали зарраларга энергия узатиши оқибатида содир бўлади. Энергиянинг бундай механизм воситасида узатилиши иссиқлик узатишнинг тез амалга ошишини таъминлай олмайди. Лекин шунга карамай газлардагига нисбатан бир неча марта катта бўлади.

Лекин суюқ металлларда иссиқлик утқазувчанлик металллардаги сингари тез амалга ошади. Бунга сабаб суюқ металллар иссиқлик утқазувчанлигида ҳаракатчан электр зарядлари-электронлар ҳам иштирок этишидир.

1.5. Назорат саволлари.

Блўм таксономияси.

1. Суюкликларнинг сикилувчанлик коэффициенти босимга кандай боғланган?
2. Суюкликлар сикилувчанлигини улчайдиган асбобнинг номини айтинг.
А) Барометр, В) Манометр, С) пьезометр, Д) денситометр, Е) арсометр.
4. Сув аномалияси хақида тушунча беринг.
5. Суюкликлар учун диффузия коэффициентини курсатинг.

А) _____, В) _____, С) _____, Д) _____, Е) _____

6. Суюкликларнинг ковушқоклик коэффициенти улчанадиган асбоб номини айтинг.

А) денситометр, В) ареометр, С) вискозиметр, Д) пьезометр, Е) манометр.

13. 2.1. Иккинчи асосий савол.

Суюклик сиртида буладиган ходисалар.

2.2. Асосий саволнинг максади: Суюклик ва унга қушни муҳит чегарасида буладиган ходисалар уларнинг молекуляр тузилиши нукта назаридан қараб чиқилади. Суюқ эритмалар хоссалари ва уларнинг хусусиятлари баён этилади.

2.3. Идентиф уқув максадлари.

1. Суюклик сиртида буладиган ходисалар моҳиятини билиб олади.
2. Сиртнинг эркин энергияси тушунчасини урганада.

3. Суюкликларнинг хуллаш ва хулламаслик хоссаларини билиб олади.

2.4. Мавзунинг баёни.

1. Сирт таранглик коэффиценти.

Суюкликнинг бошка мухит билан тегишиб турган сирти, масалан, шу суюклик буги, бошка суюклик ёки каттик жисм билан тегишиб турган сирти унинг колган массасига нисбатан алохида шароитларда булади. Бу алохида шароитнинг пайдо булишига сабаб шуки, суюкликнинг чегара катламидаги молекулаларининг кушилларининг бир кисми бошка мухит молекулалари хисобланади. Бу мухит эса суюкликдан табиати билан хам, зарраларнинг зичлиги билан хам фарк килиши мумкин. Шу сабабли бу катламдаги молекулаларга таъсир этаётган кучлар мувозанатлишмаган булади. Бу кучлар суюклик ичига ёки суюклик чегараланиб турган мухит ичига йуналган булиши мумкин. Бу кучлар суюклик сиртидаги молекулаларни суюклик ичига ёки уни чегаралаб турган мухит ичига караб силкитиб иш бажаради.

Молекулала сиртки катламдан суюклик ичига караб силжиганда мусбат иш бажарилади. Ақсинча, молекулалар суюклик хажмидан унинг сиртига утишида манфий иш бажарилади, бунда ташки иш бажарилиши керак.

Маълум сондаги молекулалар суюклик сиртига утиб, унинг сирти катталашаётган булсин. Бунда ташки иш бажарилиши керак. Шундай килиб, суюклик сирти ортганда анфий иш бажарилади. Ақсинча сирт кискарганда мусбат иш бажарилади.

Суюклик сирти катталиқга узгартирилган булсин. Ухолда бажарилган иш (1)

булади. Минус ишораси сиртнинг катталашувида манфий иш бажарилишини курсатади. коэффиценти суюклик сиртининг хоссаларини характерловчи асосий катталиқ булиб, **сирт таранглик коэффиценти** деб аталади. Бирлиги Ж/м^2 .

Айтилганлардан хулоса килиш мумкинки, суюклик сиртидаги молекулалар хажмидаги молекулаларга караганда ортикча потециал энергияга эга. Бу потенциал энергияни билан белгилаймиз. Бу энергиянинг пайдо булишига суюклик сирти сабаб булгани учун у сиртга пропорционал:

(2)

Сирт га узгарганда бу энергия узгариши

(3)

булади ва (1) ишга тенг.

(4)

Агар сирт узгармас хароратда ва кайтувчан жараёнда узгарган булса (4) иш сиртнинг Γ эркин энергиясининг узгаришига тенг булади, яъни

(5)

Шундай килиб, суюклик сиртининг ортикча потенциал энергияси сиртнинг эркин энергияси булар экан.

(1) ва(5) га асосан ёки бундан (6)
яъни суюклик сиртининг таранглик коэффиценти бу сиртнинг юза бирлигига мос келган эркин энергиясига тенгдир.

Хар кандай модда сингари суюклик хам мувозанат ҳолатда узининг энергияси минимал булган ҳолатга утишга интилади. Суюклик хам мувозанат ҳолатда сирт энергиясининг минимал кийматини олишга, яъни сиртининг минимал булишига интилади. Демак, суюклик сиртининг катталашишига тускинлик киладиган, яъни сиртни кискартиришга интилувчи кучлар мавжуд экан. Бу кучлар **сирт таранглик кучлари** деб аталади. Сирт таранглик кучлари суюклик сиртига уринма буйлаб йуналган булади. Сирт таранглик кучлари суюклик сиртини бинобарин сирт энергиясини камайитиришга интилади. Бирлиги Н/м (расмларга каралсин).

2. Икки мухит чегарасидаги мувозанат шартлари. Чегаравий бурчак.

Бир-бири билан аралашмайдиган икки хил суюклик чегарасида буладиган ходисаларни куриб чикайлик.

Расмда курсатилгандек, 2 суюклик томчиси 1 суюклик сиртида жойлашган. Томчи огирлиги унинг сиртининг бироз ёстиксимон куринишни олишга мажбур килади. Баъзи арикликлар (масалан, бензин ва керосин сув юзида) юпка парда каби ёйилиб кетади.

Томчи сиртининг узунлигига учта сирт таранглик кучи таъсир этади:

(1) ва(2) суюклик чегарасидаги куч;

(1) ва (3) суюк ва газ чегарасида куч;

(2) ва (3) суюклик ва газ чегарасидаги куч.

Бу кучларнинг хар бири тегишли чегара сиртларга уринма буйлаб йуналилган (2) суюк мувозанатда булиши учун кучларнинг координата укларига проекциясининг йигиндиси нулга тенг булиши керак.

ва лар (2) суюклик ав унга (1) суюкликнинг тегишли сиртига утказилган уринмалар орасидаги бурчаклар булиб, уларга **чегаравий бурчаклар** деб аталади. Бу бурчакларнинг катталиги сирт таранглик кучларининг муносабати билан аникланади.

Масалан, булганда.

(2) суюклик (1) суюклик сирти буйлаб ёйилиб кетади ва бу хол (1) суюкликни (2) суюклик **тамомила хуллаиди** деб юритилади. Бунда $Q = 0$ булади.

ёки булса булганда томчи сиртига унинг ичига караб йуналган куч таъсир этади ва у эллипсоидал ёки кичик булса шарсимон шаклни олади. Бу холни **тула хулламаслик** деб аталади.

(ёки) булганда бурчак уткир бурчак булади ва кисман хуллайди.

булганда бурчак утмас бурчак булиб, тула хулламаслик шarti уринли булади.

Шундай килиб, чегаравий бурчакнинг мувозанат ҳолатидаги киймати хуллаш улчови булиб хизмат килиши мумкин. Бу ҳолни суюклик ва каттик жисм чегарасидаги ходисалар учун караб чикамиз. б) Тула хуллашда , тула хулламасликда . Бу муносабатлар расмда суюклик ва каттик жисм чегараси учун курсатилган. (1) – каттик жисм, (2) – суюклик томчиси, (3) – газ.

кисман хуллаш шarti ҳисобланади. (а – расм).

да кисман хулламаслик. Бу муносабатлардан хулловчи суюклик сиртининг каттик жисм билан чегарадош кисмларда биров эгрilаниб ботик (а – расм), хулламайдиган суюкликларда каварик (б) булиши келиб чикади. Бу сиртлар мениск деб аталади.

Хуллайдиган суюкликларда зичлиги суюклик зичлигидан катта булган жисмлар чукмаслиги (масалан, мойланган игна сувга чукмайди) (в – расм), аксинча хулловчи суюкликларда зичлиги кичик жисмлар ҳам чукиши (ботиши) мумкин (2-расм).

2.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Суюклик сиртида сирт таранглик кучининг пайдо булиш сабабини тушунтиринг.
2. Суюкликнинг сиртининг эркин энергияси тугрисида маълумот беринг.
3. Суюкликнинг хуллаш ёки хулламаслик шартларини изохлаб беринг.
3. Диаметрлари 1) 1 мм, 2) 2 мм ва 3) 3 мм булган шиша найчалар сувга туширилган. Кайси бирида сув купрок кутарилади?
4. А) 3-да В) 2-да, С) 1- да , Д) бир хил , Е) 3- да кутарилмайди.
5. Батамом хуллайдиган суюкликда суюкликнинг кутарилиш формуласини курсатинг.

А) , В) , С) ,

Д) , Е) .

6. Нима учун мойланган игна сувга чукмайди?

7. Суюклик сиртини кискартиришга интилувчи кучлар кандай кучлар ҳисобланади?

2.6. Мустакил иш учун топшириқлар.

1. Сирт таранглик коэффицентини улчашнинг баъзи методлари. [2] § 103, 357 бет.
2. Суюк эритмалар. [2] § 108 379 бет.

14-Машгулот

Мавзунинг номи: Паст температуралар ва газларни суюлтириш. (4 соат)

Мавзу режаси.

1. Газларни суюлтириш. Жоуль - Томсон эффекти.
2. Суюлтирилган газларнинг баъзи хоссалари. Суюк гелий.

Таянч сузлар ва иборалар.

Жоуль-Томсон эффекти,	совутишнинг магнит методи,
дросселлаш,	адиабатик магнитсизлантириш,
инверсия температураси,	уюк гелий,
совутиш коэффицентини,	ута окувчанлик,
детандер	критик тезлик,
криостатлар,	механотермик эффект.

14.1.1. Биринчи асосий савол.

Газларни суюлтириш. Жоуль-Томсон эффекти.

1.2. Асосий саволнинг максоди. Газларни суюлтириш, паст температуралар ҳосил қилиш ва бу шароитда модданинг янги хоссаларини урганиш имконияти ҳамда газларни суюлтиришнинг физикавий асослари тугрисида маълумотлар берилади.

1.3. Идентив ўқув максадлари.

1. Реал газларнинг ҳолат узгаришларини тавсифловчи қонуниятларнинг газларни суюлтиришда фойдаланиш усулларини билиб олади.
2. Газларни суюлтиришда қулланиладиган усулларни билиб олади.

1.4. Мавзунинг баёни.

1. Газларни суюлтириш

Реал газлар ҳолатининг Ван-дер-Ваальс тенгламаси шуни курсатадики, ҳар қандай газни суюк ҳолатга утқишиш мумкин, бироқ бунинг учун газни дастлаб критик температурадан паст температурагача совутиш зарур. Масалан, карбонат ангидрид газини ҳона температурасида суюлтириш мумкин, чунки унинг критик температураси 31,1 С га тенг. Амиак хлор сингари газлар ҳақида ҳам шу гапларни айтиш мумкин.

Бироқ шундай газлар ҳам борки, уларни ҳар қандай катта босимда ҳам ва ҳар қандай зичликларда ҳам ҳона температурасида сул ютириш мумкин эмас. Бундай газларга ҳаво(шунингдек унинг таркибий қисмлари-азот, кислород, аргон), водород ва гелий қиради, уларнинг критик температуралари ҳона температурасидан анча паст.

Бундай газларни суюлтириш учун уларни дастлаб ҳеч булмаганда критик температурадан бирмунча паст температурагача совутиш керак, шундан сунг босимни орттириб газни суюк ҳолатга утқишиш мумкин. Бундай усулда суюлтирилган газларни атмосфера босими остида (очик идишда) сақлаш қулай, бироқ бу ҳолда уларнинг температураси яна ҳам пастроқ, яъни реал газ изотермасининг горизонтал участкасига мувофиқ қеладиган босим 1 атм га тенг буладиган температурада бўлиши керак. Азот

учун бундай изотерма 77,4 К температурага мос келади, холбуки азотнинг критик температураси 126,1 К га тенг. Кислород учун бу ракамлар мос равишда 90 К ва 154,4 К га тенг, водород учун 20,5 К ва 33 К ва нихоят, гелий учун 4,4 К ва 5,3 К га тенг.

Газларнинг суюлиши учун уларни анчагина, хатто табиатда (Ер шароитида) ҳеч қаерда учрамайдиган даражада совутиш керак. Бундай кучли даражада совутиш учун одатда икки усул (алохида ва кушилган ҳолда) дан фойдаланилади. Бу усуллардан биринчиси **Жоуль-Томсон эффекти** деб аталган ходисадан фойдаланишдир.

2. Жоуль – Томсон эффекти.

Жоуль - Томсон томонидан таклиф килинган газнинг кенгайишига доир тажрибада газ температурасининг унинг ноидеаллиги туфайли сезиларли узгаришига эришилади.

Бунда газни етарлича катта, бироқ узгармас босимда иссиқликдан изоляцияланган ғовак тусик оркали оқиб утишига мажбур қилинади. Бунда газ оқиб утиши адиабатик ходиса бўлади.

Тусикнинг гидродинамик қаршилиги шунга олиб келадики, унда газнинг босими қисман йуқолади ва газ тусикдан анча паст босимда чиқади. Бинобарин, газ кенгайиши ёки техникада айтилишича, газ дросселланади. Натижада газ совуйди.

Газнинг дросселлаш йули билан бир узгармас босимдан иккинчи узгармас босимга адиабатик кенгайишида газ температурасининг узгариш ходисаси **Жоуль-Томсон эффекти** деб аталади.

Жоуль-Томсон процессида ноидеал газ температурасининг узгаришининг сабаби шуки, газ кенгайганида молекулалар орасидаги масофа катталашади ва демак, молекулалараро узаро таъсир кучларига қарши ички иш бажарилади. Бу иш ҳисобига молекулаларнинг кинетик энергияси ва газнинг температураси узгаради. Молекулаларнинг узаро таъсир кучлари нолга тенг бўладиган идеал газларда Жоуль-Томсон эффекти бўлмайди.

Жоуль-Томсон эффекти микдорий жиҳатдан Жоуль-Томсон дифференциал коэффициенти деб аталувчи билан характерланади, бу коэффицент газнинг температура узгаришининг бу узгаришни юзага келтирган босим узгаришига нисбатан билан аниқланади:

Фараз қилайлик, газнинг бирор аниқ масалан, 1 моль массаси иссиқликдан изоляцияланган цилиндрга жойлаштирилган ғовак тусик оркали чапдан унга утаётган бўлсин. 1 моль газ тусик ва чапдан М нукта оралигидаги ҳажмини эгаллаган тусикдан утгандан кейин эса, яъни кенгайгандан кейин тусик ва унгадаги нукта орасидаги ҳажми эгаллаган бўлсин. К поршеннинг М вазиятдан тусиккача силжишида газнинг ҳажми қийматидан нолгача узгаради. Бинобарин бир моль газни тусикдан чап томонда силжитиш иши га тенг бўлади. Худди шу сабаларга қура газнинг тусикдан унг томонда бажарган иши га тенг бўлади. Газнинг умумий кенгайиш ишлари қуйидагига тенг бўлади (1-расм):

Термодинамиканинг биринчи бош қонунига қура газнинг бажарган иши унинг ички энергиясининг тесқари ишора билан олинган узгаришига тенг бўлиши керак, кенгайтириш процесси адабиатик равишда амалга оширилган бўлгани учун бўлади. Шунинг учун агар ва бир моль газнинг кенгайгунча ва кенгайгандан кейинги ички энергиялари бўлса, у ҳолда

функция газнинг *иссиклик функцияси ёки энтальпияси* деб аталади. Демак, Жоуль-Томсон процесси шундай содир буладики, бунда тусик (дроссел) нинг хар икки томонида хам газнинг иссиклик функцияси узгармас булади.:

(1)

Хакикатдан хам, тажрибанинг курсатишича, газларнинг купчилиги (азот, кислород, карбонат ангидрид ва хоказо) хона температурасида дросселланишда совийди. Бирок водород, гелий сингари газлар худди шу шароитларда исийди. Бу биринчи холда Жоуль-Томсон коэффициентининг мусбат эканлигини () ва иккинчи холда манфий эканлигини билдиради.

Нихоят, шуни кайд килиш керакки, Жоуль-Томсон процесси кайтмас процессдир, демак, бу процессда энтропия ортади, .
(1) тенгламани куйидаги курунишда кайта ёзиш мумкин.

бирок бинобарин, (2)
Энди энтропиянинг узгаришини температуранинг узгариши ва босимнинг узгариши оркали ифодалаймиз.
Маълумки,

(3)

эди. нинг бу кийматини (2) га куямиз ва куйидагини оламиз:

бундан бизни кизиктираётган Жоуль-Томсон коэффициентининг куйидаги ифодасини оламиз:

(4)

бу ерда газнинг кенгайтиш коэффициенти.
Реал газлар учун мусбат хам, манфий хам булиши мумкин. Шу билан бирга айна бир газ учун температураларнинг бир сохасида мусбат, иккинчи сохасида эса манфий булиши мумкин. Бошкача айтганда, айна шу газ учун шундай характерли температура борки, бу температурада Жоуль-Томсон коэффициенти узининг ишорасини узгартиради. Бу температура *инверсия температураси* деб аталади.
Ван-дер-Ваальс тенгламаси

дан () ни топиб, (4) га куямиз.
У холда

ни хосил киламиз.

Бу формуладан яккол куриниб турибдики, Жоуль-Томсон коэффиценти
ёки булганидагина мусбат булар экан.
булганида коэффицент , яъни дросселлашда газ исийди.
инверсия температураси куйидаги тенгликдан аникланиши равшан:

(5)

(5) ни критик температуранинг ифодаси

билан таккослаб, инверсия температураси ва критик температура орасидаги куйидаги
оддий муносабатни оламиз:

Анча купол хосблалар натижасида олинган бу муносабат тажрибада анчагина
каноатланарли тасдикланади. Хар холда критик температура канча паст булса,
инверсия температураси хам шунча паст булади.

Хона температурасида утказилган Жоуль-Томсон тажрибасида водород
кенгайишда исигани, бошка газлар эса совигани, албатта, водороднинг кандайдир
алохида хоссага эга эканлигида эмас. Хар кандай газ билан хам инверсия
температурасидан баланд температурада тажриба утказилса, бу газда ана шундай хосса
намоён булади.

3. Газларнинг ташки иш бажариб кенгайишида совуши.

Газни адиабатик кенгайишга имкон берамиз. Термодинамиканинг биринчи бош
конунидан

булиб, адиабатик кенгайишда

булгани учун

булади.

Демак, газ кенгайиб ва бунда иш бажариб, узининг ички энергиясини ва
бинобарин, узининг температурасини камайтиради. Бу хулоса идеал газларга хам, реал
газларга хам бирдай тегишлидир. Газнинг ташки иш бажаришда совуш сабаби
молекулаларининг узларидан узоклашаётган поршенга урилишларида узларининг
кисман кинетик энергияларини бериш натижасида улар тезликларининг камайишидир.

Умумий айтганда, ташки иш бажариб адиабатик кенгайишда совуш
дросселлашдаги совушдан кура анча самаралироқ булиши керак, чунки адиабатик
кенгайиш кайтар процессидир (ёки жуда булмаганда кайтар процесс булиши мумкин
булган процессдир), холбуки, Жоуль-Томсон эффекти эса кайтмас жараендир. Жараен
кайтувчан булиши фойдали иш коэффицентининг юкори булишини таъминлайди.
Тугри, бундай хулоса исикликни механикавий ишга айлантирувчи машинага тегишли.

Совуткич машинанинг фойдали иш коэффициенти сифатида совитилаётган жисмдан олинган исиклик микдорининг бунда сарф килинган A ишга нисбатини олиш керак:

Совитувчи аппаратларга кулланилганда бу коэффициент **совитиш коэффициенти** деб юритилади. Карно цикли бўйича ишлайдиган совиткич машина учун совитиш коэффициенти

га тенг эканлигини курсатиш кийин эмас, бу ерда η -совитилаётган жисмнинг температураси T_1 - исиклик узатилаётган жисмнинг температураси. Совутиш коэффициенти, албатта, бирдан катта ҳам бўлиши мумкин. Совитилаётган жисмдан айти шу исикликни олиш учун қайси машинада кам иш сарфланса, уша машина энг яхши машина бўлади. Совутиш машинасининг энг ахамиятли қисми-газнинг кенгайиши содир бўладиган қисмдир. Бу қисм **детандер** деб аталади.

1.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Газларни совутиш қандай физикавий ходисаларга асосланган?
2. Жоуль-Томсон эффектининг мохиятини изоҳланг.
3. Идеал газлар кенгайганда нима учун харорати узгармайди?
4. Идеал газлар учун Жоуль-Томсоннинг дифференциал коэффициенти нимага тенг?

A) $\eta = \frac{T_2}{T_1}$, B) $\eta = \frac{T_1}{T_2}$, C) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$,

D) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$, E) $\eta = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$

5. Инверсия харорати критик харорат билан қандай боғланишга эга?

A) $T_{кр} = T_{инв}$, B) $T_{кр} < T_{инв}$, C) $T_{кр} > T_{инв}$,

D) $T_{кр} = 2T_{инв}$, E) $T_{кр} = 0.5T_{инв}$

14.2.1. Иккинчи асосий савол.

Суюлтирилган газларнинг баъзи хоссалари. Суюк гелий.

2.2. Асосий саволнинг мақсади. Суюлтирилган газлар паст хароратлар олиш имконини беради ва паст хароратларда моддаларнинг турли хоссаларини урганиш мумкин. Паст хароратларда моддалар табиатининг хусусиятлари тугрисида маълумотлар берилади.

2.3. Идентив ўқув мақсадлари.

1. Суюлтирилган газлар ёрдасида уларнинг атмосфера босимидаги қайнаш хароратидан яна ҳам пастроқ хароратларга ҳосил қилиш йулларини билиб олади.
2. Суюк гелийнинг ута паст хароратлардаги хоссалари тугрисида информациялар олади.

2.4. Мавзунинг баёни.

1. Ута паст хароратлар.

Агар суюк гелийнинг пасайтирилган босим остида кайнашга мажбур килинса (бунинг учун унинг устидаги бугларни хайдаб туриш керак) , унинг температурасини тахминан 1 К гача пасайтириш мумкин. Шундай йул билан олинган рекорд паст температура 0,69 К га тенг. Суюк гелийнинг температурасини унинг бугларини хайдаш йули билан бундан ҳам пасайтириш амалда мумкин эмас.

Шунинг учун ҳам паст температураларни олиш учун бошка усуд - совитишнинг магнит методидан фойдаланилади. Бу методда совук агент сифатида модданинг алохида тури- парамагнит тузлар ишлатилади. Одатдаги шароитларда, яъни магнит майдон булмаганда бу макроскопик магнитчалар туз молекулаларининг исиклик харакатлари туфайли тамоман тартибсиз оринтацияланган. Агар парамагнит модда магнит майдонга жойлаштирилса, у холда магнит моментлари кисман майдон йуналишида бурилади, яъни уларнинг жойлашиши бирмунча тартибланилади. Бу процесс *магнитланиш* деб аталади.

Парамагнит модда адиабатик шароитларда магнитсизлантирилса, у совуши керак, чунки магнитсизлаш натижасида тарбибсизликнинг ортиши энтропиянинг магнит кисмининг ортишига, исиклик кисмининг эса камайишига олиб келади.

Магнит методида совитишга доир тажриба шундай куйилади: дастлаб парамагнит тузни суюк гелий ёрдамида мумкин булган энг паст температурагача совитилади. Бу усул билан рекорд паст температуралар- градуснинг юз мингдан бир улушига тенг температуралар олишга муваффақ булинган.

2. Паст хароратларда модданинг хоссалари.

Паст температураларда исиклик харакатининг интевсивлиги сусаяди ва албатта, модда хоссаларининг анча узгариши кузатилади. Бирок бундай узгаришларни урганишда аввало бунда кандай температуралар турли моддалар учун энг «паст» температура деб олинисини аниклаш керак.

Жуда паст температураларда-суюк гелий ёрдамида олинадиган ва магнит усусида олинадиган температураларда - исиклик харакатлари шунчалик заифлашадики, улар куп холларда хал килувчи роль уйнамайди. Атом ва молекулалар квант механикаси конунларига буйсунадиган зарралардан тузилган булгани учун абсалют нолга якин температураларда квант эффектлари айникса сезиларли булиб қолади ва баъзи ходисалар эса соф квант характерида булади.

Юкори температураларда молекулаларнинг кинетик энергиялари катта булади, паст температураларда эса потенциал энергиянинг нисбий роли ортади ва бу газларнинг хоссалари идеалликдан четлашишига сабаб булади. Ван-дер-Ваальс келтирилган тенгламаси

га асосланган холатлар конунига мувофик берилган температуранинг шу модда учун юкори ёки паст эканини дархол аниклаш мумкин. Равшанки,

нисбат бирга якин ёки бирдан кичик булган температуралар паст деб хисобланади.

Суюк холатнинг мавжуд булиш сохаси юкори температуралар томонидан критик нукта билан, паст температуралар томонидан эса котиш нуктаси билан чекланган. Бу ходисалар маълум температурада сакраш йули билан пайдо булади ва уларнинг юкори температураларда аналогии булмайд.

3. Суюк гелий ва унинг хоссалари.

Суюк гелийнинг энг мухим хусусиятларидан бири унинг 2,186 К да бири иккинчисига утиши мумкин булган икки модификациясининг мавжудлигидир. Бу икки модификация гелий I ва II деб аталади.

утиш нуктаси одатда нукта деб аталади. Бу ном суюк гелий иссиқлик сизимининг температурага боғланиш эгри чизигининг харфиға ухшашлигидан олинган. Температура нуктадан пасайгани ҳамон шиддат билан қайнашдан тухтайди ва пуфакчалар ажралмай қолади.

Одатдаги суюқликларда оқиш тезлиги Пуазейль тенгламасига мувофиқ аниқланиши маълум.

(1)

Ута оқувчанлик хоссаси ҳам квант эффектидир, яъни фақат квант механикаси ёрдамида тушунириш мумкин бўлган ходисадир. Бу ходисаларни Л.Д. Ландау 1941 йилда квант механикаси нуктаи-назаридан тушунириб берди. Ландау назарияси моҳияти қуйидагидар иборат. Абсолют нолда суюк гелий шундай ҳолатда бўладики, бу ҳолатда унинг атомларининг энергияси ва импульси узгара олмайди. Суюк гелийнинг ута оқувчанлик хоссаси у тегиб турган хар қандай каттик жисм сиртида суюк

нинг юпка ҳаракатланувчи пардаси ҳосил бўлиши билан ҳамбарчас боғлангандир (1-расм).

Суюк гелий пардаси ҳаракатчан ва температура юқори бўлган томонга қараб ҳаракатланади. Не II пардасининг ҳосил бўлиши ва ҳаракатланишига расмда схематик равишда тасвирланган тажрибалар ажойиб мисол бўла олади. Парда туфайли суюк гелий барча қисмлари нуктадан паст температурада бўлган очик идишда саклана олмайди.

Улчашлардан қуринадики, парданинг қалинлиги тахминан ,
яъни 100 атом қатламига яқин бўлади.

2.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Паст хароратлар ҳосил қилиш заруриятини тушунириб беринг.
2. Ута паст хароратлар қандай ҳосил қилинади?
3. Ута паст хароратларда совутилган моддалар қандай хоссаларга эга бўлади?
4. Азот, қислород ва водород учун нормал атмрсфера босимида қайнаш харорати қанчага тенг?
А) 100 К, 90 К, 15 К, В) 77к, 100 К, 20 К С) 77 К, 90 К, 20 К Д) 90 К, 20 К, 4,15 К, Е) 273 К, 300 К, 50 К.
5. Суюк гелийнинг ута утказувчанлик хоссасини изоҳланг.

2.6. Мустақил ишлар үчүн топшириқлар.

1. Газларни суюлтириш усуллари ва суюк газларнинг хоссалари.
[2] 397 ,бет.
2. Паст температураларда моддаларнинг хоссалари. [2] 412.

15-Машгулот

Мавзунинг номи: Каттик жисмлар. Каттик жисмларнинг умумий хоссалари. (4 соат)

Мавзу режаси:

1. Кристалл панжара. Кристаллардаги нуксонлар.
2. Каттик жисмларнинг механикавий хоссалари. Деформациялар.

Таянч сузлар ва иборалар.

Каттик жисм	симметрия маркази,	Гук конуни,
кристал жисм,	симметрия синфлари,	кучланиш,
Аморф жисм,	Браве пажарали,	Юнг модули,
узок тартиб,	панжара тугунлари,	Пуассон коэффиценти
якин тартиб,	Миллер индекслари,	силжиш деформацияси
анизотропия	нуксонлар,	Пластик деформация
фазовий панжара	Шотки нуксонлари,	мустахкамлик чегараси
пажара тугунлари	Френкель нуксонлари	чиниктириш
нуктавий нуксонлар	термик ишлаш	жипслашиш текисликлари
трансляция	дислокациялар	
трансляция даври	чизикли дислокациялар	
симметрия,	деформация,	
симметрия уки,	эластик деформация	

15.1.1. Биринчи асосий савол.

Кристал панжара. Кристаллардаги нуксонлар.

1.2. Асосий мавзунинг мақсади.

Модданинг каттик ҳолати тугрисида ва каттик ҳолатдаги моддада атомларнинг жойлашиши ва узаро таъсири, бу узаро таъсир туфайли каттик жисм тузилишида содир буладиган четлашишлар тугрисида маълумот берилади.

1.3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Каттик жисмнинг тузилиши тугрисида маълумот олади.
2. Кристалл панжарада атомларнинг жойлашиш тартиби турли хилдаги каттик жисмларнинг пайдо булишининг асосий шартини эканини билиб олади.
3. Атомларнинг кристалл панжара ҳосил қилишдаги четлашишлари туфайли юзага келадиган нуксонларни урганади.

1.4. Мавзунинг баёни.

1. Умумий тушунчалар.

Каттик жисмлар учун суюқликлардаги сингари факат ҳажмини сақлаш қобилиятигина эмас, шу билан бирга шаклини ҳам сақлаш қобилияти ҳам характерлидир. Факат ягона бир модда (гелий) дан ташқари барча моддалар етарлича паст температураларда каттик ҳолатга утади. Бу шуни билдирадики, заррачаларнинг иссиқлик ҳаракатлари тезлиги кичик бўлганда, улар орасидаги узоро таъсир кучлари атомларнинг силжишини шунчалик чеклаб қуядики, жисм ўз шаклини сақлаш ва ташқи куч таъсирида ўзгарганидан сунг қайта тиклаш қобилиятига эга бўлади. Шаклни сақлаш (шаклининг эластиклиги) қобилияти каттик жисмларни суюқ ва газсимон моддалардан фарқ қилувчи асосий ташқи хоссадир.

Ваҳоланки, бу ҳамма каттик жисмларга тегишли бўлавермайди. Аморф моддалар деб аталувчи бундай моддаларга шиша, турли смолалар, пластмассалар қиради. Каттик жисмнинг термодинамик ҳолати, суюқликнинг ва газнинг ҳолати

сингари, бизга маълум булган ҳолат параметрлари - ҳажм, босим ва температура билан аникланади.

Бирок шароитларнинг нихоятда турли-туман булиши туфайли каттик жисмлар учун ҳам P ва T ни боғловчи, яъни идеал газ учун топилган Клапейрон тенгламаси сингари каттик жисмларни ифодаловчи универсал тенгламани тузиш мумкин эмас.

Каттик жисмларнинг хоссалари улар атомлари (ёки бошқа зарралари) нинг суюқлик ва газлардаги сингари хаотик эмас, балки ҳар бир модда учун узига характерли аниқ, муайян тартибда жойлашганлиги билан боғлиқдир, шу билан бирга, каттик жисмларда атомларнинг бундай тартибли жойлашиши жисмнинг бутун ҳажмига тегишли булади ва бундай жойлашиш узок тартиб деб юритилади.

Атомлар орасидаги узаро таъсир кучларининг табиати яхши маълум. Бу ҳар бир атомда буладиган мусбат ва манфий зарядли зарраларнинг тортишиш ва итаришиш электр кучларидир. Бу куч абсолют киймат жихатидан камайгани сари бирор масофага ортиб боради.

Атомлар орасидаги масофа га тенг булганда узаро таъсир кучи нолга тенг булади, бу масофада потенциал энергия минимум орқали утади.

2. Кристалл панжара.

Кристаллларда уларни ташкил қилган атомлар ва бошқа зарралар мунтазам жойлашади. Атомларнинг кристаллларда бундай жойлашишининг муҳим натижаларидан бири кристалл хоссаларининг турли йуналишларда бирдай булмаслигидир, бу хосса кристаллнинг *анизотропияси* деб аталади.

Атомлар мунтазам жойлашганда улар турли йуналишда турли зичликда жойлашади. Атомларнинг турли йуналишларда мунтазам тарзда жойлашиши туфайли фазовий панжара ҳосил булади.

Кристалл ясси ёқлар билан чегараланган булиб, бу ёқлар зарралар энг катта зичликда жойлашган текисликларнинг узгинасидир, чунки кристаллнинг кристаллнинг усишида ҳудди шу текисликларга (бошқаларига эмас) купинча янги атомлар келиб кушилади. Атом энг зич банд булган текисликларда атомларнинг бир-бири билан энг кучли боғланиши равшан, чунки уларнинг ораларидаги узаро масофалар нисбати кичикдир. Кристаллда атомларнинг кичик қуюқликда жойлашган текисликлари ҳам бор. Кристаллнинг характерли хусусияти уни ташкил қилган зарраларнинг геометрик мунтазам жойлашишидир. Кристалл, демак, узлукли даврий структурага эга булади. Геометрия нуктаи назаридан зарраларнинг бундай даврий такрорланувчи жойлашишига *трансляция* деб аталган паралел силжитиш операсияси ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

Бирор нуктани тугри чизик бўйлаб а масофадаги вазият нукталар каторини ёки нукталарнинг бир улчамли занжирини ҳосил қиламиз. а трансляция кийматини *трансляция даври* деб аталади (1-расм).

Агар нуктани бир вақтда а ва в икки трансляция амали бўйича силжитсак, у ҳолда энди нукталар катори эмас, ясси тур ҳосил булади.

Бу турдаги ҳар бир нуктанинг вазияти қуйидаги вектор йигинди.

билан аникланади, бу ерда ва нулли ҳам уз ичига олган бутун сонлар.

Агар нихоят, нукта билан бир вақтда уч турли трансляция а, в ва с операцияси бажарилса, у ҳолда фазовий панжара ҳосил бўлади. Ҳар қандай нуктанинг урни бу ҳолда

Силжишларнинг тегишли комбинацияси билан аниқланади. а, в ва с ўрта векторнинг комбинацияси **трансляция группаси** деб аталади. а, в ва с векторлардан ҳосил бўлган параллелепипед **элементар ячейка** деб аталади.

Кристаллда атомларнинг даврий такрорланиш манзарасининг мунтазамлиги туфайли кристалл маълум симметрияга эга бўлади. Кристаллнинг бирор симметриясини алоҳида симметрия элементларининг туплами деб тасаввур қилиш мумкин. Бундай симметрия элементлари тўртта: симметрия ўқи, симметрия текислиги, симметрия маркази ва бурилма-аксланма симметрия ўқи.

3. Симметрия ўқи.

Агар кристаллнинг симметрия ўқи бўлса, у ҳолда уни уз-узига ўтма-ўст тушиши мумкин, яъни уни бу ўқ атрофида бирор бурчакка буриш йўли билан дастлабкидан фарқ қилмайдиган ҳолатга келтириш мумкин. Кристаллда биринчи, иккинчи, учинчи, тўртинчи ва олтинчи тартибли симметрия ўқлари бўлиши мумкин, ҳолос. Ўларга кристаллдаги бирон текисликнинг 360, 180, 120, 90 ва 60 градусларга бурилганда уз-узига ўтма-ўст тушишини қўрсатиш мумкин (3-расм).

Расмда мумкин бўлган барча симметрия ўқлари қўрсатилган; рақамлар симметрия тартибини билдиради.

4. Симметрия текислиги.

Агар кристаллнинг бир ярми қандайдир қўзғусимон текисликда аксланганда иккинчи ярми билан ўсма-ўст тушса, у ҳолда бундай текислик кристаллнинг симметрия элементи бўлади ва **симметрия текислиги** деб аталади.

5. Симметрия маркази.

Агар кристаллда шундай нукта бўлсаки, кристаллни ҳосил қилган ихтиёрий зарранинг бу нуктага ўтказилган радиус вектори ни ўнга қарама-қарши векторга алмаштирганда кристалл дастлабки ҳолатидан фарқ қилмайдиган ҳолатга ўтса, бу нукта **симметрия маркази** деб аталади ва бу кристаллнинг симметрия элементи бўлади.

Бурилма-аксланма симметрия ўқи. Бу симметрия элементи ўчун бир вақтда икки амал: ўқ атрофида буриш ва ўққа перпендикуляр текисликда симметрик акслантириш амаллари бажарилади.

6. Симметрия синфлари.

Симметрия элементлари турли кристалларда турлича комбинацияда ўқраши мумкин. Шарнинг симметрия ўқлари, симметрия текисликлари ва симметрия маркази чексиз сонда бўлгани ўчун у энг симметрик фигурадир. Кристаллографияда 32 симметрия синфи 7 симметрия системасига ажратиб ўрганилади:

- икки симметрия синфини бирлаштирувчи триклин система;
- ўч синфни ўз ичига олган моноклин система;
- ўч синфни ўз ичига олган ромбик система;

етти синфни бирлаштирувчи тригонал система;
 беш синфни бирлаштирувчи гексогонал система;
 етти синфни уз ичига олган тетрагонал система;
 энг симметрик булган ва беш синфни бирлаштирган кубик система.

7. Браве панжараси.

Трансляция йули билан панжарани уз-узига устма-уст туриши мумкин. Бунинг учун уни маълум йуналишларда маълум масофага параллел кучириш керак эди. Кристалл панжара учун трансляция асосий симметрия элементи хисобланади. Факат параллел кучириш йули билан бир-бирига устма-уст тушириш мумкин булган эквивалент тугунлар туплами кристаллнинг **трансляция панжараси** ёки **Браве панжараси** деб аталган панжарани хосил килади.

Атомлар факат ёklarнинг учларида жойлашган холда Браве панжараси ёklари **марказлашган** деб, ёklarнинг марказида ва диагонал текисликнинг марказида жойлашган холда эса **хажмий марказлашган панжара** деб аталади.

Браве панжараси кирралларининг узунлиги a , b , c ва улар орасидаги бурчакларнинг нисбатлари турлича булиши мумкин. Хаммаси булиб 14 хил Браве панжаралари бор эканлигини курсатиш мумкин. Расмда Браве панжараларининг 14 элементар параллелепипеди улар симметриясининг ортиб бориши тартибда курсатилган.

Кристаллнинг анизотропияси кристаллдаги турли текисликлар ва йуналишларни фарклаш ва уларни маълум тарзда белгилаш заруратини тугдиради. Бунинг учун махсус координаталар системасидан фойдаланилади. Кристалдаги текисликларни махсус Миллер индекслари билан белгилаш кабул килинган.

Миллер индекслари h, k, l харфлари оркали белгиланади. Расмда кубик кристаллнинг энг мухим индексларидан баъзилари курсатилган (4-расм).

8. Кристаллардаги нуксонлар. (дефектлар).

Реал кристалларда атомларнинг жойлашишидаги катъий даврийлик ва бузилмайдиган тартибни тузатиш мумкин. Турли туман экспериментларнинг курсатишига караганда, кристалларда одатда атомларнинг жойлашишидаги мунтазамлик маълум даражада бузилар экан. Каттик жисмда атомлар, суюкликдаги ва газлардаги сингари, узлуксиз иссиклик харакатида булади, уларнинг бу харакатлари жисмнинг тепературасини белгилайди. Бу харакатлар мувозанат вазияти якинида буладиган кичик тебранишлардан иборат, мувозанат вазияти эса панжаранинг тугуни булади. Кристалл панжара даврийлиги бузилиш холлари нуксонлар деб аталади. Бу нуксонларнинг хаммаси кристалларнинг хоссаларига сезиларли таъсир курсатади. Нуксонларнинг биринчи тури **Шоттки нуксонлари** деб аталади. Уларнинг мохияти шундаки, панжаранинг атомлар жойлашиши керак булган кандайдир тугунлари атомлар томонидан банд килинмай колади, бундай вакансиялар кушни атомларнинг нормал вазиятига нисбатан силжишига сабаб булади ва бу вакансия атрофида панжара тузилишининг мунтазамлигини бузади.

Френкел нуксонлари деб аталувчи иккинчи тур нуксонлар бирор зарра панжара тугунидан уз жойини колдириб, тугунлараро бирор жойда яъни панжарада “конуний” равишда уз уринларини эгаллаб турган атомлар орасида жойлашади.

Нуксонларнинг учинчи тури. Пажарадаги баъзи жойлар асосий моддада аралашмани ташкил килувчи бегона атомлар томонидан банд килинади. Бундай тур нуксонлар баъзида кристаллнинг хоссаларига таъсир курсатади. Бу айникса ярим утказгичларга тааллуқлидир, уларнинг хоссалари куп жихатдан худди шундай аралашма нуксонларга боглик булади.

Кристаллдаги нуксонларнинг энг муҳим тури дислокациялардир. Дислокациялар чизикли нуксонлардир, бу ерда атомларнинг жойлашиш мунтазамлиги чизик бўйлаб “ортикча” атом текислигининг чеккалари бўйлаб бузилади.

1. 5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Каттик жисм тузилишидаги якин ва узок тартиб тугрисида тушунча беринг.

2. Кристалл панжара симметрияси нима ва унинг кандай элементлари бор?

3. Кристалл панжарада кандай нуксонлар бор?

4. Кристалл жисм аморф жисмлардан кандай хоссалари билан фарк килади?

А) атомлар жойлашиши билан, В) кристаллда атомлар панжара хосил килади, аморф жисмларда эса панжарпа хосил килмайди. С) анизотропия хоссаси билан, Д) Миллер индекслари билан, Е) эркин харорати билан.

5. Кристаллда атомлар орасидаги узаро таъсир кучи нимага тенг?

А) kT га, В) $3/2 kT$ га, С) нолга, Д) га, Е) атомлар таъсирлашмайди.

6. Расмда курсатилган кубик кристалдаги текисликни Миллер индекслари билан белгиланг.

А) (100), В) (101),
С) (110), Д) (111),
Е) (011).

7. Кундаланг ва бўйлама узайишлар нисбати учун Пуассон коэффициентини ифодасини аниқланг.

А) , В) , С) ,

Д) , Е) .

15. 2.1. Иккинчи асосий савол:

Каттик жисмларнинг механикавий хоссалари. Деформациялар.

2.2. Асосий саволнинг максоди:

Каттик жисмларнинг механикавий хоссаларининг моҳиятини тушунтириш, деформацияларнинг табиати ва механизмини тула равишда ургатиш.

2.3. Идентив укүв максадлари:

1. Каттик жисмнинг механикавий хоссалари тугрисида маълумот олади.

2. Деформацияларнинг табиати ва механизмини урганади.

3. Деформацияларнинг характерловчи катталикларини билиб олади.

2.4. Мавзунинг баёни:

Каттик жисмларнинг механикавий хоссалари деб жисмларнинг ташки механикавий кучлар таъсирида уз шаклини узгартириш ва бу кучлар томонидан емирилишга карши туриш қобилиятини белгиловчи хоссаларга айтилади. Агар деформацияни юзага келтирган кучнинг таъсири тухтагандан кейин деформация

йуколса, бундай деформация эластик деформация, агар нагрузка тухтагандан кейин хам сакланиб колса, пластик деформация деб аталади. Каттик жисмга куйилган кучларнинг таъсирида кристаллдаги зарралар бири бошкасига нисбатан силжийди. Жисмларнинг деформацияланиш ходисаси шундан иборат.

Деформация катталиги ва деформация туфайли пайдо буладиган кучлар орасидаги муносабат Гук конуни билан аникланади. Гук конуни шундай ифодаганади: куч деформацияга пропорционалдир. Сирти юзаси булган жисмга куч тик таъсир этаётган булсин, га тенг булган p нисбат кучланиш деб аталади. Бу нисбат босим улчанадиган бирликларда улчанади. Гук конунида (куч) деганда кучланишни тушунилади. Силжиш деформациясида жисмнинг шакли узгаради, бироқ унинг хажми узгармайди.

Агар кучланишнинг сиртга паралел ташкил этувчиси 0 га тенг булса, у холада соф чузилиш ёки сикилиш деформацияси руй беради. Агар кучланишнинг нормал ташкил этувчиси нолга тенг булса, у холда деформация соф силжиш деформацияси булади.

Чузилиш ва сикилиш деформацияси.

Узунлиги ва кундаланг кесим юзи булган цилиндрсимон стерженга расмда курсатилгандек куч таъсир килаётган булсин. Бу кучнинг таъсирида стерженнинг узунлиги бирор катталикка ортади (1-расм).

Деформация катталиги сифатида узайишнинг узунликка нисбатини олиш зарур. Бу нисбат стерженнинг **нисбий узайиши** деб аталади. Гук конуни куйидаги курунишда ёзиш мумкин:

Бир томонлама чузилиш ёки сикилишда стерженнинг факат узунлиги эмас, унинг кундаланг улчамлари узгаради, яъни сикилишда радиус катталашади, чузилишда эса радиус кичиклашади. У холда шундай ёзиш мумкин.

Бу ерда - радиуснинг нисбий узгариши. M – пропорционаллик коэффициент булиб, уни буйлама чузилишдаги кундаланг сикилиш модели деб аташ мумкин.

ларнинг нисбатлари айна шу модда учун узгармас катталикдир:

Кундаланг ва буйлама узайишлар нисбатига тенг булган узгармас катталик **Пуассон коэффициент** деб аталади. Пуассон коэффициентининг киймати деформацияланаётган намунанинг хажми узгаришини билдиради. Куп моддалар учун киймати $\frac{1}{2}$ ва 0,3 оралигида булади. Пукак учун нолга тенг.

Хар томонлама чузилиш ва сикилиш деформацияси.

Бу деформация катталиги сифатида жисм хажмининг нисбий узгаришини, яъни катталикни олиш керак. Шунинг учун Гук конунига кура биз шундай ёзишимиз мумкин:

Бу ерда M – хар томонлама сикилиш (чузилиш) модули. $M=1/$ деб олсак, (2) формулани куйидаги курунишда ёзамиз:

Хар томонлама сиқилиш моделининг тескари катталигига тенг булган коэффициентни хар томонлама **сиқилиш коэффициенти** деб аталади. Бу коэффициентнинг каттик жисмлар учун жуда кичик булиши равшан (10^{-6} атм⁻¹ атрофида).

Хар томонлама чузилиш ёки сиқилишни учта бир томонлама чузилиш ёки сиқилиш деформацияларининг кушилиш натижаси деб караш мумкин (агар биртомонлама деформация кичик булса). Шунинг учун М ва Е модулар бир-бири билан оддий боғланишга эга. Пуассон коэффициенти нолга тенг булса, у холда $E=3M$ булишига осон ишонч ҳосил қилиш мумкин. $\nu=1$ булганда, улар узаро тенг булади, яъни $E=M$.

Силжиш деформацияси.

Деформациянинг бу тури жисмнинг икки диагональ қарама қарши ёқларига қуйилган қучлар таъсирида юзага келади (2-расм). Бундай қучлар системаси қучларнинг йуналишига параллел булган ясси қатламларнинг бир-бирига нисбатан силжишини ҳосил қилади. Агар намунанинг дастлабки узунлиги l_0 га тенг булса, деформация катталиги ϵ нисбат билан характерланиши мумкин. Бу нисбат силжиш кичик булганда $\epsilon \ll 1$ га тенг (бу ерда ϵ - текисликнинг силжиш бурчаги) деформация улқови сифатида худди шу бурчак қабул қилинади. Шунинг учун Гук қонуни қуйидаги қурилишда ёзиш мумкин:

бу ерда σ - қучланиш. E - узғармас қатталиқ **силжиш модули** деб аталади.

Силжиш модулига тескари булган қатталиқ силжиш **коэффициенти** деб аталади.

Силжиш деформацияси деформацияланаётган жисмнинг ҳажмини узғартирмайди.

Тажрибанинг қурсатишича, деформация айна шу модда учун деформацияловчи қучнинг аниқ қийматиғача узининг қайтувчанлигини сақлар, яъни эластиклиғича қолар экан. Қучланишнинг янада усиши деформациянинг қизикли усишидан тезроқ ортишини вужудга келтиради.

Деформация эластик бўлиб қоладиган энг максимал қучланиш эластиклик чегараси деб аталади. 3-расмда деформациянинг P қучланишга боғлиқлигининг тажрибада олинган графиги келтирилган.

Деформациянинг қучланишга боғлиқлиғи.

Қупгина қаттик жисмларда эластиклик чегарасидан озгина қатта қучланишлардаёқ деформация қучланиш қиймати узғармас булгани холда ортаверади, одатда бу холларда материал “оқади” деб гапирилади. Қучланишнинг бу қиймати **оқувчанлик чегараси** деб аталади. Қучланиш q қийматга етгандан сунг, у олиб ташланса ҳам жисм аввалги холига қайтиб келмайди, ОС қолдик қолади. Бундай деформация **пластик деформация** деб аталади.

Қучланишни янада ортиши пировардида деформацияланаётган жисмнинг емирилишига (чузувчи қучланиш булганда - узилишига) олиб келади. Бу қучланишнинг қатталиғи модданинг мустаҳкамлик чегараси деб аталади (D нукта).

Юкори температурада узок муддат киздириб жисмга термик ишлов берилгандан кейин дастлабки оқувчанлик чегараси тикланади ва колдик кучланишлар бартараф қилинади. Бундай термик ишлов бериш юмшатиш деб аталади. Бунда жисмнинг улчамлари ва шакли тикланмайди.

Термик ишлашнинг **тоблаш** деб аталадиган бошка тури баъзи котишмалар, масалан, пулатда оқувчанлик чегарисининг камайишига эмас, ортишига олиб келади, яъни материал мустахкамланади. Тоблаш шундан иборатки, бунда жисм юкори температурагача киздирилади ва сунгра сув ёки мойга ботириш йули билан тез совитилади. баъзи ҳолларда (пулатнинг баъзи турлари, рангли металлларнинг котишмалари) тоблашдан сунг яна бир термик ишлов берилади, жисмнинг тоблашдаги температурадан пастрок температурагача иккиламчи киздирилади. Бундай термик ишлаш усули **бушатиш ёки сунъий чиниктириш** дейилади.

Куп ҳолларда атайлаб нуксонли қилиб олинган кристаллларнинг мустахкамлиги камрок бузилган кристаллларнинг мустахкамлигидан юкори булади. Масалан, пулатнинг, яъни углерод аралашган темирнинг механикавий хоссалари бундай нуксони булмаган, яъни таркибида бегона жинсли атомлар булмаган соф темирнинг механикавий хоссаларидан юкори тоблашда факат котишмаларнинггина мустахкамланиши кузатилади. Соф металллар одатда тобланмайди.

2.5. Назорат саволлари.

Блум таксономиямиси.

1. Каттик жисмларнинг механик хоссалари тугрисида тушунча беринг.
2. Чузилиш деформациясида жисмнинг қайси параметрлари узгаради?
 - А) Узунлиги ортиб, ҳажми камаяди, В) узунлиги ҳам ҳажми ҳам ортади, С) ҳажми узгариб, шакли узгармайди, Д) иккаласи ҳам камаяди, Е) факат шакли узгаради.
3. Нисбий узайиш нима?
 - А) Деформацияланган жисм узунлигининг деформацияланган жисмлар узунлигига нисбатан узариши.
 - В) Жисмнинг деформациядан кейинги ва олдинги узунликлари фарқи.
 - С) нисбат, Д) нисбат, Е) нисбат.
4. Бир томонлама чузилиш деформацияси учун Гук қонуни формуласини ёзинг.
 - А) _____, В) _____, С) _____,
 - Д) _____, Е) С, Д лар тугри.
5. Агар деформация натижасида жисм ҳажми узгармаса, Пуассон коэффициентини нимага тенг булар экан?
 - А) _____ га, В) _____ га, С) _____ га, Д) _____ га, Е) 1 га.
6. Нима учун каттик жисмга термик ишлов берилади?
7. Эластиклик чегараси нима?

2. 6. Мустақил иш учун топшириқлар.

1. Кристалл жисмларда учрайдиган дефектлар. [1] 434 - 436 бетлар.
2. Каттик жисмлар деформациясининг турлари. [1] 444 - 447 бетлар.

16- Машгулот.

Мавзунинг номи: Каттик жисмларнинг исиклик хоссалари. (4 соат)

Мавзу режаси:

1. Каттик ҳолатга утиш. Фазавий утишлар.
2. Каттик жисмларнинг исиклик хоссалари.

Таянч сузлар ва иборалар.

кристалланиш	1- тур фазавий утиш.
котиш	2- тур фазавий утиш
хайдаш	котишмалар
конденсация	эритувчи, эрувчи, эритма
эриш исиклиги	эвтетик котишма
моноктисталл	Дюлонг - Пти конуни
ҳолат диаграммаси	Дебай температураси
учланма нукта	исикликдан кенгайиш
полиморфизм	исиклик утказувчанлик
полиморф утиш	

16. 1.1. Биринчи асосий мавзу:

Каттик ҳолатга утиш. Фазавий утишлар.

1.2. Асосий мавзунинг мақсади. Каттик жисм ҳосил бўлиш жараёни ва бу жараён қонуниятлари, ҳамда каттик ҳолатнинг узиға ҳос ҳусусиятлари ургатилади.

1.3. Идентив ўқув мақсадлари.

1. Модданинг кристалланиш (эриш) механизмларини билиб олади.
2. Модданинг учала фазаси - каттик, суюқ ва газсимон фазаларининг мувозанат ҳолатини урганади.
3. Биринчи ва иккинчи тур фазавий утишлар тугрисида маълумот олади.

1.4. Мавзунинг баёни.

1. Каттик ҳолатга утиш.

Атомларнинг жойлашишида идеал тартибнинг қарор топишига, яъни каттик жисмнинг ҳосил бўлишига исиклик ҳаракатлари тусқинлик қилади. Модда каттик ҳолатда бўлиши учун унинг температураси етарлича паст, яъни исиклик ҳаракатларининг энергияси атомларнинг ўзаро таъсир потенциал энергиясидан кам бўладиган даражада паст бўлиши керак. Модда каттик ҳолатга суюқ ҳолатдан ҳам, газсимон ҳолатдан ҳам утиши мумкин. Ҳар иккала ҳолда ҳам бундай утиш симметрияси бўлмаган ҳолатдан симметрияси бўлган ҳолатга утишдир. Шунинг учун бундай утиш сакраш йули билан, яъни маълум температурада руй бериши керак.

Даставвал суюкликнинг каттик жисмга айланишини қурайлик. Суюкликнинг совишида каттик жисмнинг ҳосил бўлиш процесси кристал ҳосил бўлиш (кристалланиш) процесидир ва муайян температурада - кристалланиш ва ёки котиш температурасида руй беради. Бундай айланишда энергия қамайдигани учун, бунда кристалланиш яширин исиклиги тарзида энергия ажралади. Тесқари процесс - эриш ҳам худди шу температурада сакраш билан руй беради ва бунда эриш яширин исиклиги ютилади ва у кристалланиш исиклигига қатталиги жиҳатидан тенг бўлади.

Махсус шароитлардагина факат битта кристалланиш марказидан усувчи ягона кристалл - **монокристалл** олиш мумкин, бундай шароитларни яратиш одатда жуда кийин булади.

Суюклик - каттик жисм утиши, шунингдек, каттик жисм - суюклик утиши ҳам фазавий утишдир. Кристалланиш (эриш) температурасида иккала фаза мувозанатда булгани холда бир-бирига тегишиб туриши мумкин (масалан, муз эримаётган холда сувдв сузиб юриши мумкин), бу холат худди суюклик ва унинг туйинган бугининг мувозанатига ухшаган булади.

Кайнаш температураси эришга боглик булмаганидек, кристалланиш (унга тенг булган эриш температураси ҳам) босимга боглик булади, одатда босим ортганида кристалланиш температураси ҳам ортади. Унинг ортишига сабаб шуки, ташки босим атомларни узаро якинлаштиради, эришда кристалл панжараларни бузиш учун атомларни бир-биридан узоклаштириш керак: бунинг учун юкори босимда катта иссиклик харакати энергияси, яъни юкорирок температура керак булади.

Эриш температурасининг босимнинг узгаришига мос холда узгариши Клайперон - Клаузиус муносабати билан белгиланади:

бунда T - эриш (кристалланиш) температураси, p ва p_0 лар эса мос холда суюк ва каттик фазаларнинг моляр хажмлари, α - эриш моляр иссиқлиги.

Клайперон - Клаузиус тенгламасидан куруниб турганидек, босим узгариши билан эриш температурасининг узгариши $\frac{dp}{dT}$ ёки катталикларнинг кайси бири катта булишига караб уз ишорасини узгартириб туради. Эгри чизикнинг тиклиги утиш яширин иссиқлиги нинг катталигига ҳам боглик булади: канча кичик булса, эриш температураси босимнинг узгариши билан шунча камрок узгаради.

Клайперон - Клаузиус тенгламаси яна шундай курунишда ҳам ёзилиши мумкин:

Бу тенглама температура узгариши билан хар иккала мувозанатдаги фазанинг босими кандай узгаришини курсатади.

Каттик жисмнинг бугланиш процесси одатда **хайдаш ёки сублимация** деб аталади. Каттик жисмнинг бугланувчи зарралари, худди суюклик буглангандаги сингари, каттик жисм устида буг хосил килади.

Хайдаш ҳам, эриш сингари, панжаранинг бузилиши билан боглик ва бунинг учун тегишли энергия сарфлашни талаб килади. Бу энергия хайдаш (сублимация) яширин иссиқлиги тарзида намоён булади ва равшанки, конденсация яширин иссиқлигига тенг булади. Шунинг учун хайдаш иссиқлиги эриш ва бугга айланиш иссиқликларининг йигиндисига тенг булади.

2. Холат диаграммаси. Учланма нукта.

Холат диаграммасида модданинг учала фазасининг мувозанатига мос келувчи нукта **учланма нукта** деб аталади.

Турли моддалар учун учланма нуктанинг $T_{\text{учл}}$ босими ва температураси турлича булади. Масалан, сув учун $T_{\text{учл}} = 4,6$ мм. сим. уст. ва $p_{\text{учл}} = 0,01^\circ\text{C}$.

Холат диаграммасидан куруниб турибдики (1-расм), каттик жисмни киздириш билан хамма вақт ҳам суюк холатга утказиш мумкин булавермас экан. Агар жисмни $T_{\text{учл}}$ дан паст босим остида киздирилса, бу жисм эримайди, балки суюк фазани четлаб утиб бевосита газсимон холатга утади, модда эримайди биратула хайдалади.

Куплаб моддалар учун учланма нуктага мос келувчи босим 1 атм дан кичик булади. Бундай моддалар атмосфера босимида киздирилганда эрийди. Бирок шундай моддалар ҳам борки, уларда босим 1 атм дан юкори булади. Одатдаги босимда киздирилганда бу жисмлар эрмай, сублимацияланади.

Учта мувозанат чизигидан икkitаси - сублимация эгри чизиги ва буг хосил булиш эгри чизигининг боши ва охири бор. Сублимация эгри чизиги 1 абсолют нолда бошланади ва 2 учланма нуктада тамом булади: буг хосил булиш эгри чизиги 3 эса учланма нуктада бошланиб, критик нуктада тугалланади.

Масалан, тажрибалар босимнинг 180000 атм гача ортиши германийнинг эриш температурасини 986 дан 276°C га пасайтирганини курсатиб берди.

Хулоса килиб шуни айтиш керакки, ягона бир компонентадан ташкил топган моддада учтадан ортик фаза мувозанатда була олмайди (фазалар коидаси). Шунинг учун бундай тур моддада учтадан ортик тур мавжуд булса, у холда учлама учлама нукталар ҳам биттадан ортик булади, бироқ бари-бир уларнинг хар бирида факат учта мувозанат эгри чизиги бирлашади. Кристаллларнинг бир неча турли модификациясига эга булиш хоссаси **полиморфизм** деб аталади; бир бундай модификациядан иккинчисига утиш **полиморф утиш** деб аталади. Бундай утиш турли босим ва хароратларда содир булади.

60-100 минг атмосферага якин босимлар 1500-2000 К температураларда графит (ёки углеродли бошка модда) олмосга айланади, бироқ бунда катализаторлар, булиши шарт, бундай катализаторлар ролини темир, тантал, никель сингари баъзи металллар уйнаши мумкин. 200 минг атмосферага якин босим ва 3000 К га якин температураларда графит катализаторларсиз ҳам олмосга айланади.

Сунъий олмос саноатда буюмларга ишлов бериш учун мулжалланган асбобларнинг кесувчи кисмлари сифатида кенг ишлатилади.

Полиморф айланиш ҳам фазавий утишдир. Бу айланиш ҳам утиш яширин иссиқлиги чиқариш (ёки ютиш) билан содир булади, чунки хар бир бундай утишда кристалл панжара уз тузилишини кайта узгартиради, шубхасиз бу кристаллдаги зарраларнинг энергияси узгариши билан богликдир.

3. Биринчи ва иккинчи тур фазавий утишлар.

Барча фазавий утишларда жисм яширин иссиқлиги (эриш иссиқлиги, бугланиш иссиқлиги ва хоказо) сифатида энергия ажратади ёки энергия ютади.

Энергиянинг ёки энергия билан боглик булган бошка катталиклар, масалан, зичликнинг сакрашсимон узгариши билан буладиган фазавий утишлар **биринчи тур фазавий утишлар** деб аталади.

Биринчи тур фазавий утишлар модда хоссаларининг сакрашсимон, яъни жуда киска температуралар интервалида узгариши характерлидир.

Бирок, шундай фазавий утишлар ҳам буладикки, уларда айланиш бутун хажмда кристалл панжаранинг узлуксиз узгариши, яъни панжарада зарраларнинг узаро кайта жойлашиши натижасида дархол руй беради. Бундай фазавий утиш **иккинчи тур фазавий утиш** деб аталади. Иккинчи тур фазавий утиш содир буладиган температура **Кюри нуктаси** деб аталади. Бу биринчи марта ферромагнитикларда иккинчи тур фазавий утишларини кашф килган олим Пьер Кюри шарафига шундай деб аталган.

Шундай иккинчи тур фазавий утишлар ҳам борки, уларда холатнинг узлуксиз узгариши кристалл структурасининг узгаришини билдирмайди, бироқ бу утишларда холат биргина бутун хажмда узгаради. Бундай тур утишларнинг энг машхури, масалан, моддаларнинг ферромагнит холатдан ферромагнит булмаган холатга утишидир.

Суюк гелийнинг He I ҳолатдан He II ҳолатга ўтиши ҳам иккинчи тур ўтишга мисол бўлади. Бу барча ҳолларда ўтиш нуктасида иссиқлик сигимининг сакраши кузатилади.

4. Эриш ва эритмадан кристалланиш.

Кристалл панжара эриш ва бугланишдан ташқари каттик жисмнинг бирор эритувчида эриши натижасида ҳам бузилиши мумкин.

Каттик жисм суюқликда эриётганда одатда эритма совиёди. Бунинг сабаби шуки, эриш - кристалл панжаранинг бузилишидир, бузилиш учун эса ҳамма вақт бирор энергия керак бўлади. Эриш вақтида панжара бузилганда энергия иссиқлик манбаи томонидан берилади. Эритувчида эриш вақтида эса панжара эритувчининг ички энергияси ҳисобига бузилади, бу эритманинг совишига сабаб бўлади.

Эришдаги совиш ҳоссасидан паст температуралар олишда фойдаланиш мумкин. Кор ёки музнинг ош тузи ёки кальций хлор билан аралаштирилганда совиши ҳаммага маълум. Биринчи ҳолда - 20°C га яқин, иккинчи ҳолда эса - 55°C гача температура олиш мумкин.

Эритувчининг берилган микдорида одатда эрийдиган модданинг муайян (максимал) микдоридан ортиқ эрий олмайди ва бундай максимал концентрацияли эритма **туйинган эритма** деб аталади.

Эритмадан кристалланиш - сунъий монокристаллар ҳосил қилишнинг муҳим усулларида биридир. Бу усул ёрдамида тугри қиррали катта улчамдаги монокристаллар ҳосил қилиш осон.

5. Котишмалар.

Котишма икки ёки бир неча моддалар, масалан, металлarning аралашмасидир. Демак, котишма ҳам бир модданинг иккинчисидаги эритмаси бўлиши мумкин.

Котишда ҳосил бўлаётган кристаллар ҳар иккала компононтнинг улар учун умумий бўлган панжаранинг тугунларида тенг ҳуқуқли равишда жойлашган атомларидан таркиб топиши мумкин. Бу ҳолда одатда **каттик эритма** ҳосил бўлди деб гапирилади.

Компоненталар микдorigа қараб, эритманинг эриш ҳарорати турлича бўлади. Компоненталарнинг бирор номинал микдорида котишма энг паст эриш ҳароратига эга бўлади.

Бинар системага қалай - рух системасини мисол қилиб қурсатиш мумкин. Қалай 232°C да, рух эса 419°C да эрийди, эвтектиканинг (8° рух) эриш температураси 199°C га тенг.

1.5. Назорат саволлари.

Блум таксономияси.

1. Қандай ҳолларда кристалл тамомила идеал ҳолатда бўлади?
2. Суюк ҳолатдан кристалл ҳолатга ўтиш диаграммасини тушунтириб беринг.
3. Яширин эриш иссиқлиги нимага сарфланади?
4. Кристалланиш температурасида қайси фазалар мувозанатда бўлади?
А) газ ва суюк, В) газ ва каттик, С) суюк ва каттик, Д) газ, суюк ва каттик, Е) суюқлик ва унинг туйинган буги.
5. Кристалл жисмларнинг эриш температураси босимга қандай боглик? А) босим ошса ошади, В) босим ошса қамаяди, С) айрим кристаллар учун босим ошганда ошса, айрим кристаллар учун қамаяди, Д) босимга боглик эмас, Е) А, В, С лар тугри.
6. Кристалл жисмнинг тугридан-тугри бугга айланиш жараёнидаги яширин қайнаш иссиқлиги каттик + суюк + газ йуналишидаги қайси иссиқликларга тенг?

- А) бугланиш иссиқлигига, В) эриш иссиқлигига, С) эриш ва бугланиш иссиқлигига, Д) эриш ва бугланиш иссиқлигига, Е) котиш ва конденсация иссиқлиги.
7. Холат диаграммасида учланма нукта нимани ифодалайди?
8. Қандай утишлар биринчи тур фазавий утишлар деб аталади?
9. Кюри нуктаси нима ва у қандай фазавий утишга мос келади?

16.2.1. Иккинчи асосий савол.

Каттик жисмларнинг иссиқлик хоссалари.

2.2. Асосий саволнинг мақсади: Каттик жисм хоссаларининг ҳароратга боғлиқ ҳолда узғариши атомлар ҳаракатининг Квант характерида келиб чиққан ҳолда тушунтирилганда тажриба ва ҳисоблаш натижалари узаро мос келиши курсатиб берилади.

2.3. Идентив ўқув мақсадлари:

1. Каттик жисмларнинг иссиқлик сигимининг моҳиятини билиб олади.
2. Иссиқлик сигимининг квант назарияси тугрисида маълумот олади.
3. Каттик жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши ва иссиқлик утказувчанлик хусусиятларини урганади.

2.4. Мавзунинг баёни.

1. Каттик жисмларда иссиқлик ҳаракати.

Каттик жисм зарралари бир-бири билан атомлар орасидаги масофага боғлиқ булган узаро таъсир кучлари билан боғланган ва улар газлардаги ва суюқликлардан фарқли ҳолда кристал панжара тугунларидаги қандайдир мувозанат вазияти атрофида ғакат тебранишлари мумкин.

Абсолют ноль температурада барча атом ҳаракатлари тухтайди. Кристалл унинг энтропияси нолга тенг буладиган даражада батамом тартибланган бўлиши керак. Бирок квант назарияси шундай ҳулосага олиб келадики, абсолют нолда ҳам зарраларнинг бирор энергияси булар экан, зарраларнинг массаси қанча қичик бўлса, бу энергия шунча қатта бўлади. Бу нолинчи энергияни заррадан ҳеч қандай шароитларда ҳам ажратиб олиш мумкин эмас. Нолинчи энергия иссиқлик энергияси эмас ва у модданинг қотишига таъсир курсата олмайди. Ғакат гелийдагина нолинчи энергия муҳим рол ўйнайди, яъни гелий ташки босимсиз қаттик ҳолатга утмайди.

2. Каттик жисмларнинг иссиқлик сигими.

Каттик жисмни тебранувчи зарралар - осцилляторлар тупламидан иборат деб қараш мумкин. Жисмга иссиқлик келтирилганда бу иссиқлик осцилляторларнинг тебраниш энергияларининг ортишига сарф бўлади, бу энергия кинетик ва потенциал энергияларнинг ўйиндисидан иборат.

Газлар кинетик назариясидан биламизки, атомнинг ўқлардан бири бўйлаб ўртача кинетик энергияси $\frac{3}{2}kT$ га тенг. Бу бир эркинлик даражасига тугри келадиган энергиядир. Бирок осцилляторнинг потенциал энергияси кинетик энергиясига тенг бўлгани ўчун бир эркинлик даражасига тугри келадиган тула энергия kT га тенг бўлади.

Ғар бир атом (осциллятор) ўч эркинлик даражасига эга, ўч ҳолда қаттик жисмнинг бир атомининг тула энергияси $3kT$ га тенг бўлади.

Агар жисмда N та атом бўлса, ўч ҳолда жисмнинг ички энергияси $U = 3NkT$ га тенг. Шундай қилиб, бир молнинг ички энергияси

га тенг булади, бу ерда Авагадро сони. Хажм узгармас булганда исиклик берилса, бу исикликнинг хаммаси ички энергиянинг ортишига сарф булади. Шунинг учун узгармас хажмдаги атомнинг исиклик сигими куйидаги тенглик билан аникланади.

Куп сонли тажрибалар барча каттик жисмлар учун Дюлонг ва Пти конунига буйсуниш эмас, бу конундан четлашиш конунияти мавжуд эканлигини курсатади. Хакикатда каттик жисмларнинг исиклик сигимлари температурага боглик ва шундай боглики, температура пасайиши билан исиклик сигими температуранинг кубига пропорционал камаяди ҳамда абсолют нолга интилади. Бундай четлашишни квант назарияси тушунтириб бера олади.

Исикликнинг квант назариясини Эйнштейн ва Дебай ишлаб чиккан. Эйнштейннинг назариясига кура каттик жисмнинг барча молекулалари бирдай частота билан тебранади, деб фараз килган эди. Бу частота шундай танланадики, С исиклик сигимининг хисобланган киймати тажриба натижаларига иложи борица якин булади.

Дебай Эйнштейннинг асосий гоёсини саклаб колган холда назарияни анча мукамаллаштирди, бунинг учун у тебраниш частоталарининг бутун бир туплами (набори) мавжуд деб фараз килди.

Исиклик сигими ва унинг температурага богланишини улчаш каттик жисмларни тадқиқ қилишда катта роль уйнайди. Бунинг сабаби шуки, исиклик сигими бевосита атомларнинг кристалл панжарадаги тебранишлари билан аникланади. Бу тебранишларнинг характери панжаранинг структураси, унинг симметрияси ва хоказоларга боглик булиши равшан. Шу туфайли куп холларда моддада буладиган узгаришларда исиклик сигимининг турлича аномалиялари кузатилади.

3. Каттик жисмларнинг исикликдан кенгайиши.

Каттик жисмлар кизиганда уз хажмини ортириши хаммага маълум. Бу - *исикликдан кенгайишдир.*

Кристалл температурасининг кутарилиши исиклик ҳаракати энергияси, яъни панжарада атомларнинг исиклик тебранишлари энергиясининг ортиши ва бинобарин, бу тебранишлар амплитудасининг катталашishi демакдир. Амплитуданинг ортиши атомлар орасидаги масофанинг ортишида, бинобарин, каттик жисмнинг кенгайишида ифодаланади.

Бирок атомлар тебранишлари амплитудасининг катталашishi хамма вақт ҳам атомлар орасидаги уртача масофанинг ортишига олиб келмайди.

Аслида атомлар кристалл панжарада *ангармоник* (ногармоник) тебранади. Бу тебранишлар атомлараро узаро таъсир кучларининг атомлар орасидаги масофага богланиши характериға боглиқдир. Атомлар орасидаги масофалар катта булганда атомлараро узаро таъсир кучлари тортишиш тарзида намоён булади, бу масофа камайганда бу кучлар уз ишорасини узгартириб, масофанинг камайиши билан тез ортиб боровчи итариш кучлари булади. Лекин, атомлар яқинлашишдан кура «осонроқ» узоклашади. Бу албатта, атомлар орасидаги масофанинг ортишига олиб келади.

Микдорий жихатдан исикликдан кенгайиши чизикли ва хажмий кенгайиш коэффициентлари билан характерланади, бу коэффициентлар куйидагича аникланади. Масалан, узунликдаги жисм температура градиусга узгарганда уз узунлигини га узгартирсин. Чизикли узгариш коэффициентлари куйидаги

муносабатдан аникланади, яъни чизикли узгариш коэффиценти температура бир градусга узгарганда узунликнинг нисбий узгаришига тенг. Худди шунингдек хажмий узгариш коэффиценти куйидаги

формуладан аникланади, яъни коэффицент температура бир градусга узгарганда хажмнинг нисбий узгаришига тенг.

Бу формуладан келиб чикадики, бошлангич температурадан градусга фарк килувчи бирор температурадаги узунлик ва хажм куйидаги

формула билан аникланади, бу ерда α ва β - жисмнинг бошлангич узунлиги ва хажми.

Кристалларнинг анизотропияси туфайли чизикли кенгайиш коэффиценти турли йуналишларда турлича булиши мумкин.

Уларни $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ билан белгиласак, у холда кристаллнинг хажми кенгайиш коэффиценти

га тенг булади.

4. Иссиклик утказувчанлик.

Суюклик ва газлардан фаркли уларок, каттик жисмда конвекция, яъни модда массасининг иссиклик билан бирга кучиши содир булмайди. Шунинг учун каттик жисмда иссикликнинг кучиши факат иссиклик утказувчанлик йули билан амалга ошади. Каттик жисмда иссиклик кучиши микдорий жихатдан худди газдаги сингари тавсифланади. Агар бир бирлик кесим юзи оркали унинг текислигига перпендикуляр йуналишда вақт бирлиги ичида иссиклик оқимини юзига келтирилса, у температуралар фарки билан куйидаги муносабат оркали боғланган булади:

бу ерда κ йуналишдаги температура градиенти, α - иссиклик утказувчанлик коэффиценти.

Каттик жисмнинг иссиклик утказувчанлик коэффицентини квант тасвирлар ёрдамида тахминий равишда ҳисоблаш мумкин.

2.5. Назорат саволлари:

Блум таксономияси.

1. Каттик жисм ҳосил булиши учун атомларнинг иссиклик ҳаракати энергия қандай даражада булиши керак?

2. Нолинчи энергия нима ва у қандай хусусиятларга эга?

3. Каттик жисмнинг битта атомининг тула энергияси нимага тенг?

А) $\frac{3}{2} kT$ га, В) kT га, С) $\frac{1}{2} kT$ га,

Д) $\frac{1}{2} kT$ га, Е) $\frac{1}{2} kT$ га.

4. Атомнинг битта эркинлик даражасига мос келган тула энергия нимага тенг?

А) $\frac{3}{2} kT$ га, В) kT га, С) $\frac{1}{2} kT$ га, Д) $\frac{1}{2} kT$ га,

Е) $\frac{1}{2} kT$ га.

5. Каттик жисм атомининг узгармас хажмдаги иссиклик сизими бир атомли идеал газнинг моляр иссиклик сизимидан неча марта фарк қилади?

А) фарқи йук, В) 2 марта кичик, С) 2 марта катта, Д) КТ га тенг,

Е) 3 марта фарқ қилади.

6. Каттик жисмнинг исиклик сигими паст хароратларда хароратга кандай богланган?

А) тугри пропорционал, В) га пропорционал, С) га пропорционал, Д) хароратга боглик эмас, Е) га тескари пропорционал.

7. Дебай температураси кандай хоссага эга?

8. Кристалл ва аморф жисмларнинг исикликдан кенгайишида кандай фарклар бор?

9. Анизотроп каттик жисмлар кизиганда кандай ходиса кузатилади.

А) парчаланади; В) эрийди; С) шакли узгаради; Д) факат юмшайди;

Е) бошка модификацияга утади.

2.6. Мўстакил иш учун топшириқлар:

1. Эластиклик модуллари орасидаги боғланиш. [2] 444 бет.

2. Металларни зоналаб тозалаш. [2] 479 бет.

3. Исиклик сигимини улчаш. [2] 488 бет.

Адабиёт.

1. А.К.Кикоин. И.К. Кикоин. Молекуляр физика. Т. 1978 йил.

2. А.Н. Матвиев. Молекулярная физика. М. 1981.

3. О.Д. Шабелин. Молекуляр физика. Т. 1984.

4. Умумий физика курси. Т. 1984.

5. Беруний. Т. 1973.

Мундарижа:

1. Молекуляр физикага кириш. 3

2. Молекулаларнинг тезликлар буйича таксимоти. Таксимот функцияси. Максвелл таксимоти. 10

3. Идеал газнинг босими.	19
4. Харорат.	23
5. Идеал газнинг ҳолат тенгламаси. Изожараенлар.	30
6. Молекуляр кинетик назарияни тасдиқловчи тажрибалар.	36
7. Больцман тақсимоти. Барометрик формула.	40
8. Термодинамиканинг биринчи қонуни.	44
9. Идеал газнинг иссиқлик сизими.	48
10. Сийрақланган газларда физикавий ҳодисалар.	61
11. Реал газлар. Ван-дер-Ваальс тенгламаси.	68
12. Термодинамика элементлари.	79
13. Суюқликларнинг ҳоссалари.	94
14. Паст температуралар ва газларни суюлтириш.	102
15. Каттик жисмлар. Каттик жисмларнинг умумий ҳоссалари.	111
16. Каттик жисмларнинг иссиқлик ҳоссалари.	122
Адабиетлар.	131
Мундарижа.	132