

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

**С.Қ. ҚАХҲОРОВ, М.Ф. АТОЕВА**

**ФИЗИКА КУРСИ МАВЗУЛАРИНИ  
НОАНЪАНАВИЙ ЎҚИТИШ МЕТОДИКАСИ  
(ўқув қўлланма)**

**ТОШКЕНТ – 2019**

Ушбу ўқув қўлланма академик лицейлар учун умумий физика курсининг молекуляр физика бўлими мавзуларини ноанъанавий ўқитиш методикасини такомиллаштиришга бағишланган. Физика таълимида молекуляр физика бўлими мавзуларини назарий ва амалий тажрибаларини замонавий педагогик технологиялар асосида ҳаётга жорий этиш, компьютер ва ахборот технологиялари, интернет тармоғидаги таълимга оид сайтлардаги анимациялар виртуал лаборатория ишлари ва мултимедиялардан кэнг фойдаланиш, уларни академик лицейларнинг физика курси таълим тизимига жорий қилиб бориш, замонавий дастурлаштирилган педагогик воситаларни яратиш ҳозирги давр талаби ҳисобланади. Қўлланмада физика курсининг молекуляр физика бўлимини ўқитишнинг самарадорлигини оширишга эришиш усуллари кўрсатиб ўтилган, назарий жиҳатидан олинган билим натижаларини таҳлил қилиш ва реал тажриба билан таққослаш имкони мавжудлиги мисол ва масалалар асосида тушунтириб берилган.

Ишлаб чиқилган услубий ва методик тавсиялар умумтаълим мактабларида, академик лицейларда (Аниқ фанлар-1, Аниқ фанлар-2, Аниқ фанлар-3, Табиий фанлар-1, Табиий фанлар-2, Табиий фанлар-3) таълим йуналишлари бўйича физика фанидан маъруза дарсларини самарали ташкил қилиш, лаборатория ишларини намунали ўтказиш, масалалар, машқлар ва тестлар ечишда методик ёрдам кўрсатиш, шунингдек ўқувчилар мустақил ишларини гуруҳлар ва якка тартибда ташкил қилишга, ўқув жараёнига замонавий ахборот ва педагогик технологияларни қўллашда ёш ўқитувчиларга амалий-методик йўриқнома сифатида тавсия этилади.

**ТАҚРИЗЧИЛАР:**       **физика- математика фанлари доктори,  
профессор Д.Р.ДЖУРАЕВ (БухДУ);**

**физика- математика фанлари доктори,  
профессор С.Х.УМАРОВ (БухДТИ);**

---

Бухоро Давлат Университети Илмий-методик Кенгаш томонидан ўқув адабиёти сифатида нашрга тавсия этилган (2019 йил, 01.07. баённома № 11)

## МУНДАРИЖА

Кириш.....	5
<b>I БОБ. Умумий физика курсини ўқитишнинг дидактик асослари.....</b>	<b>7</b>
1-1. Физика курсини ноанъанавий ўқитиш усуллари.....	7
1-2. Физика таълимида молекуляр физика бўлими мавзуларини ўқитишда синергетик технологиялардан фойдаланиш.....	15
1-3. Физика курсини ўқитишда педагогик технологияларнинг тутган ўрни.....	28
1-4. Молекуляр физика бўлимини ноанъанавий ўқитиш воситалари.....	41
<b>II БОБ. Физика курсининг молекуляр физика бўлими мавзулари мазмунини такомиллаштириш.....</b>	<b>46</b>
2-1. Молекуляр физика бўлими мавзулари мазмунини замонавий технологиялар асосида такомиллаштириш.....	46
2-2. Молекуляр физика бўлимини ноанъанавий ўқитишда ахборот технологияларидан фойдаланиш.....	56
2-3. Физика фанидан ўқувчиларнинг билимини текшириш ва баҳолаш усуллари.....	63
2-4. Физика курси молекуляр физика бўлими мавзуларини ўқитишда дарс ишланмалари.....	75
2.4.1. Мавзу бўйича дарс ишланмаси № 1.....	75
2.4.2. Мавзу бўйича дарс ишланмаси № 2.....	87
2.4.3. Мавзу бўйича дарс ишланмаси № 3.....	103
2.4.4. Мавзу бўйича дарс ишланмаси №4.....	114
2.4.5. Мавзу бўйича дарс ишланмаси № 5.....	124
<b>III БОБ. Физика курсининг молекуляр физика бўлимини ўқитишда тавсия этиладиган лаборатория ишлари.....</b>	<b>135</b>
3.1. Лаборатория ишларининг мақсад ва вазифалари. Электр ўлчов асбоблари ва уларнинг хатоликлари.....	135
3.2. Тажрибада олинган ўлчаш натижаларини турли математик усулларда ҳисоблашлар.....	144
3.3. Тавсия этиладиган лаборатория ишлари.....	153
3.3.1. Лаборатория иши № 1. Конденсаторларнинг электр	

	сиғимини аниқлаш.....	153
3.3.2.	Лаборатория иши № 2. Ўтказгичнинг солиштирма қаршилигини ўлчаш.....	156
3.3.3.	Лаборатория иши № 3. Ярим ўтказгичли диоднинг бир томонлама ўтказувчанлигини ўрганиш.....	158
3.3.4.	Лаборатория иши № 4. Миснинг электрокимёвий эквивалентини аниқлаш.....	160
3.3.5.	Лаборатория иши № 5. Амперметрни даражалаш.....	164
3.3.6.	Лаборатория иши № 6. Электромагнит индукция ҳодисасини ўрганиш.....	166
3.3.7.	Лаборатория иши № 7. Токнинг магнит майдонини ўрганиш.....	169
3.3.8.	Лаборатория иши № 8. Энг содда радиони йиғиш ва ишлашини ўрганиш.....	172
3.4.	Масалалар ечишдан намуналар.....	174
3.5.	Мустақил таълим ва мустақил ишлар учун мавзулар.....	177
	<b>Тест топшириқларидан намуналар</b> .....	178
	<b>Хулоса</b> .....	197
	<b>Физик катталиклар</b> .....	198
	Фойдаланилган адабиётлар.....	199

## КИРИШ

Умумий физика курсининг электр ва молекуляр физика бўлимини ўқитишни такомиллаштиришда педагог олимлар томонидан таклиф этилган тавсиялар масофадан ўқитиш, модулли педагогик технологиялар муҳим аҳамият касб этмоқда. Таълим тараққиётида физика курсининг бўлимларини самарали ўқитишда ноанъанавий таълим технологиясидан фойдаланилмоқда.

Халқаро миқёсда физика фанини ўқитишни ривожлантириш ва такомиллаштириш учун техник воситалардан самарали фойдаланиш, ўқувчиларнинг ақлий салоҳияти ва ўзига хос индивидуал имкониятларини ҳисобга олган ҳолда билим, кўникма, малакаларини шакллантиришнинг ноанъанавий ўқитиш технологияси асосида такомиллаштириш борасида тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бундай ёндашув ўқувчиларнинг ўқув материалларини ўзлаштириш қобилиятларини инновацион технологиялар асосида ривожлантиришни тақозо этади.

Республикамиздаги мавжуд академик лицейларида ва умумтаълим мактабларида фанларни ўқитишнинг самарадорлигини ошириш доирасида узлуксиз таълим тизимида талай ижодий ўзгаришлар, хусусан ушбу тизимда инновацион технологиялардан кэнг фойдаланиш бўйича амалий ишлар олиб борилмоқда. Шу билан бирга, умумий физика курси электродинамика бўлимини замонавий технологиялар асосида ўқитиш имкониятларини кэнгайтириш зарурияти мавжуд. “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида”... математика, физика, кимё, биология, информатика каби муҳим ва талаб юқори бўлган фанларни чуқурлаштирилган тарзда ўрганиш<sup>1</sup> устивор вазифа қилиб белгиланган. Бу борада умумий физика курси молекуляр физика бўлимини замонавий технология асосида ўқитиш методикасини кэнг жорий этиш муҳим аҳамият касб этади.

Ушбу ўқув қўлланмани тузишда физика курсининг молекуляр физика бўлими мавзулари бўйича назарий, амалий (масалалар ечиш) ва лаборатория машғулотларини ташкил қилиш усуллариغا эътибор қаратилди, яъни:

- ўрганилаётган мавзу назарий дарс ишланмаси сифатида;
- турли қийинлик даражасидаги масалалар ечимлари;
- лаборатория ишларининг бажарилиши, ҳисоблашлари, ўлчаш натижаларини жойлаштириш тартиблари бир неча усулларда берилди.

Ўқув фанини ўқитилиши бўйича услубий кўрсатмалар “Молекуляр физика” фани турли агрэгат ҳолатдаги макроскопик тизимлар таркибига кирувчи улкан сондаги заррачаларнинг (молекулалар, атомларнинг) ўзаро

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7-февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони. Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2017 йил, 6-сон, 70-модда

таъсири ва коллектив ҳаракати билан боғлиқ бўлган ҳодисаларни ўрганади. Талабалар умумий физиканинг ушбу бўлимини ўрганишда қўлланиладиган усуллар ва моделлар билан танишиб ўтиши, келгусида ўзларининг мутахассислик соҳаларида муваффақиятли баҳолар олишлари учун етарли бўлган назарий ва амалий билим - кўникмаларига эга бўлишлари керак бўлади. Молекуляр физика эришган ютуқлар фан ва техниканинг турли соҳаларида, масалан, атмосферада юз берадиган ҳодисаларни тушунтиришда ва ўрганишда, газларда юз берадиган разряд билан боғлиқ жараёнларни ёритишда, вакуум ва криоген техникаси билан боғлиқ соҳаларда, биологияда тирик организмлардаги осмос ва капиллярлик билан боғлиқ бўлган жараёнларни ўрганишда, турли параметрга эга бўлган аралашмалар ва қотишмалар олишда, термодинамикада, кимёда (газ қонунлари), статистик характерга эга бўлган жараёнларни таҳлил қилишда ва бошқа кўпгина соҳаларда ишлатилиши мумкин.

Фан бўйича талабаларнинг билим, кўникма ва малакаларига қуйидаги талаблар қўйилади. Талаба:

- гарчи атом ва молекулалар бўйсунадиган қонунлар квант механикаси қонунлари бўлсада, жисмларнинг кўпчилик хоссалари атом ва молекулаларнинг квант табиати билан боғлиқ эмас, балки, уларда атом ва молекулаларнинг ҳаддан ташқари кўп сонли эканлиги билан боғлиқлик эканлигини, суюқлик сиртида юзага келувчи сирт тарангалик кучлари ва капиллярлик ҳодисаларининг юзага келиш сабабларни билиши;

- идеал газ қонунлари ва идеал газнинг ҳолат тенгламасидан фойдаланган ҳолда газнинг у ёки бу ҳолати учун ҳолат параметрларини, турли жараёнларда газнинг ички энергиясининг ўзгаришини, бажарган ишини, олган ёки берган иссиқлик миқдорини ҳисоблаб топа олиши, газнинг у ёки бу шароитига мос келувчи иссиқлик сиғимларини ҳисоблаб топа олиши;

- газнинг бирор тезлик интервалида ҳаракатланувчи молекулалари сони ёки улушини, газларда ва суюқликларда кўчиш ҳодисаларининг юзага келиш сабабларини, кўчиш коэффицентларининг маъноларини билиши, олинган билимлар асосида молекулаларнинг ўртача еркин югуриш йўли узунлигини ва кўчиш коэффицентлари қийматларини, Идеал ва реал газ ҳолатлари орасидаги фарқ нима сабабдан юзага келишини билиб олиши, олган билимлари асосида реал газнинг ҳолат параметрларини ҳисоблай олиши керак.

# **I БОБ. УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИНИ ЎҚИТИШНИНГ ДИДАКТИК АСОСЛАРИ**

## **1.1. Физика курсини ноъананавий ўқитиш усуллари**

Ўқитувчилик касби ниҳоятда шарафли касб бўлиши билан бирга, касб эгасининг шахсий сифатлари, қобилияти ва қизиқишлари, характери, билим, кўникма ва малакаларига юқори талаблар қўяди.

Ўзбекистон Республикаси демократик жамият ислоҳотларини янада чуқурлаштириш, ҳуқуқий ва фуқаролик жамиятини ривожлантиришнинг устивор йўналишларидан бораётган бир пайтда таълим соҳасида амалга оширилаётган ислоҳотларнинг бош мақсади ва ҳаракатга келтирувчи кучи ҳар томонлама ривожланган баркамол инсонни тарбиялашдан иборатдир.

Мамлакатимиз ривожланишининг муҳим шарти замонавий иқтисодиёт, фан, маданият, техника, технология ривожини асосида кадрлар тайёрлашни такомиллашган тизимининг амал қилишига эришишдир. "Кадрлар тайёрлаш миллий дастури"ни амалга ошириш, узлуксиз таълим тизимининг тузилмаси ва мазмунини замонавий фан ютуқлари ва ижтимоий тажрибага таянган ҳолда туб ислоҳотларни кўзда тутати.

Таълим муассасаларида, жумладан, академик лицейларда амалга оширилаётган таълим жараёнида физика фанини сифатли ва натижали қилиб ўқитиш масаласи ҳам доимий долзарб масалалардан бўлиб қолади, бунинг учун физика ўқитишнинг илғор, илмий-услубий жиҳатдан асосланган янги ва замонавий услубиёт намуналари билан бойитиш лозим. Физикани ўқитишнинг мақсади, вазифалари, мазмуни, услубий талабларига кўра фан, техника ва илғор технология ютуқларидан унумли фойдаланиш орқали бугунги таълим тизими олдида турган долзарб муаммоларнинг ечимини топиш имконияти бўлади.

Кадрлар тайёрлаш соҳасидаги давлат сиёсати узлуксиз таълим тизими орқали шахснинг ҳар томонлама баркамол фуқаро бўлиб етишишини кўзда тутати. Шахс эса, узлуксиз таълим ва кадрлар тайёрлашда таълим хизматларининг истеъмолчиси, иштирокчиси ҳамда ишлаб чиқарувчиси сифатида намоён бўлади. Академик лицейнинг битирувчиси физикани чуқур ўзлаштирган гуруҳда таҳсил олиш жараёнида (аниқ, табиий ва техника фанлари йўналишида) ўз навбатида моддий ишлаб чиқариш муҳити шароитида, шунингдек, фан, маданият ва хизматлар кўрсатиш соҳаларида иштирок этади. Шу сабабли таълимнинг белгиланган вазифаларидан бири физикани юқори савияда ўқитишни таъминлаш ва келгусида долзарб йўналишидаги олий ўқув юртининг талабаси бўлишни режалаштирган академик лицей ўқувчисининг малакали кадр бўлиб етишиб чиқиши учун, уни зарур замонавий таълим дастурлари асосида тайёрлашдан иборат. Ўсиб келаётган шахсни ўқитиш жараёнида уларга таълим олиш шароитларини яратади. Ўқувчиларнинг билимга

эҳтиёжи ва қобилиятларини шакллантириш ҳамда ривожлантиришнинг йўналтирилган бўлиши ўқитувчи фаолиятининг маъсулиятини оширади. Физика ўқитувчисининг малакаси махсус ва педагогик фанлар билан ёритиладиган икки қиррага эга бўлиши лозим ва у доимо "Физикани ўқувчига нима учун ўқитмоқдаман?", "Физикани қандай қилиб сифатли ўқитишим керак?" деган саволларга жавоб топиши, шунингдек, таълим-тарбия хусусиятлари эътиборга олинган билимларга асосланган бўлиши лозим.

Физика таълимининг самарадорлигини ошириш, шахснинг таълим марказида бўлишини ва ёшларнинг мустақил билим олишларини таъминлаш учун таълим муассасаларига яхши тайёргарлик кўрган ва ўз соҳасидаги билимларни мустаҳкам эгаллашдан ташқари замонавий педагогик технологияларни ва интерфаол усулларни билладиган, улардан физикадан ўқув машғулотларни ташкил этишда фойдаланиш усулларини билладиган ўқитувчилар керак. Бунинг учун фан ўқитувчиларини янги педагогик технологиялар ва интерфаол усуллар билан қуроллантириш ва олган билимларини ўқув машғулотларида қўллаш малакаларини узлуксиз ошириб бориш лозим.

Ҳозирги тараққиёт босқичида физикадан олинладиган дидактик билимларини ривожлантириш, уларни янгилашнинг асосий йўлларида бири, физика таълимининг замонавийлиги ва даврийлигини асослашдир. Физика курсининг молекуляр физика бўлимини ўқитишни назарий ва амалий жиҳатдан асослаш физика таълими жараёни хусусидаги тасавурлар кэнгайтиши, дидактик ҳодисалар тўғрисидаги қарашлар ривожланиши учун ижобий таъсир этади.

Физика ўқитиш методикаси - физика фани ўқув жараёнини ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар мажмуасидир.

Физика таълимида педагогик технология - ўқув жараёнини ҳаракатлантирувчи куч ёки олдиндан белгилаб қўйилган аниқ мақсад йўлида физика ўқитувчисининг касбий фаолиятини янгиловчи ва таълимда яқуний натижани қафолатлайдиган тадбирлар мажмуаси ҳисобланади.

Физика таълимида педагогик технологиялар замирида интерфаол, инновацион усуллар ётади.

"Кадрлар тайёрлаш миллий дастури"нинг вазифаларидан бири таълим жараёнига илғор педагогик технологияларни олиб киришдир. Ҳозирги кунда илғор педагогик технология элементи бўлган интерфаол усуллардан кэнг фойдаланилмоқда. Интерфаол - inglizcha "inter" сўзидан олинган бўлиб, "орасида", "ўртасида" деган маънони англатади, яъни икки нарса ўртасидаги фаоллик деган маънони билдиради. Интерфаол метод - физика таълими жараёнида ўқувчилар ҳамда ўқитувчи ўртасидаги фаолликни ошириш орқали ўқувчиларнинг физикадан олган билимларни ўзлаштиришини фаоллаштириш, шахсий сифатларини ривожлантириш.



Физика таълимида интерфаол метод - бу ўқувчи билан ўқитувчи ўртасида физика фанидан олинадиган билимни ўзлаштириш муносабатларини кучайтириш, фаоллаштириш демакдир. Мазкур методлар ҳамкорликда ишлаш воситасида дарс самарадорлигини оширишга ёрдам беради. Улар ўқувчиларни физикавий тушунчалар тўғрисида мустақил фикрлашга ундайди. Интерфаол дегани бу - берилган мавзунини ўқитувчи ва ўқувчилар орасида ўзаро ҳамкорлик асосида дарс самарадорлигини ошириш, мустақил фикр бериш кўникмасини шакллантириш, фикр-мулоҳаза, баҳс орқали ўрганиш демакдир. Ҳар бир ўқувчи қўйилган мақсадга мустақил ўзи фаол иштирок этган ҳолда яқка, жуфтликда, гуруҳларда жавоб топишга ҳаракат қилади, фикрлайди, ёзади, формулаларни эслайди, сўзга чиқади, физикадан ўтказган тажрибаларига мос далил ва асослар орқали масалани ёритиб беришга ҳаракат қилади. Бу эса қатнашчиларнинг хотирасида узоқ сақланади. Янги ахборотни ўзлаштиришда танқидий, таҳлилий ёндаша олади. Физика фани ўқитувчиси фақат фасилитатор (йўл-йўриқ кўрсатувчи, ташкил қилувчи, кузатувчи) вазифасини бажаради.

## **1.2. Физика курсини ўқитишда педагогик технологияларнинг тутган ўрни**

### **Физика курсини ўқитишнинг вазифалари**

Физика ўқитиш вазифалари «Таълим тўғрисида»ги Қонун ва «Кадрлар тайёрлаш Миллий дастури» тамойилларида таълим муассаси олдида қўйилган вазифалардан келиб чиқади. Бунга фан асосларини мустаҳкам эгаллаш, жамият талабига кўра, ўқувчиларнинг қобилияти ва истакларини ҳисобга олган ҳолда, шунингдек ўқувчиларни маънавий, ахлоқий, эстетик ва жисмоний бақувват баркамол шахслар қилиб етиштиришдан иборат.

Академик лицейларда физика фанини ўқитишдан кўзланган асосий мақсад:

- ўқувчиларга физикадан бошланғич фундаментал билимлар системасини бериш;
- физик тадқиқотларда қўлланиладиган усуллар ҳақида тасаввур ҳосил қилиш ва бу усулларни ўрганишга йўналтириш;
- ўқувчиларнинг физик тафаккури, фикрлашини ривожлантириш;
- ўқувчиларда аждодларимиз ва ватанимиз билан фахрланиш туйғусида тарбиялаш;
- ўқувчиларни касб таълимга йўналтириш;

- хавфсизлик ва тежамкорликни таъминлаган ҳолда турмушда ишлатиладиган техник воситалардан унумли фойдаланиш кўникмаларини шакллантириш ва ҳ.к.

Академик лицейларда ва умумтаълим мактабларида физика фани бўйича системали билимлар бериши шарт. Шундагина у ўқувчиларнинг физик билимларга талабини қондириш ва уларни ўрганишнинг юқори босқичларида (академик лицей, олий таълим муассасалари) фан сирларини янада мукамалроқ ўрганишга ундайди.

Физика – экспериментал фан, шунинг учун мактабда физика таълими асосини тажриба ва кузатувлар ташкил этади. Лекин бу ҳолат назариянинг ролини етарлича баҳоламасликка олиб келмаслиги керак. Узвийлаштирилган ўқув дастурида физика ўқитишда назарий масалалар, эксперимент ва тажрибаларни демонстрация (намойиш) қилишга эътибор кучайтирилган. Лаборатория ишларини бажариш ва масалалар ечиш ўқувчиларда амалий кўникма ва малакалар шаклланишини таъминлайди.

### **Ўқув машғулотларини ташкил қилиш шакллари**

Физикадан ўқув машғулотлари ташкил қилишнинг асосий шакли дарс бўлиб, у расмий дарслик ва машғулотлар жадвали асосида ташкил қилинади. Ўқув машғулотларини ташкил қилишнинг бу шакли синфнинг биргаликдаги иши ва ўқувчилар гуруҳларида ҳар бир ўқувчининг индивидуал ишлаши билан олиб борилади. Бу дарс шакли ўқитувчига ўқувчиларни жамоада ва жамоа учун тарбиялашда қулай шароит яратади. Дарсда турли хил ўқитиш усулларида фойдаланиш имкони туғилади. Дарсда ўқувчилар билан ишлашнинг ҳар қандай шаклида ҳам дарсга раҳбарлик роли ўқитувчида қолаверади. Ўқитувчи бутун ўқув жараёнини режалаштиради ва ташкил қилади. У ўқув материалларини систематик баён қилади, ўқувчиларнинг дарслик ва бошқа манбалардан маълумотларни топишга ўргатади, уларни турли хил ёзма ва экспериментал ишларни бажаришга йўналтиради, ишлаб чиқариш ва табиат кўйнига, илмий тадқиқот лабораториялари, музейларга саёхатлар ташкил қилади.

Сўнги йилларда физикадан дарс ўтишнинг ноанъанавий усуллари, умумлаштирувчи семинар дарслар, конференция ва практикумларнинг янги мазмун ва моҳиятдаги шакллари кашф қилинди. Ўқув машғулотларининг турли шакллари кўшиб олиб бориш ўқувчи шахсини ҳар томонлама интеллектуал ривожлантиришни кафолатлайди.

Дарсга қўйиладиган асосий талаблар. Физика фанидаги ҳар бир дарсни яхлит ва бутун дарслар занжирининг алоҳида таркибий бир бўғини сифатида қараш керак. Алоҳида олинган дарснинг мазмуни ва иш услуби ўтган дарслардаги мазмун ва иш услублари билан боғланмоғи керак. Ўқув предмети бўйича ўқув жараёни режаси тузмасдан ишда аниқ ўйланган система яратиб бўлмайди. Алоҳида дарсга тайёргарлик ўтиладиган мавзу бўйича режа тузишдан бошланади. Бу эса ўқув материали ҳажмини ва ҳар

бир дарс учун энг таъсирчан услубни қўллашни аниқлашга имкон беради. Ҳар бир дарс тугалланган характерда бўлиб, аниқ бир ўқув ва тарбиявий масалаларни ўз ичига олиши шарт. Шартли равишда ўқув жараёнини иккига бўлиш мумкин: ўқитувчи билим беради (ўқитади), ўқувчилар эса билим оладилар(ўқийдилар). Шунинг учун ҳар бир дарсда ўқувчиларни ўқув жараёнига фаол жалб этиш зарур, уларни билимларни мустақил эгаллашга ўргатиш керак. Ўқувчига баён қилган мавзунинг асосий қисми билан биргаликда, ўқувчиларнинг китоб, асбоб-ускуна ва тарқатма материаллар билан ишлашга ўргатиш керак.

Дарс самарадорлиги қуйидагилар асосида баҳоланади:

- ўқувчилар олган билим, кўникма ва малакаларнинг чуқурлиги ва мустаҳкамлиги;

- ўқувчиларнинг материалларни тўла ўзлаштириш даражаси ва амалиётга қўллай олиши;

- ўқувчининг илмий дунёқарашини ҳар томонлама ривожланиши, тарбиявий масалаларни қамраб олиши.

Дарснинг самарадорлиги – ўқув материални баён қилиш учун танланган услублари ва ўқув фаолиятини ташкил қилиш шакллари ҳамда ўқувчининг билим, кўникма, малакаларини текшириш усулларига боғлиқ.

Физика дарсларининг турлари ва тузилиши(структураси). Одатда дарсда ўқитувчи бир эмас, бир неча мақсадларни кўяди:

- ўқувчиларга янги билимлар бериш;

- ўқувчиларнинг фикрлаши ва уларнинг билиш қобилиятларини ривожлантириш;

- илмий дунёқарашини шакллантириш;

- амалий кўникма ва малака ҳосил қилиш;

- ўтилган мавзуларни такрорлаш ва ўқувчиларнинг ўзлаштириш даражаларини текшириш орқали билимларни системалаштириш.

Дарсда ечиладиган вазифалар қанчалик кўп бўлмасин, ҳар бир дарсда энг асосий масалани ажратиб олиш ўқитувчининг ўқувчи билан ишлаш услуби ва дарс мазмунини белгилайди.

Дарснинг асосий масаласига қараб физика дарсларининг қуйидаги асосий турларини кўрсатиш мумкин:

- янги материални ўрганиш дарси;

- асосий мақсади кўникма ва малака ҳосил қилувчи дарслар:

- а) масала ва тестлар ечиш;

- б) лаборатория иши;

- олдин ўтилган материални такрорлаш ва умумлаштириш дарси;

- ўқувчиларни билим кўникма ва малакаларини текшириш дарси.

Юқорида қаралган дарс турларидан энг кўп тарқалган турларига

- а) янги материалларни ўрганиш;

- б) лаборатория иши;

- в) масала ва тестлар ечиш киради.

Такрорлаш ва умумлаштирувчи дарслар алоҳида, одатда мавзу ёки бўлим охирида ўтказилади. Дарс олдида қўйилган масалани ечиши сифати дарс структурасига боғлиқ. Дарс давомида одатда ўқувчи ўқув фаолиятининг бир неча тури: ўқитувчининг тушунтиришини тинглайди ёки синфдошларининг жавобини эшитади, тажрибаларни кузатади, саволларга жавоб беради, асбоблар билан ишлайди, ёзма ва график ишларни бажаради. Уларнинг кетма-кетлиги дарс структурасини аниқлайди.

Умумтаълим мактабларида дарснинг тўрт элементли структураси қўлланилади. Булар:

- а) ўқувчилардан ўтилган мавзу бўйича сўраш;
- б) янги мавзунинг ўрганиш;
- в) янги мавзунинг мустақамлаш;
- г) уйга вазифа.

Янги материални ўрганиш дарслари кўп ҳолларда қуйидаги схема бўйича ўтилади:

1. Уй вазифасини текшириш, ўтган мавзунинг такрорлаш.

2. Янги мавзунинг ўрганиш, навбатдаги муаммони аниқлаш ва қўйилган муаммони ечиш усуллариининг ва йўлини топиш, олинган натижаларни таҳлил қилиш ва умумлаштириш.

3. Янги материални ўзлаштирилганини текшириш ва машқлар ечиш.

4. Уйга вазифа бериш.

Бундай типдаги дарсларни инкор қилмасакда, улар бир қатор камчиликларга эга. Бундай дарсларда кўп ҳолларда ўқувчилар билимини текширишга кўп вақт кетади. Дарснинг бир қисмида ўқитувчи янги дарсни баён қилади, энг зарурий ҳисобланган ўқувчи олган билимини текшириб қўрадиган масала ва машқ ечишга эса вақт кам қолади. Ундан ташқари, ўқувчиларнинг иш қобилияти ва диққати дастлабки 25-30 минутда фаол бўлади. Лекин бу фаоллик вақти одатда ўқувчилар унчалик хушламайдиغان вазифаларни сўрашга кетади. Шунинг учун дарс структураси дарс мазмуни ва мақсадига қараб ўзгарувчан бўлиши лозим. Тажрибали ўқитувчилар дарс структурасини шакллантираётганда унинг ўқув ва тарбиявий мақсади, ўрганилаётган дарс мазмунини очиб беришга қўлланилаётган услуб хусусиятларини ўқувчиларнинг ёш ва индивидуал (психологик ва физиологик) хусусиятларини эътиборга оладилар. Таҳлилларга кўра ўқувчиларнинг иш қобилияти ва чарчаши дарс услубига боғлиқ экан.

Ўқитишнинг метод ва шакллари классификацияси

Метод сўзи грекчадан олинган бўлиб, ўзбек тилига усул (услуб), ўрганиш маъносини англатади. Педагогик адабиётларда бу тушунча:

- ўқитувчи ва ўқувчи фаолияти;
- иш усуллари мажмуи;

- ўқувчининг янги маълумотларни ўзлаштиришида ўқитувчи томонидан олиб бориладиган йўл;

- ўқитувчи ва ўқувчи ҳаракатлари системаси деб изоҳланади.

Ўқитиш методлари классификацияси – бу маълум белгилар асосида тартибга солинган система. Қуйида энг кэнг тарқалган классификациялар келтирилган.

Билим манбалари бўйича классификация

1. Оғзаки метод (тушунтириш, англатиш, ҳикоя, суҳбат, маъруза, мунозара, баҳс).

2. Кўргазмали метод (иллюстрация, намойиш этмоқ, ўқувчиларни кузатиш).

3. Видеометод (видеоматериалларни кўриш, компьютердан фойдаланилган машқлар).

4. Амалий метод (тажрибалар, машқлар, ўқув-ишлаб чиқариш меҳнати).

Билиш фаолияти характериға кўра:

1. Оғзаки-иллюстративли метод (ҳикоя, суҳбат, тушунтириш, маъруза, тажриба тариқасида кўрсатиш).

2. Репродуктивли метод (маъруза, мисол, намойиш, алгоритмли кўрсатма, машқ).

3. Муаммоли метод (суҳбат, муаммоли вазият, ўйин, умумлаштириш).

4. Қисман-излаш методи (мунозара, кузатиш, мустақил иш, лаборатория иши).

5. Тадқиқот методи (тадқиқотли моделлаштириш, фактларни йиғиш).

Ўқувчиларни мустақиллик даражаси бўйича классификация

2. Ўзаро ўқитиш (кичик гуруҳлардаги иш).

3. Ўқувчиларнинг мустақил ишлари.

Назорат усуллари

1. Ёзма назорат (назорат иши, тест олиш).

2. Оғзаки назорат (индивидуал ёки фронтал сўраш, оғзаки синов).

3. Лаборатория назорати.

4. Компьютер ёрдамида назорат.

Ўқитиш усуллариани танлаш ўқитувчи фаолиятининг энг муҳим томонларидан ҳисобланади. Шунинг учун ҳам педагог-амалиётчи ва педагог-тадқиқотчилар бу фаолиятга катта эътибор қаратадилар.

Тадқиқотчи педагогларнинг изланишларида кўрсатилишича, ўқитиш методларини танлашда қуйидаги мезонларга амал қилиш лозим бўлади:

- жамият талабларига мос таълим мақсадининг мавжудлиги;

- ўқитиш ва ривожланишнинг мақсад ва вазифаларини мослиги;

- дарс мазмунини мослиги;

- ўқувчининг реал ўқув имкониятларига мослиги;

- мавжуд шароит ва ўқитиш учун ажратилган вақтга мослиги;

- ўқитувчиларнинг ўзларининг имкониятларига мослиги.

## Ўқув жараёнининг ташкил қилиш шакллари

Ўқитишни ташкил қилишнинг асосий шакли дарс ҳисобланади.

Ўқитишни ташкил қилишнинг дарсдан ташқари шакллариға қуйидагилар киради:

- экскурсиялар,
- ўқув устахонасидаги машғулотлар,
- меҳнат ва ишлаб чиқариш жараёнида ўқитиш,
- лойиҳа тизими,
- факультатив дарслар,
- уй иши,
- синфдан ташқари ишлар (фан тўғараклари, студиялар, илмий жамиятлар, олимпиадалар, танловлар).

«Микдорий» параметрлар буйича қуйидаги иш шакллариға ажратиш мумкин:

- индивидуал,
- гуруҳли,
- фронтал,
- жамоавий.

Физикани ўқитишда тизимли ёндашув ва дидактик таъминот масалалари. Таълим ва тарбия мураккаб дидактик жараён ҳисобланади. Унга илмий нуқтаи назардан ёндашув – бу системали таҳлил ҳисобланади. Оламдаги барча нарсалар, жараёнлар, ўзгаришлар, инсоннинг ўзи ва унинг тафаккури ҳам система ҳисобланади. Системаға кирмайдиган ҳеч қандай нарса йўқ. Система деб бир-бирлари билан функционал боғланишда бўлган  $N$  та элемент (унсур)дан ташкил топган бутунликка айтилади ва уни шартли равишда  $S=S(N,R)$  кўринишида ифодалаш мумкин. Бунда  $N$  – элементлар,  $R$  – функционал боғланишлар. Модомики, табиатдаги физик жараён ва нарсалар система экан, уни ўрганиш ва ўқитиш ҳам системали тарзда ташкил этилиши лозим.

Физикани ўқитиш жараёни мураккаб, нозизиқли, очик, динамик система ҳисобланади. Агар физика фанини ўқитиш жараёниға система деб қарасак, унинг элементлари давлат таълим стандартлари (ДТС), ўқитувчи, ўқувчи, дарсликлар, услубий қўлланмалар, физикани ўқитиш услубияти ва ҳ.к.лар ҳисобланади. Асосий бўлмаган элементларни маданий муҳит таркибига киритиш лозим. Аммо шарт-шароитнинг ўзгариши билан иккинчи даражали ҳисобланган элементлар асосий элементлар қаториға ҳам кириши мумкин. Системанинг мураккаблиги шундайки, унинг ҳар бир элементи ўз навбатида система (подсистема) ҳисобланади. Системали ёндашув универсал усул бўлиб, ундан физикадан маъруза, масала ечиш, лаборатория ишлари ва мустақил таълим жараёнлариға ҳам қўллаш мумкин. Анъанавий ўқитишнинг асосий тамойиллари ва босқичли усулини сақлаб қолган ҳолда уни замонавий ўқитиш технологиялари билан

ҳамоҳанг (мувофиқлаштирилган) тарзда ташкил этиш замон талаби ҳисобланади.

## **Педагогик технологиялар**

Педагогик технология деганда қуйидагилар тушунилади:

а) режалаштирилган ўқитиш натижаларини ўқувчилар томонидан самарали ўзлаштирилишини кафолатловчи педагогик жараёнларни лойиҳалаштирувчи педагогик фанлар йўналиши;

б) амалий қўлланилиши: жараён алгоритми (режалаштирилган натижаларга эришиш учун ўқитишнинг мақсад, мазмун, метод ва шакллариининг бирлиги).

### **Педагогик технология таркиби**

1. Концепция (фалсафий, психологик, дидактик, ижтимоий-педагогик асосланиши).

2. Ўқитишнинг мақсади, ўқитишнинг режалаштирилган натижалари.

3. Ўқитиш воситалари.

4. Ўқувчиларнинг жорий ҳолатини диагностика қилиш воситалари.

5. Маълум шароит учун оптимал модел танлаш мезони.

6. Ўқитиш методлари мажмуи (ўқувчи ва ўқитувчи фаолиятининг метод ва шакллари).

### **Педагогик технологиялар классификацияси**

Педагогик технологиялар турлича белгилар бўйича классификацияланади:

I. Қўлланиш даражаси бўйича:

- Умумпедагогик (умумдидактик) даража: умумпедагогик (умумдидактик, умумтарбиявий) технология таълимнинг маълум босқичида ушбу регион, ўқув юртида яхлит таълим жараёнини ифода этади. Бу ерда педагогик технология педагогик тизимга ўхшашдир: унга ўқитишнинг мақсадлари, мазмуни, восита ва методлари тўплами, фаолият объекти ва субъекти алгоритми киради.

- Хусусий методик (фан) даражаси: хусусий методик педагогик технология “хусусий методик” кўринишида қўлланилади, яъни бир фан, синф, ўқитувчи доирасида ўқитиш ва тарбиялаш маълум мазмунини амалга ошириш учун методлар ва воситалар тўплами сифатида ишлатилади.

- Локал (модулли) даражаси: локал технология ўқув-тарбиявий жараённинг алоҳида қисмлари, хусусий дидактик ва тарбиявий масалаларни ҳал этиш технологиясидан иборат (алоҳида турдаги фаолият, тушунчалар шакллантириш, алоҳида шахсий сифатларни тарбиялаш, дарс технологияси, материалларни такрорлаш ва текшириш технологияси, мустақил ишлар технологияси ва бошқалар).

II. Ўзлаштириш концепцияси бўйича:

- ассоциатив-рефлекторли;
- ривожлантирувчи;
- интериоризаторские;
- бихевиористик;
- гешталът технологии;
- нейролингвистикли.

### III. Ташкилий шакллари бўйича:

- синф-дарсли ёки альтернативли(муқобилли);
- академикли ёки клубли;
- индивидуал ёки гуруҳли;
- ўқитишнинг жамоавий усуллари;
- дифференциалтирилган ўқитиш.

### IV. Болага ёндашув бўйича:

- авторитарли;
- шахсга йўналтирилган;
- ҳамкорлик технологияси ва ҳ.к.

### V. Устунлик қилувчи метод бўйича:

- репродуктивли;
- тушунтирувчи-иллюстративли;
- дастурли ўқитиш;
- диалогли;
- ривожлантирувчи ўқитиш;
- ўйинли;
- муаммовий-қидирув;
- ўз-ўзини ривожлантирувчи ўқитиш;
- ижодий;
- ахборотли (компьютерли).

### VI. Ўқитиш категорияси бўйича:

- оммавий технология;
- компенсацияловчи технология;
- қийин ўқувчи билан ишлаш технологияси;
- иқтидорли ўқувчи билан ишлаш технологияси ва ҳ.к.

## **Педагогик технологиялар даражалари**

“Педагогик технология” тушунчаси учта аспектлар билан тақдим этилиши мумкин:

- 1) Илмий педагогик технология - ўқитишнинг мақсади, мазмуни ва методларини ўрганувчи ва ишлаб чиқувчи, педагогик жараёнларни лойиҳалаштирувчи педагогик фаннинг бир қисмидир.
- 2) процессуал-тавсифий: жараёни тасвирлаш ўқитишнинг кўзда тутилган натижаларига эришиш учун воситалар ва мақсад, методлар тўплами.



3) процессуал-амалий: технологик жараённи амалга оширилиши, ҳамма шахсий, инструментал ва методологик педагогик воситаларнинг ишга солиниши.

Бундан ташқари технологик микроструктураларни ҳам кўрсатадилар: усуллар, қисмлар, элементлар ва бошқалар.

### **Педагогик технологияларни расмийлаштириш усуллари**

Технологик схема – технологик жараённи шартли равишда тасвирлаш, уларни алоҳида қисмларга ажратиш ва улар орасидаги мантикий боғлиқликларни кўрсатиш.

Технологик харита - кадамма-қадам, босқичма-босқич ҳаракатлар кетма-кетлиги кўринишида (кўпинча график шаклда) қўлланиладиган воситаларни кўрсатиб жараённи тасвирлаш.

Технологик жараёнлар: Адабиётларда ва мактаблар ишлари амалиётида педагогик технология термини педагогик тизим тушунчаси синоними сифатида қўлланилади. Система тушунчаси технология тушунчасидан кўра кэнгроқ бўлиб, фаолиятнинг объекти ва субъектларини ҳам ўз ичига олади.

Технология методикасидан натижаларининг мустаҳкамлиги, қайта янгиланиши, кўплаб “агарда” иккиланишларининг йўқлиги билан фарқ қилади (агарда истеъдодли ўқувчи бўлганида, агарда қобилиятли болалар, агарда ота-оналар...).

Технологиялар ва методикаларнинг аралаштириб юборилиши баъзан методика технология таркибига киришига, баъзан эса аксинча, у ёки бу технологиялар - ўқитиш методикаси таркибига киришига олиб келади.

### **Педагогик технологиянинг тузилиши**

Педтехнология тузилишига қуйидагилар киради:

1. Концептуал асоси.
2. Ўқитишнинг мазмунли қисми:
  - ✓ ўқитиш мақсадлари – умумий ва хусусий, аниқ;
  - ✓ ўқув материали мазмуни.
3. Процессуал қисми – технологик жараён:
  - ✓ ўқув жараёнини ташкил етиш;
  - ✓ ўқувчилар ўқув фаолияти методлари ва шакллари;
  - ✓ материалларни ўзлаштириш жараёнини бошқариш бўйича ўқитувчининг фаолияти;
  - ✓ ўқув жараёни тасхишлаш.

### **Дарсларнинг асосий турлари**

1. Янги материални ўрганиш дарси. Бу анъанавий (комбинациялашган) дарс, маъруза, экскурсия, тадқиқот иши, ўқув ва меҳнат амалиёти (практикаси). Буларнинг барчасини мақсади янги билимларни ўрганиш ва бирламчи (дастлабки) мустаҳкамлаш.

2. Билимларни мустаҳкамлаш дарси. Бу практикум, экскурсия, лаборатория иши, суҳбат, консультация. Мақсади – билимларни қўллай билишни ишлаб чиқиш.

3. Билимларни комплекс қўллаш дарси. Бу практикум, лаборатория иши, семинар ва ҳ.к.лар бўлиши мумкин. Мақсади - янги шароитларда билимларни комплекс қўллай билишни ишлаб чиқиш.

4. Билимларни умумлаштириш ва тизимга солиш (систематизациялаштириш) дарси. Бу семинар, конференция, айланма стол ва ҳ.к.лар шаклида бўлиши мумкин. Мақсади - бирламчи билимларни системага умумлаштиришдир.

5. Билимларни назорат қилиш, баҳолаш ва тузатиш (коррекция) қилиш. Бу - назорат иши, зачет, коллоквиум, билимлар кўриги ва ҳ.к.лар бўлиши мумкин. Мақсади - билимни эгаллаш, малака ва кўникмаларни даражасини аниқлаш.

Комбинациялашган (аралаш) дарс босқичлари:

- 1) Дарс бошланиши ташкил қилиш;
- 2) Уй вазифасини бажарилишини текшириш;
- 3) Билимларни ҳар томонлама текшириш;
- 4) Янги ўқув материални ўзлаштиришга тайёргарлик;
- 5) Янги билимларни ўзлаштириш;
- 6) Янги материални ўқувчилар томонидан бирламчи қабул қилишини текшириш;
- 7) Янги билимларни мустаҳкамлаш;
- 8) Дарсга яқун ясаш;
- 9) Уй вазифаси тўғрисидаги маълумот ва уни бажариш бўйича кўрсатмалар.

Бошқа турдаги дарслар босқичлари:

- 1) Дарсни бошлашни ташкил қилиш;
- 2) Янги ўқув материални ўзлаштиришга фаол тайёргарлик кўриш;
- 3) Уй вазифаси тўғрисидаги маълумот ва уни бажариш бўйича кўрсатмалар.

Дарснинг асосий ўргатиш мақсади учун жавоб берадиган босқич бош босқич сифатида туради.

Дарснинг турли босқичларини ўтказишда қўлланиладиган услублар:

1. Янги материални тушунтириш.

Иш услублари:

- а) Янги материални тушунтириш, суҳбат, маъруза, баҳс, мунозара, ўқув ўйинлари, ўқиш машқлари жараёнида баён этиш;
- б) дарсда ходиса, жараён ва объектларни намойиш этиш, ўқув тажрибаси, натурал объектлар ва жисмлар модели ёрдамида кўрсатиш;
- в) ходиса, жараён ва объектларни табиат қўйнига экскурсия (саёҳат), музейлар, кўргазмаларларда кўрсатиш;

г) визуаллаштириш воситаларидан фойдаланиш (плакатлар ва китоблардан иллюстрациялар, диафильмлар, диапозитлар, графопроектор учун траспираторлар, видеофильмлар, мультимедиялар, компьютер дастурлари);

д) атамалар билан ишлаш (луғатлар тузиш, иллюстрациялар қилиш, таққослаш);

е) мавҳум кўргазмаликдан фойдаланиш (жадваллар, формулалар, структурали-мантиқий схемалар, графиклар, қисқа конспектлар, базали конспектлар).

Эсдан чиқармаслик лозимки, маълумотларни қабул қилишда эшитиш орқали ўзлаштириш коэффициенти тахминан 15%, кўриш орқали узатишда эса бу коэффициент 25% гача ошади. Агар қабул қилишнинг ҳар иккала каналларидан фойдаланилганда ўзлаштириш даражаси 65% ни ташкил қилиши мумкин.

## 2. Материални мустаҳкамлаш.

Иш услублари: Янги материални қисқача такрорлаш;

- дарсликдан материални ўқиш; тезисларни ёзиб чиқиш;
- асосий мазмун ва материалларни ўзаро боғлиқлигига урғу бериш;
- ёзма ва оғзаки саволларга жавоб бериш; режа тузиш;
- ўрганиладиган материал бўйича саволлар тузиш (шакллантириш);
- тизимли-мантиқий схемаларни таҳлил қилиш ва тузиш; жадвални

тўлдириш;

- таянч конспектни тузиш; масалалар ечиш.

## 3. Дарсда сўраш. Иш услублари: индивидуал яккама - якка оғзаки;

- магнитофонли; «сокин сўраш» (синф бошқа иш билан банд бўлганда битта ўқувчи билан суҳбат қилиш);

- режа, кўргазмалик, схемалар ва ҳ.к.ларга суянган ҳолдаги жавоблар;

- занжир усулидаги индивидуал сўраш (бир ўқувчи ҳикоя қилаётганда тўхтатилиб, бошқаси томонидан давом эттирилади);

- фронтал оғзаки; Тайёр саволлар асосида ўқувчиларнинг ўзаро сўраши; карточкалар ёрдамида ёзма; Жавобларни танлаш тести;

- лойиҳаланган жавобли тестлар; уй вазифаларини ўзаро текшириш,

- хатоли ечимлар таҳлили; ишга ёзма ва оғзаки изоҳ ёки тақриз бериш ва ҳ.к.лар; релейли назорат иши (олдин ечилган вазифа матнлари асосида ўтказилади).

# **I. БОБ. ФИЗИКА КУРСИНИНГ МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА БЎЛИМИ МАВЗУЛАРИ МАЗМУНИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

## **2.1. Молекуляр физика бўлими мавзулари мазмунини замонавий технологиялар асосида такомиллаштириш**

Таълимнинг ноъанавий педагогик технологияда марказий муаммоларидан бири бўлиб ҳисобланади. Физика таълимини ноъанавий ўқитиш ва ўрганиш, уларни ажратиш ўлчовларини аниқлаш ва бир-биридан фарқлаш, ўқув ишлари жараёнини қатъий чەгаралаш, шубҳасиз, қатор ютуқларга олиб келади. Ҳар бир давр учун яроқли таълим воситаларини танлаш имкониятларини кэнгайтиради. Ўрганилган ва энди ўрганиладиган билимлар ўртасидаги алоқадорликни таъминлаш учун имкониятлар яратилади; у ёки бу ўқув материални тўлиқ ўзлаштириш учун зарурий такрорлаш чەгараси аниқланади; таълимнинг оқилона ҳаракати учун шарт-шароит тайёрланади.

Таълимда мавжуд ноъанавий технологиясини дастур асосида ўқитиладиган молекуляр физика бўлими мисолида кўрамиз.

Физика фанининг илк курси механика ва бошқа бўимлари билан танишганингизда, жисмларнинг ҳаракат қонуниятларини ўрганишда улар бир бутун, яхлит жисм деб қаралади. Аммо қиздирилган қаттиқ жисмларнинг ҳажмларининг ортиши, қиздирилиш давом еттирилса суяқ ҳолатга ўтиши, шунингдек, суяқликларнинг қиздирилганда буғ ҳолатга ўтиши ҳар қандай қаттиқ ва суяқ модда кичик кўзга кўринмас зарралар – молекулалардан ташкил топганлиги ҳақидаги фикрга олиб келади. Барча агрегат ҳолатдаги (қаттиқ, суяқ, газ) моддалар ана шу молекулалардан ташкил топган. Қаттиқ моддаларнинг суяқлик ва газ ҳолатга ўтиши, газларнинг ҳам суяқ, қаттиқ ҳолатга ўтиши, суяқликларнинг қаттиқ ёки газ ҳолатга ўтиши бу фикрни тасдиқлайди. Модданинг барча химиявий хоссаларини ўзида мужассамлаштирган энг кичик заррасига унинг молекуласи дейилади.

Моддани ташкил етувчи кўп сондаги зарралар – молекулаларнинг ҳаракати билан боғлиқ хоссалари, модданинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиши каби жараёнлар ва уларнинг қонуниятини ўрганиш билан молекуляр физика фани шуғулланади.

Модданинг молекуляр тузилиши ҳақидаги тасаввур жуда қадим замонлардаёқ пайдо бўлган. Аммо бу тасаввурлар илмий асосланмаган ва тажрибада исботланмаган тасаввурлар эди.

Ўқитиш жараёнида педагогик технологияларнинг қўлланила бошлаши билан бўлим мавзуларини таълимнинг бирмунча кичик бирлиги сифатида қараш мумкин бўлган “ўқув элементи”и деб номланувчи бирликка ажратиш маъқул вариант бўлиб қолмоқда. Молекуляр физика бўлими бўйича ҳар бир машғулотнинг боришида ўқув элементларининг

ўзлаштирилиши кетма-кет тарзда амалга оширилади. Бошланғич ҳолатда 1-ўқув элементи ўрганилиб, мустаҳкамлангач, натижа текширилиб навбатдаги 2-ўқув элементига ўтилади. 2-ўқув элементини ўрганиш ҳам шу каби ташкил этилади. Ўзлаштирилиши талаб қилинган ўқув элементига оид маълумотларни ва ахборотларни қабул қилиш; уларни мустаҳкамлаш; ўзлаштирилишини текшириш. Талабалар ўзлаштиришида камчилик бўлса, олдинги ахборот яна такрорланади, таълимга қўшимчалар киритилади, сўнгра 3-ўқув элементини ўрганишга ўтилади.

Таълимнинг ноанъанавий технологияси ғояларига кўра ўқув элементлари бўйича ахборот тўплаш, унга ишлов бериш, ўзлаштириш натижасини текшириш кетма-кет олиб борилади. Молекуляр физика бўлими бўйича таълимни шу тарзда ташкил этиш ҳам ўқув ишларининг табақалашган гуруҳларда ўтказиш имкониятини оширади.

Физика курсининг Молекуляр физика бўлимидаги молекула, молекуляр кинетик назария (МКН) тушунчаларини киритишда оддий тажрибалар – диффузия ҳодисаси намойишини киритишиш мумкин. Бу тушунчани бериш билан молекуляр физика бўлимини ўқитишнинг дастлабки даври бошланади, даврнинг босқичларига мавзу бўйича ахборот тўплашга тайёрланиш, турли манбалардан ахборотларни қабул қилиш ва ахборотларни мустаҳкамлаш киради. Босқичларни ташкил қилувчи кичик ўқув бирликлари, яъни ўқув элементларини кўрсатиш мумкин.

Молекуляр физика бўлимини ўрганиш жараёни – ўрганувчиларнинг ўзлаштиришлари табиий ва ижтимоий жараёнлар каби ўз даврларига эга. Мавзунинг бошланиши, ҳар бир мавзу матнининг мазмуни, сўз ва тушунчаларнинг ўзаро боғланишини, баён қилинган ғоя, физикавий ҳодиса, таъриф ва жараёнлар нуқтаи-назаридан таҳлил қилиш, уларни умумлаштириш лозим.

Молекуляр физика бўлимини ўрганишни ташкил қилишда бўлимни ўрганишнинг мақсади, воситаси, натижаси мўлжалга олинади. Бундаги аниқ белгиланган мақсад асосий ўрин эгаллайди, воситалар мазкур мақсад асосида танланиб, жорий натижалар текширилади, ташҳисланади. Молекула, молекуляр кинетик назария ва ундан кейин даврларда ўрин олган қатор мавзуларда айтиладиган фикрлар картотекалар тарқатиш, кўргазмадаги расмга қараб гапириб бериш, жун ва матога ишқаланган эбонит таёқчаси ва шиша таёқчанинг энгил жисмларни тортиши, электроскоп орқали зарядни пайқаш каби қатор экспериментлар (айримлари ўқувчи томонидан бажарилади) орқали такрорий бажариш йўли билан, билим ва малакалар ҳосил қилишда йўл қўйилган камчиликлар тузатилади, тўлдиришлар киритилади, мустақил равишда гилзалар ясашни топшириқ бериш орқали билимлар мустаҳкамланади, бу такрорийликда айнан таълимнинг даврийлиги намоён бўлади.

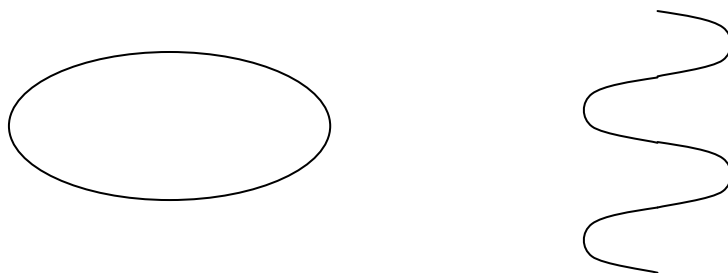
Педагогик технология талабларига кўра, ўқитувчи, таълимнинг илк даврида ўзининг тўрт хил ташкилий-бошқарув мақсадини қўяди: 1.

Ўқувчиларни янги мавзуни ўрганишга тайёрлаш; 2. Янги мавзуни ўрганишни ташкил этиш. 3. Янги мавзуни дастлабки мустақкамлаш. 4. Таълим натижасини синаш.

## **2.2. Молекуляр физика бўлимини ноанъанавий ўқитишда ахборот технологияларидан фойдаланиш**

Замонавий таълим жараёнини ахборот технологияларисиз тасаввур қилиш жуда қийин, билим бериш ва ўзлаштиришнинг жараёнларида ахборот технологияларидан фойдаланиш ўзлаштиришнинг самарадорлигини ошириши тажрибадан маълум. Шунинг назарда тутган ҳолда таълимда амалга оширилаётган ислохотларнинг марказий масалаларидан бири сифатида ёшларнинг (шу билан бирга ўқитувчиларнинг) компьютер саводхонлигини оширишга алоҳида урғу берилди. Теварак-атрофимиздаги табиатдаги электр ҳодисаларини ўрганиш мобайнида ноаниқ ва тўлиқ бўлмаган маълумотлар пайдо бўлиб қолса-да, бу электромагнетизм бўлимига тааллуқли билимларни эгаллаш жараёнига ҳалақит беролмайди. Бу маълумотлар асосида, ўрганилаётган электр ҳодисаларини даврийлик технологияси бўйича ўрганиш графикаси яратилди. График уларнинг хусусиятларини мумкин қадар тўлароқ акс эттириши зарур.

Ноанъанавий технологияси асосида электр ҳодисаларини ўтиш режасини кўрсатувчи чизманинг тақрибийлик характери турли кўринишда намоён бўлиши мумкин, спиралнинг бир айланаси шаклида, пружина шаклида ва ҳоказо (2.2-расм).



**2.2-расм. Ўқитишнинг турли кўринишлари**

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йилдаги “Ҳаракат Стратегиялари” да ахборот технологиялари ва компьютерларни жамият ҳаётига, кишиларнинг турмуш тарзига, умумий ўрта таълим мактаблари, ўрта махсус, касб-хунар таълими ва олий таълим муассасалари ўқув жараёнига жадаллик билан олиб кириш ғояси илгари сурилган. Ушбу масалани ҳал этиш учун мактаб, лицей, касб - хунар коллежлари ҳамда олий ўқув юртларида компьютер ва ахборот технологиялари билан ишлашга ўргатиш кэнг кўламда йўлга қўйилмоқда. Бунинг учун, аввало, билим даргохлари замонавий компьютер техникаларга эга махсус хоналар

билан жиҳозланмоқда. “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури” нинг учинчи босқичини амалга оширишда “Таълим жараёнини ахборотлаштириш, узлуксиз таълим тизими, жаҳон ахборот тизими, жаҳон ахборот тармоғига уланадиган компьютер ахборот тармоғи билан тўлиқ қамраб олинади” дейилган.

Физика дарсларини ташкил қилишда, ўқитувчи, ўқитишнинг турли шакллари (маъруза, оғзаки баён қилиш, баҳс – мунозара, масалалар ечиш, амалий иш ва ҳ.к.)дан фойдаланиши мумкин. Илм-фан, техника, унинг ишлаш технологиясининг ўсишини жадаллашуви илмий-техникавий ахборотларнинг ривожига тез-тез янгилашлар олиб келди. Натижада қишлоқ хўжалигини механизациялаш тезлашди, саноат компьютерлашмоқда, таълим тизимига Интернет кириб келмоқда. Бу ҳол ўз-ўзидан маълумки, маълумотлар, ахборотларни узатиш усулини янгилаш, жадаллаштиришни талаб этмоқда. Юқорида келтирилган фикрлардан келиб чиққан ҳолда академик лицейларда физика дарслари жараёнида шундай ўқитиш методларини тадбиқ этиш жоизки, улар охири-оқибатда ўқувчи-талабаларни мустақил ўқишга, фикрлашга, илмий-техникавий ахборотлар билан ижодий ишлашга ўргатсин, ўқувчиларни ўзига хос фикрлашга йўлласин, ишчанлик қобилиятини ривожлантирсин, ўқишга, мустақил билим олишга қизиқишини оширсин, ўз иш фаолиятига танқидий ёндашишни тарбияласин, ўзгарувчан ишлаб чиқариш шароитига тез мослашиш кўникмаларини шакллантирсин.

Ахборот технологиялари – гиперматн, мультимедиа, Интернет, интранет, электрон почта, WEB технологияси, сунъий интеллект тизимларини ўзида мужассамлаштиради. Ахборотлар кўпайган ва техник воситалар ривожланиб бораётган ҳозирги даврда, физика дарсларини ўқитиш жараёнида ўқитувчи ҳар бир мавзуга доир маълумотлар беришида фақатгина китобдаги маълумотлар билан чекланиб қолмасдан, мавзуга оид проекцион кўргазмалар, электрон дарсликлардан, интернет маълумотлари, турли дастурларда тайёрланган анимациялардан фойдаланиш жуда муҳим ҳисобланади.

Ўқитувчини барча замонавий техника, информацион ва педагогик технологиялардан хабардор бўлиши давр талабидир. Назарий ва амалий машғулотлар ўтказишда янги адабиётлардан фойдаланиш билан бир қаторда Интернет маълумотлари ва электрон китоблардан фойдаланиш физика дарслари самарадорлигини янада оширади. Бунинг учун эса ўқитувчининг ўзи компьютер технологияларидан малака ва кўникмаларга эга бўлиши талаб этилади. Ахборот технологияларидан дарс жараёнида ва дарсдан ташқари вақтларда фойдаланиш ўқитувчидан турли методлардан фойдаланишни, ўқувчилар қизиқишини ошириш, дарсда фаол иштирок этишларини таъминлаш талаб этилади. Дарс тушунарли, қизиқарли бўлиши учун ўқув материалларини саралаш, ўқув жараёнини

лойихалаштириш, ўқув жараёнига тегишли бўлган турли топшириқларни бажариш учун тавсиялар бериш зарур.

Бунинг учун аввало ўқитувчининг ўзи қуйидаги билим, кўникма ва малакаларга эга бўлиши талаб этилади:

- компьютернинг асосий техник воситалари ва уларнинг тавсифларини билиш;
- компьютер саводхонлиги, интернет тизими, модем алоқа ва электрон почтадан фойдалана билиш;
- дарс жараёнида ахборотни сақлаш, қайта ишлаш, тарқатиш ва намойиш қила олиш;
- ахборот технологиялари, уларни дарс жараёнида жорий этиш йўллари билиш;
- ахборот технологиялари асосида билим олишнинг дидактик тамойилларини билиш;
- ахборот технологиялар асосида муаммоли таълимни ташкил этиш бўйича илғор педагогларнинг тажрибаларини ўрганиш;
- дарс жараёнига тегишли бўлган манбаларни Интернетдан излаб топиш ва ундан фойдаланиш кўникмасига эга бўлиш.

Ўқитувчи физика дарсларида мавжуд электрон дарслик, мультимедиа воситалари, Интернет маълумотларидан фойдаланиш билан бир қаторда, ҳар бир мавзуга мос бўлган молекуляр физика бўлимига оид мисолларни компьютер асосида тушунтириш имкониятларига эга. Масалан, ўқитувчи электр ва магнит майдонларига тааллуқли мавзуларни тушунтиришда компьютер ёрдамида турли дастурларда электр ходисаларига оид мисолларни тайёрлаб кўрсатиш имконияти мавжуд. Шу ўринда майдон куч чизиқлари, майдон энергияси, қуёш сув чучитгичларида қуёш энергияси ҳисобига сувнинг буғланиши ҳамда устки қисмида қопланган шишага тегиб қайта тоза дистирланган сувга айланиш жараёнини кўрсатиб бериш имконияти мавжуд.

Мавзуларни ўқишда турли хилдаги анимациялардан дарс жараёнида фойдаланса ўқувчиларнинг ижодий фикрлаши, мустақил ўқиб ўрганиш қобилияти, фанга бўлган қизиқиши ортади. Ўқитувчи дарс жараёнида мультимедиа орқали суръатлар, жадваллар ва шунга ўхшаш мавзуга оид қўшимча маълумотларни кўрсатиб ўтса, бу ўқувчиларнинг нафақат дарсга бўлган қизиқишини оширади, балки ўқувчининг мустақил ўқишини талаб даражасида шакллантиришга, мавзунини имкон даражасида тўла ўзлаштиришга ҳам ёрдам беради.

Молекуляр физика бўлимини ўқитиш самарадорлигини ошириш мақсадида ўқитувчи физика машғулотида ўқувчиларга бўлим бўйича маълумотлар беришда қуйидаги Интернет сайтларидан ҳам фойдаланиши мумкин:

- <http://physics.mipt.ru/\SII> MetodTD)
- <http://lib.mipt.ru/>



- <http://www.ph4s.ru/>
- <http://www.lib.berkeley.edu/node>, молекуляр физика бўлимига оид маълумотлар келтириб ўтилади.

Ҳозирги вақтда жаҳон таълим тизимида масофавий таълимга катта эътибор қаратилган. Республикамизда ушбу тармоқни ташкил қилиш устида бугунги кунда кэнг кўламдаги ишлар амалга оширилмоқда. Масофавий таълимда, физикадан ўқув-методик қўлланмалар яратишда молекуляр физикага оид маълумотлардан фойдаланилса, ўқув материаллари тингловчилар томонидан тез ва осон ўзлаштирилади. Масофавий таълимда физикадан берилаётган маълумотларда гелиотехникага оид мисоллар асосида берилса бу ўқувчиларни фанга бўлган қизиқишини оширади, ўқув материални ўзлаштиришни тезлаштиради, таълим самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Ўқитувчи физика дарсларида молекуляр физикага доир маълумотларни беришда Интернет маълумотларидан фойдаланса, ўқувчилар дарсликда мавжуд билимлардан ташқари мавзу тўғрисида қўшимча маълумотларга эга бўладилар. Шунингдек, ўқитувчи дарс жараёнида мультимедиа орқали суратлар, жадваллар ва шунга ўхшаш мавзуга оид қўшимча маълумотларни кўрсатиб ўтса, бу ўқувчиларнинг нафақат дарсга бўлган қизиқишини оширади, балки ўқувчини мустақил ўқишини талаб даражасида шакллантиришга, мавзуни имкон даражасида тўла ўзлаштиришига ҳам ёрдам беради. Ушбу маълумотлардан ўз ўрнида самарали фойдаланилса физика таълимининг мазмунан такомиллашувини, дарс самарадорлигининг ошишини кўриш мумкин.

Иссиқлик ҳодисаларининг ўзлаштириш жараёни бошланиши ўзлаштириш актларининг, таълим даврийлигининг турли босқичлари, даврийликнинг якунида эса даврнинг ўзи намоён бўлади. Бўлимни ўзлаштириш жараёни бир-бирига боғлиқ бўлган ва бирини тақозо қиладиган даврийлик актлари, мақсад ва воситалари, жараён натижалари ўзаро бирлашиб, ўз навбатида босқичларни ва ниҳоят, бўлим бўйича билимларни ўзлаштириш даврини ташкил қилади. Таълим актлари, таълим босқичларига, таълим босқичлари эса даврни ташкил қилишигача борадиган жараён ўзига хос ҳаракатни ташкил қилади.

Бу ҳаракат бўлим бўйича олинган билимларни натижага эришилганини баҳолашга етгунча бир қатор дидактик даврларни ўтиши лозим, бошқача айтганда, дидактик даврларга риоя қилиниши зарурий шарт бўлиб қолади. Электр ва магнит ҳодисаларига тааллуқли ҳодисаларни ўрганишда бериладиган билимлар асосан бўлим бўйича ахборотларни ўрганиш, уларга ишлов бериш, икки ва ундан кўп тушунчаларни умумлаштириш ҳамда олинган билимлар натижаларини назорат қилиш каби қатор ҳодисалар кетма-кетлиги таъминланади. Кўрсатилган қатор сабабларни таълимий даврийликнинг мезонлари деб қараш мумкин.

Иссиқлик физикаси бўлими мавзуларини ўзлаштириш мақсадларини таҳлил қилиш жамиятнинг таълим олдига қўйган талабларидан тортиб, қўйилган талабнинг қандай амалга оширишигача бўлган ҳодисаларни ўзида қамраб олади. Қўйилган мақсадлар педагогик мақсадлар бўлиб, қуйидаги кўринишларини фарқлаймиз: бўлимни ўзлаштиришнинг умумий мақсади – бу жамиятнинг илғор фикрлаш намояндалари, давлат арбобларининг иқтисодий, сиёсий, ғоявий, маданий қарашларида давлат буюртмаси сифатида шаклланади. Бўлимни ўқитиш мақсадларининг таълимини ташкил этиш, бошқариш, назорат қилиш каби турлари мавжуд. Ўзлаштириш ва ўқитишнинг мақсадлари таълимнинг кейинги субъекти сифатида қараладиган хусусият ҳисобланадиган бўлимни ўқиш фаолиятига тегишлидир.

1. Бўлимни ўқитиш мақсадларининг ўзига тэнг бўлган мақсадлари ҳам ўз навбатида турларга бўлинади: ҳаракатга тэнг кучли мақсадлар, бош мақсадлар, оралиқ мақсадлар. Мазкур мақсадларни дидактик мақсадлар сифатида қараш биринчи мезондир.

2. Физика таълими воситаси таълим даврларини ажратишда роя қилинадиган навбатдаги мезон саналади. Восита кэнг маънода инсон ўзи билан меҳнат предмети ўртасига қўйиб, ўз фаолиятини амалга оширадиган моддий ва номоддий нарсалар. Худди шундай, ўқувчи ўзи билан ўқув материали ўртасига моддий ва номоддий нарсаларни қўйиб, ўз фаолиятини амалга оширади. Физикада моддий воситалар – чизма, жадвал, асбоблар, уларнинг деталлари. Физикада номоддий воситалар сирасига ўрганилган билим, кўникма ва малакалар, ўқувчида шаклландиган ақлий меҳнат усуллари киради.

3. Физика таълими натижалари таълим даврларини ажратишнинг яна бир мезонидир. Таълим натижаси физика таълими жараёнида қўйилган мақсадга таққослаб ўрганилади. Шу йўл билан физика таълими самарадорлигини тушунтириш мумкин. Физика таълимида қўйилган мақсад ва эришилган натижа ўртасидаги тафовутга биноан самарадорликни аниқлаш мумкин. Эришилган натижа қўйилган мақсадга қанча яқин бўлса, физика таълими жараёни шунча самарадор саналади. Физика таълими жараёнида ўқувчилар ўзлаштиришининг уч даражаси ва шу даражаларга мос уч хил натижа фарқ қилинади: 1-даража – кўникмага тэнг натижа; 2-даража – малакага тэнг натижа; 3-даража – тушунчага тэнг натижа.

Физика таълимининг илк даври ўрганилаётган мавзу доирасида ахборот тўплаш билан тавсифланади. Ахборотларни тўплаш йўллари умумлашган ҳолда уч гуруҳга ажратилади. Ахборот тўплашнинг индуктив услуби – табиат, жамият, онгда амал қиладиган нарса-ҳодисаларни ажратиш, уларни атрофлича таҳлил қилиш, асосий белгиларини тушунчаларда умумлаштириш йўли; ахборот тўплашнинг дедуктив услуби – аксиоматик ўқув фанларини, масалан, физика ва математикани ўқитиш

жараёнида дедукция услуби самарали ҳисобланади; ахборот тўплашнинг аналитик ва синтетик йўли – унда мавзуга оид билимлар таҳлил ва қайта қўшиш йўллари билан фаолиятга олиб кирилади.

Физика таълими қуйидаги босқичлардан иборат: ахборот тўплашга тайёргарлик, турли манбалардан ахборотларни қабул қилиш; ахборотларни мустаҳкамлаш; ахборотлар ўзлаштирилишини тестлаш;

Физика таълимининг кейинги даври унинг илк даврида тўпланган ахборотларга ишлов бериш билан тавсифлидир. Ахборотларга ишлов бериш даврида асосан қуйидаги босқичларга риоя қилинади: ахборотларни онгли эсга тушириш; ахборотларни турли ўқув ҳолатларига татбиқ қилиш; мавзу доирасини янги ахборотлар билан кэнгайтириш; физикадан ўқув материални ўзлаштиришни тестлаш.

Физика таълимини навбатдаги даври икки ёки ундан ортиқ мавзу доирасида ўтказилади. Унинг натижаси тушунчага монанд бўлиши зарур. Бу ҳам қатор босқичларга кўра ташкил этилади: икки ёки ундан ортиқ физикавий тушунчанинг умумий хусусиятларини аниқлаш; ажратилган умумий хусусиятларга риоя қилиб, физикавий муаммо, топшириқлар бажарилишидан хулосалар чиқариш; ўқувчилар ўзлаштиришини тестлаш.

Физика таълимининг якунида физикадан олинган билим, кўникма ва малакалар якуний назорат қилинади. Бунда билим, кўникма ва малакаларнинг кемтик жойлари аниқланади, ҳосил қилинган билим, кўникма ва малакалар устида бундан кейин қилинадиган ўқув ишлари қайд этилади.

### **2.3. Физика фанидан ўқувчиларнинг билимини текшириш ва баҳолаш усуллари**

Ўқувчилар билимини текшириш, назорат қилиш ва баҳолаш ўқув-тарбия жараёнининг муҳим ва ажралмас таркибий қисми ҳисобланади. Барча фанлар қатори физика бўйича ҳам ўқувчиларнинг билим даражасини холисона, адолатли, илмий-мантиқий баҳолаш иқтидорли ёшларни танлаш ва рағбатлантириш, касбга йўналтиришда ва бинобарин жамият учун фойдали инсон қилиб тарбиялашда муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Ўқувчилар билим даражасини назорат қилиш ва баҳолашининг асосий шакл ва усуллари ичида оғзаки, ёзма ва амалий текширишлар кўп ишлатилади. Бу баҳолашларни тест усулида ҳам ўтказиш мумкин. У ёки бу усулни танлаш ўқувчилар томонидан назарий-мантиқий билимлар ёки амалий кўникмаларни қабул қилиш даражасини белгилашга қаратилган бўлиб, уни ўқи-тувчи ўқув жараёнининг кечишишига қараб танлаши мумкин.

Ўқувчилар билимларини оғзаки текшириш. Ўқувчиларнинг физика фанини ўзлаштириш даражасини аниқлашда оғзаки сўраш билимларни текширишнинг асосий шакли ҳисобланади. Билимларни оғзаки сўраш

орқали баҳолашнинг ўзига хос устунликлари бор. Биринчидан, оғзаки сўралганда ўқитувчи ва ўқувчи ўртасидаги мулоқот жараёнини жамоа (яъни синф) кузатиб туради ва бу холисоналикни таъминлайди. Иккинчидан, ўқувчилардан ўтилган мавзуларни оғзаки сўраш орқали ўқитувчи бугунги ўтиладиган мавзуга замин тайёрлайди ва таълимда кетма-кетлик ва узвийликни таъминлаш имконияти яратилади. Учунчидан, бу жараён кам вақтни олади ва уни ўқувчи билимига шу жойда баҳо кўйилади. Ва ниҳоят оғзаки сўраш ўқувчиларнинг нукт маданиятини шаклланишида ҳамда ўзаро савол-жавоб мулоқоти кўникмасини пайдо бўлишига олиб келади.

Оғзаки сўрашнинг камчиликлари ҳам мавжуд. Жумладан, синфда ўзлаштириши паст ўқувчи билимини баҳолаш кўп вақтни олиб, янги мавзунини ўтиш учун кам вақт қолишига олиб келади. Бу вазиятдан чиқиш ўқитувчининг касбий маҳорати ва тажрибасига боғлиқ. Бундан ташқари оғзаки баҳолашда физикавий формулаларни билиш даражаси аниқ математик ифодалар орқали ёзилмайди ва тажрибалар амалиётда кўрсатилмайди. Бу камчиликларга қарамадан оғзаки сўраш усули ўқувчилар билимини текширишнинг тезкор усулидир.

Ўқувчилар билимини оғзаки сўрашда фақатгина дарсликда берилган физикавий қонуниятлар ва уларни ифодаловчи формулаларни ёддан билишини текшириш билан қаноатланиб қолинса, ўқувчиларда кўпроқ хотирлаш хислатлари шаклланиб, мантикий фикрлаш ва олинган билимлар асосида янги хулосалар ёки ечимларни таклиф қилиш сўндирилади. Шунинг учун ҳам бу усул билан ўқувчилар билимини баҳолашда табиатдаги ҳодиса ва жараёнларни ўрганилган физик қонуниятлар асосида тушунтирилишига эътибор берилиши керак ва бинобарин шунга мос саволлар бериб борилиши лозим. Масалан, иссиқлик ҳодисалари тўғрисида ўқувчилар билимини баҳолашда, «Нэга қиш пайтида очик ҳавода ётган темир ва ёғочга қўл теккизганимизда икки хил таъсурот пайдо бўлади?», «Нэга иссиқ чойда шакар тезроқ эрийди» каби саволлар билан мурожаат қилиш уларни фикрлашга, табиатдаги ҳодисаларни физик билимлар орқали тушунтириш малакаларини шаклланишига олиб келади.

Ўқувчилар билимларини ёзма текшириш. Ўқувчилар билимини ёзма текшириш улар билан ишлашнинг индивидуал турларига киради ва бу усулда назарий саволлар билан бирга физикавий масалаларни ечишда математик ҳисоблашлар ва графиклардан фойдаланиш, Амалий топшириқларни ҳам саволлар таркибига киритиш мумкин бўлади. Уни баҳолаш жараёнини ўқитувчи синфдан ташқари вақтда бажариши дарс вақтларини тежаш имкониятини беради. Ўқувчилар билимини баҳолашнинг оғзаки усули жамоавий иш тартибинини ўрнатса, ёзма усул эса индивидуалликни келтириб чиқаради. Шунинг учун ўқитувчи ёзма иш таҳлилини ўтказиб, ҳар бир ўқувчининг ютуқ ва камчиликларини кўрсатиб бериши лозим.

Ёзма ишлар таркибига кирувчи назарий саволар, масалалар ечиш ёки Амалий топшириқларни бажариш ҳамда уларни баҳолаш мезонларини ҳар бир ўқувчининг билиши холисоналик, адолатлиликни ва демократик тамойилларни барқарорлигини таъминлайди ва ўқувчиларни ўқитувчи шахсига нисбатан ҳурмат-эътибори ортади.

Ўқувчилар билимларини амалий текшириш. Ўқувчилар билимини амалий текширишда физикадан тажрибаларни демонстрация(намойиш) қилиш, физикавий қонуниятларни математик графиклар асосида ифодалаш ва топиш, маълум бир лаборатория ишларини бажариш киради. Ўқувчилар билимини Амалий текширишда физикавий тажрибаларни намойиш этадиган асбо-ускуналар ёки механизмлар ясашни топшириш ва уни ишлашини баҳолаш ҳам муҳим роль ўйнайди.

Ўқитувчининг ўқувчилар томонидан фронтал лаборатория ишлари ёки физикавий амалиёт(тажриба, кузатув ва ҳ.к.)ларни бажараётган вақтда кузатиб бориши амалий текширишнинг кэнг тарқалган шаклидир. Бу жараёни баҳолашда нафақат топшириқни яхши бажарилиши, балки уни ўрнатилган тартибда натижаларини ҳисобот шаклида ёзиб, таҳлил қилаолиши, унинг аниқлик даражаси ва ўрганилаётган физик катталикларга таъсир қилувчи сабабларнинг кўрсатилиши ҳамда назарий билимлар билан тушунтирилиши эътиборга олиниши лозим.

Ўқувчилар билимини амалий текшириш кўп вақтни талаб қилгани туфайли бу текшириш усулини оғзаки сўраш усули билан биргаликда олиб бориш ҳам яхши самарадорликка замин бўлади.

Физикадан ўқувчилар билимини текшириш.

Ўқувчилар билимини назорат қилиш ўқув жараёнининг муҳим қисми ҳисобланади, унинг тизимли ва режали олиб борилиши ўқитиш сифатини ошишига ёрдам беради. Билимни текширишнинг турли шакл ва методлари мавжуд. Масалан, турли миқдордаги ўқувчилар контингентини қамраб олиш учун текширишнинг индивидуал, гуруҳ, синф ва оммавий шакллари танланиши мумкин. Охириги текшириш шаклидан одатда халқ таълими органлари турли даражада таълим стандартлари асосида билим сифатини аниқлашда ишлатилади. Ўқитувчи учун оммавий текшириш натижалари ўқувчиларнинг эришган ютуқларини аниқлашда «ориентир» бўлиб хизмат қилади.

Ўқувчилар билимини назорат қилишнинг асосий кўриниши жорий-кундалик (текущая проверка) назорат ҳисобланади. Кундалик назоратнинг турли методлари ўқувчилар ютуқларини тўлақонли баҳолаш, ўқитиш жараёнини ўз вақтида тузатиб бориш (корректировать) имкониятини беради. Мактаб миқёсида ўқувчилар билимини назорат қилиш сифатида одатда мавзу чораклик, ярим йиллик ва йиллик ёки мактаб курси тугалланишида якуний текшириш ишлатилади. Битирув имтиҳонлари ҳам якуний текширишга киради.

Ҳар қандай назорат ўқитишда ўқувчиларнинг аниқ мавзу (бўлим ёки курс) бўйича режалаштирилган билим ва малакаларни олишни текширишга, ҳамда бу билим ва малакаларни ўзлаштириш даражасини аниқлашга қаратилган бўлиши керак. Масалан Россия Федерацияси мактаб таълими тизими методикасида материалларни ўрганишни ўзлаштиришнинг тўртта даражаси қабул қилинган:

- такрорлаб айтиб бериш даражаси (I);
- намуна бўйича қўллаш даражаси (II);
- ўзгартирилган вазият бўйича қўллаш даражаси(III);
- ижодий даража, яъни номаълум ҳодисани тушунтириш ёки масалани ечиш учун янги алгоритм тузиш талаб этилса (IV).

I даража қабул қилинган дастур доирасида талаб қилдинадиган алоҳида билимлар ва кўникмаларни тўғридан тўғри ёддан(хотирада сақлашни) эслаб қолишни назарда тутати. Унинг бажарилиши асосан хотирага таянади. Ўқувчиларнинг бу даражадаги ютуқлари куйидагиларни:

- 1) физикавий ҳодисаларни оғзаки ёки ёзма баён эта олиш;
- 2) физика тарихининг алоҳида фактларини билиш;
- 3) асбобларнинг номланиши ва уларни қўлланиш соҳаларини билиш;
- 4) физикавий катталикларнинг ҳарфий ифодаланишини билиш;
- 5) асбобларнинг шартли белгиланишлари, уларни тасвирлаш, схема

ва чизмаларда танишни билиш.

II даража:

- 1) ўрганиладиган ҳодиса асосида қандай назария ётганлигини билиш;
- 2) физикавий қонунларни таърифланиши, уларни математик ёзилишини билиш ва тушуниш;
- 3) физикавий катталикларни билиш ва тушуниш;
- 4) физикавий катталиклар ўлчов бирликларини, уларни таърифларини билиш);
- 5) асбобларни ишлаш принципини тушуниш, бўлакларни қийматини аниқлаш, ўлчаш чегараси ва кўрсаткичларни ёзиб олишни билиш.

III даража ўқитишнинг якуний мақсадини белгилайди:

- 1) баъзи хусусий ҳодисаларни тушунтириш учун назарияни қўллаш билиш;
- 2) бир хил ҳодисалар гуруҳини характерловчи турли белгили ўзаро боғлиқликни тушуниш ;
- 3) физикавий катталиклар орасидаги ўзаро боғлиқликни график равишда тасвирлашни билиш, бундай боғлиқликнинг характерини аниқлаш;
- 4) экспериментларни жавобларини кузатиб бориш, бунга зарур бўлган асбобларни танлашни билиш ;
- 5) маълум формулалардан фойдаланиб, ҳисоблашларни бажаришни билиш;

6) физиканинг алоҳида бўлимларини тарихий ривожланиши тўғрисида тасаввурга эга бўлиш ;

7) ақлий фаолиятнинг «техник қоидаларини» шакллантириш: китобни ўқий билиш, керакли маълумотларни топиш, жавоб режасини тузиш ва шунга ўхшашлар.

### **Билимларни оғзаки текшириш фронтал сўраш**

Фронтал текширишда билимнинг ҳар бир элементини кетма-кет I-III даражаларда текшириш мақсадга мувофиқ. Ҳар бир савол қуйидаги стадиялардан ўтиши лозим:

- 1) билиш ёки билмасликни фактини ўзини текшириш;
- 2) тушунишни текшириш;
- 3) тушунмаслик сабаларини аниқлаш;
- 4) тушунмаслик сабаларини бартараф этиш;
- 5) саволдаги масаланинг амалий қўлланилиши (агар бу мумкин бўлса).

Фронтал текширишларни ўтказиш мумкин:

- янги материални ўрганишдан олдин (уй ишини текшириш ёки уй иши вазифасига бериш);

- янги материални ўрганишдан кейинги биринчи мустаҳкамлаш жараёнида;

- амалий ишларни бажаришдан олдин бажариш тартибларини аниқлаштиришда.

Фронтал сўрашда аралаш, занжирли (кетма-кет ўтирган ўқувчиларга навбатма навбат савол бериш) ёки синфни 2-3 командага бўлиб, мусобақа элементларидан фойдаланиш мумкин. Тўғри ёки нотўғри жавобларни ўқитувчи ёки махсус танланган ўқувчилар ҳисобга олишлари мумкин.

Ўқувчига баҳо уч ёки бешта жавоблар асосида қўйилади. Ўқувчиларнинг жавобларини баҳолашда уларнинг психологик индивидуал ўзига хосликларини эътиборга олиш лозим бўлади.

### **Индивидуал сўраш**

Индивидуал текшириш жавобни мазмунига қараб унинг тўғрилигини аниқлаш имконини беради: жавобнинг кетма-кетлиги, тўлиқлиги ва чуқурлиги, мустақил фикрлаш, ўқувчини тафаккурининг ривожланиш даражаси, нутқ маданияти ва ҳ.к.

Ўқув материални ўқувчи исботлар, хулосалар, математик ифодалар, схемалар, физик ҳодисаларнинг таҳлили, экспериментларни қўйилиш масалаларини ўз ичига олган ҳикоя тарикасида баён қилишлари керак. Саволларнинг берилиши ўқув материалининг ўзлаштириш даражаси ва ўқувчиларнинг ёш хусусиятлари: уларнинг ўсишига қараб дедкция элементларидан индукция элементларини эътиборга олиб ўзгартириб борилади.

Индивидуал оғзаки сўрашни ўтказишдаги асосий талаблар:

1. Саволнинг қўйилиши (савол икки марта такороланда: биринчи марта синф учун, иккинчиси-сўраладиган ўқувчи учун).

2. Жавобга тайёргарлик: ўқувчига жавобга тайёрланиш учун (3-5 минут) вақт ажратилади. Жавоб беришда ўқувчининг режаси ёки базавий (опорным) конспектидан фойдаланиш мумкин.

3. Жавобни ўқитувчи ва синф томонидан эшитилиши. Ўқитувчи синфга «жавобни эшитишга кўрсатма» беради, жавобни диққат билан эшитиш ва

- (замечание) ва тўлдириш,
- тақриз бериш,
- исботларни ишончлиги, мисолларни мантиқийлиги тўғрисида фикр билдири,
- баҳолаш ва уни асослаш,
- жавоб режаси тўғрисида гапириш(фикр билдириш),
- аниқ қоидаларни тушунишга йўналтирилган саволлар бериш,
- нутқ маданиятини баҳолаш ва ҳ.к.

4. Жавобни синф ёки ўқитувчи билан муҳокама қилиш.

5. Баҳо қўйиш.

Ўқувчилардан индивидиал сўрашда аниқ вақт регламентини ўрнатиш, уни бажарилишини соат ёрдамида назорат қилиш, саволларга мусобақа элентларини киритиш яхши самара беради.

Индивидуал сўрашнинг бошқа йўлари ҳам мавжуд:

- секин сўраш, бу жараёнда ўқувчи фақат ўқитувчига жавоб беради, бутун синф эса, мисол учун, ёзма иш вазифасини бажаради;
- жавобни ёзиб олиш орқали сўраш, ўқувчини жавоби магнитофонга ёзиб олинади ва дарсдан кейин ўқитувчи эшитиб кўради ва баҳолайди;
- ўқувчиларнинг бир-бирларидан сўрашлари(бу асосан кичик гуруҳлар шакллантирилганда амалга оширилади).

### **Билимларни ёзма текшириш**

Физика диктантида ўқитувчи томонидан ўқиб бериладиган саволлар тўплами (мажмуи)га ўқувчилар томонидан бирданига жавоб ёзилади. Физика диктантига қўйидаги материаллар киритилиши тавсия этилади:

- физикавий катталикларнинг ҳарфий белгиланишлари, ўлчов бирликларининг номланиши;
- физик катталикларнинг ифодаланиши, уларнинг ўлчов бирликлари ва улар орасидаги боғлиқликлар;
- физикавий қонунларнинг таърифланиши, физик катталиклар орасидаги математик боғлиқликлар;
- физикавий катталиклар орасидаги график боғлиқликлар;
- асбобларни белгиланиши ва улар билан ишлаш қоидалари.

Саволларни бериш кетма-кетлиги физикавий катталиклар, ходисалар, формулалар ва бошқа жавоблар режасини эътиборга олиб танлаш тавсия этилади. Масалан, формулаларни билиши текшириш учун қўйидагича саволлар кетма-кетлиги тавсия этилади:



1) формулаларнинг математик кўриниши ва ҳар бир катталикларни тушунтириш;

2) формулага кирувчи пропорционаллик коэффициентининг физикавий маъноси;

3) формулага кирувчи катталиклар орасидаги боғлиқлик;

4) формулага кирувчи катталиклар орасидаги график кўриниш(тасвир).

Физикавий диктант ўтказиш методикаси қуйидагиларни ўз ичига олади: 1) ўқитувчи тайёргарлигини; 2) диктантни ўтказишни (саволларни ўқитувчи ўқийди ёки олдиндан магнитофонга ёзиб олади. Магнитофондаги ёзув икки вариантда аёл ва эркак киши овози билан ёзилиши мақсадга мувофиқ); 3) ишни текшириш (ўқитувчи томонидан текширилади, текширишга ўқувчиларни жалб этиш, жуфт бўлиб ўзаро текшириш); 4) натижалар таҳлили; 5) бўш жойларни йўқотиш.

### **Назорат (муस्ताқил) ишлар**

Назорат (муस्ताқил) ишларининг мазмунини матнли (аналитик ва график) ва экспериментал топшириқлар ташкил қилади. Мавзуга оид назорат ишлари дастур талабларига мувофиқ дарслик мазмуни, вазифанинг муқобиллиги ва ўқувчининг давлат стандарти талабидан паст бўлмаган тайёргарлик даражасини эътиборга олиб тузилади. Назорат ишларини ўтказишдан олдин ўқувчиларга топшириқларнинг асосий турлари ва баҳолаш нормалари эълон қилинади.

Назорат (муस्ताқил) ишлари вариантларини тайёрлашнинг турли йўллари мавжуд. Масалан: 1) бир хил қийинликдаги 2-4 вариантлар;

2) маълум баҳо учун вариант (ўқувчиларга бир вақтнинг ўзида 3 та матнли назорат иши таклиф қилинади, ҳар бирининг тўлиқ ва тўғри ечимига маълум баҳолар белгиланади: «3», «4» ёки «5». Ўқувчи иш даражасини танлаш ҳуқуқига эга);

3) «даражали назорат ишлари» (бу ҳолда ўқувчига топшириқ 2 қисмга бўлинган вариант, улар кўринадиган горизонтал чизик билан ажратилади. Чизик устидаги биринчи қисмни бажарилиши «3» баҳо қўйилишини кафолатлайди. Юқори баҳолар олиш учун эса чизик устидаги барча топшириқларни ва қисман ёки тўлиқ чизик остидаги топшириқларни бажариш лозим бўлади);

4) «баллар бўйича» назорат ишлари (ўқувчиларга маълум бир баҳоларни олиш учун одатдагидан кўп топшириқ ёзилган вариант таклиф қилинади. Ҳар бир топшириқ баллар билан ифодаланадиган маълум бир салмоқга эга. Мисол учун, 3 та топшириқ 1 балдан, 2 та топшириқ 2 балдан ва 1 та топшириқ 3 балдан. Қониқарли баҳо олиш учун ўқувчи 1 баллик 3 та оддий топшириқни ечиши, яхши ёки аъло баҳо олиш учун эса у қийинроқ топшириқларни танлаши лозим бўлади);

5) топшириқ мазмуни бир неча саволлардан иборат назорат иши (бу ҳолда қониқарли баҳо олиш учун фақат биринчи энг оддий саволларга

жавоб бериш кифоя. Кейинги саволларга жавоб бериш эса юқори баҳолар кўйилишини таъминлайди).

### **Уй назорат ишлари**

Уй назорат ишлари учун қуйидаги топшириқларни таклиф қилиш мумкин: -экспериментал топшириқлар; -формулаларни отработка қилиш топшириқлари (масалан, резисторларни улашнинг мумкин бўлган усуллари топиш ва электр занжирини ҳисоблаш);

- бир нечта усуллар билан ечими талаб этиладиган топшириқлар;
- адабий асарда вазият кўриладиган топшириқ;
- турли мавзулар материалларини фойдаланишни талаб этадиган умумлаштрувчи характердаги топшириқ;
- физикавий модели ва катталиклари очик кўринишда берилмайдиган баҳолаш топшириқлари.

### **Билимларни тестли текшириш**

Иншо ва рефератлар ўқув материални такрорлаш ва умумлаштиришда, олинган билимларни онгли ўзлаштирилганлик даражасини ва атроф ҳаётимиздаги физик ҳодисалар ва қонуниятларга мисоллар кўрсата олишни текширишда фойдаланилади.

Иншони 7-9 синфларда ёзиш мақсадга мувофиқ бўлади. тахминий мавзулар: «Ишқаланиш йўқолди», «Сув молекуласининг саргузаштлари», «Электроннинг саёҳати», «Аτροφимиздаги иссиқлик (ёруғлик, товуш ва бошқа) ҳодисалари», «Нима бўлади, агар...?» ва ҳ.к.

Рефератлар билимларни текширишнинг ёзма шакли бўлиб. Одатда юқори синф ўқувчилари учун қўлланилади.

Билимларни тест усулида текшириш ўқув материалнинг исталган босқичларида ўтказилиши мумкин.

### **Физикадан ўқувчилар билимини баҳолаш бўйича кўрсатмалар**

Физикани ўқитиш жараёни ҳам худди бошқа фанлар қатори ўқувчилар билимини индивидуал-мавзуй текширишни тақозо этади. Ўқувчилар томонидан ўқув материални ўзлаштиришини баҳолашнинг учта асосий элементлари мавжуд: назарий билимлар, уларни типовой вазифа(масала) ва машқларни ечишда қўллай билиш ва экспериментал кўникма.

Ўқувчилар билимини назорат-баҳолаш фаолиятида физика ўқитувчилари кўпинча иккита система(тизим)дан фойдаланадилар.

1. Анъанавий тизим. Бу ҳолда ўқувчи мавзу бўйича баҳо олиши керак:

- мавзу материали бўйича оғзаки жавоб ёки бошқа шаклдаги назорат учун;
- масалалар ечиш бўйича назорат иши учун;
- лаборатория иши учун (агар ўқув дастурига киритилган бўлса).

Яқуний баҳо(чораклик, ярим йиллик ва йиллик) юқорида таъкидланган баҳоларнинг ўрта арифметик қиймати асосида қўйилади.

2. Рейтинг-тест тизими. Бугунги кунда энг кэнг тарқалган баҳолаш тизимларидан бўлиб, ўқувчиларнинг билимлари баллар йиғиндиси сифатида ифодаланади. Рейтинг тизими алоҳида мавзу, бўлим ёки курс тугаганда ўтказилиши мумкин ва бу тизим ҳам назоратнинг уч элементини ўз ичига олади: назарий билимларни текшириш саволлари, типовой масала(топшириқ)лар ва экспериментал топшириқ (вазифа)лар.

Якуний баҳолар чораклик, ярим йиллик ва йиллик якунларига биноан барча баҳоларнинг ўртача арифметик қиймати ҳисобидан қўйилади. Оралик баҳолашлар якуний баҳоларни кўтаришда қўлланилади.

Ўқув дастурида белгиланган ўқувчиларнинг амалий ишлари мавзуларни ўрганишнинг турли босқичлари ҳар хил шаклларда ўтказилиши мумкин.

Физика ўқитишда тестларнинг қўлланилиши ва шакллари

Ҳозирги вақтда ўқувчилар билими баҳолаш ва ўқитувчиларни аттестация қилишнинг энг объектив шаклларида бири тест ўтказиш тизими ҳисобланади. 1. Ёпиқ шакли: а) битта тўғри жавобни танлаш йўли билан (иккита, учта, тўртта ва ҳ.к.); б) бир нечта тўғри жавобларни танлаш йўли билан. 2. Очiq шакли (жавоб тегишли жойга ёзилади).

3. Бир тўплам элементларини бошқасига мослиги қоидасини ўрнатиш.

4. Кетма-кет иш бажариш қоидасини ўрнатиш.

### **Тест топшириқларининг турли шаклларига мисоллар**

I. Битта тўғри жавобни танлашнинг ёпиқ шакли. Тўғри жавоб 1 балл билан баҳоланади. Топшириқ. Тўғри жавобни доира ичига олинг.

Спиртли термометрнинг ишлаши асосида қандай физик ҳодиса ётади?

1. Қизитганда суюқликнинг кэнгайиши.
2. Қизитганда суюқликнинг буғланиб кетиши.
3. Қизитганда нурланиш.
4. Қизитганда суюқликдаги конвекция.

Вариантлардаги жавоблар сони қанча кўп бўлса, тўғри жавобни топиш эҳтимолияти шунча камаяди (Масалан, жавоблар сони 4 та бўлса, тўғри жавобни топиш эҳтимолияти 25% га тэнг бўлади.)

Бир неча тўғри жавобни танлашнинг ёпиқ шакли.

Топшириқ. Барча тўғри жавобларни доира ичига олинг.

Физик катталикларга киради:

- |          |              |           |
|----------|--------------|-----------|
| 1. Куч.  | 3. Босим.    | 5. Масса. |
| 2. Метр. | 4. Диффузия. | 6. Ҳажм.  |

Бу ҳолда ҳар бир тўғри жавоб учун бир балдан қўйиш мумкин. Масалан, келтирилган топшириқдаги тўлиқ жавоблар учун 4 балла қўйилади.

II. Очiq шакли. Бундай шаклдаги топшириқларни тузганда барча фикрлар имконият даражасида қисқа, текширилувчи шунча кам сўз ёзиши, қўшиладиган(тўлдириладиган) сўз эса топшириқнинг охирида қўйилиши лозим.

III. Мослигини ўрнатишга доир вазифаларда бир устундаги ҳар бир элементга мос келадиган бошқа устундаги элементни топиш зарур.

VI. Кетма-кет иш бажарилиш топшириғини турли ишларни бажариш алгоритмларини текширишда қўллаш мумкин. Физика учун бу ақлий ишлар занжири бўлиши мумкин.

Топширик. Тўғри бурчакларда рақамларни қўйиш билан кетма-кет тўғри иш бажарилишини кўрсатинг.

Динамика бўйича масала ечиш:

- санок системасини танлаш.
- Ньютоннинг иккинчи қонунини ёзиш.
- Ньютоннинг иккинчи қонунини скаляр шаклда ёзиш.
- Тэнгламалар системасини ечиш.
- Жисмга таъсир этувчи кучни график равишда тасвирлаш.
- Ҳисоботни таҳлил қилиш.
- Тэнгламалар системасини олиш.
- Схематик расм яшаш.

**1. Занжирли топширикда кейинги топширикдаги тўғри жавоб олдинги топширикдаги жавобга боғлиқ бўлади.**

Масалан: Агар заррачада:

- 1) электронлар сони протонлар сонига тэнг бўлса,
- 2) электронлар сони протонлар сонидан кам бўлса,
- 3) электронлар сони протонлар сонидан кўп бўлса, заррача:  
а) манфий ион; б) мусбат ион; в) нейтрал бўлади.

Берилган температурада модда молекуласининг ўртача кинетик энергияси:

- 1) ўзгармайди,      2) ўзгаради.
2. Қизитганда суюқликдан учиб чиқади:  
1) энг секин молекулалар, 2) энг тез молекулалар,  
3) тезлигидан қатъий назар ҳар қандай молекулалар.
3. Бўғланишда суюқлик молекуласининг ўртача кинетик энергияси:  
1) ошади, 2) ўзгармай қолади, 3) камаяди.
4. Суюқлик буғланганда:  
1) совийди, 2) исийди,  
3) доимий температурага эга бўлади.
5. Суюқлик совутилганда унинг буғланиш интенсивлиги:  
1) ўзгармайди, 2) ошади, 3) камаяди.

Юқоридагиларга ухшаш физика ўқитишда тест топшириқларининг турлича вариантлари ишлатилиши мумкин.

**Физика курсининг молекуляр физика бўлими мавзуларини ўқитишда дарсларда бериладиган маърузалардан намуналар**

**2.4.1. Мавзу: Кириш. “Молекуляр физика” фанининг предмети, вазифаси ва манбалари. Молекуляр физика фани. Фаннинг**

**вазифаси, фаннинг физиканинг бошқа махсус курслари билан боғлиқлиги. Фанни ўрганишдаги муаммолар, услубий кўрсатмалар. Электрон дарслик ва мультимедиялардан фойдаланиш. Интернет тизимидаги манбалардан фойдаланиш.**

**Режа**

**1. Молекуляр физика фани. Фаннинг вазифаси, фаннинг физиканинг бошқа махсус курслари билан боғлиқлиги.**

**2. Фанни ўрганишдаги муаммолар, услубий кўрсатмалар. Электрон дарслик ва мультимедиялардан фойдаланиш. Интернет тизимидаги манбалардан фойдаланиш.**

Сиз физика фанининг илк курси механика ва бошқа бўимлари билан танишганингизда, жисмларнинг ҳаракат қонуниятларини ўрганишда улар бир бутун, яхлит жисм деб қаралади. Аммо қиздирилган қаттиқ жисмларнинг ҳажмларининг ортиши, қиздирилиш давом еттирилса суюқ ҳолатга ўтиши, шунингдек, суюқликларнинг қиздирилганда буғ ҳолатга ўтиши ҳар қандай қаттиқ ва суюқ модда кичик кўзга кўринмас зарралар – молекулалардан ташкил топганлиги ҳақидаги фикрга олиб келади. Барча агрегат ҳолатдаги (қаттиқ, суюқ, газ) моддалар ана шу молекулалардан ташкил топган. Қаттиқ моддаларнинг суюқлик ва газ ҳолатга ўтиши, газларнинг ҳам суюқ, қаттиқ ҳолатга ўтиши, суюқликларнинг қаттиқ ёки газ ҳолатга ўтиши бу фикрни тасдиқлайди. Модданинг барча химиявий хоссаларини ўзида мужассамлаштирган энг кичик заррасига унинг молекуласи дейилади.

Моддани ташкил этувчи кўп сондаги зарралар – молекулаларнинг ҳаракати билан боғлиқ хоссалари, модданинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиши каби жараёнлар ва уларнинг қонуниятини ўрганиш билан молекуляр физика фани шуғулланади.

Модданинг молекуляр тузилиши ҳақидаги тасаввур жуда қадим замонлардаёқ пайдо бўлган. Аммо бу тасаввурлар илмий асосланмаган ва тажрибада исботланмаган тасаввурлар еди.

XVIII аср охирлари ва XIX аср бошларида Бойл, Мариотт, Гей-Люссак, Далтон, Авогадро томонидан экспериментал равишда очилган газ қонунлари модда тузилишининг молекуляр назариясига қўшилган улкан ҳисса бўлди.

Айниқса, XIX асрнинг иккинчи ярмига келиб Жоул, Клаузиус, Максвелл, Болцман, Гиббс каби олимларнинг қўшган ҳиссаси билан молекуляр-кинетик назариянинг асосий қонуниятлари ҳозирги замон кўринишини олди.

Молекуляр ҳаракатларнинг мавжуд эканлигини исботлашда инглиз ботаниги Броуннинг тажрибаси ҳозир ҳам ўз аҳамиятини йўқотгани йўқ. Броун ҳаракатини температурага боғлиқ равишда ўрганиш молекуляр

ҳаракатларнинг бевосита температурага боғлиқ эканлигини кўрсатди. Температура ортганда Броун ҳаракати тезлашади, температура пасайганда еса аксинча, секинлашади. Бундан температура молекуляр ҳаракат тезлигига боғлиқ эканлиги исботланди.

Ҳаракатнинг молекуляр формаси мавжуд эканлигини исботловчи яна муҳим ҳодисалардан бири диффузия ҳодисасидир. Диффузия ҳодисаси модданинг ҳар қандай агрегат ҳолатида рўй берса ҳам, қаттиқ ҳолатдаги жисмларда энг секин, суюқликларда унга нисбатан тезроқ, газ ҳолда еса тез рўй беради. Диффузия тезлиги ҳам модда температурасига боғлиқ.

Шундай қилиб, ҳаракатнинг молекуляр формаси модда агрегат ҳолатининг ҳар қандай тури учун ҳам ўринли бўлиб, газ ҳолатда у тартибсиз хаотик ҳаракатдан, қаттиқ жисмларда кристалл панжара тугунида мувозанат ҳолат атрофида тебранма ҳаракатдан, суюқликларда еса қаттиқ жисмлардагидек мувозанат ҳолат атрофида тебранма ва айланма ҳамда бир мувозанат ҳолатдан иккинчи мувозанат ҳолатга сакраб ўтиш каби ҳаракат турларидан иборат.

Молекуляр физика фанининг амалий аҳамияти ҳам жуда муҳимдир. Иссиқлик энергиясининг бевосита механик энергиясига айлантирилиши инсон ақли заковатининг молекуляр физика фани доирасидаги энг буюк кашфиётларидан ҳисобланади. Кейинги йилларда жуда мураккаб молекуляр системаларнинг иш фаолиятларини моделлаштиришларда электрон ҳисоблаш машиналарининг (ЕҲМ) қўлланилиши илмий-техника инқилоби босқичида катта воқеликка айланди.

Шундай қилиб, молекуляр физика умумий физика курсининг муҳим ва асосий бўлимидан бири ҳисобланади.

Табиатдаги барча моддалар юздан ортик химиявий элементлардан ташкил топган. Элементнинг барча хоссасини ўзида мужассамлаштирган энг кичик заррачасига атом дейилади. Ҳозирги вақтда, маълумки, атомнинг ўзи ҳам элементар зарралар - ядродаги протон ва нейтронлар ҳамда улар атрофида маълум орбиталар бўйлаб ҳаракатланувчи электронлардан ташкил топган. Аммо, бу зарралар элементнинг характерли хоссаларига эга бўлмасдан, турли хил элементларнинг протон, нейтрон ва электронлари ўз сифатлари билан бир-биридан фарқ қилмайди. Турли хил атомларда уларнинг сони турлича бўлганлиги туфайли уларнинг хоссалари бир-бирларидан кескин фарқ қилади.

Энг содда элемент бу водород атомидир. Водород атомининг ядроси битта протон ва унинг атрофида маълум орбита бўйлаб ҳаракатланувчи битта электрондан иборат (1-расм).

Ҳамма химиявий элементлардаги мусбат зарядлар - протонлар сони, манфий зарядлар - электронлар сонига тэнг бўлиб, уларнинг миқдори шу элементнинг даврий системадаги эгаллаган тартиб рақами билан аниқланади.

Бу зарралар массага эга. Электроннинг массаси  $m_e=9.11 \cdot 10^{-31}$  кг ва заряди  $e=1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Протоннинг массаси еса электроннинг массасидан 1836 марта катта, яъни  $m_p=1836 \cdot m_e= 1.66 \cdot 10^{-27}$  кг заряди электроннинг зарядига тэнг.

Атомда бор бўлган нейтронлар сони шу элементнинг масса сонидан даврий системада эгаллаган тартибининг айирмасига тэнг. Масалан: кислород атомининг масса сони 16 га тэнг. Унинг даврий системадаги тартиб номери еса 8. Демак, кислород атомида 8 та протон ва  $16-8=8$  та нейтрон бор экан.

Молекуляр физикада атом масса сонини нисбий бирликларда ўлчаш қабул қилинган. Атомнинг бирлик массаси қилиб, масса сони ўн иккига тэнг бўлган углерод изотопи массасининг ўн иккидан бир улуши қабул қилинган. Углерод ўн икки изотопи атомининг массаси  $m_u=19.92 \cdot 10^{-27}$  кг. Унинг ўн иккидан бир улуши еса  $m=1.66 \cdot 10^{-27}$  кг. Бошқа барча элементларнинг масса сони ана шу бирликларда ўлчанади. Масалан: фтор атомининг массаси углерод атоми массасининг ўн иккидан бир улушидан ўн тўққиз марта катта экан. Нисбий бирликларда  $m_F=19$ . Абсолют бирликларда эса

$$m_F = 19 \cdot \frac{1}{12} \cdot 19,92 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 31,54 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Шундай қилиб, барча химиявий элементларнинг атом массалари абсолют бирликларда  $10^{-27}$ - $10^{-25}$  кг, нисбий бирликларда еса 1-300 ораликда бўлар экан.

Табиатда кўпгина моддалар атом ҳолда емас, молекула ҳолида учрайди. Модда молекуласи бир, икки ёки ундан ортиқ сондаги атомлардан ва шунингдек, бир хил атомлардан ёки бир неча хил атомлардан ташкил топган бўлиши мумкин. Масалан, кислород гази молекуласи  $O_2$  иккита кислород атомидан иборат. Сув молекуласи ( $H_2O$ ) учта атом - битта кислород ва иккита водород, сульфат кислота молекуласи еса уч хил атомлардан ташкил топган бўлиб, унинг молекуласидаги ( $H_2SO_4$ ) атомлар сони йеттитага тэнг. Юқори бирикмали моддаларда (полимерларда) молекуладаги атомлар сони ҳатто бир неча мингдан иборат бўлиши мумкин. Хўш, шундай экан, молекуланинг ўзи нима? У қандай тузилган? Молекула сўзи латинча - “молекула” сўзидан олинган бўлиб, шу модданинг асосий ва ўзига хос характерли хоссаларини ўзида акс еттирувчи энг кичик заррачасидир. Молекула сўзини фанга биринчи бўлиб, 1658 йилда француз олими П.Гассенди киритган. Унинг ҳақиқатан ҳам мавжуд эканлигини тажрибада (1906 йилда Францияда) Ж.Перрен исботлади.

Молекулага берилган таърифни куйидаги ҳаётий мисолларда тушунтириш мумкин. Модда қандай агрэгат ҳолатида бўлишидан қатъий назар уни майда бўлақларга бўлиш мумкин. Масалан, бир бўлақ ош тузини

майда бўлақларга бўлсак, у бўлақларда ҳам ош тузи хоссаси намоён бўлади. Бу майда бўлақларни ҳам ундан ҳам кичик бўлақларга бўлиш мумкин. Бўлинишни яна давом еттираверсак, ош тузининг хоссалари сақланиб қоладими? Унинг хоссалари молекуляр бўлақларга бўлингунча сақланиб қолади. Ош тузи молекуласи натрий (Na) ва хлор (Cl) атомларидан ташкил топган бўлиб, унинг хоссаси молекуланинг парчаланиши бошлангунча сақланиб қолади. Ҳар бир модда молекуласи ўзига хос хоссаларга эга бўлиб, атомларнинг бирикиб молекула ташкил қилиши асосан икки хил боғланиш ионли ва ковалент боғланиш асосида ҳосил бўлади. Бу боғланишларнинг ҳосил бўлиш механизми билан танишиб чиқамиз. Атомдаги электронлар ядро атрофида маълум қобқли орбиталар бўйича ҳаракатланиб, қобқдаги электронлар сони маълум тартибга бўйсунди. Масалан: биринчи қобқда иккита, иккинчи қобқда саккизта, учинчи қобқда ҳам саккизта, тўртинчи қобқда еса ўн саккизта ва ҳ.к., яъни даврий системадаги ҳар бир даврда жойлашган элементлар сони билан аниқланади. Атомларнинг молекулага бирикишида ташқи қобқдаги электронлар асосий ролни ўйнайди. Бу электронларга валент электронлар дейилади. Даврий системадаги бир хил группа элементларнинг ташқи валент электронларининг сони ўзаро тэнг. Масалан: биринчи группадаги водород, литий, натрий, калий ва ҳ.к. каби элементларнинг ташқи қобқда биттадан валент электронлари мавжуд бўлса, еттинчи группадаги фтор, хлор, бром каби элементларнинг еттитадан валент электронлари бор. Атомдаги умумий электронлар сони атомнинг даврий системадаги тартиб рақамига тэнг бўлиб, ташқи валент электронлар сони группа тартиби билан аниқланади. Саккизинчи группадаги элементларнинг ташқи қобқда валент электронлар билан тўлган бўлиб, энг турғун атомларни ташкил етади. Бу элемент атомлари инертдир. Шунинг учун ҳам улар кўпинча инерт газлар деб айтилади. Буларга гелий, неон, аргон, криптон, ксенонлар киради. Ионли ва ковалент боғланиш асосида молекула ҳосил бўлишида ташқи валент электронлар асосий ролни ўйнайди.

а) Ионли боғланиш. Ионли боғланиш асосида молекула ҳосил бўлишини ош тузи ( $NaCl$ ) мисолида кўриб ўтайлик. Натрий атомининг ташқи орбитасида битта валент электрони бор. Агар шу электронни бошқа бир атомга берса, унинг атоми инерт элементлар атоми каби турғун атомга айланади. Хлор атомининг ташқи орбитасида йеттита электрон бўлиб, бошқа элемент атомидан саккизинчи электронни олса, у ҳам турғун атомга айланади. Шундай қилиб, натрий атоми ташқи электронни хлор атомига бериб мусбат ионга ( $Na^+$ ), хлор атоми еса у электронни қабул қилиб олиб, манфий ионга ( $Cl^-$ ) айланади. Мусбат ва манфий зарядланган ионлар ўзаро электростатик тортишади ва натижада турғун ош тузи молекуласи ҳосил бўлади. Бундай боғланиш асосида ҳосил бўлган молекуладаги ионларнинг таъсир потенциали



$$E_n(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$

Бундай боғланишнинг ҳосил бўлишини метан молекуласи мисолида янада яққолроқ тасаввур қилиш мумкин. Углероднинг ташқи қобиғида тўрттадан валент електрони мавжуд. Бу электронларнинг ҳар қайсиси тўртта водород атомидаги электронлар билан жуфт ҳосил қилиб, метан молекуласи  $CH_4$  ни ҳосил қилади (3-расм).

Ковалент боғланиш табиати квант механикаси нуқтаи назаридан янада яққолроқ тушунтирилади. Ковалент боғланиш ҳосил бўлишида ҳар доим жуфт электронлар қатнашади. Шунинг учун ҳам бундай боғланишга ковалент (жуфт) боғланиш дейилади.

Молекуланинг массаси уни ташкил этган атомлар массаларининг йиғиндисидан иборат бўлади ва улар ҳам атомлар каби мутлоқ ва нисбий birlikларда ўлчанади. Масалан: сув ( $H_2O$ ) молекуласининг нисбий birlikлардаги массаси  $M=18$  га тенг. Мутлоқ birlikлардаги унинг массаси га тенг. Моддаларнинг молекуляр массаси нисбий birlikларда бирдан тортиб бир неча минг ва ҳатто миллион (полимерларда)ларга йетиши мумкин. Агар молекула бир типдаги атомлардан ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$  каби) ташкил топган бўлса гомеополяр, турли типдаги атомлардан ( $HF$ ,  $NaCl$ ,  $H_2SO_4$  каби) ташкил топган бўлса гетерополяр молекулалар дейилади. Айрим молекулалар бир-биридан атомларнинг улардаги жойлашиш ўрни билан фарқ қилиши мумкин.

Турли хил модда молекулалари фақатгина таркиби, атомлар сони билангина фарқ қилиб қолмасдан улар ўлчами, формаси, структураси билан ҳам бир-биридан фарқ қилади. Агар молекуладаги атомлар бир тўғри чизикда ёца чизикли, ётмаса чизикли бўлмаган молекула дейилади. Молекулаларнинг ўлчами жуда кичик бўлиб ( $\sim 10^{-10}$  м), ажрата олиш қобилияти катта оптик микроскоплар ёрдамида ҳам уларни кўриб бўлмайди. Молекуладаги атомлар сонининг ортиши билан унинг ўлчами ҳам орта боради. Молекуланинг ўлчами ниҳоятда кичик бўлганлиги туфайли кичик ҳажмдаги моддада ҳам ниҳоятда кўп миқдорда молекула бўлади. Масалан: диаметри 0,1 мм бўлган сув томчисида  $\sim 10^{16}$  дона сув молекуласи мавжуд.

Нормал шароитдаги ( $T=273K$  температура,  $X=1,013 \cdot 10^5$  Па атмосфера босимида) 1 м<sup>3</sup> ҳажмдаги ҳавода  $2,7 \cdot 10^{25}$  дона молекула бор. Буни биринчи марта 1865 йилда австралиялик олим И.Лошмидт аниқлаганлиги учун бу сон унинг номи билан Лошмидт сони деб юритилади. СХундай қилиб, барча моддалар атомлар ёки молекулалардан ташкил топган. Молекулалар берилган модданинг асосий хоссаларини ўзида мужассамлаштирган энг кичик зарралардан иборат бўлиб, ионли ва ковалент боғланиш асосида бириккан атомлардан тузилган.

**2-мавзу: Идеал газларнинг кинетик назарияси**  
**Идеал газ. Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламаси.**  
**Иссиқлик ва ҳарорат. Мутлақ ҳароратни аниқлаш.**

Режа:

1. Идеал газ ҳақида тушунча.
2. Газнинг босими ва унинг ўлчов бирликлари.
3. Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламаси.
4. Иссиқлик ва ҳарорат.
5. Мутлоқ ҳароратни аниқлаш.
6. Хулоса.

1. Молекуляр системаларни назарий ўрганишнинг катта қийинчиликлар билан боғлиқ эканлиги тушунарли, чунки бунинг учун ҳар бир молекулага бошқа барча молекулалар томонидан таъсир қилувчи барча кучларни назарга олиш керак бўлади. Агар молекулаларнинг ҳаракати соф механикавий бўлиб, механика қонунларига бўйсўнади деб фараз қилинса, у ҳолда ҳар қандай молекуляр системани тўла тавсифлаш учун гуё барча молекулаларнинг берилган кучлар таъсирида ҳаракатни тўғрисидаги масалани йечиш керак. Демак, сони ушбу системадаги молекулалар сонига тенг бўлган ҳаракат тенгламаларни ёзиш ва ечиш керак бўлади. Агар  $1\text{см}^3$  газда одатдаги шароитда  $2,7 \cdot 10^{19}$  та молекула бўлиши ҳисобга олинса, у ҳолда бундай улкан сондаги тенгламаларни йечиш у ёқда турсин, хатто ёзишнинг ўзи ҳам мумкин эмаслиги равшан бўлиб қолади. Зарраларнинг сони бунчалик катта бўлганида уларнинг ҳаракатини характерловчи катталикларнинг ўртача қийматларинигина,  $M$ : уларнинг ўртача тезлиги, ўртача энергияси ва шу кабиларни билиш билан чекланиш мумкин экан. Молекуляр системаларни ўрганишда биз шу усулдан фойдаланамиз. Ҳар қандай модданинг уч агрегат ҳолатидан енг соддаси газсимон ҳолатидир. Чунки бу ҳолда молекулалар орасидаги таъсир қилувчи кучлар жуда кичик бўлиб, уларни назарга олмаслик мумкин. Шунинг учун биз молекуляр физикани баён қилишни газларнинг хоссаларини ўрганишдан бошлаймиз. Бунинг учун дастлаб биз: а) молекулаларни ўзаро таъсир кучи жуда кичик емас, балки батамом йўқ деб фараз қиламиз. б) Содда бўлиши учун молекулаларнинг ўлчамларини ҳам назарга олмаймиз, яъни уларни моддий деймиз. в) Ўзаро таъсирлашмайдиган моддий нуқталар тўплами сингари хоссаларга эга деб қараймиз.

2. Молекулаларнинг ўзаро тўқнашишлар сони уларнинг идиш деворларига урулиш сонига қараганда назарга олмаслик даражада кичик. Бу шартларни қаноатлантирувчи газ идеал газ деб аталади. Шундай қилиб, молекулаларга бир-бирлари билан молекулалараро тутиниш кучлари билан боғланмаган Эластик моддий нуқталардир деб тасаввур қилинадиган газ Идеал газ дейилади. Маълум бўлишича, нормал шароитга яқин

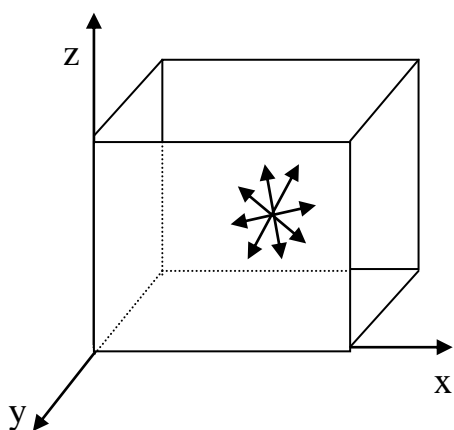
шароитларда, шунингдек, паст босим ва юқори температураларда реал газ ўз хоссалари жиҳатидан идеал газга яқин бўлар экан.

Агар газ молекулалари-газ тўлдирилган идиш деворлари билан ва бири-бири билан тўқнашувини ўрганмаган холда газ молекулаларини ҳаракат манзарасини тўла тушунтираолмаймиз. Ҳақиқатдан газ молекулалари тартибсиз ҳаракатланиб вақти-вақти билан идиш деворларига яқинлашади. Шунингдек газ молекулалари бир-бир билан ҳам яқинлашиши ва тўқнашиши мумкин. Бундай пайтларда газ молекулалари орасида масофа ортиши билан камаяди. Бу кучлар таъсирида газ молекулалари ўзининг ҳаракат йўналишини ўзгартиради. Бундай процесс тўқнашув деб аталади. Молекулаларнинг ўзаъро тўқнашиши газ табиатида жуда катта рол ўйнайди. Газ тўлдирилган идишда газ молекулаларини ўзаъро ёки идиш девори сирти билан тўқнашишини назарга олиш муҳимдир. Газ молекулалари идиш деворларига ва аксинча қарама-қарши йўналишда идиш девори молекулаларини таъсирини қарайлик. Газнинг идиш деворларига берадиган босими алоҳида молекулаларнинг ўрилишидан келиб чиқади деб 1738 йил Петербурглик академик Даниил Бернулли таклиф қилган.

1744-1748 йилларда М. В. Ломоносов модда тузилишининг атом-молекуляр назариясини кенг ишлаб чиқди ва биринчи бўлиб, иссиқликнинг молекуляр-кинетик назарияси тўғри эканлигини исбот қилди. Газлар молекуляр-кинетик назарияси фақат XIX асрнинг иккинчи ярмида бир қатор физиклар, асосан Клаузиус, Болсман ва Максвелл томонидан ривожлантирилди.

Девор сиртининг юзи қанча катта бўлса, газ томонидан деворга таъсир қилувчи куч шунча катта бўлиши аниқ. Газ молекулалари сирти С бўлган идиш деворига Ф-куч билан таъсир етадиган бўлса, у холда идиш деворига газ молекулалари берадиган босим Р қуйидагича ифодаланади.

$$P = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$



Бу босим катталиги газнинг асосий характеристикаларидан биридир. Газнинг идиш деворларига босими, 18 асрдаёқ Д. Бернулли томонидан тавсифланган бўлиб, газ молекулаларининг деворлари билан чексиз тўқнашишлари натижасидир. Газ молекулаларини идиш деворига берадиган босимини аниқлаш учун параллелепипед шаклидаги идиш олиб, газ тўлдирамиз. Газ молекулалари идишда мувозанат ҳолатда

бўлсин дейлик.

Идишнинг бирор ихтиёрий йўналишда ҳаракатланаётган молекулалар сони, ўртача олганда, тезликлари қарама-қарши томонга йўналган молекулалар сонига тенг. Газнинг идиш деворларидан бирига,  $M - abcd$  ўнг ён деворига босимини ҳисоблайлик (5.1-расм).  $X$  - координата ўқини параллелепипед қирраси бўйлаб  $abcd$  деворга перпендикуляр қилиб йўналтирамиз. Молекулаларнинг тезликлари  $V$  қандай йўналишда бўлмасин биз дастлаб  $X$  - ўқи йўналишидаги  $V_x$  ни қараймиз. Газ молекулалари идиш деворига  $abcd$  га урилгунича масофа ўтади ва урилади. Девор сиртига  $F$  куч билан таъсир этади. Ўз навбатида идиш девори томонидан деформацияланган  $F$  эластиклик кучи газ молекулаларига акс таъсир этади.

Демак, Нютоннинг иккинчи қонунига асосан  $F \Delta t$  куч импульси ҳосил бўлади. Шунингдек  $abcd$  девор сиртига урилиб қайтган газ молекулалари  $\Delta t$  вақтдан кейин масофага силжийди ва  $a' b' c' d'$  чегара сиртга келади.

Бунда молекулалар  $V_x \Delta t$  масофага силжийди. Агар идиш девори сиртини  $S$  десак у ҳолда молекулалар ҳаракатланадиган идиш ҳажми  $S V_x \Delta t$  га тенг бўлади. Агар идишнинг бирлик ҳажмида  $n$  та молекула бўлса, кўрсатилган ҳажмда  $n S V_x \Delta t$  молекула бўлади. Бироқ уларнинг ярми чапдан ўнга ҳаракатланади ва қатламга тушади. Иккинчи ярми еса қатламдан тескари томонга ҳаракат қилади ва қатламга тушмайди. Демак вақт ичида қатламга чапдан ўнга  $\frac{1}{2} n S V_x \Delta t$  молекулалар киради. Уларнинг ҳар бири  $m v_x$  импульсга эга ( $m$ - молекула массаси) ва уларнинг қатламга олиб кираётган умумий импульси:

$$\frac{1}{2} n m V_x^2 S \Delta t$$

айни шу пайтда қатламдан ўнгдан чапга ҳаракатланадиган молекулалар импульси тескари ишорали бўлиб, аммо тенг бўлади. Умумий импульснинг ўзгариши

$$\frac{1}{2} n m V_x^2 S \Delta t - (-\frac{1}{2} n m V_x^2 S \Delta t) = n m v_x^2 S \Delta t \quad (1.2)$$

Қатлам импульсини ўзгаришини  $F \Delta t$  десак, у ҳолда

$$F \Delta t = n m v_x^2 S \Delta t \quad (1.3)$$

Ифодани ҳар иккала томонини  $S \Delta t$  га бўламиз.

$$\frac{F \Delta t}{S \Delta t} = \frac{n m v_x^2 S \Delta t}{S \Delta t}$$

$$\frac{F}{S} = n m v_x^2 = P \quad (1.4)$$

$$P = n m v_x^2 \quad (1.5)$$

СИ системادا:  $1 \frac{\text{H}}{\text{M}^2} = \text{Па}$ ,  $1 \text{bar} = 10^5 \text{pa}$

Бу формулага газ молекулаларини босимини ҳисоблаш формуласи дейилди.

Газ босими учун (1.5) формулани қо‘йидигича ифодalaymиз.

$$P = nm_x V_x^2 \quad (1.6)$$

Har bir molekulaning  $V$  – tezligi uchun desak,

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$$

$$V^2 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 \quad (1.7)$$

ko‘rinishda ifodalash mumkin. Molekulyar harakat batamom tartibsiz bo‘lganligi tufayli uchala koordinata o‘qlari bo‘yicha tezliklar kvadratlarning o‘rtacha qiymatlari bir-biriga teng deb faraz qilish mumkin.

Ya’ni  $V_x^2 = V_y^2 = V_z^2$

U xolda (5.7) tenglik  $V_x^2 = \frac{V^2}{3}$  deb yozish mumkin va buni (5.6) formulaga qo‘ysak.

$$P = \frac{1}{3} nmv^2 \quad (1.8)$$

Бу tenglikni o‘ng qismini 2-ga ko‘paytirib bo‘lamiz.

$$P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2} = \frac{2}{3} n \overline{E_k} \quad (1.9)$$

$$\frac{2}{3} \frac{mv^2}{2} = \theta, \quad \frac{2}{3} \frac{mv^2}{2} = \text{KT} \quad (1.10)$$

$$(10) \rightarrow (9) P = n\theta \quad (1.11)$$

bu yerda  $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ j/k}$  Bolsman doimiysi

bu yerda  $E_k = mv^2/2$  bo‘lib gaz molekularning o‘rtacha kinetik energiyasini bildiradi va (5.9) formulaga esa ideal gazlar kinetik nazariyasini asosiy tenglamasi deb ataladi. Demak gazning bосими birlik hajmdagi molekularning ilgari lanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasiga to‘g‘ri proporsional ekanini ko‘rsatadi.

4. Ideal gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

$$P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2} \quad (1.12)$$

Ideal gaz bосими birlik hajmidagi gaz molekulari o‘rtacha kinetik energiyasining 2/3 qismiga teng. 5.12 formuladagi  $n$  gaz molekularining zichligi ya’ni xajmi birligidagi gaz molekularining soni.

$$n = \frac{N}{V}, \quad N - \text{idishdagi gaz molekular soni}$$

hamda  $\frac{mv^2}{2}$  - газ молекулаларининг илгариланма харакат кинетик энергиясидир. Бундан кўринадики, идеал газ босими birlik хажмдаги газ молекулалари ўртача кинетик энергиясининг 2/3 қисмига тенг экан.

Тажрибадан маълумки, газнинг ҳажми доимий бўлганда унинг босимини фақат бир усул билан яъни қиздириш ёки совутиш йўли билан ўзгартириш мумкин: Газ қиздирилганда унинг босими ортади, совутилганда еса босим камаяди. Барча жисмлар сингари қиздирилганда ёки совутилганда газ ҳам ўз температураси билан характерланади. Температура (харорат)- иссиқлик мувозанати ҳолатини характерловчи катталиқ эканини кўрсатади: Иссиқлик мувозанати ҳолатида бўлган жисмларнинг температураси бир хил бўлади ва аксинча бир хил температурали жисмлар бир-бири билан иссиқлик мувозанатида бўлади. Агар икки жисм қандайдир учинчи жисм билан иссиқлик мувозанатида бўлса, ҳар иккала жисм ҳам ўзаъро иссиқлик мувозанатида бўлади. Температурани ўлчаш мумкинлигини ҳам ана шу қонунга асосланади. Маълумки, иссиқлик мувозанати қарор топиш процессида иссиқлик бир жисмдан иккинчи жисмга узатилади. Экспериментал нуқтаи назардан қараганда жисмнинг бошқа температурали бошқа жисмга иссиқлик берадими ёки ундан иссиқлик оладими, ана шуни аниқловчи катталиқлар температурани ўлчаш учун (уни) турли моддаларни хоссалари ўрганилган. Моддаларни хоссаларини характерловчи томонлари:- ҳажм кенгайиши, зичлиги, солиштирама оғирлиги каби томонлари ўрганилиб, бундай моддалар танланган.

Жумладан Симоб, спирт- ва ҳоказо. Дастлаб симоб термометрда-симоб устини узунлигининг (симоб ҳажмини) температурага чизиқли боғланиши танланган ва даража катталиги ҳам ихтиёрий танланган. Бунинг учун атмосфера босимида асосий пастки нуқта қилиб сувнинг қайнаш нуқтаси танланган ва оралиқдаги масофа тенг даражаларга бўлинган. Шу асосда температура шкаласи танланган. Ҳозирги замон термометр ҳисоби газ термометри ёрдамида аниқланадиган идеал газ шкаласига асосланган. Музнинг эриш нуқтасидаги газ температурасидаги босимни  $P_0$  деб белгилаймиз.

$$\frac{P_k}{P_o} = \frac{T_k}{T_o} \quad (1.13)$$

nisbatni tajribada oson aniqlash mumkin va uning qiymati:

$$\frac{P_k}{P_o} = 1,3661; \quad \text{shuningdek temperaturalar nisbatining qiymati ham}$$

$$\frac{T_k}{T_o} = 1,3661 \text{ ga teng.}$$

$T_k - T_o = 100$  qismga bo'lib topilgan. Keyinchalik bu farqlar  $T_k - T^o = 373,15 - 273,15$  daraja deb belgilandi. Biroq jismning temperaturasini o'lchash uchun gaz termometrni o'sha jismga tegizish bilan muvozanatlashish harorati kutiladi va

$$T = \frac{275,15}{P_o} \cdot P \quad (1.14)$$

formuladan topildi. Amalda gaz termometrlaridan kam foydalaniladi. Ammo boshqa termometrlar gaz termometri yordamida darajalanadi. Agar temperatura shkalasining nolida termometrik kattalik nolga aylansa, bunday shkala absolyut (mutloq) shkala, yoki absolyut temperatura deyiladi. Absolyut temperaturadan boshlangan Kelvin temperaturasi Kelvin da o'lganib, "K" bilan belgilanadi. Dastlabki shkala Selziy shkalasi deyiladi va "C" bilan belgilanadi. Ular orasida  $t = T - 273,15$  bog'lanish bor. Xulosa qilib aytganda issiqlik va harorat orasida juda muhim bog'lanishlar bo'lib, haroratni aniqlash metodlar yaratilgandan keyin issiqlik to'g'risidagi tushunchalar mukammal o'rganildi. Ideal gaz uchun temperatura molekular o'rtacha kinetik energiyasining  $2/3$  qismiga teng deb hisoblash qulay. Chunki bu gaz bosimi uchun (5.14) – formulani ko'rinishini soddalashtiriladi. Ya'ni agar (5.14) formuladan  $\frac{2}{3} \cdot \frac{mv^2}{2} = \theta$  deb belgilasak quyidagi ko'rinishni oladi.

$$P = n\theta \quad (1.15)$$

Ammo bunday ko'rinishda temperaturani energiya birligida SI-sistemasida o'lganishi kerak. Temperaturani o'lchashda bunday birlikda o'lash noqulay. Masalan muzning erish temperaturasi  $5,65 \cdot 10^{-14} = 5,65 \cdot 10^{-21} \text{ j}$  ga teng bo'lar edi.

S'huning uchun temperaturani graduslarda o'lchash mumkinligini Bolsman doimiy koeffitsiyent kiritdi.  $\frac{2}{3} \cdot \frac{mv^2}{2} = kT$  dan

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (1.16)$$

deb belgilab olindi.

Bu formulada  $\frac{mv^2}{2} = E_k$  molekularning ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi. Gaz molekularini harakatini 3ta tashkil etuvchiga ajratilishini aytgan edik. Har bir tashkil etuvchiga  $\frac{1}{2} kT$  energiya mos keladi. Bu yerda k Bolsman doimiyliigi bo'lib

$$k = \frac{R}{N} = \frac{8,31 \cdot 10^3 \text{ j / kmol} \cdot \text{grad}}{6,02 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}} = 1,38 \cdot 10^{23} \text{ j / grad}$$

Bu erda: N – Avagadro soni, R – Gaz doimiysi deyiladi.

Demak temperatura molekular xarakatining o'rtacha energiyasi bilan aniqlangani uchun u, bosim singari, statistik kattalikdir. Normal sharoitda gaz parametrlari  $T=273 \text{ K}$ ,  $P_0=101325 \text{ pa}$ ,  $V = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  - bir mol gaz hajmi.

$$\bar{E} = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N} \cdot T \quad (1.17)$$

Formulada molekular tezligi kvadratining o'rtacha qiymati uchun quyidagi formulani olamiz:

$$\bar{V}^2 = \frac{3RT}{mN} \quad (1.18)$$

бу ерда,  $m$  – bir molekulaning soni bo‘lganligi uchun  $mN$  molyar og‘irlik  $\mu$  bo‘ladi. Natijada molekulalar ilgarilanma harakatining o‘rtacha kvadratini tezligi uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$\sqrt{\bar{V}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad (1.18-a)$$

ya’ni gaz molekulalari ilgarilanma harakatining o‘rtacha kvadratini tezligi gaz absalyut temperaturasining kvadrat ildiziga to‘g‘ri proporsional va gaz molekulyar og‘irligining kvadrat ildiziga teskari proporsionaldir. (5.12) formulaga asosan hajm birligidagi molekulalar soni;

$$n_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{E_n} \quad (1.19)$$

bu yerda, (5.16) formulani qo‘ysak

$$n_0 = \frac{P}{KT} \quad (1.20)$$

teng bo‘ladi. Bu formuladan birday bosim va birday temperaturada hamma gazlarning hajm birligidagi molekulalar soni birday bo‘lishi kelib chiqadi. Normal sharoitda ya’ni  $P = 1 \text{at}$  va  $T = 273 \text{k}$  bo‘lganida har qanday gazning  $1 \text{sm}^3$  hajmdagi molekulalar soni  $\Pi = 2,6810^{19} \text{sm}^{-3} = 2,7 \cdot 10^{19} \text{sm}^{-3}$  bu Loshmidt soni deyiladi.

Мавзуга доир саволлар

1. Идеал газ деб нимага айтилади.
2. Газнинг босими ва унинг ўлчов бirlikлари айтиб беринг..
3. Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламасини тушунтиринг.
4. Иссиқлик ва ҳароратни таърифланг.
5. Мутлоқ ҳароратни аниқлаш усуллари айтинг..

### **3-мавзу: Идеал газнинг ҳолат тенгламаси. Идеал газ қонунлари. Барометрик формула.**

Режа:

1. Идеал газнинг ҳолат тенгламаси:
2. Идеал газ қонунлари:
  - А) Бойл-Мариотт қонуни.
  - Б) Гей-Люссак қонуни.
  - Г) Изохорик процесс.
  - Д) Далтон қонуни.
  - Е) Авагадро қонуни.
3. Барометрик формуласининг моҳияти ҳақида тушунча.
4. Болсман тақсимоти (қонуни).



Бизга маълумки, газ молекулалари Броун (1826 йил) кашф етган қонунга асосан узлуксиз ва тартибсиз иссиқлик ҳаракат қилади. Шунинг учун ҳам модда тузилиши ҳақидаги назария юзага келди. Биринчи марта бу назарияни М.В. Ломоносов модданинг турли агрегат ҳолатлардаги хусусиятларини тушунтириш мақсадида ривожлантирган эди.

Кейинчалик молекуляр-кинетик назария, асосан, модданинг энг содда агрегат ҳолатдаги, яъни газсимон ҳолатдаги хусусиятларини тушунтиришга қўлланилди. Бироқ, молекуляр кинетик назариянинг асосларини баён қилишдан олдин, газлар бўйсунадиган эмпирик қонуниятларни кўриб ўтайлик.

Бойл-Мариотт ва Гей-Люссак қонунлари.

Газлар ўзи солинган идишнинг деворларига босим бериш хоссасига эгадир. Босим  $P$ -сон жиҳатдан юз бирлигига нормал йўналишда таъсир қилувчи кучга тенг бўлган физик катталиқ. Демак, агар  $S$  юзага нормал йўналишда таъсир қилувчи куч  $F_n$  бўлса,

$$P = \frac{F_n}{S} \quad (7.1)$$

CGS системада босим  $P$  билан, яъни  $1\text{cm}^2$  юзга перпендикуляр йўналишида таъсир етувчи 1дина кучнинг берадиган босимга тенг бирлик билан ўлчанади. Ҳалқаро бирликлар системасида босим бирлиги учун 1 Нютон кучнинг ўзига перпендикуляр сиртдаги юзага ҳосил қиладиган босим қабул қилинган. Бу бирлик  $\text{H}/\text{m}^2$  билан белгиланади; Маълумки,  $1\text{H}/\text{m}^2 = 10^7$  бар. Булардан ташқари, босимни ўлчаш учун қуйидаги бирликлар ҳам ишлатилади:

1. 1 техник атмосфера 1 кГ кучнинг  $1\text{cm}^2$  юзга берадиган босимга тенг;
2. Физик атмосфера -1,033 кГ/ $\text{cm}^2$  босимга тенг;
3. Миллиметр симоб устуни, баландлиги 1 м, асосининг юзи  $1\text{m}^2$  бўлган цилиндр ҳажмдаги симобнинг тинч ҳолатдаги оғирлиги туфайли вужудга келадиган босимдир. Бу бирликларнинг биридан иккинчисига ўтиши учун қуйидаги муносабатдан фойдаланиш мумкин:

$$1 \text{ физ. ат} = 1,033 \text{ тех. ат} = 1033 \text{ Г}/\text{cm}^2 = 760 \text{ мм симоб устуни} = 1033 \cdot 981 \text{ бар} = 1,013 \cdot 10^6 \text{ бар.}$$

Миллиметр симоб устуни ва Паскал орасида қуйидаги муносабат мавжуд:

Миллиметр симоб устуни ва паскал орасида қуйидаги муносабат мавжуд.

$1\text{мм} = 10^{-3}\text{м}$  ва асосининг юзи  $1\text{м}^2$  (яъни ҳажми  $10^{-3}\text{м} \cdot 1\text{м}^2 = 10^{-3}\text{м}^3$ ) бўлган цилиндр ичидаги симобнинг оғирлиги:

$$p_{gv} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3 \cdot 9,8 \text{ м}/\text{с}^2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 133,3 \text{ Н}$$

уа'ни  $1\text{мм симоб устуни} = 133,3 \text{ Н}/\text{м}^2$  га тенг. Физик атмосфера (қискача atm.) баландлиги 760 мм бўлган вертикал симоб устунининг босимидир, яъни  $1\text{атм} = 760 \text{ мм симоб устуни} = 101325 \text{ Па}$ .

Бирор миқдор газ асосан тўртта катталиқ билан; 1) - массаси, 2. Эгалланган ҳажми, 3. босими, 4. температураси билан характерланади. Бу катталиқларнинг ҳаммаси бир-бирига боғлиқдир; улардан бири ўзгарса қолганлари ҳам ўзгаради. Бу катталиқларнинг тўрталаси орасидаги қонуний боғланишни ифодоловчи ормула ҳолат тенгламаси дейилади. Газ ҳолати умумий тенгламасининг ифодасини беришдан олдин юқорида келтирилган тўртта катталиқдан икkitаси ўзгармайдиган ҳолларга тегишли соддароқ эмпирик қонуниятларни келтираимиз.

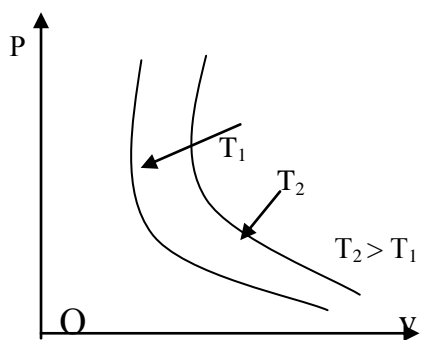
**Бойл-мариотт қонуни.**

Температура ўзгармас бўлган ( $T = const$ ) изотермик газ процессларини ўрганиб инглиз олими **Бойл** (1662 й) ва франсуз олими **Мариотт** (1667 й) бир-биридан мустақил ҳолда, кейинчалик уларнинг номи билан аталувчи қонуниятни яратишди.

Газнинг массаси ва температураси ўзгармас бўлганда ( $m$  ва  $T$  ўзгармас), унинг босими ҳажмига тесқари пропорционал равишда ўзгаради. Бошқача айтганда газнинг босими ни ҳажми га кўпайтмаси ўзгармас катталиқдир.

$$PV = const \quad (7.2)$$

бу ифода **Бойл-Мариотт қонунини** математик ифодаланиши. Газ массаси ва температураси ўзгармаганда, билан орасидаги боғланиш график усулда



тенг ёнли гиперболо билан тасвирланади. (7.1-расм)

Бойл-Мариотт қонуни тасвирловчи егри чизик ўзгармас температурага тегишли бўлгани учун бу егри чизик деб юритилади. Аммо **Бойл-Мариотт қонуни** тақрибий қонундир. Чунки реал газлар **Бойл-Мариотт қонуни** берадиган натижага қараганда камроқ сиқилади.

Бироқ, уй температурасига яқин температураларда ва атмосфера босимидан кўп фарқ қилмайдиган босимларда кўпчилик газлар **Бойл-Мариотт қонунига** етарли даражадаги аниқлик билан бўйсундилар.

### **Гей-Люссак қонуни.**

**Izobarik** ( $P = const$ ) va **izoxarik** ( $V = const$ ) gaz proseslarini o'rganib, fransuz fizigi **Gey-Lyussak** 1802 yilda o'z nomi bilan atalgan quyidagi ikki qonunni aniqladi.

Berilgan massali gaz uchun o'zgarmas bosimda ( $P = const$ ) gazning hajmi temperaturaning o'zgarishi bilan chiziqli o'zgaradi.

$$V = V_0(1 + \alpha T) \quad (7.3)$$

bu yerda  $V_0$  – gazning 273 k dagi hajmi,

$V$  – gazning  $T$  temperaturadagi hajmi,

$\alpha$  – hajmiy kengayish koeffitsiyenti.

Berilgan massali gaz uchun o'zgarmas hajmda ( $V = const$ ) gazning bosimi temperaturaning o'zgarishi bilan chiziqli o'zgaradi:

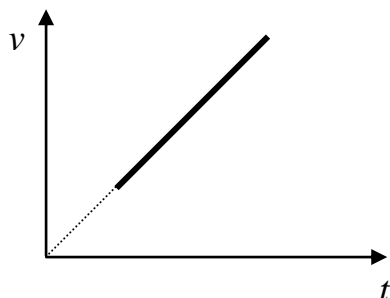
$$P = P_0(1 + \gamma T) \quad (7.4)$$

Bu yerda  $P_0$  – gazning 273 K dagi bosimi,

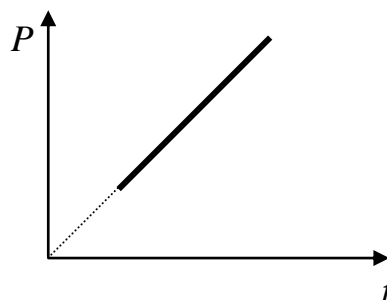
$P$  – gazning  $T$ , K temperaturadagi bosimi,

$\gamma$  – gaz bosimining termik koeffitsiyenti. Barcha gazlar uchun,

$$\alpha = \gamma = \frac{1}{273,15} = \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1}$$



7.2-rasm.



7.3-rasm

(7.3) va (7.4) formulalarga muvofiq, izobarik va izoxorik proseslar grafiklarda temperaturalar o'qiga qiya bo'lgan va uni  $T = 273K$  nuqtalarda kesib o'tuvchi to'g'ri chiziqlar (izobarlar va izoxorlar) bilan ifodalanadi (7.2-rasm va 7.3-rasm).  $T = 273K$  nuqta termodinamik shkala deb ataluvchi temperaturalar yangi shkalasining sanoq boshi deb qabul qilish mumkin. Bu shkala termodinamik shkala (Kelvin shkalasi) deb ataladi. Termodinamik temperatura (bu temperatura avval absolyut temperatura deb yuritilgan) Selsiy shkalasi bo'yicha o'lchangan  $t$  temperatura bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi.

$$T = t + 273,15^0 K \approx t + 273^0 K \quad (7.5)$$

ga teng bo'ladi:

(7.3) formuladan absolyut nolga teng bo'lgan temperaturada

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{-273}{273} \right) = 0$$

ya'ni absolyut nolda barcha moddalar o'zining fizikaviy, ximiyaviy, termodinamik xossalari yo'qotadi. Bu xulosa past temperaturalarda eksperimental gaz qonunlarini qo'llash mumkin emas degan fikrni yana bir marta tasdiqlaydi. Haqiqatdan ham, past temperaturalarda modda gazsimon holatda bo'lishi mumkin emas, u suyuq holatga, hatto qattiq holatga o'tadi.

Termodinamik temperatura yordamida (7.3) formulani yana sodda ko'rinishga keltirish mumkin:

$$V = V_0(1 + \gamma T) = \left( 1 + \frac{1}{273} \cdot T \right) = V_0 \frac{T}{T_0};$$

Binobarin,

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \quad (7.6)$$

ya'ni o'zgarmas bosimda gazning hajmi termodinamik temperaturaga proporsional. Xuddi shu yo'l bilan (7.4) formulani o'zgartirib, quyidagi nisbatini olamiz

$$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0} \quad (7.7)$$

бу температура аввал абсолют температура деб юритилган.

Яъни ўзгармас ҳажмда газнинг босими абсолют температурасига пропорсионал. (7.6) ва (7.7) формулалар ҳам Бойл-Мариотт ва Гей-Люссак қонунларининг математик ифодаланишидир.

Далтон қонуни. Бирор ҳажмда босими бўлган газлар аралашмаси (масалан, кислород, азот, водород, неон, аргон ва ҳоказолар) бор дейлик. Бу ҳажмда, масалан, азотдан ташқари ҳамма газларни чиқариб юборамиз. У ҳолда бу газ (яъни азот) аралашма эгаллаб турган барча ҳажмни эгаллайди ва унинг босими бўлади, бу босим ана шу газнинг парсиал босими дейилади. Газ аралашмаси таркибидаги бирор газнинг парсиал босим деб ана шу газнинг ҳажмдаги бошқа газларни чиқариб юборилгандаги босимга айтилади. Ҳажмни яна газ аралашмаси билан тўлдириб, сўнгра ҳажмдан иккинчи газдан (масалан, кислороддан) бошқа ҳамма газни чиқариб борамиз. У ҳолда иккинчи газ барча ҳажмни эгаллаб, унинг босими бўлади, бу иккинчи газнинг парсиал босимидир. Газ аралашмасидаги бошқа газлар учун ҳам шундай жараённи қўллаб, учинчи газ учун  $P_3$ , тўртинчи газ учун  $P_4$  ва ҳоказо парсиал босимларини аниқлаш мумкин.

1801 йил инглиз физиги ва химиги Далтон газ аралашмаси босими билан бу аралашмага кирувчи газлар парсиал босимлари орасидаги муносабатни аниқлади, бу муносабат Дальтон қонуни деб аталади: газ аралашмасининг босими бу аралашмага кирувчи газларнинг парсиал босимлари йиғиндисига тенг.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots \quad (7.8)$$

3. Авагадро қонуни. Турли газлар билан олиб борилган тажрибалар асосида 1811 йилда италян олими Авагадро унинг номи билан аталган куйидаги қонунни аниқлади: бир хил температурада ва босимда ҳар қандай газнинг киломоли бирдай ҳажмни эгаллайди. Нормал шароитда бу ҳажм  $22,42 \text{ м}^3/\text{кмол}$  ( $22,42 \cdot 10^3 \text{ л/кмол}$ ) ни ташкил этади.

Идеал газнинг ҳолат тенгламаси.

Газ жараёнларида газ ҳолатининг параметрларидан бири ўзгармай қолиб, қолган иккитасининг ўзгараши кўп кузатилади. Бир вақтда газнинг ҳажми ҳам, босими ҳам, температураси ҳам ўзгарадиган энг умумий процессларини қараймиз. Бундай процессларни тасвирловчи қонунни

Бойл-Мариотт ва Гей-Люссак қонунларини бирлаштириш йўли билан 1834 йилда франсуз физиги (Санкт-Петербург темир йўллар институтида ишлаган йиллари) Клапейрон аниқлаган. Бирор массаси газнинг ҳолати ва параметрлар билан характерлансин. Уни  $V_2, P_2$  ва  $T_2$  параметрлар билан характерланувчи бoshqa holatga o'tkazamiz. Bu prosessni quyidagi ikki bosqich bilan bajaramiz:

1. Дастлаб изотермик равишда температура ( $T_1 = const$  бўлганда) газнинг ҳажмини  $V_2$  қийматгача ўзгартирамиз, бунда унинг босими  $P_1'$  га teng bo'ladi.

2. So'ngra izoxorik (hajm  $V_2 \approx const$  bo'lganda) gazning temperaturasini shunday  $T_2$  qiymatgacha o'zgartiramizki, bunda uning bosimi  $P_2$  bo'lib qolsin. Prosesning birinchi bosqichi Boyl-Mariott qonuni bilan tavsiflanadi va shuning uchun

$$P_1 V_1 = P_1' V_2 \quad (7.9)$$

$$\text{Bunda } P_1' = \frac{P_1 V_1}{V_2} \quad (7.10)$$

Prosesning ikkinchi bosqichi Gey-Lyussak qonuni (7.7) bilan ifodalanadi va demak,

$$\frac{P_1'}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (7.11)$$

bu formulaga  $P_1'$  ni (7.10) formuladan qo'yib, quyidagi munosabatini olamiz.

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{bundan} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (7.12)$$

Binobarin, gazning berilgan massasi uchun  $\frac{PV}{T}$  kattalik o'zgarmasdan qolar ekan.

$$\frac{PV}{T} = B = const \quad (7.13)$$

бу ифода Клапейрон тенгламаси (қонуни) деб аталади.

Клапейрон тенгламасининг камчилиги шундан иборатки, доимий катталик турли газлар учун турличадир.

Бу камчиликни йўқотиш учун 1875 йилда Менделеев-Клапейрон қонуни кўринишини уни Авагадро қонуни билан бирлаштириб бир оз ўзгартиради.

Бунинг учун 1 кмол газни кўрайлик ва унинг ҳажмини билан белгилайлик. Бу ҳолда Клапейрон тенгламаси кўйидаги кўринишга келади.

$$\frac{PV\mu}{T} = B \quad (7.14)$$

Авагадро қонунига асосан  $P$  ва  $T$  ning bir xil qiymatlarida hamma gazlarning 1 kilomoli bir xil  $V\mu$  hajmini egallaydi, demak, Bdoimiy barcha gazlar uchun bir xil bo'ladi.  $B$  ning bu qiymatini  $R$  bilan belgilasak, u holda

$$\frac{PV\mu}{T} = R \quad (7.15)$$

bo'lib, bu yerda  $R$  universal gaz doimiysi deyiladi. (7.15) formuladan

$$PV\mu = RT \quad (7.16)$$

tengligi kelib chiqadi. Bu ifoda kilomol gaz uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi. SI sistemasida  $R$  ni hisoblaymiz.

$$R = \frac{PV\mu}{T} = \frac{101325 \cdot 0,0224}{273} \cdot \frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{mol} \cdot \frac{1}{K} = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K} \quad (7.17)$$

(7.16) formulani ixtiyoriy  $m$  massali gaz uchun yozsak:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (7.18)$$

hosil bo'ladi.

(7.18) formula eksperimental gaz qonunlarini umumlashtirgani uchun uning umumiy formulasi, ya'ni ideal gazning holat tenglamasi deyiladi.

(7.18) formulani gazning zichligi  $\rho$  orqali ifodalaymiz:

$$P = \frac{m}{\mu V} RT \quad (7.19)$$

bunda  $P = \frac{m}{V}$  ekanligini e'tiborga olsak, (7.19) formula quyidagi ko'rinishni oladi.

$$P = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$\text{bundan gazning zichligini} \quad \rho = \frac{P\mu}{RT} \quad (7.20)$$

formula bilan ifodalanishini olamiz.

Масала: Og'zi tiqin bilan zich berkitilgan shisha ichidagi bosim  $t_1 = 7^\circ C$  temperaturada  $P_1 = 1 \text{ atm}$  edi. Shisha qizdirilganda tiqin otilib ketadi. Agar tiqin  $P_2 = 1,3 \text{ atm}$  bosimiga chidash bersa, shisha idishni qanday  $t_2$  temperaturagacha qizdirilgan?

Echilishi. Shishani qizdirish izoxorik proses bo'lib, unga Sharl qonunini formulasini qo'llash mumkin.

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

bu yerda  $T_1$  va  $T_2$  - shishadagi havoning boshlang'ich va oxirgi absolyut temperaturalari.

$$U \quad \text{holda} \quad T_2 = \frac{P_2}{P_1} \cdot T_1$$

$$T_2 = \frac{1,3 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \cdot 280 \text{ K} = \frac{1,3 \cdot 10^5 \text{ H/M}^2}{1 \cdot 10^5 \text{ H/M}^2} \cdot 280 \text{ K} = 364 \text{ K} . \quad t_2 = 91^\circ C$$

2- masala: Hajmi 1l boʻlgan idishda azot molekulalari  $27^{\circ}C$  temperaturada va  $10^{-6}$  mm. sm. ust. bosimida saqlanadi. Idishdagi azot molekulalarini sigʻimini aniqlang.

Berilgan:

$$V = 1l = 10^{-3} m^3$$

$$T = t^{\circ} + 273^{\circ}C = 27^{\circ}C + 273^{\circ}C = 300K$$

$$P = 10^{-6} \text{ мм.см.уст.} = 133,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

Echish: idishning hajm birligidagi qismida

$$n = \frac{P}{Kt}$$

molekulalar bor.

Bu yerda shdshdagi azot molekulalar sonini

$$N = nv = \frac{PV}{KT}$$

formuladan topamiz.

Jadvaldan  $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$  - bolsman doimiysi

$$N = \frac{PV}{KT} = \frac{133,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot 10^{-3} m^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 300K} = 3,22 \cdot 10^{13} \text{ ta.}$$

Газ молекулаларини тартибсиз ҳаракати туфайли унинг зарралари идишнинг бутун ҳажми бўйлаб текис тақсимланади. Ва ҳар бир ҳажм бирлигида ўртача бир хил сондаги зарралар бўлади. Шунингдек ташқи кучлар таъсир етмаганда мувозанат ҳолатда газнинг босими ва температураси бутун ҳажм бўйича бирдай бўлади. Агар ташқи кучлар таъсир еса, идишдаги газ молекулаларининг табиатини ўзгаришига олиб келади. Масалан, оғирлик кучи таъсирида бўлган газ (ҳаво)ни кўриб ўтайлик.

Агар молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати бўлмаганда еди, уларнинг ҳаммаси оғирлик кучи таъсирида йерга «кулаб» тушар ва бутун ҳаво йер сирти яқинида юпқа қатлам ҳосил қилиб тўпланган бўлар еди. Агар оғирлик кучи мавжуд бўлмай, молекуляр ҳаракат мавжуд бўлганда еди, молекулалар бутун олам фазоси бўйлаб тарқалиб кетган бўлар еди.

Атмосфера ( йернинг ҳаво қобиғи ўзининг ҳозирги тарзида айни бир вақтда молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати ва йерга тортишиш кучи борлиги туфайли мавжуддир. Молекулаларнинг баланлик бўйича тақсимланишида, газ босимини баландликка боғлиқ ҳолда ўзгариш қонуни амал қилади. Бу қонунни моҳиятини қарайлик. 1-расмда ҳавони йер сиртидаги  $h=0$  бўлгандаги босимини  $P_0$  га,  $h$  баландликда еса  $P$  га тенг дейлик. Баланлик  $dh$  га ортганда босим  $dP$  га ўзгаради.

Маълумки, бирор баландликка ҳавонинг босими юзи бир бирликка тенг бўлган шундай баландликдаги вертикал ҳаво устунни оғирлигига тенг.

Шунинг учун dp юзи бир бирликка тенг бўлган ҳаво устунининг h ва h+dh баландликлардаги оғирликлари фарқига тенг, яъни асос юзи бир бирликка тенг бўлган dx баландликдаги ҳаво устун оғирлигига тенг:

$$dp = -\rho g dh$$

бу ерда  $\rho$  - ҳавонинг зичлиги ва  $g$  - оғирлик кучининг тезланиши. Газнинг (зичлиги, молекула массаси  $m$  ни уларнинг ҳажм бирлигидаги сони  $n$  га кўпайтирилганига тенг:

Gazlar kinetik nazariyasidan ma'lumki, molekulalar soni  $n = P/kT$  ga teng. Shunga asosan  $n$  ni o'rniga qo'ysak,

$$\rho = \frac{mp}{kT} \text{ va } dp = -\frac{mg}{kT} p dh \quad (8.1)$$

ga teng bo'ladi. Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$dp = -\frac{mg}{kT} dh \quad (8.2)$$

$$\rho = mn$$

Агар температура ҳамма баланликда бирдай деб ҳисобласак, у ҳолда (8.2) муносабатни интеграллаб, қуйидаги тенгликни оламиз:

$$\ln p = -\frac{mg}{kT} h + \ln c \quad (8.3)$$

bu yerda C-integrallash doimiysi. Bundan

$$P = c e^{-\frac{mg}{kT} \cdot h} \quad (8.4)$$

C doimiy  $h=0$  bo'lganda  $P=P_0$  ekanlik shartidan aniqlanadi. (8.4) formulaga  $h$  va  $P$  ning bu qiymatlarini quyib yozsak:

$$C = P_0$$

Demak biz qaraydigan havo bosimining yer sirtidan balanlikka bog'liqligi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$P = P_0 e^{-\frac{mg}{kT} \cdot h} \quad (8.5)$$

$$\frac{k}{m} = \frac{R}{\mu}, \quad k\mu = mR \quad m = \frac{k\mu}{R}$$

yoki  $m = \frac{\mu}{N_0}$  ekanligini nazarga olsak (bu yerda  $\mu$ -molekulyar massa, ya'ni mol massasi,  $N_0$ -Avagadro soni) quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu g}{R T} \cdot h} \quad (8.6)$$

чўққилари, самолётнинг учиб баландлигини ўлчашга мўлжалланган асбоблар шкалалари бевосита метрларда даражаланган махсус барометрдан иборат бўлади. Аммо биз бу тенгламани келтириб чиқаришда



баландликни барча соҳаларида температура ўзгармайди деб ҳисобладик, шунинг учун формулага температура тузатмасини киритиш лозим бўлади.

#### Мавзуга доир саволлар

1. Идеал газнинг ҳолат тенгламаси келтириб чиқаринг.
2. Бойл-Мариотт қонунини таърифланг ва тушунтиринг.
3. Гей-Люссак қонунини таърифланг ва тушунтиринг.
4. Шарл қонунини таърифланг ва тушунтиринг.
5. Далтон қонунини таърифланг..
6. Авагадро қонунини айтиб беринг..

**4-мавзу: Больцман тақсимоти. Молекулаларнинг тезлик компоненталари бўйича тақсимоти. Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимоти-Максвелл тақсимоти.**

#### Режа

1. Барометрик формуласининг моҳияти ҳақида тушунча.
2. Болсман тақсимоти (қонуни).
3. Молекулаларнинг тезлик компоненталари бўйича тақсимоти.
4. Молекулаларнинг тезликлар бўйича тақсимоти. Максвелл тақсимоти.
5. Хулоса

Газ молекулаларини тартибсиз ҳаракати туфайли унинг зарралари идишнинг бутун ҳажми бўйлаб текис тақсимланади. Ва ҳар бир ҳажм бирлигида ўртача бир хил сондаги зарралар бўлади. Шунингдек ташқи кучлар таъсир этмаганда мувозанат ҳолатда газнинг босими ва температураси бутун ҳажм бўйича бирдай бўлади. Агар ташқи кучлар таъсир эса, идишдаги газ молекулаларининг табиатини ўзгаришига олиб келади. Масалан, оғирлик кучи таъсирида бўлган газ (ҳаво)ни кўриб ўтайлик.

Агар молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати бўлмаганда еди, уларнинг ҳаммаси оғирлик кучи таъсирида йерга «қулаб» тушар ва бутун ҳаво ер сирти яқинида юпқа қатлам ҳосил қилиб тўпланган бўлар эди. Агар оғирлик кучи мавжуд бўлмай, молекуляр ҳаракат мавжуд бўлганда еди, молекулалар бутун олам фазоси бўйлаб тарқалиб кетган бўлар еди.

Атмосфера (ернинг ҳаво қобиғи ўзининг ҳозирги тарзида айна бир вақтда молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати ва йерга тортишиш кучи борлиги туфайли мавжуддир. Молекулаларнинг баланлик бўйича тақсимланишида, газ босимини баландликка боғлиқ ҳолда ўзгариш қонуни амал қилади. Бу қонунни моҳиятини қарайлик. 1-расмда ҳавони йер сиртидаги  $h=0$  бўлгандаги босимини  $P_0$  га,  $h=0$  баландликда еса  $R$  га тенг дейлик. Баланлик  $dh$  га ортганда босим  $dp$  га ўзгаради.

Маълумки, бирор баландликка ҳавонинг босими юзи бир бирликка тенг бўлган шундай баландликдаги вертикал ҳаво устуни оғирлигига тенг. Шунинг учун  $dp$  юзи бир бирликка тенг бўлган ҳаво устунининг  $h$  ва  $h+dh$  баландликлардаги оғирликлари фарқига тенг, яъни асос юзи бир бирликка тенг бўлган  $dh$  баландликдаги ҳаво устуни оғирлигига тенг:

$$dp = -\rho g dh$$

бу yerda  $\rho$  - havoning zichligi va  $g$  - og'irlik kuchining tezlanishi. Gazning (zichligi, molekula massasi  $m$  ni ularning hajm birligidagi soni  $n$  ga ko'paytirilganiga teng:

$$\rho = m n$$

Газлар кинетик назариясидан маълумки, молекулалар сони  $n = P/kT$  га тенг. Шунга асосан  $n$  ни ўрнига қўйсақ,

$$\rho = \frac{mp}{kT} \text{ ва } dp = -\frac{mg}{kT} p dh \quad (8.1)$$

га тенг бўлади. Бу тенгламани қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$dp = -\frac{mg}{kT} p dh \quad (8.2)$$

Агар температура ҳамма баландликда бирдай деб ҳисобласак, у ҳолда (8.2) муносабатни интеграллаб, қуйидаги тенгликни оламиз:

$$\ln p = -\frac{mg}{kT} h + \ln c \quad (8.3)$$

Бу ерда  $C$ - интеграллаш доимийси. Бундан

$$P = c e^{-\frac{mg \cdot h}{kT}} \quad (8.4)$$

$C$  doimiy  $h=0$  bo'lganda  $P=P_0$  ,kanlik shartidan aniqlanadi. (8.4) formulaga  $h$  va  $P$  ning bu qiymatlarini quyib yozsak:

$$C = P_0$$

Демак биз қарайдиган ҳаво босимининг ер сиртидан баландликка боғлиқлиги қуйидаги кўринишда бўлади.

$$P = P_0 e^{-\frac{mg \cdot h}{kT}} \quad (8.5)$$

$$\frac{k}{m} = \frac{R}{\mu}, \quad k\mu = mR \quad m = \frac{k\mu}{R}$$

ёки  $m = \frac{\mu}{N_0}$  эканлигини назарга олсак (бу ерда  $\mu$  - молекуляр масса, яъни мол массаси,  $N_0$  - Авагадро сони) куйидаги муносабатни ҳосил қиламиз:

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu g \cdot h}{R\tau}} \quad (8.6)$$

Босимнинг баландлик ортиши билан камайиб боришини кўрсатувчи (8.6) тенглама Барометрик формула дейилади. Тоғ чўққилари, самолётнинг учиш баландлигини ўлчашга мўлжалланган асбоблар шкалалари бевосита метрларда даражаланган махсус барометрдан иборат бўлади. Аммо биз бу тенгламани келтириб чиқаришда баландликни барча соҳаларида температура ўзгармайди деб ҳисобладик, шунинг учун формулага температура тузатмасини киритиш лозим бўлади.

Болсман тақсимооти (қонуни)

Бизга маълумки, газларнинг босими ҳажм бирлигидаги молекулалар сонига пропорционал яъни бўлгани учун (8.6) формула баландлик ортиши билан молекула зичлигининг камайиши қонунини ҳам ифодалайди:

$$n = n_0 e^{-\frac{mg \cdot h}{k\tau}} \quad (8.7)$$

бу ерда  $n$  ва  $n_0$ -ораларидаги баландлик фарқи  $h$ -ҳар тенг бўлган нуқталардаги ҳажм бирлигидаги молекулалар сони. (8.7) формуладаги  $mg$  катталиқ молекуланинг  $h$ -баландликдаги потенциал энергиясини билдиради. Шунинг учун (8.7) формула бизга энергияси  $U = mgh$  бўлган зарралар сони  $n$  ни беради дейиш мумкин, бунда энергияси нолга тенг бўлган зарралар сони  $n_0$  га тенг бўлиши керак. Агар газ қандайдир куч майдонида бўлиб, шу туфайли унинг зарралари бирор потенциал энергияга эга бўлса, у ҳолда берилган  $U$  энергияли зарралар сони куйидаги формула билан аниқланади:

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{k\tau}} \quad (8.8)$$

ва бу формулага Болсман (қонуни) формуласи деб аталади. Бу формула иссиқлик мувозанати шароитида  $U$  энергияга бўлган зарралар тақсимоотини аниқлаш имконини беради:

$$\frac{n}{n_0} = e^{-\frac{U}{k\tau}} \quad (8.9)$$

Бу формула ёрдамида берилган  $U$  энергияли зарралар тақсимооти  $\frac{n}{n_0}$  нинг шу энергия катталигидан ташқари, фақат температурага боғлиқ бўлишини кўрсатади ва зарраларнинг энергия бўйича қандай тақсимланишига боғлиқ бўлган катталиқ сифатида ифодаланишига имкон

беради.

Газлар кинетик назариясига кўра газ молекулалари тўхтовсиз иссиқлик хаотик ҳаракатида ўзаро тўқнашиб туради. Кўпгина тўқнашувлардан кейин мувозанат юзага келади. Аммо макроскопик мувозанат ҳолатда ҳам микроскопик жараёнлар, яъни уларнинг тўқнашувлари давом етаверади. Бу тўқнашувлар туфайли молекулаларнинг тезликлари ўзгариб туради. Лекин улар тезликларининг ўзгариши маълум бир тезлик интервалида рўй беради ва умумий қонуният асосида бўлади. Газ молекулалари ҳаракат тезликларининг бу қонуниятлари инглиз олими Д. Максвелл томонидан (1860 йилда) очилганлиги туфайли унинг номи билан Максвелл тақсимоти деб юритилади. Максвелл тақсимотини қараймиз.

Маълум  $V$  ҳажмдаги идишда  $N$  та газ молекулалари бўлса, ҳажм бирлигидаги молекулалар сони  $n = \frac{N}{V}$  га тенг бўлади. Ана шу  $n$  – сонидан  $dn$  таси  $\vartheta, \vartheta + d\vartheta$  тезликлар интервалида характерланса,  $f(\vartheta) = \frac{dn}{nd\vartheta}$  функцияга тезликлари  $\vartheta, \vartheta + d\vartheta$  интервалида ётувчи газ молекулаларининг тезликлари бўйича тақсимланиш функцияси дейилади.

Bu ta'rifdan ko'rinadiki, taqsimot funksiyasi  $f(\vartheta)$  hajm birligidagi  $n$  ta molekulalarning qancha qismi  $(dn)\vartheta, \vartheta + d\vartheta$  tezlik intervalida xarakterlanish ehtimolligi bilan aniqlanadi. Bu funksiyaning normallashtirish sharti quyidagicha ifodalanadi.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(v_x) dv_x = c \int_{-\infty}^{\infty} \ell^{\frac{av_x^2}{2}} dv_x = 1 \quad (8.10)$$

ya'ni butun tezliklar intervalida xarakterlanayotgan molekulalarning yig'indisi hajm birligidagi molekulalar sonini beradi.

(8.10) formula  $x, y, z$  koordinatalar sistemasida qaraydigan bo'lsak, taqsimot funksiyasi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(v_x) dv_x = c \int_{-\infty}^{\infty} \ell^{\frac{av_x^2}{2}} dv_x = 1 \quad (8.11)$$

ga teng bo'lishini hosil qilamiz.

Bunda,  $\int_{-\infty}^{\infty} \ell^{\frac{av_x^2}{2}} dv_x$  integralni qiymatini jadval integral sifatida hisoblash mumkin.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \ell^{\frac{av_x^2}{2}} dv_x = \sqrt{\frac{2\pi}{a}} \quad (8.12)$$

U holda C doimiy  $c = \sqrt{\frac{a}{2\pi}}$  ga teng bo'ladi. Taqsimot funksiyasini x, y, z o'qiga nisbatan proyeksiyalar uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$f(v_x) = \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_x^2}{2}}$$

$$f(v_y) = \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_y^2}{2}} \quad (8.13)$$

$$f(v_z) = \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_z^2}{2}}$$

bu formulaga o'zgartirishlar kiritishi bilan

$$\frac{dn}{n} = \left(\frac{a}{\pi}\right)^{3/2} \ell^{a/2(v_x^2+v_y^2+v_z^2)} dv_x dv_y dv_z \quad (8.14)$$

yoki

$$\frac{dn}{n} = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \ell^{\frac{m}{2kt}(v_x^2+v_y^2+v_z^2)} dv_x dv_y dv_z \quad (8.15)$$

hosil bo'ladi.

Agar gaz molekulari sferik qatlamga to'planadi desak va ma'lum vaqtdan keyin tarqaladi desak:

$4\pi r^2 dr = 4\pi(v_i)^2 d(v_i)$  hosil bo'ladi. Bu yerda gaz molekularini sferik qatlamda to'planganligini e'tiborga olib, sferik qatlamni hajmi  $4\pi v^2 dv$  ga teng deb  $dv_x dv_y dv_z = 4\pi v^2 dv$ . Hajmdagi gaz molekulari uchun (8.6) formulani quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{dn}{n} = \left(\frac{m}{2\pi kt}\right)^{3/2} \ell^{\frac{mv^2}{2kt}} 4\pi v^2 dv = 4\sqrt{\pi} \left(\frac{m}{2kt}\right)^{3/2} \ell^{\frac{mv^2}{2kt}} v^2 dv \quad (8.16)$$

bu formulaga Maksvell taqsimoti deyiladi.

Maksvell taqsimoti funksiya ko'rinishida

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kt}\right)^{3/2} \ell^{\frac{mv^2}{2kt}} v^2 \quad (8.17)$$

ifodalanadi.

Gazlar uchun Maksvell taqsimoti funksiyasining qiymatini keltirib chiqarganda, gaz solingan idishning hamma nuqtalarida temperatura bir xil, ya'ni gaz muvozanat holatda deb hisoblandi. Agar gaz tashqi biror potensial maydon ta'sirida bo'lsa, bu maydon ta'sirida gaz molekulari qo'shimcha potensial energiyaga ega bo'ladi va bunday gazning to'liq energiyasi kinetik va potensial energiyalar yig'indisidan iborat bo'ladi. Tashqi potensial maydon gaz molekularining tezliklar taqsimotiga ta'sir qilmasdan faqat gaz molekularining konsentration taqsimotiga ta'sir ko'rsatadi.

Gaz molekularining yer tortish kuchi maydoni ta'siridagi konsentrasyon taqsimotini birinchi marta L. Bolsman aniqlaganligi uchun taqsimot uning nomi bilan Bolsman taqsimoti deb ataladi.

Agar borometrik formuladagi  $E_n = mgh$  er sirtidan  $h$  balandlikdagi  $m$  massali gaz molekularining yer tortish kuchi maydondagi potensial energiyasi ekanligini hisobga olsak

$$n = n_0 \ell^{E_n/kt} \quad (8.18)$$

kelib chiqadi. Bu formulaga Bolsman taqsimoti deb ataladi.

Bu formula faqatgina yer tortish kuchi maydonida o'rinli bo'lib qolmasdan, istalgan potensial maydondagi gaz konsentrasiyasining taqsimoti uchun o'rinlidir.

Gaz molekularining tezliklari bo'yicha taqsimoti Maksvell qonuniga, uning potensial maydondagi konsentrasyon taqsimoti Bolsman qonuniga bo'ysinadi. Endi shu taqsimotlar orasidagi umumiy bog'lanishni ko'ramiz.

Nisbiy tezliklar orqali Maksvell taqsimoti

$$f(u) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \ell^{-u^2} u^2 \quad (8.19)$$

ko'rinishida ifodalanishini aytgan edik. Bu yerda ekanligini e'tiborga olsak,

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n \ell^{-u^2} u^2 du \quad (8.20)$$

bo'ladi.

Bu ifodaga Bolsman taqsimotidagi  $U$  ning qiymatini qo'ysak,

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n_0 \ell^{-(u^2 + \frac{E_n}{kt})} u^2 du \quad (8.21)$$

umumlashgan Maksvell-Bolsman taqsimoti hosil bo'ladi.

S'Hunday qilib, Maksvell taqsimoti muvozanat holatdagi, ya'ni doimiy temperaturadagi gaz molekularining tezliklar bo'yicha taqsimotini ifodalaydi va tashqi potensial maydonga bog'liq emas.

Bolsman taqsimoti esa doimiy temperaturadagi gaz molekularining tashqi potensial maydondagi konsentrasiyani taqsimotini ifodalab, gaz molekulari tezliklar taqsimotiga bog'liq emas. Maksvell taqsimotini tajribada nemis fizigi Otto Shtern 1920 yil tekshirdi. Keyinchalik 1947 yilda O. Shtefn, Isterman va Simpsonlar bilan birgalikda molekulyar dastalar usulidan foydalanib, Maksvell taqsimotining bajarilishini molekularning og'irlik kuchi maydonida erkin tushishida ham kuzatdi va Maksvell taqsimoti qonunini to'g'ri ekanligini isbotladi.

Bolsman taqsimotini: ya'ni molekularning konsentrasyon taqsimoti Bolsman qonuniyatiga bo'ysunishini tajribada J. Perren aniqladi. Buning uchun u bir-biriga aralashmaydigan ikki suyuqlikdan emulsiya tayyorlab, bir emulsiyada ikkinchisini muallaq turadigan mayda tomchilarini hosil qiladi.

Juda sezgir mikroskop yordamida emulsi tomchilari sonining balandlikka qarab o'zgarishini kuzatadi. Bundan muallaq zarralarning balandlik bo'yicha taqsimoti Bolsman qonuniga bo'ysunishini isbotladi. Shu asosda Bolsman doimiysini

$$K = \frac{mg \left( L - \frac{P}{P} \right) (h_1 - h_2)}{T \ln \frac{n_1}{n_2}} \quad (8.13.)$$

aniqlashga ham Perron erishdi.

$$K = 1,38062 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \text{ ga teng ekan.}$$

### Savollar

1. Gaz molekularining tezliklar bo'yicha taqsimotini tushuntirib bering?
2. Maksvell qonunini mohiyatini aytib bering?
3. Bolsman taqsimoti (qonunini) tushuntiring?
4. Maksvell-Bolsman taqsimotlari orasidagi o'zaro bog'liqlikni mohiyati nimaga asoslanadi?
5. Maksvell va Bolsman qonunlarini eksperimentda kimlar tekshirib isbotladi va ular bundan qanday xulosaga keldilar?

### 5-MAV3Y: Issiqlikning kinetik nazariyasi

#### Termodinamikaning nolinchi qonuni. Ideal gazning ichki energiyasi.

##### Reja:

1. Ideal gazning ichki energiyasi.
2. Ichki energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha taqsimoti qonuni.
3. Erkinlik darajasi.

Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasiga asosan-gaz molekulari uzluksiz va tartibsiz harakatlanib turadi. Bunda molekula ilgarilanma harakatining T-temperaturadagi o'rtacha kinetik energiyasi:

$$E_k = \frac{3R}{2N} T = \frac{3}{2} KT \quad (10.1)$$

teng bo'ladi.

Bu yerda  $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{K \cdot kmol}$  universal gaz doimiysi,  $N = 6,02 \cdot 10^{26} kmol^{-1}$

Avagadro soni. Bundan  $K = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$  Bolsman doimiysi kelib chiqadi.

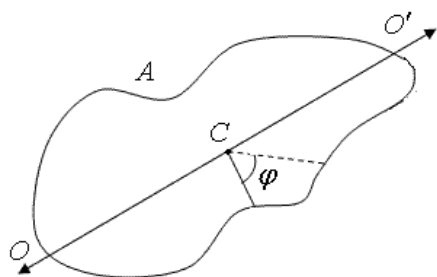
Demak, molekularning ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi faqatgina gazning temperaturasi T bilan aniqlanadi. Gaz isitilganda yoki

sovutilganda, unga biror miqdorda issiqlik berilganda yoki undan olinganda, gaz molekularining harakat energiyasi o'zgaradi.

Ideal gazning ichki energiyasi barcha molekularining tartibsiz harakati kinetik energiyasi bilan belgilanadi. Biz keyinchalik real gazlar uchun molekularning o'zaro ta'sir potensial energiyasini ham hisobga olish zarurligini ko'ramiz. Real gazlarning ichki energiyasi molekularning kinetik energiyasi bilan ularning potensial energiyasining yig'indisiga teng bo'ladi.

Molekularning harakat kinetik energiyasi, umuman aytganda, ularning ilgarilanma harakat kinetik energiyalaridangina iborat emas. U molekularning aylanishi va tebranish kinetik energiyalarining yig'indisidan iborat bo'lishi ham mumkin. Molekularning barcha tur harakatlariga to'g'ri keladigan energiyani hisoblash uchun Erkinlik darajasi tushunchasini kiritamiz.

Jismning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo'lgan erkli koordinatalarning soniga jismning Erkinlik darajasi deyiladi. Chunki moddiy nuqtaning Erkinlik darajasi uchga teng. Moddiy nuqtalarning fazodagi vaziyati, uchta koordinata bilan, masalan to'g'riburchakli to'g'ri chiziqli koordinatalar sistemasida  $x, y, z$ , koordinatalar bilan aniqlanadi.



Qattiq jismning (10.1-rasm) vaziyatini aniqlash uchun:

1. Og'irlik markazi  $C$  ning fazodagi vaziyati;
2. Ma'lum bir  $O'O'$  o'qning yo'nalishi va
3. Qattiq jismning mana shu o'qda biror boshlang'ich vaziyatga nisbatan burilish, burchagi berilgan bo'lishi kerak.

$C$  - Og'irlik markazining vaziyatini aniqlash uchun  $x, y, z$ , uchta koordinata berilishi kerak.  $O'O'$  -O'qning fazodagi yo'nalishini aniqlash uchun yana ikkita koordinata, masalan uchta koordinata o'qidan ikkitasining o'q bilan tashkil qilgan  $\theta$  va  $\varphi$  burchaklari berilishi kerak. Nihoyat, jismning  $O'O'$  o'qda burilish burchagi  $\varphi$  ni aniqlash kerak.

Shunday qilib, qattiq jismning erkinlik darajasi oltiga teng bo'ladi. Agar jismning ayrim qismlari bir-biriga nisbatan siljiy oladigan (tebranma harakat qilsa) u harakatlarni tekshirish uchun yana qo'shimcha erkinlik darajalari kiritiladi va aksincha qattiq jism biror o'q atrofida aylanmaydigan bo'lsa, uning erkinlik darajasi 6 tadan kichik, anig'i 5 ga teng bo'ladi.

Gazning har bir molekulasini ma'lum erkinlik darajasiga ega bo'lib, uning ilgarilanma harakatiga faqat 3 ta erkinlik darajasi to'g'ri keladi.

Gazning molekulari tartibsiz harakatda bo'lganligi sababli, molekulalarga faqat ilgarilanma harakatgina xos bo'lmasdan, balki barcha tur harakatlar



(aylanma, tebranma) ham xosdir. Harakat turlarining barchasi teng qiymatlidir, shu sababli molekulaning har bir erkinlik darajasiga oʻrtacha birday miqdorda  $\bar{E}_0$  energiya toʻgʻri keladi. Bu holat energiyaning erkinlik darajalari boʻyicha birday taqsimlanish qonuni deb ataladi. Bu qonunga asosan gaz molekulasi oʻrtacha energiyasi  $E_0$  ni (10.1) formulaga asosan hisoblash mumkin.

Gaz molekulasi uchta erkinlik darajasiga ega boʻlgan ilgarilanma harakat qilayapti desak,

$$\bar{E} = \frac{3}{2}KT \quad (10.2)$$

Tenglik oʻrnini boʻladi.

Bundan bitta erkinlik darajasiga toʻgʻri keladigan oʻrtacha energiya:

$$\bar{E}_0 = \frac{1}{2}KT = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{N}T\right) \quad (10.3)$$

formula bilan aniqlanadi. Agar gaz molekulasi har birining erkinlik darajasi  $i$  ga teng boʻlsa, u holda har molekulaga

$$\bar{E} = \frac{i}{2}KT = \frac{i}{2}\left(\frac{R}{N}T\right) \quad (10.4)$$

energiya toʻgʻri keladi.

$\bar{E}$  ning bu qiymatini gazni tashkil etgan molekulalarning soniga koʻpaytirsak, gazning toʻla ichki energiyasini topamiz. Agar  $\bar{E}$  ni Avagadro soni  $N$  ga koʻpaytirsak, bir mol gazning ichki energiyasi  $U$  ni topamiz.

$$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{N}TN = \frac{i}{2}RT \quad (10.5)$$

Bu formulaga gazning ichki energiyasini, molekulalarning erkinlik darajasi  $i$  va gazning termodinamik temperaturasi  $T$  orqali ifodalanishi deyiladi.

### Mavzuga doir savollar:

1. Ideal gazning ichki energiyasi deb nimaga aytiladi..
2. Ichki energiyaning erkinlik darajasi boʻyicha taqsimoti qonunini tushuntiring.
3. Erkinlik darajasi nima

### 6-MAJB3Y: Ish va issiqlik miqdori. Termodinamikaning I-qonuni. Gaz hajmining oʻzgarishida bajarilgan ish.

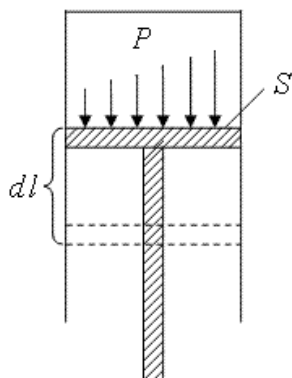
#### Reja

1. Ish va issiqlik miqdori toʻgʻrisidagi tushuncha.
2. Termodinamikaning I-qonuni.
3. Gaz hajmining oʻzgarishida bajarilgan ish.
4. Xulosa.

Sistemaning ichki energiyasini o'zgarishi - sistemalarni o'zaro energiya almashinuvi va atrofmuhit bilan energiya almashinuvi natijasida amalga oshadi. Energiya almashinuvi asosan ikki jarayonda sodir bo'ladi:

- 1) Ish bajarish natijasida
- 2) Issiqlik uzatish natijasida.

Bu jarayonlarni porshen xarakatlanadigan silindr gaz bilan to'ldirilgan holda qaraylik. (11.1-rasm)



11.1-rasm

Porshen ustidagi gaz kengayganda porshen  $d\ell$  masofaga siljiydi va

$$dA = F d\ell \quad (11.1)$$

ish bajaradi, bu yerda  $F$  – gaz kengayganda porshen yuzasiga ta'sir etadigan kuch.

Gaz  $S$  – porshen yuzasiga beradigan bosimini  $P$  – desak, u holda

$$F = P \cdot S \quad (11.2)$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

(11.2) formulani (11.1)ga qo'yamiz

$$dA = PSd\ell \quad (11.3)$$

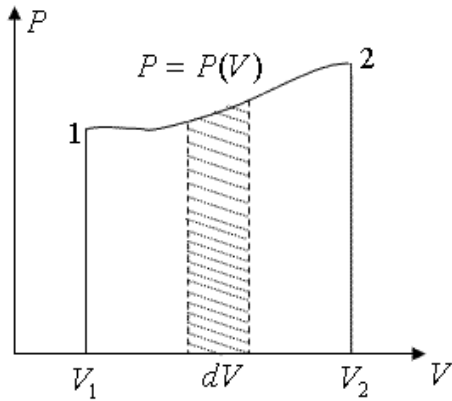
bunda  $Sd\ell = dV$  ga teng.

U holda (11.3) formula

$$dA = PdV \quad (11.4)$$

ko'rinishini oladi. Agar gaz kengayish jarayonida  $dA$  ish bajarsa,  $dV > 0$  bo'lib, musbat ish bajariladi. Porshen gazni siqib  $dA$  ish bajarsa  $dV < 0$  bo'lib, manfiy ish bajariladi. Boshqacha aytganda bu holda atrof muhit ta'sirida (ya'ni porshen xarakati ta'sirida) ish bajariladi.

Agar xajm o'zgarmas  $dV = 0$  izoxorik proses bo'lganda bajarilgan ish ham  $dA = 0$  bo'ladi. 11.2 - rasmda gaz izoxorik prosessda bo'lganidagi holatini grafik ko'rinishida tasvirlaylik.



11.2- rasm

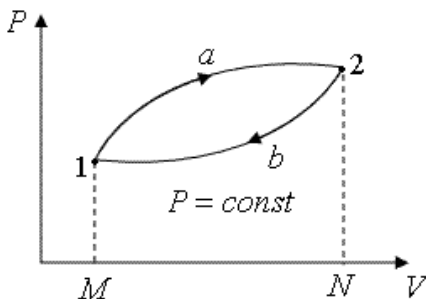
Gaz 12 egri chiziq bo'yicha PV koordinata xajm kengayishida bo'lsin. Gazning xajm  $dV$  ga kengayganda  $dA = PdV$  ish bajariladi. Bu ish sxemada  $dV$  kichkina shtrixlangan zonaga mos keladi. agar gaz kengayishi  $V_1$  dan  $V_2$  gacha xajm kengayishiga nisbatan qaraladigan bo'lsa, u holda bajarilgan ish

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad (11.5)$$

tenglama yordamida aniqlanadi. Agar gaz bosim o'zgarmas ( $p = const$ ) bo'lgan izobarik prosesda ish bajaradigan bo'lsa unda bajariladigan ish

$$A_{12} = P(V_2 - V_1) \quad (11.6)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu prosesda bajarilgan ish grafik holda 11.3-rasmda ko'rsatilganidek ifodalanadi.



11.3-rasm

Bu holda (gaz kengayganda) bajarilgan ish 1 a 2 NM yo'nalishda musbat bo'ladi. gaz 2 B 1MN yo'nalishda siqilib ( $dV < 0$ ) ish bajaridagin bo'lsa, ish manfiy bo'ladi. gazning bajargan to'la ishi

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= 1a2NM \\ S_2 &= 2b1MN \end{aligned} \right\} \text{larni ayirma yuzasi } S \text{ ra teng bo'ladi.}$$

$S = S_1 - S_2 = 1a2NM - 2b1MN = 1a2b1$  ga teng bo'ladi.

Hamda doiraviy sistemada bajarilgan ish

$$\oint dA \neq 0 \quad (11.7)$$

nolga teng bo'lmaydi.

Ma'lumki, har qanday boshqa jism kabi gazni ham har xil usul bilan qizdirish yoki sovutish mumkin. yuzani qaraganda bunda ish xech qanday rol uynamaydiganday ko'rinadi.

Bu usul shandan iboratki, jism o'zining xususiy temperaturasidan boshqa temperaturaga ega bo'lgan biror jismga tegiziladi. Jismlarning bevosita tegizmasdan ular orasidagi biror boshqa muhit, hatto bo'shliq bo'lganda ham shunday natija olish mumkin.

Birinchi holda jismlarning isishi yoki sovushi issiqlik o'tkazuvchanlik yo'li bilan, ikkinchi holda esa nurlanish yo'li bilan amalga oshadi deb gapiriladi.

Bizga ma'lumki, bir atomli sistemalar uchun ichki energiya

$$U = \frac{3}{2}KT \quad (11.8)$$

Formulaga asosan gaz temperaturasining o'zgarishi hamma vaqt energiyaning o'zgarishi bilan bog'liq ekani kelib chiqadi. Bunday o'zgarish ish bajarish natijasida bo'ladi, chunki ishning o'zi energiya o'zgarishidir.

Fizikaning taraqqiyot tarixidan ma'lumki, jism temperaturasining o'zgarishi, «Kontakt» yo'li bilan yoki nurlanish bilan amalga oshirilganda jasmga biror issiqlik miqdori beriladi yoki undan biror issiqlik miqdori olinadi.

Demak issiqlik miqdori jismning ikkinchi jismga bevosita tekkanda yoki nurlanishiga uzatiladigan energiyasidir.

$$1) \quad Q = \lambda \frac{dx}{dt} = \lambda gradt \quad (11.9)$$

$$2) \quad Q = \alpha F(t_2 - t_1)\Delta\tau \text{ bu yerda } \alpha = \alpha_n + \alpha_r \quad (11.10)$$

$\alpha_n$  –nur chiqarish (radiasiya) bilan issiqlik berish koeffisiyenti;  $\alpha_r$  – tegish bilan issiqlik berish koeffisiyenti.

Issiqlik bilan ish (energiya) orasida xech qanday farq yo'q. Shuning uchun bu kattaliklarning har ikkalasi ham bir xil birliklarda o'lchanishi kerak. SI sistemasida issiqlik miqdori Q, J da va Kkal da o'lchanadi.

$$1 \text{ kkal} = 4186,8 \text{ Ж} = 4190 \text{ ж}$$

$$1 \text{ kkal} = 4,19 \text{ ж}$$

Mexanikaviy ish birligining issiqlik birligiga nisbati ifodalovchi son issiqlikning mexanikaviy ekvivalent deyiladi va J bilan belgilanadi

$$J = 4186,8 \text{ j / kkal} = 4,19 \text{ j / kal}$$

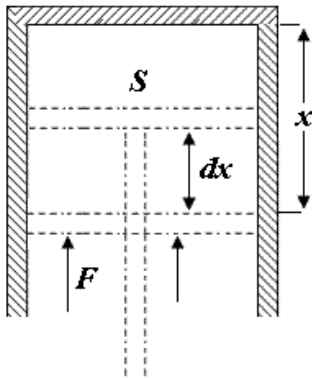
Bu kattalikka teskari kattalik mexanikaviy ishning ekvivalenti deyiladi.

$$J^1 = 2,39 * 10^{-4} \text{ kkal / j} = 0,239 \text{ kal / j}$$

### 3. Termodinamikaning I qonuni

Har qanday jism yoki sistemasining holat o'zgarishi ( bu sistemani ish bajarishi yoki tashqi kuchlar bu sistema ustidan ish bajarishi bilan belgilanadi. Bizga ma'lumki jismlarning (gazning) holati P, V, T parametrlar bilan xarakterlanadi.

Bu parametrlarning ixtiyoriy birining o'zgarishida tashqi ish bajarilishi kerak. Masalan gaz temperaturasi o'zgarishi ya'ni uning isitish yoki sovutishi tashqaridan bajarilgan ish hisobiga amalga oshishi mumkin. gaz silindrda porshen ustida bo'lsin. Mexanikaviy ish hisobidan gaz isqilsa isiydi yoki xajmi kengaysi gaz soviydi. Ammo gazning xajmini uning temperaturasini o'zgarimasdan turib ham o'zgartirish mumkin.(11.4-rasm).



11.4-rasm

Agar gazga (yoki jismga) biror  $dQ$  issiqlik miqdorini berilsa dastlab jismning  $dU$  ( ichki energiyasi o'zgaradi va  $dA$  ish bajaradi. Bunda energiyani saqlanish qonuni shunday ifodalanadi. Sistemaning bajargan ishi sistemaga berilgan issiqlik miqdori bilan ichki energiyasining o'zgarishi orasida-gi farqiga teng:

$$dA = dQ - dU \quad (11.11)$$

yoki

$$dQ = dU + dA \quad (11.12)$$

Bu ifodalar termodinamikaning birinchi qonunining matematik ifodalanishidir. Demak jismga berilgan issiqlik miqdori, shu jismning ichki energiyasini o'zgarishiga va ish bajarishiga sarf bo'lar ekan.

Qo'yilgan  $F$  tashqi kuch, ta'sir qiluvchi  $P(S$  ga teng kuch bo'lib muvozanatlashguncha siqiladi.

Porshen  $dx$  masofaga siljib gazni siqdi deylik, bu holda bajarilgan ish  $dA = Fdx = PSdx$  ga teng bo'ladi. bunda  $Sdx = dV$  tengligini e'tiborga olsak  $Sdx = -dV$  yoki bundan

$$dA = -pdV \quad (11.13)$$

tengligi kelib chiqadi.

Aksincha gaz kengayganda uning xajmi  $dV$  ortganida tashqi

kuchlarga qarshi  $PdV$  musbat ish bajaradi.

$$dA = PdV \quad (11.14)$$

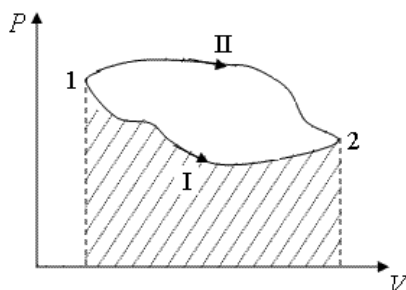
(11.14)  $\rightarrow$  (11.12) qo'yamiz. U holda

$$dQ = du + PdV \quad (11.15)$$

tenglik hosil bo'ladi. P V koordinatada bu jarayonni grafik ko'rinishida ifodalaymiz.  $dA = PdV$  ifodani 1,2 bo'yicha integrallaymiz:

$$A = \int_1^2 dA = \int_1^2 PdV \quad (11.16)$$

Demak jismning hajmi o'zgarganda bajargan tashqi ish jismning boshlang'ich holatdan oxirgi holatiga uni o'tishida bosib o'tgan holat tartibiga bog'liq bo'ladi. yo'lning shakliga bog'liq bo'lmaydi.



11.5-pasm.

$$\int_1^2 dQ = U_1 - U_2 + \int_1^2 PdV \quad (11.17)$$

Bu yerda  $U_1$  va  $U_2$  jism ichki energiyasining mos ravishda 1 va 2 holatlaridagi qiymatlari. Agar  $U_1 = U_2$  bo'lsa, u holda holat o'zgarishi prosessda aylanma yoki sikli holat deyiladi. Bu holda bajarilgan ish

$$A = \oint PdV \quad (11.18)$$

musbat bo'lsa, ya'ni agar jismning o'zi tashqi kuchlarga qarshi ish bajargan bo'lsa, u holda bu jism tashqaridan  $Q_{ng}$  issiqlik olganini bildiradi.

Agar bir siklda bajarilgan ish  $A$  ish manfiy bo'lsa ya'ni tashqi kuchlar jism ustidan ish bajarilgan bo'lsa u holda bu ishga teng  $Q$  issiqlik miqdori ajraladi. Demak siklda  $Q=A$  ga teng bo'ladi. Agar sistema tashqi muhitdan ajratilgan bo'lsa, aylanma siklda ish bajara olmaydi, shuning uchun  $\oint dU = 0$  bo'lib, termodinamikaning birinchi qonuni

$$\oint dA = \oint dQ \quad (11.19)$$

bo'lib,  $A=Q$  teng bo'ladi, ya'ni aylanma siklda bajariladigan ish tashqiridan berilgan ekvivalent issiqlik miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Bundan o'zi olgan energiyadan ortiq ish bajara oladigan davriy xarakterli mexanizm yaratish mumkin emasligi kelib chiqadi. O'zi olgan energiyadan ortiq ish bajara oladigan fikriy (faraz qilingan) mexanizm birinchi tur abadiy dvigatel deb ataladi. Shuning uchun Termodinamikaning birinchi asosiy qonunini yana shunday ifodalash mumkin; birinchi tur abadiy dvigatel qurish mumkin emas. Shu munosabat bilan aytish mumkinki, termodinamika birinchi asosiy qonunining kashf etilishi abadiy dvigatel qurish haqidagi ko'plab bexuda urinishlarga chek qo'ydi.

Termodinamikaning I-qonuni odatda energiyani saqlanish qonuni bo'lib ochildirish tarixiy jihatdan, biror ko'rinishdagi energiyani sarflamay tashqaridan issiqlik olmay ish bajara oladigan mashinani qurish yo'ldagi urinishlarning oqibasiz bo'lib chiqishi bilan bog'liq edi. Bunday mashina termodinamikada birinchi xil perpetuum mobile deb ataladi. Termodinamikaning birinchi bosh qonuni shunga asosan qo'yidagicha ta'riflanadi: birinchi xil perperuum mobilni, ya'ni bir davr davomida tashqaridan olingan energiya miqdoriga qaraganda ko'proq miqdorda ish bajaradigan davriy harakat qiluvchi mashinani qurib bo'lmaydi. Uzatilgan issiqlik bilan ish orasidagi ekvivalentlikning prinsipial va nazariy mohiyati Robert Mayer (1814-1878), V.Tomson (1824-1907), Klauzius (1822-1888) va bir qator boshqa fiziklar tomonidan aniqlangan.

Energiyaning saqlanish qonuni ilgari taxmin qilinar edi. M.V.Lomonosov 1748 yilda moddaning saqlanish qonunini bayon qilar ekan, tabiatda harakatning saqlanish haqidagi qonunini quyidagicha ta'riflab borgan edi. U «Tabiatda uchraydigan hamma o'zgarishlar shunday sodir bo'ladiki, biror jismdan qancha miqdor nimadir olinsa, boshqa jismga shuncha miqdor qo'shiladi». Energiya saqlanish qonunining miqdori jihatidan ta'riflanishi 100 yil o'tgach va turli ko'rinishdagi energiyalarning ir-biriga aylanishi bilan bog'liq bo'lgan juda ko'p proseslar kashf qilingandan keyin Robert Mayer va Gelmgols (1821-1894) tomonidan bajarildi.

**Mavzuga doir savollar:**

1. Ish va issiqlik miqdori nima?
2. Termodinamikaning I-qonunini tushuntirib bering.
3. Gaz xajmining o'zgarishida qanday ish bajariladi.

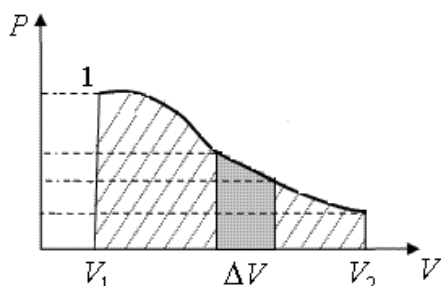
**7-MAБ3Y: Ideal gazlarning issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi. Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha. Politropik jarayon.**

Reja:

1. Adiabatik proseslar.
2. Ideal gazlarning issiqlik sig'imi.
3. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.

4. Issiqlik sig'iminin kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha.
5. Politropik jarayon.
6. Xulosa.

Silindrda porshen ostida R1 bosimdagi V1 hajmidan R2 bosimdagi V2 kengayotgan gazni ko'z oldimizga keltiraylik(13.1rasm). Grafiklari bu proses 1-2 egri chiziq bilan ifodalanadi.



Kengayishning juda kichik  $\Delta V$  intervalini ko'ramiz, uning uchun bosimi taxminan doimiy va  $R$  ga teng deb olishimiz mumkin. Gazning kichik kengayishida bajarilgan ish  $R\Delta V$  ga teng. Grafikdan bu ishning miqdori kengligi  $\Delta V$  bo'lgan tor poloskaning yuziga teng ekanligi ko'rinib turibdi. Hajmning  $\Delta V_1$  va  $\Delta V_2$  gacha to'la o'zgarishini  $n$  ta kichik  $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3, \dots, \Delta V_n$  intervallarga bo'lib, gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan to'la  $A$  ishning miqdori barcha  $n$ -poloskalar yuzining yig'indisiga teng ekanini, ya'ni 1-2 egri chiziq,  $P_1$  egri chiziq va absissalar o'qi bilan chegaralangan yuzga teng ekanini keltirib chiqamiz:

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} P_i \Delta V_i$$

Endi chekli kichik  $\Delta V$  intervaldan cheksiz kichik  $dV$  intervalga o'sak, bu intervallarning har biridagi ish cheksiz kichik

$$dA = PdV \quad (13.1)$$

ga teng bo'ladi. bu tenglikni  $\Delta V_1$  dan  $\Delta V_2$  gacha chegaralarda integrallab gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan to'la ishning ifodasini topamiz;

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad (13.2)$$

Ma'lumki bir Kilomol ideal gaz hajmining izotermik o'zgarishida bajarilgan ishni hisoblashda Mendeleev - Klapeyron qonuniga muvofiq,

$$P = \frac{RT}{V}$$

$P$  ning bu ifodasini (13.2) formulaga qo'yib va izotermik prosessda  $T = \text{const}$  ekanligini nazarga olib, qo'yidagi ifodani hosil qilamiz:



$$A = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV = RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = RT(\ln V_2 - \ln V_1),$$

yoki  $m$  - massali gaz uchun

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (13.3)$$

formulani olamiz. Bu formulaga gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ishni hisoblashni matematik ifodalanish deyiladi. Gaz hajmining izobarik ( $r = \text{const}$ ) o'zgarishida bajarilgan ish yana ham osonroq hisoblanadi:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P \int_{V_1}^{V_2} dV = P(V_2 - V_1) \quad (13.4)$$

Boyl-Mariott qonuniga asosan  $P_1 V_1 = P_2 V_2$  bo'lgani uchun  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$  tenglik o'rinli bo'lib, bu ifodani (13.3) formulaga quysak u holda

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (13.4')$$

formula hosil bo'ladi.

Sistema bilan atrof muhit o'rtasida issiqlik almashinuvsiz bo'ladigan proseslar adiabatik proseslar deyiladi. Bu holda  $dQ = 0$  va termodinamikani birinchi asosiy qonunining formulasi shunday ko'rinishga keladi:

$$dA = -dU \quad (13.5)$$

Minus ishorasi adiabatik kengayishda sistemaning ichki energiyasi kamayishini ko'rsatadi; sistema o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Adiabatik siqish holida sistemaning ichki energiyasi tashqi kuchlar bajargan ish hisobiga ortadi. Shuning uchun  $dU$  musbat bo'ladi, ibroq  $dA$  manfiy qiymat qabul qiladi.

Devorlari va porsheni mutlaqo issiqlik o'tkazmaydigan idishlarga qamalgan bir kilomol ideal gazdan iborat sistemadagi adiabatik prosesni ko'raylik. Ma'lumki bir kilomol ideal gazning ichki energiyasi

$$U = C_V T \quad (13.6)$$

ge teng, bu yerda  $C_V$  - o'zgarimas hajmdagi mol issiqlik sig'imi,  $T$  - temperatura  $C_V$  - доимий kattalik bo'lgani uchun (13.6) tenglikni differensiallab, shunday ifoda olamiz

$$dU = C_V dT \quad (13.7)$$

(13.1) formuladan  $dA$  ning va (13.7) formuladan  $dU$  ning ifodalarini olib, (13.5) formulaga qo'yamiz.

$$PdV = C_v dT$$

Mendeleev -Klapeyron qonunidan foydalanib R ni  $\frac{RT}{V}$  ga almashtiramiz:

$$\frac{RT}{V} dV = -C_v dT \text{ yoki } \frac{R}{C_v} - \frac{dV}{V} = -\frac{dT}{T}$$

Bundan gaz hajmining adiabatik o'zgarishida uning temperaturasi ham o'zgarishi kelib chiqadi. Bu tenglikni  $V_1$  va  $V_2$  gacha chegaralarda va mos ravishda  $T_1$  dan  $T_2$  gacha integrallab, quyidaagi tenglikni hosil qilamiz.

$$\frac{R}{C_v} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = - \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T},$$

bundan

$$\frac{R}{C_v} (\ln V_2 - \ln V_1) = \ln T_1 - \ln T_2$$

yoki

$$m \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{R}{C_v}} = m \frac{T_1}{T_2} \quad (13.7^1)$$

Bu tenglikni potensirlab

$$\frac{R}{C_v} = \frac{C_p - C_v}{C_v} = \gamma - 1 \quad (13.8)$$

ekanligini nazarga olib, R.Mayer formulasini hosil qilamiz:

$$C_p = C_v + R$$

holda

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i + 2}{i}$$

ekanligini e'tiborga olsak (13.7<sup>1</sup>) formula

$$\left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (13.9)$$

va

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad (13.10)$$

yoki, nihoyat

$$TV^{\gamma-1} = const \quad (13.11)$$

formula ideal gazdagi adiabatik prosessni ta'riflovchi Puasson qonunini ifodalaydi. Puasson qonuni xulosasi: gazni adiabatik kengaytirishda uning temperaturasi pasayadi, adiabatik siqishda esa ko'tariladi.

Adiabatik prosessda bajarilgan ishni hisoblash jarayoni Boyl-Mariott qonuniga bo'ysunmaydi.

$$C_v dT + PdV = 0 \quad (13.12)$$

Bu formuladan  $T$  – temperaturani chiqarish kerak. Buning uchun gazning holat tenglamasi  $PV = RT$  ni differensiallaymiz.  $PdV + VdP = RdT$  dan  $dT$  – ni topamiz.

$$dT = \frac{PdV + VdP}{R} \quad (13.13)$$

bu tenglikni (13.12) ga qo'yamiz.

$$C_v \frac{PdV + VdP}{R} + PdV = 0 \quad (13.14)$$

bu yerda  $R = C_p - C_v$  ekanligidan foydalanamiz

$$\begin{aligned} C_v \frac{PdV - VdP}{C_p - C_v} + PdV &= 0 \\ C_v (PdV - VdP) + P(C_p - C_v)dV &= 0 \\ C_v PdV - C_v VdP - PC_p dV + PC_v dV &= 0 \end{aligned}$$

bundan

$$C_v VdP + C_p PdV = 0 \quad (13.15)$$

Shuningdek,

$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$  deb belgilasak u holda (13.15) formuladan

$$\frac{dP}{P} + \gamma \frac{dV}{V} = 0 \quad (13.16)$$

tenglik o'rnini bo'lib, uni integrallaymiz:

$$\begin{aligned} \int \frac{dP}{P} + \gamma \int \frac{dV}{V} &= 0 \\ \ln P + \gamma \ln V &= \text{const} \end{aligned}$$

bundan

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (13.17)$$

formula hosil bo'ladi.

Bu formula hajmi adiabatik o'zgarish prosessda ideal gaz bosimi va hajmi orasidagi bog'liqlikni xarakterlovchi Puasson tenglamasi deyiladi.

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  – adiabatik ko'rsatgich;  $C_p > C_v$  bo'lganda  $\gamma > 1$  bo'ladi. Shuning

uchun bosimning hajmiga bog'lanish grafigi giperbola bo'lmasligi aniq.  $\gamma > 1$  bo'lgani uchun adiabatik prosessda  $P = f(V)$  egri chiziq adiabat deb ataladi

Gaz holat tenglamasi

$$PV = RT \text{ dan}$$

$$V = \frac{RT}{P} \text{ ni (13.17) ga qo'yamiz} \quad P \left( \frac{RT}{V} \right)^\gamma = \text{const} \text{ va demak}$$

$$T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{const} \quad (13.18)$$

ko'rinishdagi Puasson tenglamasi hosil bo'ladi. Bu tenglamani har ikkala tomonini  $\frac{1}{\gamma}$  darajaga ko'taramiz. U holda (13.18) tenglama:

$$TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const} \quad (13.19)$$

ko'rinishidagi Puasson tenglamasi ifodalanadi (13.17), (13.18) va (13.19) formulalarga asosan gaz hajmining adiabatik o'zgarishida bajarilgan ishni:

$$A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) = C_v (T_1 - T_2) \quad (13.20)$$

formula ko'rinishida ifodalash mumkin. Demak, adiabatik prosessda gazning bajargan ishi gaz temperaturasining o'zgarishiga proporsional ekan. Bu yerda

$$\frac{R}{\gamma - 1} = C_v \quad (13.21)$$

ekanligini e'tiborga olindi.

Molekulyar fizikada politropik proses muhim jarayon ekanligini e'tirof etish kerak. Politropik proses deb,  $S$  - issiqlik sig'im o'zgarish va  $dQ/dT$  ga teng bo'lib, qoladigan har qanday holat o'zgarishiga aytiladi:

$$C = \frac{dQ}{dT}, \text{ yoki } dQ = CdT$$

Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan

$$dQ = CdT = C_v dT + PdV$$

bunda

$$(C - C_v) dT = PdV \quad (13.22)$$

Ma'lumki, (13.13) formuladan

$$dT = \frac{PdV + VdP}{R}$$

tengligini (13.22) chi formulaga qo'yamiz va  $C_p - C_v = R$  ekanligini e'tiborga olsak

$$\frac{C - C_v}{C_p - C_v} (PdV + VdP) = PdV$$

bo'lib, bundan

$$\left( \frac{C - C_v}{C_p - C_v} - 1 \right) PdV = - \frac{C - C_v}{C_p - C_v} \cdot VdP \quad (13.23)$$

va soddalashtirish bilan

$$\frac{C - C_p}{C_p - C_v} \cdot \frac{dV}{V} = - \frac{C - C_v}{C_p - C_v} \cdot \frac{dP}{P}$$

tenglikni hosil qilamiz va uni integrallaymiz va potensirlaymiz

$$\ln P + \frac{C - C_p}{C - C_v} \ln V = const$$

bundan

$$\frac{C - C_p}{C_p - C_v} = n \text{ politropik ko'rsatgich deyiladi. Demak,}$$

$$PV^n = const \quad (13.24)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Gaz adiabatik siqilganda esa adiabatik siqilish koeffitsiyenti

$$X = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dP} \quad (13.25)$$

formula bilan ifodalanadi, bu yerda  $X = -\frac{1}{P}$  ga tengligini e'tiborga olsak,

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma \text{ ga teng, shunga asosan} \quad X = -\frac{1}{\gamma P}$$

$$(13.26)$$

teng bo'ladi va X - adiabatik siqiluvchanlik,  $\gamma$  - esa izotermik siluvchanlik deyiladi.

Amalda adiabatik prosslarni amalga oshirishning ikki yo'li bor 1) gaz hajmini juda tez o'zgartirish va 2) juda katta massani gaz hajmining o'zgartirish. Har ikki holda ham sistema (gaz) bilan atrof muhit orasida unchalik issiqlik almashinishi bo'lmaydi, bu sistema bilan muhit orasida issiqlik izolyasiyasi yaxshi bo'lishi bilan barobardir.

Birinchi yo'l bilan adiabatik prosesni amalga oshirishga velosiped kamerasiga nasos bilan tez dam berish misol bo'la oladi. Havoni ko'p martalab tez-tez siqilishida ajralgan issiqlik miqdorining ancha qismi atrof muhitga o'tishga ulgura olmaydi, buning natijasida nasos sezilarli darajada qizishi ma'lum.

Ichki yonuv dvigateli silindrida yonilg'i aralashmaning kengayishi va siqilishi singari proseslarni ham adiabatik proses deyish mumkin. Dizelda siqish prosesning adiabatik xarakteri ayniqsa ravshan namoyon bo'ladi. Dizelda o't oldiruvchi (svecha) bo'lmaydi: aralashma adiabatik isish natijasida o'z-o'zidan alanganib ketadi.

Katta massali gazlarning adiabatik proseslariga kelganda shuni aytish kerakki, ular tabiatda keng tarqalgan. Agar, masalan, haydalgan shudgorning juda katta uchastkasi-A, suv havzasi-B va o'rmon massiva-C bilan chegaralangan bo'lsa, havo ochiq bo'lgan yoz kunlari shudgor qo'shni uchastkalardan kuchliroq qiziydi. Shudgor ustidagi havo massasi A ham qo'shni B va C massalarga nisbatan kuchliroq qiziydi, ularga qaraganda yengilroq bo'lib ko'tarilsa boshlaydi (konveksiya). Atmosferaning bosimi yuqoriga ko'tarilgan sari kamayib borgani uchun, havo massasi ko'tarilgan sari kengayadi va demak, adiabatik soviydi. Uning temperaturasi shudring nuqtasigacha pasaygach, havo massasidagi suv bug'i kondensasiya yadrolarida kondensasiyalana boshlaydi. Issiq kunlarda tush vaqtda paydo bo'ladigan D pag'a-pag'a bulutlar hosil bo'ladi, ularni «yaxshi ob-havo bulutlari» deb bejiz aytilmaydi.

#### **Mavzu yuzasidan savollar.**

1. Gaz hajmini o'zgarishida bajarilgan ish mohiyatini tushuntirib bering.
2. Adiabatik jarayonni qanday tushunasiz.
3. Issiqlik sig'imi tushunchasi nima maqsadda kiritilgan.
4. Ideal gazning issiqlik sig'imi qanday fizik kattaliklarga bog'liq.
5. Ideal gazlar issiqlik sig'imlarining tajriba natijalaridan chetlashishining mohiyati nimada?

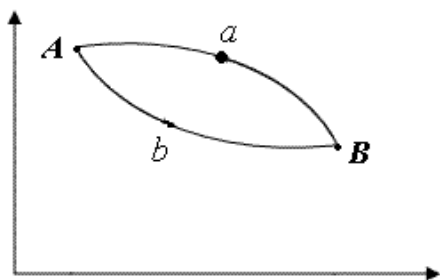
#### **8-MAБ3Y: Termodinamika elementlari Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish. Tsiklik jarayon va tsikl ishi.**

##### **Reja:**

1. Issiqlik mexanik ishga aylanishi
2. Siklik jarayon va sikl ishi
3. Termodinamikaning II - qonuni.
4. Xulosa.

Bizga ma'lumki, mexanika va energiya issiqlikka aylanishda bu proses juda sodda holda ro'y beradi. Mexanikaviy energiyaning hammasi issiqlikka aylanadi. Bunday aylanishda qancha kolloriya hosil bo'lishini bilan uchun joullar sonini 0,239 ga ko'paytirish kifoya. (Mexanika va ishning issiqlik ekvivalenti).

Bunday foydalanish koeffitsiyenti hamma vaqt birga teng, ammo teskari proses ancha murakkab ekanligini bilamiz. Shuningdek issiqlikning ishga aylantiruvchi real mavjud bo'lgan qurilmalar (bug' mashinalari, ichki yonuv dvigatellari va x.k) ma'lumki, sikllik ravishda ishlaydi, ya'ni ularda issiqlikni uzatish (berish) va uni ishga aylantirish processorlari davriy takrorlanib turadi. Buning uchun ish bajarayotgan jism manbadan issiqlik olgandan so'ng, yana xuddi shundan prosesni qaytadan boshlash uchun o'zining dastlabki holatiga qaytishi kerak, boshqacha aytganda bu jism aylanma proseslarni bajarishi kerak. Bunday proses sikl deyiladi. Agar jismning holati uning bosimi va hajmi, orqali xarakterlansa u holda bu holat grafik ravishda P-V diagraamdagi AB nuqtalar bilan ifodalanadi.



17.1 -rasm

Xolatning o'zgarishi bunda diagrammada chiziq bilan, masalan: 17.1 - rasmdagi A va B chiziq bilan ifodalanadi. Aylanma proses (sikl) yopiq egri chiziq masalan A,b va B,a egri chiziq bilan ifodalanadi. Bu sikl davomida bajarilgan ish bu yopiq egri chiziq bilan chegaralangan yuzaga teng bo'ladi. 1854 yil V.Tomson (Kelvin): biror jismdan olingan issiqlikni boshqa qandaydir jism yoki jismlarda hech qanday o'zgarishi vujudga keltirmaydi, yagona mexanikaviy ishga aylantirib beruvchi Sikllik prosesni amalga oshirish mumkin emas degan edi. Bu prinsip issiqlik mashinalarining ishlashiga tegishli ko'p sonli tajribalar asosida isbotlangan.

Birinchi dan ishchi jism ikkinchi dan issiqlikning manbai ya'ni - isitgich, uchinchi dan issiqlik uzatiladigan pastroq temperaturali jism - sovuqgich bu jarayonni asosini tashkil etadi. Sikllik mashinada ish bajarish uchun turli temperaturali ikki jism qatnashishi shart degan tasdiq Karno prinsipi deyiladi. Bu prinsipga asosan issiqlik mashinasi (sikllik mashina) faqat issiqlik manbai va ishchi jism bilan qanoatlanib qola olmaydi. Agar faqat ishchi jism va issiqlik manbai bilangina qanoatlanib qolishi mumkin bo'lganda edi, u holda ish bajarish uchun dengiz va okeanlarnin suvlari, yer qobig'i, yer atmosferasi singari amalda cheksiz issiqlik miqdori olish mumkin bo'lgan «manbalardan» foydalanish mumkin bular edi. Bunday manbalarning issiqligi hisobiga

ishlaydigan va hech qanday yoqilg'i talab qilmaydigan mashina, abadiy dvigatel singari ahamiyatga ega bo'lar edi va bunday mashina ikkinchi tur abadiy dvigatel deb atalar edi. Biroq bunday mashinani energiyaning saqlanishi qonuni «tasdiqlaydi». Bunda ish issiqlik hisobiga bajariladi. Ammo tajriba bunday mashinani yasalishi mumkin emasligini ko'rsatadi. Sikllik issiqlik mashinasining ishlashi uchun sovutgich temperaturasi issiqlik manbaining temperaturasidan past bo'lgan jism kerak bo'ladi. Odatda atmosferaning o'zi sovutgich bo'lib xizmat qiladi.

2. Sikllik jarayoni uchun bilamizki, uchta jism: Issiqlik olinayotgan issiqlik manbai (isitgich), issiqlik beriladigan sovuqroq jism (sovutgich) va issiqlikning berilishi va ishining bajarilishida vositachi bo'lgan ishchi jism bo'lishi kerak.

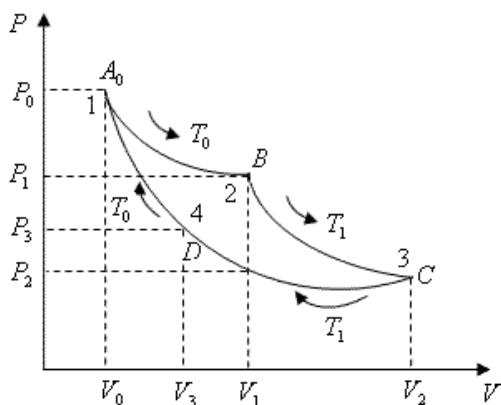
Ishchi jismda amalga oshadigan aylanma prosessni bu jismning biror bosimgacha siqilib isitgich bilan kontaktda bo'lgan paytidan ya'ni demak, uning  $T_0$  ga teng temperaturaga ega bo'lgan paytidan boshlaymiz (2-rasmdagi A). Temperaturalar farqi bo'lmagani uchun bunda issiqlik o'tkazuvchanlik prosesi bo'lmaydi. Ish bajarilmasdan issiqlik berish prosesi ham bo'lmaydi. Buzning maqsadimiz maksimal ish olish bo'lgani uchun siklda bunday prosesslar bo'lishiga yo'l quymasligimiz kerak. Endi ishchi jismga isitgich bilan kontaktni uzmagani holda kegayishi va biror jismni masalan: porshenni siljitish uchun imkon beramiz. Demak, kengayishi izometrik kengayishi bo'ladi (17.1-rasmdagi A V egri chiziq).

Bunda ish bajariladi.

Bu ish isitgichdan olingan issiqlik hisobiga bajariladi, biroq isitgichning issiqlik sig'imi katta bo'lgani uchun u o'z temperaturasini o'zgartirmaydi.

Ishchi jism olingan issiqlikni sovutgichga berishi kerak. Sovutgichga bu issiqlikni ishchi jismni bevosita sovutgich bilan tegizib amalga oshirib bo'lmaydi chunki izotermik kengaygan ishchi jismning temperaturasi sovutgichning temperaturasidan baland bo'ladi va bevosita kontaktda issiqlik uzaytirilganda foydali ish bajarilmaydi. Shuning uchun dastlab ishchi jismni sovutgich temperaturasigacha sovutish va so'ngra unga tegizish kerak. Ishchi jismni sovutish uchun esa u isitgichdan izolyasiya qilinishi va so'ngra sovutgich temperaturasiga tenglashguncha adiabatik kengayishiga (17.2 rasm CD egri chiziq) imkon berish kerak.





17.2 rasm

(Adiabatik) kengayishida jismlar soviydi. Bu ikkinchi bosqichda jism kengayib masalan porshenni siljitib qo‘shimcha mexanikaviy ish bajaradi. Shunday yo‘l bilan ishchi jism sovutilgandan keyin u sovutgichga tegiziladi. Shu bilan siklning birinchi yarimi tamom bo‘ladi, bunda jism isitgichda olingan issiqlik hisobiga foydali ish bajaradi.

Endi ishchi jismni dastlabki xolatiga kaytarish, ya’ni dastlabki bosim va temperaturani teklash kerak. Demak ishchi jism sikilishi va kaytadan isitgich bilan kontaktda bulishi kerak. Bunda ham dastlabki bosqichga kaytarish jarayoni ikki bosqichda bajariladi.

dastlab izotermik siqiladi - CD egri chizik. sungra adiabatik siqiladi. AD - egri chizik va nixoyat sikl tugaydi.

Demak aylanma proses ikki izotermik va ikki adiabatik kengayishi hamda sikilishdan iborat bo‘ladi. Kengayishlarda ishchi jism foydali ish bajaradi: sikilishlar esa, aksincha tashki kuchlar jism ustidan bajarilgan ishi hisobiga bo‘ladi.

Bu xolda butun sikl kaytuvchanlik ykli bilan amalga oshiriladi (ya’ni proses juda sekin kvazistatik bulsin) bunday ishchi jism ustida bajarilgan ishni 1824 yil fransuz olimi Sadi Karno birinchi bo‘lib bayon etdi. Shuning uchun uning sharafiga Karno sikli deyiladi. Ishchi jism sifatida ideal gaz olingan.

$$1) T_0 > T_1 \quad Q_0 = P_0 V_0 / R, \quad T_1 - \text{sovutgich temperaturasi}$$

I - bosqich:

AV - izotermik kengayishida bajarilgan A1 ish

$$A_1 = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_0} = Q_0 \quad (17.1)$$

teng bo‘ladi, bu yerda  $Q_0$  -gazning isitgichdan olgan issiqlik miqdori.

II - bosqich:

BC - adiabatik kengayish  $T_0=T_1$  proses tuxtasada gaz kengayganda

$$T_0 V_1^{\gamma-1} = T_1 V_2^{\gamma-1} \quad (17.2)$$

tenglik urinli bo‘ladi. Shuningdek

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_0}{T_1} \quad (17.3)$$

tenglikdan  $V_2$  topish mumkin.

II - bosqichda gazning bajaradigan iishi  $A_2$

$$A_2 = \frac{RT_0}{\gamma-1} \left[ 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \right] = \frac{R(T_0 - T_1)}{\gamma-1} \quad (17.4)$$

teng bo'ladi. III - bosqichda, shundan keyin gazning hajmi  $V_2$  va  $V_3$  gacha izotermik siqiladi. Bunda gaz bajarilgan ish  $A_3$  ga teng bo'ladi.

$$A_3 = RT_1 \ln \frac{V_3}{V_2} = -RT_1 \ln \frac{V_2}{V_3} = -Q_1 \quad (17.5)$$

va  $Q_1$  issiqlik ajralib chikadi.

IV - bosqichda gaz adiabatik sikaladi dastlabki  $P_0, V_0$  holatga qaytadi:

$$\left(\frac{V_3}{V_0}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_0}{T_1} \quad (17.6)$$

tenglikdan  $T_1 V_3^{\gamma-1} = T_0 V_0^{\gamma-1}$

Sikl oxirida IV - bosqichda adiabatik sikishda bajarilgan

$$A_4 = \frac{R(T_1 - T_0)}{\gamma-1} = -\frac{R(T_0 - T_1)}{\gamma-1} \quad (17.7)$$

ga teng bo'ladi.

Siklning natijasi nima bo'ladi?

Uning issiqlikning mexanikaviy ishga aylantirishdan iborat maksadi kay darajada bajariladi?

Gazning bajarigan va gaz ustida umumiy ish  $A$  ning

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (17.8)$$

ga teng bulishi uz-uzidan ravshan

(18.1), (18.4), (18.5) va (18.7) tengliklardan quyidagini olamiz:

$$A = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_0} + \frac{R(T_0 - T_1)}{\gamma-1} - RT_1 \ln \frac{V_2}{V_3} - \frac{R(T_0 - T_1)}{\gamma-1} = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_0} - RT_1 \ln \frac{V_2}{V_3} \quad (17.9)$$

(18.3) va (18.6) tenglik ung tomoni teng shuning uchun:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_0}, \quad \text{yoki} \quad \frac{V_1}{V_0} = \frac{V_2}{V_3} \quad \text{ekanligi kelib chiqadi.}$$

Bu munosabatni  $r$  orkali belgilaymiz. U xolda

$$\ln \frac{V_1}{V_0} = \ln \frac{V_2}{V_3} = \ln r \quad (17.10)$$

$V_1 > V_0$  va  $V_2 > V_3$  bo'lgani uchun. Demak umumiy ish

$$A = R(T_0 - T_1) \ln r \quad (17.11)$$

teng bo'lib,  $T_0 > T_1$  bo'lgani uchun  $A > 0$  demak ishchi jismning isitgichdan olgan  $Q_0$  issiqdik miqdoriga teng emas.

Isitgich bergan

$$Q_0 = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_0} \quad (17.12)$$

issiqlik miqdoridan

$$Q_1 = -RT_1 \ln r \quad (17.13)$$

ga teng bo'lgan bir kism gazning  $V_2$  hajmdan  $V_3$  hajmgacha izotermik siqishda sovitgichga berilgan edi. shunday kilib, olingan issiqlikning

$$Q_0 - Q_1 = R(T_0 - T_1) \ln r = A \quad (17.14)$$

ga teng bo'lgan kismigina foydali ishga aylantirishga erishalid.

Demak

$$\frac{Q_0}{T_0} = R \ln \frac{V_1}{V_0},$$

tenliklardan

$$\frac{Q_0}{T_0} - \frac{Q_1}{T_1} = 0 \quad \frac{Q_0}{T_0} = \frac{Q_1}{T_1} \quad (17.15)$$

tenglik urinli bo'ladi.

Bundan  $\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{T_0}{T_1}$  tenglikka asosan

$$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \quad (17.16)$$

Issiklik mashinasining F.I.K ning aniqlashga erishamiz.

$\eta=1$  bo'lgan issiqlik dvigateli g'oyat manfaatli bo'lar edi. Chunki bunday dvigatel ikki jism issiqroq jismning (isitgichning) va sovuqroq jismning (sovitgichning) mavjud bo'lishini talab qilinadi.

Bunday dvigatel ikkinchi xil perpetuum mobele degan nom olar edi. Biroq faqatgina isitgichdan bir marta olgan  $Q_0$  issiqlik hisobidan davriy  $A=Q_0$  ish bajaradigan issiqlik mashinasini yasash yo'lidagi barcha urinishlar hamma vaqt muvoffaqiyasizlikka uchrab keladi.

Fransuz fizigi Sadi Karno 1824 yilda o'zining «Olovning xarakatlantiruvchi kuchi haqida mulohazalar» degan asarida ( ideal gaz ustida bajarilgan va gaz hajmining adiabatik va izotermik o'zgarishlaridan iborat bo'lgan ayirma prosesda (agar sovitgichning temperaturasi absolyut noldan yuqori bo'lsa) issiqlikning isitgichdan sovitgichga uzatilmasligi mumkin emas, degan xulosaga keldi.

Klauzius bilan V.Tomson keyinchalik Karnoning xulosalarini quyidagicha umumlashtiradi. Biror bir manbadan bir marta olingan issiqlik hisobida davriy ishlashi mumkin emas degan issiqlik mashinasi to'g'risidagi prinsipga(birdan-bir natijasi manbalardan bittasidan olingan issiqlik hisobiga ish hosil qilishdan iborat bo'lgan davriy prosesni vujudga keltirib bo'lmaydi. Bu prinsip Termodinamikaning II ( bosh qonuni deb nom oldi. Termodinamikaning II ( bosh qonunini butun koinotga va cheksiz katta vaqt oralig'iga umumlashtirish xatodir.

Mavzuga doir savollar:

1. Issiklikni mexanik ishga aylanishini tushuntiring.
2. Siklik jarayon va sikl ishi nima.
3. Termodinamikaning II – qonunini aytib bering.

**9-MAБ3Y: Termodinamikaning II-qonuni. Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsienti (F.I.K.)**

**Reja**

1. Issiqlik mashinalari va ularning f.i.k.
2. Karno sikli va uning f.i.k.
3. Karno teoremlari.
4. Xulosa.

Issiqlik mashinalarida sodir bo‘ladigan jarayonlarda uzatiladigan issiqlik miqdori hisobida A ish bajariladi va bunda energiya saqlanish qonuni bajariladi. Tashqaridan olingan va tashqariga qaytarib berilgan issiqlik miqdorining qiymatlari orasidagi  $Q_0 - Q_1$  ayirma hosil qilingan A ishga teng.

Isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining qancha qismi A ishga aylaganini bilish katta amaliy ahamiyatga egadir. Chunki sovitgichga berilgan  $Q_2$  issiqlik miqdorining amaliy ahamiyati yo‘q. Shuning uchun F.I.K. tushunchasi kiritiladi.

$$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \quad (18.1)$$

Bu foydali ish koeffitsiyentini hisoblashda o‘tgan mavzudagi ikkinchi rasmdagi siklni bajarilishida ishlarni hisoblagan edik, 4 ta bosqichdan iborat bo‘lgan bu siklda ishlovchi modda biror manbadan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdori hisobga A ishni bajaradi. Shuningdek bu jarayonda  $Q_1$  issiqlik miqdori sovitkichga berilishini ko‘rdik. Bu proses murakkab harakterlidir. Demak, bu jarayonda sovitgichga bajaradigan  $Q_1$  issiqlik

$$Q_1 = Q_0 - A \quad (18.2)$$

bilan aniqlanishini o‘rgandik. Bunda A-ish isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining qanday qismini tashkil qilishini aniqlash muhimdir. (18.1) formuladan  $\eta$ -birga qancha yaqin bo‘lsa, ya’ni A ish olingan issiqlik miqdorining qanchalik katta qismini tashkil qilsa, mashina shunchalik ko‘p manfaatli bo‘ladi.

Biz o‘tgan mavzuda Karno siklini ko‘rib, bu jarayon ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo‘lgan qaytuvchan aylanma proses ekanligini bilgandik (18.1-rasm).

1 holat hajm  $V_0$ , bosim  $P_0$  va temperatura  $T_0$  bilan xarakterlanadi. 1 mol ideal gazni ishlovchi modda sifatida olib Karno siklini o‘rganamiz. Gaz 2-holatni olguncha hajm  $V_1$ , bosim  $P_1$  bilan izotermik ( $T = \text{const}$ ) kengayishiga majbur

qilamiz: gaz izotermik kengayishi vaqtida isitgichdan  $Q_0$  issiqlik miqdorini oladi va  $A_1 = Q_0$  ish bajaradi.

Gaz 2-hajmdan boshlab, hajmi  $V_2$  bosim  $P_2$  ga teng bo'lgan adiabatik kengayishi imkonini beramiz va u 3-holatga yetib keladi bu holda gazning temperaturasi  $T_1$  gacha pasayadi.

Gaz 3-holatdan boshlab hajmi  $V_2$ , bosim  $P_2$  bilan xarakterlanib, o'zgarmas temperatura  $T_1$  bilan siqamiz. Bunday siqilish izotermik siqilish bo'lib, gazni hajmi  $V_3$  va bosimi  $P_3$  ga teng bo'lgan 4-holatni egallaydi. Bu siqilishda gaz sovitgichga  $Q_1$  issiqlikni beradi va  $A = -Q_1$  ish bajaradi. Nihoyat, gazni 4-holatdan boshlab adiabatik ravishda shunday siqishimiz, uning hajmi boshlang'ich  $V_0$  hajmini,  $P_0$  bosimni egallash va uning temperaturasi boshlang'ich temperaturagacha ko'tarilsin. Bunday yonish sikl Karno sikli bo'lib, uning f.i.k.

$$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \quad (18.3)$$

orqali ifodalanadi.

Bu yerda  $A$  - to'la sikl davomida bajarilgan ish.

$Q_0$  - isitgichdan olingan issiqlik miqdori.

$Q_1$  - sovitgichga berilgan issiqlik miqdori.

Agar bu prosessda: -  $T_0$  - деб газнинг (18.1)-( 18.2) izotermik kengayishidagi temperaturasi.  $T_1$  - deb gazning (18.3)-( 18.4) izotermik siqilishdagi temperaturalar desa u holda izotermik kengayishda gaz isitgichdan  $Q_2$  issiqlik miqdorini beradi. Demak isitgichning temperaturasini,  $T_0$  va sovitgichning temperaturasini  $T_1$  desak, Karno siklini f.i.k bilan harakterlanadi:

$$\eta = \frac{T_0 - T_1}{T_0} \quad (18.4)$$

Bu Karnoning to'g'ri sikli ideal issiqlik mashinasidir. Bunday ideal issiqlik mashinasining f.i.k.  $\eta$  faqatgina isitgichning  $T_0$  -temperaturasi va sovitgichning  $T_1$  temperaturasi deb aniqlanadi.

Bu siklning o'tishi natijasiga gaz

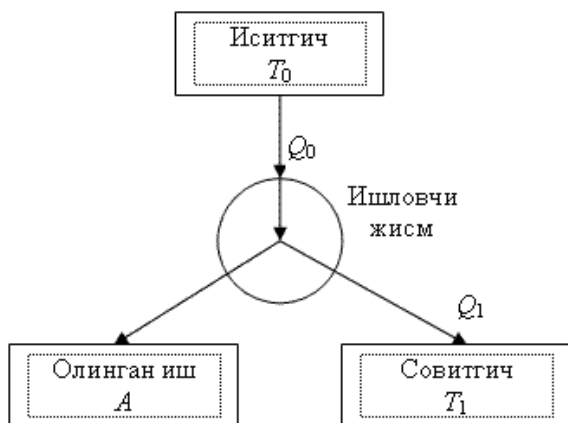
$$A = Q_0 - Q_1 = \eta Q_0 \quad (18.5)$$

ishni bajaradi. Bu holda isitgichdan  $Q_0$  issiqlik miqdori olingan va sovitgichga

$$Q_1 = Q_0 - A = (1 - \eta)Q_0 \quad (18.6)$$

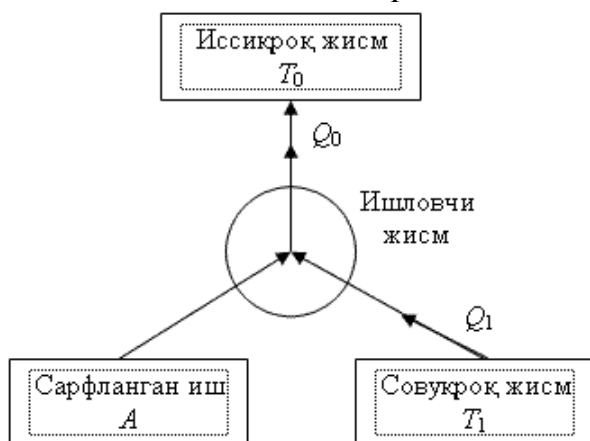
issiqlik miqdori berilgan bo'ladi. Demak isitgichning temperaturasi  $T_0$  qanchalik yuqori bo'lsa va sovitgichning temperaturasi  $T_1$  qancha past bo'lsa F.I.K. shunchalik yuqori bo'ladi. isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining shuncha ko'p qismi ishga aylanadi va shuncha kam  $Q_1$  issiqlik miqdori sovitgichga beriladi.

Agar sovitgichning temperaturasi  $T_1=0$  bo'lsa  $\eta=1$  bo'lishi mumkin. Ammo absolyut 0-ni olib bo'lmaydi. Shuning uchun  $\eta < 1$  da bo'ladi. Karno to'g'ri siklning (ideal issiqlik mashinasining) ishlash sxemasi quyidagicha:



18.1-rasm

Karno siklining qaytuvchanlikka nisbatan aksincha yoʻnalishda amalga oshirish Karno ideal sovuqlik mashinasi boʻladi. Uning sxemasi quyidagicha



18.2-rasm

$$\eta = \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot A \quad (18.7)$$

Isitgichga

$$Q_0 = \frac{A}{\eta} \quad (18.8)$$

issiqlik miqdori beriladi.

Karno aks siklining (ideal sovuqlik mashinasining) ishlash sxemasi 18.2-rasmida keltirilgan. Yuqorida bayon qilingan barcha xulosalarni chiqarishda biz Karno sikli ideal gaz ustida bajarildi, deb faraz qildik. Ammo termodinamikaning ikkinchi bosh qonunidan foydalanib, ixtiyoriy ishlovchi modda ustida bajarilgan qaytuvchan Karno siklining foydalanish koeffitsiyenti ideal gaz ustida bajarilgan Karno siklining foydali ish koeffitsiyentiga tengligini koʻrsatish mumkin.

### I. Mavzuga doir savollar:

1. Issiqlik mashinalari va ularning f.i.k. nima.

2. Karno sikli va uning f.i.k.ni tushuntiring.
3. Karno teoremlarini tariflang.

**10-MAБ3Y: Karno tsikli va uning F.I.K. Karno teoremlari. Termodinamikaning II-qonunining turli ta'riflari.**

Reja

1. Issiqlik mashinalari va ularning f.i.k.
2. Karno sikli va uning f.i.k.
3. Karno teoremlari.
4. Xulosa.

Issiqlik mashinalarida sodir bo'ladigan jarayonlarda uzatiladigan issiqlik miqdori hisobida A ish bajariladi va bunda energiya saqlanish qonuni bajariladi. Tashqaridan olingan va tashqariga qaytarib berilgan issiqlik miqdorining qiymatlari orasidagi  $Q_0 - Q_1$  ayirma hosil qilingan A ishga teng.

Isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining qancha qismi A ishga aylaganini bilish katta amaliy ahamiyatga egadir. Chunki sovitgichga berilgan  $Q_2$  issiqlik miqdorining amaliy ahamiyati yo'q. Shuning uchun F.I.K. tushunchasi kiritiladi.

$$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \quad (18.1)$$

Bu foydali ish koeffitsiyentini hisoblashda o'tgan mavzudagi ikkinchi rasmdagi siklni bajarilishida ishlarni hisoblagan edik, 4 ta bosqichdan iborat bo'lgan bu siklda ishlovchi modda biror manbadan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdori hisobga A ishni bajaradi. Shuningdek bu jarayonda  $Q_1$  issiqlik miqdori sovitkichga berilishini ko'rdik. Bu proses murakkab harakterlidir. Demak, bu jarayonda sovitgichga bajaradigan  $Q_1$  issiqlik

$$Q_1 = Q_0 - A \quad (18.2)$$

bilan aniqlanishini o'rgandik. Bunda A-ish isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining qanday qismini tashkil qilishini aniqlash muhimdir. (18.1) formuladan  $\eta$ -birga qancha yaqin bo'lsa, ya'ni A ish olingan issiqlik miqdorining qanchalik katta qismini tashkil qilsa, mashina shunchalik ko'p manfaatli bo'ladi.

Biz o'tgan mavzuda Karno siklini ko'rib, bu jarayon ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan qaytuvchan aylanma proses ekanligini bilgandik (18.1-rasm).

1 holat hajm  $V_0$ , bosim  $P_0$  va temperatura  $T_0$  bilan xarakterlanadi. 1 mol ideal gazni ishlovchi modda sifatida olib Karno siklini o'rganamiz. Gaz 2-holatni olguncha hajm  $V_1$ , bosim  $P_1$  bilan izotermik ( $T = \text{const}$ ) kengayishiga majbur

qilamiz: gaz izotermik kengayishi vaqtida isitgichdan  $Q_0$  issiqlik miqdorini oladi va  $A_1 = Q_0$  ish bajaradi.

Gaz 2-hajmdan boshlab, hajmi  $V_2$  bosim  $P_2$  ga teng bo'lgan adiabatik kengayishi imkonini beramiz va u 3-holatga yetib keladi bu holda gazning temperaturasi  $T_1$  gacha pasayadi.

Gaz 3-holatdan boshlab hajmi  $V_2$ , bosim  $P_2$  bilan xarakterlanib, o'zgarmas temperatura  $T_1$  bilan siqamiz. Bunday siqilish izotermik siqilish bo'lib, gazni hajmi  $V_3$  va bosimi  $P_3$  ga teng bo'lgan 4-holatni egallaydi. Bu siqilishda gaz sovitgichga  $Q_1$  issiqlikni beradi va  $A = -Q_1$  ish bajaradi. Nihoyat, gazni 4-holatdan boshlab adiabatik ravishda shunday siqishimiz, uning hajmi boshlang'ich  $V_0$  hajmini,  $P_0$  bosimni egallash va uning temperaturasi boshlang'ich temperaturagacha ko'tarilsin. Bunday yonish sikl Karno sikli bo'lib, uning f.i.k.

$$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \quad (18.3)$$

orqali ifodalanadi.

Bu yerda  $A$  - to'la sikl davomida bajarilgan ish.

$Q_0$  - isitgichdan olingan issiqlik miqdori.

$Q_1$  - sovitgichga berilgan issiqlik miqdori.

Agar bu prosessda: -  $T_0$  - deb gazning (18.1)-( 18.2) izotermik kengayishidagi temperaturasi.  $T_1$  - deb gazning (18.3)-( 18.4) izotermik siqilishdagi temperaturalar desa u holda izotermik kengayishda gaz isitgichdan  $Q_2$  issiqlik miqdorini beradi. Demak isitgichning temperaturasini,  $T_0$  va sovitgichning temperaturasini  $T_1$  desak, Karno siklini f.i.k bilan harakterlanadi:

$$\eta = \frac{T_0 - T_1}{T_0} \quad (18.4)$$

Bu Karnoning to'g'ri sikli ideal issiqlik mashinasidir. Bunday ideal issiqlik mashinasining f.i.k.  $\eta$  faqatgina isitgichning  $T_0$  -temperaturasi va sovitgichning  $T_1$  temperaturasi deb aniqlanadi.

Bu siklning o'tishi natijasiga gaz

$$A = Q_0 - Q_1 = \eta Q_0 \quad (18.5)$$

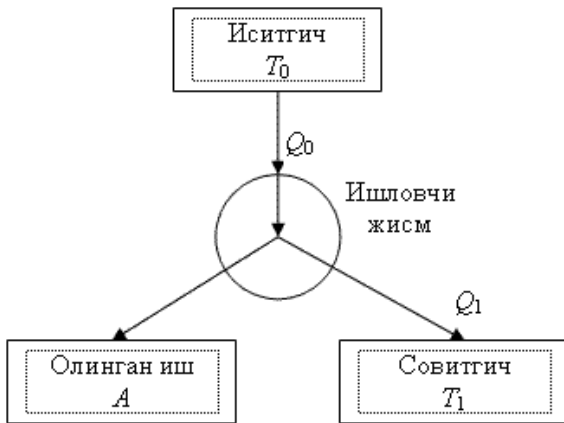
ishni bajaradi. Bu holda isitgichdan  $Q_0$  issiqlik miqdori olingan va sovitgichga

$$Q_1 = Q_0 - A = (1 - \eta)Q_0 \quad (18.6)$$

issiqlik miqdori berilgan bo'ladi. Demak isitgichning temperaturasi  $T_0$  qanchalik yuqori bo'lsa va sovitgichning temperaturasi  $T_1$  qancha past bo'lsa F.I.K. shunchalik yuqori bo'ladi. isitgichdan olingan  $Q_0$  issiqlik miqdorining shuncha ko'p qismi ishga aylanadi va shuncha kam  $Q_1$  issiqlik miqdori sovitgichga beriladi.

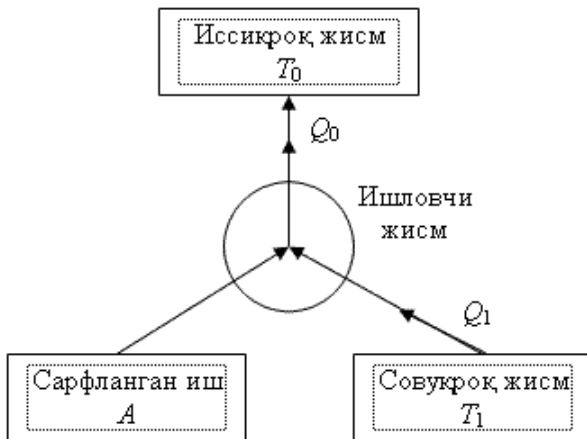
Agar sovitgichning temperaturasi  $T_1=0$  bo'lsa  $\eta=1$  bo'lishi mumkin. Ammo absolyut 0-ni olib bo'lmaydi. Shuning uchun  $\eta < 1$  da bo'ladi. Karno to'g'ri siklning (ideal issiqlik mashinasining) ishlash sxemasi quyidagicha:





18.1-rasm

Karno siklining qaytuvchanlikka nisbatan aksincha yoʻnalishda amalga oshirish Karno ideal sovuqlik mashinasi boʻladi. Uning sxemasi quyidagicha



18.2-rasm

$$\eta = \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot A \quad (18.7)$$

Isitgichga

$$Q_0 = \frac{A}{\eta} \quad (18.8)$$

issiqlik miqdori beriladi.

Karno aks siklining (ideal sovuqlik mashinasining) ishlash sxemasi 18.2-rasmda keltirilgan. Yuqorida bayon qilingan barcha xulosalarni chiqarishda biz Karno sikli ideal gaz ustida bajarildi, deb faraz qildik. Ammo termodinamikaning ikkinchi bosh qonunidan foydalanib, ixtiyoriy ishlovchi modda ustida bajarilgan qaytuvchan Karno siklining foydalanish koeffitsiyenti ideal gaz ustida bajarilgan Karno siklining foydali ish koeffitsiyentiga tengligini koʻrsatish mumkin.

## II. Mavzuga doir savollar:

4. Issiqlik mashinalari va ularning f.i.k. nima.
5. Karno sikli va uning f.i.k.ni tushuntiring.
6. Karno teoremlarini tariflang.

### 11-MAB3Y: Real gazlar

## Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari. Eksperimental izotermalar. Real gazning holat tenglamasi-Van-der-Vaals izotermalari.

### Reja

1. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari.
2. Eksperimental izotermalar.
3. Real gaz to'g'risida tushuncha
4. Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati
5. Van-Der-Vaals izotermalari
6. Kritik holat
7. Xulosa.

Biz ideal gaz molekulyar-kinetik nazariyasini o'rganimizda gaz zarralarini (molekulalarini) elastik sharlarga o'xshagan va tartibsiz harakatlanuvchi molekulalardan iborat deb hisoblagan edik. Molekulalar orasidagi kuchlar faqat ular bir-biriga urilgandagina ta'sir qiladi va bu kuchlar itarishish elastik kuchlardir. Molekulalarning o'lchamlari molekulalar orasidagi o'rtacha masofaga nisbatan nazarga olmasa bo'ladigan darajada kichik deb hisoblanadi.

Bu model ideal gaz Boyl Mariott, Gey-Lyussak qonunlariga aniq bo'ysotadigan gazga mos keladi. ammo, biz aytib o'tganimizdek real gazlar bu qonunlarga faqat taqriban bo'ysotadi. Yuqori bosimlarda hamma gazlar ham Boyl-Mariott qonuniga bo'ysotmay qo'yadi.

Molekulalarni sharlar deb hisoblar ekanmiz, ularning radiuslari  $10^{-8}$  sm chamasidagi kattaliklar deb olishimiz kerak. Bunda bir dona molekulaning hajmi:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \approx 4 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3$$

Normal sharoitdagi  $1 \text{ cm}^3$  gazda  $n_0=3 \cdot 10^{19}$  dona molekula bor. Demak  $1 \text{ sm}^3$  hajmda bo'lgan barcha molekulalarning jami hajmi  $V^1 = n_0 V \approx 10^{-4} \text{ sm}^3$  ga teng.

Ya'ni  $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ pa}$  bosim va  $0^\circ\text{C}$  temperaturadasi gaz molekulalarining hajmi gaz hajmining taxminan o'n mingdan bir qisminigina egallar ekan. Agar bosim oshib borsa gaz Boyl-Mariott qonuniga bo'ysotmaydi ya'ni gazlarni xossalari ideal gaz xossalariidan chetlashishiga olib keladi.

Chunki, birinchidan gaz molekulalari o'zining ma'lum o'lchamlariga ega bo'lishi. Ikkinchidan ( molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining elastik sharlardagi o'zaro ta'sir kuchlariga qaraganda ancha murakkab bo'lishidir. Bu

ikki sababni 1873 yilda Gollandiyalik fizik Van-Der-Vaals nazarga tutdi. Birinchi sabab molekularning o'lchami birligidir. Molekularning erkin harakatlanishi uchun hajmi  $V$  dan biror  $B$  kattalikga qadar kichikdir, ya'ni  $V_0 - V - \epsilon$ . Ideal gazning 1 moli uchun

$$PV_0 = RT \quad (20.1)$$

teng edi. Agar molekularni o'lchamlarini hisobga olsak

$$P(V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.2)$$

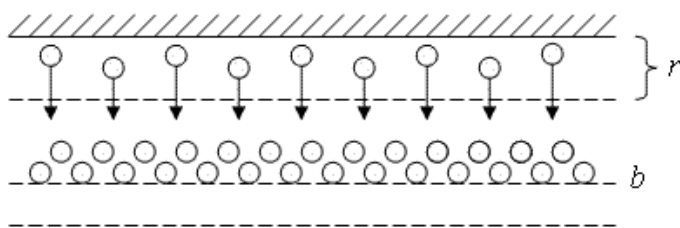
tenglik o'rinli bo'ladi.

(20.1) tenglamadan,  $P \rightarrow \infty$  bo'lganda gazning hajmi  $V_0 \rightarrow \infty$  intiladi. Ammo bunday bo'lishi mumkin emas. Gaz molekular orasidagi bo'sh fazoning kamayishi hisobiga siqiladi. (20.2) formulaga ko'ra  $P \rightarrow \infty$  bo'lganda, gazning hajmi  $V_{0-B}$  ga teng bo'lishiga intiladi.

Ikkinchi sababli ( molekular orasida o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligi, bir(biridan ma'lum uzooqlikda turgan molekularning o'zaro tortilishlariga olib keladi. bu tortilish kuchlari molekular orasidagi masofa juda kichik bo'lgandagina yanada kuchliroq bo'lgan itarishish kuchlari bilan atashadi. Molekular orasidagi tortirishi kuchlari ta'sirida gaz guyo uncha idish devorlari ko'rsatayotgan tashqi  $R$  bosimdan ko'ra kattaroq  $P^1$  bosim ta'sir etayotgandek, Boyl Mariott qonunidan kelib chiqadigan hajmga qaraganda kichikroq bo'lgan  $V$  hajmni egallaydi. Shunday qilib (20.2) tenglikda tashqi  $P$  bosimni  $P^1 = P + P_i$  kattalik bilan almashtirish kerak, buning natijasida

$$(P + P_i)(V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.3)$$

tenglik hosil bo'ladi.  $P_i$  bosim gazning ichki bosim deyiladi. gaz joylashgan  $A$  idishda molekularning o'zaro ta'sirini quyidagicha (20.1-rasm) ko'rsatish mumkin.



20.1-rasm

Devor yaqinidagi molekular  $r$  masofada turgan molekular  $a$  va  $b$  qatlamdagi molekularga ta'sir qiladi desak va bu qatlamning hajmi birligidagi molekular soni  $n_0$  ga proporsional bo'ladi. Nitajada, devor yaqinidagi molekularga ta'sir qilayotgan va gazning ichiga qarab yo'nalgan kuchlar  $n_0^2$  ga proporsionaldir.

Mana shu kuchning devor izi birligiga to'g'ri keladigan miqdori ichki bosim  $R_i$  ni bildiradi. Ichki bosim  $P_i$  ning qiymati o'zaro ta'sir qilayotgan molekularning tabiatiga ham bog'liqdir.

Bundan:

$$P_i = a^1 n_0^2 \quad (20.4)$$

Bu yerda  $a^1$  - molekullarning xiliga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik.

$n_0 = \frac{N}{V_0}$  bo'lgani uchun ( $N$  - Avagadro soni,  $V_0$  - bir mol gazning hajmi)  $P_i$  ning ifodasini quyidagicha yozish mumkin.

$$P_i = \frac{a^1 N^2}{V_0^2} \quad (20.5)$$

yoki  $a^1 N^2 = a$  desak

$$P_i = \frac{a}{V_0^2} \quad (20.6)$$

ga teng bo'ladi. (20.6) chi (20.3) ifodaga quysak 1 gaz uchun Van-Der-Vaals tenglamasini hosil qilamiz.

$$\left( P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.7)$$

Bu yerda  $a$  va  $\epsilon$  lar bosimga va hajmga kiritilgan tuzatmalar bo'lib, berilgan gaz uchun aniq qiymatlarga ega bo'ladi. R-kattalik gaz doimiysi,

$$R = 8,31 \cdot 10^7 \text{ kal} / \text{grad} \cdot \text{mol} = \frac{8,31 \cdot 10^7}{4,19 \cdot 10^7} = 1,9858 \text{ kal} / \text{grad} \cdot \text{mol} \approx \text{kal} / \text{grad} \cdot \text{mol} .$$

Bu yerda

$$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ Ж} / \text{K} \cdot \text{кмоль}$$

Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati shundan iboratki, agar gazning molyar hajmi  $V_0$  juda katta bo'lganda  $\epsilon$ -tuzatma  $V_0$  ga nisbatan,  $a/V_0^2$  - esa  $P$  ga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun ularni hisobga olmaslik ham mumkin. u holatda Van-Der-Vaals tenglamasi (20.1) tenglama

$$PV_0 = RT \text{ shaklini oladi.}$$

Demak Mendeleev-Klapeyron formulasining taqribiy ekanligi yaqqol ko'rinadi. Kichik  $P$  bosimlarda (katta  $V_0$  hajmlar) sohasidagi haqiqatga yaqinroq bo'ladi. Bosim  $P$  katta bo'lganda esa  $a$  va  $\epsilon$  tuzatmalar e'tiborga olinishi kerak.

Ya'ni Van-Der-Vaals (20.7) foydalaniladi. Van-Der-Vaals formulasi ham absolyut aniq formula emas, ammo u Mendeleev Klapeyron formulasiga qaraganda haqiqatga ancha yaqindir.

Van-Der-Vaals formulasi (20.7) ni  $m$  massali gaz uchun ifodalaydigan bo'lsa u holda uning hajmini  $V$  belgilaymiz. Berilgan temperatura va bosimda

$$V = \frac{m}{\mu} V_0 \quad (20.8)$$

bo'ladi, bunda  $\mu$  - gazning molekulyar og'irligidir.

$$\left( P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT$$

Van-Der-Vaals tenglamasidagi  $V_0$  o'rniga uning (20.8) tenglik asosidagi qiymatini quyamiz, u holda

$$\left(P + \frac{m^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V_0^2}\right) \left(V - \frac{m}{\mu} \epsilon\right) = \frac{m}{\mu} RT \quad (20.9)$$

ko‘rinishini oladi. Bu formulaga m- massali gaz uchun Van-Der Vaals tenglamasi deyiladi. Van-Der Vaals tenglamasidagi v hajmga kiritilgan tuzatma hisoblashlarda

$$\epsilon = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi \sigma^3 N \quad (20.10)$$

deb belgilab olinadi  $\sigma=2r$  masofa. Shuningdek bir dona molekulaning hajmi

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi \sigma^3 \quad (20.11)$$

Ekanligini e‘tiborga olsak u holda (20.10) formula quyidagi ko‘rinishni oladi.

$$\epsilon = 3\sqrt{2} \cdot VN \approx 4VN \quad (20.12)$$

Bu yerda V·N – bir mol gazda barcha molekulalarning hajmini ifodalagani uchun, molekulalar hajmi uchun Van-Der-Vaals kiritgan  $\epsilon$  tuzama molekulalarning o‘z hajmidan taxminan 4 marka kattadir.

Van-Der Vaalsning ikkinchi a tuzatmasi molekulalar o‘zaro ta’sir kuchlarning xarakteriga bog‘liqdir. Van-Der-Vaals tenglamasi:

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2}\right) (V_0 - \epsilon) = RT$$

$V_0$  ga nisbatan uchinchi darajali algebrik tenglamadir. S‘huning uchun u P va T ning qiymatlarga qarab, molekulyar hajm  $V_0$  ning bitta yoki uchta har xil qiymatlarini beradi. T ning har xil qiymatlari uchun yozilgan Van-Der Vaals tenglamasi asosida P va  $V_0$  ga bog‘lanish grafigini chizsak, bir qator izotermalarga ega bo‘lamiz.

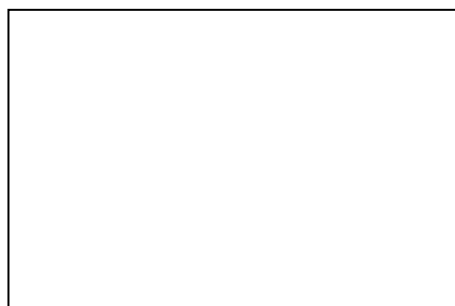
$$PV^3 - (\epsilon P + RT)V^2 + aV - a\epsilon = 0 \quad (20.13)$$

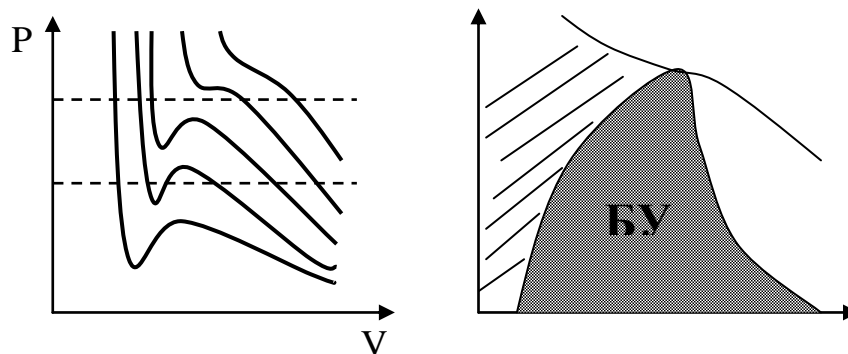
Buni har ikkala tomonini P ga bo‘lib, quyidagicha yozish mumkin.

$$V^3 - \left(\epsilon + \frac{RT}{P}\right)V^2 + \frac{a}{P}V - \frac{a\epsilon}{P} = 0 \quad (20.14)$$

Bu V hajmga nisbatan 3-darajali tenglama bo‘lib, uning uchta ildizi bor. Uning hammasi haqiqiy yoki ulardan ikkitasi mavxum va bittasi haqiqiy bo‘lishi mumkin.

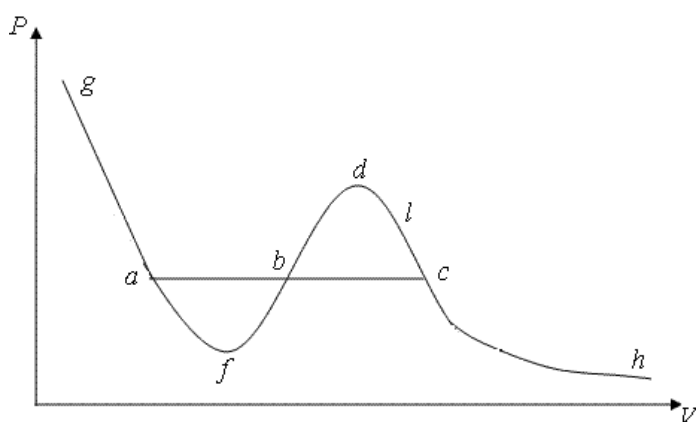
Van-Der Vaals tenglamasining mavxum ildizlari fizikaviy ma’noga ega emas. Shuning uchun ularga qaramaymiz. Van-Der Vaals tenglamasi ildizlarning fizikaviy ma’nosini aniqlash uchun (20.1) tenglamaga tegishli izotermalarni, ya’ni o‘zgarmas temperaturada P bosimning V(molyar hajmga bog‘lanishini qarash va ularni tajriba ma’lumotlarda olingan izotermalar bilan solishtirish kerak. Bizga ma’lumki ideal gazning izotermasi giperbola edi, undan farqli ravishda (20.1) tenglamaga tegishli bo‘lgan izoterma quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi. biz uni Van-Der Vaals izotermasi deb ataymiz.





20.2-rasm

Bu izotermada bosimni bitta  $P_1$  qiymatiga molyar hajmining  $V_1$ ,  $V_2$  va  $V_3$  qiymatlari mos keladi. Grafikni maksimal holatiga suyuq hamda bundan  $V_1$  va  $V_3$  holatlarga gazsimon holat mos keladi. Endi hajmi  $V_2$  bo'lgan uchinchi holatining ma'nosini aniqlash kerak bo'ladi. Van-Der Vaals izotermalari bilan tajribada olingan izotermalar orasida katta farq bor. Bu farqni 20.3-rasmga ko'rsatish mumkin. 20.3-rasmga tutash chiziqlar bilan tajribada olingan izotermalar. Punktir chiziqlar bilan esa Van-Der Vaals izotermasi keltirilgan.



20.3-rasm

Rasmdan ko'rinib turibdiki to'g'ri chiziqli gorizontallik  $a$  va  $e$  qismi o'rniga Van-Der Vaals izotermada bu soha maksimum va minimumli karakterli gajak ko'rinishda bo'ladi. shuni aytish kerakki tajribadan olingan izoterma grafikadan ad ba ch lar Van-Der-Vaals tenglamasiga kuzatilmas ekan, chunki bu qismiga bosimning hajmga odatdan tashqari bog'lanishi mos keladi, bosim ortishi bilan hajm kamaymaydi, balki ortadi.

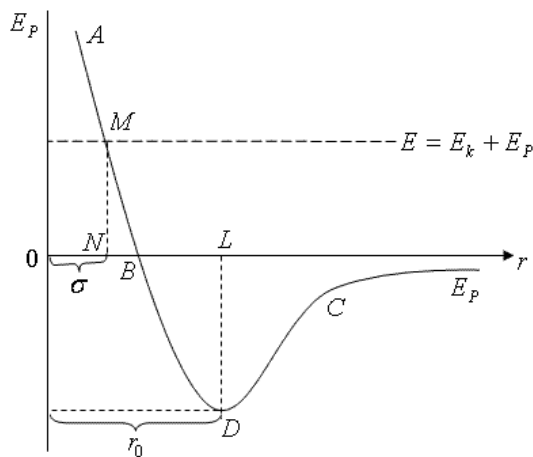
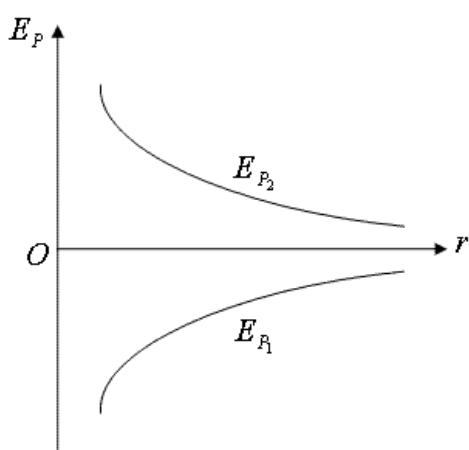
$Cd$  – qism moddaning gaz holatiga mos keladi.

$af$  – qism ad ( tarmoqning davomi hisoblanadi va ko'pincha moddaning bu holatiga o'ta qizigan suyuqlik deyiladi. o'ta qizigan suyuqlik deb ochiq idishda qaynash temperaturasidan yuqori temperaturagacha qizdirilgan, biroq qaynamayotgan suyuqlikka aytiladi. Bunda suyuqlik erkin bo'lganda ya'ni

uning massasi o'zgaradi. Ammo bizni yopiq idishdagi aniq massali suyuqlik yoki gazning tabiati qiziqtiradi.

Rasmdagi  $Cd$  va  $af$  qismlarga mos keluvchi holatlar va  $fed$  ga metastabil holatlar deb ataladi.

Shunga asosan, Van-Der Vaals izotermalari bilan tajribadan olingan izoterma orasidagi farqni tushuntirish mumkin bo'ladi. holat tenglamasining  $V_3$  ildiziga mos keluvchi holatlar nostabil va metastabil bo'lganliklari tufayli tajribada ko'zatilmaydi. Ikkita  $A$  va  $B$  molekula orasidagi masofani  $r$  bilan beglilaymiz. Ularni tortishish kuchi  $f_1$  manfiy, itarshi kuchini  $f_2$  musbat deymiz. Bu kuchlar mos ravishda o'zaro tortishadigan molekularning  $E_p$  va o'zaro itarishadigan  $E_p$  potensial energiyalarni hosil qiladi (20.4-rasm). Shuningdek 20.5-rasmda ifodalanganidek real gazlarda molekularni o'zaro ta'siri ular bir-biriga tengmasdanoq ya'ni  $r_0$  masofadan ta'sirlanadi.



20.4-rasm

20.5-rasm

$f_1$  va  $f_2$  kuchlarga  $E_{P_1}$  va  $E_{P_2}$  potensial energiyalar mos keladi.

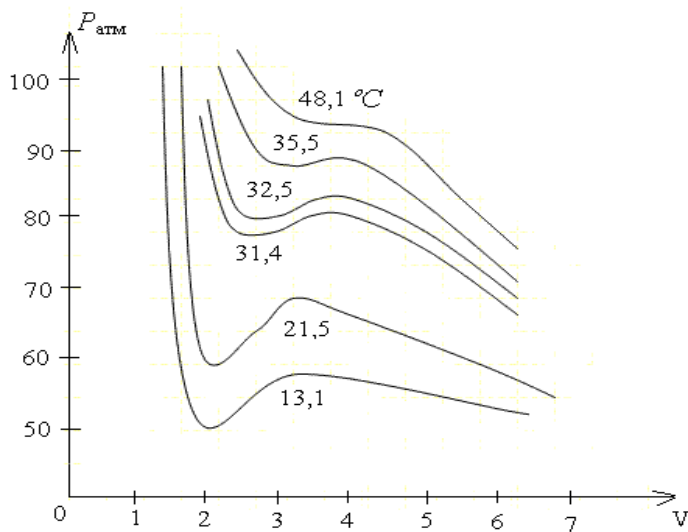
$$E_{P_1} = -\frac{C'}{r^{k_1}}; \quad E_{P_2} = -\frac{C''}{r^{k_2}}; \quad k_1 = \chi_1 - 1; \quad k_2 = \chi_2 - 1$$

20.5-rasmdan  $A$  – molekularni qo'zg'almas deb,  $B$  – molekularni  $A$  molekulaga nisbatan harakatlanadi deymiz.  $L$  ( nuqtada  $E_k = E - E_p$  Van-Der-Vaals tenglamasining ahamiyati shundaki bu moddaning faqatgina ikkita suyuq va gazsimon fizikasi mavjudligini tavsiflash bilan cheklanmaydi. U kritik temperatura va kritik holatining ham muhim faktlaridan bevosita kelib chiqadi. Temperatura o'zgariganda bu izotermalarning qanday o'zgarishini ko'raylik.  $P$ - $V$  grafikda Karbon oksidiga tegishli izotermalar berilgan (20.6-rasm). Bu izotermalar  $a$  va  $b$  ning qiymatlari tajribadan olingan:

$$a = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{m}^6 / \text{mol}$$

$$b = 42,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mol}$$

qiymatlari uchun hisoblangan.



20.6-rasm

Bu konstantalarning eksperimental ravishda qanday aniqlanishi grafikda keltirilgan. 20.6-rasmdagi egri chiziqlardan temperatura ko‘tarilgan sari izotermalarning yuqoriroq joylashishi ko‘rinib turibdi. Ammo shunday temperaturada (31,4°C da) izotermaning maksimum va minimum birlashib  $V = 0,94 \cdot 10^{-4} m^3 / mol$  ba  $P = 73 atm$  qiymatlarda Karbonad anhidridi ( $CO_2$ ) ning eksperimental izotermalari. Burilish nuqtasiga aylanadi. Demak, temperatura ko‘tarilgan sari hajmning bosimning ayni bir qiymatiga mos keluvchi uchta qiymati orasidagi farq tobora kamayib boradi, ya’ni Van-Der Vaals tenglamasining uchta ildizi orasidagi farq kamayadi.

Karbon anhidrid ( $CO_2$ ) ning eksperimental izotermalari

$$P_k = \frac{a}{27b^2}, \quad V_k = 3b \quad T_k = \frac{8a}{27Rb}$$

Kritik nuqtada moddaning siqiluvchanligi cheksizlikka teng bo‘lishini aytish kerak. Bunda gazning siqiluvchan holati

$$\chi = \frac{1}{V} \cdot \frac{\partial V}{\partial P}$$

formula bilan xarakterlanadi. Biroq kritik nuqtada  $\frac{\partial P}{\partial V} = 0$  bo‘lgani uchun

$$\frac{\partial V}{\partial P} = \infty, \text{ binobarin, } \chi \text{ ham } \infty \text{ ga teng bo‘ladi.}$$

Van-Der Vaals izotermalari gazning xossalarini ideal gaz izotermasiga qaraganda aniqroq aks etibgina qolmay, gazlarning suyulish prosessini, shuningdek issiqlikning  $T_k$  kritik temperatura va bu temperaturaga mos keluvchi qolgan ikki kritik parametr –  $V_k$  kritik hajm va  $P_k$  kritik bosimning qiymatlarini hisoblash qiyin emas.

Haqiqatdag ham, Van-Der Vaals tenglamasi (20.10) ning chap qismi, ya’ni quyidagi



$$V^3 - \left( \epsilon + \frac{RT_k}{P_k} \right) V^2 + \frac{a}{P_k} V - \frac{a\epsilon}{P_k}$$

ifoda  $T=T_k$  va  $P=P_k$  qiymatlarda aniq kub bo'ladi va uni quyidagicha ifodalash mumkin:

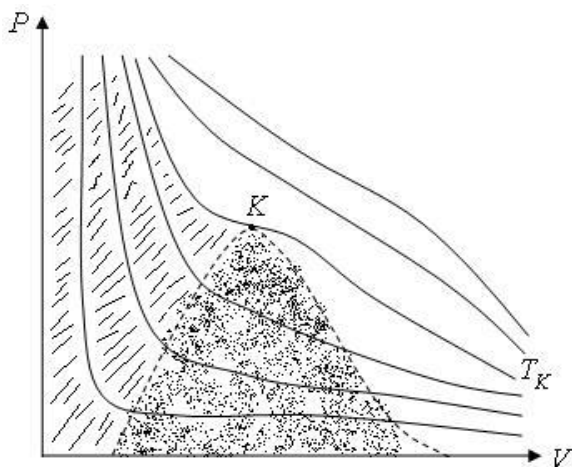
$$V^3 - \left( \epsilon + \frac{RT_k}{P_k} \right) V^2 + \frac{a}{P_k} V - \frac{a\epsilon}{P_k} = V^3 - 3V_k V^2 + 3V_k V - V_k^3 \quad (20.11)$$

Bu tenglik ayniy ravishda bajarilishi uchun  $V$  ning birday darajalarining koeffitsiyentlari tenglamaning ikki tomonida o'zaro teng bo'lishi kerak:

$$\epsilon + \frac{RT_k}{P_k} = 3V_k, \quad \frac{a}{P_k} = 3V_k^2, \quad \frac{a\epsilon}{P_k} = V_k^3$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, kritik parametrlarning  $a$  va  $\epsilon$  konstantalar orqali ifodalangan qiymatlarini olamiz: juda kam siqovchanlik xosasini ham (A.K.Kinoin va I.K.Kinoin «Molekulyar fizika» T.O'qituvchi, 1978. 230-246 betlar) aks ettiriladi.

Van-der Vaals izotermalari orasidagi burilishlari bor bo'lgan izotermalarni urilishlari bo'lmagan izotermalardan ajratib turuvchi bir izoterma bor. Bu izoterma kritik deyiladi, bunga mos bo'lgan temperatura  $T_k$  esa kritik temperatura deyiladi. Kritik izotermada burilishlar sohasi o'rnida faqat  $K$  burilish nuqtasigina bo'ladi.  $K$ -nuqta kritik nuqta deyiladi. unga mos bo'lgan  $V_k$  va  $P_k$  bosim esa kritik hamj va kritik bosim deyiladi.



20.7-rasm.

Kritik temperatura tushunchasi dastlab D.I.Mendeleev tomonidan 1861 yilda kiritilgan. 20.7-rasmda quyidagicha xulosaga keladi.

1. Kritik temperatura  $T_k$  yuqori temperaturada modda faqat holatdagina mavjud bo'la oladi.  $T$ - temperaturasi kritik temperatura  $T_k$  dan yuqori bo'lgan gazni qanaqa siqish bilan suyuq holatga o'tkazib bo'lmaydi. Kritik temperaturadan past temperaturalarda modda bosimga qarab gazzimon holatda yoki bir vaqtning o'zida ikki faza: suyuqlik va tuingan bug' holatlarida mavjud bo'lishi mumkin.

2. Tuyingan bug'ning elastikligi  $P_0$  shu berilgan moddaning kritik bosimi  $P_k$  dan katta qiymatga ega bo'la olmaydi.

3. Moddaning suyuq holatdagi hajmi berilgan miqdor moddaning kritik hajmidan katta qiymatlariga ega bo'la olmaydi. Ko'pchilik suyuqliklarning va ularni aralashmalarining kritik temperaturalarining M.P.Avenarius va uning shogirdlari A.I.Nadejdin, V.I.Zayoicheveskiy va boshqalar tekshirdilar. Jumladan A.I.Nadejdin 1885 yilda suvning kritik temperaturasi (374°C) birinchi bo'lib aniqlanid. Mashhur rus fizigi A.G.Stoletov ham moddaning kritik massasi bilan shug'ullangan. U mavjud eksperimental materiallarni analiz qiladi va ularni nazariy ma'lumotlar bilan batafsil solishtirib chiqdi.

### **Mavzuga doir savollar:**

1. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari mohiyatini tushuntiring.
2. Eksperimental izotermalarni izohlang.
3. Real gaz deb nimaga aytiladi.
4. Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati aytib bering.
5. Van-Der-Vaals izotermalari tushuntiring.
6. Kritik holatlarni tariflang.

### **12-MAБ3Y: Suyuqliklarning xossalari** **Sirt taranglik. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari.**

#### **Reja**

1. Suyuqlikning tuzilish to'g'risida tushuncha.
2. Suyuqliklarning yopishqoqligi
3. Molekulyar bosim.
4. Sirt taranglik.
5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosim.
6. Kapillyar hodisalar.
7. Suyuqliklar va qattiq jismlar orasidagi ayrim o'xshashliklar
8. Xulosa.

Moddaning suyuq holati uning gazsimon hamda qattiq holatlari orasidagi oraliq haolt bo'ladi. Van-der Vaals tenglamasi moddaning faqat gazsimon holatini tushuntiribgina qolmay, suyuq holatining ba'zi xossalari ham ifodalaydi. Shu bilan birga Van-der Vaals tenglamasi suyuq holatdan gazsimon holatga kritik nuqta orqali uzluksiz ravishda o'tishi imkoniyatini borligini ko'rsatadi. Kritik nuqta yaqinida gaz va suyuqlik orasidagi farqlar juda ham kichik bo'ladi va suyuqlikni ma'lum dajarada zich gaz deb hisoblash mumkin.

Van-der-Vaals izotermalari ichida qisman manfiy bosimlar sohasiga ham o'tadigan izotermalar borligini ko'rsatadi, bunda suyuqlik cho'zilish holdatida

bo'lishi mumkin. Tajribalarda suyuqlikning bunday cho'zilgan holatda bo'lishi qattiq jismlarga o'xshab ketadi. Ayniqsa suyuqlikning qotishiga (kristallanishiga) yaqin bo'lgan sharoitda sezilarli bo'ladi.

Ma'lumki, gazlarda diffuziya sezilarli ravishda tez boradi. Suyuqliklarda esa molekulalar gazlardagiga qaraganda bir-biriga ancha yaqin joylashadilar. Ularda o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'ladi. S'ning uchun suyuqliklarda diffuziya gazlardagi qaraganda ancha sekin boradi. Ammo shu bilan birga suyuqliklarning tuzilishi qattiq jismlarning tuzilishidan keskin farq qiladi. Qattiq jismlarda diffuziya deyarli bo'lmaydi. Qattiq jismda har bir zarra (atom) o'z muvozanat holati atrofida tebranib turadi.

Gazlardagi ichki molekulaning o'zaro potensial energiyasi molekulalar orasidagi masofa biror  $\tau_0$  ga teng bo'lganda, minimumga ega bo'ladi. Ammo hosil bo'lgan potensial o'raning chuqurligi katta bo'lmay, u bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan o'rtacha kinetik energiya  $\frac{1}{2}kT$  dan kichikdir.

Shuning uchun gaz molekulalari bir-birining yaqinida ushlanib turmay, balki ular bir-biriga yaqinlashgandan so'ng yana uzoqlashib ketadi.

Soddalik uchun bir to'g'ri chiziq bo'yicha joylashgan bir necha molekulani olib qaraylik. Bunday to'g'ri chiziqdagi har bir molekulaning ikkita qo'shnisi bo'ladi-biri o'ngda, ikkinchisi chapda. Ayrim potensial o'ralarning  $\Delta E_p$  chuqurligi suyuqlik molekulasiining bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan  $\frac{1}{2}kT$  o'rtacha kinetik energiyadan kattadir. Shuning uchun potensial o'radagi har bir molekula o'zining muvozanat holati atrofida bo'ladi. Suyuqlikning ayrim molekulalarining kinetik energiyasi fluktasiyalarning mavjudligi tufayli vaqti-vaqti bilan uning potensial o'radan chiqib ketishi uchun yetarli bo'lib qoladi va bir juft molekula orasidagi yangi o'rinni egallaydi. Shuning uchun suyuqlik molekulalari harakatining diffuziyalanishini sekin borishi, yopishqoqligini katta bo'lishiga ham sabab bo'ladi.

Ma'lumki, suyuqlik ichidagi molekulaning potensial energiyasi suyuqlikning tashqarisidagi potensial energiyasidan kichik. Suyuqlik molekulasi suyuqlikdan tashqariga chiqish uchun muayyan potensial to'siqni yengib o'tishi kerak bo'ladi, ya'ni ma'lum ish bajarishi kerak bo'ladi. Molekulalar issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi bu ishni bajarish uchun yetarli emas. Shu sababli suyuqlik o'z hajmini saqlaydi.

Faraz qilaylik,  $\tau$  masofada ikkita 1 va 2 molekulalar joylashgan bo'lsin. Bu holda ana shu ikki molekulaning o'zaro ta'sirini e'tiborga olmaslik mumkin bo'lsin. A nuqtada joylashgan 1-molekulani  $\tau$  radiusli sfera o'rab tursin. U holda  $r$  radiusli sfera ichidagi molekulalarnigina qaralayotgan molekulaga ta'sirini hisobga olish yetarli bo'lib qoladi. Bu  $\tau$  masofa molekulyar ta'sir radiusli sfera ya'ni molekulyar ta'sir sferasi deb aytish qabul qilingan.

Suyuqlik ichidagi A molekula atrofida chizilgan molekulyar ta'sir sferasi ichida juda ko'p boshqa molekulalar bo'ladi. Bu molekulalarning A molekulaga ta'sir kuchlari turli tomonlarga yo'nalgan bo'lib, o'rta hisobda nolga teng. Suyuqlikning sirtiga yaqin joylashgan molekulalar boshqacha sharoitda bo'ladi. Suyuqlik sirtida joylashgan B molekulani qaraylik. 22.2-rasmdan ko'rinib turibdiki, molekulyar ta'sir sferasining faqat bir qisminigina suyuqlik ichida, uning boshqa bir qismi suyuqlikdan tashqarida bo'ladi. B molekulaga ta'xsir qilayotgan kuchlar o'rta hisobda o'zaro kompensasiyalanmaydi va suyuqlikning ichiga yo'nalgan yig'indi  $f$  kuch vujudga keladi. Demak, suyuqlik sirtidan molekulyar ta'sir radiusi  $\tau$  ga qaraganda kichikroq uzoqlikda joylashgan har bir molekulaga boshqa molekulalar tomonidan suyuqlik ichiga qarab yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Sirt qatlamining butun suyuqlikka bosimi molekulyar bosim deb ataladi.

Molekulyar-kinetik nuqtai nazardan, moddaning gazsimon holati molekulalar orasidagi o'rtacha masofalarning katta bo'lganligi bilan xarakterlanib, gaz molekulalarning issiqlik harakati molekulalarning o'z o'lchamlarining bir necha marta katta bo'lgan erkin yo'ldagi erkin harakatlardan iborat bo'ladi. Gazlarda diffuziya sezilarli ravishda tez boradi. Suyuqliklarda esa molekulalar gazlardagiga qaraganda bir-biriga ancha yaqin joylashadilar. Ularda o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'ladi. Suyuqliklarda diffuziya gazlardagiga qaraganda ancha sekin bo'ladi. Suyuqlik molekulalari orasidagi o'rtacha masofa  $\delta$  ni hisoblaymiz  $\delta \approx \frac{1}{n}$ ;  $n$ —suyuqlik hajm birinchidagi molekulalar soni –  
 $n = N_A \cdot \rho / M$ ;  $M$  – molyar massa

$$\delta \approx \frac{1}{\sqrt[3]{n}} = \sqrt[3]{M / N_A \cdot \rho}$$

(22.1)

bo'ladi  $\delta \approx 10^{-10} \text{ m}$ . Masalan: suv uchun  $\delta \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

**2.** Shuningdek suyuqliklarning tuzilishi qattiq jismlarning tuzilishidan keskin faq qiladi; qattiq jismlarda diffuziya deyarli bo'lmaydi. Qattiq jismlarda har bir zarra (atom ion) o'z muvozanat holati atrofida tebranib turadi.

Suyuqlikning yopishqoqligi  $\eta$  quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$\eta = \frac{C}{V_0 - \epsilon} \quad (22.2)$$

bu yerda  $C$  – доимий son molekulalarning o'rtacha «O'troq hayot» vaqtini relaksasiya vaqti  $\tau$  deyiladi.

Relaksasiya vaqtining suyuqlik temperaturasi va aktivlash energiyasi bilan bog'lanishi Bolsman taqsimotidan kelib chiqadigan formula bilan ifodalanadi.

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{E_a}{KT}} \quad (22.3)$$

$\tau_0$  – molekulaning muvozanat vaziyati yonida tebranishning o‘rtacha davri o‘rtacha siljishi bilan va o‘rtacha vaqt  $\tau$  ni bila to‘rib, suyuqlikda molekulalar harakatining o‘rtacha tezligini aniqlash mumkin

$$\bar{g} = \frac{\delta}{\tau} = \frac{\delta}{\tau_0} e^{-\frac{E_a}{KT}} \quad (22.4)$$

Masalan: suv molekulalari uchun u shu temperaturadagi bug‘ning molekulalari tezligidan 20 marta kichikdir.  $V_0 - \epsilon - 1$  mol suyuqlikning bo‘sh hajmi (22.1) formulani A.I.Bachinskiy yopishqoq suyuqliklarni ifodalagan suyuqlik molekulalarining issiqlik harakatiga asosan Ya.I.Frenkel suyuqlikning yopishqoqligi bilan temperatura orasidagi bog‘lanishi quyidagi formula bilan ifodalanishini ko‘rsatadi

$$\eta = Ae^{\frac{\Delta E_p}{KT}} \quad (22.5)$$

bu yerda  $\Delta E_p$  – har qaysi molekula turgan potensial o‘raning chuqurligi.

3. Suyuqlik ichidagi molekulalarning potensial energiyasi suyuqlikning tashqarisidagi molekulaning potensial energiyasidan kichik suyuqlikning sirt qatlami suyuqlikning butun hajmidan ko‘ra boshqacharoq sharoitda bo‘ladi. molekulani suyuqlik ichidan tashqariga chiqishi uchun muayyan potensial to‘siqni yengib o‘tish kerak bo‘ladi, ya‘ni molekula ma‘lum ish bajarishi kerak bo‘ladi.

Van-der-Vaals tenglamasi taqriban suyuq holatdagi moddalar uchun foydalanishi mumkin

$$\left( P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT \quad (22.6)$$

Masalan: suv uchun:  $P' = \frac{a}{V_0^2} = \frac{5,47}{(0,018)^2} at \approx 1700at$   $a = 5,47 at \cdot l^2 / mol$ ;  $0^\circ C$  1 mol suv hajmi  $V_0 = 0,018 l / mol$ .

S‘huni aytish kerakki suyuqlikning sirt qatlamiga esa sirtga tik holda suyuqlik ichiga yo‘nalgan kuchlar ta‘sir qiladi. Sirt qatlamining butun suyuqlikka bosimi molekulyar bosim deyiladi. Bu bosim ta‘sirida suyuqlikning molekulalari bir-biriga yaqinlashib qoladi, bu esa molekulalar orasida, sirt qatlam hosil qilgan siquvchi kuchlarni muvozanatlovchi itarishish kuchlarining vujudga kelishiga sabab bo‘ladi.

4. Suyuqlik hajmi ichida joylashgan har bir molekula qo‘shni molekulalar bilan o‘ralgan va ular bilan o‘zaro ta‘suratda bo‘ladi, ammo bu kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi O-ga teng. Ya‘ni suyuqlik sirtidagi molekulalarni muvozanatda saqlash uchun suyuqlik sirtiga urnma bo‘ylab f kuch ta‘sir etishi kerak. Bu kuch chegara chizig‘iga normal yo‘nalishiga ta‘sir etadi va unga sirt taranglik kuchi deb ataladi.

Sirt chegarasining uzunligi l qancha katta bo‘lsa, bu kuch ham shuncha katta bo‘ladi

$$f = \sigma \ell \quad (22.7)$$

bu yerda  $\sigma$  – sirt taranglik koeffitsiyenti deyiladi. (22.7) formuladan

$$\sigma = \frac{f}{\ell} \quad (22.8)$$

teng bo‘ladi va SI:  $\frac{4}{m}$ ,  $CFC \frac{\partial H}{cm}$  larda o‘lchanadi. Sirt taranglik koeffitsiyenti temperaturaga bog‘liq bo‘ladi, temperatura ko‘tarilishi bilan u kamayadi.

Suyuqlikning temperaturasi kritik temperatura  $T_k$  ga yaqinlashganda, sirt taranglik koeffitsiyenti  $\sigma=0$  ga intiladi. Suyuqlik sirt pardasi yuzini  $\Delta S$  ga qadar kattalashtirish uchun bajariladigan ish  $\Delta A$  ga teng bo‘lishi kerak ya’ni

$$\Delta A = f\Delta S \quad (22.9)$$

bu yerda  $f = \tau \ell$  ni qo‘ysak

$$\Delta A = \tau \ell \Delta S \quad (22.10)$$

ga teng bo‘ladi, suyuqlik sirt parda energiyasini  $\Delta E$  ga oshirish uchun  $\Delta A$  ish bajarish kerak,  $\Delta A = \Delta E$ , bunda

$$\Delta E = \tau \Delta S \quad (22.11)$$

ga teng bo‘lib, energiyani bu qismiga erkin energiya deyiladi.

Sirt taranglik moddaning suyuq holati uchun xarakterli bo‘lgan juda ko‘p hodisalarni, masalan suyuqlik kichik teshikdan oqib chiqayotganda tomchilarning hosil bo‘lishi, ko‘pikni hosil bo‘lishi va boshqalarni tushuntiradi.

Suyuqlikni sirtiga ko‘tarilayotgan havo pufagi A ni ko‘z oldimizga keltiraylik. U sirtga yetgach, suyuqlikning yupqa qatlamini ko‘tarib, gumbaz hosil qiladi. Agar pufak yetarli darajada kichik bo‘lsa, sirt qatlamini yorib chiqaolmaydi va suyuqlik sirtining ostida qoladi. juda ko‘p mana shunday pufaklarning majmuasi ko‘pik hosil qiladi. Sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti  $\sigma=45 \text{ dn/sm}$ , sof suvning sirt taranglik koeffitsiyenti holus va tomchi usullari bilan kabyada o‘lchanadi (lidda qo‘llaniladi).

5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosimni aniqlash uchun suyuqlik sirtini qabariq va botiq holatdagi chegaralarini qaraymiz suyuqlikning har qanday egri sirt pardasi yassi sirt pardali suyuqlikka ta’sir etayotgan bosimga nisbatan qo‘shimcha bosim bilan ta’sir etadi.

Bu qo‘shimcha bosim qavariq sirt uchun musbat, botiq sirt uchun manfiy bo‘ladi. Suyuqlikning sirti R radiusli sferaning bir qismidan iborat bo‘lgan holni qaraymiz. Buning uchun egri sirdagi  $\Delta S$  sferik segmentni ajratamiz. Bu sferik segmentga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchi  $\Delta f$  ga keng

$$\Delta f = \sigma \Delta \ell \quad (22.12)$$

bo‘ladi va sferik segmentni umumiy sirtiga ta’sir etuvchi bosim P ni bir qator hisoblashlar orqali aniqlaymiz

$$P = \frac{2\sigma}{R} \quad (22.13)$$

Bu formula sferik sirtning suyuqlikka boradigan qo‘shimcha bosimini aniqlash formulasi deyiladi.

## Suyukliklar va kattik jismlar orasidagi ayrim uxshashliklar

Suyuqliklar-shaklan tez o'zgaruvchan bo'lib, siqilish qobiliyati gazlarga nisbatan juda kichik. Suyuqlik molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi gaz molekulalarining o'zaro ta'siridan katta, shu sababli molekulalarning o'zaro ta'sir kuchi suyuqliklar uchun juda muhim ahamiyatga ega. Suyuqlik molekulalari suyuqlikning sirtida va ichida har xil potensial energiyaga ega, shu sababli suyuqlik sirtining xossalari suyuqlikning ichki qismi xossalaridan farq qiladi. Suyuqlik ichidagi A molekula atrofidagi molekulalar bilan o'zaro ta'sir qilib, bu kuchlar o'zaro kompensasiyalangan bo'ladi. V molekulaning suyuqlik sirtidan yuqori qismidagi energiya kompensasiya qilingan bo'lib, f kuch molekulani suyuqlik ichiga (pastga) tortadi, chunki bu molekulaga ta'sir etuvchi kuchlar to'la kompensasiya qilinmagan. Demak suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarga, ularni pastga, suyuqlik ichkarisiga tortuvchi kuchlar ta'sir etadi. Ya'ni, suyuqlikning sirt qatlami suyuqlikka ma'lum bosim beradi, bu bosim molekulyar bosim deyiladi. Natijada suyuqlikning sirtqi qatlamidagi molekulalar hajmidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha potensial energiyaga ega bo'ladi. Bu energiya sirt energiyasi yoki erkin energiya deb ataladi.

Sirtidagi suyuqlik molekulalari, suyuqlik ichidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha energiyaga ega bo'lib, uning sirt katlamida taranglikni hosil qiladi. Sirt taranglik kuchi:

$$F = \alpha l \quad (22.14)$$

Bunda  $\alpha$  - sirt taranglik koeffitsiyenti:  $l$  - suyuqlik sirt chegarasi uzunlik birligi,  $\alpha$ , n/m hisobida o'lganib, suyuqlikning tabiatiga, tarkibiga va haroratiga bog'liq. Suyukliklarda molekulalar ichki bosimi bo'lishi real gazlar bilan suyuqliklar o'rtasida umumiylik borligidan dalolat beradi. Bu umumiylik asosida molekulalarning o'zaro ta'siri yotadi. Suyuqliklar bilan qattiq jismlar o'rtasida ham umumiylik bor, suyuqliklarning ko'p xossalari qattiq jismlar xossalariga o'xshab ketadi. Bu o'xshashlik qattiq jismlar eriganda yoki erigan qattiq jismlar qotganda ko'prok namoyon bo'ladi.

### Havoning namligi

Havoning namligi inson hayotida katta o'rin tutadi. Namlik oshib ketsa ham, kamayib ketsa ham odamning salomatligiga ta'sir etadi. Havoni tarkibida dunyo okeanlari bug'lanishi natijasidagi suv bug'lari mavjud. Suyuqlik sirtida energiyasi katta bo'lgan molekulalarni chiqib ketish hodisasiga bug'lanish deb ataladi. Molekulalarni tartibsiz harakati tufayli ular bir-biri bilan to'qnashadi, natijada ular qaytib suyuqlikka tushadi. Bu hodisa kondensasiya deyiladi.

Suyuqlikdan chiqib ketayotgan va qaytib tushayotgan molekulalar soni tenglashgandagi bug' to'yingan bug' deyiladi. Suvni isitishda suv ichida pufakchalar hosil bo'lib, ular harorat ortishi bilan yuqoriga ko'tariladi. Bu hodisa qaynash deyiladi. Qaynashda pufakchalar ichidagi to'yingan bug' bosimi ortib boradi va tashqi bosim bilan tenglashganda yuqoriga ko'tariladi, yorilib tashqariga bug' chiqaradi. Demak qaynash tashqi bosimga bog'liq bo'lib tashqi bosim ortsa qaynash harorati ortadi va aksincha. Havoning kurukligi yoki

namligi uning tarkibidagi suv bug'lari miqdoriga bog'lik bo'ladi. Havo tarkibidagi bu suv bug'larining bosimiga parsial bosim deyiladi. Havo tarkibidagi suv bug'larini tavsiflash uchun nisbiy namlik deb ataluvchi kattalik kiritiladi. Nisbiy namlik parsial bosimni tuyingan bug' bosimiga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$r = \frac{P_n}{P_T} 100\% \quad (22.15)$$

Inson faoliyati uchun nisbiy namlikni 40-60% eng kulay. YERda 33 gradus C haroratda 100% nisbiy namlikga ega bo'lgan tuqayzor, 42 gradusda 2% nisbiy namlikga ega bo'lgan sahrolar bor. Tabiatda haroratni birdaniga pasayib ketishi natijasida nisbiy namlikni 100% dan ortib ketishi yuzaga keladi. Masalan, kechasi yoki erta tongda. Bunday nomuvozonat vaqtda ortiqcha suv bug'lari kondensasiyalanib, shudring tushadi, tuman yoki bulut hosil qiladi yoki yomg'ir yog'adi. Parsial bosimning tuyingan bug bosimiga teng bo'lishi shudring nuqtasi deyiladi.

#### **Mavzuga doir savollar:**

1. Suyuqlikning tuzilish to'g'risida ma'lumot bering.
2. Suyuqliklarning yopishqoqligi nima.
3. Molekulyar bosim nima.
4. Sirt taranglik nima.
5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosimni tushuntiring.

#### **13-MAJB3Y: Qattiq jism. Kristall panjara. Kristallografik koordinata tizimi. Qattiq jismlarning issiqlik xossalari**

#### **Reja**

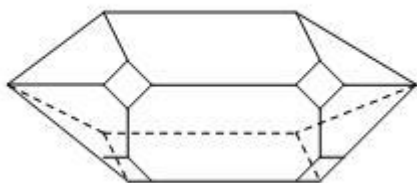
1. Qattiq jismlar haqida tushuncha.
2. Kristallarning tuzilishi. Kristall panjara.
3. Kristall panjaraning energiyasi.
4. Kristallarning klassifikatsiyasi
5. Qattiq jismlarning fizik va mexanik xossalari
6. Xulosa

Qattiq jismlar bir-biridan o'zlarining fizik xossalari bilan keskin farqlanadigan ikki turga, ya'ni kristall va amorf jismlarga ajraladi. Kristall holatdagi moddaning asosiy alomati unda anizotropiyaning mavjud bo'lishidir. Anizotropik deb, bir jinsli jism xossalarining turli yo'nalishlarda turlicha bo'lishiga aytiladi. Masalan kristall jismning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti turli yo'nalishlar uchun turlicha bo'ladi; turli yo'nalishlarda kristallarning mexanik, optik va elektr xossalari ham turlichadir. Kristallning eng xarakterli tashqi alomati uning muntazam geometrik shaklda bo'lishidir. Deraza oynasida, suv muzlaganda muz kristallari muntazam geometrik naqshlar hosil qilishni va

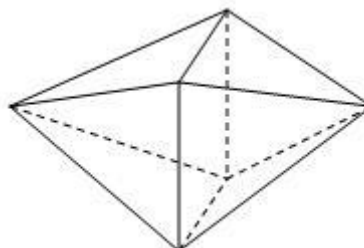


qor uchqunining muntazam shaklga ega bo'lishini hamma biladi. Kristall tekis yoqlar bilan chegaralangan bo'lib, bu yoqlar qirralarda va uchlarda uchrashadi.

Odatda, yoqlar bir-biriga nisbatan simmetrik ravishda joylashadi. Kvars, masalan olti yoqli piramidalar bilan tugallanuvchi olti yoqli prizmadan iborat bo'lgan kristallar hosil qiladi (23.1-rasm)

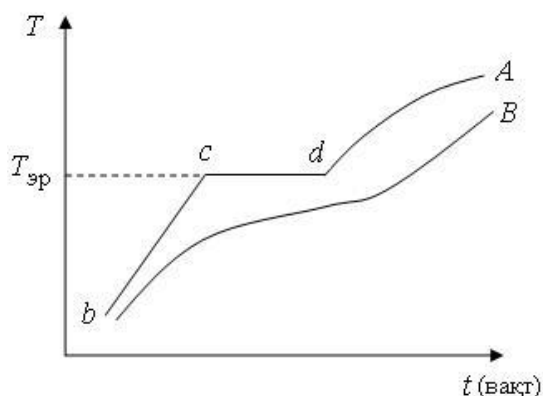


23.1-rasm



23.2-rasm

Achchiqtosh oktaedrlar shaklida (2-rasm), tosh tuz esa kublar shaklida kristallanadi va hokozo. Ma'lum bir kristall moddaning har xil namunalarida yoqlar orasidagi burchaklar mutlaqo birday bo'ladi. Masalan, tosh tuzning kristallari o'zaro tik bo'lgan tekisliklar bo'yicha parallelepiped shaklidagi bo'laklarga ushaladi; slyuda osonlik bilan yupqa qamlatlarga ajraladi. Amorf jismlar singanda esa hamma vaqt egri bugri sirtli ushoqlar hosil bo'ladi. Bir bo'lak shisha sindirilsa, hosil bo'lgan bo'laklar tamomila nomuntazam tasodifiy shakllarga ega bo'ladi. Kristall va amorf jismlar erish vaqtida, ya'ni qattiq holatdan suyuq holatga o'tish vaqtida o'zlarini turlicha vaziyatda tutadilar. Har bir kristall jism tomomila aniq erish nuqtasiga ega bo'ladi.



23.3-rasm. Kristall qattiq jismni (A) va amorf qattiq jismni (B) eritishda temperaturaning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi.

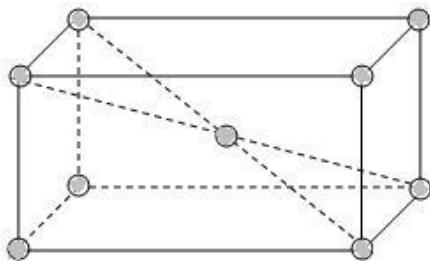
233-rasmdagi A chiziq tekis isitish bilan eritilayotgan kristall jism

temperaturasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini ifodalaydi. Chiziqning BC qismi qattiq holatdagi kristallning isish prosesini tasvirlaydi. Erish temperaturasi  $T_{\text{sp}}$  ga yetganda jismning isishi to'xtaydi, chunki berilayotgan issiqlikning hammasi jismning qattiq holatidan suyuq holatga o'tishi (erish issiqligi) uchun sarflanadi. d nuqtada jismning to'la suyuq holatga o'tgan payti mos keladi. Chiziqning yuqoriga ko'tariluvchi oxirgi qismi suyuqlikning isishiga tegishlidir.

Muzning erishi bunday proses uchun misol bo'ladi: erish vaqtida muz butunlay suvga aylanguncha uning temperaturasi o'zgarmaydi, hamma vaqt  $0^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'lib turadi. Amorf jism temperaturasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi ko'rsatuvchi chiziqda (3-rasm, B egri chiziq) amorf jismning yumshash intervaliga mos keluvchi burilishgina mavjuddir; amorf jism qattiq holatdan suyuq holatga uzluksiz ravishda o'tadi. Bu holatdan, umuman, amorf qattiq jism juda ham yopishqoq suyuqlikka o'xshaydi. Shisha, har xil shishasimon moddalar, smolalar, bitumlar va boshqalar amorf jismlarning namunalari bo'la oladi. Keyingi paytlarda polimerlar deb ataladigan gruppalarni tashkil etuvchi organik birikmalardan iborat bo'lgan amorf moddalar alohida diqqatni o'ziga jalb qilmoqda.

2. Kristall jismlar ikki guruhga bo'linadi: monokristallar va polikristallar. Kristall tuzilish faqat yirik yakka kristallardagina bevosita seziladi. Kristallarning anizotropligiga sabab zarralarining (atomlar, molekulalar, ionlar) fazoviy panjara hosil qilib batartib joylashganligidir. Har uchala yo'nalish bo'yicha ham zarralar joylashuvining davriy ravishda takrorlanishi bilan karakterlanuvchi tuzilish kristall panjara deyiladi.

Zarralar joylashgan nuqta, aniqrog'i atrofida zarralar tebranma harakat qiladigan nuqta kristall panjaraning tuguni deyiladi. Kveruning (tog' xrustalining) tabiiy kristallari, osh tuzining bo'laklari va boshqalar ana shunday kristallardandir (23.4-rasm).



**23.4-rasm**

Bunday yakka kristallar monokristallar deyiladi. Ko'pchilik qattiq jismlar esa mayda kristall tuzilishiga ega bo'ladi. Tuzlarning kukunlari ayrim mikroskopik kristallarning to'plamidan iborat bo'ladi.

Barcha metallar polikristall tuzilishiga ega. Metallning ayrim kristallchalari bir-birining yog'ida molekulyar kuchlar tufayli ushlanib turadi va bunday mayda kristallarning molekulasi bevosita qaraganda tutash bo'lib ko'rinuvchi metall parchasini hosil qiladi.

Metallning ayrim kristallchalari anizotrop bo'lsa ham, ularning tartibsiz joylashganliklari tufayli metall parchasi anizotrop bo'lmaydi. Metallarning polikristall tuzilishini metallning silliqlangan sirtini tekshirish orqali bilish mumkin; ba'zan kristallar ancha yirik bo'lib, ularni ko'z bilan ko'rish mumkin, ba'zan esa ularni faqat mikroskop yordamida ko'rish mumkin.

E.S.Fedorov kristallarning simmetriyasini eng umumiy holda tekshirib zarralarning kristallarda 230 xil usulda joylasha olishligini ko'rsatdi. Kristallning tashqi simmetriyasi uni joylashishining oqibatidir. Bu g'oya 709 XVIII arsning oxiridayoq aytilgan edi. Hozir biz kristallarda atomlar bir-biriga nisbatan simmetrik ravishda fazoviy panjara tashkil qilib joylashganligini bevosita isbot qilamiz. Bu isbot kristall panjarada rentgen nurlarining difraksiyasini hosil qilish mumkinligiga asoslangan.

Shunday qilib, kristall murakkab arxitektura qurilishidan iborat bo'lib, uning mustahkamligini ichki simmetriyasi ta'minlaydi. Kristallni tashkil qiluvchi atomlarning o'zaro ta'sir kuchlari turli xarakterga ega. Tuzlarning kristallarida elektrlangan atomlar, ionlar bo'ladi. Musbat va manfiy ionlar shunday navbatma-navbat joylashadiki, natijada butun kristall neytron bo'ladi. Bunday ion panjarada yoki boshqacha aytganda, geteropolyar panjarada zarralar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari asosan elektrostatik kuchlar bo'ladi.

23.4-rasmda osh tuzining (NaCl) kubik panjarasi tasvirlangan; bunday panjara eng sodda panjara bo'lib, kubik sistemaga kiradi. Natriy atomlari qora doirachalar bilan tasvirlangan, ular musbat elektr zaryadigan ega, ya'ni ular musbat ionlar bo'ladi. Xlor atomlari oq doirachalar bilan tasvirlangan, ular manfiy ionlardir. Ximiyaviy sodda qattiq jismlarda fazoviy panjarani tashkil qiluvchi atomlarning hammasi neytral bo'ladi.

Bunday kristallning panjarasi atom panjarasi yoki Gomeopolyar panjara deb yuritiladi.

Atom panjaradagi o'zaro ta'sir kuchlarning tabiati faqat kvant mexanikasi asosidagina to'la-to'kis tushuntirib berilishi mumkin. Atomlar faqat yoqlarning uchlarida joylashgan holda Brave panjarasi yoqlari markazlashgan deb, yoqlarning markazida joylashgan holda esa hajmiy markazlashgan panjara deb ataladi. Hammasi bo'lib 14 xil Brave panjaralari bor. Kristallar 7 sistemaga bo'linadi.

1-eng kam simmetrik triklin panjara - panjarada tugunlar qirralarining uzunligi ixtiyoriy va ular orasidagi burchaklar ixtiyoriy bo'lgan parallelepiped uchlarida joylashgan.

2-oddiy monoklin;

3-yoqlari markazlashgan monoklin;

4-oddiy rombik;

5-asosi markazlashgan rombik;

6-hajmiy markazlashgan rombik;

7-yoqlari markazlashgan rombik panjaralar.

Geksagonal panjara 8 ta tugunlar muntazam olti yoqli prizmalarning

uchlari va ularning oltiburchakli asoslari markazlarida joylashgan. Undan keyin Romboedrik Brave panjarasi joylashadi, soʻng tetragonal oddiy va hajmi markazlashgan tetragonal panjaralar boʻladi.

Zarralar bir xil kristall panjara hosil qiladigan qattiq jismlar monokristallar deyiladi. Monokristallarning kristall tuzilishi ularning tashqi shaklida ham namoyon boʻladi. Katta kristallar tabiatda juda kam uchraydi. Lekin sanoatda, fan va texnikada bunday kristallarga ehtiyoj juda katta. Ular radiotexnikada, optikada, ayniqsa zamonaviy elektron hisoblash vositalarini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Misol uchun yoqut kristalli lazer nurlarini hosil qilishda, segneta tuzi kristallari ultratovush tebranishlarini hosil qilishda foydalaniladi.

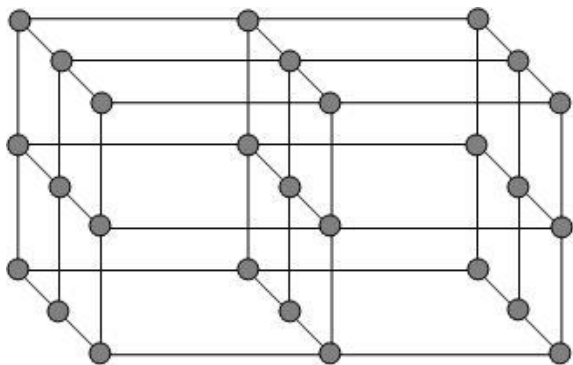
Aynan shuning uchun ham kristall sunʼiy ravishda, hatto kosmik kemalarda ham hosil qilinadi. Hozir shu yoʻl bilan kvars, olmos, yoqut va boshqa noyob kristallar ham hosil qilinmoqda. Lekin buning uchun shart-sharoitlar zarur. Masalan, olmos kristalini hosil qilish uchun  $10^4$  Mpa bosim va  $200^\circ\text{C}$  temperatura zarur.

Qattiq jismlarning aksariyati polikristallardir. Ular betartib joylashgan kichik kristalchalar ( kristallitlar ( kichik monokristallardan tashkil topgan boʻladi. Har bir monokristalga anizotrop, lekin kristallchalar betartib joylashgan boʻlganligi uchun Polikristall jism izotrop boʻladi. Masalan suv besh xil kristall tuzilishga ega boʻlgan muz hosil qiladi. Tarkibi bir xil moddaning turli fizik xossalarga ega boʻlgan har xil kristall tuzilishini hosil qilishi polimorfizm deyiladi.

3. Kristall panjaraning potensial energiyasi  $E_p$  quyidagi koʻrinishda ifodalanadi:

$$E_p = -\frac{C'}{r^{k_1}} + \frac{C''}{r^{k_2}} \quad (23.1)$$

bu formuladagi birinchi had  $-\frac{C'}{r^{k_1}}$  tortish kuchlariga tegishli had,  $+\frac{C''}{r^{k_2}}$  esa itarishish kuchlariga tegishli. 23.5-rasmda bu hadlarning oʻzgarishi va  $E_p$  potensial energiyaning panjaradagi qoʻshni zarralar orasidagi  $r$  masofaga qarab oʻzgarishi yigʻindi chiziq orqali tasvirlangan.  $k_2 > k_1$ , boʻlganda,  $r$  ning kamayishi bilan itarishish kuchlari tortishish kuchlariga qaraganda tezroq oʻsadi, kristallning siqilishga qarshilik koʻrsatishiga sabab ana shudir.



23.5-rasm. Kristall ion panjara  $E_p$  potensial energiyasining ionlar orasidagi  $r$  masofaga bog‘liq.

Potensial o‘raning eng chuqur joyi  $r=r_0$  qiymatga to‘g‘ri keladi;  $r_0$ -kattalik kristallning tashqi kuchlari ta’sirida bo‘lmagan zarralari orasidagi masofani bildiradi. Har bir zarra o‘z muvozanat holati atrofida, potensial o‘radan chiqib ketmagan holda, bir oz tebranib turishi mumkin.

Kristall panjaralar nazariyasini Born va boshqa fiziklar rivojlantirgan. Born (23.1) formuladagi  $k_1$  va  $k_2$  daraja ko‘rsatkichlar ma’lum bo‘lganda, kristallarning elastiklik xossalarini, kristallanish energiyasini, uning oltin xossalarini va boshqalarini hisoblash mumkinligini ko‘rsatgan. Tajriba ma’lumotlari (23.1) ni mos keltirish uchun, geteropolyar panjaralar uchun  $k_1=1$  va  $k_2=9$  deb olish kerak; gomeopolyar panjaralar uchun  $k_2$  katta qiymatlarga ega bo‘ladi.

NaCl tipdagi eng sodda kubik kristall panjaraning energiyasini hisoblash, sxematik ravishda, quyidagicha bajarilishi mumkin. Bir-biridan  $r_0$  uzoqlikda turgan  $-\ell$  va  $+\ell$  zaryadlarga ega bo‘lgan ikkita xolis ionning potensial energiyasi:

$$E'_p = -\frac{e^2}{r_0} \quad (23.2)$$

Panjara ichidagi ikki qo‘shni ionning potensial energiyasi, quyidagi ikki sababga ko‘ra, bu miqdordan katta bo‘ladi:

Har bir ionga uning eng yaqin qo‘shnisidan tashqari, panjarasining barcha boshqa ionlari ham ta’sir qiladi;

Ionlar bir-biriga ta’sir qilib, itarishish kuchlarini vujudga keltiruvchi o‘zaro qutblanish hosil qiladi.

[(23.1) formuladagi ikkinchi had].

Hisoblashlarning ko‘rsatishiga NaCl tipdagi kristall uchun (23.2) formula quyidagi ifoda bilan almashitirilishi kerak:

$$E'_p = -0,2582 \frac{e^2}{r_0} \quad (23.3)$$

(23.3) formula bilan ifodalangan potensial energiya, son jihatdan, ikki qo‘shni ionni panjaradan ajratib olib, ularni cheksiz uzoqlashtirish uchun bajariladigan ishga teng, boshqacha aytganda, u potensial energiya panjaradagi ikki qo‘shni ionlar orasidagi bog‘lanishni uzish uchun bajariladigan ishga teng.

S’Hu panjarani tashkil qiluvchi moddaning bir molida  $N$  juft ion bor va kubik panjaradagi har bir ion 6 ta qo‘shni ionga egadir. Shunday qilib, bir molni tashkil qiluvchi barcha ionlarni bir-biridan cheksiz katta masofaga uzoqlashtirish uchun  $6N$  bog‘lanishini uzish kerak. Bundan panjaraning bir molga mos keluvchi to‘la potensial energiyasi

$$E_p = -0,2582 \frac{e^2}{r_0} \cdot GN \quad (23.4)$$

Kubik panjaradagi qo'shni ionlar orasidagi  $r_0$  masofani quyidagicha aniqlaymiz; agar tekshirilayotgan kristallning zichligi  $\rho$ , molekulyar og'irligi  $\mu$  va bir molning hajmi  $V_0$  bo'lsa, u holda:

$$V_0 = \frac{\mu}{\rho}$$

Har bir elementar kubik yacheykaga to'g'ri keladigan  $\vartheta = r_0^3$  hajmini esa  $V_0$  bir moldagi yacheykalar soniga bo'lib topamiz; yacheykalarning soni bir moldagi ionlar soniga, ya'ni  $2N$  ga teng bo'ladi.

S'huning uchun

$$r_0^3 = \frac{V_0}{2N} = \frac{\mu}{2\rho N}$$

bundan

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2\rho N}}$$

Bu qiymatni potensial energiyaning (23.4) ifodasiga qo'yamiz:

$$E_p = -0,2582 \cdot G \cdot e^2 \sqrt[3]{\frac{2\rho N^4}{\mu}}$$

(23.5)

$e$  va  $N$  konstantalar bo'lgani uchun, oxirgi ifoda

$$E_p = -K \sqrt[3]{\frac{\rho}{\mu}}$$

(23.6)

ko'rinishida yozilishi mumkin. Agar  $\rho$  ni  $\text{g}/\text{sm}^3$  larda,  $\mu$  ni  $\text{g}/\text{mol}$  larda va  $E_p$  ni  $\text{kal}/\text{mol}$  larda ifodalasak,  $K$  ning son qiymati 545 ga teng bo'ladi.

$\text{CsCl}$  yoki  $\text{CaF}_2$  tipidagi kristall panjaralari uchun ham (23.6) ga o'xshash formula kelib chiqadi, faqat  $K$  konstantaning son qiymati boshqacha bo'ladi.

4. Kristall panjaralarni elementar yacheykalari, burchaklari, qismlarini joylanishiga nisbatan 7 sistemali klassifikatsiyaga bo'linadi.

1. Triklin-tomonlari va burchaklarini bog'lanishi  $a \neq b \neq c$ ;  $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
2. Monoklin -  $a \neq b \neq c$ ;  $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
3. Rombik -  $a \neq b \neq c$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4. Romboodrik -  $a = b = c$ ;  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
5. Geksagonal -  $a = b \neq c$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$
6. Totragonal -  $a = b \neq c$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
7. Kubik -  $a = b = c$ ;  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Bu klassifikatsiyadagi kristallar panjaralarini tuzilishiga qarab 14 tipga bo'linadi va ularni Bravais panjaralari deyiladi.

Kristallarni simmetriya nazariyasini o'rgangan rus kristallografi A.V.Gadolin kristallar 32 simmetriya sinfiga bo'linadi. Yanada murakkab klassifikatsiyaga ega bo'lgan kristallar fazoviy gruppali simmetrik panjarali

kristallari deyiladi. Rus kristallografi YE.S.Fedorov panjaralar simmetriyani fazoviy gruppasini o'rganib, 230 simmetriyali fazoviy gruppaga ega kristallar mavjudligini aniqladi. Bunday simmetrik panjarali fazoviy gruppaga kristallariga Fedorov kristallar gruppasi deyiladi. Kristallarni simmetrik fazoviy gruppalarini senizoparni xossalari bilan o'rganib, murakkab sistemali kristallar klassifikatsiyasini rus fizigi A.V.S'hubnisi o'rgandi.

Kristallarni turlarga ajratishning ikki xil usuli mavjud:

**Kristallografik** - bu usulda zarralar joylashuvining fazoviy davriyligiga ahamiyat beriladi va shuning uchun ham zarralar geometrik nuqtalar sifatida qaralib, kristallning ichki tuzilishiga e'tibor berilmaydi.

**Fizik** - bu usulda panjaraning tugunlarida joylashgan zarralarning tabiati va ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining xarakteriga e'tibor beriladi. Va aynan shu xossalari asosan kristallar to'rt turga bo'linadi: ionli, atomli, metalli, molekulali.

**Ionli kristallar** - Kristall panjaraning tugunlarida qarama-qarshi zaryadli ionlar navbat bilan joylashgan bo'ladi. Ionlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi, asosan, elektrostatik xarakterga ega. Ionli panjara osh tuzi NaCl va sezii xlor CsCl misol bo'ladi.

**Atomli kristallar** - Kristall panjaraning tugunlarida kvant-mexanik tabiatdagi kuchlar tutib turadigan neytral atomlar joylashgan. Ular o'rtasida elektr xarakteriga ega bog'lanish mavjud. Atomli bog'lanishga olmos, grafit, germaniy va kremniy misol bo'la oladi.

**Metall kristallar** - Kristall panjaraning tugunlarida metallning musbat ionlari joylashgan bo'ladi. Kristall panjara hosil bo'lishida atomlar bilan kuchsiz bog'langan valentli elektronlar atomlardan ajraladi va elektron gazini hosil qiladi. Natijada metallning musbat ionlar o'rtasida xarakterlanadigan erkin elektronlar vujudga keladi va metallarning elektr o'tkazuvchanligini ta'minlaydi. Metall kristallga ko'pchilik metallar misol bo'ladi.

**Molekulali kristallar** - Kristall panjaraning tugunlarida ma'lum tartibda yo'naltirilgan molekular joylashgan bo'ladi. Ular orasida molekular o'zaro ta'siriga xos bo'lgan tortishish kuchlari mavjud bo'ladi. Molekulali kristallarga naftalin, parafin, quruq muz ( $\text{CO}_2$ ), муз ва хокозалар киреди.

Real kristallarning uncha katta bo'lmagan bulagigina ideal tuzilishga ega bulishi mumkin. Boshqa qismlarda esa panjara tugunlarida zarralar joylashuvining batartibligi buziladi va kristall panjaraning defektlari deyiladi. Kristallardagi defektlar (kamchilik, nuqson) ularning fizik, mexanik xossalari katta ta'sir ko'rsatadi.

**Suyuk kristallar** - ba'zi organik moddalarning shunday holati mavjudki, ular garchi suyuqliklarga xos bo'lgan oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lsalar-da, lekin kristallarga xos bo'lgan molekular joylashuvining ma'lum batartiblik va ba'zi fizik xossalari bo'yicha anizotropik xususiyatlarga egadir.

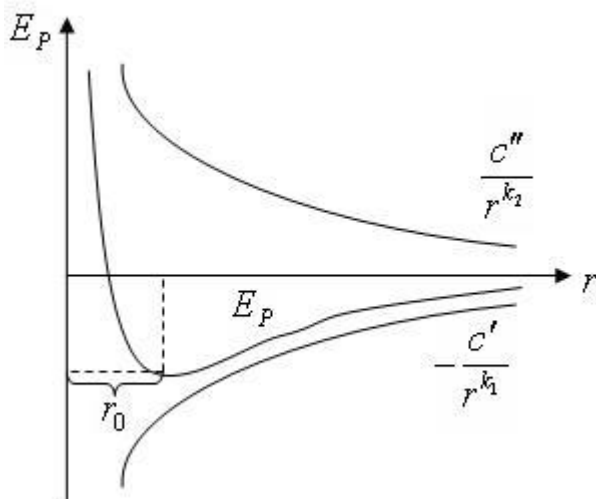
Suyuk kristallar ma'lumotlarni qayta ishlash va tasvirlash, harfi-sonli

ekranlar, ya'ni elektron hisoblash mashinalari, elektron soatlar, mikrokalkulyatorlar, reklama shchitlarida ishlatiladi. Yupqa ekranli televizorlar va monitorlarda ham suyuq kristallardan foydalaniladi. Ularning tibbiyotda qo'llaniladigan nozik asboblarda, nazorat qurilmalari qo'llanilishi mumkin.

5. Monokristallardagi siqilish, cho'zilish, buralish, egilish deformatsiyalari, kristall panjaralarning mavjudligi nuqtai nazaridan (mexanik xossalari asosida) osongina tushuntirish mumkin.

Kristall panjaraning muvozanati panjarani tashkil qiluvchi zarralar (ionlar va atomlar) orasidagi tortishish va itarishish kuchlarining o'zaro kompensasiyalashib turishidan kelib chiqadi. Masalan, ion panjarada, kristall siqilganda qo'shni ionlar orasidagi  $r_0$  masofa qisqaradi, itarishi kuchlari tortishish kuchlaridan katta bo'lib qoladi. Buning natijasida, kristallni siqayotgan tashqi kuchga aks ta'sir qiluvchi itarishish yig'indi kuchi vujudga keladi. Ionlar muvozanat holatidan qancha ko'p chiqarilgan bo'lsa, ya'ni deformatsiya qancha ko'p bo'lsa, itarishish kuchi ham shuncha ko'p bo'ladi. Tashqi kuchning ta'siri to'xtasa, ionlar o'zlarining muvozanat holatlariga qaytadi, panjara dastlabki ko'rinishga keladi. Bu kristalning deformatsiya yo'qoldi, demakdir. Kristall cho'zilganda, burilganda va egilganda ham xuddi shuning kabi, qo'shni ionlar orasidagi  $r_0$  masofa kattalashadi, tortishish kuchlari itarishish kuchlaridan katta bo'ladi, kristal butunligiga tashqi kuchga qarshilik ko'rsatadi.

Siljish deformatsiyasi vaqtida panjara qiyshayadi. Agar panjara eng sodda kub ion panjaradan iborat bo'lsa, panjaraning har bir elementar musbat (yacheykasi) kub shakldan qiyshiq burchakli parallelepipedga aylanadi, as-diognal qisqarib, va diognal uzayadi.





### 23.6-rasm. Siljish deformasiyasida kristall panjaraning qiyshayishi

Natijada  $a$  va  $c$  ionlar orasida itarishish kuchlari  $b$  va  $d$  ionlar orasida tortishish kuchlari vujudga keladi. Panjara o'zining dastlabki shaklini tiklashga intiladi, bu esa elastik siljish deformasiyasining vujudga kelishiga sabab bo'ladi.

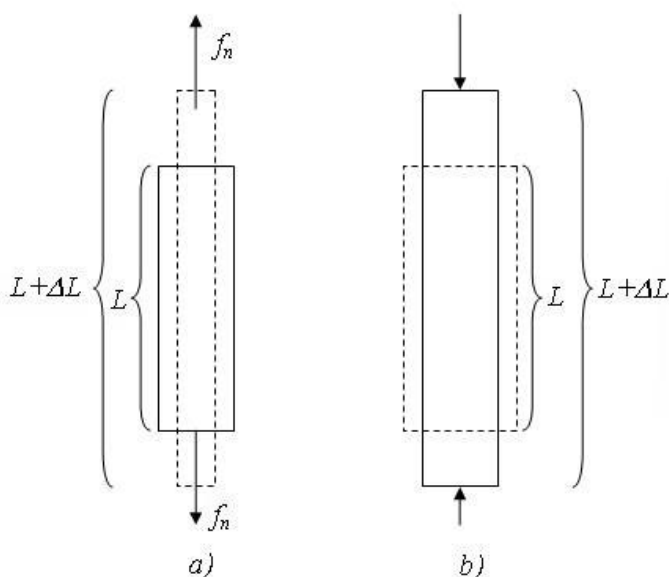
Har qanday qattiq jism tashqi kuchlar ta'sirida deformasiyalanadi, ya'ni o'z shaklini o'zgartiradi. Masalan, cho'zuvchi kuch ta'sirida uzayuvchi prujina siquvchi kuch ta'sirida qisqaradi.

Gun kashf qilgan qonunga ko'ra, deformasiyaning  $\Delta X$  kattaligi ta'sir qiluvchi  $f$  kuchga proporsionadir:

$$\Delta X = Kf \quad (23.7)$$

bunda  $K$ -berilgan qattiq jismning ko'zatilayotgan tur deformasiyasi uchun o'zgarmas kattalikdir.

Eng sodda deformasiyalardan birini, ya'ni bo'ylama cho'zilishi yoki bir tomondama siqilishini ko'raylik.



### 23.7-rasm. Cho'zilish (a) va siqilish (b) deformasiyalari.

Uzunligi  $L$ ga, ko'ndalang kesimining yuzi  $S$  ga teng bo'lgan bir jinsli sterjenni qaraylik. Bu sterjenning uchlariga  $f_n$  kuchlar ta'sir qilsa, sterjenning uzunligi  $\Delta L$  miqdorga o'zgaradi.

Cho'zuvchi kuchlari musbat deb hisoblaymiz; bu holda  $\Delta L$  ham musbat bo'ladi (23.7-a rasm), ya'ni sterjen uzayadi. Siquvchi kuchlari manfiy deb hisoblaymiz; bu holda  $\Delta L$  ham manfiy bo'ladi (23.7-b rasm), ya'ni sterjen bir tomondama siquvchi kuchlar ta'siridan bo'lsa, uning  $L$ -uzunligi kamayadi.

Demak  $f$  kuch ta'sirida qattiq jism deformatsiyani uzunligini nisbiy o'zgarishi  $\Delta L/L$ -muhimdir.

S'huningdek, bu holda  $\frac{f_n}{S} = P$  kattalikni kuchlanish deyiladi. Natijada

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \frac{f_n}{S}$$

yoki

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha P_n \quad (23.8)$$

bu yerda koeffitsiyent  $\alpha$ —elastiklik koeffitsiyenti deyiladi. (23.8) formuladan  $E = \frac{1}{\alpha}$  kattalikka esa elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi.

Yung moduli  $YE$  ni (23.8) formulaga qo'yamiz:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{E} \cdot P_n \quad (23.9)$$

(23.8) va (23.9) formulalardan:

$$\alpha = \frac{\Delta L / L}{P_n}, \quad E = \frac{P_n}{\Delta L / L} \quad (23.10)$$

ko'rinadiki elastiklik koeffitsiyenti  $\alpha_1$  – sterjenni nisbiy uzayishiga bog'liq ekan. Shuningdek uzunligi  $L_0$  bo'lgan sterjenga  $P_n$  kuchlanish ta'sir ilayapti deylik, u holda sterjenning yangi uzunligi

$$L = L_0 + \Delta L$$

teng bo'ladi. (23.8) formulaga asosan  $\Delta L = \alpha L_0 P_n$  va sterjenning ya'ni uzunligi

$$L = L_0(1 + \alpha P_n) \quad (23.11)$$

demak, kuchlanish  $P_n$  ga chiziqli bog'lanishda ekan. Sterjenga ta'sir etuvchi kuch:

$$f_n = \frac{E \cdot S}{L} \cdot \Delta L \quad (23.12)$$

ta'sirida  $\Delta L$  sterjen uzunligi o'zgarishi natijasida  $A$ -ish bajariladi. Agar sterjenga ta'sir etuvchi kuchni o'rtacha  $f_n$  bilan belgilasak:

$$A = f_n \cdot \Delta L \quad (23.13)$$

yoki (23.13) formulaga (23.12) ni qo'ysak

$$A = \frac{1}{2} \frac{ES}{L} \cdot \Delta L^2 \quad (23.14)$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Bu ish elastik deformatsiyalangan sterjenda potensial energiya hosil qilish uchun sarflanadi

$$E_p = \frac{1}{2} \left( \frac{ES}{L} \right) \Delta L^2 \quad (23.14)$$

Demak, elastik deformatsiyalangan sterjenning potensial energiyasi deformatsiyaning  $\Delta L^2$  ga proporsional ekan. Qattiq jismning siljish deformatsiyasiga keltiruvchi buralish deformatsiyasini qaraylik. L-uzunlikdagi va r radiusli doiraviy silindr shakldagi sterjenni qaraylik. Buralish deformatsiyasi sterjenning yuqori kesimi qo‘zg‘almas qilib mahkamlangan va pastki kesimiga esa sterjenni burovchi M kuch moment ta’sir qilsin. Pastki kesimini biron bir radiusda OA= $\rho$  kesmani olib qaraymiz.

Burovchi moment ta’sirida OA kesma  $\varphi$  burchakka buraladi va OA’ vaziyatni egallaydi.  $\varphi/L$ -kattalik nisbiy deformatsiya bo‘ladi, ya’ni sterjen uzunligi birligiga to‘g‘ri keladigan burilish burchagi nisbiy deformatsiyani ifodalaydi. Elastik deformatsiya chegarasida bu  $\varphi/L$ -kattalik burovchi moment M-ga proporsionaldir.

$$\frac{\varphi}{L} = c M \quad (23.15)$$

Bu yerda c-berilgan sterjen uchun o‘zgarmas kattalikdir: sterjen buralganda uning pastki asosi yuqori asosiga nisbatan siljiydi; BA-to‘g‘ri chiziq burilib, BA’ vaziyatni egallaydi,  $\psi$  burchak siljish burchagi bo‘ladi. Bizga ma’lumki, qattiq jismning siljish moduli N e’tiborga olib  $\psi$  siljish burchagi nisbiy siljishni xarakterlaydi; ya’ni

$$\psi = \frac{1}{N} \cdot P_t \quad (23.16)$$

bunda  $P_t$  – sirtning A’ nuqta yaqinidagi ds elementiga ta’sir qiluvchi urinma kuch, N-siljish moduli.

Demak,

$$\psi = \frac{AA'}{L} = \frac{\varphi \cdot \rho}{L} \quad (23.17)$$

bundan (23.16) ga asosan:

$$P_t = N\psi = N \frac{\varphi \cdot \rho}{L} \quad (23.18)$$

shuningdek 8-rasmda  $\varphi$ –burilish burchagi,

$$\varphi = \frac{2}{\pi N} \cdot \frac{L}{r^4} \cdot M \quad (23.19)$$

tenglik orqali aniqlanadi (23.19) va (23.15) formulalarning taqqoslab:

$$C = \frac{2}{\pi N} \cdot \frac{1}{r^4} \quad (23.20)$$

kuch momenti M ni (23.19) formuladan:

$$M = \frac{\pi N}{2} \cdot \frac{r^4}{L} \cdot \varphi \quad (23.21)$$

topamiz. Demak kristall panjaralar nazariyasi kristallarning mustahkamligini hisoblash imkonini beradi.

#### **IV. Tayanch tushunchalar.**

Kristallaning anizotropi, monokristallar, polikristallar, amorf jismlar, polimerlar va ularning xossalari, defektlar, suyuq kristallar va suyuq kristallarning qoʻllanilishi, qattiq jismlarning deformatsiyasi, deformatsiya va qattiq jismning tuzilishi, materialning mustahkamligi choʻzilish, siljish, buralish deformatsiyalari, moddalarning murtligi va qattiqligi kristall panjaralarni tuzilishi.

#### **V. Mavzu yuzasidan savollar.**

1. Qattiq jismlarning xossalari, turlarini tushuntiring?
2. Kristall jismlarning anizotropi va izotropini aytib bering?
3. Kristall panjara va tugunlarni mohiyatini tushuntiring?
4. Kristall jismlarning turlari, xususan monokristallar deb qanday jismlarga aytiladi?
5. Polikristallar deb qanday kristallarga aytiladi?
6. Kristallar necha sistemaga boʻlinadi va ularni aytib bering.
7. Kristal panjaralarning energiyasini mohiyatini tushuntiring?
8. Amorf jismlar qanday jismlar, misollar keltiring?
9. Kristallarni klassifikatsiyasi, molekular kristallar, suyuq kristallar, ionli kristallar, atomli kristallar va metall kristallar haqida tushuncha bering?
10. Polikristallarning izotop boʻlishi, polimorfizm deb nimaga aytiladi?
11. Kristallarning fizik, mexanik xossalari toʻgʻrisida tushuntiring?
12. Polimerlar haqida tushuntiring?

#### **14-MAVZU: I- va II- tur fazaviy oʻtishlar**

##### **Reja**

1. Qattiq jismlardagi issiqlik harakati.
2. Qattiq jismning issiqlikdan kengayishi.
3. Qattiq jismlarning issiqlik sigʻimi.
4. Qattiq jismlarning erishi va bugʻlanishi.
5. Gazlarning qattiq jismlar tomonidan adsorbsiya va absorbsiya qilinishi.
6. Qattiq holatga oʻtish.
7. Holat diagrammasi. Uchlanma nuqta.
8. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy oʻtishlar.
9. Qattiq geliy.
10. Xulosa

## Kristall

Qattiq jismning fazoviy panjarasini tashkil qiluvchi har bir zarra (atom yoki ion) muvozanat vaziyat atrofida tebranib turadi. Qattiq jismning ichki energiyani mana shu tebranishlarning energiyasidan iboratdir. Qattiq jismlardagi zarralarning issiqlik harakati, gaz va suyuqliklardagi zarralarning issiqlik harakatidan shuning uchun farqlanadi. Gazlarda alohida molekulalar erkin uchib yuradi va bir-biri bilan faqat elastik to'qnashishlarga uchraydi; gazlarda diffuziya jarayoni tezlik bilan o'tishiga olib keladi.

Suyuqliklarda esa molekulalar o'zining tartibsiz harakati tufayli qo'shni molekulalar bilan uzluksiz tebranib turadi. Suyuqliklarda ham, gazlardagiga nisbatan sekinroq bo'lsada diffuziya mavjuddir. Ammo qattiq jismlarda zarralar (atom va ion) ma'lum muvozanat atrofida tebranib tursada, bir joydan ikkinchi kamdan kam holda joyga o'tishi mumkin, shu sababli diffuziya juda sekin bo'ladi. Qattiq jismning temperaturasi ko'tarilsa, zarralarning muvozanat vaziyatlardan chetlanishlari ko'payadi. Bu qattiq jismni issiqlikdan kengayishiga olib keladi.

Ma'lumki, qattiq jismning 273 K temperaturadagi uzunligini  $L_0$  ga teng deb olib, uning  $\Delta T$  temperaturagacha ( $\Delta T = T - T_0$ ) qizdirgandagi  $\Delta L$  uzayishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (24.1)$$

bunda  $\alpha$  – qattiq jismning issiqlikdan chiziqli kengayishi koeffitsiyenti. Bundan jismning T temperaturadagi  $L_T$  uzunligi;

$$L_T = L_0 + \Delta L = L_0(1 + \alpha \Delta T)$$

(24.2)

ya'ni qattiq jismning uzunligi temperatura bilan chiziqli bog'lanishda o'sadi.

Qattiq jismlar uchun chiziqli kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lib, ular  $10^{-5}$  va  $10^{-6}$  grad<sup>-1</sup> ga yaqin kattalik atrofida bo'ladi. Agar (24.2) dan  $\alpha$  ni aniqlasak

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta L}{L_0} \quad (24.3)$$

ni topamiz. Demak,  $\alpha$  jismning nisbiy chiziqli kengayishi  $\frac{\Delta L}{L}$  ning temperatura o'zgarishi  $\Delta T$  ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{K \cdot m} = 1K^{-1}.$$

Chiziqli kengayish natijasida jismning hajmi ham kattalashadi. Qirralarining uzunligi  $L_0$  bo'lgan kub shaklidagi jismning ko'z oldimizga keltiraylik; uning  $L_0^3$  ga teng bo'lgan dastlabki hajmini  $V_0$  orqali belgilaymiz. U holda T temperaturadagi hajm

$$V = L_0^3(1 + \alpha \Delta T)^3 = V_0(1 + \alpha \Delta T)^3.$$

Bu ifodadagi  $(1+\alpha\Delta T)$  binomni kubga oshirib,  $\alpha^2$  hamda  $\alpha^3$  qatnashgan hadlarni etiborga olsak,

$$V = V_0(1 + 3\alpha \Delta T)$$

bo'ladi.  $3\alpha$  ni  $\beta$  orqali belgilasak,

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T) \quad (24.4)$$

Bu yerdagi kattalik  $\beta$  qattiq jismning issiqlikdan haymiy kengayish koeffitsiyenti deyiladi.

Anizotron kristalllarda chiziqli kengayish koeffitsiyenti  $\alpha$  turli yo'nalishlar uchun turlicha bo'ladi. Natijada kristall kengaygandan so'ng, o'ziga o'xshash bo'lmay qoladi: kristall o'z shaklini o'zgartiradi. Ammo kristallning to'g'ri chiziqli issiqlikdan kengayishi, to'g'ri chiziqlicha qolaveradi. Bu yo'nalishlar kristallografik o'qlar deyiladi. Issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti  $\alpha$  ning mana shu yo'nalishlar bo'yicha olingan qiymatlari bosh qiymatlar deyiladi. Umumiy holda kristallar uchta shunday o'qqa va issiqlikdan chiziqli kengayishning uchta bosh koeffitsiyenti  $\alpha$ ,  $\alpha_2$  va  $\alpha_3$  ga egadir.

Kristallning hajmiy kengayish koeffitsiyenti taqriban chiziqli kengayishning bosh koeffitsiyentlari yig'indisiga teng. Izotrop jism uchun  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$  va bu holda  $\beta = 3\alpha$  ga teng bo'ladi.

Qattiq jismning ichki energiyasi jismni tashkil qiluvchi zarralarning zapas tebranish energiyasidan va shuningdek, ularning o'zaro potensial energiyasidan iboratdir, ya'ni  $W = W_c = W_p$  ga teng bo'ladi. Kristall panjarani tashkil qiluvchi zarralar (atomlar va ionlar) umuman aytganda, erkin bo'lmaydi, chunki ular orasida anchagina o'zaro ta'sir kuchlari bo'ladi. Shuning uchun zarralarning tebranishlarini bog'langan tebranishlar deb qarash kerak; butun panjarada turli chastotali tebranishlar vujudga keladi. Shu tebranishlarning energiyasi nazarga olinishi kerak.

Har bir zarra muvozanat vaziyat atrofida tebranma harakat qiladi. Zarra tebranishining o'rtacha energiyasini aniqlash uchun, zarra ham kinetik, ham potensial energiya zapasiga ega bo'lishini e'tiborga olish kerak.

Har bir zarra muvozanat vaziyat atrofida uch yo'nalishda tebranishini e'tiborga olinsa, zarraning erkinlik darajasi  $i=3$  ga teng bo'ladi. Shuning uchun o'rtacha kinetik energiya

$$\bar{W}_k = \frac{i}{2} kT = \frac{3}{2} kT$$

teng bo'ladi. Bitta zarrani o'rtacha energiyasining to'la qiymati

$$\bar{W} = 2\bar{W}_k = 3kT$$

Bir mol qattiq jismning to'la ichki energiyasi  $U$  ni topish uchun, bir zarraning o'rtacha energiyasini bir molda bo'lgan erkin tebranuvchi zarralar soniga ko'paytirish kerak

$$U = \bar{W} \cdot N = 3NkT = 3N \frac{R}{N} \cdot T = 3RT \quad (24.5)$$

bu yerda  $R = 8,31 \cdot \text{Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$  – gaz doimiysi.

Issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lgan qattiq va o'zgarmas hajmdagi va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'implari amalda bir-biridan farq qilmaydi. Hajm o'zgarmas bo'lganda issiqlik berilsa, bu issiqlikning hammasi ichki energiyani ortishiga sarf bo'ladi. Shuning uchun o'zgarmas hajmdagi atomning issiqlik sig'imi quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$C_V = \left( \frac{dn}{dT} \right)_V = 3R \approx 6 \text{ kal} / \text{K} \cdot \text{mol} = 25,12 \text{ j} / \text{K} \cdot \text{mol}$$

ya'ni barcha ximiyaviy sodda kristall qattiq jismlarning atom issiqlik sig'imi yetarli darajada yuqori temperaturada 6 kal/Kmol ga tengdir. Bu xulosa Dyulong va Pti qonuni deb yuritiladi.

Dyulong va Ptilarning o'zlari bu qonunni uy temperaturasi sharoitida bir qancha qattiq jismlar uchun olingan empirik ma'lumotga asoslanib kashf etganlar. *Al*-alyuminiy, *Fe*-temir, *Au*-oltin, *Cd*-kadmiy va shu kabi moddalar uchun  $C=6$  kal/Kmol ga yaqin, ya'ni ular uy temperaturasida atomlar amalda bir-biridan mustaqil ravishda tebranishi uchun yetarlidir: bu jismlar uchun Dyulong va Pti qonuni bajariladi. Olmos, kremniy va Bor uchun uy temperaturasi atom issiqlik sig'implari 6 kal/Kmol dan ancha kichik.

Ximiyaviy murakkab moddalarning ko'pchilik kristallari ion xarakteridagi kristallar bo'ladi. Masalan, gazsimon natriy xlorning bir molidagi NaCl molekularining soni Avagadro soni  $N$  ga teng bo'ladi. Osh tuzi kristalida esa panjaraning tugunlarida joylashgan  $\text{Na}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlar bo'lib, ularning umumiy soni  $2N$  ga teng bo'ladi. Kristall osh tuzining molyar issiqlik sig'imi

$$C = 2 \frac{i}{2} k \cdot 2N = 6kN = 6R$$

ga yoki taqriban 12 kal/K·mol ga teng bo'lishini topamiz. Shuningdek barcha boshqa ikki atomli birikmalarning ham qattiq holatdagi molyar issiqlik sig'imi taqriban 12 kal/K·mol ga teng bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. Uch atomli birikmalarning molyar issiqlik sig'imi, taqriban, 18kal/K·mol ga, to'rt atomli birikmalarning molyar issiqlik sig'imi taxminan, 24kal/K·mol ga teng bo'lishi kerak.

Bu xulosa empirik yo'l bilan aniqlangan Joul va Kopp qonuniga mos keladi. Bu qonunga ko'ra, qattiq holatdagi birikmalarning molyar issiqlik sig'imi bu birikmalar tarkibiga kiruvchi elementlar atom issiqlik sig'implarning yig'indisiga teng. Temperatura absolyut nolga intilganda barcha qattiq jismlarning issiqlik sig'imi nolga intiladi. Qattiq jism issiqlik sig'iminin juda past temperaturalarda o'zgarish faqat kvant mexanikasi asosidagina tushuntirilishi mumkin.

Uy temperaturasida ( $T \approx 300\text{K}$ ) qattiq jismning issiqlik sig'imini klassiq usulda hisoblash mumkin. – 200 °C ga yaqin temperaturalarda esa, issiqlik sig'imini kvant nazariyasi asosida hisoblash kerak bo'ladi. Qattiq jismlar issiqlik sig'imi kvant nazariyasining asoslarini Eynshteyn qurib bergan edi. So'ng Debay panjarani tashkil qiluvchi zarralarning past temperaturalardagi

o'zaro ta'siri katta rol o'ynashini e'tiborga oldi. Juda past temperaturalarda qattiq jismlarning issiqlik sig'imi absolyut temperaturaning uchinchi darajasiga proporsional bo'lib o'zgaradi.

Rus fizigi L.I.Mandelstam kristallarda elastik issiqlik to'lqinlarining mavjud bo'lishi kristalldan sochiluvchi yorug'likning xarakteriga ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatdi. Bu hodisani rus fizigi YE.F.Gross tajribada kuzatdi va qattiq jismlarda elastik issiqlik tebranishlarning mavjud bo'lishini tajribalar asosida tasdiqladi.

Agar modda eriganda uning hajmi kattalashadigan bo'lsa, bosim ortishi bilan erish temperaturasi ham ko'tariladi: erigan modda bosim ortishi bilan yana qotib qolishi mumkin.

Agar modda erigan vaqtida uning hajmi kichrayadigan bo'lsa (suv, vismut, sur'ma va ba'zi boshqa moddalar), bosim ortishi bilan erish temperaturasi pasayadi; qotgan jism bosim ortishi bilan yana suyulib qolishi mumkin.

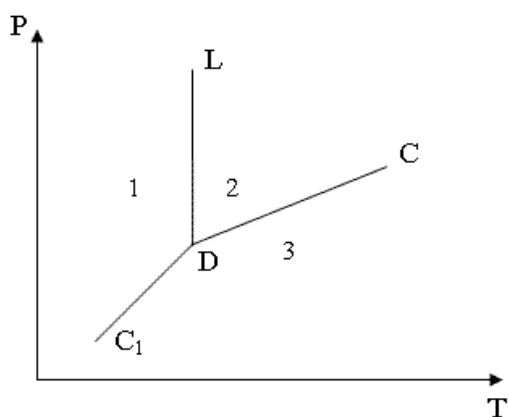
Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish proses energiya sarflash bilan bog'liq; boshqacha aytganda, berilgan qattiq jism massani shu temperaturadagi suyuq holatga o'tkazish uchun, jismga ma'lum miqdorda issiqlik berish kerak bo'ladi. Bu erish issiqlik deyiladi. Suyuqlik qotgan vaqtda bu energiya issiqlik shaklida ajralib chiqadi. Erish issiqligi turli moddalar uchun turlichadir. Masalan, suv uchun u 80kal/g ga , simob uchun esa atigi 2,75kal/g ga teng.

Erish temperaturasi berilgan moddaning tozaligiga juda ham bog'liqdir. Ba'zan ozgina miqdorda boshqa bir moddaning qo'shilishi erish temperaturasining sezilarli darajada pasaytirishi mumkin. Qattiq jismlar ham suyuqliklar kabi, har qanday temperaturada ozmi-ko'pmi bug'lanib, shu moddaning bug'ini hosil qiladi.

Suyuqlikni berk idishda sovitamiz, suyuqlik ustida esa faqat to'yingan bug' bo'lsin. Temperatura pasaygan sari, bug'larning bosimi ham kamayadi; bu bosimning temperaturaga qarab o'zgarishining grafigi (24.1-rasm)dagi CD chiziq orqali tasvirlangan.

To'yingan bug' bosimi ostidagi suyuqlikning qotishi temperaturasiga D nuqta to'g'ri keladi. D nuqtaga yetgach, sistemadan issiqlik olish davom ettirilgani holda, suyuqlik qattiq holatga o'ta boshlaydi, shuning bilan birga, suyuqlikning hammasi qattiq holatga o'tguncha, temperatura o'zgarmaydi.





24.1-rasm Uchlik nuqta

1-qattiq faza; 2-suyuq faza; 3-gazsimon faza

Bu vaqt ichida to‘yingan bug‘larning bosimi ham o‘zgarmaydi va u D-nuqtaning ordinatasiga teng bo‘ladi. Butun suyuqlik qattiq holatga o‘tgach, qattiq jism ustidan to‘yingan bug‘ ilgariydek mavjud bo‘ladi. Qattiq jismni sovitish davom ettirilsa, to‘yingan bug‘larning bosimi ham pasaya boshlaydi, lekin bu pasayish yangi DG chiziq bo‘yicha boradi.

S‘Hunday qilib D nuqtada ikkita chiziq uchrashadi, qattiq holatdagi berilgan modda ustidagi to‘yingan bug‘ bosimning temperaturaga bog‘liqligini tasvirlovchi GD egri chiziq bilan suyuq holatdagi o‘sha modda ustidagi to‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liqligini ko‘rsatuvchi CD chiziq uchrashadi. D nuqtaning absissasiga to‘g‘ri keluvchi temperaturadan past temperaturalarda bug‘ faqat qattiq jism bilangina muvozanatda bo‘lishi mumkin; bu temperaturadan yuqori temperaturada esa bug‘ faqat suyuqlik bilan muvozanatda bo‘la oladi. D nuqtaning o‘zida moddaning uch holati qattiq, suyuq va ular ustida to‘yingan bug‘ yoki boshqacha aytganda, uchala fazasi muvozanatda bo‘ladi. Shuning uchun D-nuqta uchlik nuqta deyiladi.

Masalan suv uchlik nuqtada ( $0,00748\text{ }^{\circ}\text{C}$  da)  $P_0=4,58\text{ mm Hg}$  bosimli to‘yingan bug‘ga ega bo‘ladi;  $-1^{\circ}\text{C}$  da muz ustidagi to‘yingan bug‘ning elastikligi  $4,22\text{ mm Hg}$  va  $-10^{\circ}\text{C}$  da  $1,95\text{ mm Hg}$  bo‘ladi.

Ma‘lumki, gaz tegib turgan biror qattiq jismni havosi so‘rib olinayotgan idish ichiga joylashtirilsa, jismdan ilgari unga tegib turgan gaz chiqadi. Bundan, qattiq jismlar gazlarni yutadi, degan xulosa kelib chiqadi.

Gazning bosimi qancha katta bo‘lsa va qattiq jismning sirti qancha katta bo‘lsa, bu yutilish ham shuncha katta bo‘ladi. Qattiq jismlarda ikki xil yutilish bo‘ladi; ular adsorbsiya va absorbsiya deyiladi.

Adsorbsiya gazning qattiq jism sirtiga yupqa qatlam bo‘lib yopishishidan iborat. Absorbsiya (yoki okklyuziya) qattiq jismning butun massasi tomonidan gazning haqiqatan ham yutilishidir, ya‘ni gazlarning suyuqliklarda erishiga o‘xshash prosessdir.

Ba‘zi qattiq jismlar gazni shunchalik ko‘p miqdorda yuta oladiki, natijada yutilgan gazning hajmi qattiq jismning o‘z hajmidan yuzlab marta katta bo‘ladi.

Qizdirilgan Palladiy o'z hajmidan normal bosimdagi hajmi 1000 marta katta bo'lgan miqdordagi vodorodni ko'p yutadi. Yutilgan gazlar vakuumda qizdirish natijasida ajralib chiqadi.

Adsorbsiya va absorbsiya (okklyuziya) hodisalari vakuum texnikasida katta rol uynaydi. Masalan pista ko'mirdan ko'pchilik gazlarni, ayniqsa past temperaturalarda, juda ko'p adsorbsiyalash qobiliyatidan foydalanadilar. Qattiq jismning sirtida faqat gazlarga emas, suyuqliklar ham adsorbsiyalanishi mumkin.

Biz suyuq gazsimon holatlarning qattiq holatga o'tishi, ya'ni kristallanish va aksincha o'tish –erish va qaynashni ko'rdik. Avval VII bobda suyuqlikning bug'ga o'tishini- bug'lanishni va aksincha o'tish- kondensatsiyani ko'rdik. Bu barcha fazaviy o'tishlarda jism yoki tegishli o'tishning yashirin issiqligi (Erish issiqligi, bug'lanish issiqligi va h.k) sifatida energiya ajratadi yoki energiya yutadi. Energiyaning yoki energiya bilan bog'lik bo'lgan boshqa kattaliklar, masalan, zichlikning sakrashsimon o'zgarishi bilan bo'ladigan fazaviy o'tishlar birinchi tur fazaviy o'tishlar deb ataladi.

Birinchi tur fazaviy o'tishlar uchun modda xossalarining sakrashsimon, ya'ni juda qisqa temperaturalar intervalida o'zgarishi xarakterlidir. Binobarin, aniq o'tish temperaturasi yoki o'tish nuqtasi haqida, masalan, qaynash nuqtasi, erish nuqtasi va xokazo haqida gapirish mumkin.

Fazaviy o'tishlar temperaturalari tashqi parametr - p bosimga bog'liq; berilgan temperaturada o'tish sodir buladi. Fazaviy muvozanat chizig'i bizga ma'lum bulgan Klapeyron-Klauzius tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)},$$

bu yerda L-o'tish molyar issiqligi,  $V_1$  va  $V_2$  har ikkala fazaning molyar hajmlari.

Birinchi tur fazaviy o'tishlarda yangi faza birato'la butun hajmda paydo bo'lmaydi. Dastlab yangi fazaning markazlari hosil bo'lib so'ngra ular o'sib butun hajmga tarqaladi.

Markazlarning hosil bo'lish protsessi bilan suyuqlikning kondensatsiyasida duch kelgan edik. Kondensatsiya uchun chang zarralari, ionlar va hokazo ko'rinishida kondensatsiya markazlari bulishi zarur. Xuddi shuningdek, suyuqlikning qotishi uchun kristallanish markazlari bo'lishi zarur. Bunday markazlar bo'lmaganida bug' va suyuqlik o'ta sovigan holatda bo'lishi mumkin. Masalan,  $-10^0$  S temperaturada ham, agar suv toza bo'lsa, uzoq muddat muzlamasligini kuzatish mumkin.

Biroq shunday fazaviy o'tishlar ham bo'ladiki, ularda aylanish butun hajmda kristall panjaraning uzluksiz o'zgarishi, ya'ni panjarada zarralarning o'zaro qayta joylashishi natijasida darhol ro'y beradi. Bu ma'lum temperaturada panjara simmetriyasining o'zgarishi, masalan, past simmetriyali panjaraning yuqori simmetriyali panjaraga aylanishiga olib kelishi mumkin.

Bu temperaturada fazaviy o'tish ikkinchi tur fazaviy o'tish deb ataladi. Ikkinchi tur fazaviy o'tish sodir buladigan bu temperatura Kyuri nuktasi deb ataladi. Bu birinchi marta ferromagnetiklarda ikkinchi tur fazaviy o'tishlarini kashf qilgan olim Per Kyuri sharafiga shunday deb atalgan.

Holat bunday uzluksiz o'zgariganida o'tish nuqtasida ikki turli fazaning muvozanati bulmaydi, chunki o'tish butun hajmda birdaniga sodir buladi. Shuning uchun o'tish nuqtasida  $U$  ichki energiyaning sakrashi xam ro'y bermaydi. Demak, bunday o'tishda o'tish yashirin issikligining ajralishi xam, ro'y bermaydi. Birok o'tish nuqtasidan yuqori va past temperaturada modda turli kristall modifikatsiyali bo'lgani uchun ularning issiklik sig'imi turlicha bo'ladi. Demak, fazaviy o'tish nuqtasida issiklik sig'imi, ya'ni ichki energiyadan vaqt bo'yicha olingan hosilasi  $\frac{dU}{dT}$  sakrashsimon o'zgaradi.

Garchi o'tish nuqtasida hajmning o'zi o'zgarimas-da, hajmiy kengayish koeffitsenti  $\frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$  sakrash bilan o'zgaradi.

S'Hunday ikkinchi tur fazaviy o'tishlar xam borki, ularda holatning uzluksiz o'zgarishi kristall strukturasi o'zgarishini bildirmaydi, biroq bu o'tishlarda holat birdaniga butun hajmda uzgaradi. Bunday tur o'tishlarning eng mashhuri moddalarning ferromagnit holatdan ferromagnit bo'lmagan holatga o'tishidir, bunday o'tish Kyuri nuktasi deb atalgan temperaturada sodir bo'ladi; ba'zi metallarning normal holatda o'ta o'tkazuvchan elektr karshiligi yo'qoladi. Ikkala holda ham o'tish uzluksiz va birdaniga butun hajmda o'zgaradi. Suyuk geliyning Ne I holatdan Ne II holatga o'tishi ham ikkinchi tur o'tishga misol bo'ladi. Bu barcha hollarda o'tish nuqtasida issiqlik sig'imining sakrashi kuzatiladi. (S'Hu munosabat bilan ikkinchi tur fazaviy o'tish temperaturasi ikkinchi nomga ega- uni - nuqta deb ataladi; bu nom shu nuqtadagi issiqlik sig'imi egri chizig'ining o'zgarish xarakteriga qarab berilgan; bu to'g'rida 118-da suyuq geliyga tegishli tekstda bayon qilingan edi.)

Fazaviy o'tishlarning qanday bo'lishini endi batafsilroq ko'raylik. Fazaviy aylanishlarda asosiy rolni fizikaviy kattaliklarning fluktuatsiyalari o'ynaydi. Biz fluktuatsiyalar bilan suyuqliklardagi muallak qattiq zarralarning Broun harakati to'g'risida gapirganimizda duch kelgan edik.

Fluktatsiyalar- energiyaning, zichlikning va  $u$  bilan bog'lik bo'lgan boshqa kattaliklarning tasodifiy o'zgarishlari – hamma vaqt mavjud bo'ladi. Biroq fazaviy o'tishda uzoqroqda ular juda kichik hajmlarda yuzaga keladi va shu zahotiyoyq yo'qolib ketadi. Moddaning bosimi va temperaturasi kritik qiymatlarga yaqin bo'lganida esa fluktuatsiya bilan qamrab olingan hajmda yangi faza hosil bo'lishi mumkin. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar orasidagi farq shundan iboratki, o'tish nuqtasi yaqinida fluktuatsiyalar turlicha rivojlanishi mumkin.

Birinchi tur o'tishda yangi fazaning eski faza ichida markazlar tarzida yuzaga kelishini yuqorida gapirib o'tdik. Ularning paydo bulishiga sabab energiya va zichlikning tasodifiy fluktuatsiyalaridir. O'tish nuqtasiga

yaqinlashgan sari yangi fazaga sabab bo'ladigan fluktuatsiyalar tez-tez bo'lib turadi, garchi har bir fluktuatsiya juda kichik hajmda ro'y bersa ham, ularning hammasi bir bo'lib, agar ularning hosil bo'lishi joylarida kondensatsiya markazi bo'lsa, yangi fazaning makroskopiya markazi paydo bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar holida vaziyat ancha murakkabroq bo'ladi. Yangi faza birdaniga butun hajmda paydo bo'lgani sababli odatda mikroskopik fluktuatsiyalar o'z-o'zicha fazaviy o'tishga olib kela olmaydi. Ularning xarakteri ancha o'zgaradi. Kritik temperaturaga yaqinlashgani sari yangi fazaga o'tishni «tayyorlayotgan» fluktuatsiyalar tobora moddaning katta qismini qamrab oladi va nihoyat, o'tish nuqtasida cheksiz bo'lib qoladi, ya'ni butun hajmda ro'y beradi. O'tish nuqtasidan pastda, yangi faza qaror topganidan so'ng ular yana qaytadan so'na boshlaydi va yana asta-sekin qiska ta'sirli hamda qisqa muddatli bo'lib qoladi.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishi hamma vaqt sistemaning simmetriyasi o'zgarishi bilan bog'liq bo'ladi: yangi fazada yo dastlab bo'lmagan tartib yuzaga keladi (masalan, ferromagnit holatga o'tishda alohida zarralarning magnit momenti tartibga tushadi), yo avval mavjud bo'lgan tartib o'zgaradi (kristall strukturaning o'zgarishi tufayli bo'ladigan o'tishlarda). Bunday yangi tartib fazaviy o'tish yaqinidagi fluktuatsiyalarda mavjud bo'ladi.

O'tishning bayon qilingan mexanizmini hammaga ma'lum bo'lgan «baqrayib qolgan bir tuda odamlar effekti» yordamida ayoniy tushuntirish mumkin. Trotuardan o'tib ketayotgan va turli tasodifiy yo'nalishlarga ko'z tikib ketayotgan odamlarni ko'z oldimizga keltiraylik. Bu ko'chada ketayotgan odamlar tudasini «normal» holati bulib, unda tartiblashish yo'q. Endi shu odamlardan biri ikkinchi kavatdagi kimsasiz derazaga hech qanday jalb etuvchi sababsiz tikilib qoladi deylik («tasodifiy fluktatsiya»). Shundan so'ng tobora ko'proq odamlar shu derazaga qaray boshlaydi va oxir nihoyasiga hammaning nigohi bir nuqtaga yo'nalgan bo'ladi. Garchi tartibning qaror topishiga yordam beruvchi hech qanday tashqi kuch bo'lmasada ( chunki ikkinchi qavatdagi deraza orqasida hech narsa bo'layotgan yo'q!), «tartiblashgan» faza yuzaga keladi.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar juda murakkab va qiziq hodisa. Bevosita o'tish nuqtasi atrofida bo'layotgan hodisalar, jarayonlar hali oxirigacha o'rganilgan emas va cheksiz fluktuatsiyalar sharoitida fizikaviy kattaliklarning tabiati haqidagi to'la manzara endigina yaratilmoqda.

Qattiq geliy.

Barcha moddalar ichida geliyning mustasnoligi shundaki, u absolyut nolda xam qotmaydigan yagona moddadir.

Biz suyuq geliyning ikki modifikatsiyada ma'lum ekanini va bu modifikatsiyalar o'zlarining to'yingan bug'lari bosimi ostida bulganida 219 K

da ( $\lambda$ -nuqta) bir-biriga o'tib turishini bilamiz. Bunday o'tish ikkinchi tur fazaviy o'tishdir. Xususan, He I - He II o'tishda o'tish yashirin issiqligi bo'lmaydi.

Geliyning holat diagrammasi uning suyuq holatining yuqorida eslatib o'tilgan xususiyatlari munosabati bilan o'ziga xos ko'rinishga ega bo'lib, xiliga ko'ra yagonadir. Bu diagramma 25.1-rasmda tasvirlangan (bu rasmda masshtabga aniq rioya qilingan emas) I egri chiziq bug' hosil bo'lish egri chizig'idir. 2 egri chizig' esa  $\lambda$ -nuqtalar chizig'idir. Bu chiziq He I-He II o'tishda bosim ortganida temperaturaning qanday o'zgarishini kursatadi. Nihoyat 3 egri chiziq- erish egri chizig'idir. Bu barcha egri chiziqlar diagrammani to'rt qismga : gazsimon geliyning mavjudlik sohasi, suyuq He I sohasi, suyuq He II va nihoyat geliy sohalariga bo'ladi. Diagrammadan suyuq He II ning sohasi absolyut nolgacha borishi ko'rinib turibdi. Bu absolyut nolda geliyning barqaror holati suyuq holat ekanini kursatadi. Kattik geliy esa, diagrammadan ko'rinib turganidek, faqat katta bosim ostida hosil qilinishi mumkin, hatto absolyut nolda ham bu bosim 25 atm dan kam bo'lmasligi kerak. Bunda temperatura qancha yuqori bo'lsa, geliyning kristallanish uchun shuncha katta bosim kerak bo'ladi. Masalan, 50 K da geliy 7000 atm da.

Erish egri chizig'i qattik geliyning suyuq He I ( $\lambda$ -nuqtalar chizig'idan o'ngda) va suyuq He II (chiziqdan chapda) bilan muvozanat egri chizig'idir. Bug' hosil bo'lish egri chizig'i ham gazsimon geliyning bu chiziqdan chap va o'ng tomondagi suyuq geliyning mos fazalari bilan muvozanat egri chizig'idir. Biroq  $\lambda$ -nuqtalar egri chizig'i har ikkala suyuq faza uchun muvozanat egri chizig'i bo'la olmaydi.

Geliy holat diagrammasining eng qiziq xususiyati qattik va gazsimon fazalar orasida muvozanat chizig'ini yo'qligidir. Bundan har qanday sharoitda ham qattiq geliy o'zining bug'lari bilan muvozanat bo'la olmaydi degan ma'no kelib chiqadi. Qattik geliy ustida faqat suyuq He I va He II bo'lishi kerak, biroq gazsimon geliy bo'la olmaydi. Demak geliy haydash mumkin bo'lmagan modda ekan.

Geliyning bu barcha xususiyatlari, jumladan uning absolyut nolda ham suyuq holda qolishi, faqat kvant nazariyasi asosida tushuntirilishi mumkin; geliy kvant mexanikasi nazariyasidan kelib chiqadigan effektlar makroskopik xossalarda namoyon bo'ladigan tabiatdagi yagona moddadir.

Gap shundaki, kvant nazariyasiga ko'ra absolyut nolda zarralarning energiyasi nolga teng emas, xolbuki moddaning klassik kinetik nazariyasiga ko'ra u nolga teng. Absolyut nolda zarralar nolinchilari energiyaga ega bo'ladi, bu energiya atomlarning massasi qancha kichik bulsa, shuncha kichik buladi. Shuning uchun nolinchilari energiyaga ega buladi. Ikkinchi tomondan, geliy atomlarining tuzilish xususiyatlariga ko'ra geliy atomlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari (boshka inert gazlardagi singari) juda kichik. Shuning uchun atomlar orasidagi kichik o'zaro ta'sir kuchlarida nolinchilari energiya geliy atomlarining muntazam tartibda joylashishiga, ya'ni kristall panjara hosil

qilishiga to‘sqinlik qilish uchun yetarli bo‘ladi. Faqat tashqi bosim ta’siridagina atomlarni ular kristall hosil qiladigan darajada yaqinlashtirish mumkin bo‘ladi.

Geliyning o‘ziga xos xususiyati shundaki, past temperaturalarda uning tabiatini issiqlik harakatlari energiyasi emas, balki nolinci energiya belgilaydi.

Erish va eritmada kristallanish.

Vodorod atomining massasi yana ham kichik bo‘lgani uchun unda nolinci energiya yana ham katta rol uynashi kerak. Haqiqatdan ham, vodorod atomlarining nolinci energiyasi geliydan katta. Biroq hozirgina ko‘rganimizdek, nolinci energiya bilan zarralarning o‘zaro ta’sir energiyasi orasidagi nisbat hal qiluvchi rol uynaydi. Zarralarning o‘zaro ta’sir energiyasi esa vodorod atomlarida geliy atomlaridan ko‘ra ko‘prok bo‘ladi. Mikdoriy baholash shuni ko‘rsatadiki, qattik vodorodda nolinci energiya to‘la energiyaning yarmiga teng, geliyda esa uning ulushi 80 % ga yetadi. Geliyning suyulish temperaturasi past bo‘lishi va odatdagi sharoitlarda uning kristallanmasligining sababi shu hol bilan tushuntiriladi. Nolinci energiya geliyning yengil  $\text{He}^3$  izotopida yana ham katta rol uynaydi. Unda nolinci energiya tula energiyaning 95 % ini tashkil qiladi. Shuning uchun  $\text{He}^3$  ning suyulish temperaturasi (normal bosimda) yana past bo‘ladi (u 3,2 K ga teng, odatdagi geliyda esa 4,2 K ga teng zid).  $\text{He}^3$  ning kristallanishi uchun  $\text{He}^4$  ga qaraganda yana ham katta bosim kerak bo‘ladi, absolyut nolda bu bosim 29 atm dan ortiq bo‘ladi.

## V. Mavzu yuzasidan savollar.

1. Qattiq jismning zarralari harakati va energiya bog‘lanishini tushuntiring?
2. Qattiq jism zarralarining to‘la ichki energiyasini mohiyatini aytib bering?
3. Issiqlikdan kengayish deyu nimaga aytiladi va uning sababi nima?
4. Chiziqli kengayishning temperatura koeffitsiyenti qanday fizik ma’noga ega va uning o‘lchov birligi nima?
5. Qattiq jismning hajmiy kengayishi-koeffitsiyenti qanday fizik ma’noga ega va uning o‘lchov birligi nima?
6. Kristall qattiq jismlarning issiqlik sig‘imi nimaga bog‘liq bo‘ladi?
7. Dyulong va Pti qonunini mohiyatini tushuntiring?
8. Uchlik nuqtani tushuntirib bering?
9. Gazlarni qattiq jismlar tomonidan yutilishini adsorbsiya va absorbsiya yo‘llarini va texnikada, sanoatda foydalanish to‘g‘risida aytib bering?
10. Qattiq holatga o‘tishni tushuntiring.
11. Holat diagrammasi qanday tuziladi va undagi uchlanma nuqta nimani ifodalaydi.
12. Birinchi va ikkinchi tur fazoviy o‘tishlar deb nimaga aytiladi..
13. Qattiq geliy to‘g‘risida nima bilasiz.
14. Erish va kristallanish nima.

### **III БОБ. Физика курсининг молекуляр физика бўлимини ўқитишда тавсия этиладиган лаборатория ишлари**

#### **3.1. Лаборатория ишларининг мақсад ва вазифалари. Электр ўлчов асбоблари ва уларнинг хатоликлари**

Маълумки, барча табиий фанлар сингари физика табиат ҳодисаларини ўрганади. Табиат ҳодисаларидан эса ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини оширишда фан ва техника ютуқларини қишлоқ хўжалигининг турли тармоқларига жорий қилишда кэнг кўламда фойдаланилади. Физика фанини ўрганишда лаборатория ишларини бажариш муҳим ўрин тутди.

Лаборатория ишларини бажариш бўйича машғулотлар пайтида ўқувчилар ўз билимларини оширишлари, олган назарий билимларини мустақамлашлари, физиканинг асосий тушунчалари ва қонунларини чуқурроқ тушуниш ва англаб олишга эришишлари, экспериментал масалалар ечиш малакалари ва кўникмаларини осил қилишлари, физик асбоб ва йурилмалар, шунингдек, ўлчов асбоблари билан ишлашни, кузатиш ва тажриба натижаларини ишлаб чиқишни ўрганишлари лозим .

Лаборатория ишларини бажаришга тингловчи аввалдан тайёргарлик кўриши, бунинг учун эса у ишнинг тавсифи билан танишиб, конспект ёзиши, шунингдек, ишни бажаришда фойдаланиладиган адабиётлар билан танишиши лозим.

Одатда бутун гуруҳни битта иш билан машғул қилишга кўпинча имконият бўлмайди. Бу ҳолда гуруҳни бир қанча звеноларга бўлиб, ҳар бир звенога алоҳида лаборатория ишини бажаришни таклиф қилиш мумкин. Бинобарин, тингловчиларнинг айрим лаборатория ишларини бажариш муддатлари билан унга тегишли назарий материални маърузада баён қилиш муддатлари бир-бирига мос келмайди. Ана шу ҳолларда иш

тавсифини юқорида келтирилган тартибда тузиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўқувчи машғулотдан сўнг олинган натижаларни ва хатоликларни ҳисоблаб чиқади, хатоликни ҳисобга олган ҳолда натижани ёзиб қўяди. Ишни бажаришда график чизиш керак бўлса, буни миллиметрли қоғозда амалда ошириш, шунингдек, лаборатория дафтарига физик асбобларнинг техник ҳарактеристикалари ҳақидаги маълумотларни ёзиб қўйиш мақсадга мувофиқдир.

Ҳар бир бажарилган лаборатория иши юзасидан ўқувчи ҳисобот топширади. Бунда у ишнинг мақсади, тафсилоти, бажарилиш тартиби, асбоб ускуналар билан ишлаш қоидалари, олинган натижаларнинг таҳлили каби масалалар, шу билан бирга, ишнинг тавсифи охирида келтирилган саволларга берилган жавоблари ва топшириқларни қандай бажарганлиги акс этиши лозим. Ўқитувчи юқорида айтилган вазифаларни ўқувчи томонида тўла ўзлаштирганини аниқлагандан кегин ишни бажаришга рухсат беради ва ҳисоботларни қабул қилади.

### **Хатолик ва уни ҳисобга олиш**

Ўқувчилар лаборатория машғулотларида ўлчаш ишларини бажарадилар. Бунда ўлчашлар бевосита ва билвосита бажарилади. Бевосита ўлчашга узунликни чизғич билан, массасини тарози билан, ток кучини амперметр билан, вақтни секундомер билан ўлчаш ва бошқалар мисол бўлади. Билвосита ўлчашда асбоб изланаётган катталикнинг қийматини кўрсатади.

Физик катталикларнинг ҳаммасини бевосита ўлчаб бўлмайди. Шунинг учун изланаётган физик катталик бевосита ўлчаб топилган катталиклар орқали ҳисоблаб топилади. Физик катталикларни бундай аниқлаш бевосита ўлчаш дейилади. Бевосита ўлчашга чизиқли кэнгайиш коэффициентини аниқлашни мисол қилиб келтириш мумкин. Бу катталикни топиш учун бирор стержен шаклидаги қаттиқ жисмнинг бошланғич ва охириги температуралари, уларга мос келган стержен узунликлари айирмаси  $\Delta l = l - l_0$  ва  $t_0$  температурага мос келган бошланғич ло узунлик бевосита ўлчанади. Чизиқли кэнгайиш коэффициенти  $\alpha$  қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб чиқилади.

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0(t - t_0)}$$

Мазкур қўлланмада таклиф қилинган лаборатория ишларида аниқланадиган физик катталиклар асосан бевосита ўлчанади.

Экспериментчига баъзи маслаҳатлар



Лабораторияларда тажриба ўтказиб, бирон физик миқдорни ўлчаш учун ҳар хил асбоблардан фойдаланишга тўғри келади. Экспериментчи аввало ўз олдига қўйган масалани аниқ, равшан тушуниб олмоғи лозим. Бунинг учун текширилаётган ҳодисага доир масалани ўқиши ва уни яхши англаб олиши керак.

Сўнгра масалани тажрибада ҳал этиш учун нима кераклигини ва қандай шароитда бўлиши кераклигини, ишни нимадан бошлаш ёълларини аниқлаши керак. Тажрибани бажариш учун ишлатиладиган асбобларнинг тузилиши, ўлчаш методи ва ўлчашнинг аниқлик даражаларини тўла аниқлаб олиш зарур. Акс ҳолда экспериментчи тажрибадан кутилган натижага ўга бўлмаслиги мумкин.

Айрим физик тажрибаларни ўтказиш учун зарур асбобларни ишга сола билаш (асбобнинг айрим қисмларин тўғри йиғиш, асбобни тўғри ўрнатиш ва ҳ.к) катта аҳамиятга эга бўлади. Масалан оптик (ёруҳлик) ва электромагнит ҳодисаларга доир масалалар устида тажриба ўтказишда экспериментчи учун энг қийин масала асбобларни ишга фтайёрлаш ва ростлаб ўрнатишдир, бу ишлар тегишлича бажарилса ўлчаш анча осон бўлиб қолади. Лабораторияда ўтказиладиган ҳамма ўлчаш натижаларин албатта ўз вақтида маълум бир тартиб билан тажриба журнаliga жадвал сифатида ёзиш лозим. Ҳар бир тажрибага доир иш ҳамма маълумотларни тегишли тажрибада ишлаб (ҳисоблаб) чиқилгандан кейин унинг узил кесил натижасини махсус жадвал (схема) график тарзида тахт қилиб раҳбарга ҳисобот бериш билан тамомланади.

Электр ва магнетизимга оид лаборатория ишларида учрайдиган электр занжирларининг баъзи бир ҳолатларини ва уларнинг элементларини умумийҳолда эслатиб ўтиш фойдали деб ҳисоблаймиз. Буларга амперметр ва вольтметрларни электр занжирларига улаш, улар ёрдамида номаълум қаршилиқларни ўлчаш, шунт ва қўшимча қаршилиқларни танлаш ва улаш, ток манбаларини потенциометрик, яъни тақсимлагич ёрдамида улаш схемалари ва уларни қўлланиши ҳақидаги маълумотлар киради. Бундан ташқари, тажрибада олинган ўлчаш натижаларини турли математик усулларда ҳисоблашлар ҳақидаги маълумотларни умумлашган ҳолда қўлланманинг кириш қисмида бўлиши мақсадга мувофиқдир.

Абсолют аниқ ўлчов асбоби йўқ, яъни ўлчов асбобларининг хатоликлари мавжуд. Хатоликлар абсолют, нисбий ва келтирилган хатоликларга бўлинади.

а) Абсолют хатолик- бу ўлчов асбобининг кўрсатган қиймати билан унинг ҳақиқий қийматлари орасидаги фарқидир.

$$\Delta N = |N_0 - N_n| \quad (1)$$

б) Нисбий хатолик деб, абсолют хатоликни ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати нисбатига айтилади (кўпинча бу % ларда берилади)

$$\varepsilon = \frac{\pm \Delta N}{N_n} 100\% \quad (2)$$

с) Келтирилган хатолик - абсолют хатоликни ўлчов асбобнинг максимум шкала қиймати нисбатига тэнг (бу ҳам % ларда) бўлган катталиқдир.

$$\gamma = \frac{\pm \Delta N}{N_{\max}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Ўлчов қурилмаларининг аниқлик соҳаси унинг аниқлик класслари билан характерланади. Аниқлик класслар: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4 бўлиши мумкин. Абсолют ва нисбий хатоликлар келтирилган. (1),(2) ва (3) га биноан келтирилган хатоликлар бўйича қуйидагича ифодаланилади.

$$\Delta N = \frac{\pm \gamma \cdot N_{\max}}{100\%} \quad (1^1)$$

$$\varepsilon = \frac{\pm \gamma \cdot N_{\max}}{N} \quad (2^1)$$

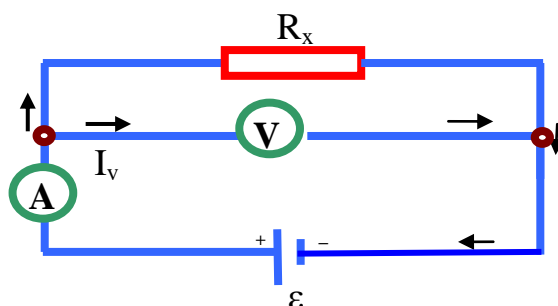
### Амперметр ва вольтметр ёрдамида қаршиликларни ўлчаш

Токни ўлчайдиган асбобга амперметр дейилади.

Бу асбоб ёрдамида ўлчанадиган токнинг миқдори 0,1 А дан кам бўлса уни миллиамперметр деймиз; агарда ток қиймати  $10^{-5}$  А дан кам бўлса, бундай асбобга микро амперметр ёки галвонометр дейилади. Амперметрлар занжирнинг бирор қисмидан ўтаётган электр токини бевосита ўлчайди ва унга кетма-кет уланади.

Кучланишни, ёки электр занжирининг бирор қисмидаги потенциал тушишини ўлчаш учун вольтметр ишлатилади. Вольтметр бевосита ўлчов асбоби ҳисобланади ва у кучланишни ўлчаш лозим бўлган занжирнинг қисмига параллел уланади.

Энди амперметр ва вольтметр ёрдамида номаълум қаршиликни ўлчашни кўрамиз. Бунинг учун қуйидаги (1-рasm) электр занжири тузилади ва ўлчашлар ўтказилади. Бу ерда  $R_x$  - номаълум қаршилик, V - вольтметр, A - амперметр,  $\varepsilon$  - ўзгармас ток манбаи.



1-рasm

Амперметр ва вольтметр ёрдамида номаълум қаршиликни ўлчаш билвосита ўлчаш усули ҳисобланади. Бизга аниқлик класс 0,05 бўлган ва энг кўпи билан 15 В кучланишни ўлчайдиган вольтметр, ҳамда аниқлик

класси 1 бўлган энг кўпи билан 0,5 А токни ўлчай оладиган амперметр берилган бўлсин. Ўлчаш натижалари  $U=2$  В ва  $I=0,25$  А бўлсин. Ом қонунига асосан номаълум қаршилик:

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{2\text{В}}{0,25\text{А}} = 8\text{Ом}$$

га тэнглиги келиб чиқади. Энди кучланиш ва токни ўлчашдаги вольтметр ва амперметрларнинг хатоликларини ҳисоблаб қаршиликни ўлчашдаги нисбий хатоликни аниқлаймиз.

$$\varepsilon = \frac{\Delta R_x}{R_x} \cdot 100\%$$

$$\Delta U = 0,5\% U_{MAX} = 0,005 \cdot 15 = 0,075\text{В}$$

$$(R_x)_{MAX} = \frac{U + \Delta U}{I - \Delta I} = \frac{2 + 0,075}{0,25 - 0,005} = 8,28\text{Ом}$$

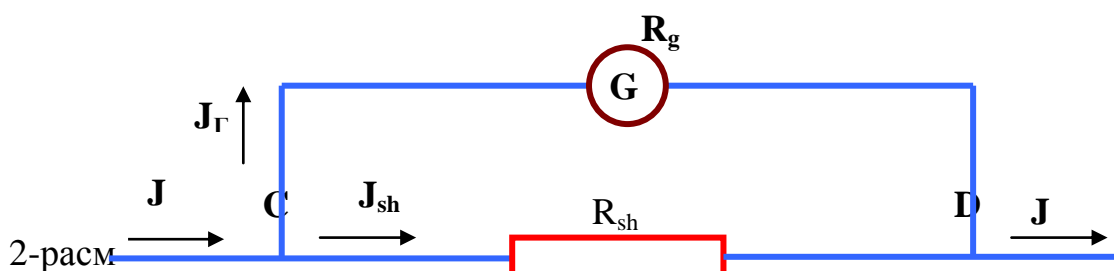
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_{MAX} - R_x}{R_x} = \frac{8,28 - 8}{8} \cdot 100\% = 3,5\%$$

Демак, аниқлик класслари юқорида келтирилган вольтметр ва амперметр ёрдамида билвосита ўлчаш усули билан ҳисобланган қаршилик 3,5% аниқликда ўлчанган экан.

### Шунт ва қўшимча қаршиликларни танлаш

Одатда гальванометрлар жуда ҳам кичик бўлган тоқларни ўлчашда, кучланишларни ва заряд миқдорларини аниқлашда ишлатилади. Шу билан биргаликда, гальванометрлар катта тоқларни ўлчаш ва катта кучланишларни аниқлаш учун ҳам ишлатилиши мумкин. Бунинг учун гальванометрга параллел ҳолда шунт қаршилик, вольтметрга эса қўшимча қаршилик кетма-кет уланади.

Шунт қаршиликни ҳисоблаш. Қуйидаги электр схемани кўрамиз (2-расм). Фараз қилайлик, электр тармоғидан катта ток ( $I$ ) келаётган бўлсин. Ўлчаш асбобимиз гальванометр кичик токка мўлжалланган бўлсин. 2-расмдан кўринадики, тармоқдан келаётган ток  $C$  тугунда иккига ажралади.



Бир қисми гальванометрдан, қолган қисми эса шунт қаршиликдан ўтади.

Электр занжиримиз мураккабдир.Шунинг учун ҳам тармоқланган мураккаб занжирга Кирхгоф қоидаларини ишлатиб, тегишли катталикларни топамиз. Биринчи қоида тугунлар учун бўлиб, унда 2-расмДаги С тугун учун Кирхгофнинг биринчи қоидасига асосан куйидагини ёзамиз:

$$I = I_g + I_{sh} \quad (4)$$

(D) тугун учун эса С тугуннинг тескариси бўлади.Кирхгофнинг иккинчи қоидасига асосан ҳар қандай ёпиқ занжир учун потенциал тушишлар йиғиндиси шу ёпиқ занжирдаги ЕЮК лари йиғиндисига тэнг. Бу қоидаларни ишлатганда ихтиёрий йўналтирилган ток йўналишларини ва ЭЮК лар клеммаларининг ( "+" ёки "-" ) ишораларини назарга олиш керак.

CGDRшС ёпиқ занжир учунКирхгофнинг иккинчи қоидасига асосан :

$$I_g R_g - I_{sh} R_{sh} = 0 \quad (5)$$

(4) ва (5) тэнгламалардан :

$$I = I_g \left( \frac{R_g}{R_{sh}} + 1 \right) \quad (6)$$

Галванометрнинг ўлчаш чэгарасини n марта ошириш керак бўлса

$$J = J_g \cdot n \quad (7)$$

деб оламиз. (7) ни (6) га қўйиб :

$$R_{sh} = \frac{R_g}{n-1} \quad (8)$$

ни оламиз. 2-расмда  $R_{ш}$  қаршилиқни шундай танлаб олганда галванометр шкаласининг кўрсатиши n-1 марта ортган токни ўлчайдиган асбоб бўлади. Масалан: Бизда шкаласи 100 бўлимга бўлинган ички қаршилиғи 600 Ом ва 100 мкА токни ўлчайдиган микроамперметр ўлчов асбобимиз бор. Шу асбоб ёрдамида токни 0,3 А гача ўлчаш учун амперметр ўрнида ишлатмоқчи бўлсак, схемадаги шунт қаршилиғини қанча танлаб олишимиз керак. Бу берилганларни ҳисобга олиб 2-расмДа юқорида келтирилган (6)-(8) формулаларга асосан:

$$n = \frac{J}{J_a} = \frac{0,3A}{100 мкА} = 300$$

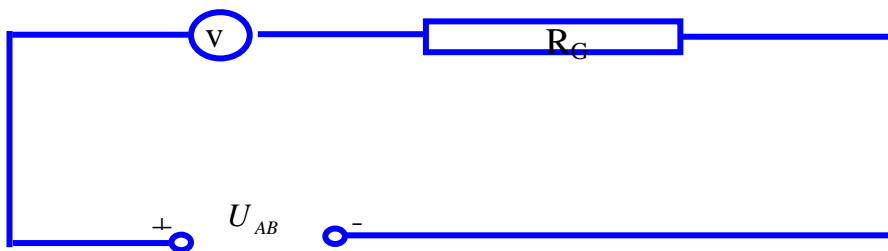
$$J_a = 100 \cdot 10^{-6} мкА \quad (100 \text{ бўлимга оғса шунча токни кўрсатади})$$

$$R_{sh} = \frac{R_a}{n-1} = \frac{600}{300-1} \approx 0,5 \text{ Ом}$$

Демак, тўлиқ шкаласи 100 мкА лик асбобнинг ҳар бўлими 1 мкА ни кўрсатган. Унга  $R_{sh} = 0,5 \text{ Ом}$  лик шунт қаршилиқ улангандан кейин ўша мкА нинг ҳар бўлими  $3000 \cdot 10^{-6} \text{ А} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$  ни кўрсатади. Шунт қаршилиқ улангандан кейин микроамперметр миллиамперметрга "айланди".

### Қўшимча қаршиликни ҳисоблаш

Вольтметрнинг ўлчаш чэгарасини ошириш (катта кучланишларни ўлчаш) учун вольтметрга кетма-кет қўшимча қаршилик уланади. Қуйидаги схемани тузамиз ва уни таҳлил қиламиз.  $R_v$ - вольтметр ички қаршилиги,  $R_k$  - вольтметр ўлчаш чэгараси кэнгайтириш учун уланган қўшимча қаршилик,  $U_{AB}$  – АВ клеммалари орасидаги потенциаллар фарқи-кучланиш. 3-расм ёпиқ занжирни ташкил этади. Бу ёпиқ занжир учун Кирхгофнинг иккинчи қонунини қўллаймиз.



3-расм

$$U_{AB} = U_v + U_k \quad (9)$$

$$U_{AB} = IR_v + IR_k = U_v \left(1 + \frac{R_k}{R_v}\right) \quad (10)$$

$$U_{AB} > U_v, U_{AB} = nU_v \quad \text{десак,}$$

$$nU_v = U_v \left(\frac{R_k}{R_v} + 1\right); R_k = R_v(n-1) \quad (11)$$

(11)-формула ўлчаш чэгараси кичик кучланишларни ўлчашга мўлжалланган вольтметрларга қўшимча қаршиликларни улаб, уни катта кучланишларни ўлчашга мўлжалланган вольтметр яшаш учун олинган формуладир. Энди вольтметр ўлчаш чэгараси (n-1) марта орттирилган бўлади.

Бир хил вольтметрларда икки ва ундан ортиқ қўшимча қаршиликлар уланган бўлиб, улар кўп чэгарали (3 В, 30 В, 300 В) вольтметрлар дейилади.

Масала: Ўлчаш чэгараси 3 В га ва ички қаршилиги 3 кОм бўлган электродинамик системасидаги вольтметр мавжуд. Бу вольтметрни ўлчаш чэгарасини 300 В га ошириш учун керак бўлган қўшимча қаршилик қийматини, аввалги ва охириги истеъмол қиладиган қувватларини топилсин.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_v}, \quad P_1 = I_1 \cdot U_1 = \frac{U_1^2}{R_v} = \frac{9}{3000} = 3mBt$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_v + R_k}, \quad R_k = R_v(n-1) = R_v((300/3) - 1) = 297000 \text{ Ом}$$

$$P_2 = I_2 U_2 = \frac{U_2^2}{3 \cdot 10^5 \cdot 0.3} = 0.3 Bt$$

Ўлчаш чэгарасини  $n = \frac{300}{3} = 100$  марта ошириш учун керак бўлган кўшимча қаршилик  $R = 297000$  Ом. Ҳисоблаш шуни кўрсатадики,  $P_1 \ll P_2$

### Потенциометрик улашлар

Қуйидаги схемани тузамиз (4-расм). Бу схемада (  $E$  - ток манбаи ЭЮКи,  $R$  - реостат,  $D$  - реостат сургичи,  $D$  - сургични  $C$  дан  $F$  гача ва аксинча  $F$  дан  $C$  гача юририш мумкин. Калит  $K$  ни уласак, ёпиқ занжир (CDF) дан  $I_0$  ток юради. Ом қонунига биноан

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R} \quad (12)$$

Реостатдаги потенциал тушиш  $U_R = I_0 R$  бўлиб, манбанинг ЭЮКга тэнг ( $U_R = \varepsilon$ ). Демак реостатдан  $I_0$  ток ўтади.

Реостатнинг бир қисми бўлган  $DF$  қаршилигини  $r_x$  десак, у ҳолда реостатнинг  $DF$  қисмидан ўтаётган ток миқдори ва шу  $DF$  қисмидаги потенциал тушиш

$$U_x = r_x I_0, \quad I_0 = \frac{U_x}{r_x} \quad (13)$$

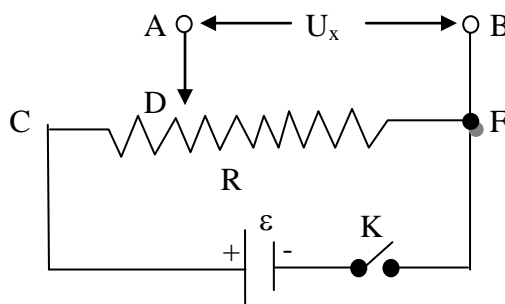
(12) ва (13) ларни тэнглаб

$$U_x = \varepsilon \frac{r_x}{R} \quad (14)$$

ни оламиз.

$DF$  ораликдаги қаршиликни  $r_x$  қиймати сургичнинг ҳолатига боғлиқ бўлиб, унинг қиймати  $r_x = 0$  дан (сургич  $D \rightarrow F$  га), то  $r_x = R$  (сургич  $D$  ( $C$  га келганда) гача ўзгаради. (14) -формулага биноан  $\varepsilon = \text{Const}$  бўлгани учун  $r_x$  ўзгаришига қараб ( $D$  сургич ўзгаришига қараб)  $r_x = 0$  дан  $r_x = R$  гача ўзгарса, у ҳолда  $U_x = 0$  дан то  $U$  гача ўзгарар экан.

Шундай қилиб, 4-расмдаги схема ёрдамида  $AB$  клеммларида  $D$  - сургичнинг ҳолатини ўзгартириб  $0 \leq U \leq U_{\text{max}} = \varepsilon$  ораликда турли кучланишларни олишимиз мумкин экан. Бундай улаш схемани потенциометрик улаш ёки кучланишни бўлиш схемаси дейилади.



4-расм

### 3.2. Тажрибада олинган ўлчаш натижаларини турли математик усулларда ҳисоблашлар

Физик катталикларни ўлчаш ва олинган натижаларни ҳисоблаш асосан икки хилдадир.

I. Бевосита ўлчашлар ва уларни ҳисоблаш.

II. Билвосита ўлчашлар ва уларни ҳисоблаш.

I. Бевосита ўлчашларда физик катталиклар тўғридан тўғри (турли ўлчаш асбоблар ёрдамида кўп марта-такроран) ўлчанади. Масалан: микрометр ёки штанген циркул билан стержен диаметрини, бирор юпка пластинка қалинлигини, линейка ёрдамида бирор сим ёки стерженнинг узунлигини, ёки омметр ёрдамида бирор резистор қаршилигини кўп марта ўлчашлар, бунга мисол ўъла олади. Бирор физик катталиқни, масалан,  $X$  катталиқни исталган ўлчаш асбоблари ёрдамида  $k$  марта ўлчаб, уни қуйидаги жадвалга киритамиз.

1-жадвал

n	1	2	3	.....	K
$X_i(sm)$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	.....	$X_k$

Жадвалдаги  $k$  та ўлчанган  $X_k$  ларнинг ўртача қиймати

$$X_{o'rt} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{K}$$

ва ҳар бир ўлчашдаги абсолют хатоликлар: ёки ҳисобланади.

Бу абсолют қийматлардан  $k$ -марта ўлчашдаги ўртача квадратик хатolik

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2}{k(k-1)}}$$

ва ишонч интервалининг чэгараси (ўлчаш натижасининг хатолиги)

$$\Delta X = t_{\alpha,k} \cdot \delta$$

ҳисобланади. Бу ердата  $t_{\alpha,k}$  ўлчаш учун  $\alpha = 95\%$  га тўғри келган ишончлилик (Студент коэффициенти). Ундан кейин  $(X_{o'rt} \pm \Delta X)$  (натижа ёзилади). Энг охирида нисбий хатolik

$$\text{Eps } X = \frac{100\Delta X}{X_{o'rt}} \%$$

процентларда берилади.

II. Билвосита ўлчашлар

1. Энг кичик квадратлар усули (ЭККУ).

X ва Y физик катталиқлар орасидаги функционал боғланишни топиш керак бўлсин. Тажриба натижасида  $X_1, X_2, X_3, \dots$  лар ва буларга тегишлича  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots$  лар ўлчанган бўлсин (2-жадвал). Мақсад  $y=f(x)$  кўринишдаги боғланиш функциясини топишдир. Жуфт катталиқлар  $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_k, Y_k)$  нуқталар бўлиб, XOY координата системасида ётади ва бу нуқталарга биноан  $y=f(x)$  текис (шу жумладан тўғри) чизик ўтказайлик. Шунини айтиш керакки, ўлчашларимизда хатоликлар мавжудлиги сабабли бизнинг нуқталаримиз текис чизик бермаслиги мумкин. Юқоридаги ўлчашлар бизга

$$f(x) = a + bx \quad (1)$$

кўринишдаги боғланиш функциясини берсин. U ҳолда ҳар бир  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  ларга тўғри келган  $f(X_1), f(X_2), \dots, f(X_k)$  лар (ва  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_k$  лар) орасидаги фарқлар квадратларининг йиғиндиси энг кичик катталиқ, яъни минимум бўлсин:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^k [Y_i - f(X_i)]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Қавслардаги лар ордината бўйича тажрибада олинган нуқталар билан изланаётган чизик орасидаги айирмалардир. Тажрибада олинган ўлчаш натижаларига асосланиб чизик ўтказиш керак. Шу чизикни ифодоловчи тэнгламадаги a ва b ларни шундай танлаш керакки, тажрибада олинган ва ўтказилган чизикдаги ординаталар орасидаги квадратлари йиғиндиси минимум бўлсин.

Бунинг учун (2) дан:

$$\frac{dS}{da} = 0 \text{ ва } \frac{dS}{db} = 0 \quad (3)$$

бўлиши керак. (1), (2) ва (3) лардан қуйидагиларни оламиз:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^k [Y_i - a - bX_i]^2 \quad (4)$$

$$\frac{dS}{da} = -2 \sum_{i=1}^k [Y_i - a - bX_i] = 0 \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{db} &= -2 \sum_{i=1}^k [Y_i - a - bX_i] X_i = 0 \\ \sum_{i=1}^k Y_i &= \sum_{i=1}^k a + b \sum_{i=1}^k X_i \\ \sum_{i=1}^k X_i Y_i &= a \sum_{i=1}^k X_i + b \sum_{i=1}^k X_i^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

бу ерда k-тажриба сони

2-жадвал

K	1	2	3	.....	K
---	---	---	---	-------	---



$X_i$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	.....	$X_k$
$Y_i$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	.....	$Y_k$

(6)-тэнгламалардан, тажриба натижаларига биноан, номаълум коэффисиентлар а ва б лар топилади. (6)-тэнгламаларни осонроқ тушиниш ва ечиш учун, тажриба натижаларига асосланиб тэнгламаларни тубандагича ёзамиз. Юқоридаги тажрибаларга асосан (1)-тэнглама

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= a + bX_1 \\
 Y_2 &= a + bX_2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 Y_k &= a + bX_k
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

тэнгламаларни кўшиб:

$$ka + b \sum_{i=1}^k X_i = \sum_{i=1}^k Y_i \tag{8}$$

(7) тэнгламаларни кўшиб:

ни оламиз.(7)-тэнгламаларнинг ҳар бирини, тегишлича  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  ларга кўпайтириб, ҳосил бўлган янги тэнгламаларни яна кўшиб тубандаги тэнгламани оламиз.

$$a \sum_{i=1}^k X_i + b \sum_{i=1}^k X_i^2 = \sum_{i=1}^k X_i Y_i \tag{9}$$

Янги ҳосил бўлган (8)- ва (9)- тэнгламаларга белгилашлар киритамиз ва детерминант усулини ишлатиб, а ва б коэффицентларни топамиз:

$$S1 = \sum_{i=1}^k X_i, S2 = \sum_{i=1}^k X_i^2, S3 = \sum_{i=1}^k Y_i, S4 = \sum_{i=1}^k X_i Y_i$$

$$\begin{aligned}
 k \cdot a + S1 \cdot b &= S3 \\
 S1 \cdot a + S2 \cdot b &= S4
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Детерминант усули билан

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{DA}{D}, & B &= \frac{DB}{D} \\
 Y1(I) &= A + B \cdot X(I) & (I=1 \div k) & \tag{11}
 \end{aligned}$$

топилган коэффицентлар (А ва В лар)нинг хатоликларини ҳисоблаш учун уларнинг вазнларини топиш керак. А ва В ларнинг вазнлари

$$PA = \frac{D}{S2} \quad PB = \frac{D}{k} \tag{12}$$

тажрибада олинган  $Y_i$  ва  $Y1_i$  лар орасидаги квадратик фарқларнинг йиғиндиси

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - Y1_i)^2}{k-2}} \quad (13)$$

A ва B коэффициентларни ҳисоблашдаги ўртача квадратик хатоликлар ва нисбий хатоликлар (%) қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta A = \frac{\delta}{\sqrt{PA}} \quad , \quad \Delta B = \frac{\delta}{\sqrt{PB}} \quad ,$$

$$EpsA = \frac{100 \cdot \Delta A}{A} \quad , \quad EpsB = \frac{100 \cdot \Delta B}{B}$$

$$A \pm \Delta A : B \pm \Delta B$$

$$\varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$$

Шуни айтиш керакки,  $Y_i = A + B \cdot X_i$  тэнглама ( $X_i, Y_i$ ) тажрибада олинган нуқталарга асосланиб ўтказилган тўғри чизиқни беради.  $X_i$  ва  $Y_i$  лар орасидаги  $Y_i = a + bx_i$  кўринишдаги чизиқли боғланишга исталган лаборатория ишидаги ишчи формулани мослаштириш мумкин.

Масалан: а) Тангенс буссол ёрдамида Ернинг магнит майдонини горизонтал ташкил этувчисини аниқлашдаги ишчи формула

$$H = \frac{R^2 M}{\sqrt{(R^2 + H^2)^3}} \cdot \frac{I_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} = C \cdot \frac{I_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} \quad (14)$$

$$\text{Бу ерда:} \quad \operatorname{tg} \varphi_i = a + \frac{C}{H} \cdot I_i \quad (15)$$

Қуйидаги белгилашларни киритсак

$$Y_i = \operatorname{tg} \varphi_i ; X_i = I_i ; b = \frac{C}{H}$$

юқоридаги тэнглама

$$Y_i = a + bx_i$$

кўринишини олади.

б) Электродинамик доимийсини аниқлаш бўйича лаборатория ишидаги ишчи формуласини ҳам тўғри чизиқ тэнгласига келтириш мумкин:

$$K = \frac{4\sqrt{2}\pi n \nu}{RH} \cdot C \cdot \frac{U_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} = n \cdot C \cdot \frac{U_i}{\operatorname{tg} \varphi_i} \quad (16)$$

$$\text{бу ерда:} \quad \operatorname{tg} \varphi_i = a + \frac{n^* \cdot U_i}{\text{ж}} \quad (17)$$

белгилашлардан кейин

$$Y_i = a + bx_i$$

кўринишга келади.

Лекин ҳар бир лаборатория ишида келтирилган  $Y_i, a, b, x_i$  лар турли физик катталиклардир.

2. Танланган нуқталар усули. Бу усулни ишлатиб, бирор физик катталикни ҳисоблаш формуласига кирган, лекин бевосита ўлчанмаган катталикларни ҳам ҳисоблаб топиш мумкин.

Танланган нуқталар усулида ҳам каби формула ишлатилади. Бунинг учун ўлчашлар натижасида олинган (кмарта ўлчашлардан тузилган, 2-жадвал каби), исталган иккита  $X$  ва  $Y$  катталикларни оламиз (масалан:  $X_2, Y_2$  ва  $X_5, Y_5$ , ёки ва ва ҳоказолар) ва уларни боғловчи қуйидаги тэнгламаларни тузамиз:

$$\begin{cases} Y_2 = a + bx_2 \\ Y_5 = a + bx_5 \end{cases}$$

Бу олинган тэнгламалардан детерминант усули ёрдамида  $a=A$  ва  $b=B$  лар топилади. Топилган  $A$  ва  $B$ -лардан уларга кирган физик катталиклар ва уларнинг хатоликлари ЭККУ усулига ўхшатиб топилади. Шунинг айтиши керакки, танланган нуқталар усули ЭККУ усулига қараганда катта хатоликларни беради.

3. Ўртача арифметик усул. Бу усулда ҳам каби боғланишлар ва 2-жадвалдаги каби ўлчашлар ишлатилиб, ўлчашлар сони ( $K$ ) иккига бўлинади. Масалан: агар  $K=6$  бўлса,

$$\begin{cases} Y_1 = a + bx_1 \\ Y_2 = a + bx_2 \\ Y_3 = a + bx_3 \end{cases} \text{ va } \begin{cases} Y_4 = a + bx_4 \\ Y_5 = a + bx_5 \\ Y_6 = a + bx_6 \end{cases}$$

Бундай иккита жуфт тэнгламаларни қўшиб, иккита тэнглама ҳосил қилинади:

$$\sum_{i=1}^{k/2} y_i = \frac{k}{2} a + \sum_{i=1}^{k/2} x_i b$$
$$\sum_{i=\frac{k}{2}+1}^k y_i = \frac{k}{2} a + \sum_{i=\frac{k}{2}+1}^k x_i b$$

Бу иккита тэнгламалардан детерминант усули ёрдамида  $a=A$  ва  $b=B$  лар,  $A$  ва  $B$  га кирган физик катталиклар ва уларнинг хатоликлари топилади. Ўртача арифметик усул билан олинган натижалардаги хатоликлар топилган нуқталар усулидан анча яхшидир.

4. *График усули.* Лаборатория ишларида ўлчанадиган ва ҳисоблаб топиладиган физик катталиклар орасидаги боғланишлар (18)- ёки (19)- формулалар каби берилган бўлиб, 2-жадвалдаги каби ўлчаш натижалари олинган бўлса, бу жадвалга асосан шу  $y_i = a + bx_i$  графикаси чизилади ва

бу графикдан  $\text{tg}\alpha = B$  ва коэффициент  $B$  га кирган физик катталиқ топилади.

5. Комбинацион усул. (14) ва (15) кўринишидаги тэнгламалардан

$$H(j,i) = C \frac{(I_j - I_i)}{\text{tg}\varphi_j - \text{tg}\varphi_i} \text{ yoki } H(j,i) = C \frac{I_j + I_i}{\text{tg}\varphi_j + \text{tg}\varphi_i} \quad (18')$$

$$K(j,i) = \Pi * C \frac{U_j - U_i}{\text{tg}\varphi_j - \text{tg}\varphi_i} \text{ yoki } K(j,i) = n * C \frac{U_j + U_i}{\text{tg}\varphi_j + \text{tg}\varphi_i} \quad (19')$$

формулаларни оламиз ва бу формулаларга 2-жадвалдаги натижаларни кўйиб, комбинацион усул ёрдамида  $H(j,i)$  ва  $K(j,i)$  лар ва уларнинг ўртача қийматлари ( $H_{\text{орт}}, K_{\text{орт}}$ ), уларнинг хатоликлари  $\Delta H$  ва  $\Delta K$  лар ҳисобланади. (18') ва (19') формулаларда ( $j > i$ ). Бундай ҳисоблашларда комбинациялар сони  $N = \frac{k(k-1)}{2}$  га тэнг бўлади.

Масалан,  $k=8$  га тэнг бўлса, ҳамма комбинациялар бўйича ҳисоблашлар сони  $N = \frac{8*7}{2} = 28$  тадир.

6. Оддий усул. (Тўғридан- тўғри тайёр формула ёрдамида ҳисоблаш). Агарда лаборатория ишидаги ишчи Лформула (28)-кўринишда берилган бўлса,

$$H(i) = C * \frac{I(i)}{\text{tg}\varphi(i)} \quad (i=1 \div k) \quad (20'')$$

2-жадвалдаги ўлчаш натижаларига асосланиб (20'') формула ёрдамида  $H(1), H(2), H(3), \dots H(k)$  ( $k$ ) лар ҳисобланади. Бу ҳисоблашлардан

$$H_{\text{орт}} = \frac{\sum_{i=1}^k (H_i)}{k}$$

топилади. (14)-формуладаги  $C$  куйидагича белгиланган.

$$C = \frac{R^2 M}{\sqrt{(R^2 + h^2)^3}}$$

$\Delta H$  ни ҳисоблашдаги хатоликлар  $R, h, I, \varphi$ -ларга боғлиқ бўлгани учун уларни ўлчашдаги хатоликларни ҳам назарда тутиш керак:

$$\Delta H = H_{\text{орт}} \sqrt{\left(2 \frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left[\frac{9}{4} \cdot \frac{4R^2 \cdot \Delta R^2 + 4h^2 \cdot \Delta h^2}{(R^2 + h^2)}\right] + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta\varphi}{\sin 2\varphi}\right)^2}$$

$$SK = \sqrt{\frac{\sum [H(i) - H_{\text{орт}}]^2}{k(k-1)}}$$

Ишонч коэффициентини  $\alpha = 95\%$  олиб, ишонч интервалини тубандаги формулалар ёрдамида ҳисоблаймиз. ТВ

$$I. DH_1 = t_{\alpha, k} \cdot SK, \text{ агарда } SK > \Delta H$$

$$\text{II. } DH_2 = 0,65 \cdot \Delta H, \text{ агарда } SK < \frac{\Delta H}{9}$$

$$\text{III. } DH_3 = \sqrt{DH_1^2 + DH_2^2}, \text{ агарда } \frac{\Delta H}{9} < SK < \Delta H$$

Шу шартлардан бирортаси бажарилгандан кейин

$$H_{\text{орт}} \pm DH_i \quad \text{ва} \quad EpsH = 100 \cdot \frac{DH_i}{H_{\text{урт}}} \%$$

$$\varepsilon = \frac{DH_i}{H_{\text{орт}}} \cdot 100\%$$

топилади.

7. Агар ўлчанаётган ва ҳисобланаётган физик катталиклар орасидаги боғланиш (14)-формула кўринишида  $M$  берилган бўлса, яъни

$$H = C \cdot \frac{I_i}{\text{tg}\varphi_i}, \quad \text{ёки} \quad \text{tg}\varphi_i = \frac{C}{H} I_i,$$

маълум белгилашлар киритиб,

$$y_i = bx_i \quad (21)$$

кўринишдаги координата бошидан ўтувчи тўғри чизик тэнгламасини оламиз. Бу кўринишдаги тэнгламага 2-жадвалда келтирилган ўлчаш натижаларини киритиб, қуйдаги тэнгламалар системасини ҳосил қиламиз:

$$\begin{cases} Y_1 = bx_1 \\ Y_2 = bx_2 \\ Y_3 = bx_3 \\ \dots\dots\dots \\ Y_k = bx_k \end{cases}$$

Бу тэнгламаларнинг ҳар бирини тегишлича  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$  ларга кўпайтириб, сўнгра уларни қўшсак, тубандаги натижавий тэнглама ҳосил бўлади.

$$\sum_{i=1}^k x_i \cdot y_i = \sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot b$$

Бу охириги тэнгламадан

$$b = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \text{ ни}$$

топамиз.  $b$  -нинг қийматидан унга кирган физик катталикларни аниқлаймиз. Топилган  $b$  нинг хатоликларини ва ишонч интервалини ҳисоблаб чиқиш мумкин:

$$Y_1 = bX_1;$$

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y1_i)^2}{(k-1) * \sum x_i^2}}$$

$$b \pm \Delta b = (\dots \pm \dots)$$

$$Epsb = 100 \frac{\Delta b}{b}$$

## **Физика ўқув лабораториясида ишлашда техника хавфсизлиги**

Лаборатория ишларини бажаришга киришишдан олдин ҳамма қувчилар техника хавфсизлиги билан танишиб, ишни бажараётганда ушбу қоидаларга амал қилишлари шарт.

1. Электр токи билан ишлайдиган асбобнинг хавfli эканлигини эсдан чиқарманг! Эҳтиёт бўлинг.
2. Электр занжири йиғилганда у охирги навбатда манбага уланади: йиғилган занжир фақатгина ўқитувчи томонидан текширилгандан сўнг манбага уланади.
3. Электр асбобларнинг бирида носозлик кузатилса, у дарҳол манбадан узилиши керак.
4. Изоляцияланган элементлар билан электр занжирга тегиш ман этилади.
5. Электр занжирдаги ҳар қандай ўзгаришлар фақат электр занжир кучланиш манбаидан узилганидан сўнг киритилиши керак.
6. Иш бажарилиб бўлингандан сўнг ҳамма манбалар ўчирилиши ва электр занжири узилиши керак.
7. Ўлчов натижалари олингандан сўнг ток манбаи ўчирилишини унутманг.
8. Ток манбаини ўқитувчининг рухсатисиз ўчирманг ва ёқманг.

### **3.3. Тавсия этиладиган лаборатория ишлари**

#### **3.3.1. Лаборатория иши №1**

##### **Конденсаторларнинг электр сиғимини аниқлаш**

Ишнинг мақсади: Конденсаторларни электр сиғимини аниқлаш ва уларни кетма-кет ҳамда параллел улаш усуллари билан танишиш.

Керакли жиҳозлар: Сиғими аниқланиши керак бўлган конденсатор, сиғими аниқ бўлган конденсатор, вольтметр, амперметр, реостат, улаш симлари.

##### **Назарий маълумотлар**

Конденсатор деб, бир хил шаклга эга бўлган ва бир-биридан маълум масофада жойлашган қарама-қарши ишорали тэнг миқдордаги заряд билан зарядланган иккита ўтказгич системасига айтилади. Бир-биридан диэлектрик қатлами билан ажратилган иккита параллел металл пластинка ясси конденсаторнинг қопламалари дейилади. Конденсатор зарядининг пластинкалари потенциаллар айирмасига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ фконденсаторнинг сиғими дейилади.

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (1)$$

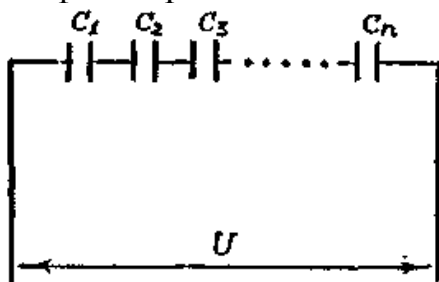
Бир нечта  $C_1, C_2, \dots, C_n$  сиғимли конденсаторлар берилган бўлса, уларни ўзаро кетма-кет (1-РАСМ) ва параллел (2-РАСМ) улаш натижасида керакли сиғимларни ҳосил қилиш мумкин. Конденсаторлар кетма-кет уланганда натижавий сиғим

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_n} \quad (2)$$

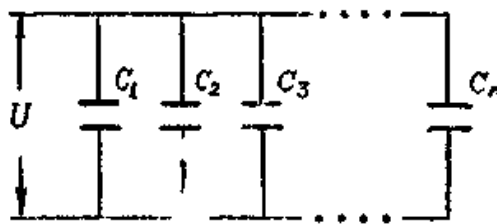
параллел улаганда эса (2-расм)

$$C = \sum_{i=1}^n C_n \quad (3)$$

Ифодалар билан ҳисобланади.



1-расм



2-расм

Ўзгармас ток занжирига конденсатор уланганда ток конденсатор қопламалари орасидан ўтмаганлиги сабабли у чексиз катта қаршилик ролини ўйнайди.

Конденсатор ўзгарувчан токка уланганда унинг қопламалари навбат билан зарядланиши ва разрядланиши натижасида ташқи занжирдаги ўзгарувчан токни танлаб туради. Шундай қилиб конденсатор ўзгарувчан ток занжири учун чекли қаршилик бўлади, бу қаршиликга сиғим қаршилик дейилади.

Фараз қилайлик  $C$  сиғими бўлган конденсатор синусоидал ўзгарувчан электр юритувчи куч манбаига (3-расм) уланган бўлсин. Бунда манба ва конденсаторни туташтирувчи ўтказгичларнинг аниқ қаршилиги жуда кичик бўлади.

Бу вақтда конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш берилган э.ю.к. га тэнг бўлади:

$$U_c = \varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (4)$$

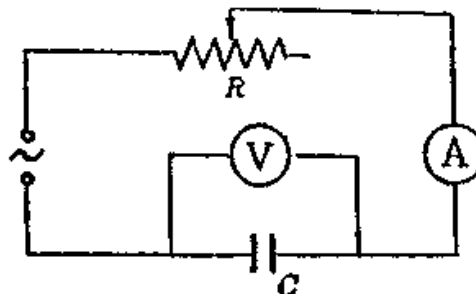
Вақтнинг исталган momenti учун

$$q = CU_c = C\varepsilon_m \cdot \sin \omega t \quad (5)$$

ифода ўринлидир.



3-расм



4-расм

Агар конденсаторнинг заряди  $dt$  вақт ичида  $dq$  га ўзгарган бўлса, ўтаётган ток куйидагича ифодаланади:

$$I = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_c}{dt} = C\varepsilon_m \omega \cdot \cos \omega t = C\varepsilon_m \omega \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Занжирдан ўтаётган ўзгарувчан токнинг амплитуда қиймати:  $M$

$$I_m = \varepsilon_m \cdot C \cdot \omega \quad (6)$$

Бундан 
$$\varepsilon_m = \frac{I_m}{C \cdot \omega} \quad (7)$$

Бу ифодани ўзгармас ток учун Ом қонуни ифодаси  $U=I \cdot R$  билан солиштирсак  $\frac{1}{C \cdot \omega}$  катталиқнинг қаршилик эканлиги кўринади.

Бу қаршилик  $R_c$  билан белгиланиб сиғим қаршилиги дейлади

$$R_c = \frac{1}{C \cdot \omega} \quad (8)$$

Агар 4-расмда кўрсатилган схемадан фойдалансак, Ом қонунига асосан конденсаторнинг сиғим қаршилиги  $R_c = \frac{U}{I}$  бўлади. (8)-

формулага асосан  $R_c = \frac{1}{C_x \cdot \omega}$  бу ифода

$$C_x = \frac{I}{U \cdot \omega}, \quad \omega = 2 \pi \cdot \nu; \quad C_x = \frac{I}{2\pi \cdot \nu U} \quad (9)$$

Бу ерда  $U$  ва  $I$  мос равишда  $V$  - вольтметр ва амперметрнинг кўрсатиши.

$A$  -

### Ўлчашлар ва натижаларни ҳисоблаш

1. 4-расмда кўрсатилган электр схема тузилади.



2. Реостатдаги қаршиликни ўзгартириб вольтметр ва амперметрнинг кўрсатиши ёзиб олинади.
3. Бу ўлчашларга мос равишда конденсаторнинг сифими (9) формуладан ҳисоблаб топилади.
4. Бир неча мартаба тажриба ўтказилади ва номаълум конденсатор сифими учун топилган қийматлар асосида унинг ўртача қиймати ва нисбий хатолик ҳисобланади.
5. Электр занжир тузилади ва конденсаторлар кетма-кет уланганда сифим (2) ва параллел уланганда сифим (3) ифодалар орқали ҳисобланади ва тажриба натижаси билан таққосланади.

Синов саволлари

1. Электр сифими нима? У қандай бирликларда ифодаланади?
2. Конденсатор нима? Унинг ишлаш принципи қандай?
3. Конденсаторлар кетма-кет ва параллел уланганида сифим қандай ифодаланади ва бундай улашнинг техник моҳияти нимадан иборат?
4. Сифим қаршилик нима? Қаршилик бирлиги қандай келтириб чиқарилади?

### 3.3.2. Лаборатория иши №2

#### Ўтказгичнинг солиштирма қаршилигини ўлчаш

Ишнинг мақсади: Металл сим - ўтказгичнинг солиштирма қаршилигини аниқлаш.

Керакли жихозлар:

1. Ўтказгич қаршилиги ва унинг чизикли ўлчамларини ўлчашга имкон берувчи қурилма;
2. Чизғич.
3. Микрометр.

Назарий муқаддима

Узунлиги  $l$  кўндаланг кесим юзи  $S$ , бўлган ўтказгичнинг қаршилиги

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

формула билан аниқланади. Бу ердан

$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (2)$$

бўлиб, у ўтказгичнинг солиштирма қаршилиги дейилади ва у узунлиги 1 м, кўндаланг кесим юзи  $1 \text{ м}^2$  бўлган ўтказгичнинг қаршилигини билдиради.

Мазкур қурилмада нихром симнинг солиштирма қаршилиги аниқланади. Бунинг учун унинг узунлиги чизғич ёрдамида, диаметри  $d$

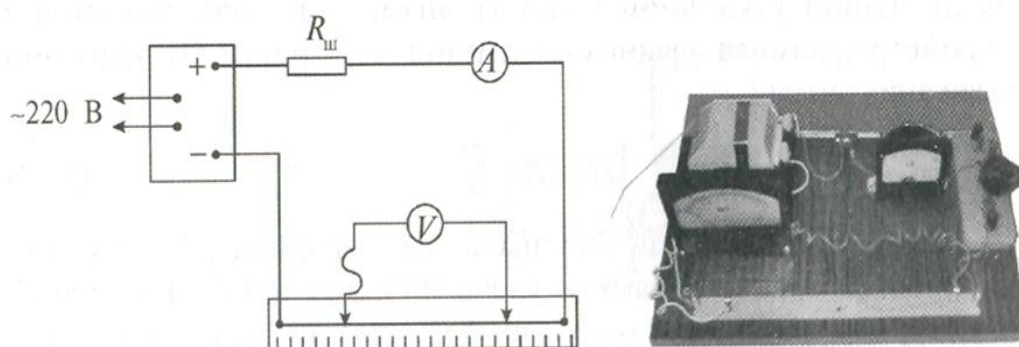
микрометр ёрдамида ўлчанади. Симнинг қаршилиги Ом қонунига асосан аниқланади.

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

бу ерда  $U$  - кучланиш милливольтметр ёрдамида,  $I$  - ток кучи эса миллиамперметрда ўлчанади.

(3) ни (2) га қўйиб, солиштира қаршиликни ҳисоблаш формуласини ҳосил қиламиз.

$$\rho = \frac{US}{Il} \quad (4)$$



1-расм

#### Ишни бажариш тартиби

1. Симда кўзгалувчи контактлар орасини 12-14 см масофада қилиб қотиринг ва симнинг диаметри  $d$  ни ўлчанг (1-расм).
2. Манбани электр тармоғига уланг. Калитни ёқиш вазиятига буранг.
3. Милливольтметр ва миллиамперметр кўрсатишларини ёзиб олинг.
4. Кўзгалувчан контактлар орасидаги масофа  $l$  ни ҳар бир 2 см га яқинлаштириб, уларнинг вазиятга мос келган милливольтметр ва миллиамперметрларининг кўрсатишини жадвалга ёзиб боринг.
5. Ҳар бир 1 ўлчашга мос келган ни (2) формуладан ҳисоблаб жадвалга ёзинг.
6. Солиштира қаршиликнинг ўртача қиймати  $\rho$  ни ва уни аниқлаш хатоси  $\Delta\rho$  нинг ўртача қийматлари жадвалга ёзинг.

Тажриба №	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$d, \text{М}$	$S, \text{м}^2$	$l, \text{м}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$\Delta\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$\frac{\langle \Delta\rho \rangle}{\langle \rho \rangle} \cdot 100\%$
1								
2								
3								
Ўртача қиймат								

7. Солиштирма қаршиликнинг қийматларини  $\rho = \langle \rho \rangle \pm \langle \Delta \rho \rangle$  кўринишида ёзинг.

Назорат учун саволлар

1. Қаршилик нима?
2. Солиштирма қаршилик деб нимага айтилади?
3. Нима учун ҳар хил моддалар учун турлича?
4. Ом қонунини таърифланг.
5. Металларнинг қаршилиги ва солиштирма қаршилик қандай катталикларга боғлиқ?

### 3.3.3. Лаборатория иши № 3

**Ярим ўтказгичли диоднинг бир томонлама ўтказувчанлигини ўрганиш**

Ишнинг мақсади: Ярим ўтказгичли диоднинг бир томонлама ўтказувчанлигини ўрганиш.

Керакли жиҳозлар: Лаборатория стенди 17-03L; RU-вольтметр; PV - вольтметр; PA - амперметрлар, GT - ток манбаи, V1; V2 - диодлар; KD 103A; панел 17 L-03/11, симлар.

#### Назарий маълумотлар

Ярим ўтказгич кристаллидаги n -тип соҳа билан p -тип соҳа орасидаги чэварага электрон-тешикли ўтиш ёки p -тип ўтиш дейилади. Кристаллни занжирга шундай улаймизки, бунда ташқи майдон ўтиш майдонига қарама-қарши ёналган бўлсин. p - n - ўтишда майдон заифроқ бўлади ва асосий ташувчилари ўтиш соҳаси орқали интилади.

Натижада ўтиш соҳаси орқали ток кучи ўтади. Бундай олда қўйилган кучланиш ва ток тўғри дейилади. Кучланиш орттирилганда ток кучи тез ортади. Энди кристаллга тесқари кутбли кучланиш берайлик. Ташқи майдон p-n - ўтишда майдонни кучайтиради ва асосий ташувчиларнинг ўтиши орқали, оқимлари анча камаяди. Ушбу ҳолда қўйилган кучланиш ва ток тесқари кучланиш ток дейилади. Тўғри кучланишда p-n - ўтишдан ўтаётган ток тесқари П кучланишдагига қараганда миллион марта катта бўлар экан. Бу шуни кўрсатадики, p-n - ўтиш вентилига ўхшаб ишлар экан. Яъни токни битта йўналишда ўтказар ва токни тесқари йўналишда ўтказмас экан. Демак, p-n - ўтишли кристаллни ўзгарувчи ток занжирига нағрузка P - қаршилиги билан кетма-кет уланса у ҳолда, бу қаршиликдаги ток амалда йўналиши бўйича ўзгармас бўлади. Шунинг учун p-n - ўтишли кристаллга ярим ўтказгичли диод дейилади.

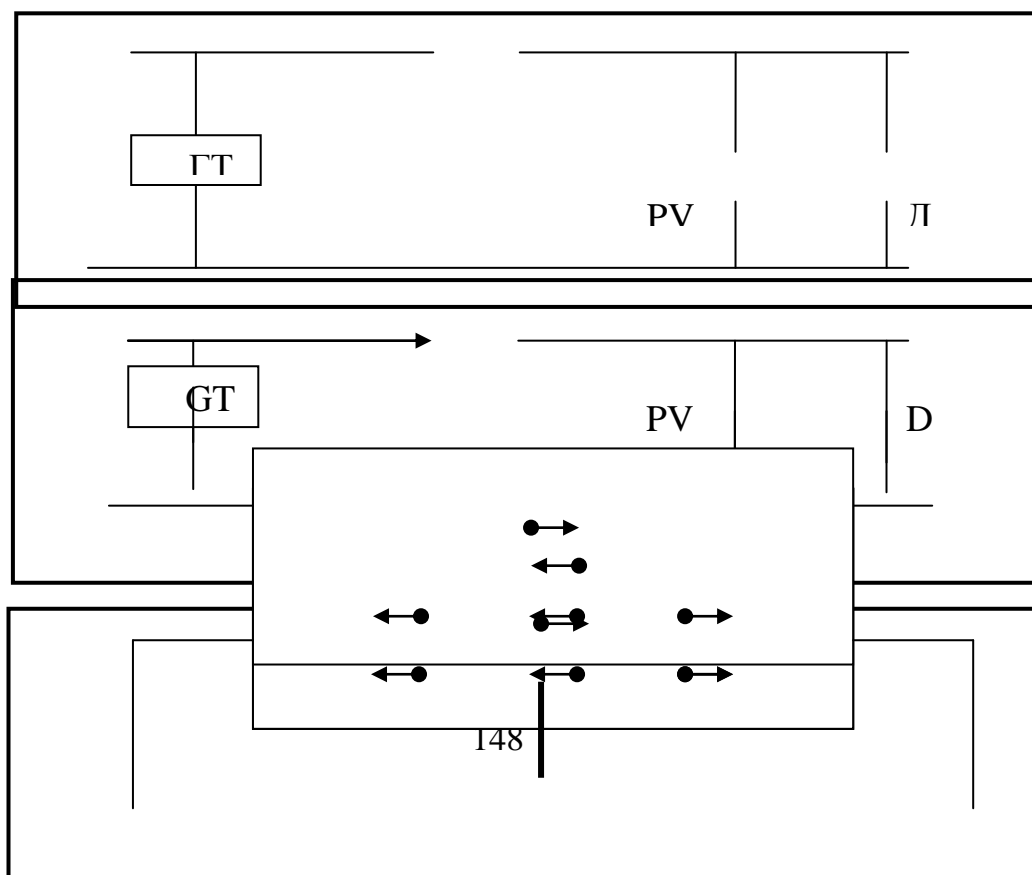
Ярим ўтказгичли диодларнинг Ф.И.К. катта 98% ўлчами кичик ва ишлаш муддаи катта. Ярим ўтказгичли диодларнинг камчилиги юқори

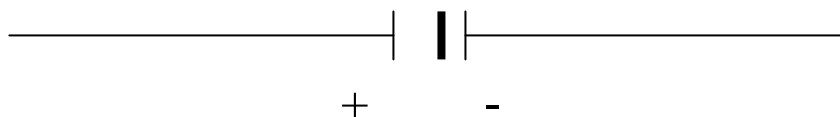
температурада улар ишининг ёмонланишидир. Яримўтказгичли диодларда тескари температура ортиши билан тезда ортади: кремнийли диодлар тахминан  $200^{\circ}\text{C}$  температурада токни тўғрилашдан тўхтайди, германийли диодлар эса чэгаравий температура бундан ҳам кичик. Пировардида ярим ўтказгичли диодни тармоққа нагрузка қаршиликсиз улаш мумкин эмас.

### Ишнинг бажариш тартиби

1. Панелни лаборатория стендига ўрнатинг.
2. Элементларни ўз ўринларига қўйиб схема бўйича занжирларни йиғинг (1-расм).
3. Биринчи схемани токка уланг ва ГТ - ток манбаининг резистор ёрдамиди кучланишни ўзгатириб, ток ўзгаришини ёзиб боринг.
4. Тўғри токнинг кучланишга боғлиқлиги волтампер характеристика графигини чизинг.
5. Иккинчи занжирни токка улаб, тескари ток кучи қийматларини кучланишини ўзгартириб ёзиб олинг.
6. Тескари ток кучланишга боғлиқлиги волтампер характеристика графигини чизинг.
7. Хулоса ёзинг.

№	V - to'g'ri	I - to'g'ri	V - teskari	I - teskari
1				
2				
3				





## 1-расм

Синов саволлари

1. P- n ўтишининг хоссасини айтинг.
2. Ярим ўтказгичли диоднинг вазифаси нимада ва қаерда қўлланилади?
3. Ярим ўтказгичнинг қанақа типлари мавжуд?
4. Ярим ўтказгичларнинг ўтказгичлардан фарқи нимада?

### 3.3.4. Лаборотория иши № 4

#### Миснинг электрохимёвий эквивалентини аниқлаш

Ишнинг мақсади: 1. Электролиз ҳодисасини ўрганиш.

2. Фарадейнинг биринчи қонунини тажрибада ўрганиш.

3. Миснинг электрохимёвий эквивалентини аниқлашни ўрганиш

Керакли жиҳозлар: Ўзгармас ток манбаи, электрон тарози ва секундомер, реостат, электролит ванна, дистилланган сув, мис купоросининг эритмаси, электродлар, ўзгармас ток амперметри ва вольтметри, ўлчовчи симлар ва бошқа ёрдамчи аслаҳалар.

#### Назарий маълумот

Сувда кислота ишқор ва туз эриганда уларнинг молекулалари ионларга ажралади. Бу жараён электролитик диссоция дейилади. Молекулалари ионларга диссоцияланган эритма электролит дейилади. Фарадейнинг биринчи қонунига кўра электролитдан электр токи ўтганда электрода ажралиб чиққан модданинг  $m$  массаси  $I$  ток кучига ва токнинг ўтиш

вақти  $t$  га пропорционалдир.

$$m = kIt \quad (1)$$

Демак (1) формулага кўра  $q = I t = 1$  бўлганда  $m = k$  бўлади.

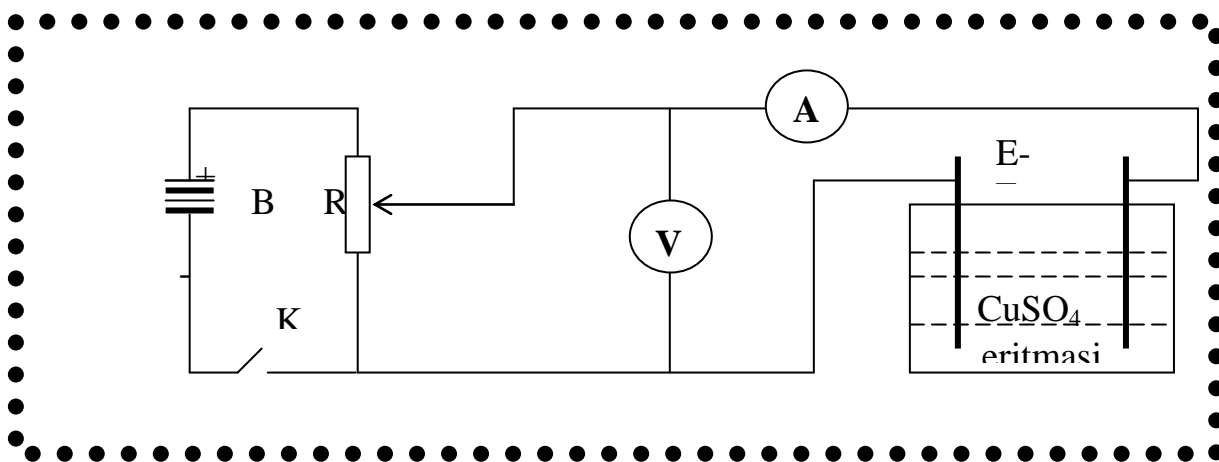
Бу коэффициент модданинг электрохимёвий эквиваленти дейилади. Тэнглама (1) га асосан электрохимёвий эквивалент коэффициенти СИ ўлчов системасида  $\text{кг/С}$  да ўлчанади. Агар электролитлардан ўтган  $I$  ток кучи ва токнинг ўтиш вақти ҳамда электролиз жараёнида ажралиб чиққан модданинг  $m$  массаси маълум бўлса модданинг электрохимёвий эквиваленти қуйидагича аниқланади.

$$k = m / It \quad (2)$$

## Қурилманинг тузилиши ва ишлаши

Қурилма электролик ванна мисс купоросининг дистилланган сувдаги эритмаси электродлар электролитдан ўтаётган токни ростлайдиган R реостат ўзгармас ток манбаи, занжирдаги ток ва кучланишни ўлчайдиган ток амперметри ва вольтиметри ва калитдан ташкил топган (1-расм). Қурилмани ишга тушириш учун тўғрилагич ўзгарувчан электр тармоғига уланади, сўнгра калит (K) беркитилади. Шунда электролитдан ток ўта бошлайди.

Электролитдан ўтаётган ток катталиги ампермерт кўрсатишидан олинади. Токнинг катталиги R реостат билан ростлаб турилади.



### Ишнинг электр схемаси

#### Ишни бажариш тартиби

1. Лаборатория ишининг юриқномасини ўқиб ўрганинг ва ўқитувчи саволларига жавоб бериб ишни бажаришга рухсат олинг .
2. Катод вазифасини тасдиқлайдиган мис электроднинг  $m_1$  массасининг JW -биринчи русумли электрон тарозида тортиб аниқланг.

**ЭСЛАТМА:** электрод тортилишидан олдин кўрилиши шарт.

3. Мис купоросининг  $m$  массасини тарозида тортиб олинг ва уни дистилланган сувда эритиб эритма тайёрланг.
4. Мис купороси эритмасига мис электролитларини тушириб, уларни кўзгалмайдиган қилиб маҳкамланг.
5. Тажриба бошланган  $t$  вақтни белгиланг ва шу заҳотиёқ калитни уланг ҳамда реостат ёрдамида ток кучи катталигини 1,5 А қийматда ўзгартирмай сақланг. Амперметр кўрсатган I токни белгиланг ва уни ёзиб олинг.

Тажрибада аниқланган натижаларни жадвалга киритинг.

O'lchash tartibi	Tok kuchi I, A	Kuchlanish V, V	Elektrod massalari farqi $m_1 - m_2 = \Delta m$	k kg/S	$\Delta k$

6. 15-20 минут вақт давомида электролитдан ток ўтгандан кейин калитни узинг ва  $t_2$  вақтни белгилаб қуйинг. Электролитдан ток ўтган вақтни ҳисобланг.

7. Катодни эритмадан чиқаринг ва уни қуритинг. Катодда ажралиб чиққан мис массасини аниқлаш учун мис ўтириб қолган электродни ЖВ-л электрон тарозида тортинг ва  $m = m_2 - m_1$  ифодадан яъни жараёнда электродда ажралиб чиққан миснинг  $\Delta m$  массасини ҳисобланг.

8. Тажриба натижалари асосида (2) тэнгламадан фойдаланиб миснинг к электрохимёвий эквивалентини ҳисоблаб топинг.

9. Тажрибани такрорланг ва хатоликларини ҳисобланг.

10. Натижани  $k \pm k$  кўринишда ёзинг.

11. Фарадейнинг II қонунидан фойдаланиб, элементар заряд қийматини топинг.

Синов саволлари

1. Электр ўтказувчанлик хусусиятига кўра суюқликлар қандай гуруҳларга бўлинади?

2. Электролит нима? Электролит диссоциация ва рекомбинация жараёнлари қандай пайдо бўлади?

3. Қандай жараённи электролиз ҳодисаси деб аталади?

4. Фарадей қонунларини айтиб беринг.

5. Электрохимёвий эквивалентининг физик маъносини тушунтиринг.

### 3.3.5. Лаборатория иши № 5

#### Амперметрни даражалаш

Ишнинг мақсади: Амперметрни даражалаш.

Керакли жиҳозлар: Амперметр, ток манбаи, вольтметр, реостат, эталон амперметр, қаршиликлар магазини, калит, симлар.

## Назарий тушунча

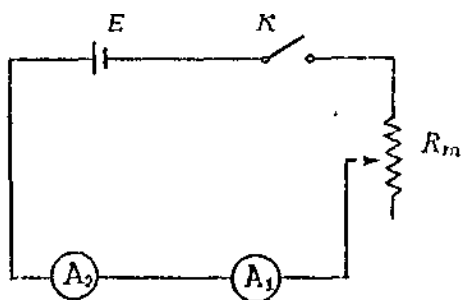
Ҳар қандай асбоб билан бирор физик катталиқни ўлчаш учун, аввало бу асбобнинг тўғри ёки нотўғри ишлашини текшириб кўриш зарур. Асбоб шкаласида маълум сонлар бўлади.

Асбоб шкаласи бўлимлари билан шу асбоб ёрдамида топиладиган катталиқнинг қийматлари орасидаги хмуносабатни топиш асбобни даражалаш дейилади.

Агар текшириладиган амперметр ёпиқ занжирга кетма-кет уланган бўлса, унинг кўрсатиши занжирдаги ток кучидан оз бўлади, чунки амперметрнинг ички қаршилиги занжир қаршилигига қўшилади. Шу сабабдан, олдин амперметрнинг ички қаршилигини топиш керак.

Амперметрнинг ички қаршилигини топиш учун асбобларни 1-расмда келтирилган схема бўйича улаш керак.

К калитни бирлаштирадик,  $A_1$  эталон амперметрнинг стрелкаси ўз шкаласи бўйича маълум бир бўлимни кўрсатади. Схеманинг бошқа томонларига тегмасдан  $A_2$  амперметрни узиб, ўрнига  $R$  қаршиликлар магазинини улаймиз.



1-расм

Шундан сўнг қаршиликлар магазиндан  $A_1$  эталон амперметрнинг олдинги кўрсатиши ўзгармайдиган қилиб қаршилик ташланади. Шу тартибда тажрибани бир неча марта такрорлаш керак. Лекин ҳар галдаги тажрибадаги  $R$  нинг қиймати ҳар хил бўлиши мумкин, шунинг учун топилган  $R_1, R_2, \dots, R_n$  ларнинг ўртача арифметик қиймати олинади.  $R$  ларнинг ўртача  $R_0$  қиймати текшириладиган  $A_2$  амперметрнинг ички қаршилигига тенг бўлади, яъни:

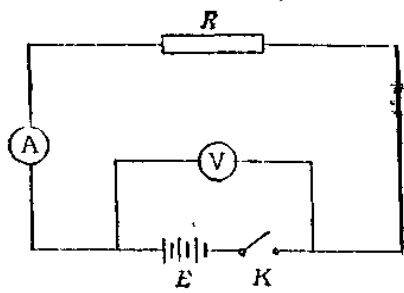
$$R_0 = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

бу ерда  $n$  - тажрибанинг такрорланиш сони,  $R_0$  -  $A_2$  амперметрнинг ички қаршилиги.

## Ўлчаш ва натижаларни ҳисоблаш



Асбоблар 2-расмда тасвирланган схема асосида симлар билан уланган дан кейин,



2-расм

занжир К калит ёрдамида уланади. Бунда R ни шундай танлаб олиш керакки, A<sub>2</sub> амперметр занжирдан жуда оз ток ўтаётганини кўрсацин. Бу тажриба қаршиликлар магазини ёрдамида турли қийматли қаршиликлар билан бир неча марта такрорланиши керак. Қаршиликлар магазинининг R қаршилиги камайтирила борилса, A<sub>2</sub> амперметрнинг кўрсатиши кўпая боради.

Шу тартибда A<sub>2</sub> амперметр шкаласининг барча рақамларига тегишли қаршиликларни аниқлангандан сўнг, R нинг қиймати яна аста-секин кўпайтирилади. Бунда A<sub>2</sub> амперметрнинг кўрсатилиши албатта, камая боради. Шундан сўнг ҳар бир бўлимга тўғри келувчи токнинг ҳақиқий қийматларини ифода ёрдамида ҳисобланг. Бунда R магазиндан танланган қаршиликнинг қийматлари. Тажрибадан олинган ҳамма натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади:

Жадвал 3

Тажриба тартиби	Ток кўпая боргандаги A <sub>2</sub> ни кўрсатиши	Ток камая боргандаги A <sub>2</sub> ни кўрсатиши $\frac{I_1 + I_2}{2} = I$	A <sub>2</sub> ни ўртача кўрсатиши	Вольтметрнинг кўрсатиши	Занжирнинг умумий қаршилиги R	Ом қонуни бўйича токнинг ҳақиқий кучи $I = \frac{V}{R_0 + R}$
1.						
2.						
3.						

Жадвалдаги I ва I ларнинг ҳар хил бўлиши асбобнинг нотўғри кўрсатишини билдиради:

Даражалаш натижалари:

Абциссалар ўқига асбоб шкаласидан олдинги сонларни ва ординаталар ўқига ток кучининг ҳисоблаб топилган қийматларини қўйиб, график равишда тасвирланади. Графикда шу тартибда қайд қилинган нуқтарни бирлаштирувчи чизик асбобнинг даражалаш чизиғи бўлади.

Кейинчалик унинг ёрдамида асбобнинг исталган кўрсатишига тегишли бўлган ток кучини ҳисобламасдан топиш мумкин.

Ясалган график тўғри чизикқа яқин бўлиб чиққан ҳолда бутун шкала учун ўзгармас (фақат шу ТТҳолдагина) катталиқни яъни шкала бўлимининг баҳосини топиш маънога эга бўлади.

Синов саволлари

1. Амперметр нэга занжирга кетма-кет уланади?
2. А2-амперметрнинг ички қаршилигини қандай топамиз?
3. 1- ва 2- схемаларни чизинг.
4. Ишнинг бажарилиш тартибини айтиб беринг.

### 3.3.6. Лаборатория иши № 6

#### Электромагнитик индукция ҳодисасини ўрганиш

Ишнинг мақсади: Электромагнит индукция ҳодисасини ўрганиш

Керакли жиҳозлар: Миллиамперметр, аккумуляторлар батареяси, ўзакли ғалтаклар, ёйсимон магнит, включатель, уловли симлар.

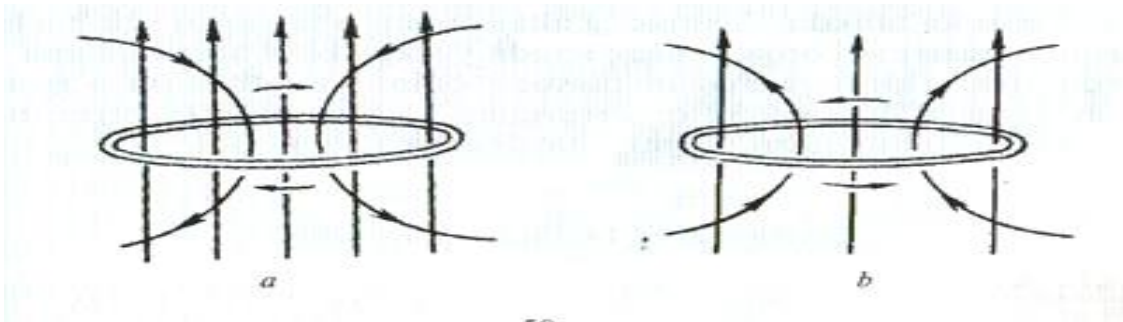
Назарий муқаддима

Электромагнит индукция қонуни ток кучи учун эмас, айнан ЭЮК учун таърифланади. Бундай таърифда индукцион ток ҳосил бўладиган ўтказгичларнинг хоссалари билан боғлиқ бўлмаган ҳодисанинг мазмунигина ифодаланади. Электромагнит индукция қонунига кўра берк контурда ҳосил бўладиган индукция ЭЮК модули бўйича контур билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқимининг ўзгариш тезлигига

$$\text{тЭНГ } \varepsilon \equiv \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|.$$

Агар берк контурни кесиб ўтаётган магнит майдон вақт ўтиши билан ўсиб борса контурда ҳосил бўлган Р индукцион токнинг магнит майдон индукцияси вектори ташқи магнит майдон индукцияси векторига нисбатан карама-қарши йўналишга эга бўлади. (1а-расм)

Агар берк контурни кесиб ўтаётган магнит майдон оқими вақт ўтиши билан камайиб борса контурда ҳосил бўлган индукцион токнинг магнит майдон индукцияси вектори ташқи магнит майдон индукцияси вектори билан бир хил йўналишга эга бўлади (б-расм).

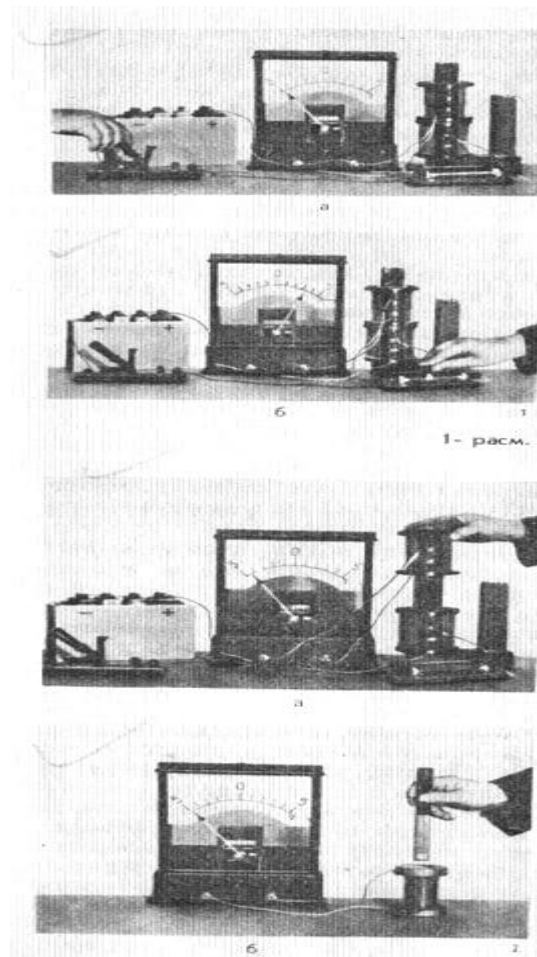


**1-расм**

Бу ифодадаги минус ишора индукцион ЕЮК ўзини ҳосил қилаётган ташқи магнит майдон оқимининг ўзгаришига тўсқинлик қилаётганлигини билдиради.

### **Ишни бажариш тартиби**

1. Миллиамперметр клеммаларни ғалтак клеммаларга уланг.
2. Ўзакни ёйсимон магнитнинг қутбларидан бири яқинига қўйиб, ғалтакнинг ичига киргизинг, бунда миллиамперметрнинг стрелкасини кузатиб туринг.
3. Ўзакни ғалтақдан чиқариб ва уни магнитнинг бошқа қутбига яқин қўйиб ам миллиамперметр стрелкасининг кўрсатишларини кузатинг.
4. Тажриба схемасини чизиб олинг ва ҳар бир ҳолда Ленс қоидасини ўринли бўлишини текшириб кўринг.
5. Иккинчи ғалтакни биринчисининг ёнига уларнинг ўқлари бир-бирига тўғри келадиган қилиб жойлаштиринг.
6. Иккала ғалтакка темир ўзақлар киргизинг ва иккинчи ғалтакни включател орқали батареяга уланг.
7. Калитни улаб ва узиб, галванометр стрелкасини оғишини кузатинг.
8. Тажриба схемасини чиқазиб олинг ва Ленс қоидасининг ўринли бўлишини текшириб кўринг.



№	Темир ўзаксиз			Темир ўзакли		
	Биринчи ғалтакка берилган кучланиш	Иккинчи ғалтакка берилган кучланиш	Иккинчи ғалтакдаги индукцион ЭЮК	Биринчи ғалтакка берилган кучланиш	Иккинчи ғалтакка берилган кучланиш	Иккинчи ғалтакдаги индукцион ЭЮК
	$U_1, V$	$I_1, A$	$\varepsilon_i, V$	$U_1, V$	$I_1, A$	$\varepsilon_i, V$
1						
2						
3						
4						

#### Синов саволлари

1. Электромагнит индукция ҳодисаси нимадан иборат?
2. Фарадей қонунини тушунтиринг?
3. Ленц қонунини изоҳланг?
4. Индукция ЭЮК формуласини ифодаланг?

### 3.3.7. Лаборатория иши №7

#### Токнинг магнит майдонини ўрганиш

Ишнинг мақсади: Электромагнит қурилмаси асосида токнинг магнит майдон таъсирини кузатиш.

Керакли жиҳозлар: ўзгарувчан ток генератори, ўзгармас ток генератори, лампочка, мис симдан ўралган ғалтак, тақасимон темир ўзак, улаш симлари, темир пластинка, шиша изолятор, клеммалар.

#### Назарий маълумотлар

Электр токининг иссиқлик ва кимёвий таъсири қатори унинг магнит таъсири ҳам мавжуд. Токнинг магнит таъсирини биринчи бўлиб 1920 йилда Даниялик олим Эрстед ўз тажрибасида кузатган эди. У токли ўтказгич атрофига жойлаштирилган магнит стрелкасининг оғишини дпайқаб токли ўтказгич атрофида магнит майдони юзага келади деган хулосага келди.

Токли ўтказгич атрофида ҳосил бўлувчи магнит майдони заиф бўлиб унинг амалий аҳамияти камдир. Токли ғалтакда ҳосил бўлувчи магнит майдони токли ўтказгичга нисбатан кучли эканлигини тажриба тасдиқлайди. 1 расмда ток манбаига уланган ғалтакда юзага келган магнит майдонни тасдиқловчи тажриба намоиши тавсифланган. Токли ғалтак атрофидаги

бу майдон ўзига темир кукунларини тортиб олади. Ғалтакда ток йўқолиши билан темир кукунлари тўкилиб кетади.

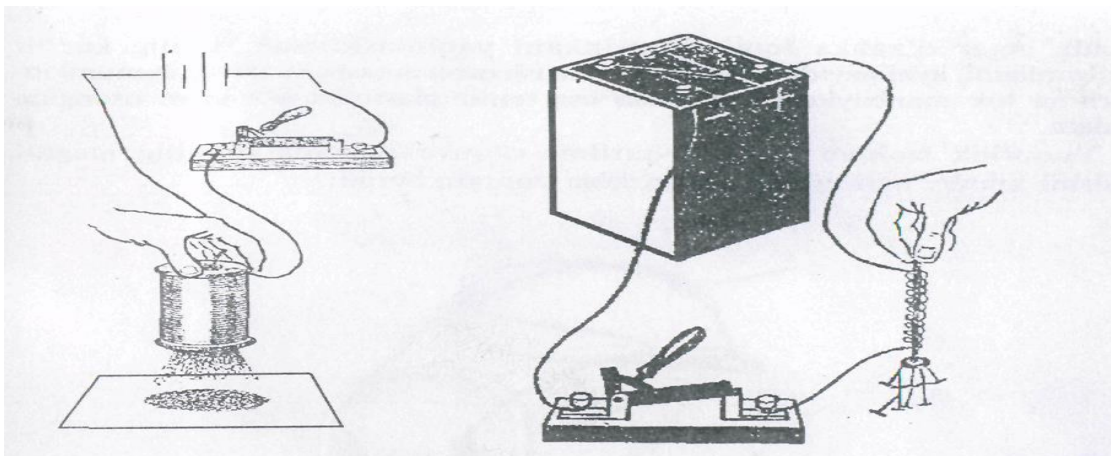
Ғалтак ичига темир ўзак жойлаштирилса токли ғалтакнинг магнит майдони бир неча минг баробаргача тортганлигини тажрибалар тасдиқлайди. Шундай тажриба намоишлари қурилмасидан бири 2 расмда тасвирланган. Бу тажриба қурилмасининг темир михга ўралган изоляцияли мис симдан иборат. Калит орқали электр занжирини ток манбаига уласак. Мис ўрамлари атрофида магнит майдони юзага келади. Бу майдон темир мих воситасида янада кучайиб, михни магнитлайди. Магнитланган михга темир кукунларига нисбатан анча оғир бўлган майдай михчаларни яқинлаштирадик, уларни ўзига кучли тортиб бошлаганлигини кузатиш мумкин.

### **Қурилманинг тузилиши ва ишлаши**

Токнинг магнит таъсиридан амалда жуда кэнг миқёсда қўлланилади. Масалан, пўлат, чўян, темир қириндилари ва қуймаларини юклашда электромагнитли кўтариш кранларидан кэнг фойдаланилади.

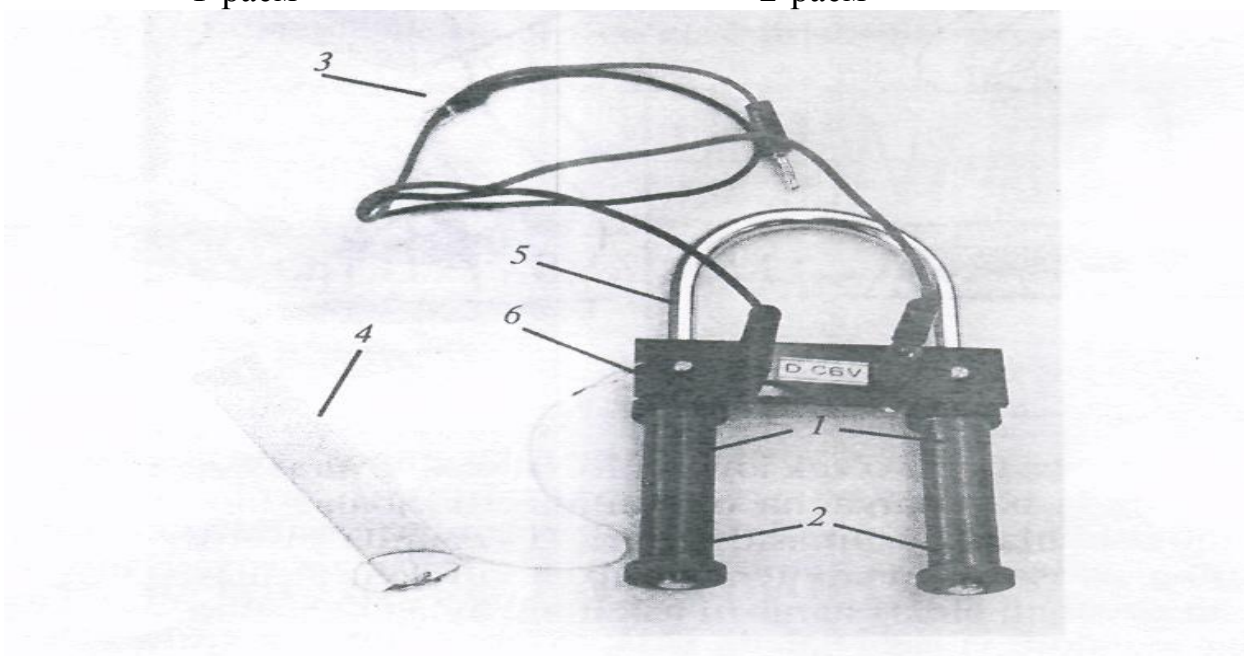
Ғалтак ичига жойлаштирилган темир ўзак унинг ичида юзга келувчи магнит майдонини кучайтиради. Токли ғалтакдаги магнит майдонининг бу хоссасидан амалда электромагнитларда кэнг фойдаланилади. Шундай электромагнитлардан бирининг модели 3-расмда тасвирланган. Бу электромагнит қуйидагича тузилган: 2 ғалтак ўзаро кетма-кет уланиб, улар тақасимон темир ўзагига киритилган ҳолда маҳкамланган. Ғалтаклар чўлғамларининг учлари шиша изоляторга маҳкамланган клеммаларга уланган. Шиша изолятор эса тақасимон темир ўзакка винтлар ёрдамида қотирилган. Қурилма (6В кучланишли) ток манбаига уланса темир ўзакда кучли магнит майдони юзага келади. Агар ўзакка темир пластинкани яқинлаштирадик, унинг кучли тортилганлигини, айти пайтда уни қўл билан узиш осон эмаслигини пайқаш мумкин. Қурилма ток манбаидан узилганда эса темир пластинка ўзакдан осонгина ажралади.

Юқорида изохлаб ўтилган қурилма ўқувчиларнинг токнинг магнит таъсирини амалий намоишда кўришига ёрдам беради.



1-расм

2-расм



3-расм

1 - мис симдан ўралган ғалтак, 2 - тақасимон темир ўзак, 3 - ғалтакни ток манбаига улаш симлари, 4 - темир пластинка, 5 - шиша изолятор, 6 - ғалтак учлари уланган клеммалар.

### 3.3.8. Лаборатория иши № 8

#### Содда радиони йиғиш ва ишлашини ўрганиш

Ишнинг мақсади: Оддий радиоприёмникнинг тузилишини ва ишлаш принципини ўрганиш.

Керакли жиҳозлар: Радиоколлектор, ғалтак, ўзгарувчан симли конденсатор, телефон икки карнай, дитектор, панел.

Назарий муқаддима

Приёмник қабул қилиб олган модуляцияланган юқори частотали сигнал ҳатто кучайтирилгандан кейин ҳам телефон ёки радиокарнай мембранасини бевосита товуш частотаси билан тебранма ҳаракатга келтира олмайди.

Бундай сигнал бизнинг ўлчовимиз қабул қила олмайдиган юқори частотали тебранишлар уйғотади холос. Шунинг учун приёмникда аввал юқори частотали модуляцияланган тебранишлардан товуш частотасидаги сигнални ажратиб олиш керак. Сигнал ҳар бир томонлама ўтказувчан элемент-детекторли қурилма ёрдамида детекторланади. Детектор вазифасини электрон лампа (диод, триод) ёки ярим ўтказгичли диод ўтиши мумкин.

Ярим ўтказгичли детектор занжирига модуляцияланган тебранишлар манбаи ва нагрузка билан кетма-кет уланади. Бу занжир орқали ток асосан бир йўналишда ўтади, чунки диоднинг тўғри йўналишидаги токка курсатадиган қаршилигига қараганда анча кичик. Тескари токни биз умуман ҳисобга олмасак ва диодни бир томонлама ўтказувчан деб ҳисобласак ҳам бўлади. Бу занжир орқали графиги тасвирланган пулсланувчи ток ўтади. Бу пулсланувчи ток филтр ёрдамида текисланади. Энди оддий филтр нагрузкага уланган конденсатордан иборат. Филтр қуйидагича ишлайди:

Диод ток ўтказётган пайтларда токнинг бир қисми эса тармоқланиб боради ва уни зарядлайди. Расмдаги туташ стрелкаларда токнинг тармоқланиш нагрузка орқали ўтадиган пулсацияланишини камайтирди. Импульслар орасида, яъни диод берк бўлган пайтларда эса конденсатор нагрузка орқали қисман зарядсизланади. Шу сабабли импульслар орасидаги вақтда нагрузка орқали ток аввалги йўналишда ўтаверади. ҳар бир Янги импульс конденсаторлар қўшимча равишда зарядлаб туради. Шу туфайли нагрузка орқали товуш частотасидаги ток ўтиб туради. Бу ток тебранишларнинг шакли узатувчи стансиядаги паст частотали сигнал шаклини деярли айнан такрорлайди. Бундай мураккаброк тузилган филтрлар унча катта бўлмаган юқори частотали пулсацияларни ам текслайди ва товуш частотали тебранишлар силлиқроқ бўлади.

1. Детекторли энг оддий радиоприёмник антенна билан боқланган тебраниш контуридан ва бу контурга уланган дитектор

конденсатор ва телефондан тузилган занжирдан иборат. Радио тўлқинлар тебраниш контурида модулясияланган тебранишларни уйғотади.

Телефоннинг ғалтаклари нагрузка вазифасини бажарали. Улардан товуш частотасидаги ток уради. Юқори частотали кучсиз пулсасиялар мембрананинг тебранишларига сезиларли таъсир кўрсатмайди ва кулоққа эшитилмайди.

### Ишни бажарилиш тартиби:

- 1) Радиокомплектнинг элементлари билан танишиб чиқинг.
- 2) Берилган схема бўйича радиони йиқинг.
- 3) Приёмникни антеннага ва ерга уланг (водопровод трубасига).
- 4) Конденсатор дастасини айлантриб битта радиостанциянинг аниқ товушини уланг.
- 5) Саволларга жавоб ёзинг.

### Синов саволлари:

1. Схеманинг элементларини ва уларнинг вазифасини тушунтиринг.
2. Модуляция деб нимага айтилади? Модуляция турлари?
3. Амплитудали модуляция деб нимага айтилади?
4. Детектор бўлиб қайси асбоб ишлайли? (детекторлаш жараёнини тушунтиринг.)

### 3.4. Масалалар ечишдан намуналар

1. Агар массаси 18 г бўлган сув молекуласининг 0,1 қисмини йўқотса, қандай заряд ҳосил бўлади?

$$\frac{m=18 \text{ г } \text{H}_2\text{O}}{q=?}$$

Ечилиши

$$1. \text{ 18 г сувдаги молекулалар сонини топамиз}$$

$$N = \frac{m}{\mu} N_A = \frac{18 \cdot 6 \cdot 10^{23}}{18} = 6 \cdot 10^{23} \text{ та}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ сувнинг моляр массаси}$$

$$N_A = 6 \cdot 10^{23} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \text{ Авогадро сони}$$

Битта сув молекуласида 10 та электрон бор.

$$2. \quad 6 \cdot 10^{23} \text{ та } \text{ сув молекуласида эса}$$

$$n = 6 \cdot 10^{23} \cdot 10 = 6 \cdot 10^{24} \text{ та электрон бор.}$$

1. Сув молекуласининг 0,1 қисмини йўқотса, сув молекуласи  $q = 0,1 \cdot n \cdot e$  заряд ҳосил бўлади. Бу ерда



$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 9,6 \cdot 10^4 \text{ Кл.}$$

Жавоб:  $9,6 \cdot 10^4 \text{ Кл.}$

2. Бир хил зарядланган икки жисмдан бирининг ярим заряди иккинчисига ўтказилса, улар орасидаги итарилиш кучи қандай ўзгаради?

Берилган

$$q_1 = q - \frac{q}{2} = \frac{q}{2}$$

$$q_2 = q + \frac{q}{2} = \frac{3q}{2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = ?$$

Ечилиши

$$\text{Зарядлар кўчирилгунга қадар: } F_1 = k \frac{q^2}{r^2}$$

$$\text{Зарядлар кўчирилгандан сўнг:}$$

$$F_2 = k \frac{q_2 q_1}{r^2} = k \frac{\frac{3q}{2} \cdot \frac{q}{2}}{r^2} = \frac{3}{4} k \frac{q^2}{r^2} = \frac{3}{4} F_1;$$

$$\text{Демак, } \frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{4} = \frac{1}{1,33}$$

Жавоб: 1,33 марта.

3. 200 Вт қувватли қайнатгич бир стакан сув (150 г) ни 5 минутда  $80^\circ$  га қиздиради. Бу жараёнда қанча иссиқлик миқдори ҳавога кетади?

Берилган

$$P = 200 \text{ Вт}$$

$$m = 150 \text{ г} = 0,15 \text{ кг}$$

$$t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

$$4. Q_{\text{ў}}$$

з

г

а

р

мас кучланишга уланган  $R$  қаршиликка  $2R$  қаршиликка кетма-кет уланса,  $R$  қаршиликдаги қувват неча марта камаяди?

Берилган

$$2R$$

$$R$$

$$\frac{P_2}{P_1} = ?$$

$$P_1$$

Ечилиши

$$1. \text{ Қайнатгичдан ўтаётган электр токининг иши: } A = P \cdot t = 200 \cdot 300 = 6 \cdot 10^4 \text{ Ж}$$

$$2. \text{ Сувнинг олган иссиқлик миқдори: } Q = mct = 0,15 \cdot 4200 \cdot 80 = 50400 \text{ Ж}$$

$$3. \text{ Бу жараёнда ҳавога чиқиб кетган иссиқлик миқдори: } Q_1 = A - Q = 9600 \text{ Ж} = 9,6 \text{ кЖ};$$

Жавоб: **9,6 кЖ.**

Ечилиши

$$1. R \text{ қаршилик ўзгармас кучланиш манбаига уланган бўлса, } R \text{ қаршиликда ажралган қувват } P_1 = \frac{U^2}{R}$$

$$2. R \text{ қаршиликка } 2R \text{ қаршилик кетма-кет уланган бўлса, ток кучи бир хил бўлади. У ҳолда } I = \frac{U}{3R}$$

$R$  қаршиликдаги кучланиш:

$$U_1 = I \cdot R = \frac{U}{3R} R = \frac{U}{3}$$

$R$  қаршиликдаги ажралган қувват

$$P_2 = \frac{U_1^2}{R} = \frac{U^2}{2R}$$

(1) Ва (2) ни ҳисобга олиб қувват 9 марта камайганлигини топамиз:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{9}$$

Жавоб: 9 марта

5.  $q_1 = -2 \text{ мкКл}$  ва  $q_2 = 4 \text{ мкКл}$  бўлган нуқтавий зарядлар орасидаги масофа 2 см. Шу зарядларнинг ўртасидаги  $q_3 = -1 \text{ мкКл}$  бўлган заряд қандай тезланиш олади ( $\frac{m}{c^2}$ )? (Учинчи заряднинг массаси 6 мг.)

Берилган  
 $q_1 = -2 \text{ мкКл}$   
 $q_2 = 4 \text{ мкКл}$   
 $r = 2 \text{ см}$   
 $m = 6 \text{ мг}$   
 $a = ?$

Ечилиши

1.  $q_1$  ва  $q_2$  зарядлар орасидаги ўзаро итариш кучи Кулон қонунига мувофиқ топилади:

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 4k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

2.  $q_2$  ва  $q_3$  зарядлар орасидаги ўзаро тортишиш кучи:

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = k \frac{4q_1 q_2}{r^2}$$

3. Натижаловчи куч:

$$F = F_1 + F_2 = 4k \frac{q_1 q_2}{r^2} + 4k \frac{q_3}{r^2} q_2 = \frac{4k q_2}{r^2} (q_1 + q_3).$$

4.  $m_2$  массали  $q_3$  заряд  $F$  куч таъсирида олган тезланишни топамиз:

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{4k q_2}{r^2 m} (q_1 + q_2) = 12 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Жавоб:  $12 \cdot 10^7$

6. Вагон кетма-кет уланган 10 та лампочка билан ёритилади. Агар вагонни 8 та лампочка билан ёритиладиган қилинса, электр энергия сарфи қандай бўлади?

Берилган

$$N_2 = 8$$

$$N_1 = 10$$

$$J_1 = \frac{U}{10R}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = ?$$

Ечилиши

1. 10 та лампочка кетма-кет уланган бўлса, лампочкаларнинг ёниш қуввати

$$P_1 = J_1^2 \cdot 10R = \frac{U^2}{100R^2} = \frac{U^2}{100R}$$

10 та лампочка кетма-кет уланган бўлса,  $J_2 = \frac{U}{8R}$  лампочкаларнинг ёниш қуввати

$$P_2 = J_2^2 \cdot 8R = \frac{U^2}{64R^2} = \frac{U^2}{64R}$$

3. Булардан:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{100}{64}; \quad P_2 > P_1$$

Демак, электр энергия сарфи ортади.

Жавоб: ортади

## Мустақил таълим ва мустақил ишлар учун мавзулар

Мустақил таълимдан кўзланган мақсад ва вазифалар – бу талабалардан мустақил билим олиш кўникмаларини шакллантиришдан иборат. Мустақил таълим лаборатория машғулотларига тайёргарлик кўришдан ташқари фан дастурида кўрсатилмаган, аммо фан бўйича талабанинг билим доирасини кэнгайтирувчи кўшимча мавзулар доирасида берилган отопшириқларни бажаришни ўз ичига олади.

Мустақил таълим учун тавсия этиладиган мавзулар:

1. Электр майдонини ўрганиш.
2. Қаршилиқларни ўрганиш.
3. Қаршилиқларни ўлчаш усуллари.
4. Ярим ўтказгичларни ҳалқ хўжалигига қўлланилиши.
5. Хар хил муҳитларда электр токи.
6. Электролиз қонунлари.
7. Электр юрутувчи куч, токнинг иссиқлик таъсири.
8. Магнит майдонини ўрганиш.
9. Био-Савар-Лаплас қонунини ўрганиш.
10. Электр тебранишлар. Тебраниш даври. Частотаси.
11. Ўзгарувчан ток занжирида қаршилиқ сиғим ва индуктивлик

## Тест топшириқларидан намуналар

### ТЕСТЛАР

**1. Физикавий ўлчашларнинг турлари қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*Бевосита, билвосита

Бевосита, тахминан

Эҳтимолий, бевосита, билвосита

Билвосита, эҳтимолий

**2. Жумлани тўлдириг: Бевосита ўлчашларда ўлчаётган физикавий катталиқ тўғридан-тўғри .....билан ёки тегишли бирликларда даражалардан ўлчаш асбоблари билан солиштирилди**

\*Эталон

Аниқли катта асбоб

Жадвал

Жадвал ва аниқлиги катта асбоб

**3. Тажрибаларда физикавий катталиқни аниқлаш учун бажариладиган операциялар кетма-кетлиги қайси жавобда тўғри?**

\*Асбобларни ўрнатиш ва текшириш, асбобларнинг кўрсатишини кузатиш ва ёзиб олиш, аниқланиши керак бўлган физикавий катталиқни ҳисоблаш, хатоликларни ҳисоблаш.

Асбобларни ўрнатиш, аниқланиши керак бўлган физикавий катталиқни ҳисоблаш, хатоликларни ҳисоблаш.

Асбобларни ўрнатиш ва текшириш, асбобларини кўрсатишини ёзиб олиш ва физикавий катталиқни ҳисоблаш, хатоликларни ҳисоблаш.

Асбобларнинг кўрсатишини ёзиб олиш ва аниқланадиган физикавий катталиқни ҳисоблаш, хатоликларни ҳисоблаш.

**4. Жумлани тўлдириг: Физикавий катталиқни ..... катта аниқликда ўлчаш мумкин эмас.**

\*Асбоб аниқлигидан

Инсон мияси имкониятларидан,

Асбобнинг ўртача хатолигидан,

Эталон асбобнинг кўрсатишидан.

**5. Жумлани тўлдириг: Физикавий ўлчашларда ..... туфайли катталиқнинг тақрибий қиймати аниқланади.**

\*Сезги органларимизнинг табиий ҳолда хатоликка йўл қўйиши ва ўлчов асбобларнинг мукаллашмаганлиги

Сезги органларимизнинг мукаллашмагани ва ўлчов асбобларининг табиий ҳолда хатоликларга йўл қўйиши

Ўлчов асбобларининг мукаллашмагани

Фақат сезги органларимизнинг камчилиги

**6. Асбобнинг аниқлиги асбобнинг нимаси орқали берилади ва нимада кўрсатилган бўлади.**

Класси, паспортида

Нави, паспортида

Класси, лаборатория иши йўриқномасида

Класси, дарслик ва ўқув йўлланмаларида

**7. Хатоликларнинг икки тури қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*Системалик, тасодифий

Системалик, носистемалик

Тасодифий, эҳтимолий

Тасодифий, тақрибий

**8. Қайси хатолик ҳамма вақт мавжуд бўлади?**

\*Системалик

Тасодифий

Ҳар иккаласи ҳам.

Носистемалик

**9. Системалик хатоликлар деганда қандай хатоликлар тушунилади?**

\*Асбобни нотўғри ўрнатиши ва ўлчаш методининг нотўғри танланганидан

Асбобни нотўғри ўрнатилишидан

Асбобни нотўғри танланганидан

Таҷрибани ўтказувчининг таҷрибасизлигидан.

**10. Тасодифий хатоликлар деганда нимани тушуниш керак?**

\*Олдиндан ҳисобга олиниши қийин бўлган ва ҳар бир ўлчашда таъсири ҳар хил бўлган тасодифий сабабларга кўра юз берадиган хатоликлар.

Олдиндан ҳисобга олиниши мўлжалланган, лекин таҷриба давомида ҳисобга олинмаган сабабларга кўра юз берадиган хатоликлар

Умуман кутилмаган сабабларга асосан юз берадиган сабабларга кўра юз бўладиган хатоликлар

Таҷриба ўтказувчининг қўпол ўлчовлари орқали юз берадиган хатоликлар.

### 11. Айрим ўлчашнинг абсолют хатолиги нима?

\*Ўлчаш пайтида топилган қийматнинг ўртача қийматдан фарқи  
Ўлчаш пайтида топилган қийматнинг ўртача қийматга кўшилгани  
Айрим ўлчашда топилган қийматнинг ўртача қийматга нисбати  
Ўлчаш пайтида топилган қийматни жадваллардаги қийматлардан фарқи

### 12. Тажриба давомида топилган физик катталиқнинг ўртача қиймати, қайси формула орқали аниқланади. $x_1, x_2, x_3$ – аниқланган физик катталиқларнинг қийматлари.

$$*\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} ;$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3}{x_1 + x_2 + x_3} ;$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 x_2 x_3}{x_1 - x_2 - x_3}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3}{3} .$$

### 13. Нисбий хатоликни аниқлаш қайси жавобда тўғри кўрсатилган? $x$ - катталиқнинг ўртача қиймати; $\overline{\Delta x}$ - абсолют хатоликнинг ўртача қиймати.

$$*\varepsilon = \frac{\overline{\Delta x}}{x}$$

$$\varepsilon = \overline{\Delta x} \cdot x$$

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta x} + x}{x}$$

$$\varepsilon = \frac{x - \overline{\Delta x}}{x}$$

### 14. Лаборатория ишини бажаришга киришишдан олдин энг аввало нимани билиш керак?

\*Техника хавфсизлиги қоидаларини  
Асбоблар ўлчаш чэгарасини  
Ишнинг назарий асосларини  
Тажриба натижаларини ҳисоблаш

### 15. Лаборатория хонасида кимнидир ток уриш хавфи туғилиб қолганида энг аввало нима қилиш керак?

\*Шитдан ёки калитдан токни узиш, умуман кишини токдан ажратиш  
Одамни кўлидан тортиб токдан ажратиш.  
Одамни бир қисмини тупроққа кўмиб туриш.  
Одамни сунъий нафас олдириш

## **16. Штангенциркул нима?**

\*Жуда катта аниқлик талаб қилинмайдиган узунликларни ўлчашда ишлатиладиган ноциусли асбоб

Ўлчами 1 мм дан ошмайдиган жисмларни ҳажмини ўлчашда ишлатиладиган асбоб

Симларни диаметри ва кўндаланг кесимни ўлчашдагина ишлатадиган кониусли асбоб

Линзаларнинг фокус масофасини аниқлашда ишлатиладиган асбоб

## **17. Микрометр – бу ..... асбобдир.**

\*Кичик жисмларнинг чизиқли ўлчамларини катта аниқлик билан ўлчашда ишлатилувчи ноциусли

Катта жисмларнинг чизиқли ўлчамларини катта аниқликда ўлчашда ишлатиладиган ноциусли

Ковак ёки тешикларнинг диаметрини аниқлашда ишлатилувчи

Кичик жисмларнинг чизиқли ўлчамлари ва массасини тўғридан-тўғри ўлчовчи

## **18. Тарози нима учун хизмат қилади?**

\*Икки жисм массаси ёки оғирлигини таққослаш учун.

Икки жисм массаларининг нисбатини аниқлаш учун

Жисмларга ер томонидан қўйилган тортиш кучи босимни аниқлаш учун .

Тезланишли системаларда масса ўзгаришини ўлчаш учун.

## **19. Тарозининг сезгирлиги деб ..... га айтилади?**

\*Паллаларидан бирига бир бирлик (одатда, 1 мг) қўшимча юк қўйилган стрелканинг қандай бурчакка оғиши билан характерланадиган катталikka Паллаларнинг ҳар иккаласига бир хил юк қўйилганда тарози стрелкасининг буралиши бурчагига

Паллаларини мувозанатлаш учун бир паллага ташланган тош миқдорига

Шкаласининг бир бўлагини қийматига

## **20. Пикнометр асбоби нима учун хизмат қилади?**

\*Суюқликлар ва қаттиқ жисмларнинг зичлигини ўлчаш

Суюқликларнинг сирт таранглик коэффицентини аниқлаш

Суюқликларнинг ёпишқоқлик коэффицентини аниқлаш

Қаттиқ жисмларнинг иссиқлик сиғимини аниқлаш

## **21. Пикнометр нима?**

\*Ҳажми сиртига  $см^3$  ёки  $мм^3$  ларда ёзиб қўйилган, температура ўзгариши билан ҳажми деярли ўзгармайдиган турли шаклда ясалган шиша идиш.

Температура ўзгаришига қараб ҳажми ҳам мос равишда ўзгариб турадиган, сиртига ҳажми  $\text{мм}^3$  ларда ёзиб қўйилган шиша колбача Ичига солинган суюқликни ҳароратини бир хилда тутиб турувчи кичик ҳажмли шиша идиш.

Сиртида шкалалар чизилган ва суюқликлар ҳажмини ўлчовчи шиша идиш.

**22. Психрометрнинг асосий қисми нималардан ташкил топган?**

\*Курук ва «хул» термометрлардан

Термометр ва бораметрдан

Иккита термоэлементдан

Иккита фотоэлементдан

**23. Жавобларнинг қайси бирида суюқликлар иссиқлик сизимларининг ортиб бориш тартибида тугри курсатилган?**

\*Спирт, керосин, глицерин, сув

Сув, спирт, керосин, глицерин

Керосин, спирт, глицерин, сув

Глицерин, сув, спирт, керосин

**24. Гидростатик тортиш усулида жисмни зичлигини аниқлаш қайси қонунга асосланган?**

\*Архимед

Паскаль

Тероселли

Моментларнинг тенглашуви

**25. Нормал шароит деганда нима тушунилади?**

\*Атмосфера ҳавосининг босими 760 ммнд ва температураси  $0^\circ\text{C}$  бўлган шароит

Атмосфера ҳавосининг босими 760 ммнд ва температураси  $20^\circ\text{C}$  бўлган шароит

Ҳавонинг босими  $10^5$  Па ва ҳарорати  $36,7^\circ\text{C}$  бўлган шароит

Ҳавонинг босими 1 ммнд ва температураси  $0^\circ\text{C}$  бўлган шароит.

**26. Қаттиқ жисмнинг суюқликка ботирганда унинг нимаси ўзгаради?**

\*Оғирлиги

Массаси.

Ҳажми.

Массаси ва оғирлиги

**27. Жисмнинг зичлиги ва солиштирма оғирлиги географик кенгликлар бўйича ўзгарадими?**

\*Зичлик ўзгармайди, солиштирма оғирлик ўзгаради.

Зичлик ўзгаради, солиштирма оғирлик ўзгармайди



Зичлик ҳам солиштирма оғирлик ҳам ўзгармайди  
Зичлик ўзгармайди, солиштирма оғирлик нолга тенг бўлиб қолади.

**28. Дунёда биринчи бўлиб минераллар зичлигини аниқлаш усуллари ишлаб чиққан?**

\*Беруний  
Архимед  
Ньютон  
Демокрит.

**29. Атвуд машинаси нимани ўрганишга имкон беради?**

\* Жисмларнинг илгариланма ҳаракати кинематикаси ва динамикаси қонунларини  
Жисмларнинг фақат эркин тушиш қонунларини  
Жисмларнинг текис ҳаракати қонунларини  
Жисмларнинг айланма ҳаракати динамикаси қонунларини

**30. Атвуд машинасида текис тезланувчан ҳаракатнинг қонунлари ва Ньютоннинг иккинчи қонунини ..... мавжудлиги туфайли тахминан текшириш мумкин.**

\* Ишқаланиш  
Ипнинг таранглик кучи  
Кучнинг моменти  
Инерция моменти

**31. Трибометр асбоби нимани аниқлашга имкон беради?**

\*Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини  
Тинч ишқаланиш коэффициентини  
Думалаб ишқаланиш коэффициентини  
Сирпаниб ҳаракатланаётган жисмнинг реакция кучини

**32. Ички ишқаланиш нималарда юз беради?**

\*Суюқликлар ва газларда  
Қаттиқ жисмлар орасида  
Фақат газларда  
Фақат суюқликларда

**33. Ташқи ишқаланиш қаерда юз беради?**

\*Бир-бирига тегиб ҳаракатланувчи қаттиқ жисмлар орасида  
Ҳаво ва суюқликни эркин сирти орасида  
Оқаётган суюқлик қатламлари орасида  
Суюқлик ичида ҳаракатланаётган қаттиқ жисм сирти ва суюқлик орасида

**34. Жисмнинг зичлиги деганда нима тушунилади?**

\*Бирлик ҳажмга тўғри келувчи массаси

Бирлик ҳажмга тўғри келувчи оғирлиги

Жисм ҳажмнинг массага нисбати

Жисм оғирлигининг ҳажмга нисбати

**35. Қуйидаги жавобларнинг қайси бирида қаттиқ жисмлар зичликларининг ортиб бориши тартибида тўғри жойлаштирилган?**

\*Пўкак, муз, ош тузи, чинни, шиша, олмос

Пўкак, муз, шиша, чинни, ош тузи, олмос

Муз, пўкак, ош тузи, чинни, шиша, олмос

**36. Қуйидаги металлар ва қотишмаларнинг зичликни камайиб бориш тартибидаги рўйхати қайси жавобда тўғри?**

\*Платина, вольфрам, кўрғошин, пўлат, дур алюминий

Вольфрам, кўрғошин, платина, пўлат, дуралюминий

Кўрғошин, вольфрам, платина, пўлат, дуалюминий

Дуралюминий, вольфрам, кўрғошин, платина, пўлат

**37. Лаборатория ишларини бажаришда  $20^{\circ}$  температура шароитида ҳавонинг зичлиги учун қайси жавобдаги қийматини олиш тўғри бўлади  $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$ ?**

$\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$

\*1,205

1,293

0,946

$\approx 1$

**38. Қуйидаги жавобларнинг қайси бирида суюқликларнинг жами зичликни ортиб бориши тартибида тўғри жойлаштирилган?**

\*Спирт, канақунжит (кастор) мойи, сув, глицерин, симоб

Канақунжит мойи, спирт, сув, глицерин, симоб

Спирт, глицерин, сув, канақунжит мойи, симоб

**39. Сув қандай температурада энг кичик ҳажмини эгаллайди?**

\* $4^{\circ}\text{C}$

$0^{\circ}\text{C}$

273K

OK

**40. Металл билан металл орасидаги сирпаниш ишқаланиш коэффиценти қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*0,15 – 0,20

0,3 – 0,4

0  
0,4 – 0,6

**41. Ёғоч билан ёғоч орасидаги сирпаниш ишқаланиш коэффициенти қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*0,2 – 0,5  
0 – 0,1  
0,6 – 0,8  
0,7 – 0,75

**42. Муз билан муз орасидаги сирпаниш ишқаланиш коэффициенти қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*0,028  
0,05  
0,5  
0,1

**43. Пўлат шарнинг пўлат сиртда думалашадаги ишқаланиш коэффициенти қайси жавобда тўғри?**

\*  $5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$   
 $10^{-1} - 10^{-2}$   
 $10^{-3} - 10^{-1}$   
0

**44. Блокларнинг ф.и.к. қайси жавобда тўғри кўрсатилган(%)?**

\*94 – 98  
50 – 60  
65 – 75  
0

**45. Гидравлик прессларнинг ф.и.к. қайси жавобда тўғри кўрсатилган (%)?**

\*80 – 90  
70 – 80  
30 – 40  
0 – 10

**46. Катта ёшдаги одатдаги юриши давомида қандай қувват ҳосил қилади (Вт)?**

\*60 – 65  
10 – 20  
30 – 40  
150 – 200

**47. Атвуд машинасида электромагнит нима вазифани ўтайди?**

\*Блок орқали ўтказилган ип учларидаги юкларни бирини тутиб туриш ва ташрибани бошлашга имкон яратиш

Система ҳаракатини таъминлаш.

Очилган юкларни ҳаракатини секинлаштириш

Ипга осиб блок орқали ташланган юкларни эркин тушишини таъминлаш

**48. Математик маятник деб нимага айтилади?**

\*Ўзилмайдиган, вазни ҳисобга олинмайдиган ипга осилган моддий нуқтага

Ўзилмайдиган, вазнсиз, ипга осилган ҳар қандай жисмга

Айланиш ўқи оғирлик маркази орқали ўтмаган ихтиёрий массали жисмга

Иккита ипга осилган ўқли ғилдиракка

**49. Математик маятник ёрдамида ер тортиш кучи тезланишни аниқлаш учун қайси жавобдаги формула ўринли бўлади?**

$$* g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

$$g = \frac{2\pi^2 l}{T}$$

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T}$$

$$g = \frac{4\pi l}{T^2}$$

**50. Математик маятникнинг тебраниш даври қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

$$* T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 4\pi \sqrt{\frac{l^2}{g^2}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l^2}{g}}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi l}{g}}$$

**51. Ишқаланиш коэффициентини (м)аниқлашга имкон берувчи формула қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

$F_{\text{ишк}}$  - ишқаланиш кучи;  $N$  – нормал куч

$$* \mu = \frac{F_{\text{ишк}}}{N}$$

$$\mu = \frac{N}{F_{\text{ишк}}}$$

$$\mu = N \cdot F_{\text{ишк}}$$

$$\mu = N - 0,1F_{\text{ишк}}$$

### 52. Пўлат шарларнинг урилиши эластик урилишлар сирасига киради.

#### Чунки...

\*Урилишда энергия алмашинувчи деярли бўлмайди

Урилиш марказий урилишдир

Энергия алмашинуви рўй беради

Потенциал энергия кинетик энергияга айланади.

### 53. Физикада тўқнашиш икки ёки ундан кўпроқ жисмларни....

\*Жуда қисқа вақт ичидаги ўзаро таъсирдир

Бир-бировига бевосита келиб урилишидир

Бир-бировига киришишидир

Йўналишини ўзгартирмасдан бир-бировига келиб урилиши ҳамда сочилишидир

### 54. Шарларнинг урилиши марказий урилишидир, чунки ....

\*Урилиш таъсир чизиғи иккала шар марказини туташтирувчи чизиқ билан устма-уст тушади

Таъсир пайтида шарларнинг марказлари бирхил масофага силжийди.

Таъсир пайтида иккала шарларнинг марказлари ҳам ўз жойини ўзгартирмайди.

Шарлар тўқнашганидан сўнг ҳам дастлабки ҳаракат йўналишларини давом эттирадилар

### 55. Маховикли ғилдирак деганда нимани тушунилади?

\*Айланиш ўқиға эға бўлган оғир диск

Айланиш ўқи эркин бўлган ғилдирак

Ихтиёрий ўқ атрофида айланиши мумкин бўлган массив қаттиқ жисм

Айланиш ўқиға эға бўлган шар

### 56. Лаборатория ишида маховикли ғилдиракни инерция моменти қайси жавобда формула орқали топилади? $M$ – ғилдиракни массаси, $h_1, h_2$ – юкни тушиш ва кўтариш баландликлари, ҳаракат вақти.

$$* \gamma = mr^2 \left[ gt^2 \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1 \right]$$

$$\gamma = mr^2$$

$$\gamma = \frac{mr^2}{gt^2 \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1}$$

$$\gamma = \frac{1}{2}mr^2(h_1 - h_2)$$

**57. Обербекнинг хочсимон маятниги нимани ўрганишга имкон беради?**

\*Қаттиқ жисмлар айланма ҳаракати динамикаси қонунлари  
 Қаттиқ жисмлар илгариланма ҳаракати динамикаси қонунларини  
 Қаттиқ жисмлар тебранма ҳаркати динамикаси коэффиценти  
 Қаттиқ жисмни айланма ҳаракатида ..... тезланишини

**58. Айланма ҳаракат динамикасининг олий тенгламаси қайси жавобда тўғри кўрсатилган? М-куч momenti; У – инерциал momenti;  $\varepsilon$  - бурчак тезланиши m – масса v- тезлик**

\*  $M = Y\varepsilon$   
 $M = mr^2\omega$   
 $M = Y(\varepsilon + g)$   
 $M = m \cdot \frac{d\omega}{Y}$

**59. Обербекнинг хочсимон маятниги хочининг стерженлари бўйлаб марказдан узоқлашишида системанинг инерция momenti қандай ўзгаради?**

\*Ошади  
 Камаяди  
 Ўзгармайди  
 Нолга айланади

**60. Гироскоп деб нимага айтилади?**

\*Ўзининг симметрия ўқи атрофида тез айланадиган қаттиқ жисмга  
 Ўзининг симметрия ўқи атрофида тебраниб турувчи жисмга  
 Ўзининг симметрия ўқи атрофида мувозанатда турувчи жисмга  
 Оғир дискга эга ҳар қандай механизмга

**61. Гироскоплар нима учун хизмат қилади?**

\*Узувчи ва сузувчи аппаратларда тебранишларни камайтириб,  
 мувозанатни юзага келтириш учун  
 Узувчи аппаратларда кўтариш кучини ҳосил қилиш учун  
 Узувчи аппаратлар кўнишини таъминлаш  
 Сузувчи аппаратларни чўкмаслигини таъминлаш

**62. Эластиклик назариясида деформация деб ташқи кучлар таъсирида...**

\*Қаттиқ жисм зарраларининг нисбий жойлашувидаги ҳар қандай ўзгаришга айтилади

Қаттиқ жисмни ҳажмини ўзгаришига айтилади

Қаттиқ жисмни чизиқли ўлчамларини катталашувига ёки қисқаришига айтилади?

Қаттиқ жисм зарраларининг зичлашиб қолиши ҳодисасига айтилади.

**63. Пластиканинг эгилишидан эластиклик модулини ( $\varepsilon$ ) аниқлашда қайси формуладан фойдаланилади?**

$\rho$ -пластикага осилган юк оғирлиги,  $L$  – пластика қўйилган призмалар орасидаги масофа,  $a, b$  – мос равишда пластинканинг эни ва қалинлиги,  $\delta$  – пластинкани юк осилган нуқтасини дастлабки ва охири ҳолатлари орасидаги масофа

$$* E = \frac{PL^3}{4ab^3\delta}$$

$$E = \frac{P}{ab^3\delta}$$

$$E = \frac{PL^3}{4}$$

$$E = \frac{PL^2}{2ab^3\delta}$$

**64. Абсолют қаттиқ жисм деб .... га айтилади.**

\*Ташқи кучлари таъсирида деформацияга учрамайдиган жисмларга

Ташқи кучлар таъсири бўлганида ҳам ҳажмини сақлаб қоладиган жисмларга

Ташқи кучлар таъсир этганида ҳам ўз шаклини сақлаб қоладиган жисмларга

Ҳар қандай қаттиқ жисмларга

**65. Қуйидаги жавобларнинг қайси бири пўлат учун юнг модулидир (ГПа)**

\*200 – 220

70 – 80

100 – 120

110 – 130

**66. Физик маятник нима?**

\*Айланиш ўқи оғирлик марказидан ўтмаган ҳар қандай қаттиқ жисм

Айланиш ўқи оғирлик марказидан ўтган диск

Оғирлик маркази вақт ўтиши билан ўзгариб турувчи система

Чўзилмайдиган ипга очилган ҳар қандай қаттиқ жисм

**67. Физик маятникнинг кичик амплитуда билан тебранишида тебраниш даври (T) формуласи қайси жавобда тўғри кўрсатилган? L –**

келтирилган узунлик.  $M$  – маятник массаси  $a$  – маятникни оғирлик маркази билан айланиш ўқиға масофа

$$*T = \pi \sqrt{\frac{1}{Mga}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2n \sqrt{\frac{L}{\mu a}}$$

$$T = \sqrt{\frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}}}$$

### 68. Физик маятникнинг келтирилган узунлиги деб ...

\*Худди шундай давр билан тебранаётган математик маятникнинг узунлигига айтилади

Худди шундай частота билан тебранаётган математик маятникнинг узунлигига айтилади

Даврий частота бир хил бўлган математик маятник узунлигига айтилади

Шу маятникнинг дискининг радиусига тенг катталиққа айтилади

### 69. Штейнер теоремаси тегишли қайси формула ёрдамида айланиш ўқи оғирлик марказидан $a$ масофада жойлашган жисмнинг $Y$ инерция моменти аниёланади. $Y_0$ – айланиш ўқи оғирлик марказидан ўтган жисм учун инерция моменти. $M$ – жисм массаси.

$$*Y = Y_0 + ma^2$$

$$Y = Y_0 + ma$$

$$Y = \frac{Y_0}{Ma^2}$$

$$Y = Y_0 + \frac{Y_0}{Ma^2}$$

### 70. Оддий товушларнинг тебраниш частоталари интервали қайси жавобда тўғри кўрсатилган (Гц)

$$*20 - 20000$$

$$0 - 20$$

$$2 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^9$$

$$10^9 - 10^{13}$$

### 71. Гипертовушларнинг тебраниш частоталари интервали қайси жавобда тўғри кўрсатилган?

$$*10^9 - 10^{13}$$



$20 - 2 \cdot 10^4$

0-20

$2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^9$

**72. Товуш тўлқинлари спектри тартиби частотани камайиб бориши бўйича қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*Гипертовушлар, ултратовушлар, оддий товушлар, инфратовушлар  
Инфратовушлар, оддий товушлар, ултратовушлар, гипертовушлар  
Оддий товушлар, ултратовушлар, гипертовушлар, инфратовушлар  
Ултратовушлар, оддий товушлар, гипертовушлар, инфратовушлар

**73. Ултратовушлар частоталари интервали қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*  $2 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^9$

$\frac{0.2}{10^9} \cdot 10^{13}$

$20 - 2 \cdot 10^4$

**74.  $20^\circ\text{C}$  температурали ҳавода товушнинг тарқалиш тезлиги қанча (м/с)?**

\*343,1

331,5

360

$3 \cdot 10^8$

**75. Товушнинг тарқалиш тезлиги камайиб бориш тартибида ёзилган жавоблардан тўғриси кўрсатинг**

\*қаттиқ жисмларда, суюқликларда, газларда  
Қаттиқ жисмларда, газларда, суюқликларда  
Суюқликларда, газларда, қаттиқ жисмларда  
Газларда, суюқликларда, қаттиқ жисмларда

**76. Лаборатория қурилмаларида товуш ҳосил қилиб берувчи манбалар номини кўрсатинг**

\*Камертон, товуш генератори  
Метроном, товуш генератори  
Частомер, камертон  
Частомер, товуш генератори

**77. Азот, кислород, сув молекулаларининг диаметрлари тартиби қайси жавобда тўғри кўрсатилган? (нм)**

\*0,30

0,50

1

2,3

**78. Водород ва кислород молекулаларининг нормал шароитда харакат тезликлари кайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*1693,425

425,1693

340,340

$3 \cdot 10^8, 3 \cdot 10^8$

**79. Хаво молекуласининг нормал атмосфера босими ва  $20^{\circ}\text{C}$  харорат шароити уртача эркин югуриш йули канча? (нм)**

62

0

30

50

**80. Психрометрнинг асосий кисми нималардан ташкил топган?**

\*Курук ва «хул» термометрлардан

Термометр ва бораметрдан

Иккита термоэлементдан

Иккита фотоэлементдан

**81. Жавобларнинг кайси бирида суюкликлар иссиклик сигимларининг ортиб бориш тартибида тугри курсатилган?**

\*Спирт, керосин, глицерин, сув

Сув, спирт, керосин, глицерин

Керосин, спирт, глицерин, сув

Глицерин, сув, спирт, керосин

**82. Жавобларнинг кайси бирида алюминийнинг солиштирма иссиклик сигимига мос келувчи ракам мавжуд?(кж/м.К)**

\*0,15; 0,92;0,46

0,15;0,46;0,54

0,15;0,46;0,13

0,54;0,46;0,13

**84. Темирнинг чизикли кенгайиш термик коэффиценти кайси жавобда тугри курсатилган? (1/К)**

\* $2 \cdot 10^{-6}$

23

14

2,4

**85. Сув учун ҳажм кенгайиш коэффициентини миқдори қайси жавобда тўғри кўрсатилган?(1\К)**

\* $2 \cdot 10^{-6}$

$2 \cdot 10^{-3}$

$2 \cdot 10^{-5}$

$2 \cdot 10^{-8}$

**86. Сув учун солиштирма буғланиш иссиқлиги (кж\кг) нормал шароит учун қайси жавобда тўғри кўрсатилган?**

\*2500

2256

0

2453

**87. Қайси жавобда суюқликларнинг номлари сирт таранглик коэффициентини ортиб бориши тартибида жойлаштирилган?**

\*эфир, спирт, керосин, глицерин, сув, симоб

Спирт,эфир, керосин, глицерин, сув, симоб

Керосин, эфир, спирт, глицерин, сув, симоб

Симоб, глицерин, эфир, спирт, сув, керосин

**88. Эритманинг сирт таранглик коэффициентини эритма концентрацияси ва температурасига боғлиқлигини аниқлаш учун қандай усулдан фойдаланиш энг кам хатолик билан ишни бажаришга имкон беради?**

\*Ребиндор

Стокс

Томчи

Халқанинг узулиши

**89. Шудринг нуқтаси деб нимага айтилади ва шу нуқтани топишга асосланган асбобнинг номи қайси жабовда тўғри кўрсатилган?**

\*Ҳаводаги сув буғи тўйинадигандаги температурага, гигрометр

Ҳаводаги сув буғи қолмайдиган температурага, гигрометр

Ҳаводаги сув буғи совутилаётган бирор сиртга ўтириб конденсациялана бошлайдигандаги температурага,психрометр

Ҳаводаги сув буғи тўйина бошлагандаги температурага, психрометр

**90. Одам ўзини нормал ҳис этиши учун ҳавонинг нисбий намлиғиқандай бўлиши керак? (%)**

\*40-60

0-10

20-30

80-90

**91. Газ босимининг термик коэффициентини аниқлаш буйича лаборатория ишида ишлатиладиган асбобнинг асосий қисмлари нималардан иборат?**

\*Газ термометри, кенг металл идиш, қайнатилган асбоб, иккита термометр  
Газ термометри, иккита прихрометр, колба  
Газ термометри, иккита гигрометр, колба  
Газ термометри, термоэлемент, вискозиметр

**92. Ҳавонинг абсолют намлиги деганда нимани тушуниш керак?**

\* $1\text{м}^3$  ҳаводаги сув буғининг граммлар билан ҳисобланадиган миқдорига  $1\text{м}^3$  ҳаводаги сув буғи миқдорини ҳавонинг зичлигига нисбатини  
Ҳаво таркибидаги сув буғи миқдорини ҳаво массасига нисбатини  
Ҳавонинг берилган температурадаги зичлигини  $0^\circ\text{C}$  температурадаги зичлигига нисбатини

**93. Капилляр вискозиметр асбоби нима мақсадда ишлатилади?**

\*Суюқликларнинг ички ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун  
Суюқликларнинг сирт таранглик коэффициентини аниқлаш учун  
Суюқликларнинг капилляр найчалар буйлаб оқиш тезлиги аниқлаш учун  
Суюқликларнинг капилляр найчалар буйлаб кўтарилиш баландлигини аниқлаш учун

**94. Жумлани тўлдириг: Браун зарраси бу ўлчамлари (диаметри)..... тартибида бўлган зарралардир.**

\* $10^{-5}\text{см}$   
 $10^{-3}\text{см}$   
2-3см  
 $10^{-8}\text{см}$

**95. Лаборатория иши бажарилганда сувнинг сирт таранглик коэффициенти  $0^\circ\text{C}$  температура шароитида  $65,6\text{ мН/м}$  бўлиб чиқди.Тажрибада олинган натижада жадвалдагига нисбатан қандай абсолют хатоликка йўл қўйилган?**

\* $10\text{мН/м}$  кам  
 $10\text{мН/м}$  кўп  
Хатога йўл қўйилмаган  
 $5\text{ н/м}$  кўп

**96. Сувнинг сирт таранглик коэффициенти температурасининг ортиши билан қандай ўзгаради?**

\*камаяди  
Ортади

Ўзгармайди  
50<sup>0</sup>С гача ортади, сўнгра камаяди

**97. Стокс усулида суюқликнинг ички ишқаланиш коэффициентини аниқлашда суюқликка кичик металл шарчалар ташланади. Шарчанинг радиусини қандай асбоб ёрдамида аниқлаш мумкин?**

\*Микрометр

Микроскоп

Штангенциркуль

Сферометр

**98. Аралаштириш усули билан қаттиқ жисмларнинг солиштирма иссиқлик сиғими аниқланади. Тажриба давомида темир, жез ва алюминий намуналаридан фойдаланилади, тажрибада қаттиқ жисмларнинг қайси бирини солиштирма иссиқлик сиғими энг катта бўлиб чиқади.**

\*алюминий

Темир

Жез

Ҳаммасиники бир хил

**99. Молекуляр физикадан баъзи лаборатория ишларини бажаришда хонадаги ҳавонинг босимини билишга тўғри келади. Шунда қайси асбобдан фойдаланилади?**

\*барометр

Бурдон манометри

Тирсакли манометр

Бурдон манометри Тирсакли манометр

**100. Металларнинг чизикли кенгайиш коэффициентини аниқлашда шу металл стержени қайнаб турган сув ичида тутиб турилиши керак. Нима сабабдан?**

\*қайнаб турган сувнинг температураси ўзгармас бўлади

Жисмларнинг солиштирма иссиқлик сиғимини фақат сувни қайнаш температураси шароитидаги ўлчаш мумкин

Солиштирма иссиқлик сиғими фақат сувни қайнаш температурасида ҳақиқий чиқади

Сувнинг қайнаш температурасида жисм энг катта миқдорга чўзилади

## ХУЛОСА

Бугунги кунга келиб физика ўқитиш системаси умумий ҳолда жуда яхши ўрганилган, унинг турли хил классификациялари таклиф қилинган, ўқув машғулотларини ўтказиш методининг умумий ва хусусий шакллари, айниқса ўқувчилар мустақил таълимини ташкил қилиш шартлари аниқланган. Физика ўқитувчиси олдида қўйиладиган талаб фаолият давомида турли педагогик методларни ўз жойида оқилона фойдаланиш ва шиддат билан ривожланиб келаётган физика фани ютуқларини ўқув жараёнига олиб кириш учун инновацион педагогик технологиялар ва ахборот коммуникацион технологияларни, шунингдек чет тилларини яхши ўзлаштиришдан иборат бўлиши керак. Бу эса касбий билим ва малакаларни мунтазам ошириб боришни талаб қилади.

Касбий билим ва малакаларни оширишда турли манбалардан фойдаланиш зарур.

Фан ўқитувчисининг илмий-педагогик фаолиятини баҳоловчи энг муҳим кўрсаткич бу - ўқувчи ўзлаштирган билимлар ҳажми ва уларни амалда қўллай билиш малакаси миқдори билан ўлчанади. Бу ўлчов(мезон)-ўқувчининг аъло баҳоси ёки фан олимпиадалари ва танловларда ғолиблиги, янги билимлар асосида мақола ёки таклифлар ва хулосалар чиқариши, физикавий асбоб-ускуналар яратиш бўйича лойиҳалар таклиф қилиши каби ютуқлар билан ифодаланади.

## Физик катталиклар

### 1. Электронларнинг металлар ва қотишмалардан чиқиш иши, эВ.

Волфрам .....	4,5	Кумуш .....	4,74
W+СБ .....	1,6	Литий .....	2,4
W+Тх .....	2,63	Натрий .....	2,3
Pt + СБ .....	1,40	Калий .....	2,0
Платина .....	5,3	Сезий .....	1,9

### 3. Асосий физик доимийлар

Физик катталиклар	Сон қиймати
Гравитацион доимий	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м/кг
1 молдаги молекулалар сони Авагадро сони	$6,02 \cdot 10^{22}$ мол-1
Нормал шароитларда 1 кмол идеал газнинг моляр ҳажми В	$22,4 \cdot 10^{-3}$ м <sup>3</sup> /мол
Универсал газ доимийси, Р	8,31 Ж/(мол·К)
Больцман доимийси, К	$1,38 \cdot 10^{-29}$ Ж/К
Фарадей сони, Ф	$9,65 \cdot 10^4$ Кл/мол
Стефан-Больцман доимийси	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К) <sup>4</sup>
Планк доимийси	$6,62 \cdot 10^{-34}$ ж/с
Электроннинг заряди, э	$1,6 \cdot 10^{-19}$ кл
Электроннинг тинч ҳолатдаги массаси	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг = $5,49 \cdot 10^{-4}$ м.а.б.
Протоннинг тинч ҳолатдаги массаси	$1,672 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00759 м.а.б.
Нейтроннинг тинч ҳолатдаги массаси	$1,675 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00899 м.а.б.
Ёруғликнинг вакуумга тарқалиш тезлиги	$3 \cdot 10^8$ м/с

## Фойдаланилган адабиётлар

### Foydalanilgan asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

### Асосий адабиётлар

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Умумий физика курси. Молекуляр физика. Ўқитувчи, Тошкент-2004
2. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. М., Физ-матлит. 2003, 575 стр.
3. Karabayeva M.A. Molelulyar fizika. Toshkent. Universitet-2014. 298 bet.
4. Волькенштейн В.С. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Ўқитувчи. Тошкент-1969, 464 бет.
5. Чертов А., Воробьев А. Физикадан масалалар тўплами. Ўзбекистон. Тошкент-1997, 496 бет.
6. Physics for Scientists and Engineers.Sixth edition.Paul A.Tipler.Gene Mosca 2008.

### Qo'shimcha adabiyotlar.

7. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон демократик Ўзбекистон давлатини бирга барпо этамиз. Тошкент .Ўзбекистон-2016 й .56 бет.
8. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан қурамиз. Тошкент .Ўзбекистон-2017 й .488 бет.
9. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш ва тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Тошкент. “Ўзбекистон”-2017 й . бет.
10. Мирзиёев Ш.М. Танқидий таҳлил қатъий тартиб интизом ва шахсий жавобгар хар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қонидаси бўлиши керак. Тошкент. “Ўзбекистон”-2017 йил. 104 бет.
11. Рейф Ф. Статистическая физика. М., Наука 1977, 351 бет.
12. Ахмаджонов О. Механика ва молекуляр физика. Ўқитувчи. Т-1985, 287 бет.
13. Киттель Ч. Элементарная статистическая физика. ИЛ 1980.
14. Матвеев А.Н. Молекулярная физика М., Высшая школа, 1987, 360 стр.
15. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., Наука, 1979, 416 стр.
16. Гурьев Л.Г., Кортнев А.В и др. Сборник задач по общему курсу физики. М., Высшая школа, 1972, 432 стр.
17. Зайдель И. Элементарные оценки ошибок измерений. М., 1959.
18. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1965, 298 стр.
19. Абдуллаев Р.М., Хамиджонов И, Карабаева М.А. «Молекуляр физика», Университет Т- 2003, 121 бет.
20. Абдуллаев Р.М., Сатторов Х М. «Молекулярная физика» Общий физический практикум. Университет, Т-2004, 102 с
21. Турғунов Т. Амалий физика. Ўзбекистон. Т-2003, 477б.
22. Усманов Т. Физика тарихидан методик қўлланма. Т-2003.
23. Abdullayev R.M., Sattarov H.M., Tutsunmetov K.A. Umumiy fizika kursidan praktikum. Molekulyar fizika. T-2008.
24. Назиров Э.Н. ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практика. Ўзбекистон. Тошкент-2001.



### **Интернет сайтлар:**

25. <http://physics.mipt.ru/SII> MetodTD)
26. <http://lib.mipt.ru/> Электронная библиотека Московского физико-технического университета.
27. <http://www.ph4s.ru/>
28. <http://www.lib.berkeley.edu/node>