

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

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ
ОШИРИШ ТАРМОҚ(МИНТАҚАВИЙ) МАРКАЗИ**

**“ЗАМОНАВИЙ ФИЗИКАВИЙ КИМЁ”
модули бўйича
Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А**

Тошкент – 2019

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР	3
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ	13
III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ.....	17
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	35
V. КЎЧМА МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	48
VI. ГЛОССАРИЙ	60
VII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	65

I. ИШЧИ ДАСТУР

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ (МИНТАҚАВИЙ) МАРКАЗИ



“ЗАМОНАВИЙ ФИЗИКАВИЙ КИМЁ” МОДУЛИ БЎЙИЧА

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш курси йўналиши: Кимё

Тингловчилар контингенти: Олий таълим муассасаларининг
профессор-ўқитувчилари

Тошкент – 2019

Мазкур ишчи дастур Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2019 йилнинг 2 ноябрдаги 1023 - сонли буйруғи билан тасдиқланган намунавий ўқув режа ва дастур асосида ишлаб чиқилган

Тузувчилар:

проф. Х.И.Ақбаров
к.ф.д. Н.Т. Каттаев

Такризчи:

проф. З.А.Сманова

Ишчи ўқув дастур ЎзМУ нинг Кенгашининг 2019 йил 29 августдаги 1 - сонли қарори билан нашрга тавсия қилинган

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ–2909-сонли қарори ҳамда 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789 – сонли Фармонида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш, соҳага оид илғор хорижий тажрибалар, янги билим ва малакаларни ўзлаштириш, шунингдек амалиётга жорий этиш кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади.

Жамият тараққиёти нафақат мамлакат иқтисодий салоҳиятининг юксаклиги билан, балки бу салоҳият ҳар бир инсоннинг камол топиши ва уйғун ривожланишига қанчалик йўналтирилганлиги, инновацияларни тадбиқ этилганлиги билан ҳам ўлчанади. Демак, таълим тизими самарадорлигини ошириш, педагогларни замонавий билим ҳамда амалий кўникма ва малакалар билан қуроллантириш, чет эл илғор тажрибаларини ўрганиш ва таълим амалиётига тадбиқ этиш бугунги куннинг долзарб вазифасидир.

Ушбу дастурда физикавий, коллоид ва полимерлар кимёсининг замонавий зарур жабҳаларидаги ютуқлар баён этилган. Бугунги кунда олий таълим муассасаларида илмий ишларни энг замонавий даражада олиб бориш, талабаларни ҳам охирги ютуқлар доирасида ўргатиб бориш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Замонавий физикавий кимё” модулининг мақсади ва вазифалари:

- педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курси тингловчиларини физикавий, коллоид ва полимерлар кимёси ҳақидаги билимларини такомиллаштириш, назарий таҳлил ва физикавий тадқиқот услубларини амалда қўллаш, шунингдек, уларда физикавий, коллоид ва полимерлар кимёси тўғрисида кўникма ва малакаларини таркиб топтириш, физикавий ва коллоид кимё соҳасидаги замонавий ҳолат билан таниш бўлиш, тингловчиларда назарий таҳлил ва физикавий тадқиқот услубларини амалда қўллаш кўникмаси ва малакаларини шакллантириш, физикавий, коллоид ва полимерлар кимёси соҳасида ўқув-лаборатория услубиятлари ишлаб чиқиш ва амалиётга татбиқ этишга ўргатиш.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Замонавий физикавий кимё” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- кимё соҳаси бўйича Республикада илмий-тадқиқот ишларини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари ва уларнинг моҳияти;
- янги инновацион ва педагогик технологияларни ва уларнинг халқаро қиёсий таҳлили;
- кимё соҳасига оид янги назарий қарашлар ва концепцияларни, илмий натижалар, илмий адабиётлар ёки илмий-тадқиқот лойиҳаларини таҳлил қилиши;
- ўтказиладиган илмий-тадқиқот лойиҳалари мавзуси бўйича моделлар, алгоритмлар, методларни тадқиқ қилиши ва ишлаб чиқиши;
- илмий-техникавий ҳисоботлар тузиш, тадқиқотлар мавзуси бўйича илмий шарҳларни ишлаб чиқиш, реферат ва библиографияларни тузиш ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

Тингловчи:

- ўқув фанларини ўқитиш методикасини эгаллаши;
- кимё ва кимёвий технология соҳасида ахборот технологиялари ёрдамида мустақил равишда янги билим ва амалий кўникмаларни эгаллаши ҳамда улардан амалий фойдалана олиш қобилиятига эга бўлиши;
- ўзининг интеллектуал ва умуммаданий даражасини такомиллаштириш қобилиятига эга бўлиши ва ўз шахсининг маънавий ва жисмоний такомиллашишига эришиши;
- замонавий ахборот ва педагогик технологиялардан фойдаланиб, ноанъанавий ўқув машғулотларини ўтказиш **кўникма ва малакаларини эгаллаши;**

Тингловчи:

- кимё соҳасида касбий фаолият юритиш учун зарур бўлган билим, кўникма, малака ва шахсий сифатларга эга бўлиши;
- илмий-тадқиқотда инновацион фаолият;
- консалтинг хизмати фаолиятини бошқара олиши;
- мулоқотга киришиш ва мустақил фаолиятни ташкил этиш юзасидан **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Замонавий физикавий кимё” модули маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий услублари, ахборот-мулоқот технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида тақдирот ва электрон-дидактик технологиялардан;
- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар

билан ишлаш ва бошқа интерфаол таълим усуллари кўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Замонавий физикавий кимё” модули ўқув режадаги биринчи блок ва мутахассислик фанларининг барча соҳалари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг умумий тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар таълим жараёнини ташкил этишда технологик ёндашув асосларини ва бу борадаги илғор тажрибани ўрганадилар, уларни таҳлил этиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

“Замонавий физикавий кимё” Модул бўйича соатлар тақсимооти

№	Мавзу номи	Жами аудитория соати	Аудитория		
			Назарий	Амалий	Қўчма
1.	Термодинамика қонунлари	2	2		
2.	Термодинамик потенциаллар ва характеристик функциялар	2	2		
3.	Термодинамика қонунларидан келиб чиқадиган муносабатларни амалий ва назарий мақсадлар учун қўллаш усуллари	2		2	
4.	Гесс ва Кирхгофф қонунлари бўйича кимёвий реакциянинг иссиқлик эффектини ҳисоблаш ва унга температура таъсирини ўрганиш	2		2	
5.	Эритмаларнинг ҳосил бўлиш иссиқликларини ўлчаш (калориметрия)	4			4
6.	Эритмаларнинг коллигатив хоссалари (криоскопис усул)	2			2
	Жами	14	4	4	6

НАЗАРИЙ ВА АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Термодинамика қонунлари

2-мавзу: Термодинамик потенциаллар ва характеристик функциялар

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот

Термодинамика қонунларидан келиб чиқадиган муносабатларни амалий ва назарий мақсадлар учун қўллаш усуллари.

2-амалий машғулот

Гесс ва Кирхгофф қонунлари бўйича кимёвий реакциянинг иссиқлик эффектини ҳисоблаш ва унга температура таъсирини ўрганиш

КЎЧМА МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

Кўчма машғулотлар модул соҳаси бўйича етакчи олий таълим кафедралари ва илмий-тадқиқот муассасалари лабораториялари ҳамда ишлаб чиқариш корхоналари бўлимларида ташкил этилади. Мазкур машғулотлар соҳага оид долзарб мавзуларда тажриба-синов ва лаборатория машғулотлари ҳамда танишув амалиёти шаклларида олиб борилади. Шунингдек, таъкидланган муассасалар ва корхоналар етакчи мутахассислари томонидан республика ва хорижий илмий марказларда соҳа йўналишида амалга оширилаётган илғор илмий ва амалий тадқиқотлар бўйича таҳлилий шарҳлар берилиши масқадга мувофиқдир.

Кўчма машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади:

1-кўчма машғулот: Эритмаларнинг ҳосил бўлиш иссиқликларини ўлчаш (калориметрия).

2-кўчма машғулот: Эритмаларнинг коллигатив хоссалари (криоскопис усул).

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантикий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. -Т.: “Ўзбекистон”. 2011. - 440 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамыз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон. 2018.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги «Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ПФ-4732-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги 4947-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги «Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5325-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги «2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимида бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391-сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон Фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги «Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида»ги ПФ-5789-сонли Фармони.
14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.
15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги

“Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли Қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли Қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли Қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли Қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли Қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

III. Махсус адабиётлар

22. Ишмухамедов Р.Ж., Юлдашев М. Таълим ва тарбияда инновацион педагогик технологиялар. – Т.: “Нихол” нашриёти. 2013, 2016. – 279 б.

23. Креативная педагогика. Методология, теория, практика. / под. ред. Попова В.В., Круглова Ю.Г.-3-е изд.–М.: “БИНОМ. Лаборатория знаний”. 2012. – 319 с.

24. Каримова В.А., Зайнутдинова М.Б. Информационные системы.- Т.: Aloqachi. 2017. - 256 стр.

25. Информационные технологии в педагогическом образовании / Киселев Г.М., Бочкова Р.В. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Дашков И.К. 2018. - 304 с.

26. Natalie Denmeade. Gamification with Moodle. Packt Publishing - ebooks Account 2015. - 134 pp.

27. Paul Kim. Massive Open Online Courses: The MOOC Revolution. Routledge; 1 edition 2014. - 176 pp.

28. William Rice. Moodle E-Learning Course Development - Third Edition. Packt Publishing - ebooks Account; 3 edition 2015. - 350 pp.

29. English for academics. Cambridge University Press and British Council Russia, 2014. Book 1,2.
30. Karimova V.A., Zaynutdinova M.B., Nazirova E.Sh., Sadikova Sh.Sh. Tizimli tahlil asoslari.– T.: “O‘zbekiston faylasuflar milliy jamiyati nashriyoti”, 2014. – 192 b.
31. Yusupbekov N.R., Aliev R.A., Aliev R.R., Yusupbekov A.N. Boshqarishning intellectual tizimlari va qaror qabul qilish. –Toshkent: “O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi” DIN. 2015. – 572 b.
32. Отто М. Современные методы аналитической химии. 3-е изд. Москва, Техносфера. 2008, 544 с.
33. Под ред. Золотова Ю.А. Основы аналитической химии, 2 тома. М.: Высш. шк. 2012. 503 с.
34. D.F.Shriver and P.W.Atkins'. Inorganic Chemistry. Oxford university press. UK, 2010.
35. Общая и неорганическая химия. В 3 томах. Под ред. Третьякова Ю.Д. Москва: “Академия”, 2008.
36. Christian G.D., Analytical chemistry University of Washington, USA, 2009.
37. Ckoog D., West M. Fundamentals of Analytical Chemistry Brouks.Cole. Cengage learning USA, 2014.
38. Akbarov H.I., Sagdullayev B.U., Xoliqov A.J. Fizikaviy kimyo. Toshkent: Universitet, 2019, 540 bet.
39. Akbarov H.I., Tillayev R.S. Fizik kimyodan amaliy mashgulotlar. Toshkent: Ozbekiston, 1999, 432 bet.
40. Акбаров Ҳ.И., Тиллаев Р. С. Физик кимёдан амалий машғулотлар. Тошкент: “Ўзбекистон”, 1999 (рус тилидан К.Б. Мищенко, А.А. Равдель, А.М. Пономарёвалар таҳриридаги 4-нашрнинг таржимаси).
41. Суздалев И.Р. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Ком.книга, 2006, 592 с.
42. X.Tojimumamedov va boshqalar, “Organik kimyo”. – T.: O‘qituvchi, 2016.
43. M. B. Smith, March’s. Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure, 7 Edition. USA 2013.
44. J.Clayden, N. Greeves, and S.Warren. Organik Chemistry, 2nd Edition. Oxford, 2012.
45. Tojimumamedov X.S. Zamonaviy organik kimyo. Toshkent. “Mumtoz

so'z" 2019.

46. Akbarov H.I., Sagdullayev B.U., Xoliqov A.J. Fizikaviy kimyo. Toshkent: Universitet, 2019, 540 bet.

47. Akbarov H.I., Tillayev R.S. Fizik kimyodan amaliy mashg'ulotlar. Toshkent: O'zbekiston, 1999, 432 bet.

48. Суздалев И.Р. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Ком.книга, 2006, 592 с.

IV. Интернет сайтлар

49. Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги: www.edu.uz.

50. Бош илмий-методик марказ: www.bimm.uz

51. [www. Ziyonet. Uz](http://www.Ziyonet.Uz)

52. www.analyticalchemistry.ru

53. <http://www.subscribe.ru>

54. <http://www.chemport.ru>

55. <http://www.chemexpress.fatal.ru>

56. [www. natlib. uz](http://www.natlib.uz).

57. <http://www.scientificrecruitment.com>

58. <https://www.theprofessorsacademy.com>

59. <https://www.acs.org/content/acs/en/>

60. <http://www.xumuk.ru/>

61. <https://www.khanacademy.org/science/chemistry>

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

Хулосалаш (Резюме, Веер) методи

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айни пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантикий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Хулосалаш” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Методни амалга ошириш тартиби:



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари туширилган тарқатма материалларни тарқатади;



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони атрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича тарқатма материалга ёзма баён қилади;



навбатдаги босқичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу яқунланади.

Намуна:

Таҳлил турларининг қиёсий таҳлили					
Тизимли таҳлил		Сюжетли таҳлил		Вазиятли таҳлил	
Афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
Муммони келиб чиқиш сабабли ва кечиш жараёнини алоқадорлиги жиҳатидан ўрганиш имкониятига эга	Алоҳида тайёргарликка эга бўлишни, кўп вақт ажратишни талаб этади	Ўз вақтида муносабат билдириш имкониятини беради	Муносабат бошқа бир сюжетга нисбатан қўлланишга яроқсиз	Вазият иштирокчи- ларининг (объект ва субъект) вазифаларини белгилаб олиш имконини беради	Динамик хусусиятни белгилаб олиш учун қўллаб бўлмайди
Хулоса: Таҳлилнинг барча турлари ҳам ўзининг афзаллиги ва камчилиги билан бир биридан фарқланади. Лекин, улар қаторидан педагогик фаолият доирасида қарор қабул қилиш учун тизимли таҳлилдан фойдаланиш жорий камчиликларни бартараф этишга, мавжуд ресурслардан мақсадли фойдаланишда афзалликларга эгаллиги билан ажралиб туради.					

“ФСМУ” методи

Технологиянинг мақсади: Мазкур технология иштирокчилардаги умумий фикрлардан хусусий хулосалар чиқариш, таққослаш, қиёслаш орқали ахборотни ўзлаштириш, хулосалаш, шунингдек, мустақил ижодий фикрлаш кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади. Мазкур технологиядан маъруза машғулотларида, мустаҳкамлашда, ўтилган мавзунини сўрашда, уйга вазифа беришда ҳамда амалий машғулот натижаларини таҳлил этишда фойдаланиш тавсия этилади.

Технологияни амалга ошириш тартиби:

- қатнашчиларга мавзуга оид бўлган якуний хулоса ёки ғоя таклиф этилади;
- ҳар бир иштирокчига ФСМУ технологиясининг босқичлари ёзилган қоғозларни тарқатилади;
- иштирокчиларнинг муносабатлари индивидуал ёки гуруҳий тартибда тақдимот қилинади.

●

Ф	• фикрингизни баён этинг
С	• фикрингизни баёнига сабаб кўрсатинг
М	• кўрсатган сабабингизни исботлаб мисол келтиринг
У	• фикрингизни умумлаштиринг

ФСМУ таҳлили қатнашчиларда касбий-назарий билимларни амалий машқлар ва мавжуд тажрибалар асосида тезроқ ва муваффақиятли ўзлаштирилишига асос бўлади.

Намуна.

Фикр: *“Тизим атроф муҳитдан ажралган, у билан яхлит таъсирлашувчи, бир-бири билан ўзаро боғланган элементлар мажмуаси бўлиб, тадқиқотлар объекти саналади”.*

Топшириқ: Мазкур фикрга нисбатан муносабатингизни ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

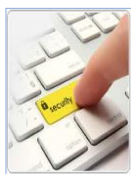
“Ассесмент” методи

Методнинг мақсади: мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташхис қилинади ва баҳоланади.

Методни амалга ошириш тартиби:

“Ассесмент” лардан маъруза машғулотларида тингловчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

Намуна. Ҳар бир катакдаги тўғри жавобни баҳолаш мумкин.



Тест

- 1. Тизим қандай сўздан олинган?
- A. modulus
- B. modulis
- C. model



Қиёсий таҳлил

- Оптнер, Квейд, Янг, SR, Голубков моделларини ўзига хос жиҳатларини ажратинг?



Тушунча таҳлили

- Механик тизим тушунчасини изоҳланг



Амалий қўникма

Тизимли таҳллни амалга ошириш учун мавжуд таҳлил моделларида “SR-моделини қўллаш тартибини биласизми?

III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-мавзу: Термодинамика қонунлари

РЕЖА:

1.1. Термодинамиканинг ривожланиш босқичлари

1.2. Термодинамиканинг математик аппарати

1.1. Термодинамиканинг ривожланиш босқичлари

Термодинамика физик, техник ва кимёвий термодинамикаларга бўлинади. Термодинамика иссиқлик билан ишни ўзаро ўтиш ҳодисаларини ифодалайдиган макроскопик назариядир. Термодинамикада кўриладиган макроскопик системаларнинг муҳим томони шундан иборатки, уларнинг энергиясини бевосита ўлчаб бўлмайди, фақат система алоҳида заррачалари (атом, молекула, ион) энергиясининг ўзгаришини ўлчаш имконияти бор. Макроскопик система энергиясининг ўзгариши иссиқлик ёки иш кўринишида аниқланади. Аввал иссиқлик ва иш бир-биридан мустақил равишда кўриб чиқилар эди. Фақат XIX асрнинг ўрталаридагина макроскопик системада ички энергиянинг қандайдир физик катталик сифатида мавжуд эканлигини ўрнатишга муваффақ бўлинди. Бунинг учун эса, аввал номаълум бўлган табиат қонуни – термодинамиканинг биринчи қонунини очиш талаб қилинди. Кейинчалик бошқа ўлчаб бўлмайдиган катталиклардан (энтропия, кимёвий потенциал) фойдаланиш зарурати туғилди. Бундай ўлчаб бўлмайдиган катталикларнинг термодинамиканинг математик аппаратида кенг қўлланилиши термодинамика фанининг ўзига хос томони бўлиб, уни ўрганишни жуда ҳам қийинлаштиради. Аммо, ҳар бир ўлчаб бўлмайдиган катталик термодинамикада ўлчанадиган катталикларнинг функциялари сифатида аниқ белгиланган ва термодинамиканинг барча хулосаларини тажрибада текшириш мумкин. Система хоссаларини ифодалаш учун махсус термодинамик ўзгарувчилардан ёки термодинамик параметрлардан фойдаланилади. Улар ёрдамида иссиқлик ва ишнинг ўзаро ўтишлари билан боғлиқ бўлган ҳодисалар физик катталиклар орқали ифодаланади. Буларнинг ҳаммаси макроскопик катталиклар бўлиб, молекулалар катта гуруҳининг хоссаларини ифодалайди. Ушбу катталикларнинг ҳаммасини бевосита ўлчаб бўлмайди.

Кимёвий термодинамиканинг вазифаси термодинамика қонунларини кимёвий ва физик-кимёвий ҳодисаларга қўллашдан иборат. Кимёвий термодинамика, ўз навбатида, классик (феноменологик) термодинамика, номувозанат жараёнларнинг термодинамикаси, статистик термодинамика бўлимларидан иборат. Термокимё ва кимёвий мувозанатлар ҳам кимёвий термодинамика таълимотининг асосий қисмларидир. Феноменологик

термодинамикада термодинамиканинг назарий асослари баён қилинади ҳамда уларни физикавий муаммоларни ҳал қилишда қўллаш имкониятлари кўриб чиқилади. Статистик термодинамика ҳам аслида статистик физиканинг бир қисми бўлиб, спектрокимёвий маълумотлар ёрдамида турли моддаларнинг асосий термодинамик функцияларини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилганлиги сабабли, кимёвий термодинамика учун аҳамиятлидир. У статистик механика қонунларига асосланган бўлиб, статистик усуллар ёрдамида ривожланади. Номувозанат жараёнларнинг термодинамикаси релятивистик термодинамикадан ҳам ёшроқ фан, лекин ҳозирдаёқ амалий аҳамият касб этмоқда. Қайтмас жараёнларнинг умумий термодинамикаси ҳозиргача яратилмаган, аммо айрим ташиш ҳодисалари учун барча саволларга жуда ҳам ишончли жавоблар олинганлиги қайтмас жараёнларнинг замонавий чизиқли термодинамикасини ишлаб чиқиш имкониятини берди. Қайтмас чизиқли жараёнлар термодинамикаси классик термодинамика билан чизиқли қонунларнинг умумлашувидир.

Термодинамика ўзининг барча жиҳатлари бўйича тўла ҳаётий фандир. Термодинамиканинг ривожланишига фалсафа ва шишасозлик санъатидан тортиб назарий механика, иссиқлик техникаси, физика ва кимё каби фанларгача таъсир кўрсатган. Термодинамика табиатнинг иккита, назарий тарзда ишлаб чиқиш мумкин бўлмай, балки инсониятнинг кўп асрлик тажрибасини умумлаштириш натижаси бўлган, умумий қонунларини қўллашга асослангандир. Ушбу қонунларнинг тўғрилиги табиатда уларни инкор этувчи жараёнларнинг йўқлиги билан тасдиқланади. Термодинамикада бораётган жараёнларнинг механизмларини, уларни келтириб чиқараётган кучларнинг табиатини билиш шарт эмас. Бунда ўрганилаётган системанинг бир ҳолатдан бошқасига ўтиш йўли эмас, балки бошланғич ва охириги ҳолатларигина аҳамиятлидир. Шунинг учун классик термодинамикада жараёнларнинг тезликлари ўрганилмайди ва уни кимёвий кинетикага қўллаб бўлмайди. Термодинамиканинг бундай чегараланганлиги, вақт ўтиши билан, албатта, йўқотилади. Ҳозирги кунлардаёқ қайтмас жараёнлар термодинамикаси тезлик билан ривожланаётган соҳа бўлиб, кинетик масалаларни термодинамик нуқтаи назардан кўриб чиқмоқда.

Термодинамиканинг ривожланиш босқичларини билмасдан туриб, унинг ҳозирги замондаги ҳолатини ўзлаштириш жуда мураккабдир. Термодинамикани ўрганиш ҳарорат билан танишишдан бошланиши керак. Термометрлар ва термометрик шкалаларнинг яратилиш тарихини билиш ҳам термодинамикани тушунишда жуда муҳимдир.

Термодинамика фани ҳарорат, иссиқлик ва иссиқлик билан ишнинг бир-бирига айланиши ҳақидаги фандир: “термо” – иссиқлик, “динамис” – куч, иш.

Кейинчалик “динамис” сўзида фақат “куч” тушунчаси сақланиб қолган ва шунинг учун термодинамика сўзи билан унинг мазмуни орасида қарама-қаршилиқ вужудга келган. “Термодинамика” атамасини биринчи бор 1854 йили Томсон таклиф қилган. “Динамика” сўзининг ишлатилиши номувозанат ҳолатларни кўз олдимизга келтиради, аммо бунда термодинамика билан бутунлай таниш бўлмаган одамгина чалғиши мумкин. Фанга “термодинамика”нинг ўрнига “термостатика” атамасини киритиш таклифлари ҳам бўлган, лекин ушбу таклифлар қабул қилинмасдан қолиб кетди. Бу ерда “динамика” сўзи ҳаракатдаги системаларни ўрганишни билдирмайди, балки жараён натижасида система бир мувозанат ҳолатдан иккинчисига ўтганда уни термодинамик параметрларининг ўзгаришини, турли жараёнларда бажарилган иш, иссиқлик ва ички энергиянинг ўзгаришини, яъни системадаги энергия балансини кўрсатади. Бундан ташқари, термодинамика жараённинг йўналишини, бориш-бормаслигини ҳам кўрсатиб беради.

Ҳароратни тушуниш манбаи – иссиқликни “сезиш”дир. Иссиқликни “сезиш” орқали аниқлаш одамни алдаб қўйиши мумкин, деган фикрлар нотўғри эканлигини қуйидаги тажрибадан билишимиз мумкин. Бир қўлимизни иссиқ сувли, иккинчисини совуқ сувли идишга тикайлик, сўнгра иккала қўлимизни иссиқ ва совуқ сувлар аралаштириб юборилган идишга тикайлик. Биринчи қўлимиз учун сув совуқ туюлса, иккинчиси учун иссиқ бўлиб туюлади. Ушбу тажриба ҳақида фикр юритган буюк А.Эйнштейн иссиқлик туйғуларимизнинг ишончсизлиги ҳақидаги фикрни айтган. Аммо, тажрибанинг нотўғри қўйилганлигини шундай катта олим ҳам назарга олмаган экан. Учта идишдаги сув билан ўтказилган тажрибада иккала қўлимизда, албатта, турлича иссиқлик туйғулари бўлади. Лекин ҳароратни ўлчаш ёки у ҳақида фикр юритиш учун тажрибани бундай ўтказиш мутлақо нотўғридир. Мазкур тажрибанинг хатоси нимада? Ҳароратни термометр ёрдамида ўлчаганимизда ҳам термометрдаги суюқлик ҳаракатдан тўхтагунча кутиб туришимиз шарт. Шунда иккала термометр ҳам учинчи идишдаги сувнинг ҳароратини бир хилда кўрсатади. Термометрда ҳароратни ўлчаётганимизда қўллашимиз зарур бўлган тартибни қўлимиз орқали тажриба қилаётганимизда ҳам татбиқ қилишимиз шартдир.

Биринчи термометрни италиялик олим Г. Галилей яратган бўлиб, уни термоскоп деб атаган ва унда термометрик модда сифатида ҳаво олинган. Термометрик шкала ҳали ўйлаб топилмагани сабабли, бир ҳароратни иккинчисига солиштириш услубидан фойдаланилган. Кейинроқ Г. Галилей шогирдлари билан биргаликда ҳозирги термометрларга ўхшаш термометрни яратди ва термометрик шкала тузиш учун иккита доимий нукталарни таклиф этди: қуйи нукта сифатида қорнинг ва юқори нукта сифатида ҳайвонлар танасининг ҳароратларини. Фаренгейт томонидан киритилган термометрда

(1714) қуйи нукта сифатида муз, туз ва новшадилларнинг аралашмаси олинган ва ушбу ҳарорат сунъий равишда эришиш мумкин бўлган энг қуйи ҳарорат, деб ҳисобланган ва ноль сифатида қабул қилинган. Юқори доимий нукта сифатида одам танасининг ҳарорати олинган бўлиб, уни Фаренгейт 12 деб белгилади. Иккита доимий нукталар оралиғи 12 та тенг қисмларга бўлинган ва худди шундай тенг бўлимлар доимий нукталарнинг икки тарафига ҳам белгиланган. Кейинчалик, ҳар бир градуснинг қийматини қулайроқ қилиш мақсадида, ушбу сонлар 8 га кўпайтирилган. Шундан сўнг, янги шкала бўйича сувнинг музлаш ҳарорати $32^{\circ}F$ га ($0^{\circ}C$), қайнаш ҳарорати эса, $212^{\circ}F$ га ($100^{\circ}C$) тенг бўлди: $1F = 5/9C$ ва Фаренгейтдан Цельсийга ўтиш $C = 5/9 (F - 32)$ муносабат орқали амалга оширилади.

Жуда муҳим хулосаларга келтирган тадқиқотларни 1817 йилда Дюлонг ва Пти амалга оширганлар. Улар термометрик модда сифатида ҳаво, симоб, темир, мис ва шишаларни қўллаб, термометрик модданинг ҳажми юздан бир қисмга ошишини [ушбу модда суюқланаётган муз билан (ҳамма моддалар учун 0°) ва атмосфера босими остидаги қайнаётган сув билан (ҳамма моддалар учун 100°) термик мувозанатга келган шароитларда], термометрик шкаланинг бир градуси билан солиштирганлар. Турли термометрик моддалар солинган термометрлар қандайдир система билан термик мувозанат шароитида бир хил ҳолатнинг ўзида турли ҳароратларни кўрсатди. Демак, термометрик шкалани тузишнинг принципи бир хил бўлган тақдирда ҳам ҳароратнинг сон қиймати термометрик моддага боғлиқ. Фақат газ термометрларининг кўрсатиши газнинг табиатига деярли боғлиқ эмас.

Ҳозирги термометрларнинг кўпида термометрик суюқлик сифатида симоб ишлатилади. Шкала нормал босимдаги сувнинг музлаш ва қайнаш ҳароратлари бўйича белгиланади. Фаренгейтнинг замонавий термометрларида одам танасининг ҳарорати (оғизда ўлчанган) 96° ни эмас, балки $98,6^{\circ}$ ни ташкил қилади. Илмий тадқиқотларда ишлатилаётган замонавий термометр швед олими Цельсий (1742) томонидан яратилган. Унда доимий нукталар сифатида 1 атм босим остидаги сувнинг музлаш (0°) ва қайнаш (100°) ҳароратлари олинган. Шунинг учун эски халқаро шкала – Цельсий шкаласи юз градусли шкала дейилади. Ҳозирги кунда иккинчи ҳароратлар шкаласи ҳам амалиётда қўлланилади: 1954 йилда таклиф қилинган ҳароратларнинг абсолют термодинамик шкаласи бўйича асосий репер (таянч) нукта сифатида сувнинг учламчи нуктаси олинган ва у аниқ $273,1600K$ га тенг деб белгиланган. Шундай қилиб, замонавий ҳарорат шкаласи битта доимий нуктага асосланган (иккинчи нукта абсолют нолдир). Биргина репер нуктага асосланган ҳарорат шкаласининг принципиал афзаллигини биринчи бўлиб Томсон (Кельвин) 1854 йилда айтган ва бу фикрнинг тўғрилиги фақат 100 йилдан кейингина тан

олинган. Шу сабабли, ҳароратларнинг абсолют термодинамик шкаласи Кельвин шкаласи дейилади. Цельсий шкаласининг 0°C градуси Кельвин бўйича аниқ $273,15\text{K}$ га мос келади. Кельвин шкаласининг ҳар бир градуси абсолют нолдан сувнинг учламчи нуқтасигача бўлган ҳароратлар интервалининг $1/273,15$ қисмини ташкил қилади. Энг янги тадқиқотларнинг кўрсатишича, ҳароратларнинг абсолют термодинамик шкаласи бўйича сувнинг нормал қайнаш ҳарорати $373,148\text{K}$ га, Цельсий шкаласининг ноль нуқтаси билан сувнинг нормал қайнаш ҳарорати орасидаги интервал эса, аниқ 100K га эмас, балки $99,998\text{K}$ га тенг. Термодинамиканинг иккинчи қонуни асосида келтириб чиқарилган термодинамик шкала ва идеал газнинг ҳароратлар шкаласи бир-бири билан мос келишини кўрсатиб бериш мумкин. Демак, идеал газларнинг ҳоссаларига боғламаган ҳолда, улар асосидаги ҳарорат шкаласидан фойдаланиш мумкин.

Ҳозир қўлланилаётган термометрларни созлаш стандарт газ термометрлари ёрдамида амалга оширилади, чунки водород ва гелий газлари кенг ҳароратлар оралиғида идеал газ қонунларига бўйсинади. Бу иккита ҳароратлар шкаласи бир-биридан мустақил равишда аниқланган бўлиб, 1 атм босим остидаги музнинг суюқланиш ва сувнинг қайнаш ҳароратлари оралиғида Кельвин шкаласидаги TK билан Цельсий шкаласидаги $t^{\circ}\text{C}$ орасидаги боғлиқлик $T = 273,15 + t$ тенглама орқали катта аниқликда ифодаланади. Ушбу тенглама Шарль ва Гей-Люссак қонунининг $V = V_0(1 + \alpha t)$ тенгламасига эквивалентдир (бу тенгламада $\alpha = 1/273$). Термометрик модда сифатида идеал газларни қўллаб, термометрик шкалани тузиш имконияти бўлганлигининг аҳамияти жуда каттадир. Аслида идеал газларнинг қонунларидан абсолют ноль ҳароратнинг мавжудлиги ҳақидаги тушунча пайдо бўлган, бу эса абсолют ҳарорат ҳақидаги тушунчанинг киритилишига олиб келган. Гей-Люссак газларнинг термик кенгайиш қонунини очаётганда ҳароратни ўлчашда Цельсий шкалали симоб термометридан фойдаланган. Юқори ҳароратларда симоб ва газ термометрларининг кўрсаткичлари орасидаги фарқ ортиб, Гей-Люссак қонуни тобора тахминий бўлиб боради.

Термометрнинг яратилиши термик мувозанат ҳақидаги қонуннинг кашф қилинишига олиб келди. Термик мувозанат ҳақидаги қонун термодинамиканинг нолинчи қонунидир. Ҳароратни термометрлар ёрдамида ўлчаш ушбу қонуннинг қўлланишига бир мисолдир.

Термометрик параметр сифатида ҳароратга боғлиқ бўлган ҳар қандай физикавий катталик олинмайди. Бунинг учун танланган функция узлуксиз, олинган натижалар қайта такрорланувчан ва ўлчаш учун қулай бўлиши керак. Бундай функциялар сифатида доимий босимдаги жисмнинг ҳажми, доимий ҳажмдаги жисмнинг босими, электр ўтказувчанлик, термоэлектр юритувчи куч

каби параметрлар олинади. Доимий ҳароратнинг эталони, яъни репер нуқталар сифатида фазавий ўтиш ҳароратларидан фойдаланилади. Ҳароратларнинг ҳар қандай эмпирик шкаласини тузиш учун қуйидаги шартлардан фойдаланилади: градуснинг ўлчами иккита репер ҳарорат нуқталари орасидаги фарқнинг қиймати бўйича танланади; эмпирик шкалаларда ноль ҳароратнинг ҳолати ихтиёрийдир; ушбу ҳароратлар интервалида термометрик функция чизиқли деб қабул қилинади. Аммо термометрик функцияларнинг қўпчилиги чизиқли эмас, шу сабабли назарий термодинамикада ҳароратларнинг эмпирик шкаласи қўлланилмайди.

Назарий тарзда аниқланган (ёки абсолют) ҳар қандай термометрик фойдаланиб, объектив физикавий ҳарорат шкаласини тузиш функциядан мумкин. Бундай мақсад учун термодинамикада идеал газ ҳолати тенгламаси қўлланилади:

$$pV = nRT \quad (I.1)$$

Агар p , V ва n тажрибадан маълум бўлса, ушбу шароитлар учун T ни ҳисоблаш осон. Лекин ҳеч бир реал газ ушбу тенглама орқали аниқ ифодаланмайди. Тенглама фақат босим нолга интилган чегаравий ҳолат учунгина бажарилади:

$$\lim_{p \rightarrow 0} (pV) = nRT \quad (I.2)$$

Бунда pV катталикининг ўзи ҳароратдан чизиқсиз ва бир текис бўлмаган равишда боғланган бўлиши мумкин. Кичик босимларга экстраполяция қилиш эса, жуда оғир тажрибавий масаладир. Шунинг учун газ термометрининг шкаласи бўйича ҳароратни аниқлаш анча мураккаб иш бўлиб, бундай тажрибаларни эталон учун қабул қилинган фазавий ўтиш репер нуқталарининг абсолют ҳароратларини ўрнатиш учунгина ўтказилади. Оралиқ ҳароратлар, одатда, эмпирик термометрик усулларда аниқланади.

1954 йилда қабул қилинган термодинамик шкала ҳозирги босқичда ҳароратларнинг абсолют шкаласига энг аниқ яқинлашишдир. (I.2) тенгламадан бошқа маълумотларни ишлатиш зарурияти $(pV)_{p \rightarrow 0}$ нинг чегаравий қийматини тажрибавий аниқлаш хатолиги билан боғлиқ. Бундай тажрибаларнинг аниқлиги узлуксиз ортиб бормоқда, бу эса ўлчанаётган ҳароратларнинг қийматига доимо аниқлик киритиб боришни талаб қилади. Репер ҳароратлари сон қийматларининг бундай ўзгарувчанлигини олдини олиш учун репер нуқталардан бирининг қийматини доимий деб қабул қилишга қарор қилинди. Бундай нуқта сифатида сувнинг учламчи нуқтаси ҳароратидан фойдаланилди. Газ термометри билан ишлаш аниқлиги ортиб боришига қараб бошқа барча репер нуқталари ҳароратларининг сон қийматлари узлуксиз ўзгартирилмоқда. 1968 йилда ҳароратларнинг эталон нуқталари сифатида водороднинг учламчи нуқтасидан бошлаб олтиннинг суюқланиш ҳароратигача бўлган оралиқни ўз ичига олувчи ўн иккита бошқа репер нуқталаридан фойдаланиш тавсия қилинган.

Ҳароратни физикавий катталиқ сифатида аниқлаш турли жараёнлар учун иссиқлик ва ишларни аниқлаш билан боғлиқ. Модданинг турли фазавий ҳолатлардаги индивидуал хоссаларини ҳолат тенгламаси деб аталувчи $p(V,T)$ функциянинг кўриниши белгилайди. Ҳозирги кунда жуда кўп, турли кўринишдаги ҳолат тенгламалари қўлланилади. Газлар учун (I.1) тенглама бошланғичдир.

Асосий тушунчалар

Термодинамик система моддий борлиқнинг ҳақиқий ёки хаёлий чегара сирт билан ажратилган макроскопик қисмидир. Термодинамика жуда кўп заррачалардан иборат бўлган системаларни ўрганади. Алоҳида молекулалар, атомлар ёки элементар заррачаларга нисбатан термодинамикани қўллаб бўлмайди. Агар системанинг ташқи муҳит билан ҳеч қандай ўзаро таъсирланиши бўлмаса, бундай система изоляцияланган (ташқи муҳитдан ажратилган) дейилади. Агар чегарадан модда алмашилиши кузатилса, унда система очик бўлади, акс ҳолда, яъни ҳеч қандай модда чегара орқали ўтмаса, унда ёпиқ система дейилади. Изоляцияланган системадан фарқли равишда ёпиқ система ташқи муҳит билан энергия алмашилиши мумкин.

Агар система барча нуқталарда бир жинсли бўлса, уни гомоген дейилади, акс ҳолда фазалар ҳақида сўз юритилади. Бир неча фазалардан тузилган система гетероген дейилади. Системанинг бошқа қисмларидан сирт чегараси билан ажратилган гомоген системанинг бир жинсли гомоген материал қисмларнинг тўпламига фаза дейилади.

Системани тавсифловчи физикавий ва кимёвий хоссаларнинг тўплами системанинг ҳолатидир. Термодинамик система ҳолатнинг термодинамик параметрлари (T, P, V, C, U, S ва бошқалар) билан тавсифланади. Термодинамиканинг асосий қонунларини тушуниш ва талқин қилишни таъминлайдиган умумий белгиларига қараб термодинамик параметрлар синфларга бирлаштирилган. Сон қийматлари жиҳатдан доимий кимёвий таркибли системанинг массасига пропорционал бўлган термодинамик параметрлар экстенсив параметрлар дейилади. Экстенсив параметрларга ҳажм (V), масса (m), электр зарядининг миқдори (Z), ички энергия (U), энтропия (S) ва бошқалар мисол бўлади. Сон қийматлари жиҳатидан системанинг массасига боғлиқ бўлмаган параметрлар интенсив параметрлар дейилади. Интенсив параметрларга босим, ҳарорат, электр зарядининг потенциали, солиштирма экстенсив катталиқлар (модданинг бирлик миқдори учун олинган) ҳамда барча умумлашган кучлар киради. Умумлашган кучлар ва умумлашган координаталар ҳам термодинамик параметрлар бўлиб, механик куч (ёки босим), электр потенциали, кимёвий потенциал ва бошқалар умумлашган кучларга ва геометрик координата, ҳажм, заряд, маълум компонентнинг массаси

умумлашган координаталарга киради. Термодинамик параметр-ларнинг ҳаттоки биттасининг ўзгариши билан боғлиқ бўлган системадаги ҳар қандай ўзгариш термодинамик жараён дейилади. Агар параметрнинг ўзгариши фақат бошланғич ва охири ҳолатларгагина боғлиқ бўлиб, жараённинг йўлига боғлиқ бўлмаса, бундай параметр ҳолат функцияси дейилади.

Ҳарорат – термометрияда аниқланадиган объект, уни бевосита ўлчаб бўлмайди, фақат иссиқроқ ёки совуқроқ жисм ҳақида тушунча ҳосил қилиш мумкин. Ҳарорат система заррачаларининг ўртача кинетик энергияси бўлиб, жисм қанчалик иситилганлигининг ўлчовидир. Уни ҳароратга боғлиқ бўлган бошқа физикавий параметрларнинг сон қийматлари бўйича аниқланади, бу эса, юқорида таъкидлаганимиздек, эмпирик ҳарорат шкалаларини тузишнинг асоси қилиб олингандир.

Иссиқлик – модданинг ҳарорати, массаси ва табиатига боғлиқ бўлган катталиқ бўлиб, алоҳида заррачанинг кинетик энергиясини белгилайди. Системага иссиқлик берилганда, молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси ортиши ҳисобига, системанинг ҳарорати ортади. Демак иссиқлик энергия узатишнинг бир туридир. Системага берилган иссиқлик ҳар доим ҳам ҳароратни оширмайди. Масалан, муз суюқланаётганда ёки сув қайнаётганда системага иссиқлик бериш ҳароратни ўзгартирмайди ва жараён доимий ҳароратда боради, бунда системадаги молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси ўзгармасдан фақат потенциал энергияси ортади. Ушбу иссиқлик музнинг кристалл панжарасини бузишга ёки сувни буғлантириш жараёнига сарфланади (эски адабиётларда “яширин иссиқлик” деб аталган).

Иш – бир системадан иккинчи системага энергия узатишнинг яна бир тури бўлиб, бунда иш бажарилаётган системанинг ички энергияси камаяди, таъсир қилинаётган системанинг энергияси эса, бажарилган ишга мос равишда ортади. Иш ва иссиқлик ўзаро эквивалентдир. Иссиқликнинг ўлчов бирлиги калория ва ишнинг ўлчов бирлиги жоуль деб қабул қилинган. $1 \text{ кал.} = 4,1875 \text{ Ж}$ тенг бўлиб, иссиқликнинг механик эквиваленти дейилади.

Ички энергия – жисм барча заррачаларининг бир-бири билан ўзаро таъсирлашиш потенциал энергияси ва алоҳида заррачалар ҳаракатининг кинетик энергиялари йиғиндисидан ташкил топган, яъни молекулаларнинг илгариланма ва айланма ҳаракати энергияси, молекулани ташкил қилган атом ва атом гуруҳларининг ичкимолекуляр тебранма ҳаракати энергияси, атомлардаги электронларнинг айланиш энергияси, атом ядроларидаги энергия, молекулалараро ўзаро таъсирлашиш энергияси ва микрозаррачаларга тегишли бўлган бошқа турдаги энергиялардан иборатдир. Ички энергия система энергиясининг умумий захираси бўлиб, унинг таркибига тўлиқ, бир бутун системанинг кинетик энергияси ва уни ҳолатининг потенциал энергияси

кирмайди. Жисм ички энергиясининг абсолют қиймати маълум эмас, уни тўғридан-тўғри ўлчаш ҳам мумкин эмас. Система энергиясини бир бутунлигича бевосита ўлчайдиган ҳеч қандай усуллар мавжуд эмас. Аммо кимёвий термодинамикани кимёвий ходисаларни ўрганишга қўллашда система бир ҳолатдан иккинчисига ўтаётгандаги ички энергиянинг ўзгаришини билмоқ кифоядир. Иш ёки ҳар қандай кўринишдаги энергия интенсивлик ва экстенсивлик факторларининг кўпайтмаси сифатида ифодаланади.

Иссиқлик сиғими – системанинг ҳароратини бир градусга кўтариш учун талаб қилинган иссиқлик миқдори бўлиб, у системага берилган иссиқликнинг ҳарорат ўзгариши нисбатига тенг. Иссиқлик сиғими тушунчасининг киритилиши термодинамика тарихида энг катта ютуқлардан бири бўлган.

Босим – бирлик сирт юзасига таъсир қилувчи куч бўлиб, турли бирликларда ифодаланади: *Паскаль*, н/м^2 , *бар* ва *мм сим.уст.* Бунда доимо система босимининг атмосфера босими билан фарқи эмас, балки абсолют босим кўрсатилади.

Термодинамик система қандайдир бошланғич ҳолатдан чиқиб, қатор ўзгаришларга учрагандан сўнг яна аввалги ҳолатига қайтадиган жараён айланма ёки циклик жараён дейилади. Бундай жараёнда ҳар қандай ҳолат параметрларининг ўзгариши нолга тенгдир. Жараённинг бориши шароитларига қараб изобарик, изотермик, изохорик, адиабатик жараёнлар бир-биридан фарқланади, уларда мос равишда босим, ҳарорат, ҳажм ёки энтропиялар ўзгармас бўлади. Адиабатик шароитда система ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмаслиги сабабли, термодинамиканинг иккинчи қонунидан энтропиянинг ўзгармас бўлиши келиб чиқади.

Атроф муҳитда ҳеч қандай ўзгаришларсиз системанинг бошланғич ҳолатга қайтиш имкониятини берувчи жараён қайтар (мувозанат) жараён дейилади. Хоссалари (ҳарорат, босим, таркиб, электр потенциали) вақт ўтиши билан ўз-ўзидан ўзгармайдиган ва алоҳида фазаларнинг барча нукталарида бир хил қийматга эга бўлган системанинг ҳолатлари қайтар жараёнлар термодинамикасида кўриб чиқилади. Системанинг бундай ҳолатлари мувозанат ҳолатлар дейилади. Мувозанат жараёнда система мувозанат ҳолатларнинг узлуксиз қаторидан ўтади ва квазистатик жараён деб ҳам аталади.

Ҳарорат, босим ва фазаларнинг ички таркиби тенг тақсимланмаган ва вақт ўтиши билан ўзгарувчан бўлган ҳолатлар номувозанат ҳолатлар дейилади. Улар қайтмас (номувозанат) жараёнлар термодинамикасида кўриб чиқилади ва унга термодинамиканинг асосий қонунларидан ташқари қатор қўшимча постулатлар киритилади. Жараённинг термодинамик жиҳатдан қайтар ёки қайтмаслигини кимёвий реакцияларнинг қайтарлиги ёки қайтмаслиги тушунчалари билан чалкаштирмаслик керак. Кимёда ушбу атамалар тўғри ва

тескари йўналишларда бориши мумкин бўлган ҳар қандай реакцияларга қўлланиши мумкин бўлиб, бунда системанинг бошланғич ҳолатга қайтиб келишида атроф муҳитдаги ўзгаришлар эътиборга олинмайди.

1.2. Термодинамиканинг математик аппарати

Системанинг барча термодинамик параметрларини ўзаро боғлаб турувчи биргина умумий дифференциал тенгламадан келиб чиқадиган натижалар таҳлили термодинамиканинг математик аппарати ёрдамида амалга оширилади. Бу тенглама Гиббснинг фундаментал тенгламаси деб аталади. Аммо, ушбу умумий тенгламани ёзиш учун, авваламбор, тажрибада ўлчаб бўлмайдиган иккита жуда ҳам муҳим катталиқ – энергия ва энтропия тушунчаларини киритишимиз шарт. Буни термодинамиканинг биринчи ва иккинчи қонунлари ёрдамида амалга оширишимиз мумкин. Назарияни тузиш учун термодинамиканинг қонунларидан ташқари, қўшимча исботларсиз, априори равишда қабул қилинадиган қатор фаразлардан фойдаланилади. Авваламбор системанинг термодинамик мувозанати ҳақидаги постулат киритилади. Ушбу постулат бўйича системанинг ташқи параметрлари вақт ўтиши билан ўзгармаса, мувозанат ўз-ўзидан бузилмайдиган ҳолатга келади. Ушбу ҳолатни стационар (вақтга боғлиқ бўлмаган, лекин номувозанат) дейилади. Классик термодинамика фақат мувозанат ҳолатидаги системаларни ўрганади. Стационар системаларнинг номувозанат (қайтмас) жараёнлар термодинамикаси усулларида ифодаланади. Иккинчи постулат ҳароратнинг мавжудлиги ёки термик мувозанат ҳақидаги постулат бўлиб, юқорида таъкидлаганимиздек, уни термодинамиканинг нолинчи қонуни ҳам дейилади. Термик мувозанатда бўлган системалар ўзаро иссиқлик алмашмайдилар ва системанинг умумлашган кучлари ўзаро тенг бўлади. Ушбу постулат бўйича ҳароратни иссиқлик алмашиниш жараёнлари учун умумлашган куч сифатида киритишимиз мумкин. Ниҳоят, ўрганилаётган системанинг барча хоссалари ташқи параметрлар, ҳарорат ва система таркибининг бир қийматли функциясидир.

Системанинг асосий параметрлари бевосита тажрибада аниқланадиган параметрлардир. Булар босим (бирлик юзага таъсир қилувчи куч), ҳарорат (системадаги молекулалар иссиқлик ҳаракати жадаллигининг ўлчови) ва моляр ҳажмлар ҳамда чин эритмаларда асосий параметрларга концентрация ҳам киради. Қолган параметрлар асосий параметрларнинг функциялари ҳисобланади. Системанинг параметрлари ҳолат тенгламалари орқали ўзаро боғланган бўлиб, физикавий кимёнинг асосий вазифаларидан бири системанинг ҳолат тенгламаларини топишдан иборатдир. Ушбу муаммо ҳал бўлганда эди, ҳар қандай системи термодинамик ифодалаш масаласи ечилган бўларди. Системанинг ҳолат тенгламасини келтириб чиқариш учун уни ташкил қилган

заррачалар орасидаги ўзаро таъсир кучларини билиш шартдир. Ҳозирча ҳолат тенгламасининг аниқ кўриниши фақат идеал газлар учун маълум (I.1). Агар ҳолат тенгламаси маълум бўлса, индивидуал модданинг хоссаларини ифодалаш учун иккита параметрнинг қийматларини билиш кифоя қилади, учинчисини ҳолат тенгламасидан ҳисобласа бўлади. Системанинг параметрлари система ушбу ҳолатга қандай йўл билан келганига боғлиқ бўлмаганлиги сабабли, ушбу катталикларнинг чексиз кичик ўзгариши dz тўлиқ дифференциалдир (қолган иккита параметрларнинг чексиз кичик ўзгаришлари бўйича). Ушбу хусусият термодинамикага тўлиқ дифференциаллар хоссаларига асосланган математик аппаратни беради. Тўлиқ дифференциалларнинг кейинги муҳокамаларда кенг ишлатиладиган айрим хос-саларини кўриб чиқамиз. Қуйидаги

$$z = f(x, y) \quad \text{ва} \quad dz = A dx + B dy \quad (\text{I.3})$$

функция тўлиқ дифференциал бўлсин. Унда

$$dz = (\partial z / \partial x)_y dx + (\partial z / \partial y)_x dy \quad (\text{I.4})$$

бўлади. (I.4) дан $A = (\partial z / \partial x)_y$ ва $B = (\partial z / \partial y)_x$ ёки $(\partial A / \partial y)_x = \partial^2 z / \partial x \partial y$ ва $(\partial B / \partial x)_y = \partial^2 z / \partial y \partial x$.

Ҳосиланинг қиймати дифференциаллаш тартибига боғлиқ бўлмаганлиги сабабли

$$(\partial A / \partial y)_x = (\partial B / \partial x)_y \quad (\text{I.5})$$

Ушбу хосса термодинамикада кенг қўлланилади. (I.4) тенгламани кўриб чиқамиз. Агар $z = \text{const}$ бўлса, унда $dz = 0$ ва (I.4) тенгламадан:

$$(\partial z / \partial x)_y (dx)_z + (\partial z / \partial y)_x (dy)_z = 0 \quad (\text{I.6})$$

ёки dy га бўлиб юборсак

$$(\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z + (\partial z / \partial y)_x = 0, \quad \text{бундан} \quad -(\partial z / \partial y)_x = (\partial z / \partial x)_y (\partial x / \partial y)_z$$

Юқоридагини $(\partial y / \partial z)_x$ га кўпайтурсак

$$(\partial z / \partial x)_y (\partial y / \partial z)_x (\partial x / \partial y)_z = -1 \quad (\text{I.7})$$

ни оламиз, яъни айлана бўйича олинган учта хусусий ҳосилаларнинг кўпайтмаси доимо -1 га тенг. Тўлиқ дифференциалларнинг бошқа хоссаларидан қуйидагилари

$$\int_1^2 dz = z_2 - z_1 = f(x_2, y_2) - f(x_1, y_1) \quad (\text{I.8})$$

ҳам ишлатилади, яъни (I.8) даги интеграл жараён бораётган йўлга боғлиқ бўлмасдан, системанинг фақат бошланғич ва охириги ҳолатлари билан белгиланади. Бунинг аксини ҳам кўрсатиш осон. Агар интегралнинг қиймати йўлга боғлиқ бўлмаса, у ҳолда интеграл остидаги катталик тўлиқ дифференциал бўлади. (I.8) тенгламадан $\oint dz = 0$ эканлиги келиб чиқади, яъни тўлиқ дифференциалдан ёпиқ айлана бўйича олинган интеграл нолга тенгдир. Барча мана шу хоссалар термодинамик системаларнинг параметрларига тавсифли бўлиб, келгусида қўлланилади.

Назорат саволлари:

1. Кимёвий термодинамиканинг асосий вазифалари нимадан иборат?
2. Термодинамиканинг қўлланилиш чегаралари қандай ?
3. Термодинамикада қандай математик аппарат қўлланилади?
4. Иссиқлик билан ҳарорат тушунчалари орасида қандай фарқ бор ?
5. Ички энергия деганда нимани тушунасиш ?
6. Термодинамиканинг нолинчи қонунини тушунтиринг.
7. Термодинамиканинг биринчи қонуни нимани ўргатади? Унинг қандай таърифлари бор?
8. Система ҳолатининг чексиз кичик ўзгаришлари ва охириги ўзгариши учун термодинамика 1-қонунининг ифодаларини келтиринг.
9. Изоляцияланган системада водороднинг ёниш реакцияси натижасида суяқ сув ҳосил бўлсин. Системанинг ички энергияси ва энтальпияси қандай ўзгаради?
10. Термодинамиканинг 1-қонунига биноан иссиқлик жараёнининг функцияси. Гесс қонуни эса кимёвий реакциянинг иссиқлик эффекти жараёнининг йўлига боғлиқ эмас, дейди. Ушбу қарама-қаршиликни тушунтиринг.
11. Берилган термодинамик системанинг энтальпияси ва ички энергияси қандай муносабатда эканлигини кўрсатувчи формулани ёзинг. Кимёвий реакция учун бу муносабат қандай бўлади?
12. Индивидуал модданинг ички энергияси ёки энтальпияси ҳароратдан қандай боғланган? Ушбу боғланишларнинг математик ифодасини ёзинг.
13. Идеал газ учун C_p ва C_v орасидаги боғланиш қандай?
14. Ҳолат тенгламалари деганда нимани тушунасиш?
15. Термик коэффициентларнинг маъноси нима?
16. Калорик коэффициентлар нимани тушунтиради?
17. Термик ва калорик коэффициентлар орасида қандай боғлиқлик бор?

2-мавзу: Термодинамик потенциаллар ва характеристик функциялар

РЕЖА:

1.1. Термодинамик жараёнлар

1.2. Гиббс ва Гельмгольц тенгламаси

1.1. Термодинамик жараёнлар.

Аввал таъкидлаганимиздек, изоляцияланган системаларда ўз-ўзидан боровчи жараёнларнинг йўналишини ва мувозанат шартларини термодинамиканинг иккинчи қонуни асосида энтропиянинг максимал қиймати бўйича аввалдан айтиш мумкин. Аммо амалиётда изоляцияланмаган системалардан кўпроқ фойдаланилади. Бундай системалардаги мувозанатни ҳисоблаш учун термодинамикага қатор янги ҳолат функциялари киритилган.

Кимёвий технологиядаги кўпгина жараёнлар очик аппаратларда олиб борилганда ўзгармас босим ва ҳароратда, агар ёпиқ аппаратларда олиб борилса (масалан, автоклавда), ўзгармас ҳажм ва ҳароратда содир бўлади. Бунда жараённинг йўналишини ва системада мувозанат ҳолатини $p=const$ ва $T=const$ да Гиббс энергияси орқали, $V=const$ ва $T=const$ да Гельмгольц энергияси бўйича белгиланади. Бунинг сабаби изоляцияланмаган системаларда энтропияни мувозанатнинг ва жараён йўналишининг мезони сифатида ишлатишнинг ноқулайлигидир, чунки изоляцияланмаган системаларни кўриб чиқиш катта қийинчиликларни туғдиради. Аммо, энтропия ёрдамида бошқа функцияларни, яъни Гиббс ва Гельмгольц энергияларини ҳисоблаш мумкин, улар эса мувозанатнинг ва жараён йўналишининг мезонларидир. Кўп адабиётларда Гиббс энергияси G ва Гельмгольц энергияси F ҳарфлари орқали белгиланади ва турлича номлар билан аталади: эркин энергия, озод энергия, ўзгармас босимдаги энергия ёки эркин энтальпия, изобар-изотермик потенциал $G=f(p, T)$ ва ўзгармас ҳажмдаги энергия, эркин ички энергия, изохор-изотермик потенциал $F=f(V, T)$ ёки термодинамик потенциаллар дейилади. Уларнинг ва бошқа термодинамик потенциалларнинг маъносини таҳлил қиламиз.

1.2. Гиббс ва Гельмгольц тенгламаси

Ҳар қандай термодинамик системада бориши мумкин бўлган жараёнларнинг максимал фойдали иши нолга тенг бўлгандагина мувозанат қарор топади. Маълумки, жараённинг умумий иши δW фойдали ишдан $\delta W'$ ва механик кенгайиш ишидан pdV иборатдир:

$$\delta W = \delta W' + pdV \quad (1)$$

Қайтар жараёнда фойдали иш энг катта қийматга эга:

$$\delta W_{max} = \delta W'_{max} + pdV \quad (2)$$

Умумий ҳолда максимал фойдали иш жараённинг қандай ўтказилишига боғлиқ, у тўлиқ дифференциал эмас. Айрим шароитларда қайтар жараённинг максимал фойдали иши йўлга боғлиқ бўлмасдан, фақат системанинг бошланғич ва охири ҳолатига боғлиқдир, яъни максимал фойдали иш жараёнда маълум ҳолат функциясининг камайишига тенг. Айирмаси максимал фойдали ишга тенг бўлган бундай ҳолат функцияларини термодинамик потенциаллар дейилади. Ушбу функцияларнинг кўриниши жараёнларни амалга ошириш шароитларига боғлиқ.

Термодинамиканинг биринчи ва иккинчи қонунларидан:

$$\delta Q = TdS = dU + \delta W_{max} = dU + \delta W'_{max} + pdV \quad (3)$$

$$\delta W'_{max} = TdS - dU - pdV \quad (4)$$

V ва $S = \text{const}$ да:

$$\delta W'_{max} = -dU; \quad W'_{max} = -\Delta U \quad (5)$$

яъни ички энергия изохор-изоэнтропия термодинамик потенциалдир. Ушбу шароитларда

$$\delta W'_{max} = >0; \quad dU < 0 \quad (6)$$

бўлган жараёнлар ўз-ўзидан боради. Ҳақиқий мувозанат

$$U = \min, \quad dU = 0, \quad d^2U > 0 \quad (7)$$

да қарор топади.

p ва $S = \text{const}$ да (4) дан:

$$\delta W'_{max} = -dU - d(pV) = -d(U + pV) = -dH \quad (8)$$

$$W'_{max} = -\Delta H \quad (9),$$

яъни энтальпия изобар-изоэнтропия термодинамик потенциалдир.

$$\delta W'_{max} > 0 \quad \text{ва} \quad dH < 0 \quad (10)$$

бўлган жараёнлар ўз-ўзидан боради. Мувозанат шarti:

$$H = \min \quad \text{ёки} \quad dH = 0, \quad d^2H > 0 \quad (11)$$

Кўриб чиқилган U ва H функциялари кимёвий термодинамикада кам қўлланилади, чунки улар потенциал бўлиши учун талаб қилинган шароитларни амалга ошириб бўлмайди. Кимёвий термодинамика учун $V = \text{const}$ ва $T = \text{const}$ ёки $p = \text{const}$ ва $T = \text{const}$ бўлган функциялар катта аҳамиятга эга, чунки кимёвий жараёнлар худди шу параметрларнинг доимийлигида ўтказилади.

$V = \text{const}$ ва $T = \text{const}$ да (4) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$\delta W'_{max} = -dU + d(TS) = -d(U - TS) = -dF \quad (12)$$

бу ерда $F = U - TS \quad (13)$

ҳолат функцияси, изохор-изотермик потенциал, системанинг эркин энергияси деб ҳам аталади. Ушбу ном ички энергияни $U = F + TS$ (13), кўринишида ҳам ифодалаш мумкинлигидан киритилган: F —изотермик равишда тўлиқ ишга айлантириш мумкин бўлган ички энергиянинг бир қисми; TS —боғланган энергия, у ишга айлана олмайди. (12) дан:

$$dF = dU - TdS - SdT \quad (14)$$

ва термодинамика қонунларидан $dU = TdS - pdV$ бўлгани учун, ушбу қийматни (I.223) га қўйиб қисқартиришларни амалга оширсак,

$$dF = -SdT - pdV \quad (15)$$

термодинамиканинг фундаментал тенгламаларидан бирини келтириб чиқарамиз. (12) тенгламадан

$$\Delta F = \Delta U - T\Delta S \quad (16)$$

ва $\delta W'_{max} = -\Delta F$ эканлиги келиб чиқади. $dF < 0$ бўлганда жараён ўз-ўзидан боради ва $F = \min$ қийматга эришганда мувозанат қарор топади ва $dF = 0, d^2F > 0$ бўлади.

$p = \text{const}$ ва $T = \text{const}$ да (14) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$\delta W'_{max} = -dU + d(TS) - d(pV) = -d(U - TS + pV) = -dG \quad (17)$$

бу ерда

$$G = U - TS + pV \quad (18)$$

ҳолат функцияси, изобар-изотермик потенциал. (18)ни дифференциалласак,

$$dG = dU - TdS - SdT + pdV + Vdp \quad (19)$$

ва термодинамика қонунларидан $dU = TdS - pdV$ қийматни (I.228) қўйиб қисқартиришларни амалга оширсак,

$$dG = -SdT + Vdp \quad (20)$$

термодинамиканинг яна бир фундаментал тенгламасини келтириб чиқарамиз.

$$(28) \text{ тенгламада } H = U + pV \quad (21)$$

деб белгиласак, изобар-изотермик потенциалнинг яна бир кўринишини

$$G = H - TS \quad (22)$$

ва уни ўзгариши учун

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (23)$$

тенгламани оламиз. (17) тенгламадан $W'_{\max} = -\Delta G$ эканлигини ва $dG < 0$ да жараён ўз-ўзидан боришини хулоса қилиш мумкин. Системанинг мувозанат шарти $G = \min$; $dG = 0$ ва $d^2G > 0$ га мос келади.

Барча кўриб чиқилган термодинамик потенциаллар табиий шароитларда характеристик функциялар бўлади. Уларнинг бундай номланишига сабаб, функциянинг ўзи ёки унинг табиий параметрлар бўйича ҳосилалари орқали модданинг барча термодинамик хоссаларини очик ифодалаш мумкинлигидир. Лекин характеристик функцияларни танлашда унинг қулай бўлишига эътибор бериш керак. Масалан, $U = f(V, S)$ ва $H = f(p, S)$ бўлгани учун U ва H лардан характеристик функция сифатида фойдаланиш қийинчилик туғдиради, чунки энтропияни тўғридан-тўғри ўлчаш имкониятига эга эмасмиз. Худди шундай энтропиядан ҳам характеристик функция сифатида фойдаланиш ноқулай, чунки $S = f(V, U)$ бўлгани учун, ички энергияни бевосита аниқлаш имконияти йўқ. Шунинг учун характеристик функция сифатида кўпинча Гиббс ва Гельмгольц энергияларидан фойдаланилади, чунки улар аниқлаш осон бўлган табиий V, p, T катталикларнинг функцияларидир.

$G = f(p, T)$ ва $F = f(V, T)$ функцияларни кўриб чиқамиз. Ушбу функцияларнинг тўлиқ дифференциалини ёзамиз:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_p dT + \left(\frac{\partial G}{\partial p} \right)_T dp \quad (24)$$

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T dV \quad (25)$$

Термодинамика биринчи ва иккинчи қонунларининг тенгламаларидан қайтар жараёнлар учун (системада фақат ташқи босим кучларига қарши иш бажарилаётган энг содда ҳолни кўриб чиқамиз) юқорида келтирилган (15) ва (20) тенгламаларни (24) ва (25) тенгламалар билан солиштирсак:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_p = -S; \quad \left(\frac{\partial G}{\partial p} \right)_T = V \quad (26) \quad \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V = -S; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T = -p \quad (27)$$

ифодаларни оламиз. (26) ва (27) тенгламалардаги функциялар характеристик функциялар бўлиб, улар системанинг термодинамик ҳоссаларини очик ифодалайди. Масалан, (26) тенгламалардан:

–ўзгармас босимда система ҳарорати ортиши билан Гиббс энергияси камайишининг ўлчови энтропиядир, яъни $-\left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_p = S$ (манфий ишора энтропия ортиши билан эркин энергиянинг камайишини кўрсатади);

–ўзгармас ҳароратда система босими ортиши билан Гиббс энергияси ортишининг ўлчови ҳажмдир.

Назорат саволлари:

- 1.Қайтмас жараён энтропиясининг ўзгариши билан иссиқлик орасидаги математик муносабатни ёзинг.
- 2.Ўз-ўзидан боровчи жараёнларда: ички энергия ва ҳажм ўзгармас бўлганда, энтропия қандай ўзгаради? Босим ва ҳарорат ўзгармас бўлганда, Гиббс энергияси қандай ўзгаради?
- 3.Битта модданинг учта агрегат ҳолатлардаги моляр энтропиялари қандай муносабатда бўлади: газ, суюқ, қаттиқ. Қайси бири катта?
- 4.Берилган термодинамик системанинг Гиббс энергияси билан Гельмгольц энергияси орасида қандай муносабат бор? Унинг математик ифодасини ёзинг.
- 5.Қандай ҳолларда термодинамик функциялар термодинамик потенциалларнинг ҳоссаларига эга бўлади? Ўзгармас босим ва ҳароратда кимёвий реакциянинг максимал фойдали иши нима ҳисобига бажарилади?
- 6.Кимёвий реакция Гиббс энергиясининг ўзгариши ҳароратга қандай боғлиқ? Жавобингизни асослаб беринг.
- 7.Гиббс энергиясининг ўзгармас ҳароратда (фақат кенгайиш иши бажарилса) босимга боғлиқлигини ифодаловчи тенгламанинг дифференциал

кўринишини ёзинг. Гельмгольц энергияси ўзгармас ҳароратда ҳажмга қандай боғлиқ (фақат кенгайиш иши бажарилса)?

8. Ўз-ўзидан боровчи жараённинг йўналиши ҳақида энтропия ўзгаришининг ишораси бўйича фикр юритиш учун системанинг қайси параметрларини ўзгармас қилиб туриш керак?

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-амалий машғулот

3-мавзу: Термодинамика қонунларидан келиб чиқадиган муносабатларни амалий ва назарий мақсадлар учун қўллаш усуллари.

РЕЖА

4.1. Гиббс ва Гельмгольц энергиялари ва характеристик функциялар

4.1. Гиббс ва Гельмгольц энергиялари ва характеристик функциялар

$G=f(p,T)$ ва $F=f(V,T)$ функцияларни кўриб чиқамиз. Ушбу функцияларнинг тўлиқ дифференциалини ёзамиз:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T dp \quad (1) \quad dF = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T dV \quad (2)$$

Термодинамика биринчи ва иккинчи қонунларининг тенгламаларидан қайтар жараёнлар учун (системада фақат ташқи босим кучларига қарши иш бажарилаётган энг содда ҳолни кўриб чиқамиз) юқорида келтирилган $\Delta H_{13} - \Delta H_{23} = \Delta H_{12}$ ва $Q_V = -\Delta U_V = -(U_2 - U_1)$ тенгламаларни (1) ва (2) тенгламалар билан солиштирсак:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S; \quad \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -p \quad (3)$$

ифодаларни оламиз. (3) тенгламалардаги функциялар характеристик функциялар бўлиб, улар системанинг термодинамик ҳоссаларини очиқ ифодалайди:

–ўзгармас босимда система ҳарорати ортиши билан Гиббс энергияси камайишининг ўлчови энтропиядир, яъни $-\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = S$ (манфий ишора энтропия ортиши билан эркин энергиянинг камайишини кўрсатади);

–ўзгармас ҳароратда система босими ортиши билан Гиббс энергияси ортишининг ўлчови ҳажмдир.

Худди шундай (3) тенгламалардан Гельмгольц энергиясининг ўзгармас ҳажмда ҳароратга ёки ўзгармас ҳароратда ҳажмга боғлиқ равишда камайиши

энтропия ва босимлар орқали очик ифодаланади. (3) тенгламалардан энтропиянинг ҳажм ва босим бўйича ҳосилаларини осон топиш мумкин. Бунинг учун ҳосилаларни қарама-қарши тенглаб, (3) тенгламалардан $\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ ва $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$ ҳосилаларни топамиз, яъни энтропиянинг турли жараёнларда ўзгаришини кўриб чиқаётганда келтириб чиқарилган тенгламаларни бошқа йўл билан олдик. Термодинамик функцияларни боғловчи бундай тенгламалар жуда кўп. Уларнинг кўпчилиги Н.П.Суворов томонидан жадвалга йиғилган, ундан хоҳлаган $\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z$ кўринишдаги ҳосилани ($Z=const$) топиш мумкин. Бунинг учун $Z=const$ га тўғри келувчи устундан ∂x га тўғри келадиган ифодани қатордан топиб, бошқа қатордан топилган ∂y га тўғри келган қийматга бўлинади. Масалан, $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$ ҳосила учун ∂G ни $p=const$ билан кесишган катагини оламиз ва ундаги ифодани, яъни $-S$ ни, қасрнинг суратига ва ∂T ни $p=const$ билан кесишган катагини олиб, ундаги ифодани, яъни 1 ни, қасрнинг махражига ёзамиз: $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = \frac{-S}{1} = -S$. Худди шундай $\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = \frac{-V}{-1} = V$ натижани ҳам келтириб чиқариш мумкин.

(1) ва (2) тенгламалардан идеал газ учун G ва F функцияларнинг $T=const$ даги ифодаларини топиш мумкин:

$$dG = Vdp = RT \frac{dp}{p}; \quad G = G_o + RT \ln p; \quad \Delta G = G_2 - G_1 = RT \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (4)$$

$$dF = -pdV = -\frac{RT}{V} dV; \quad F = F_o - RT \ln V; \quad \Delta F = F_2 - F_1 = RT \ln \frac{V_1}{V_2} \quad (5)$$

(1) ва (2) тенгламалар кимёвий термодинамиканинг қатор муҳим тенгламаларини келтириб чиқаришга имконият беради. Гиббс ёки Гельмгольц энергияларининг ўзгаришини $\Delta G = \Delta H - T\Delta$ ва $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$ тенгликлар билан

ифодаланишини кўрсатган эдик. У ҳолда (1) ва (2) тенгламалардан

$$\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_p = -\Delta S \quad (46) \quad \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial T}\right)_V = -\Delta S \quad (47)$$

эканлиги келиб чиқади. (6) ва (7) тенгламалардаги қийматларни мос равишда

$$\Delta H^0_{реакция} = \sum \nu_{маҳс.} \Delta H_f^{маҳс.} - \sum \nu_{б.м.} \Delta H_f^{б.м.} \text{ ва } Q_p = -\Delta H_p = -(H_2 - H_1) \text{ тенгламаларга}$$

қўйсак,

$$\Delta G = \Delta H + T \left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_p \quad (8) \quad \Delta F = \Delta U + T \left(\frac{\partial \Delta F}{\partial T}\right)_V \quad (9)$$

Гиббс-Гельмгольц тенгламаларини келтириб чиқарамиз. ΔG ва ΔF лар кимёвий реакциянинг максимал иши маъносини беради ва реакция изотермик ва қайтар олиб борилиши кераклигини кўрсатади. (8) ва (9) тенгламаларнинг ўнг тарафидаги иккинчи қўшилувчилар қайтар жараённинг

$$Q_{қайтар} = T\Delta S \quad (10)$$

иссиқлиги маъносини англатади.

1 - ж а д в а л.

Термодинамик функцияларнинг ҳосилаларини ҳисоблаш

Функция- нинг ўсиши	$z = \text{const}$			
	p	T	V	S
(∂p)	-	-1	$-\alpha V$	$-\frac{C_p}{T}$
(∂T)	1	-	$-\beta V$	$-\alpha V$
(∂V)	αV	βV	-	$C_v \beta \cdot \frac{V}{T}$
(∂S)	$\frac{C_p}{T}$	αV	$-C_v \beta \cdot \frac{V}{T}$	-
(∂q)	C_p	αTV	$-C_v \beta V$	0

(∂W)	αpV	βpV	0	$C_v \beta \cdot \frac{pV}{T}$
(∂U)	$C_p - \alpha pV$	$(\alpha T - \beta p)V$	$-C_v \beta V$	$-C_v \beta \cdot \frac{pV}{T}$
(∂H)	C_p	$(\alpha T - 1)V$	$-(C_v \beta v + \alpha v)V$	$-C_p \cdot \frac{V}{T}$
(∂F)	$-(S + \alpha pV)$	$-\beta pV$	βsV	$(\alpha TS - C_v \beta p) \frac{V}{T}$
(∂G)	-S	-V	$(\beta S - \alpha V)V$	$(\alpha TS - C_p) \frac{V}{T}$

1 – ж а д в а л (давоми)

Функция- нинг ўсиши	z=const			
	U	H	F	G
(∂p)	$\alpha pV - C_p$	$-C_p$	$S + \alpha pV$	S
(∂T)	$(\beta p - \alpha T)V$	$(1 - \alpha T)V$	βpV	V
(∂v)	$C_v \beta V$	$(C_v \beta + \alpha V)V$	$-\beta sV$	$(\alpha V - \beta S)V$
(∂S)	$C_v \beta \cdot \frac{pV}{T}$	$C_p \cdot \frac{V}{T}$	$(C_v \beta p - \alpha TS) \cdot \frac{V}{T}$	$(C_p - \alpha TS) \cdot \frac{V}{T}$
(∂q)	$C_v \beta pV$	$C_p V$	$(C_v \beta p - \alpha TS)V$	$(C_p - \alpha TS)V$
(∂W)	$C_v \beta pV$	$(C_v \beta - \alpha V)pV$	$-\beta S pV$	$(\alpha V - \beta S)pV$
(∂U)	-	$(C_p - \alpha pV) \cdot V - C_v \beta pV$	$(\beta S p - \alpha TS + C_v \beta pV)$	$V(C_p - \alpha pV) - (\alpha TV - \beta pV)S$

(∂H)	$C_v \beta p V - (C_p - \alpha p V) V$	-	$(S + \alpha p V) \cdot (V - \alpha TV) + C_p \beta p V$	$(C_p + S - \alpha TS) V$
(∂F)	$(-C_v \beta p + \alpha TS - \beta S p) V$	$(S + \alpha p V) \cdot (\alpha TV - V) - C_p \beta p V$	-	$SV(\beta p - 1) - \alpha p V^2$
(∂G)	$V(\alpha p V - C_p) + (\alpha TV - \beta p V) S$	$(\alpha TS - C_p - S) V$	$S v(1 - \beta p) + \alpha p v^2$	-

Назорат саволлари:

1. Термодинамиканинг биринчи қонунини калорик коэффициентлар орқали ифодаланг.
2. Иссиқлик, ҳарорат, босим тушунчалари ҳақида сўзлаб беринг.
3. Термодинамик ҳарорат, ҳарорат шкалалари. Термометрлар.
4. Термодинамика биринчи қонунининг камчиликлари нимадан иборат?
5. Гиббс энергияси. Гельмгольц энергияси.
6. Термодинамик системалар ва уларнинг хиллари.
7. Ички энергия билан иссиқлик сиғими орасида қандай боғлиқлик бор?
8. Реакция иссиқлик эффектининг ички энергия ёки энтальпия билан боғлиқлиги.
9. Идеал газ ҳолат тенгламасининг дифференциал кўриниши қандай? Моддаларнинг стандарт ҳосил бўлиш иссиқлиги тушунчасини ёритинг.

2-амалий машғулот

4-мавзу: Гесс ва Кирхгофф қонунлари бўйича кимёвий реакциянинг иссиқлик эффектини ҳисоблаш ва унга температура таъсирини ўрганиш.

РЕЖА

3.1. Энтальпия

3.2. Гесс қонуни

3.3. Иссиқлик сизимининг температурага боғлиқлиги. Кирхгофф қонуни

3.1. Энтальпия

Фақат кенгайиш иши бажариладиган жараёнлар учун термодинамиканинг 1-қонунидан: $\delta Q = dU + pdV$ (1)

$V = \text{const}$ да (1) ни интегралласак, $Q_V = U_2 - U_1 = \Delta U$ (2)

$p = \text{const}$ да (1.100) ни интеграллаб, ўзгартириш киритсак,

$$Q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1) \text{ ёки } Q_p = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1) \quad (3)$$

Қавс ичидаги ифодани H билан белгиласак, $H \equiv U + pV$ (4)

Ушбу функция энтальпия дейилади, уни кўпинча иссиқлик сақлами деб ҳам аташади. Аммо ушбу атама нотўғри тушунча келтириб чиқариши мумкин, чунки абсолют нолда ҳам $H_0 > 0$, аммо иссиқлик ютилмайди ва чиқарилмайди. Энтальпия, ички энергия каби, ҳолат функциясидир (чунки pV ҳам ҳолат функцияси). (3) ва (4) лардан:

$$Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H \quad (5)$$

Шундай қилиб, изобар жараённинг иссиқлиги система энтальпиясининг ўзгаришига тенг. Иссиқликнинг жуда кичик ўзгаришлари учун (изохор ва изобар жараёнлар учун $\delta Q_V = dU$ ва $\delta Q_p = dH$ (6)

(2) ва (5) тенгламалардан изохор ва изобар жараёнларда жараённинг иссиқлиги ҳолат функцияси хоссасига эга бўлиб қолади, яъни у жараённинг йўлига боғлиқ бўлмасдан, системанинг бошланғич ва охири ҳолатларига боғлиқ бўлади.

H функциясининг тўлиқ дифференциалини топиш учун (4) тенгламани дифференциаллаймиз: $dH = dU + pdV + Vdp$ (7)

dU нинг ўрнига (1) тенгламадан, сўнгра δQ нинг ўрнига $\delta Q = hdp + C_p dT$ тенгламадан қийматларини қўйиб ушбуни оламиз:

$$dH = \delta Q + Vdp = hdp + C_p dT + Vdp = (h + V)dp + C_p dT \quad (8)$$

Агар босим ўзгармас бўлса, функциянинг тўлиқ дифференциали қуйидагига тенг бўлади: $dH = C_p dT$ (9)

Энтальпиянинг ўзгариши кўп ҳолларда осонгина ўлчаниши мумкин, шунинг учун ушбу функция термодинамик тадқиқотларда кенг қўлланилади.

Термодинамиканинг тенгламаларидан фойдаланиб, энтальпиянинг абсолют қийматини ҳисоблаб бўлмайди, чунки у ўз ичида ички энергиянинг абсолют қийматини тутати.

3.2. Гесс қонуни.

Гесс қонуни термодинамика 1-қонунининг математик маҳсули бўлиб, термохимиянинг назарий асосини ташкил қилади. Гесс қонунининг қуйидаги таърифлари бор:

-кимёвий реакцияларнинг иссиқлик эффекти (ички энергия ўзгариши) дастлабки ва охириги моддалар ҳолати билан таркибига боғлиқ бўлиб, реакция олиб борилган йўлга боғлиқ эмас;

-ҳар қандай ёпиқ жараён учун (система дастлабки ҳолатга қайтадиган) изохорик ёки изобарик жараёнларда чиқарилган ёки ютилган иссиқликнинг алгебраик йиғиндиси ҳар доим нолга тенгдир.

Ёпиқ циклик системаларда ҳолат функциялари ўзгармаганлигидан

$$\oint dU = 0 ; \quad \oint dH = 0 \quad (10)$$

юқоридаги икки таъриф келиб чиқади.

Термохимиявий тадқиқотларда термодинамиканинг 1-қонунини турли физик-кимёвий жараёнларнинг (кимёвий реакциялар, фазавий ўтишлар, кристалланиш жараёнлари, эриш, бўқиш, ҳўлланиш ва бошқа жарёнлар) иссиқлик эффектларини ҳисоблашга татбиқ қилиниши кўриб чиқилади.

Изохорик ва изобарик жараёнлардаги реакция иссиқлиги реакциянинг иссиқлик эффекти дейилади (ушбу жараёнларда фақат кенгайиш иши бажарилиши мумкин). Эндотермик реакция иссиқлик ютилиши билан боради ва мусбат бўлади. Экзотермик реакция иссиқлик чиқиши билан боради ва манфий деб қабул қилинган.

(7) тенгламадан $p = \text{const}$ да

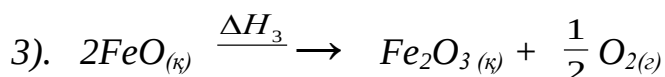
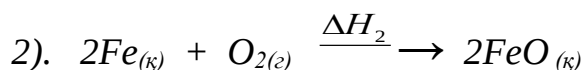
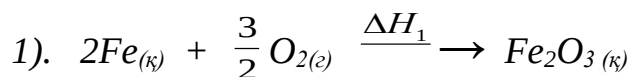
$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V \quad \text{ва} \quad W = \Delta nRT \quad (11)$$

$$\text{тенгламадан:} \quad \Delta H = \Delta U + \Delta nRT \quad (12)$$

ΔU маълум бўлса (11) тенгламадан ΔH ни топиш мумкин.

Агар реакция конденсирланган (суюқ ва қаттиқ) фазаларда бораётган бўлса, ΔH ва ΔU лар орасидаги фарқни ҳисобга олмаса бўлади, чунки ҳажм ўзгариши деярли кузатилмайди.

Термохимёвий тенгламаларни ёзаётганда реагентларнинг агрегат ҳолатлари ва реакциянинг иссиқлик эффекти кўрсатилади:



$$\Delta H_1 = -821 \text{ кЖ}; \Delta H_2 = -527 \text{ кЖ}; \Delta H_3 = -294 \text{ кЖ}.$$

Гесс қонуни бўйича иккита реакциянинг иссиқлик эффекти маълум бўлса, учинчисини аниқлаш мумкин:

1-йўл бўйича бораётган реакциянинг иссиқлик эффекти 2-йўлдан бораётган 2та реакция иссиқлик эффектларининг йиғиндисига тенг.

Гесс қонунидан қуйидаги хулосалар келиб чиқади.

–Лавуазье-Лаплас қонуни. Кимёвий бирикманинг парчаланиш иссиқлик эффекти ΔH_{21} унинг ҳосил бўлиш иссиқлик эффекти ΔH_{12} га, абсолют сон жиҳатидан тенг бўлиб, ишора унга қарама-қарши қийматга эгадир. Ёпиқ жараён бўлгани учун (1-2-1), Гесс қонуни бўйича:

$$\Delta H = \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0, \text{ бундан} \quad \Delta H_{12} = -\Delta H_{21} \quad (13)$$

–Иккита реакция бораётган бўлса ва у ҳар хил охирги ҳолатга олиб келса, бу икки реакция иссиқлик эффектларининг айирмаси 1-охирги ҳолатдан 2-сига ўтиш иссиқлик эффектига ΔH_{32} тенг.

Гесс қонунини таърифидан: $\Delta H = \Delta H_{12} + \Delta H_{23} + \Delta H_{31} = 0$; $\Delta H_{12} - \Delta H_{13} = -\Delta H_{23}$, чунки 1-хулосадан $\Delta H_{31} = -\Delta H_{13}$; $-\Delta H_{23} = \Delta H_{32}$.

Шунинг учун,

$$\Delta H_{12} - \Delta H_{13} = \Delta H_{32} \quad (14)$$

–Ҳар хил бошланғич ҳолатга эга бўлган икки реакция иссиқлик эффектларининг айирмаси бир бошланғич ҳолатдан иккинчисига ўтиш иссиқлик эффектига тенг.

Ёпик цикл (1-3-2-1) учун Гесс қонуни бўйича $\Delta H = 0$ ёки $\Delta H_{13} + \Delta H_{32} + \Delta H_{21} = 0$ бундан

$$\Delta H_{13} - \Delta H_{23} = \Delta H_{12} \quad (15)$$

–Кимёвий реакцияларнинг иссиқлик эффекти маҳсулотлар ҳосил бўлиш иссиқликларининг йиғиндиси билан бошланғич моддалар ҳосил бўлиш иссиқликлари йиғиндиси орасидаги айирмага тенг:

$$\Delta H^0_{реакция} = \sum v_{маҳс.} \Delta H^0_{f, маҳс.} - \sum v_{б..м.} \Delta H^0_{f, б..м.} \quad (16)$$

бу ерда: $\Delta H^0_{реакция}$ – реакциянинг иссиқлик эффекти; $\sum v_{маҳс.} \Delta H^0_{f, маҳс.}$ – маҳсулотларнинг ҳосил бўлиш иссиқликлари йиғиндиси; $\sum v_{б..м.} \Delta H^0_{f, б..м.}$ – бошланғич моддалар ҳосил бўлиш иссиқликлари йиғиндиси; $v_{маҳс.}$ ва $v_{б..м.}$ – стехиометрик коэффициентлар.

–Ҳар қандай реакциянинг иссиқлик эффекти бошланғич моддалар ёниш иссиқликлари йиғиндиси билан маҳсулотлар ёниш иссиқликлари йиғиндисининг айирмасига тенг:

$$\Delta H_{реакция} = \sum v_{б..м.} \Delta H^0_{б..м.} - \sum v_{маҳс.} \Delta H^0_{маҳс.} \quad (17)$$

3.3. Иссиқлик сизимининг температурага боғлиқлиги. Кирхгофф қонуни

Термодинамик ҳисобларда реакцияда қатнашаётган моддаларнинг иссиқлик сизимини ва унинг ҳароратга боғлиқлигини билиш керак. Турли ҳароратлар учун иссиқлик сизими тажрибада аниқланади ёки назарий ҳисобланади.

Иссиқлик сизимининг турли ҳароратлардаги тажрибавий қийматлари қуйидаги эмпирик даражали қаторлар билан ифодаланади (интерполяцион тенгламалар):

$$C_p = a + vT + c \cdot T^2 \quad (18)$$

$$\text{ёки} \quad C_p = a + vT + cT^2 + dT^3 \quad (19)$$

бу ерда a, v, c, c', d – эмпирик константалар.

Кирхгофф қонуни. Кимёвий реакцияларнинг иссиқлик эффекти фақат таъсирлашаётган моддаларнинг табиатигагина эмас, балки ташқи шароитларга ҳам боғлиқ, авваламбор ҳароратга. Кирхгофф қонуни жараён иссиқлик

эффектининг ҳароратга қараб ўзгаришини кўрсатади ва унга кўра бирор жараён иссиқлик эффектининг термик коэффиценти система умумий иссиқлик сиғимининг ўзгаришига тенгдир. Кирхгофф тенгламасини келтириб чиқариш учун

$$Q_v = -\Delta U_v = -(U_2 - U_1) \quad (20)$$

деб қабул қиламиз, бу ерда U_2 ва U_1 –системанинг бошланғич ва охири ҳолатлари ички энергияси. (20) тенгламадан ҳарорат бўйича хусусий ҳосиласини олсак,

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_v = -\left[\left(\frac{\partial U_2}{\partial T}\right)_v - \left(\frac{\partial U_1}{\partial T}\right)_v\right] = -[\Sigma C_v^{\text{II}} - \Sigma C_v^{\text{I}}] = -\Delta C_v \quad (21)$$

бўлади, бу ерда ΣC_v^{II} ва ΣC_v^{I} –реакция тенгламасидаги стехиометрик коэффицентларни ҳисобга олган ҳолда, реакция маҳсулотлари ва бошланғич моддаларнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сиғимларининг йиғиндилари; $\Delta C_v = \Sigma C_v^{\text{II}} - \Sigma C_v^{\text{I}}$ – иссиқлик сиғимларининг алгебраик йиғиндиси бўлиб, реакцияга киришаётган моддаларнинг иссиқлик сиғимлари манфий ишора билан, ҳосил бўлаётганларники мусбат ишора билан олинади. Иссиқлик эффектининг абсолют қиймати ўзгармас ҳажмда ички энергиянинг ўзгаришига тенглигини (20) ҳисобга олиб, (21) тенгламани интегралласак,

$$\Delta U_T = \Delta U_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_v dT \quad (22)$$

ҳосил бўлади, бу ерда ΔU_{298}^0 – ҳарорат 298K бўлганда система ички энергиясининг ўзгаришидир. Ўзгармас босимда боровчи жараёнлар учун худди юқоридагига ўхшаш: $Q_p = -\Delta H_p = -(H_2 - H_1)$ (23)

$$\left(\frac{\partial Q_p}{\partial T}\right)_p = -\left[\left(\frac{\partial H_2}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial H_1}{\partial T}\right)_p\right] = -[\Sigma C_p^{\text{II}} - \Sigma C_p^{\text{I}}] = -\Delta C_p \quad (24)$$

Иссиқлик эффектининг абсолют қиймати ўзгармас босимда энтальпиянинг ўзгаришига тенглигини (23) ҳисобга олиб, (24) тенгламани

интегралласак:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p dT \quad (25)$$

Кирхгоффнинг (22) ва (25) тенгламалари кимёвий термодинамикада кенг қўлланилади, чунки улар стандарт шароитдаги маълумотлар асосида турли ҳароратдаги иссиқлик эффектларни топиш имкониятини беради. Кирхгофф тенгламаларини ечиш учун таъсирлашаётган моддалар C_V ва C_p қийматларининг ҳароратга боғлиқлигини (18,19) билиш кифоядир.

Иссиқлик эффектининг берилган T ҳароратдаги қийматини аниқлаш учун юқоридаги интегралнинг қуйи ва юқори чегаралари қўйидаги тенгламалардан фойдаланиб ҳисобланади

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta a \cdot dT + \int_{298}^T \Delta b \cdot T dT + \int_{298}^T \Delta c \cdot T^{-2} dT + \int_{298}^T \Delta c \cdot T^2 dT + \int_{298}^T \Delta d \cdot T^3 dT \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \Delta a \cdot T - \Delta a \cdot 298 + \Delta b \cdot \frac{T^2}{2} - \Delta b \cdot \frac{298^2}{2} - \Delta c \cdot T + \frac{\Delta c}{298} + \\ + \frac{\Delta c \cdot T^3}{3} - \Delta c \cdot \frac{298^3}{3} + \Delta d \cdot \frac{T^4}{4} - \Delta d \cdot \frac{298^4}{4} \end{aligned} \quad (27)$$

ва уларнинг фарқи стандарт шароитда аниқланган иссиқлик эффектига тузатма сифатида қўшилади.

Амалий қисм

Тингловчилар физик-кимёвий катталиклар келтирилган маълумотнома китобларидан қандай фойдаланиш кераклиги билан батафсил таништирилади. Шундан сўнг кимёвий реакциянинг иссиқлик эффектини ҳисоблаш бўйича топшириқ берилади. Авваламбор ушбу тушунчани эслатиб қўйилади. Кимёвий реакциянинг иссиқлик эффекти ҳақидаги маълумот реакция жараёнини саноат миқёсида ўтказаетганда совутиш ёки иситиш қурилмаларининг ҳисоб-китобини қилишда, ёқилғиларнинг сифатини баҳолашда, кимёвий мувозанатларни ҳисоблашда ва бошқа кўп ҳолларда қўлланилади.

Асосий тенгламалар (2,5,6,8,11,12,22) талабалар ёрдамида келтириб чиқарилади. Моддаларнинг стандарт ҳосил бўлиш иссиқликлари тушунчаси таърифланади ва конкрет кимёвий реакция учун Гесс қонунидан фойдаланиб

жараённинг иссиқлик эффекти (стандарт шароит учун) ҳисоблаб топилади. Сўнгра (18,19, 25-27) тенгламалар ёрдамида Кирхгофф қонуни бўйича реакциянинг иссиқлик эффектига температуранинг таъсири кўриб чиқилади.

ТОПШИРИҚ

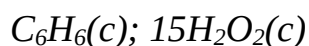
Реакцияда қатнашаётган моддаларнинг стандарт ҳосил бўлиш иссиқликлари ёрдамида Гесс қонунидан фойдаланиб бензолнинг водород пероксид билан оксидланиш реакциясининг иссиқлик эффектини ҳисобланг.

Реакциянинг иссиқлик эффекти қуйидаги схема бўйича ҳисобланиши мумкинлиги кўрсатилади:

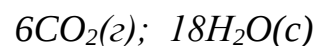


$\Sigma\Delta H(б.м.)$

$\Sigma\Delta H(махс.)$



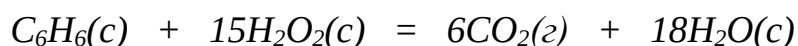
реакциянинг Q_p



$$\Sigma\Delta H(б.м.) + Q_p = \Sigma\Delta H(махс.);$$

$$Q_p = \Sigma\Delta H(махс.) - \Sigma\Delta H(б.м.)$$

Шундай йўл билан иссиқлик эффектини ҳисоблаш мумкинлиги кўрсатилгандан сўнг доскага реакция тенгламаси ёзилади, моддалар қандай агрегат ҳолатларда мавжудлиги кўрсатилади ва маълумотномадан фойдаланиб реакциянинг ўзгармас босимдаги иссиқлик эффекти ҳисобланади.



$$49,04 \quad 15 \times (-187,02) \quad 6 \times (-393,51) \quad 18(-285,84)$$

Ўзгармас босимдаги реакциянинг иссиқлик эффекти қуйидагига тенг:

$$[-2361,06 + (-5145,12)] - [49,04 + (-2805,30)] = - 4749,92 \text{ кЖ}$$

Газлар моллар сонининг ўзгариши $n = +6$

Кенгайиш иши: $6 \times 2,48 = 14,88 \text{ кЖ}$

Реакциянинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик эффекти:

$$4749,92 - 14,88 = 4764,80 \text{ кЖ}$$

Шундан сўнг тингловчилар индивидуал топшириқлар берилади (реакция тенгламалари ва топшириқни бажариш учун тайёрланган шакллар иловада келтирилган).

Назорат саволлари:

1. Идеал газ қайси жараёнларда максимал иш бажаради? Жараённинг иссиқлиги ва ички энергияси қандай ўзгаради ?
2. Пуассон тенгламаларининг маъносини тушунтиринг.
3. Иссиқлик сифими тушунчаси нима ? У ҳароратга қандай боғланган ?
4. Энтальпия тушунчаси нима? Иссиқлик билан энтальпия орасида қандай боғлиқлик мавжуд ?
5. Гесс ва Кирхгофф қонунлари. Гесс қонунидан қандай хулосалар келиб чиқади ?
6. Каратеодори принципи нимадан иборат ?
7. Карно циклини тушунтиринг. Фойдали иш коэффициентини.
8. Термодинамиканинг иккинчи қонуни ва унинг таърифлари.
9. Энтропия тушунчаси.
10. Қайтмас жараён энтропиясининг ўзгариши билан иссиқлик орасидаги математик муносабатни ёзинг.
11. Ўз-ўзидан боровчи жараёнларда: ички энергия ва ҳажм ўзгармас бўлганда, энтропия қандай ўзгаради? Босим ва ҳарорат ўзгармас бўлганда, Гиббс энергияси қандай ўзгаради?
12. Битта модданинг учта агрегат ҳолатлардаги моляр энтропиялари қандай муносабатда бўлади: газ, суюқ, қаттиқ. Қайси бири катта?

V. КЎЧМА МАШҒУЛОТЛАР МАТЕРИАЛЛАРИ

5-мавзу. Эритмаларнинг ҳосил бўлиш иссиқликларини ўлчашлар (Калориметрия)

Ишнинг мақсади:

1. Эритмаларни термодинамик нуқтаий-назардан таснифлаш;
2. Полимер эритмаларнинг ўзига хос эриш механизми;
3. Полимер эритмаларнинг назариялари;
4. Гесс ва Кирхгофф қонунларидан фойдаланиб кимёвий реакцияларнинг иссиқлик эффектини аниқлаш;
5. Кимёвий реакциялар ва физик-кимёвий жараёнларнинг иссиқлик эффектларини ўлчаш.

Топшириқлар:

-қўйи ва юқори молекуляр моддалар эритмаларининг ўзига хос томонларини кўрсатиш;

-полимер эритмаларининг ҳосил бўлиш механизмини ўрганиш

-эритманинг иссиқлик сиғимини аниқлаш;

-тузнинг интеграл эриш иссиқлигини аниқлаш;

-сувсиз туз ва сувдан кристаллогидратнинг ҳосил бўлиш иссиқлигини аниқлаш;

-кучли кислотанинг солиштира ва тўлиқ нейтралланиш иссиқлигини аниқлаш;

-тузнинг сувда эриш иссиқликларининг изотермасини тузиш;

-электролитнинг гидратланиш иссиқлигини аниқлаш;

-охирги эриш иссиқлигини аниқлаш;

-турли m концентратсияларда парциал моляр эриш иссиқликларини топиш;

-оралиқ иссиқликлар асосида интеграл эриш иссиқлигини аниқлаш;

$-C_p=f(m)$ чизмани тузиш.

Ҳисоблаш формулалари:

$$C_k = \sum C_{p,i} g_i \quad (1),$$

C_k – калориметрик системанинг иссиқлик сиғими;

$C_{p,i}$ – калориметр қисмларининг солиштира иссиқлик сиғимлари;

g_i – калориметр қисмларининг массалари.

$$\Delta H_{\text{ериш}} = C_k \Delta T M / g \quad (2),$$

$\Delta H_{\text{ериш}}$ – модданинг интеграл эриш иссиқлиги;

ΔT – бошланғич ва якуний даврлардаги Бекман термометри кўрсаткичларининг фарқи;

M – модданинг молекуляр массаси;

g – олинган модданинг массаси.

$$\Delta H_{\text{гидр.}} = \Delta H_{\text{сувсиз}} - \Delta H_{\text{крис.гидр.}} \quad (3),$$

$\Delta H_{\text{гидр}}$ – кристаллогидрат ҳосил бўлиш иссиқлиги;

$\Delta H_{\text{сувсиз}}$ – қуруқ тузнинг эриш иссиқлиги;

$\Delta H_{\text{крис.гидр}}$ – кристаллогидратнинг эриш иссиқлиги.

$$\Delta h_{\text{сол}} = \frac{\Delta H_k - \Delta H_{\text{сув.}}}{g_{\text{кисл.}}} \quad (4),$$

$\Delta h_{\text{сол}}$ – кислотани ишқор билан нейтраллаш солиштира иссиқлиги;

$\Delta H_k = C_k \Delta T$ – кислотанинг ишқор билан аралаштириш иссиқлик эффекти;

$\Delta H_{\text{сув.}}$ – кислотани сув билан суюлтириш иссиқлиги;

$g_{\text{кисл.}}$ – кислотанинг массаси.

$$\Delta H_M = \Delta h_{\text{сол}} \cdot \frac{100 \cdot M_{\text{кисл.}}}{P} \quad \text{ёки} \quad \Delta H_M = \frac{\Delta H_k - \Delta H_{\text{сув.}}}{V_{\text{кисл.}} \cdot m_{\text{кисл.}}} \quad (5),$$

$M_{\text{кисл.}}$ – кислотанинг моляр массаси;

P – кислотанинг протсент концентратсияси;

$V_{\text{кисл.}}$ – кислотанинг ҳажми;

$m_{\text{кисл.}}$ – кислотанинг моляр концентратсияси.

Ишнинг бажарилиши:

1. Калориметрик системанинг иссиқлик сиғимини аниқлаш

Калориметрик системанинг иссиқлик сиғимини калориметрик суюқлик ва у билан туташган калориметрнинг барча қисмлари (стакан, аралаштиргич, термометр, модда) йиғиндиси сифатида (1) тенгламадан ҳисобланади. Термометрнинг иссиқлик сиғими унинг калориметрик суюқликка туширилган қисми эгаллаган ҳажми шиша ва симобнинг ўртача ҳажмий иссиқлик сиғимига кўпайтириш орқали ҳисобланади: $1,925 \text{ Ж/см}^3 \cdot \text{К}$. Термометрнинг суюқликка ботирилган ҳажмини ўлчов силиндрда аниқлаб олинади. Қўлланилаётган материалларнинг солиштирма иссиқлик сиғимларини дарсликдан қаранг.

2. Бекманнинг метастатик термометрида симоб сатҳини ўрнатиш

Бекманнинг метастатик термометрининг оддий термометрдан фарқи шундаки, унинг капилляри юқори қисмидаги симоб учун мўлжалланган қўшимча резервуар билан уланган бўлади. Ушбу мослама термометрнинг пастки қисмидаги симобнинг миқдорини ўзгартиришга ва капиллярда симобнинг бизга керак бўлган сатҳини ўрнатишга имконият беради. Термометрнинг шкаласи одатда 5-6 градусга бўлинган ва ҳар бир кичик бўлакчалар 0,01 градусни ташкил қилади. Шунинг учун лупадан фойдаланиб ўлчашларни 0,002-0,003 градус аниқликда ўтказиш мумкин. Бекман термометрини калориметрик суюқликка ботирилганда симобнинг сатҳи шкаланинг ўрта қисмида бўлишини таъминлайдиган қилиб соланади. Агар у шкаланинг пастки қисмида ёки шкаладан пастда тўхтаб қолса, юқори резервуардан пастки асосий резервуарга қўшимча симоб ўтказилади.

3. ΔT ни аниқлаш

Калориметр доимийси C_k ни аниқлагандан, Бекман термометрини созлагандан ва калориметрик қурилмани йиғгандан кейин бевосита ΔT ни аниқлашга ўтилади. Тажриба вақтида ташқи қобик билан иссиқлик алмашиниши, шунингдек аралаштириш натижасида исиши ҳисобида калориметрик системанинг температураси ўзгаргани туфайли, ΔT нинг

ҳақиқий қиймати ўлчанган ΔT дан фарқ қилади. Иссиқлик алмашинишидаги ўзгаришларни $T=f(\tau)$ боғлиқликни ўрганиб тузатма киритиш орқали ҳисобга олинади (расмга қаранг). Барча тажриба 3та даврга бўлинади: дастлабки (камида 5 минут), асосий (жараён тезлигига боғлиқ) ва якуний (камида 5 минут). $T=f(\tau)$ боғлиқликни тузиш учун ҳар 30сек да термометрнинг кўрсаткичлари ёзиб борилади. График 1-2мм 0,01⁰С га мос келган масштабда чизилади (температуралар ўқида узилиш қилиш мумкин). ΔT ни график ёрдамида бундай аниқлаш иссиқлик алмашинишида йўқотилган ва аралаштириш натижасида қабул қилинган иссиқликнинг қийматини ҳисобга олишга имкон беради.

4. Тузнинг сувда интеграл эриш иссиқлигини ўлчаш

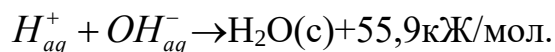
Стаканга 500мл дистилланган сув қуйилади. Ампулага 5г майдаланган куруқ туз солинади. Ампулани калориметрик суюқликнинг ичига ботириб маҳкамланади, 10-15мин термостатланади, сўнгра температура кўрсаткичларини ёзиб борилади(дастлабки давр). Ўн биринчи кўрсаткичда ампула синдирилади ва эритмадан олиб қўйилади, шу сабабли (1) тенгламадан C_k ни ҳисоблаётганда унинг иссиқлик сифими ҳисобга олинмайди. Жараённинг ΔT қиймати аниқлангандан кейин интеграл эриш иссиқлиги (2) тенгламадан ҳисобланади. $\Delta H_{\text{ериш}}$ иссиқлигини учта ўлчашнинг ўртачаси сифатида олинади ва Ж/мол ларда ифодаланди.

5. Кристаллогидратларнинг ҳосил бўлиш иссиқлигини ўлчаш

Сувсиз тузнинг ва кристаллогидратнинг интеграл эриш иссиқликлари ўлчанади ва Гесс қонуни бўйича (3) тенгламадан кристаллогидратнинг ҳосил бўлиш иссиқлиги ҳисобланади. Сувсиз туз ва кристаллогидратлар ҳосил бўлаётган эритмаларнинг концентратсиялари бир хил бўлишини таъминлайдиган миқдорларда олинади. Сувсиз туз солинган ампуланинг оғзини тиқин билан беркитиб қўйиш керак (ҳавонинг намини ўзига ютмаслиги учун).

6. Нейтралланиш иссиқлигини ўлчаш

Ҳар қандай кучли бир асосли 1 мол кислотанинг кучли асослар билан нейтралланиш реакцияси суюлтирилган сувли эритмаларда деярли бир хил экзотермик эффект билан боради: 298 К да $\sim 55,900$ кЖ/мол. Ушбу иссиқлик эффекти гидратланган водород ва гидроксил ионларидан суёқ сув ҳосил бўлиш реакциясига мос келади:



Кислотанинг ишқор билан солиштира $\Delta x_{\text{сол}}$ (1г эритмаси учун) ва моляр ΔH_m (кислотанинг 1моли учун) нейтралланиш иссиқликлари (4) ва (5) тенгламалардан аниқланади.

Калориметрик стаканга NaOH нинг 0,2% ли (0,1Н ли) эритмасидан 500см³ қуйилади. Бўш ва тўлдирилган стаканларни 0,1г аниқликда тортиб уларнинг фарқидан ишқор эритмасининг массаси аниқланади. Термостатлагандан ва бошланғич давридаги температуралар аниқлангандан сўнг, ишқор эритмасига олдиндан тушириб қўйилган 10см³ 10% ли (ёки 5,0Н ли) H₂SO₄ нинг эритмаси солинган ампула синдирилади. Эритмани аралаштириб турган ҳолда асосий даврдаги температура ўзгаришлари ёзиб борилади. Температура ўзгаришлари тўхтагандан кейин ҳам, якуний даврнинг нуқталарини аниқлаш мақсадида, ўлчашлар давом эттирилади. Сўнгра ΔT нинг қиймати $T=f(\tau)$ графикдан аниқланади (расмга қаранг) ва жараённинг иссиқлик эффекти ΔH_k ҳисобланади.

Кислота эритмасини ишқор эритмасига қуйгандаги умумий иссиқликка нейтралланиш иссиқлигидан ташқари кислотани ишқорда суюлтириш иссиқлиги ҳам киради (ишқор эритмасининг ҳажми катта бўлганлиги сабабли фақат кислотанинг суюлтириш иссиқлигини ҳисобга оламиз). Кислотанинг суюлтириш иссиқлиги $\Delta H_{\text{суюл.}}$ ни 10см³ 5,0 Н ли кислотани 500 см³ дистилланган сувга (ишқор эритмасига эмас!) қўшгандаги иссиқлик эффектини ўлчаб топамиз. Сульфат кислотанинг суюлтириш иссиқлиги ҳам экзотермик бўлганлиги сабабли, унинг қийматини умумий нейтралланиш иссиқлиги ΔH_k дан айириб ташланади.

Олинган натижалар жадвалга туширилади.

1-жадвал

Калориметрик системанинг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш

Система қисмлари	г, грамм	C _к	
		Солиштирма, Ж/г*К	Умумий, Ж/К
Стакан. Аралаштиригич. Калориметрик суюқлик (сув ёки 0,1 Н ли ишқор)..... Модда миқдори ёки 5 Н ли кислотанинг ҳажми Бекман термометрининг суюқликка ботган қисмининг ҳажми $C_k = \sum C_{p,i} g_i$			

2-жадвал

Ериш, кристаллогидрат ҳосил бўлиш ва нейтралланиш иссиқликларини ўлчаш натижалари

$T^0C =$; $V_{\text{кал. суюқ.}} = 500 \text{ см}^3$; $m_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ Н}$; $V_{\text{кисл.}} = 10 \text{ см}^3$; $m_{\text{кисл.}} = 5,0 \text{ Н}$.

Модданинг номи	Модда миқдори, г	М	ΔТ	ΔН _{ериш}	ΔН _{сувс} из	ΔН _{кр}	ΔН _{гидр.х.б}	ΔН _к	ΔН суюлт.	ΔН нейт	Δh сол., Ж/г
				Ж/мол							
K ₃ [Fe(CN) ₆]	5,0	328,8	ΔТ _{ериш} =								
CuSO ₄	5,0	159,5	ΔТ _{ериш} =								
CuSO ₄ *5H ₂ O		249,5	ΔТ _{ериш} =								
NaOH	500 мл	40	ΔТ _к =								
H ₂ SO ₄	10 мл	96									
H ₂ O	500 мл	18								ΔТ _{суюл} =	

6-мавзу. Эритмаларнинг коллигатив хоссалари

(криоскопик усул)

Ишнинг мақсади:

1. Эритмаларнинг буғ босими, музлаш ва қайнаш температураларининг ўзгариши;
2. Электролит эритмалар учун изотоник коэффициенти ва диссоцияланиш даражасини аниқлаш;
3. Эритма музлаш температурасининг пасайишини аниқлаш;
4. Клапейрон-Клаузиус тенгламасидан сублиматланиш ва буғланиш иссиқликларидан эритувчининг молекуляр суюқланиш иссиқлигини аниқлаш;
5. Раул қонунидан музлаш температураси пасайиши билан эриган модданинг моляр қисми орасидаги боғлиқликни аниқлаш;
6. Криоскопик доимийни аниқлаш;
7. Модданинг молекуляр массасини аниқлаш.

Топшириқлар:

-моляр массаси маълум бўлган ноэлектролит эриган модданинг $\Delta T_{\text{муз}}$ орқали эритувчининг музлаш константасини аниқлаш;

-еритувчининг музлаш константаси орқали номаълум ноэлектролит эриган модданинг моляр массасини аниқлаш;

-еритма $\Delta T_{\text{муз}}$ орқали диссоцияланиш қиймати унчалик кичик бўлмаган кучсиз электролитларнинг Вант-Гофф коэффитсиенти i ва диссоцияланиш даражасини ҳисоблаш;

- эритма $\Delta T_{\text{муз}}$ орқали кучли электролит эритмасидаги осмотик коэффитсиентини ҳисоблаш;

- эритма $\Delta T_{\text{муз}}$ орқали ноэлектролит эриган модданинг моляр концентратсиясини ҳисоблаш.

Ҳисоблаш формулалари:

$$M = K_{\text{муз}} g_2 \cdot 1000 / g_1 \cdot \Delta T_{\text{муз}} \quad (1);$$

$$K_{\text{муз}} = \Delta T_{\text{муз}} / m \quad (2);$$

$$i = \Delta T_{\text{муз}} / K_{\text{муз}} \cdot m \quad \text{ёки} \quad i = M_{\text{наз.}} / M_{\text{амал.}} \quad (3);$$

$$\alpha = (i - 1) / (\nu - 1) \quad (4);$$

$$m = \Delta T_{\text{муз}} / K_{\text{муз}} \quad (5);$$

$$\varphi = i / \nu = \Delta T_{\text{муз}} / K_{\text{муз}} \cdot m \cdot \nu \quad (6);$$

бу эрда:

M-ериган модданинг молекуляр массаси;

m-моляр концентратсия (температурага боғлиқ эмас) ва $m = g_2 \cdot 1000 / M \cdot g_1$ га тенг, бу эрда g_1 ва g_2 –еритувчи ва эриган моддаларнинг массалари;

i-Вант-Гоффнинг изотоник коэффитсиенти бўлиб, диссоциланиш натижасида эритмада заррачаларнинг сони неча мартага ортганини кўрсатади ва кучли электролитлар учун $\alpha = 1$ бўлганда $i = \nu$ бўлади;

α - диссоциланиш даражаси;

ν - битта молекуладан ҳосил бўладиган ионларнинг сони;

φ . кучли электролит эритмасидаги осмотик коэффитсиент, у реал эритманинг идеалликдан четланиш ўлчови бўлиб хизмат қилади ва тўлиқ диссоциланиш ва ионлараро таъсир кучлари бўлгандагина осмотик коэффитсиент i нинг ҳақиқий ва чегаравий қийматларининг нисбатига тенг.

Эритма суюлтирилиши билан осмотик коэффитсиент $\varphi \rightarrow 1$ га интилади;

$K_{\text{муз}}$ – эритувчининг музлаш константаси.

Музлаш константаси $K_{\text{муз}}$ (криоскопик доимий) ёки музлаш температурасининг моляр пасайиши ушбу эритувчига хос катталиқ бўлиб, эриган модданинг табиатига боғлиқ эмас. Унинг физик маъносини (2) тенгламадан тушунтирса бўлади: $K_{\text{муз}}$ 1000 г эритувчида 1 мол модда тутган эритма музлаш температурасининг пасайиши бўлиб, ушбу концентратсиядаги эритма идеал эритма хоссаларига эга бўлиши ва эриган модда диссоциланмаслиги ёки ассоциланмаслиги шарт. $K_{\text{муз}}$ ни тажрибада аниқлаш учун суюлтирилган эритмаларнинг $\Delta T_{\text{муз}}$ қийматлари ўлчанади, сўнгра

натижалар 1 мол учун қайта ҳисобланади. Тоза эритувчининг музлаш температураси T_0 ни ва солиштирма суюқланиш иссиқлиги Δh (Ж/г) ни билган ҳолда $K_{\text{муз}}$ ни назарий ҳисоблаш ҳам мумкин: $K_{\text{муз}} = RT_0^2/1000 \cdot \Delta h$,

бу эрда $R=8,314$ Ж/мол·К. Сув учун $K_{\text{муз}} = 1,86^0$ га тенг.

Ишнинг бажарилиши:

1. Бекман термометрни созлаш

Ишни бошлашдан аввал Бекман термометри шундай созланган бўлиши керакки, тажриба температурасида капиллярдаги симобнинг сатҳи термометр шкаласи чегарасида бўлсин. Криоскопия усулида ўлчаниши керак бўлган энг баланд температура эритувчининг музлаш температурасидир. Шунинг учун термометрнинг пастки резервуаридаги симоб тажриба температурасида капиллярдаги симобнинг сатҳи шкаланинг юқори қисмида бўлишини таъминлайдиган миқдорда бўлиши керак.

2. Эритувчининг ва ўрганилаётган модда суюлтирилган эритмасининг музлаш температурасини аниқлаш

Эритувчининг ва эритманинг музлаш температурасини аниқлаш учун криостат қўлланилади. У эритувчи учун мўлжалланган ён қисмидан эритилаётган моддани солиш учун мўлжалланган найча чиқарилган кенг шиша пробиркадан иборат. Пробиркани пўкак билан беркитилади ва унинг тешиклариغا Бекман термометри ва аралаштиргич жойлаштирилади. Пробиркани термометр ва аралаштиргич билан биргаликда янада кенгрок пробиркага жойлаштириб, ва криостатга туширилади. Криостат қалин чинни стакандан иборат бўлиб, совитувчи аралашма (муз ва туз) билан тўлдирилган ва унга аралаштиргич ва термометр ўрнатилган бўлади.

Аввало кўп мартаба эритувчининг музлаш температураси аниқланади. Бунинг учун пробиркага дистилланган сув қуйилади ($20\text{-}25\text{см}^3$). Пробирканинг тубига тегизилмаган ҳолда Бекман термометрининг қуйи резервуари сувга тўла қўмиладиган даражада термометр жойлаштирилади. Сўнггра Бекман термометри ва аралаштиргич билан жиҳозланган пробиркани янада кенгрок пробиркага солиб, совитувчи аралашмага туширилади. Магнит аралаштиргичдан ҳам фойдаланса бўлади. Пробиркалар орасидаги хаво қатлами бир текис совитиш учун хизмат қилади. Совитувчи аралашманинг температурасини вақти-вақти билан муз ёки туз қўшиб туриш орқали, ўлчанаётган музлаш температурасидан 2-3 градус пастроқда, доимий қилиб ушлаб турилади. Бир текис совитиш мақсадида суюқликни аралаштиргич ёрдамида аста-секин аралаштириб (бунда аралаштиргич термометрнинг қуйи резервуари деворларига тегиб ишқаланмаслиги лозим) турилади ва термометр капилляридаги симоб устунининг пастга тушишини кузатиб борилади. Суюқлик вақти-вақти билан аралаштириб турилмаса ўта совиш кузатилади ва

термометрнинг кўрсаткичлари бундан далолат бериб туради. Тоза эритувчи учун ўта совиш $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ гача рухсат этилади. Ўта совитилган суюқликни аралаштириш кристалланишни келтириб чиқаради ва кристалланиш иссиқлиги чиқиши ҳисобига температура ҳақиқий музлаш температурасигача кўтарилади ва бир қанча вақт ўзгармай қолади. Ушбу температура сувнинг музлаш температурасидир, чунки тоза эритувчининг кристалланиш жараёни биринчи кристаллар пайдо бўлишидан бошлаб то суюқликнинг тўла қотишигача доимий ва маълум бир температурада содир бўлади. Эритувчининг кристалланиш температураси аниқлангандан кейин пробиркани ташқи пробиркадан чиқарилади ва пробиркани кўл билан иситиб ҳосил бўлган кристаллар эритилади. Сўнгра пробирка яна совитувчи аралашмада қолдирилган ташқи пробиркага туширилади ва ўта совиш-кристалланиш жараёни қайтарилади. Кристалланиш температурасини аниқлашлардаги фарқ бир-биридан $0,003^{\circ}\text{C}$ дан кам бўлмагунча тажрибалар бир неча маротаба қайта ўтказилади.

Жадвал

Криоскопик усулда эритманинг $\Delta T_{\text{муз}}$, m , M ва $K_{\text{муз}}$ ҳамда электролит эритманинг i , α ва φ қийматларини аниқлаш

Тадқиқот объекти	g_1 , мл	g_2 , г	$T_{\text{крис.}}$		$\Delta T_{\text{муз}}$ з	M		$K_{\text{муз}}$		m		i	α	φ
			$T_{\text{ўлч}}$.	$T_{\text{ўр}}$ р		наз .	ҳис .	наз .	ҳис .	наз .	ҳис .			
Еритувчи :			1.											
			2.											
			3.											
			4.											
Ериган модда:			1.											
			2.											
			3.											
			4.											

Криоскопик усул изоморф бўлмаган бинар системаларнинг кучли суюлтирилган эритмаларига қўлланиши мумкин. Бундай эритма қотаётганда, аввало, тоза эритувчининг кристаллари ажралади ва эритманинг концентратсияси ортади, бунинг оқибатида кристалланиш температураси пасаяди. Шу сабабли эритманинг қотиш температураси аниқланаётганда кристалланишнинг бошланиш температурасини аниқлаш лозим. Бунинг учун пробирканинг ёнидаги найчадан ўрганилаётган модданинг аниқ миқдори (0,2-0,3г) киритилади. Модданинг миқдори унинг бюкс билан биргаликдаги ва тоза бюкс массаларининг фарқидан аниқланади. Сўнгра пробирка ташқи қобикдан чиқарилади, қўл билан иситилади ва эритувчининг кристалларини суюлтириб, модданинг эриши таъминланади. Тажриба натижалари юқоридаги жадвалга ёзилади.

Шундан сўнг эритмали пробирка ташқи қобикга жойлаштирилади ва худди тоза эритувчи учун қилинган амалларни бажариб, совитиш жараёни олиб борилади. Эритмани 0,2⁰С дан кўпроққа ўта совитиш мумкин эмаслигини эсда сақлаш лозим, акс ҳолда кристалланиш пастроқ температурада бошланади ва $\Delta T_{\text{муз}}$ ни ўлчашда хатоликни келтириб чиқаради. Тажрибалар бир неча маротаба ўтказилиб, кристалланиш температурасини топишдаги аниқлик 0,003⁰С бўлишига эришилади.

Тоза эритувчи ва эритманинг кристалланиш температураларининг фарқидан эритма кристалланиш температурасининг эритувчига нисбатан пасайиши $\Delta T_{\text{муз}}$ аниқланади. Эритувчи ва эритманинг кристалланиш температураларини битта машғулот давомида аниқлаш лозим, чунки Бекман термометри шкаласининг созланган қиймати, яъни термометрнинг нол нуқтаси, бир хил бўлиши шарт.

Ўлчаш хатоликлари баҳоланади. Энг катта хатолик, одатда температурани ўлчаш жараёнида бўлади. Модда миқдорини ошириш нисбий хатоликни камайтиради, чунки $\Delta T_{\text{муз}}$ нинг қиймати ортади. Аммо криоскопик усул фақат суюлтирилган эритмалар учун адолатлидир, шунинг учун концентратсияни жуда ошириб юбориш ($m=0,3$ дан юқори) тавсия этилмайди.

Жадвал

Криоскопик усулда эритманинг $\Delta T_{\text{муз}}$, m , M ва $K_{\text{муз}}$ ҳамда электролит эритманинг i, α ва φ қийматларини аниқлаш

Тадқиқот объекти	g_1 , мл	g_2 , г	$T_{\text{крист.}}$		$\Delta T_{\text{муз}}$ з	M		$K_{\text{муз}}$		m		i	α	φ
			$T_{\text{ўлч}}$.	$T_{\text{ў}}$ р		наз .	ҳис .	наз .	ҳис .	наз .	ҳис .			

Эритувчи :			1. 2. 3. 4.										
Эриган модда:			1. 2. 3. 4.										

Криоскопик усул изоморф бўлмаган бинар системаларнинг кучли суюлтирилган эритмаларига қўлланиши мумкин. Бундай эритма қотаётганда, аввало, тоза эритувчининг кристаллари ажралади ва эритманинг концентратсияси ортади, бунинг оқибатида кристалланиш температураси пасаяди. Шу сабабли эритманинг қотиш температураси аниқланаётганда кристалланишнинг бошланиш температурасини аниқлаш лозим. Бунинг учун пробирканинг ёнидаги найчадан ўрганилаётган модданинг аниқ миқдори (0,2-0,3г) киритилади. Модданинг миқдори унинг бюкс билан биргаликдаги ва тоза бюкс массаларининг фарқидан аниқланади. Сўнгра пробирка ташқи қобикдан чиқарилади, қўл билан иситилади ва эритувчининг кристалларини суюлтириб, модданинг эриши таъминланади. Тажриба натижалари юқоридаги жадвалга ёзилади.

Шундан сўнг эритмали пробирка ташқи қобикга жойлаштирилади ва худди тоза эритувчи учун қилинган амалларни бажариб, совитиш жараёни олиб борилади. Эритмани 0,2⁰С дан кўпроққа ўта совитиш мумкин эмаслигини эсда сақлаш лозим, акс ҳолда кристалланиш пастроқ температурада бошланади ва $\Delta T_{\text{муз}}$ ни ўлчашда хатоликни келтириб чиқаради. Тажрибалар бир неча маротаба ўтказилиб, кристалланиш температурасини топишдаги аниқлик 0,003⁰С бўлишига эришилади.

Тоза эритувчи ва эритманинг кристалланиш температураларининг фарқидан эритма кристалланиш температурасининг эритувчига нисбатан пасайиши $\Delta T_{\text{муз}}$ аниқланади. Эритувчи ва эритманинг кристалланиш температураларини битта машғулот давомида аниқлаш лозим, чунки Бекман

термометри шкаласининг созланган қиймати, яъни термометрнинг нол нуқтаси, бир хил бўлиши шарт.

Ўлчаш хатоликлари баҳоланади. Энг катта хатолик, одатда температурани ўлчаш жараёнида бўлади. Модда миқдорини ошириш нисбий хатоликни камайтиради, чунки $\Delta T_{\text{муз}}$ нинг қиймати ортади. Аммо криоскопик усул фақат суялтирилган эритмалар учун адолатлидир, шунинг учун концентратсияни жуда ошириб юбориш ($m=0,3$ дан юқори) тавсия этилмайди.

Назорат саволлаои

1. Гиббс энергияси. Гельмгольц энергияси.
2. Термодинамик системалар ва уларнинг хиллари.
3. Ички энергия билан иссиқлик сиғими орасида қандай боғлиқлик бор?
4. Реакция иссиқлик эффектининг ички энергия ёки энтальпия билан боғлиқлиги.
5. Идеал газ ҳолат тенгламасининг дифференциал кўриниши қандай?
6. Моддаларнинг стандарт ҳосил бўлиш иссиқлиги тушунчасини ёритинг.

VI. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Абсолют харорат	Бу, цельсий шкаласи бўйича нульдан 273.16^0 паст бўлган ва абсолют ноль деб аталувчи градусдан бошлаб ҳисобланадиган хароратдир.	This is a temperature below 273.160 degrees Celsius, which is calculated from the zero zero, and the absolute zero.
Адсорбция	модда заррачаларининг (молекула, атом, ионларнинг) иккинчи модда юзасига шимилиш жараёни.	The process of absorbing particles (molecules, atoms, ions) into the surface of the second substance.
Агрегат ҳолат	моддалар одатда газ, суюқ ва каттиқ ҳолатда бўлади, буларни моддаларнинг агрегат ҳолати дейилади.	Substances are usually gas, liquid, and solid, which is called aggregate state of matter.
Агрегация	юқори дисперс заррачаларни ўзаро бирикиб, қирик заррачалар ҳосил қилишига айтилади.	highly dispersed particles that are bonded together to form
Аддитив хоссалар	Бирор система, модда ёки эритманинг баъзи хоссаларига уларнинг таркибий хоссаларининг йиғиндисидан иборат бўлиши.	The presence of a particular system, substance, or solution with some of its constituent properties.
Гомоген система	бир фазадан иборат системаларга айтилади.	single phase systems.
Гетероген система	турли физик ва кимёвий хоссаларга эга турли фазалардан иборат система.	system of different phases with different physical and chemical properties.
Гидратлар	кўпгина моддалар эриганда уларнинг молекулалари эритувчи молекулалари билан бирикади, бу ҳосил бўлган бирикмалар сольватлар дейилади, агарда эритувчи сув бўлса гидратлар дейилади. Баъзи гидратлар етарли даражада барқарор бўлиб улар эритмадан ташқарида ҳосил бўладилар, буларни	When most substances are dissolved, their molecules are combined with solvent molecules, the compounds that are formed are called solvates, and if solvent water is called hydrates. Some hydrates are stable enough to form outside the solution, which are called crystalloglycites, such as $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

	кристаллогидроитлар деб аталади, масалан, $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Гидратланиш иссиқлиги	сув молекулаларини эриган модда молекулалари билан ўзаро боғланиши жараёнида ажралиб чиқадиган иссиқликка айтилади	the heat released by the interaction of water molecules with dissolved molecules
Ёниш иссиқлиги	бир грамм (ёки 1 грамм молекула) тўла ёнганда ажралиб чиқадиган иссиқлик.	one gram (or 1 gram of molecule) of heat that is completely dissolved in the combustion.
Диффузион потенциал	икки эритмани ажратиб турадиган юза орқали ионлар диффузияси натижасида ҳосил бўладиган потенциал.	potential due to ion diffusion through the surface separating the two solutions.
Ярим емирилиши даври	радиактив элементинг бошда олинган миқдорининг яримиси емирилгунча кетган вақти, масалан y нинг ярим емирилиши даври $4.6 \cdot 10^9$ йил.	the half-life of the radioactive element at the beginning of its decay, for example, the half-life of y is $4.6 \cdot 10^9$ years.
Изоморфизм	Кимёвий табиатлари жихатидан бир-бириларига яқин бўлган моддаларни бир хил шакилдаги кристаллар ҳосил қилишига айтилади.	It is said that they have the same form of crystals as substances that are close to each other in their chemical properties.
Изотерма	жараёни ўзгармас ҳароратда қандай қонуният билан боришини кўрсатувчи математик ва геометрик ифодаси.	mathematical and geometric expression of how the process proceeds at constant temperature.
Ички энергия –	моддани ташкил қилган атом ва молекулалар ҳаракатининг энергия захираси.	energy reserve of movement of atoms and molecules that comprise matter.
Ионлар ҳаракатчан- лиги	ионларни эритмадаги ҳаракат тезлигини кўрсатади.	indicates the velocity of the ions dissolved in the

Иссиқлик сиғим	а) солиштирма иссиқлик сиғим, бу 1 г модда хароратини 1 ⁰ С га кўтариш учун сарфланадиган иссиқлик; б) моляр иссиқлик сиғим, бу 1 моль мода хароратини 1 ⁰ С га кўтариш учун сарфланадиган иссиқлик	a) Specific heat capacity, which is the heat used to raise the temperature of 1 g of the substance to 10 C; b) Molar heat capacity, which is the heat used to raise the fashion temperature of 1 mole to 10 C
Катализ	Кимёвий реакция тезлигини баъзи моддалар яъни катализаторлар иштирокида ўзгартириш жараёни.	The process of changing the rate of a chemical reaction with the presence of certain substances, catalysts.
Криоскопик доимий	1000 г эритувчида 1 моль модда эриган эритманинг тоза эритувчининг музлаш (қотиш) хароратига нисбатан пасайишини кўрсатувчи катталиқ. Бу катталиқ турли эритувчилар учун турлича бўлади.	Size, indicating a decrease in the dissolved solvent per 1000 g of solvent freezing (freezing) temperature. This size varies for different solvents.
Иш	бир системадан иккинчи системага энергия узатишнинг яна бир тури бўлиб, бунда иш бажарилаётган системанинг ички энергияси камаяди, таъсир қилинаётган системанинг энергияси эса, бажарилган ишга мос равишда ортади. Иш ва иссиқлик ўзаро эквивалентдир. Иссиқликнинг ўлчов бирлиги калория ва ишнинг ўлчов бирлиги жоуль деб қабул қилинган	is another type of energy transfer from one system to another, where the internal energy of the system in which it operates is reduced, and the energy of the affected system increases accordingly. Work and heat are mutually equivalent. The unit of measure of heat is the calorie and the unit of measure is considered to be joule
Босим	бирлик сирт юзасига таъсир қилувчи куч бўлиб, турли бирликларда ифодаланади: <i>Паскаль, н/м², бар</i> ва <i>мм сим.уст.</i> Бунда доимо система босимининг атмосфера босими билан фарқи эмас,	unit is the force acting on the surface and expressed in various units: Pascal, n / m ² , bar and mm sim.ust. It always shows absolute pressure, not the difference of system pressure with atmospheric pressure.

	балки абсолют босим кўрсатилади.	
Синтез	бу предметнинг билинган томонлари, белгилари, хоссалари ва ҳоказоларни фикран бирлаштириш, объектнинг тузилишини унинг барча алоқалари, муносабатлари, ривожланиши ва фаолиятига боғлаб тушуниб етишдир	
Эксперт	касбий билим ва алоқалари ўрганилаётган масалада йўналишларни белгилаб олиш имконини берадиган шахс. У мавжуд муаммога янгича қарашга ўргатиб, асосий материалларни беради, ахборотнинг номаълум бўлган манбаларини кўрсатиб беради	
Тажриба Эксперимент	хулоса ва вазиятларнинг назарий асосини текшириш мақсадида сунъий вазиятни юзага келтириш йўли билан тажриба ўтказиш услуги табиий фанлардаги асосий услублардан бири	
Қарор қабул қилиш	Муқобил вариантлардан энг мақбулини танлаш, шакллантирилган билимларни қўллаш конкрет амалий масалаларни ечиш учун тайёр модел, усул, шакл, формулалардан фойдаланишдир.	
Қарор қабул қилиш технологияси	ахборот тизимларида қарор қабул қилиш тўғрисидаги шакллантирилган билимларга асосланган ахборот технологияси.	

Қарор қабул қилиш моҳияти	алтернатив қарорлар тўпламидан керакли қисмини танлаш ёки уларни тартибга солиш	
--	--	--

VII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантири чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимида бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида »ги ПҚ-4391- сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли фармони.
14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли

Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.
16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.
17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.
18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.
19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.
20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.
21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

III. Махсус адабиётлар

22. D.Imboden, S.Pfenninger Introduction to Systems Analysis: Mathematically Modeling Natural Systems, Springer: Heidelberg New York Dordrecht London, 2013
23. Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity, Jamshid Gharajedaghi, Butterworth Heinemann, Oxford, 1999.
24. P.E.Wellstead Introduction to physical system modeling, Hamilton Institute, 2005
25. Eisenführ, Franz, Weber, Martin, Langer, Thomas Rational Decision Making. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2010.
26. Systems analysis and design / Alan Dennis, Barbara Haley Wixom, Roberta M. Roth. – 5 th ed., Printed in the United States of America, 2012, – 594 p.
27. Gary B. Shelly, Harry J. Rosenblatt. Systems analysis and design. – Ninth ed., Printed in the United States of America, 2012, - 248 p.
28. Тизимли таҳлил: назария ва амалиёт масалалари (педагогик фаолият мисолида) / — Тошкент: «Adabiyot uchqunlari». 2017 - 208 б.

29. Xudaynazarov A. Tizimli tahlil asoslari / Darslik. – T.: TDYU, 2016. – 160 b.
30. Каримова В.А., Зайнутдинова М.Б. Информационные системы. Т.:Aloqachi. 2017. 256 стр.
31. Karimova V. Tizimli tahlil asoslari / Darslik. – T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati, 2014. – 192 b.
32. Yusupbekov N.R., Aliyev R.A., Aliyev R.R., Yusupbekov A.N., Boshqarishning intellectual tizimlari va qaror qabul qilish. –T.: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi DIN. 2015. 572 b.
33. Самаров Р. Педагогик фаолият тизими такомиллашувини таъминлашда тизимли таҳлил: функционал ёндашув // Ж. Замонавий таълим 2015, 12-сон. 23-29 – бетлар.
34. Ғозиев Э., Самаров Р. Илмий ижод ва олимнинг шахси // Ж. Таълим муаммолари. 2014. 2 – сон.
35. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2016. - 336 с.
36. Козлов, В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений. - М.: Проспект, 2016. - 176 с.
37. Андрейчиков, А.В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза. - М.: Ленанд, 2015. - 306 с
38. В.Н.Чернышов, А.В.Чернышов Теория систем и системный анализ: Учеб.пособие. Тамбов: ТГТУ, 2008
39. Ўзбекистон миллий энциклопедияси. – Т.: Давлат илмий нашриёти, 2004.

IV. Интернет сайтлар

1. www.edu.uz
2. www.bimm.uz
3. www.ziynet.uz
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_analysis
5. <http://www.physicalsystems.org/index04.02.engl.html>