

O'QUV-USLUBIY MAJMUA



FIZIKAVIY KIMYO: ZAMONAVIY NAZARIYA VA AMALIYOT

2025

KIMYO



MALAKA OSHIRISH MARKAZI:

SamDu Huzuridagi
PKQTVUMOMM

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
OLIY TA’LIM TIZIMI KADRLARINI QAYTA TAYYORLASH VA
MALAKASINI OSHIRISHNI INSTITUTI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH MINTAQAVIY MARKAZI**

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot”

**MODULI BO’YICHA
O’QUV–USLUBIY MAJMUA**

CAMARQAND-2025

Modulning o'quv-uslubiy majmuasi Oliy, o'rta maxsus va professional ta'lim yo'nalishlari bo'yicha o'quv-uslubiy birlashmalari faoliyatini Muvofiqlashtirish kengashining 2024-yil 27-dekabrda 485-sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan o'quv dasturi va o'quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi: X.Trobov – SamDU professori, k.f.d.

Taqrizchi: Q.Xalilov – SamDU professori, k.f.n.

O'quv-uslubiy majmua SamDU huzuridagi PKQT va UMOM markazi ishlab chiqarish kengashining 2025-yil 25-yanvardagi 6-sonli qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan.

MUNDARIJA

I. ISHCHI DASTUR.....	4
II. MODULNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA'LIM METODLARI.....	10
III. NAZARIY MASHG'ULOT MATERIALLARI.....	<u>13</u>
IV. AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI.....	<u>58</u>
V. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI	86
VI.GLOSSARIY	87
VII. ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	<u>91</u>

I. ISHCHI DASTUR

KIRISH

Dastur O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha xarakatlar strategiyasi to'g'risida"gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgustdagi "Oliy ta'lim muassasalari raxbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida"gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktyabrdagi "O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5847-sonli Farmonlari va 2020 yil 12 avgustdagi "Kimyo va biologiya yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4805-sonli hamda O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Ma'kamasining 2019 yil 23 sentyabrdagi "Oliy ta'lim muassasalari raxbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 797-sonli qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo'lib, u oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovasion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg'or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o'zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko'nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan mavzular ta'lim sohasi bo'yicha pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish mazmuni, sifati va ularning tayyorgarligiga qo'yiladigan umumiy malaka talablari va o'quv rejalari asosida shakllantirilgan bo'lib, uning mazmuni kredit modul tizimi va o'quv jarayonini tashkil etish, ilmiy va innovasion faoliyatni rivojlantirish, pedagogning kasbiy professionalligini oshirish, ta'lim jarayoniga raqamli texnologiyalarni joriy etish, maxsus maqsadlarga yo'naltirilgan ingliz tili, mutaxassislik fanlar negizida ilmiy va amaliy tadqiqotlar, o'quv jarayonini tashkil etishning zamonaviy uslublari bo'yicha so'nggi yutuqlar, pedagogning kreativ kompetentligini rivojlantirish, ta'lim jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida individuallashtirish, masofaviy ta'lim xizmatlarini rivojlantirish, vebinar, onlayn, «blended learning», «flipped classroom» texnologiyalarini amaliyotga keng qo'llash bo'yicha tegishli bilim, ko'nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan.

Qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishining o'ziga xos xususiyatlari hamda dolzarb masalalaridan kelib chiqqan holda dasturda tinglovchilarning mutaxassislik fanlar doirasidagi bilim, ko'nikma, malaka hamda kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar takomillashtirilishi mumkin.

FIZIKAVIY KIMYO: ZAMONAVIY NAZARIYA VA AMALIYOT MODULNING MAQSADI VA VAZIFALARI

Fizik kimyoning termodinamik qonunlari, kimyoviy reaksiyalarni termodinamik nuqtai nazardan yo‘nalishini aniqlash usullari. Kimyoviy jarayonlar va eritmalar termodinamikasi.

Fizikaviy kimyoning dolzarb mavzularga bag‘ishlangan yangi zamonaviy ilmiy yo‘nalishlari. Vodorod energetikasi yo‘nalishidagi ilmiy tadqiqotlar. Polimer xususiyatli grafitsimon nanofotokatalizatorlar. Muqobil energetika. Qo‘rg‘oshin saqlamagan qo‘sh perovskitlar asosida ekologik toza quyosh elementlarining sintezi va optik xossalari. Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo‘llanilishi. Elektr o‘tkazuvchan polimerlar. Supramolekulyar kimyo yo‘nalishidagi ilmiy izlanishlar.

Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer gellar. Statistik va klassik termodinamikada entropiya. Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekulyar reaksiyalarda qollash. O‘tar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash. Geterogen va fermentativ katalizning o‘ziga xos xususiyatlari.

Modulning maqsadi:

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot” moduli maqsadi pedagog kadrlarning o‘quv-tarbiyaviy jarayonlarini yuqori ilmiy-metodik darajada ta‘minlashlari uchun zarur bo‘ladigan kasbiy bilim, ko‘nikma va malakalarini muntazam yangilash, kasbiy kompetentligi va pedagogik mahoratining uzluksiz rivojlanishini ta‘minlashdan iborat.

Modulning vazifalari:

Tinglovchi quyidagi malaka va ko‘nikmalarga ega bo‘lishi lozim:

- talabalarni o‘ziga jalb qilgan xolda yangi pedagogik texnologiyalar asosida fanni tushuntirish;

- egallangan tajribani tanqidiy ko‘rib chiqish qobiliyati, zarur bo‘lganda o‘z kasbiy faoliyatining turi va xarakterini o‘zgartirish;

- kasbiy faoliyatda tabiiy-ilmiy fanlarning asosiy qonunlaridan foydalanish, matematik taxlil va modellash, nazariy va eksperimental tadqiqot metodlarini qo‘llash;

- bugungi raqamli texnologiyalar davrida jamiyatning rivojlanishidagi axborot texnologiyalarining mohiyati va ahamiyatini tushunish malakalariga ega bo‘lishi kerak;

Tinglovchi:

- zamonaviy va innovasion ta‘lim muhitini boshqarish;

- kimyo bo'yicha zamonaviy va innovasion ta'lim texnologiyalariga asoslangan o'quv-bilish faoliyatini tashkil etish;
- kimyo sohasi bo'yicha tinglovchilarning izlanishli-ijodiy faoliyatga jalb etish kompetensiyalarni egallashi lozim.

Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot” kursi bo'yicha tinglovchilar quyidagi yangi bilim, ko'nikma, malaka hamda kompetensiyalarga ega bo'lishlari talab etiladi:

Tinglovchi:

- kimyo ta'lim jarayonining tabiiy va aniq fanlar ta'lim jarayonlari bilan umumiyligini, o'qitish prinsiplari va qonuniyatlarini;
- tabiiy va sintetik moddalar analizining zamonaviy usullarini;
- zamonaviy fizik kimyoning rivojlanish yo'nalishlarini;
- funksional materiallarning fizik va kimyoviy xossalari to'g'risida ma'lumotlarni;
- termodinamika qonunlari va kinetika nazariyalarini o'zaro bog'liqliklari va ularning turlarini;
- kimyo sanoati bilan bog'liq ekologik muammolar va ularni hal qilish yo'llarini ***bilishi*** kerak.

Tinglovchi:

- so'nggi yillardagi ilmiy yutuqlardan kimyo ta'limida foydalanish;
- fizikaviy kimyo yo'nalishida nanotexnologiyalar asosida olingan materiallardan zamonaviy texnika xomashyolarini ishlab chiqish;
- fizikaviy va kvant kimyolar orasidagi o'zaro bog'liqliklarni aniqlash va ularning xossalarni molekulyar tuzilishi asosida tushuntirish;
- termodinamika qonunlari va ularning mohiyati to'g'risida;
- polimer gellarga ega bo'lgan organik polimerlarni sintez qilish ***ko'nikmalariga*** ega bo'lishi lozim.
- tabiiy va sintetik polimer birikmalarni fiziologik faolligi, tirik organizmda bajaradigan funksiyalari va davolash imkoniyatlari to'g'risida zamonaviy ma'lumotlarni;

Tinglovchi:

- fanning rivojlanishiga doir so'nggi ilmiy nazariyalar va ularning mualliflari faoliyatini tahlil qilish;
- polimer gellarni, kvant nuqtalarni farmasevtika, medisina, oziq-ovqat, yengil sanoat vositalari sifatida ishlatish;
- termodinamika qonunlarini kimyo sanoatining turli sohalarida qo'llanilishi;
- polimer sorbentlarning amaliy ahamiyati to'g'risida;

• fizikaviy kimyoni o'qitishda verbal (belgili) va vizual (virtual) namoyish usullaridan foydalanish **malakalariga** ega bo'lishi zarur.

Modulni tashkil etish va o'tkazish bo'yicha tavsiyalar

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot” moduli materiallari bilan kurs tinglovchilarini tanishtirish ma'ruza va amaliy MASHG'ULOTlar shaklida olib boriladi.

Kursni o'qitish jarayonida ta'limining zamonaviy usullari, kompyuter texnologiyalari, internet tarmog'idan olingan yangiliklarni qo'llash usulidan foydalaniladi. Ma'ruza darslarida prezentasiya usulida, amaliy MASHG'ULOTlarda esa yangi laboratoriya, aqliy xujum, guruxli fikrlash usullaridan foydalanish nazarda tutiladi.

Modulning o'quv rejadagi boshqa modullar bilan bog'liqligi va uzviyligi

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot” moduli mazmuni o'quv rejadagi kimyoning boshqa modullari bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning bu soha bo'yicha kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini o'ttirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta'limdagi o'rni

“Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariya va amaliyot” modulini o'zlashtirish orqali tinglovchilar ta'lim jarayonini tashkil etishdagi texnologik yondoshuv asoslarini, bu boradagi ilg'or tajriba va yangiliklarni o'rganadilar, ularni taxlil etish, amalda qo'llash va baholashga doir kasbiy yutuqlarga ega bo'ladilar.

Modul bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Hammasi	Auditoriya o'quv yuklamasi		
			Jami	jumladan	
				Nazariy	Amaliy mashg'ulot
1.	Fizik kimyoning termodinamik qonunlari, kimyoviy reaksiyalarni termodinamik nuqtai nazardan yo'nalishini aniqlash usullari. Kimyoviy jarayonlar va eritmalar termodinamikasi.	4	4	2	2
2.	Polimer xususiyatli grafitsimon nanofotokatalizatorlar. Muqobil energetika. Qo'rg'oshin saqlamagan qo'sh perovskitlar asosida ekologik toza quyosh elementlarining sintezi va optik xossalari. Kvant nuqtalari sintezi,	6	6	2	4

	xossalari va qo'llanilishi. Elektr o'tkazuvchan polimerlar. Supramolekulyar kimyo yo'nalishidagi ilmiy izlanishlar.				
3.	Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer gellar. Statistik va klassik termodinamikada entropiya.	4	4	2	2
4.	Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekulyar reaksiyalarda qo'llash. O'tar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash. Geterogen va fermentativ katalizning o'ziga xos xususiyatlari.	4	4	2	2
Jami:		18	18	8	10

NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-Mavzu. Fizik kimyoning termodinamik qonunlari va eritmalar termodinamikasi (2-soat)

Reja:

1. Termodinamikaning birinchi qonuni.
2. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
3. Termodinamikaning uchinchi qonuni.
4. Parsial molyar kattaliklar.

2-Mavzu. Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer Gellar (2-soat)

Reja:

1. Polimer eritmada qutbiy guruhlar aktivligi.
2. Aralash ion ko'rinishida bo'lgan polimer eritmaning tarkibi va xossalarini aniqlash
3. Quyi molekulyar birikmalarning qutbiy guruhlar bilan o'zaro ta'siri.
4. Polimer gel' kinetikasi.

3-Mavzu. Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi, uch-molekulyar reaksiyalarda qo'llash. Otar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash (2-soat)

Reja:

1. Faol to'qnashishlar nazariyasi.
2. To'qnashishlar soni orqali tezlik konstantasini hisoblash
3. Faol kompleks nazariyasi.
4. Otar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash

4-mavzu. Geterogen va fermentativ katalizning o'ziga xos xususiyatlari (2-soat)

Reja:

1. Geterogen kataliz.

2. Fermentativ kataliz

Qattiq katalizator sirtida katalitik reaksiyalarning borish jarayonini besh bosqichga bo'lish mumkin:

- 1) katalizator sirtiga moddalarning diffuziyalanishi;
- 2) moddalarning qaytar adsorbsiyalanishi;
- 3) adsorbsion qavatda reaksiyaning borishi;
- 4) sirt yuzasidan mahsulotlarning qaytar desorbsiyalanishi;
- 5) reaksiya mahsulotlarining sirt yuzasidan atrofga diffuziyalanishi;

Bunday katalitik reaksiyaning umumiy tezligi eng sekin o'tadigan bosqich tezligiga teng bo'ladi.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-Amaliy ish. Mavzu: Kimyoviy jarayonlar. Issiqlik sig'imini kalorimetrik usulda o'lchash orqali termodinamik funksiyalarni hisoblash.

(2 soat)

R E J A:

1. Kimyoviy jarayonlar. Issiqlik sig'imi.
2. Kalorimetrik usulda o'lchash orqali termodinamik funksiyalarni hisoblash.
3. Termodinamik funksiyalar va termodinamik parametrlar.

2-Amaliy ish. VODOROD ENERGETIKASI:

Polimer xususiyatli grafitsimon nanofotokatalizatorlar (2 soat)

R E J A:

1. Uglerod nitrid polimeri zamonaviy kvant materialshunosligining eng istiqbolli yo'nalishi.
2. Grafendan yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar olish.
3. Nanofotokatalizatorlarning xalq xo'jaligida qo'llanilishi.

3--Amaliy ish. Kvant nuqtalar sintezi, xossalari va qo'llanilishi.

(2 soat)

R E J A:

1. Zol-gel usulida Kvant nuqtalar sintezi.
2. Uglerod kvant nuqtalari (CD) - nanomateriallarning yangi sinfi.
3. Gibrid kvant nuqtalarining fotokatalitik xossalari
4. Mavzu yuzasidan test savollari, misollarni muhokama qilish.

4--Amaliy ish. Polimer gellarning bo'kish kinetikasi (2 soat)

R E J A:

1. Polimer gellarning olinishi.
2. Optik mikrometriya usulida Polimer gellarning bo'kish kinetikasini o'rganish.
3. Polimer gellarning bo'kish termodinamikasini o'rganish.

4--Amaliy ish. Fermentativ kataliz (2 soat)

REJA:

- 1.Fermentativ jarayonlar kinetikasi.
- 2.Mixaelis konstantasini tajribada aniqlash.
- 3.Peroksidaza fermenti yordamida Mixaelis konstantasi va reaksiyaning maksimal tezligini aniqlash.
- 4.Kaliy iodid bilan Mixaelis konstantasi va reaksiyaning maksimal tezligini aniqlash

O'QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul boyicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi: ma'ruzalar, amaliy MASHG'ULOTlarida kimyo fanlarni o'qitish metodikasi sohasidagi yangi ma'lumotlar, zamonaviy texnika hamda texnologiyalar bilan tanishtirish, nazariy bilimlarini mustahkamlash.

O'tkaziladigan amaliy MASHG'ULOTlarda texnik vositalardan, grafik organayzerlardan, keyslardan foydalanish, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, blis-so'rovlardan, sinkveyn va boshqa interaktiv ta'lim usullarini qo'llash nazarda tutiladi.

II.MODULNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA'LIM METODLARI.

“Tushunchalar tahlili” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod talabalar yoki qatnashchilarni mavzu buyicha tayanch tushunchalarni o'zlashtirish darajasini aniqlash, o'z bilimlarini mustaqil ravishda tekshirish, baholash, shuningdek, yangi mavzu buyicha dastlabki bilimlar darajasini tashhis qilish maqsadida qo'llaniladi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

- ishtirokchilar MASHG'ULOT qoidalari bilan tanishtiriladi;
- o'quvchilarga mavzuga yoki bobga tegishli bo'lgan so'zlar, tushunchalar nomi tushirilgan tarqatmalar beriladi (individual yoki guruhli tartibda);
- o'quvchilar mazkur tushunchalar qanday ma'no anglatishi, qachon, qanday holatlarda qo'llanilishi haqida yozma ma'lumot beradilar;
- belgilangan vaqt yakuniga yetgach o'qituvchi berilgan tushunchalarning tugri va tuliq izohini uqib eshittiradi yoki slayd orqali namoyish etadi;
- har bir ishtirokchi berilgan tugri javoblar bilan uzining shaxsiy munosabatini taqqoslaydi, farqlarini aniqlaydi va o'z bilim darajasini tekshirib, baholaydi.

“Davra suhbatlari” metodi

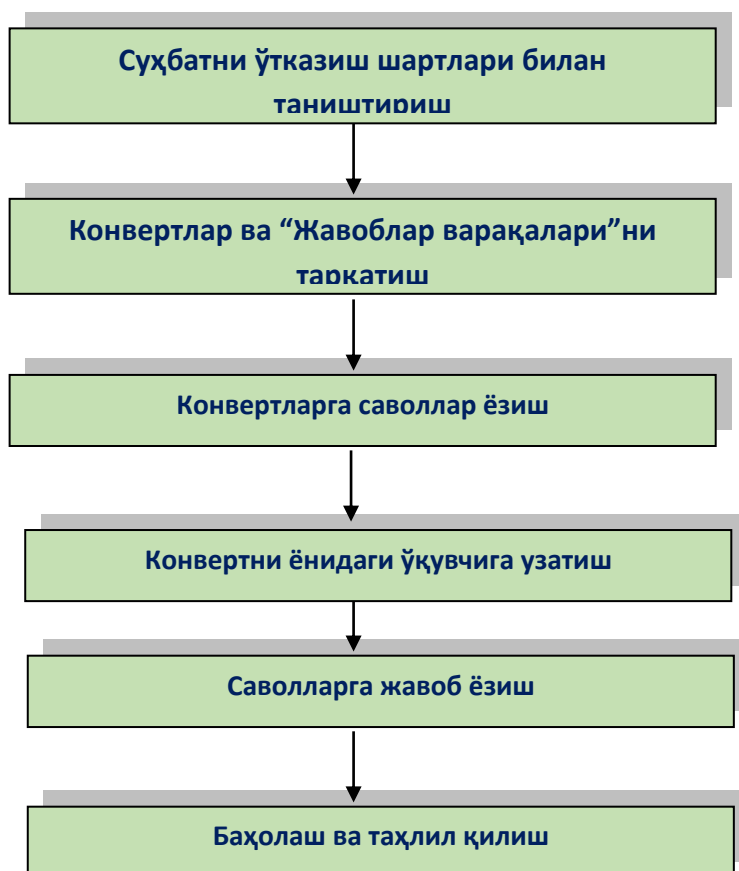
Aylana stol atrofida berilgan muammo yoki savollar yuzasidan ta'lim oluvchilar tomonidan o'z fikr-mulohazalarini bildirish orqali olib boriladigan o'qitish metodidir.

“Davra suhbatlari” metodi qo'llanilganda stol-stullarni doira shaklida

joylashtirish kerak. Bu har bir ta'lim oluvchining bir-biri bilan "ko'z aloqasi"ni o'rnatib turishiga yordam beradi. Davra suhbatining og'zaki va yozma shakllari mavjuddir. Og'zaki davra suhbatida ta'lim beruvchi mavzuni boshlab beradi va ta'lim oluvchilardan ushbu savol boyicha o'z fikr-mulohazalarini bildirishlarini so'raydi va aylana boylab har bir ta'lim oluvchi o'z fikr-mulohazalarini og'zaki bayon etadilar. So'zlayotgan ta'lim oluvchini barcha diqqat bilan tinglaydi, agar muhokama qilish lozim bo'lsa, barcha fikr-mulohazalar tinglanib bo'lingandan so'ng muhokama qilinadi. Bu esa ta'lim oluvchilarning mustaqil fikrlashiga va nutq madaniyatining rivojlanishiga yordam beradi.

Davra stolining tuzilmasi

Yozma davra suhbatida stol-stullar aylana shaklida joylashtirilib, har bir ta'lim oluvchiga konvert qog'ozi beriladi. Har bir ta'lim oluvchi konvert ustiga ma'lum bir mavzu boyicha o'z savolini beradi va "Javob varaqasi"ning biriga o'z javobini yozib, konvert ichiga solib qoyadi. Shundan so'ng konvertni soat yo'nalishi boyicha yonidagi ta'lim oluvchiga uzatadi. Konvertni olgan ta'lim oluvchi o'z javobini "Javoblar varaqasi"ning biriga yozib, konvert ichiga solib qoyadi va yonidagi ta'lim oluvchiga uzatadi. Barcha konvertlar aylana boylab harakatlanadi. Yakuniy qismda barcha konvertlar yig'ib olinib, tahlil qilinadi. Quyida "Davra suhbat" metodining tuzilmasi keltirilgan



"Blis-o'yin" metodi

Metodning maqsadi: o'quvchilarda tezlik, axborotlar tizmini tahlil qilish, rejalashtirish, prognozlash ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat. Mazkur metodni baholash va mustahkamlash maqsadida qo'llash samarali natijalarni beradi.

Metodni amalga oshirish bosqichlari:

1. Dastlab ishtirokchilarga belgilangan mavzu yuzasidan tayyorlangan topshiriq, ya'ni tarqatma materiallarni alohida-alohida beriladi va ulardan materialni sinchiklab o'rganish talab etiladi. Shundan so'ng, ishtirokchilarga to'g'ri javoblar tarqatmadagi «yakka baho» kolonkasiga belgilash kerakligi tushuntiriladi. Bu bosqichda vazifa yakka tartibda bajariladi.

2. Navbatdagi bosqichda trener-o'qituvchi ishtirokchilarga uch kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiradi va guruh a'zolarini o'z fikrlari bilan guruhdoshlarini tanishtirib, bahslashib, bir-biriga ta'sir o'tkazib, o'z fikrlariga ishonirish, kelishgan holda bir to'xtamga kelib, javoblarini “guruh bahosi” bo'limiga raqamlar bilan belgilab chiqishni topshiradi. Bu vazifa uchun 15 daqiqa vaqt beriladi.

3. Barcha kichik guruhlar o'z ishlarini tugatgach, to'g'ri harakatlar ketma-ketligi trener-o'qituvchi tomonidan o'qib eshittiriladi, va o'quvchilardan bu javoblarni “to'g'ri javob” bo'limiga yozish so'raladi.

4. “To'g'ri javob” bo'limida berilgan raqamlardan “yakka baho” bo'limida berilgan raqamlar taqqoslanib, farq bulsa “0”, mos kelsa “1” ball quyish so'raladi. Shundan so'ng “yakka xato” bo'limidagi farqlar yuqoridan pastga qarab qo'shib chiqilib, umumiy yig'indi hisoblanadi.

5. Xuddi shu tartibda “to'g'ri javob” va “guruh bahosi” o'rtasidagi farq chiqariladi va ballar “guruh xatosi” bo'limiga yozib, yuqoridan pastga qarab qo'shiladi va umumiy yig'indi keltirib chiqariladi.

6. Trener-o'qituvchi yakka va guruh xatolarini to'plangan umumiy yig'indi bo'yicha alohida-alohida sharhlab beradi.

7. Ishtirokchilarga olgan baholariga qarab, ularning mavzu bo'yicha o'zlashtirish darajalari aniqlanadi.

III. NAZARIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

1-Mavzu. Fizik kimyoning termodinamik qonunlari va eritmalar termodinamikasi

Reja:

1. Termodinamikaning birinchi qonuni.
2. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
3. Termodinamikaning uchinchi qonuni.
4. Parsial molyar kattaliklar.

1. Termodinamika – temperatura, issiqlik hamda ishning bir-biriga o'tishini o'rganadigan fandır. Shunga muvofiq u yunoncha – «terme» (issiqlik) va «dinamik» (kuch, ish) so'zlari majmuyidan tashkil topgan. «Termodinamik» so'zi birinchi marta 1849-yilda Tomson tomonidan Sadi Karno taklif etgan va ish bajaruvchi issiqlik mashinasini xarakterlash uchun sifat tarzida ishlatilgan. 1854-yilda Tomson «termodinamika» so'zini «issiqlik - ish» ma'nosida qo'lladi. Termodinamika asosan deduktiv fan bo'lib, turli masalalar va formulalarni tushunish va amalda qo'llash nuqtayi nazaridan uning birinchi va ikkinchi qonunlarini sinchiklab o'rganib chiqish g'oyat katta ahamiyatga ega. Shuni unutmaslik kerakki, termodinamik tenglamalarga kiradigan ko'pchilik kattaliklarni fizikaviy ma'nosi va o'lchov birliklari bordir. Matematik ifodalarga fizik ma'no berishning sababi termodinamikada bevosita o'lchab bo'lmaydigan kattaliklarning mavjudligidadir. Termodinamikani faqatgina turli formulalar ketma-ketligi sifatida o'rganib bo'lmaydi.

Ichki energiya parametr ham bo'lib, sistema holatini xarakterlaydi. Ammo, bu kattalik bevosita o'lchanishi mumkin emas. Ichki energiya holat funksiyasi xossalriga ega. Sistemaning ichki energiyasi har bir atom yadrosi ichidagi zarrachalarning kinetik va potensial energiyasidan, molekula tarkibidagi atomlar tebranishining kinetik va potensial energiyalaridan, molekuladagi atomlar (yoki atomlar guruhi) aylanish energiyasi, molekulalarning ilgarilanma harakat va nihoyat, sistemadagi molekulalarning o'zaro taassirotni energiyasidan iborat.

Molekulalararo taassirotni energiyasi ham temperatura ham bosimga bog'liq. Ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatlar energiyasi esa faqat temperaturaga bog'liq. Yadro energiya va ko'p holatda elektronlar energiyasi ham amalda temperaturaga bog'liq bo'lmay, sistemaning absolyut nol temperaturadagi ichki energiyasi deb qabul qilinishi mumkin. Shunga binoan ideal gaz ichki energiyasi, unda molekulalararo taassirotni yo'qligi sababli, faqat temperaturaga bog'liq:

$U=f(T)$ va uning o'zgarishi quyidagi tenglama yordamida hisoblab topilishi mumkin: $U_{T_2} - U_{T_1} = \int_{T_1}^{T_2} nC_v dT$

Bu yerda U_{T_2} va U_{T_1} - mos ravishda T_2 va T_1 temperaturalardagi ichki energiya qiymati, n - mol soni, C_v - o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'im.

Real gazlar uchun molekulalar o'zaro ta'sirining potensial energiyasi hisobga olinishi kerak va shuning uchun uning ichki energiyasi ham temperatura, ham bosimga bog'liq:

$$U = f(P, T).$$

Shunga ko'ra bunday sistemalar ichki energiyasi o'zgarishini hisoblash uchun C_v to'g'risidagi ma'lumotdan tashqari yangi holat tenglama, ya'ni P , V va T larning funksional bog'lanishi ma'lum bo'lishi kerak.

Ichki energiya absolyut qiymatini aniqlash mumkin emas. Shuning uchun termodinamikada ichki energiya o'zgarishi aniqlanadi va hisoblanadi. Ichki energiyadan tashqari termodinamikada sistema entalpiyasi deb ataladigan yana bir funksiya muhim rol o'ynaydi. U quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$H = U + PV$$

Fizikaviy ma'nosini tushuntirishda entalpiyani shu sistemani yaratish uchun zarur bo'lgan energiyaning miqdoriga o'xshatadilar. Haqiqatdan ham yuqoridagi tenglamadan ko'rinadiki, bu kattalik qiymati ichki energiya va PV hadinig yig'indisiga teng; PV esa V hajmga ega bo'lgan sistemani P bosimdagi muhitga kiritish uchun bajarilishi zarur bo'lgan ishga ekvivalent deb tushuniladi. Entalpiyaning xossalari uning ta'rifidan kelib chiqadi:

1. U , P va V sistema holatini belgilaydi, shuning uchun ham H xuddi shunday xususiyatga ega bo'lishi kerak. Demak, entalpiya ham holat funksiyasi bo'lib, uning o'zgarishi jarayon yo'liga bog'liq emas;
2. Entalpiyanig absolyut qiymatini o'lchash mumkin emas;
3. Ideal gaz uchun

$$H = U + nRT$$

formuladan, temperatura o'zgarganda:

$$\Delta H = \Delta U + nR\Delta T = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT + nR\Delta T = \int_{T_1}^{T_2} nC_p dT$$

foydalaniladi. Demak, entalpiyaning temperatura oshishi bilan o'zgarishi ideal gazlar uchun

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} nC_p dT$$

tenglamadan hisoblanadi.

Issiqlik, ish va energiyaning bir sistemadan ikkinchisiga yoki sistemadan atrofga o'tishini (sistema holatini emas, balki energiya o'tish jarayonini) xarakterlaydi. Agar energiya issiqlik o'tkazuvchanlik orqali o'tsa, bunda issiqlik shaklida energiya o'tish ko'rinishi deyiladi, agar energiya o'tishi tashqaridagi mexanik, elektrik va boshqa turdagi kuchlarning o'zgarishi bilan bog'liq bo'lsa bunda ish to'g'risida gapirish lozim. Issiqlik va ishni bir-biriga taqqoslab quyidagilarni qayd qilish mumkin:

- 1) ham issiqlik, ham ishni energiyaning o'tkazish ko'rinishi deb qarash mumkin;
- 2) issiqlik ham, ish ham jarayon borishiga bog'liq bo'lib, bu bog'lanish termodinamik tenglamalarda δQ va δA yozish bilan ta'kidlanadi;
- 3) ham issiqlik, ham ish intensivlik faktorini hajmiy faktor o'zgarishiga bo'lgan ko'paytmasi shaklida ko'rsatish mumkin.

$$\delta A = p dV \quad \text{va} \quad \delta Q = T dS$$

Masalan issiqlikka nisbatan intensivlik xossa rolini temperatura bajaradi, ekstensivlik xossasini muayyan funksiya $-S$ (entropiya) bajaradi.

Ish – makrofizikaviy, ya'ni muayyan tartibda ish bajaradigan sistemadan boshqa sistemaga energiyaning o'tish formasidir. Issiqlik mikrofizikaviy, ya'ni tartibga ega bo'lmagan, zarrachalarning betartib (issiqlik) harakati natijasida energiyaning almashinish formasidir. Aylanma jarayonlarda ham, aylanma bo'lmagan jarayonlarda ham ishning har bir turi boshqa turga (mexanik ish elektr ishga teskaricha) yoki issiqlikka aylantirilishi mumkin. Lekin shu jarayonda issiqlikning hammasi ishga aylantirilishi mumkin emas. Sistema tomonidan bajariladigan ish musbat ish deyiladi. Sistema ustida bajariladigan ish esa manfiy ish deyiladi. Sistemaga beriladigan issiqlik musbat hisoblanadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni bu – energiyaning saqlanish qonunining xususiy holdir.

- Ta'riflari :
1. Energiya yo'qolmaydi va yo'qdan bor bo'lmaydi.
 2. Birinchi turli abadiy dvigatel yaratish mumkin emas.
 3. Izolyatsiyalangan sistemada energiyaning umumiy miqdori o'zgarmas.

Agar sistema tomonidan energiya yutilsa, endotermik jarayon deyiladi va $+Q$ bilan ifodalanadi.

Agar sistema tomonidan energiya ajralib chiqsa, ekzotermik jarayon deyiladi va $-Q$ bilan ifodalanadi.

Agar sistema aylanma jarayon natijasida dastlabki holatiga qaytib kelsa, unda sistemaga berilgan issiqlik va bajarilgan ish o'zaro teng bo'ladi. Sistema tomonidan bajarilgan ish A bilan belgilansa, $+A$ sistema bajargan ish, $-A$ sistema ustida tashqi kuchlar ta'siri ostida bajarilgan ish.

Quyida sistemaning ichki energiyasi o'zgarishi keltirib chiqariladi. Agar sistema I holatdan II holatga o'tsa, 1-holatda $Q_1 \neq A_1$, 2-holatda $Q_2 \neq A_2$ va hokazo bo'ladi. Bundan quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$Q_1 + Q_2 = A_1 + A_2$$

$$Q_1 + Q_3 = A_1 + A_3$$

$$Q_1 - A_1 = A_2 - Q_2$$

$$Q_1 - A_1 = A_3 - Q_3$$

$$Q_1 - A_1 = A_2 - Q_2 = -(Q_2 - A_2)$$

$$Q_1 - A_1 = A_3 - Q_3 = -(Q_3 - A_3)$$

$$Q_1 - A_1 = -(Q_2 - A_2) = -(Q_3 - A_3) = \dots = -(Q_n - A_n) = \text{const}$$

bo'ladi. Bundan issiqlik va ish orasidagi farq har qanday sistema uchun doimiy bo'lib, o'zgarish yo'liga bog'liq emasligi kelib chiqadi. Demak, $(Q-A)$ sistemaning muayyan xossasining o'zgarishini ifodalaydi, bu xossa ichki energiya deyiladi.

$$Q - A = \Delta U$$

Ichki energiya o'zgarishi

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$Q = \Delta U + A$$

Oxirgi tenglama termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasini ko'rsatadi.

$$Q = A + \Delta U$$

sistemaga berilgan issiqlik ichki energiya oshishi va sistemaning ish bajarishiga sarflanadi.

$$-\Delta U = A - Q$$

ichki energiya kamayishi hisobiga ish bajarilishi va issiqlik ajralib chiqishi deyiladi.

Agar $A=0$ bo'lsa, $-\Delta U = -Q$ bo'ladi, ya'ni ichki energiya issiqlik energiyasiga aylanadi.

Agar $Q=0$ bo'lsa $-\Delta U = A$ bo'ladi, ya'ni ichki energiya bajarilgan ishga sarflanadi.

Agar sistemada cheksiz kichik o'zgarish sodir bo'lsa, u holda birinchi qonun

$$\delta Q = dU + \delta A$$

shaklida yoziladi va birinchi qonunning matematik ifodasining differensial ko'rinishi deyiladi. Kinetik va potensial energiyadan tashqari energiyalarning hamma turlari ichki energiya deyiladi.

Ichki energiya turlari :

- molekulalar orasidagi taassurot energiyasi,
- molekuladagi atomlarning o'zaro bog'lanish energiyasi,
- atom va molekulalarning ilgarilanma, tebranma harakat energiyasi,
- yadro energiyasi,
- atomlarning yadrolaridagi harakat energiyasi.

$$E = E_{ilg} + E_{ayl} + E_{tebr} + E_{yad} + E_e$$

Ichki energiyaning absolyut qiymatini hisoblab topish mumkin emas, faqat uning o'zgarishini hisoblab topish mumkin. Sistemalar asosan tashqi bosim ta'siri ostida ish bajaradi va sistemaga ta'sir etgan kuch

$$F = P \cdot S$$

bo'ladi. Bu yerda F - ta'sir etgan kuch; P –tashqi bosim; S - sirt yuza. Bundan bajarilgan ish

$$\delta A = P \cdot S \cdot \Delta l = P \cdot \Delta V$$

bo'ladi. Agar o'zgarish cheksiz kichik bo'lsa, $\delta A = PdV$ bo'ladi. Termodinamika birinchi qonunini

$$\delta Q = dU + PdV$$

shaklida yozish mumkin, u holda bajarilgan ish esa

$$A = \int_1^2 PdV$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Quyida termodinamika birinchi qonunining turli jarayonlarga tadbiqu ko'rib chiqiladi. Buning uchun ideal gaz qonunlaridan foydalanib, sistemada ideal gaz mavjud deb olinadi.

1. Izotermik jarayon. $T = const$ (temperatura o'zgarmas). Ideal gaz holat tenglamasidan foydalanib, bosimning qiymatini topamiz

$$PV = nRT$$

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

Izotermik jarayonda bajarilgan ish quyidagicha hisoblanadi:

$$A_T = \int_1^2 p dV = \int_1^2 \frac{nRT dV}{V} = nRT \int_1^2 \frac{dV}{V}$$

$$A_T = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Bu tenglamadan izotermik jarayonda bajarilgan ish temperaturaga to'g'ri proporsional bo'lib, hajmning o'zgarishiga bog'liqligi kelib chiqadi. Sistemaning ichki energiyasi o'zgarishi nolga teng $\Delta U = 0$ bo'ladi. $Q_T = A_T$ bo'ladi. Sistemaga berilgan issiqlikning hammasi sistema tomonidan ish bajarishga sarflanadi.

$$A_T = Q_T = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

2. Izoxorik jarayon. $V = const.$ $dV = 0$ (hajm o'zgarmas).

$$A_V = \int_1^2 p dV = 0$$

Izoxorik jarayon natijasida ish bajarilmaydi. Shuning uchun $Q_V = \Delta U$ bo'ladi. Izoxorik jarayonda sistemaga berilgan issiqlikning hammasi ichki energiya oshishiga o'tadi. Buning qiymatini keltirib chiqarish uchun issiqlik sig'imi degan tushuncha kiritiladi. C_V - o'zgarmas hajmda sistema temperaturasi bir gradusga ko'tarish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori issiqlik sig'imi deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$C_V = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

C_V - o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi. Ichki energiya hajm bo'yicha funksiya bo'lmaganligi uchun

$$U \neq f(V) \quad C_V = \frac{dU}{dT}; \quad dU = C_V dT$$

bo'ladi. Bir mol modda uchun ichki energiya o'zgarishi

$$dU = C_V dT$$

n mol modda uchun

$$dU = nC_n dT$$

ga teng bo'ladi. Issiqlik sig'imining o'lchov birligi issiqlik/mol*grad. ga teng. n mol modda uchun ichki energiya o'zgarishi quyidagicha hisoblanadi:

$$dU = \int_1^2 nC_V dT$$

$$U_2 - U_1 = \Delta U = nC_V (T_2 - T_1)$$

bo'ladi.

3. Izobarik jarayon. $P = const$ (bosim o'zgarmas) bo'lgan holat uchun sistema tomonidan bajarilgan ish hisoblanadi.

$$A_p = \int_1^2 p dV = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$

C_p - o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi.

$$C_p = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_p = \left(\frac{dU}{dT} \right)_p + P \left(\frac{dV}{dT} \right)_p ;$$

$$\frac{dU}{dT} = C_v \quad \text{va} \quad PV/T = R$$

formulalardan

$$C_p = C_v + R$$

ekanligi kelib chiqadi. Hamma vaqt o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imidan katta bo'ladi.

4. Adiabatik jarayonda sistemaga issiqlik berilmaydi va issiqlik atrofga uzatilmaydi, ya'ni $Q = \text{const}$. $\delta Q = 0$.

$$\delta Q = dU + p dV \quad \delta Q = 0$$

$$dU + p dV = 0$$

$$-dU = p dV$$

sistemada bajarilgan ish hisobida ichki energiya kamayadi. $V = f(P)$ funksiyadan, hamda

$$dU = C_v dT \quad \text{va} \quad P = \frac{RT}{V}$$

formulalardan foydalanib,

$$dU + p dT = 0 ; C_v dT + RT \frac{dv}{v} = 0$$

tenglama T ga bo'linadi.

$$\frac{C_v dT}{T} + R \frac{dV}{V} = 0$$

bu ifoda integrallanadi va potentsirlanadi.

$$C_v \ln T + R \ln V = \text{const}$$

$T^{C_v} \cdot V^R = \text{const}$ bu erda $T = f(V)$ funksiya orqali ifodalansa,

$$P^{C_v} \cdot V^{C_v} \cdot V^R = \text{const} \cdot R^{C_v} = \text{const} \quad T = \frac{PV}{R}$$

$$C_v + R = C_p \text{ formuladan}$$

$$P^{C_v} \cdot V^{C_p} = \text{const} \quad \sqrt{C_v} \text{ ildiz chiqariladi.}$$

$$PV^{C_v} = \text{const} \quad \frac{C_p}{C_v} = \gamma > 1 \text{ deb belgilanadi,}$$

$P \cdot V^\gamma = \text{const}$ bo'ladi. Bu tenglama adiabat yoki Puasson tenglamasi deyiladi.

$$\delta A = -dU$$

$$A_Q = -\int_1^2 dU = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$$

$$A_Q = -\int_1^2 dU = -\int_1^2 nC_v dT = -nC_v (T_2 - T_1) = nC_v (T_1 - T_2)$$

Adiabatik jarayonda bajarilgan ish temperaturaning pasayishiga to'g'ri proporsionaldir.

2. Qiymatini yo'qotgan bunday energiya miqdorini xarakterlash uchun termodinamikaga "entropiya" degan tushuncha kiritilgan.

Izotermik jarayonda jismga yutilgan issiqliklar yig'indisining jism absolyut temperaturasiga nisbati shu jismning entropiyasi deyiladi.

$$S = \frac{\sum Q}{T}$$

Sistema birinchi holatdan ikkinchi holatga o'tsa, entropiya o'zgarishi

$$S_2 - S_1 = \Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

bo'ladi. Agar $T = \text{const}$ bo'lsa, $\Delta S = \frac{Q}{T}$

bo'ladi. Sistemani shunday ekstensiv xossasi mavjudki uning o'zgarishi yutilgan issiqlik va temperatura bilan quyidagicha bog'langan:

a) o'zi o'tadigan jarayonlarda $dS > \frac{\delta Q}{T}$

b) muvozanatdagi $dS = \frac{\delta Q}{T}$

v) o'zi o'tmaydigan jarayonlarda $dS < \frac{\delta Q}{T}$

Entropiya orttirmasi keltirilgan issiqlikka teng. Har qanday ish sistema intensiv xossasini ekstensiv xossa orttirmasi ko'paytmasiga teng. Entropiya - sistema xossasi bo'lib, u jarayon yo'liga bog'liq emas, faqat sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq.

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \text{const}$$

Muvozanatdagi izotermik jarayon uchun, entropiya o'zgarishi, termodinamikaning 1-qonuniga asosan:

$$W_T = Q_T = nRT \ln \frac{V_2}{V_1},$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

teng bo'ladi.

Sistema izolyatsiyalangan bo'lsa, issiqlik almashinuvi bo'lmaydi va $dU = 0$, $dV = 0$, $\delta Q = 0$, shuning uchun

$$\left. \begin{array}{l} dS > 0 - \text{o'tadigan} \\ dS = 0 - \text{muvozanat} \end{array} \right\} \text{ amalga oshmaydigan jarayonlar}$$

$dS < 0$ – o'tmaydi maxsus usulda amalga oshiriladi.

O'zi o'tmaydigan jarayonga misol: gaz burchakda to'plansa S entropiya kamayadi, lekin o'zi siqilmaydi.

Muvozanat sharoiti entropiyaning qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$S_{\max}, \quad dS = 0, \quad d^2S < 0$$

Umumiy holda $dS \geq 0$ - izolyatsiyalangan sistemada S entropiya oshadi yoki o'zgarmaydi. Oxirgi ta'rifda izolyatsiyalangan sistemada jarayon o'tish sharoitida ifodalangan. Demak o'zidan o'zi faqat entropiyani oshirish bilan boradigan jarayonlar o'tishi mumkin: gazlar aralashishi, bosimning tenglashishi, issiqlikning issiq jismdan sovuq jismga o'tishi. $dS > 0$ izolyatsiyalangan sistemada jarayonning o'tish sharti.

Agar o'zi o'tadigan jarayon izolyatsiyalangan sistemada S entropiyani oshirsa, demak muvozanat holatida entropiya $S_{\max}$ maksimal qiymatga ega bo'ladi. Entropiyaning o'lchov birligi kal/molK ; *e.b.*

Agar sistema bir necha qismdan iborat bo'lib, har biri ma'lum miqdorda issiqlik yutsa yoki yo'qotsa, entropiyaning umumiy o'zgarishi ΔS larning algebratik yig'indisiga teng.

a) izotermik jarayonlar va fazoviy o'tishlarda entropiya o'zgarishini

entropiyaning umumiy tenglamadan, ya'ni $\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$ dan foydalanib, quyidagiga

teng bo'ladi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{1}{T} \int_1^2 \delta Q = \frac{Q}{T} = \frac{\Delta H_{\phi.y}}{E_{\phi.y}} \quad Q_P = \Delta H$$

$\Delta H_{\phi.y}$ va $T_{\phi.y}$ – fazoviy o'tish issiqligi va temperaturasi.

Shuni ta'kidlash kerakki, suyuqlanish va bug'lanish sistemani tartibli holatdan tartibsizlik holatga olib keladi; shu bilan birga ikkalasida ham entropiya oshadi. Demak, entropiya sistemadagi tartibsizlik darajasini belgilaydi deyish mumkin. Shuning uchun $\Delta S_\delta > \Delta S_c$ bo'ladi.

Truton qoidasi: suyuqliklarning molyar bug‘lanish entropiyasi $\Delta S = 21 - 22 \text{ ə.ö.}$ ga teng. Agar suyuqliklar assotsiatlar hosil qilsa, $\Delta_v S > \Delta S_{\text{trut}}$ ($\Delta_v S_{H_2O} = 26 \text{ ə.ö.}$) bo‘ladi.

Agar issiqlik yutilishi yoki ajralishida temperatura o‘zgarsa, ΔS integrallash usulida topiladi:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dU + pdV}{T} = \int_1^2 \frac{nC_v dT}{T} + \int_1^2 \frac{nR dV}{V},$$

chunki

$$\delta Q = dU + pdV$$

bosimning o‘rniga

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

ifoda qo‘yilsa,

$$\delta Q = nC_v dT + nRT \frac{dV}{V}$$

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1},$$

hosil bo‘ladi. Bu yerda $\Delta S = f(T, V)$ funksiya ko‘rinishida bo‘ladi. Agar parametrlar o‘rni almashtirilsa,

$$P_1 V_1 = nRT \quad P_2 V_2 = nRT_2$$

$$V_1 = \frac{nRT}{P_1} \quad V_2 = \frac{nRT_2}{P_2}$$

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{nRT_2}{nRT_1} - nR \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} - nR \ln \frac{P_2}{P_1},$$

bo‘ladi. Agar

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR}, \quad T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR}$$

ko‘rinishida yozilsa,

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{P_2}{P_1} + nC_v \ln \frac{V_2}{V_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{P_2}{P_1} + nC_p \ln \frac{V_2}{V_1}$$

bo‘ladi.

3. Ichki energiya va entalpiyadan farq qilib, entropiyaning absolyut qiymatini hisoblash mumkin. Buni termodinamikaning uchinchi qonuni Plank postulati asosida tushuntirib beradi.

Plank postulati: Ideal kristall moddaning nol Kelvin temperaturada entropiyasi nolga teng yoki absolyut nol temperaturada moddalarning entropiyasi nolga teng. $T=0K$ da $S=0$ bo'ladi. Hech qanday defektga ega bo'lmagan kristall ideal kristall bo'ladi va uning entropiyasi $S_0=0$ bo'ladi.

Termodinamika uchinchi qonunini Nernstning issiqlik teoremasi ham tushuntirib beradi.

Nernstning issiqlik teoremasi: $0K$ temperatura yaqinida barcha izotermik jarayonlar entropiyaning o'zgarishsiz o'tadi.

Biror moddaning absolyut entropiyasini hisoblash uchun, o'sha moddaning issiqlik sig'imini, fazoviy o'tish issiqliklarini bilish kerak. Absolyut entropiyani hisoblash tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$S = \int_0^{T_{suyuq}} \frac{C_{p(q)}}{T} dT + \frac{\Delta H_{suyuq}}{T_{suyuq}} + \int_{T_{suyuq}}^{T_{bug'}} \frac{C_{p(suyuq)}}{T} dT + \frac{\Delta H_{bug'}}{T_{bug'}} + \int_{T_{bug'}}^T \frac{C_{p(g)}}{T} dT$$

Eritmalar turli tarkibdagi bir jinsli sistemalar. Butun hajmda bir xil tarkib va fizik hamda kimyoviy xossalarga ega. Termodinamik nuqtayi nazardan barcha komponentlar bir xil bo'ladi. Termodinamikada eritmalar xossalarini aralashtirish funksiyalari usuli orqali ifodalash katta ahamiyatga ega.

4. Termodinamika bo'limidan ma'lumki, ekstensiv parametrlar – sistema umumiy massasiga to'g'ri proporsional ($U, H, F, G, S, V, C_p, C_v$) dir. Intensiv parametrlar esa massaga bog'liq emas (T, P). Shuning uchun bir komponentli sistemalarda ekstensiv parametrlarni intensiv parametrlar orqali ifodalash mumkin. Agar sistema bosimi yoki temperaturasi o'zgarmas ($P, T = \text{const}$) bo'lsa, u holda $V=n\bar{V}$ bo'ladi. Bu erda: $\bar{V}$ –molyar hajm, $\bar{V}$ –parsial hajm. Ideal eritmalar uchun bu kattalik:

$$V = n_A \bar{V}_A + n_B \bar{V}_B$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Real eritmalarda ($E_{AB} > E_{AA}$) bo'lganligi sababli umumiy hajm hajmlar yig'indisidan kam yoki ko'p bo'ladi. Shuning uchun tenglamaga molyar kattaliklar o'rniga parsial molyar kattaliklar qo'yilsa, yuqoridagi tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$V = n_A \bar{V}_A + n_B \bar{V}_B$$

bu yerda A va B komponentlarning parsial molyar hajmlari quyidagicha :

$$\bar{V}_A = \left(\frac{\partial V}{\partial n_A} \right)_{P, T, n_B}; \quad \bar{V}_B = \left(\frac{\partial V}{\partial n_B} \right)_{P, T, n_A};$$

bu tenglamalarning ma'nosi – sistemaga dn_i mol komponent qo'shilganda umumiy hajm o'zgarishini bildiradi. Binar eritmalar uchun qo'llanadigan tenglamalardan foydalanib parsial molyar kattaliklarni umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$d\underline{Z} = \bar{Z}_1 dN_1 + \bar{Z}_2 dN_2 = (\bar{Z}_2 - \bar{Z}_1) dN_2 \text{ yoki}$$

$$\frac{dZ}{dN_2} = \bar{Z}_2 - \bar{Z}_1$$

bundan

$$\underline{Z} = \bar{Z}_1 N_1 + \bar{Z}_2 N_2$$

$$\bar{Z}_1 = \frac{\underline{Z} - \bar{Z}_2 N_2}{N_1};$$

$$\frac{dZ}{dN_2} = \bar{Z}_2 - \frac{\underline{Z} - \bar{Z}_2 N_2}{N_1};$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{dZ}{dN_2} + \frac{\underline{Z} - \bar{Z}_2 N_2}{N_1};$$

$$\bar{Z}_2 = \underline{Z} + (1 - N_2) \frac{dZ}{dN_2}$$

xuddi shunday

$$\bar{Z}_1 = \underline{Z} - N_2 \frac{dZ}{dN_2};$$

kelib chiqadi.

Demak, parsial molyar kattaliklar eritma tarkibi o'zgarganda va ($P, T = \text{const}$ bo'lganda) uzluksiz ravishda o'zgarib boradi. Parsial molyar kattalik bir komponent uchun oshsa, ikkinchi komponent uchun kamayadi (qarama-qarshi tomonga o'zgaradi). Ideal eritmalarda $\underline{Z} = f(N)$ chiziqli qonuniyat bo'yicha o'zgaradi va parsial molyar kattaliklar eritma tarkibiga bog'liq emas.

Agar molyar hajmlar faqat musbat bo'lsa, parsial molyar hajmlar musbat, nol, hatto manfiy bo'lishi mumkin. Parsial molyar kattaliklar yordamida eritmalar termodinamik xossalari o'zgarishining umumiy qonuniyatlarini aniqlash mumkin. Agar Z funksiya eritmaning biror ekstensiv xossasi bo'lsa, (masalan V, U, H, F, G) u holda o'zgarimas bosim va temperaturada Z funksiyaning o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dZ = \sum_i \left(\frac{\partial Z}{\partial n_i} \right)_{P, T, n_{j \neq i}}$$

Bu funksiya parsial molyar kattalik yoki bir mol i komponentning termodinamik xossasining o'zgarishidir.

Parsial molyar kattaliklar eritma tarkibiga bog'liq bo'lib, miqdoriga bog'liq emas. Eyler teoremasiga binoan, $P, T = \text{const}$ va tarkib o'zgaras bo'lsa, parsial molyar kattaliklar

$$Z = \sum_i \bar{Z}_{in_i}$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Z funksiya eritma tarkibiga bog'liq bo'ladi. Agar bu ifoda $P, T = \text{const}$ bo'lganda differensiallansa,

$$dZ = \sum_i \bar{Z}_i dn_i + \sum_i n_i d\bar{Z}_i$$

ko'rinishga ega bo'ladi va dZ ning qiymati tenglamaga qo'yilsa,

$$dn_i = \sum_i \bar{Z}_i dn_i$$

$$\sum_i \bar{Z}_i dn_i = \sum_i \bar{Z}_i dn_i + \sum_i n_i d\bar{Z}_i \quad \text{yoki}$$

$$\sum_i n_i d\bar{Z}_i = 0$$

ifoda hosil bo'ladi. Bu tenglama bosim va temperatura o'zgaras bo'lgandagi Gibbs – Dyugemning umumiy ko'rinishdagi tenglamasi bo'lib, parsial molyar kattaliklarning tarkibga bog'liqligini ko'rsatadi.

Parsial molyar kattaliklarni aniqlashning analitik va grafik usullari bor. Analitik usulini binar eritmalar uchun Gibbs – Dyugem tenglamasi orqali quyidagicha yoziladi:

$$n_1 d\bar{Z}_1 + n_2 d\bar{Z}_2 = 0$$

bunday eritma tarkibining izobarik – izotermik ($P, T = \text{const}$) o'zgarishi ikkala parsial molyar kattalikni o'zgartiradi, lekin bu o'zgarish qarama-qarshi tomonga bo'ladi.

Gibbs–Dyugem tenglamalaridan eng muhimi: kimyoviy potensial uchun yoziladi va u quyidagicha ko'rinishga ega:

$$\sum_1 n_i d\mu_i = 0 \quad \text{yoki} \quad \sum_1 N_i d\mu_i = 0$$

Binar eritmalar uchun

$$N_1 d\mu_1 + N_2 d\mu_2 = 0$$

Agar eritma va bug' orasidagi muvozanat qaralsa,

$$\mu_{ie} = \mu_{ib} = \mu_i^0 + RT \ln f_i$$

bu tenglamani differensiallab, yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa,

$$N_1 d \ln f_1 = -N_2 d \ln f_2$$

$$d \ln f_1 = -\frac{N_2}{N_1} d \ln f_2$$

ko'rinishlarga ega bo'ladi. Bug'ni ideal gazlar aralashmasi deb qaralsa,

$$d \ln P_1 = -\frac{N_2}{N_1} d \ln P_2$$

bo'ladi. Bu tenglama Dyugem–Margules tenglamasi deyiladi. Bu tenglama bug'dagi komponentlarning parsial bosimining o'zgarishini va eritma tarkibi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Bundan foydalanib bir komponentning parsial bosimini o'lchab, ikkinchi komponentning bug' bosimini hisoblab topish mumkin. Eritmalar uchun

$$\mu_i = \mu_i^* + RT \ln a_i$$

$$N_1 \left(\frac{\partial \ln a_1}{\partial N_1} \right)_{P,T} = N_2 \left(\frac{\partial \ln a_2}{\partial N_2} \right)_{P,T}$$

bo'ladi.

Binar suyuq eritmalar uchun o'zgarmas temperaturada Gibbs-Dyugem tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$x_1 d\mu_1(c) + x_2 d\mu_2(c) = 0$$

Bu tenglama bug' faza uchun yozilsa,

$$x_1 d\mu_1(\text{bug'}) + x_2 d\mu_2(\text{bug'}) = 0$$

ko'rinishga ega bo'ladi, chunki muvozanat holatida komponentlarning bug' va suyuq fazalardagi kimyoviy potentsiallari bir xil bo'ladi. Shundan foydalanib,

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln P_i$$

tenglama yordamida quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$x_1 d\mu_1(\text{bug'}) + x_2 d\mu_2(\text{bug'}) = x_1 \frac{dp_1}{p_1} + x_2 \frac{dp_2}{p_2} = 0 \quad \text{yoki}$$

$$dp_1 = -\frac{x_2}{1-x_2} * \frac{p_1}{p_2} dp_2$$

Oxirgi tenglama suyuqlik va bug' orasidagi muvozanatni ifodalab, ideal gaz aralashmasi deb ham qabul qilish mumkin. Bug'ning tarkibini Dalton qonunidan foydalanib ham aniqlash mumkin.

$$p_2 = y_2 p_2^0, \quad p_1 = (1 - y_2) * p_2$$

bundan

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1-y_2}{y_2}$$

kelib chiqadi.

$$dp_1 = -\frac{x_2}{1-x_2} * \frac{1-y_2}{y_2} dp_2$$

bu tenglama $T=\text{const}$ bo'lgan holat uchun taalluqli bo'ladi. Bu yerda, x_2 -suyuqlikdagi ikkinchi komponentning molyar qismi, y_2 – bug'dagi ikkinchi komponentning molyar qismi. O'zgarmas temperaturada ekstremum nuqtalarda tarkiblar quyidagicha:

$$dp_2 = dp_1 + dp_2 = 0 \quad \text{yoki} \quad dp_1 = -dp_2$$

$$\frac{x_2}{1-x_2} = \frac{y_2}{1-y_2} \quad \text{yoki} \quad x_2 = y_2$$

bo'ladi. Bu tenglamalardan ko'rinadiki, suyuqlik va bug'dagi tarkiblarning umumiy bosimlari bir xil bo'ladi.

$$dp = dp_1 + dp_2 = \left(1 - \frac{x_2}{1-x_2} * \frac{1-y_2}{y_2}\right) dp_2:$$

$$\frac{dp_2}{dx_2} = \frac{(1-x_2) * y_2 - x_2(1-y_2)}{(1-x_2) * y_2} - \frac{dp_2}{dx_2} = \frac{y_2 - x_2}{(1-x_2)y_2} \frac{dp_2}{dx_2}$$

Oxirgi tenglamadagi 3 ta ko'paytuvchi hamma vaqt musbat bo'ladi va ular quyidagilar:

$$y_2 \geq 0: \quad (1-x_2) \geq 0: \quad \frac{dp_2}{dx_2} \geq 0.$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, $\frac{dp_2}{dx_2}$ va $(y_2 - x_2)$ kattaliklar bir xil ishoralarni qabul qiladi. Shundan kelib chiqadiki, agarda $\frac{dp_2}{dx_2} > 0$ bo'lsa, bug' ikkinchi komponent bilan to'yingan bo'ladi, uning mohiyati esa quyidagicha bo'ladi: agar suyuq fazaga ikkinchi komponent qo'shilganda, umumiy bosim ko'tarilsa, bu ikkinchi komponent bilan to'yingan bo'ladi va aksincha, $\frac{dp_2}{dx_2} < 0$ bo'lsa, $y_2 < x_2$ bo'ladi, bug'da ikkinchi komponent miqdori kam bo'ladi.

Nazorat savollari.

1. Issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligini ko'rsating.
3. Issiqlik sig'imini aniqlash usullarini ko'rsating.
4. Issiqlik sig'imining termodinamik funksiyalarga bog'liqligini ifodalang.
5. Issiqlik sig'imining o'lchov birligi nimaga teng?
6. O'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmdagi moddalarning issiqlik sig'imlarining farqi nimaga teng?
7. Issiqlik sig'imi termodinamik funksiya bo'ladimi?
8. Kalorik koeffitsiyentlarning ma'nosini tushuntiring.
9. Termik koeffitsiyentlarning ma'nosini tushuntiring.
10. Kalorik va termik koeffitsiyentlar orasidagi bog'liqlikni keltirib chiqaring.
11. Kalorik va termik koeffitsiyentlarni termodinamik funksiyalar orqali ifdalang.
12. Ikki komponentli ikki faza orasidagi muvozanat shartini yozing.
13. Suyuqlik va u bilan muvozanatda bo'lgan bug'ning tarkiblari farq qiladimi?
14. Konovalovning birinchi qonunini yozing. Haydash jarayoni deb nimaga aytiladi?
15. Azeotrop aralashma deb nimaga aytiladi?
16. Konovalovning ikkinchi qonunini yozing.
17. Suyuq eritmadaagi komponentlarning aktivligi va aktivlik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
18. Komponentlarning to'yingan bug' bosimidan foydalanib aktivlik koeffitsiyentini qanday hisoblash mumkin?
19. Real eritmalar termodinamikasini Gibbs-Dyugem tenglamalari orqali yozing.
20. Genri qonunini tushuntiring.
21. Kimyoviy potensialni eritmalar uchun qo'llanilishini ko'rsating.
22. Aktivlikning real eritmalarda qo'llanilishiga misollar keltiring.

2-Mavzu. Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer Gellar

Reja:

1. Polimer eritmada qutbiy guruhlar aktivligi.

2. Aralash ion ko‘rinishida bo‘lgan polimer eritmaning tarkibi va xossalarini aniqlash

3. Quyi molekulyar birikmalarning qutbiy guruhlar bilan o‘zaro ta’siri.

4. Polimer gel' kinetikasi.

Polimer eritmaning monoion ko‘rinishi uchun Gibbs–Dyugem tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\bar{n}_w d\bar{\mu}_w + \bar{n}_{RA} d\bar{\mu}_{RA} = 0 \quad (1)$$

Bu yerda: n_w va n_{RA} lar polimer eritmada komponentlarning mol soni, μ -ularning kimyoviy potentsiali.

Hisoblashlarni osonlashtirish uchun $n_{RA}=1$ deb olinadi. Polimer eritma uchun chegaraviy soha deb shunday tabiatga ega bo‘lgan monomerning cheksiz suyultirilgan eritmasi olinadi. Unday holda $a_w = 1$, $a_{RA} = 0$, $\gamma_{RA_{\pm}} = 1$ deb qabul qilinadi va (1) tenglama integrallanadi:

$$\ln \bar{a}_{RA} = - \int_{a_w(m_{RA} \rightarrow 0)}^{a_w(m_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \quad (2)$$

Bu yerda: m – polimer eritmaning molyal konsentratsiyasi.

Suv bilan muvozanatda bo‘lganda polimer eritma minimal konsentratsiyaga ega bo‘ladi. Shuning uchun integrallashning barcha sohasini ikki qismga bo‘lish mumkin:

– $a_w (m_{RA} \rightarrow 0)$ dan $a_w (m_{RA} = \bar{m}_{\min})$ gacha;

– $a_w (m_{RA} \rightarrow \bar{m}_{\min})$ dan $a_w (m_{RA})$ gacha;

U holda (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\ln \bar{a}_{RA} = - \left[\int_{a_w=1(m_{RA} \rightarrow 0)}^{a_w(m_{RA}=\bar{m}_{\min})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w + \int_{a_w(m_{RA}=\bar{m}_{\min})}^{a_w(m_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \right] \quad (3)$$

Har bir polimer uchun ko‘ndalang bog‘lar miqdori o‘zgarmas kattalik bo‘lgani uchun (3) tenglamadagi birinchi qo‘shiluvchi ham o‘zgarmas bo‘ladi. Buni S_0 bilan belgilaymiz. U holda (3) tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\ln \bar{a}_{RA} = -S_o - \int_{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA}=\bar{m}_{min})}^{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \quad (4)$$

Yuqoridagilardan shuni ta’kidlash mumkinki, binar polimer eritma tarkibidagi qutbiy gurlarning aktivliklarini hisoblashda polimer bilan muvozanatda turgan monomer eritmasidagi suvning aktivligini bilish zarurdir.

2. Aralash ion ko‘rinishida bo‘lgan polimer eritmaning tarkibi va xossalarini aniqlash

Agar polimer eritmaga AX va BX elektrolitlar tutgan eritma bilan ishlov berilganda polimer eritmaning aralash ion shakli hosil bo‘ladi. Polimer eritma fazasiga AX va BX elektrolitlari sorbirlanmasa, fazalar orasidagi muvozanat AX va BX elektrolitlari bo‘lgan eritma va polimer eritmaning aralash ion shakli orasida sodir bo‘ladi (rasm-1).

Geterogen model nuqtai nazaridan bo‘kkan aralash ion shakl RA va RB polielektrolitlaridan va suvdan iborat eritma deb qarash mumkin. RA va RB polielektrolitlarning mol qismlari har xil bo‘lishi mumkin, ammo mol qismlar yig‘indisi hamma vaqt birga teng bo‘ladi.

$$\bar{X}_{RA} + \bar{X}_{RB} = 1 \quad (5)$$

Polimer eritma tarkibidagi suvning umumiy miqdori (I.25) tenglama orqali aniqlanadi:

$$\bar{n}_w^{\Sigma} = \bar{n}_w^{RA} \bar{X}_{RA} + \bar{n}_w^{RB} \bar{X}_{RB} \quad (6)$$

QME eritmasi fazasi	TPE eritmasi fazasi
H ₂ O (a_w)	H ₂ O ($\bar{a}_w, \bar{n}_w^{\Sigma}$)
AX (m_{AX}, a_{AX})	RA ($\bar{X}_{RA}, \bar{m}_{RA}, \bar{a}_{RA}$)
BX (m_{BX}, a_{BX})	RB ($\bar{X}_{RB}, \bar{m}_{RB}, \bar{a}_{RB}$)

Rasm-1. Aralash ion shaklidagi polimer eritmaning AX va BX elektrolitlari bo‘lgan eritma bilan muvozanat holatida komponentlarning tarkibi va kattaliklari.

Polimer eritma tarkibidagi suvning umumiy miqdori har bir ion ko‘rinishning molyar qismiga bog‘liqligi sababli, komponentlarning molyar qismlari o‘zgarishi bilan polimer eritma konsentratsiyasi ham o‘zgaradi. Bunday sistemalarda muvozanatni ifodalash uchun massalar ta’siri qonunidan foydalaniladi. 1–1 zaryadli elektrolitlar uchun muvozanat konstantasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$K_{muv} = \frac{a_{AX} \bar{a}_{RB}}{a_{BX} \bar{a}_{RA}} \quad (7)$$

Agar tajriba o'tkazib har bir ion ko'rinishdagi komponentlarning mol qismlari aniqlansa, ion almashinish muvozanat konstantasini aniqlash mumkin. Buning uchun A.B.Zdanovskiy va G.I.Mikulnlarning ishlaridan foydalanib, (7) tenglamadagi har bir komponentlarning aktivliklari va aktivlik koeffitsientlari uchun tenglamalar yoziladi (8):

$$\begin{aligned} a_{AX} &= x_{AX} (m_{AX}^{\text{bin}} \gamma_{AX_{\pm}}^{\text{bin}})^2, \\ a_{BX} &= x_{BX} (m_{BX}^{\text{bin}} \gamma_{BX_{\pm}}^{\text{bin}})^2, \\ \bar{a}_{RA} &= \bar{x}_{RA} (\bar{m}_{RA}^{\text{bin}} \bar{\gamma}_{RA_{\pm}}^{\text{bin}})^2, \\ \bar{a}_{RB} &= \bar{x}_{RB} (\bar{m}_{RB}^{\text{bin}} \bar{\gamma}_{RB_{\pm}}^{\text{bin}})^2, \end{aligned} \quad (8)$$

Bu yerda: $m_{AX}^{\text{bin}}, m_{BX}^{\text{bin}}, \bar{m}_{RA}^{\text{bin}}, \bar{m}_{RB}^{\text{bin}}$ – aniqlanayotgan aralashma tarkibidagi suvning aktivligiga teng bo'lgan holatdagi binar eritmadagi barcha elektrolitlarning molyal konsentratsiyalari, ($a_w^{\Sigma} = a_w^{\text{bin}}$); $x_{AX}, x_{BX}, \bar{x}_{RA}, \bar{x}_{RB}$ – binar eritmadagi barcha elektrolitlarning mol ulushlari.

O'rtacha molyal aktivlik koeffitsienlari ($\gamma_{AX_{\pm}}, \gamma_{BX_{\pm}}, \bar{\gamma}_{RA_{\pm}}, \bar{\gamma}_{RB_{\pm}}$) (9) tenglama yordamida hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \gamma_{AX_{\pm}} &= \gamma_{AX_{\pm}}^{\text{bin}} \frac{m_{AX}^{\text{bin}}}{m_A + m_B}, \\ \gamma_{BX_{\pm}} &= \gamma_{BX_{\pm}}^{\text{bin}} \frac{m_{BX}^{\text{bin}}}{m_A + m_B}, \\ \bar{\gamma}_{RA_{\pm}} &= \bar{\gamma}_{RA_{\pm}}^{\text{bin}} \frac{\bar{m}_{RA}^{\text{bin}}}{\bar{m}_A + \bar{m}_B}, \\ \bar{\gamma}_{RB_{\pm}} &= \bar{\gamma}_{RB_{\pm}}^{\text{bin}} \frac{\bar{m}_{RB}^{\text{bin}}}{\bar{m}_A + \bar{m}_B}, \end{aligned} \quad (9)$$

Bu erda: $m_A, m_B, m_X, \bar{m}_A, \bar{m}_B, \bar{m}_R$ – fazalardagi ionlarning molyal konsentratsiyalari; $\gamma_{AX_{\pm}}^{\text{bin}}, \gamma_{BX_{\pm}}^{\text{bin}}, \bar{\gamma}_{RA_{\pm}}^{\text{bin}}, \bar{\gamma}_{RB_{\pm}}^{\text{bin}}$ – jadvallardan olingan qiymatlar.

Polimer eritma tarkibidagi komponentlarning molyal konsentratsiyalari (10) tenglama yordamida hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\bar{m}_{RA} &= \frac{W}{\bar{n}_w^\Sigma} \bar{x}_{RA}, \\ \bar{m}_{RB} &= \frac{W}{\bar{n}_w^\Sigma} \bar{x}_{RB}, \\ \bar{m}_{RA} + \bar{m}_{RB} &= \bar{m}_R = \frac{W}{\bar{n}_w^\Sigma}.\end{aligned}\quad (10)$$

Polimer eritma fazasidagi suvning aktivligini topish uchun suvning fazalarda taqsimlanish konstantasidan foydalaniladi:

$$\bar{a}_w = K_d^w a_w \quad (11)$$

(I.30) tenglamadagi barcha kattaliklar aniqlangandan so'ng, muvozanat konstantasi quyidagi tenglama yordamida hisoblanadi:

$$K_{\text{muv}} = \frac{x_{BX} (\gamma_{BX\pm}^{\text{bin}} m_{BX}^{\text{bin}})^2}{x_{AX} (\gamma_{AX\pm}^{\text{bin}} m_{AX}^{\text{bin}})^2} \frac{\bar{x}_{RA} (\bar{\gamma}_{RA\pm}^{\text{bin}} \bar{m}_{RA}^{\text{bin}})^2}{\bar{x}_{RB} (\bar{\gamma}_{RB\pm}^{\text{bin}} \bar{m}_{RB}^{\text{bin}})^2} \quad (12)$$

3. Quyi molekulyar birikmalarning qutbiy guruhlar bilan o'zaro ta'siri. Polimer gellarda elektrolitlarning taqsimlanish konstantalari

QME eritmasi bilan muvozanatda bo'lgan TPE eritmasi orasida komponentlarning fazalar bo'yicha taqsimlanishi rasm-2 da ko'rsatilganidek bo'ladi.

QME eritmasi fazasi	TPE eritmasi fazasi
H ₂ O (a _w)	H ₂ O ($\bar{n}_w^\Sigma, \bar{a}_w$)
AX (m _{AX} , a _{AX})	RA ($\bar{m}_{RA}, \bar{a}_{RA}$)
	AX ($\bar{m}_{AX}, \bar{n}_{AX}, \bar{a}_{AX}$)

Rasm-2. TPE tomonidan QME sorbsiyasi holatida komponentlarning fazalar orasida taqsimlanishi.

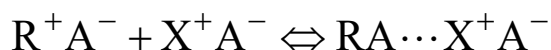
QME ning polielektrolit eritmasi fazasiga kirishi gidratlangan elektrolit molekulasining, aniqrog'i, TPE ning qutbiy guruhi bilan gidratlangan ion juftining o'zaro ta'siri tufayli sodir bo'ladi. Bu jarayonning sababi vodorod yoki koordinatsion bog'larning hosil bo'lishi yoki Van-der-Vaals kuchlarining ta'siri va boshqalar bo'lishi mumkin.

V. M. Zelenkovskiyning "Ion almashinuvchilarda ionlararo va ion-molekulyar o'zaro ta'sirlarni kompyuterda modellashtirish" nomli asarida bu

jarayon batafsil ko'rib chiqilgan. Ushbu ishda qarshi ionlar, QME va suv molekulalari bo'lgan funksional guruhlarini o'z ichiga olgan ion almashinuvchilardan tashkil topgan polimolekulyar fragmentlar uchun empirik bo'lmagan kvant kimyoviy hisoblar amalga oshirilgan. Bundan tashqari, suvning miqdori gidratlanish darajasiga qarab o'zgarishi ko'rsatilgan. Empirik bo'lmagan hisob-kitoblardan foydalanish jarayondagi har xil turdagi o'zaro ta'sirlarni bir xil darajada sifat jihatidan hisobga olish imkonini beradi. Muallif tomonidan ishlab chiqilgan uslub suv molekulalari va ionlarning o'zaro taqsimlanishini tasvirlash, suv molekulalarining ionlar bilan o'zaro ta'sirini sifat jihatidan ifodalashga olib kelgan. Rasm-3 da suv va ionit qarshi ionlarining funksional guruhga nisbatan o'zaro joylashishining ikkita varianti ko'rsatilgan. V. M. Zelenkovskiyning keyingi ishlarida ba'zi hollarda ion almashinadigan guruh bilan suv molekulalari emas, balki erigan QME ning ion juftlari o'zaro ta'sir qilishi ko'rsatilgan. Bunday holda, ion almashinadigan guruh va QME molekulasidan iborat gidratlangan assotsiatlar hosil bo'ladi.

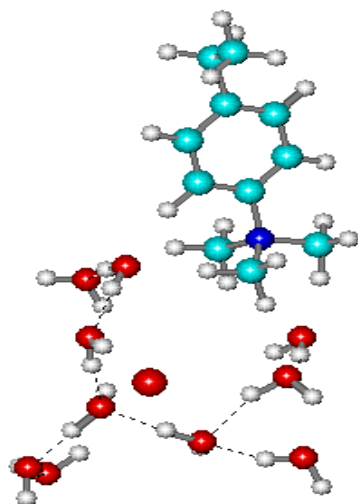
- birinchidan, qutbli guruh bilan bog'langan gidratlangan ion juftligi PE fazasining tarkibiy qismiga aylanadi. Shuning uchun TPE ning PE dagi aktivligi ($\bar{a}_{el}$) bu fazadagi suvning aktivligi bilan bog'liq bo'ladi ($\bar{a}_w$). Ya'ni, elektrolitning PE fazasidagi aktivligi ($\bar{a}_{el}$) tashqi eritma fazasidagi (a_{el}) aktivligi farq qiladi, bu esa quyidagicha yoziladi: $\bar{a}_{el} \neq a_{el}$.

- ikkinchidan, assotsiatlar hosil bo'lganda, PE fazasidagi zaryadlangan zarrachalar soni o'zgarishsiz qoladi:



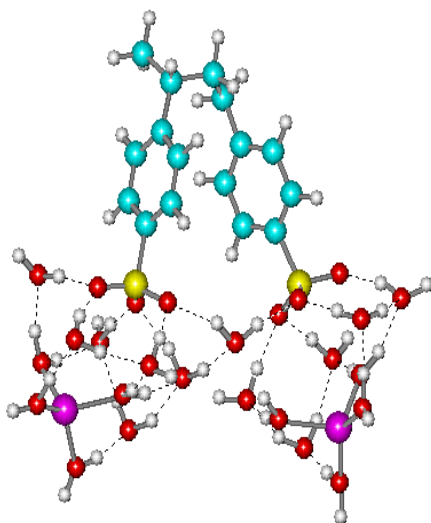
Ya'ni, bu vaziyatda qutbli guruh o'zini adsorbsion markaz sifatida tutadi, bir tomondan polimer matritsasi, ikkinchisi esa gidratlangan ion jufti bilan ekranlanadi. Shu sababli, ma'lum bir dipolni o'rab turgan suv miqdori QME ning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq bo'lib, bu jarayon suvning umumiy miqdori uchun quyidagicha ifodalandi:

$$\bar{n}_w^\Sigma = \bar{n}_w + \bar{n}_w^{el} = (1 - \bar{n}_{el})\bar{n}_w^i + \frac{\bar{n}_{el}W}{\bar{m}_{el}^{bin}} \quad (13)$$



a)

b)



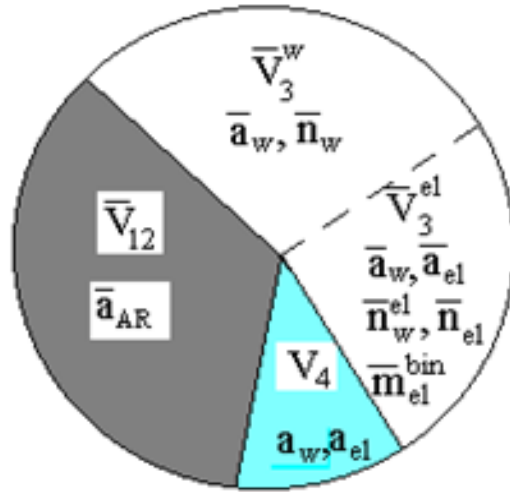
Rasm-3. a) bitta funksional guruhga ega bo'lgan kuchli asosli anionit, iodid ioni va 10 ta suv molekulasidan iborat sistema; b) ikkita funksional guruhga ega bo'lgan kuchli kislotali kationit, 2 ta natriy ioni va 20 ta suv molekulasidan iborat sistema.

Suvning fazalar orasida taqsimlanishini uning taqsimlanish konstantasi yordamida ifodalaganda, biz QME ning PE tarkibiga kirib borgan taqdirda, uning fazalar orasida taqsimlanishini taxmin qilamiz. Natijada PE eritmasi fazasi va QME eritmasi fazasi elektrolitlarning taqsimlanish konstantasi yordamida aniqlanadi.

$$K_d^{el} = \frac{\bar{a}_{el}}{a_{el}} \quad (14)$$

Shubhasiz, bu holatda PE fazasining tarkibi va miqdori o'zgaradi. Buning sabablarini to'liq tavsiflash uchun bu holatni batafsilroq ko'rib chiqamiz. Yuqorida aytib o'tilganidek, agar o'rganilayotgan sistema muvozanat holatida bo'lsa, u holda har ikkala fazalardagi suvning aktivliklari suvning taqsimlanish konstantasiga bog'liq bo'ladi. Agar QME PE eritmasi fazasiga kirs, u holda fazalararo muvozanat shartiga ko'ra, K_d^w qiymat o'zgarmasligi kerak. Ya'ni, suvning aktivligi bir xil bo'lib qolishi kerak. Bu faqat PE fazasiga elektrolitlar emas, balki ma'lum bir konsentratsiyali elektrolitlar eritmasi kirib borgan taqdirdagina mumkin bo'ladi.

Faraz qilaylik, QME polielektrolit fazasiga binar eritma shaklida kirs, u holda suvning aktivligi binar PEDagi kabi bo'ladi. Rasm-4 da QME eritmasi bilan bo'kkan tikilgan polimer granulasining tarkibi sxematik tarzda ko'rsatilgan. Bu erda, PE eritmasi hajmi shartli ravishda uch hajmga bo'linadi: $\bar{V}_{12}$ - polielektrolit hajmi, $\bar{V}_3^w$ - "izopiestik" suv hajmi, $\bar{V}_3^{el}$ - $\bar{m}_{el}^{bin}$ - konsentratsiyali binar QME eritma hajmi.



Rasm-4. QME eritmasida bo'lgan tikilgan polimer granulasining tarkibi.

PE fazasi uch komponentli aralashmadan (ikki elektrolit va suv) iborat deb qabul qilinadi. Bu xulosa I.Mikulin va A.Zdanovskiy asarlarida taklif qilingan algoritmgaga muvofiq tuzilgan. Eritmada umumiy ionga ega bo'lgan ikkita elektrolit bo'lsa, QME aktivligining ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\bar{a}_{el} = \bar{m}_{el} \bar{m}_{\Sigma} \bar{\gamma}_{el\pm}^2 \quad (15)$$

Bu yerda: $\bar{m}_{el}$ - polielektrolit fazasidagi elektrolitning molyar konsentratsiyasi, $\bar{m}_{\Sigma}$ - eritmaning umumiy konsentratsiyasi, $\bar{\gamma}_{el\pm}$ - aralashmadagi elektrolitning o'rtacha molyar aktivlik koeffitsienti.

$$\bar{\gamma}_{el\pm} = \bar{\gamma}_{el\pm}^{bin} \frac{\bar{m}_{el}^{bin}}{\bar{m}_{\Sigma}} \quad (16)$$

$\bar{m}_{el}^{bin}$ - konsentratsiyali binar eritmadagi elektrolitning $\bar{\gamma}_{el\pm}^{bin}$ - o'rtacha molyar aktivlik koeffitsienti.

$\bar{m}_{el}$ - qiymatni quyidagicha yozish mumkin:

$$\bar{m}_{el} = \frac{\bar{m}_{el}}{\bar{m}_{\Sigma}} \bar{m}_{\Sigma} = \bar{x}_{el} \bar{m}_{\Sigma} = \bar{n}_{el} \bar{m}_{\Sigma} \quad (17)$$

Quyidagi tenglamalardan foydalanib, ikki elektrolitlardan tarkib topgan aralashmalarning ionit tomonidan sorbirlanish jarayonida komponentlarning polielektrolit eritmasi fazasidagi konsentratsiyalarini, miqdorlarini, aktivliklarini tajriba natijalari asosida aniqlashga imkon yaratiladi.

$$\bar{a}_{el} = \bar{m}_{el} \bar{m}_{\Sigma} \bar{\gamma}_{el\pm}^2 = \bar{n}_{el} \bar{m}_{\Sigma} \bar{m}_{\Sigma} \left(\frac{\bar{m}_{el}^{bin}}{\bar{m}_{\Sigma}} \right)^2 \bar{\gamma}_{el\pm}^{bin^2} = \bar{n}_{el} \bar{m}_{el}^{bin^2} \bar{\gamma}_{el\pm}^{bin^2} \quad (18)$$

$$K_d^{el} = \frac{\bar{a}_{el}}{a_{el}} = \frac{\bar{n}_{el} \bar{m}_{el}^{bin^2}}{m_{el}^2} \frac{\bar{\gamma}_{el\pm}^{bin^2}}{\gamma_{el\pm}^{bin^2}} \quad (19)$$

$$\bar{n}_{el} = \frac{K_d^{el} m_{el}^2 \gamma_{el\pm}^{bin^2}}{\bar{m}_{el}^{bin^2} \bar{\gamma}_{el\pm}^{bin^2}} \quad (20)$$

$$\bar{n}_w^\Sigma = \bar{n}_w + \bar{n}_w^{el} = (1 - \bar{n}_{el}) \bar{n}_w^i + \frac{\bar{n}_{el} W}{\bar{m}_{el}^{bin}} \quad (21)$$

$$\bar{m}_{el} = \frac{\bar{n}_{el} W}{\bar{n}_w^\Sigma} \quad (22)$$

$$\bar{m}_\Sigma = \frac{W}{\bar{n}_w^\Sigma} \quad (23)$$

Shunday qilib, K_d^{el} dan foydalanib, polielektrolit fazasi tarkibi haqida to'liq ma'lumot olish mumkin. Natijada muvozanat holatida QME eritmasining turli konsentratsiyalardagi qiymatlarini olgandan so'ng, $\bar{n}_{el} = f(a_w)$ koordinatalarda ushbu elektrolitning sorbsiya izotermasini qurish mumkin. Bu esa reagentsiz usulda aralashmalar tarkibidan komponentlarni ajratib olishga imkon yaratadi.

4. Polimer gel' kinetikasi.

Agar polimer gel' hajmining o'zgarishi birinchi tartibli kinetik tenglama bilan ifodalansa, u holda k- konstanta jarayonning borish vaqtini ifodalaydi, chunki odatda $t = \frac{1}{k}$ vaqt davomida polimer gel' hajmi taxminan butun bo'kish jarayonining $\sim 2/3$ qismiga teng bo'ladi. Bu holda bo'kish tezligi polimer gelning to'liq va joriy bo'kish darajalari farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dV}{dt} = -k(V - V_{eq}) \quad (24)$$

Bu yerda: V - granulaning joriy vaqt davomidagi hajmi, V_0 - boshlang'ich vaqtdagi granulaning hajmi, bu hajm granulaning suvda bo'kkan hajmiga teng, V_{eq} - granulaning muvozanat holatidagi hajmi, k- granulaning bo'kish tezligi konstantasi.

(24) tenglama yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$V(t) = (V_0 - V_{eq})e^{-kt} + V_{eq} \quad (25)$$

tenglamadan foydalanib, bo'kish tezligi konstantasini quyidagi tenglama orqali hisoblash mumkin:.

$$k = -\frac{1}{t} \ln \left(\frac{V_i - V_{eq}}{V_0 - V_{eq}} \right) \quad (26)$$

Agar vaqt davomida granula hajmining o'zgarishi ikkinchi tartibli kinetik tenglama bo'yicha borsa, u holda quyidagi tenglamalardan foydalaniladi:

$$\frac{\partial^2 V_i}{\partial t^2} = -\alpha \frac{\partial(V_i - V_{eq})}{\partial t} + \beta(V_i - V_{eq}) \quad (27)$$

bu yerda: α –Gukning elastiklik konstantasi, β – geldagi fazalararo o'zaro ta'sirni ifodalovchi kattalik.

Bu tenglamaning yechimi quyidagi ifodani beradi.

$$V_i = V_{eq} + Ae^{-K_1 t} + Be^{-K_2 t} \quad (28)$$

α va β kattaliklarni

$$\alpha = -(K_1 + K_2) \quad (29)$$

$$\beta = -K_1 K_2 \quad (30)$$

formulalar yordamida K_1 va K_2 koefitsientlarning qiymatlarini bilgan holda aniqlash mumkin. Shuningdek A va B koefitsientlarning qiymatlarini aniqlashga qo'shimcha shart qo'yiladi.

Agar tajriba natijalaridan bo'kish jarayoni teskari qiymati logarifmining vaqtga bog'liqligi bitta to'g'ri chiziqqa yotsa, bu to'g'ri chiziqning tangens burchagi k_1 koefitsientning qiymatini bildiradi va bo'kish jarayoni birinchi tartibli kinetik tenglama bilan ifodalanadi. Agar bo'kish jarayoni chiziqli bog'lanishga ega bo'lmasa, u holda ikkinchi tartibli kinetik tenglamadan foydalaniladi.

3-Mavzu. Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi, uch-molekulyar reaksiyalarda qo'llash. Otar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash

Reja:

1. Faol to'qnashishlar nazariyasi.
2. To'qnashishlar soni orqali tezlik konstantasini hisoblash
3. Faol kompleks nazariyasi.
4. Otar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash

Kimyoviy kinetika nazariyalarining asosiy vazifasi - bu reagentlarning turlicha tuzilishlari va reaksiya yo'liga tayangan holda elementar reaksiyalar tezlik konstantalari va ularning haroratga bog'liqligini hisoblashdan iborat. Bunday nazariyalar asosan faol to'qnashishlar va faol kompleks nazariyalariga bo'linadi.

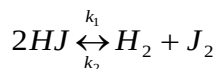
Faol to'qnashishlar nazariyasi kimyoviy kinetikaning asosiy nazariyalaridan biri bo'lib, unga ko'ra gaz fazada boruvchi kimyoviy reaksiyalar zarrachalarning to'qnashuvi natijasida amalga oshiriladi, ularning umumiy kinetik energiyasi ma'lum bir kritik qiymatdan katta bo'ladi, reaksiyaning faollanish energiyasi bilan

aniqlanadi. Bu nazariyaga ko'ra, kimyoviy reaksiya tezligi vaqt birligidagi faol to'qnashuvlar soni bilan belgilanadi. Turli xil reaksiyalar uchun eksponensial oldi omillarning nazariy hisoblangan qiymatlari tajriba natijalaridan olingan qiymatlardan oshib ketganligi sababli, tezlik konstantasini hisoblash uchun kinetik tenglamaga sterik omil deb ataladigan tuzatish koeffitsienti kiritiladi. Bu koeffitsient molekulalarning to'qnashuv paytida reaksiya uchun qulay yo'nalishi zarurligini hisobga oladi. Sterik omilning fizik ma'nosini o'tish holati nazariyasi yoritadi va reaksiyaga kirishuvchi molekulalar va faollashtirilgan komplekslarning tuzilishi va tuzilishiga bog'liq bo'lgan entropiya omili sifatida belgilanadi.

Faol to'qnashishlar nazariyasida quyidagi asosiy ehtimolliklar hisobga olinadi:

1. O'zaro to'qnashishda bo'lgan A va B molekulalarning tezliklari Maksvell taqsimoti bo'yicha taqsimlangan deb qaraladi. Reaksiya borish jarayonining barcha davrida Maksvell bo'yicha taqsimlanish saqlanib qoladi.
2. A va B molekulalari sferik zarrachalar deb qabul qilingan bo'ladi.
3. Barcha reaksiyalarda faqat to'qnashgan molekulalar ishtirok etadi.

Shuning uchun reaksiya sistemada o'zaro to'qnashgan molekulalar sonini bilib, reaksiya tezligini aniqlash mumkin bo'ladi. Misol sifatida quyida vodorod iodidning parchalanish reaksiyasini ko'ramiz.



Vaqt birligi ichida hajm birligida bir xil zarrachalarning to'qnashishlar soni

$$z_n = 2n^2 d^2 \left(\frac{\pi RT}{M} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ga teng bo'ladi.

Bu yerda: $n - 1 \text{ sm}^3$ hajmdagi molekulalar soni, d - molekulalar diametri, sm ; R -universal gaz doimiyligi, $erg/mol \cdot grad$; M -reaksiyaga kirishuvchi moddaning molekulyar massasi, g/mol .

O'zaro to'qnashgan molekulalar soni $z^I = 2z_n$ teng bo'lganligi sababli, tezlik quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{2z_n}{N} \quad (2)$$

bu yerda tezlikning o'lchov birligi $mol/sm^3 \cdot sek$, N – Avogadro soni.

Agar reaksiyaga kirishayotgan moddalar miqdori 1 mol/sm^3 bo'lsa, u holda $W = k$ bo'ladi.

Agar vodorod iodidning parchalanish reaksiyasida $d_{HJ} = 3,5 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$,

$C = 1 \frac{\text{mol}}{\text{sm}^3}$, $T = 698,6 \text{ K}$ bo'lsa, u holda reaksiya tezligi

$$W = \frac{2 \cdot 2(6,02 \cdot 10^{23})^2 \cdot (3,5 \cdot 10^{-8})^2}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 8,314 \cdot 10^7 \cdot 698,6}{128} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot 10^3 = 1,11 \cdot 10^{11} \text{ mol} \cdot \text{sm}^{-3} \cdot \text{sek}^{-1}$$

ga teng bo'ladi. $C = 1 \frac{\text{mol}}{\text{sm}^3}$, $T = 698,6 \text{ K}$ sharoitda HJ parchalanish tezligining tajriba yo'li bilan olingan qiymati esa $1,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / \text{sek} \cdot \text{sm}^3$ ga teng. Tezliklar orasidagi farq

$$\frac{W_{his}}{W_{taj}} = \frac{1,11 \cdot 10^{11}}{1,24 \cdot 10^{-3}} = 9 \cdot 10^{13}$$

martaga teng bo'ladi. Bu farqni tushuntirish uchun Arrenius quyidagi ehtimollikni ta'kidlaydi. Oddiy molekulalar bilan bir qatorda faol molekulalar mavjud bo'lib, bu molekulalarning energiyasi juda kattadir va bunday molekulalarning to'qnashishi hisobida kimyoviy reaksiyalar sodir bo'ladi. Faol molekulalar deb katta kinetik energiyaga, tebranish energiyasiga yoki elektronlari yuqori energetik pog'onalarda joylashgan molekulalarga aytiladi. Faollantirish bu reaksiya jarayonining boshlang'ich va oxirgi holatlarini ajratib turadigan potensial to'siqni yengib o'tish uchun yetarli energiyaga ega bo'lgan molekulalarning holati bilan ifodalanadi.

E_a -faollanish energiyasi qiymatidan kichik energiyaga ega bo'lmagan molekulalar soni uchun Bolsman taqsimotiga asosan zarrachalar soni quyidagicha ifodalanadi:

$$z_a = z \cdot e^{-\frac{E}{kT}} \quad (3)$$

bu yerda: z_a - energiyasi E qiymatdan katta bo'lgan molekulalar soni, z - barcha to'qnashishlar soni.

HJ ning parchalanish reaksiyasi tezligi quyidagicha

$$W = \frac{2 \cdot z \cdot e^{-\frac{E}{kT}}}{N} \quad (4)$$

bo'ladi. Bu formula yordamida hisoblab topilgan aktivlanish energiyasi qiymati $E = 44600 \text{ kal/mol}$ ga teng.

E_a ning qiymatini Arrenius tenglamasi yordamida hisoblab topilgan qiymati ham $E = 44600 \text{ kal/mol}$ ga teng. Bu qiymatlar o'zaro teng bo'lib, Arreniusning "faqat faol molekulalar to'qnashganda reaksiya sodir bo'ladi" degan fikrini tasdiqlaydi. Ammo ba'zi molekulalar uchun bunday o'xshashlik kuzatilmaydi.

Misol sifatida $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$ reaksiya uchun $200-300^\circ\text{C}$ harorat sohasida ($d = 2 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$) tezlik konstantalar quyidagilarga

$$k_{taj} = 1,25 \cdot 10^{11} e^{-\frac{26500}{kT}}$$

$$k_{naz} = 1,29 \cdot 10^{12} e^{-\frac{26500}{kT}}$$

teng bo'ladi. Bularning nisbatini $\frac{k_{taj}}{k_{naz}} = \frac{1,25}{22,9} = 0,05$

qiymatga teng. Tezlik konstantasining hisoblangan qiymati tajribada olingan qiymatidan 20 marta katta. Shuning uchun faol to'qnashishlar nazariyasi yordamida kimyoviy reaksiyalar tezligini hisoblash formulasida yana bitta koeffitsiyent - sterik omil tushunchasi kiritiladi.

$$W = \frac{2 \cdot P \cdot z_a}{N}$$

bu yerda: P-sterik omil.

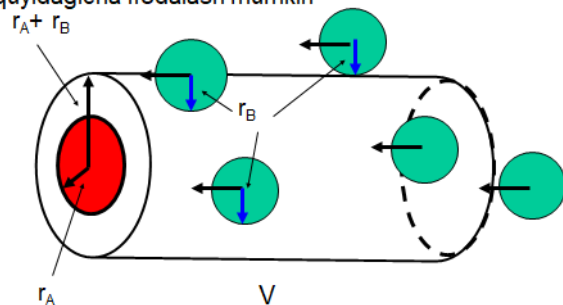
Bu ko'paytuvchining kiritilishi sababi quyidagilardan iborat:

1. Murakkab molekularlar uchun faol to'qnashishlar paytida faol guruhlar shunday joylashishi kerakki, natijada ular mahsulotlar hosil qilishi kerak.
2. Agar to'qnashish vaqtida energiyaning qayta taqsimlanishi sodir bo'lmasa, u holda hosil bo'lgan kompleks parchalanadi va dastlabki molekularlar o'zaro ta'sirlashmaydi.

Faollanish turli ko'rinishda bo'lishi mumkin:

1. Ilgarilanma va aylanma harakat energiyalarining yuqori bo'lishi;
2. Hosil bo'ladigan molekularlardagi atomlar va atomlar guruhlarining tebranma harakat energiyalarining yuqori bo'lishi;
3. Elektronlarning yuqori energetik pog'onada bo'lishi.

Sferik shakldagi A va B molekularlarining to'qnashishlarini quyidagicha ifodalash mumkin



$$\text{To'qnashishlar soni} = \pi(r_A + r_B)^2 \langle V \rangle n_B$$

Rasm-1. Faol to'qnashishlar nazariyasini sferik shakldagi molekularlar orqali ifodalash.

To'qnashishlar soni orqali tezlik konstantasini hisoblash

$A + B = C + D$ reaksiyada har bir faol zarrachaning to'qnashishi natijasida bitta molekulaning yo'qolishi sodir bo'ladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{Z_{AB}^a}{N} \quad (5)$$

1 sm³ va 1 sek ichida bir tur molekulalarning ikkinchi tur molekular bilan to'qnashishlar soni energiyalari bir xil bo'lgan holatda quyidagiga teng.

$$Z_{AB}^a = n_A n_B d_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{E}{RT}} \quad (6)$$

bu yerda: n_A, n_B – 1 sm³ dagi A va B molekulalarining soni; $d_{AB} = r_A + r_B$ ifoda - A va B larning radiuslari yig'indisi; M_A va M_B – A va B larning molekulyar massalari.

Oxirgi ifoda tezlik konstantasini topish formulasiga qo'yilsa:

$$W = \frac{1}{N} n_A n_B d_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{E}{RT}} \quad (7)$$

hosil bo'ladi. (II.7) ifoda kimyoviy kinetika asosiy postulatining matematik ifodasiga qo'yilsa, quyidagi tenglamalar hosil bo'ladi:

$$W = k \cdot C_A C_B \quad (8)$$

$c_A = \frac{n_A}{N}$, $c_B = \frac{n_B}{N}$ va $w = k \cdot \frac{n_A}{N} \cdot \frac{n_B}{N}$ bo'lganligini hisobga olib,

$$k \cdot \frac{n_A}{N} \cdot \frac{n_B}{N} = \frac{1}{N} n_A n_B d_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{E}{RT}} \quad (9)$$

bu ifodadan

$$k = N d_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{E}{RT}} \quad (10)$$

Oxirgi ifoda faol to'qnashishlar nazariyasi uchun tezlik konstantasining fizikaviy mohiyatini ochib beradi va uni hisoblashning matematik ko'rinishi hisoblanadi. Tenglamaning o'ng tomonidagi eksponenta oldi ko'paytuvchisini berilgan haroratda o'zgarmas deb qabul qilinsa, quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$N d_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = \text{const} \quad (11)$$

bundan

$$k = const \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (12)$$

$$\ln k = \ln const - \frac{E}{RT} \quad (13)$$

bu tenglamani T bo'yicha differensiallab,

$$\frac{d \ln k}{dT} = -\frac{E}{RT^2} \quad (14)$$

ifoda hosil bo'ladi. (II.14) - ifoda Arrenius tenglamasi bilan solishtirilsa $E_a = E$ kelib chiqadi. Bu tenglikdan molekulyar-kinetik nazariyalar uchun faollanish energiyasining fizik mohiyatini kelib chiqadi. $T^{\frac{1}{2}}$ ni konstantadan olinsa,

$$Nd_{AB}^2 \left[8\pi RT \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = const \quad (15)$$

bo'ladi. Bundan quyidagi tenglamalar kelib chiqadi:

$$k = const \cdot T^{\frac{1}{2}} \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (16)$$

$$\ln k = \ln const + \frac{1}{2} \ln T - \frac{E}{RT} \quad (17)$$

(II.17) ifodani harorat bo'yicha differensiallansa, quyidagi hosil bo'ladi:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E + \frac{1}{2} RT}{RT^2} \quad (18)$$

Bu tenglamani Arrenius tenglamasi bilan taqqoslantirilsa, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$E_a = E + \frac{1}{2} RT \quad (19)$$

Ammo, ko'pchilik holatlarda reaksiyalar $T \leq 1000 K$ oraliklarda olib boriladi va natijada $R \approx 2 \text{ kal/mol} \cdot \text{grad}$ ga teng bo'ladi, shuning uchun $\frac{1}{2} RT \approx T$ bo'ladi va energiya 1000 kal/mol dan oshmaydi. Natijada ko'pchilik reaksiyalarning faollanish energiyasi $10^4 - 10^5 \text{ kal/mol}$ ga teng bo'lib, $E_a = E$ deb qabul qilingan.

(II.15) – tenglamadagi *const* kattalikni *A* bilan belgilab, Arrenius tenglamasidagi eksponenta oldi ko‘paytuvchisi deb aytiladi va u fizikaviy mohiyatga ega bo‘ladi. Arrenius tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E}{kT}} \quad (20)$$

Faol to‘qnashishlar nazariyasida quyidagi asosiy kamchiliklarga ega:

- zarrachalar faqat sferik shaklda deb qabul qilinadi va ularning ichki tuzilishi hisobga olinmaydi;
- hozirgacha faollanish energiyasini hisoblash usuli yo‘q;
- to‘qnashishlar sonini hisoblash muammolari bor, shuning uchun sterik omil tushunchasi kiritilgan.

Faol kompleks nazariyasi

To‘qnashish usuli kimyoviy kinetikaning ko‘p masalalarini tushunishga yordam beradi. Lekin ba‘zan bu usul bergan natijalar tajriba yo‘li bilan olingan natijaga zid keladi va buning sababini tushuntira olmaydi. Masalan, tez va sekin boruvchi reaksiyalarni tushuntirishda yaxshi asoslanmagan qo‘shimcha nazariyalardan – sterik omil, energiyaning erkinlik darajasi, taqsimlanish kabilarni ko‘rsatish mumkin.

Undan tashqari to‘qnashish nazariyasi to‘qnashish jarayonining mexanizmini, ya‘ni to‘qnashish vaqtida qanday qilib kimyoviy reaksiya sodir bo‘lishini tushuntirmaydi, kimyoviy jarayonlarni soddalashtirildi. Bu kamchiliklarni tushuntirish uchun 1935-yilda Eyring va Polyani yangi usul kiritdilar. Bu usul o‘tar holat yoki faol kompleks usuli deyiladi. Faol kompleks usulida faol molekulalar muhim o‘rin egallab, to‘qnashuv paytida faollashtirilgan kompleks hosil qilish uchun yetarli kinetik energiyaga ega bo‘lgan molekulalar hisoblanadi.

Faol kompleks nazariya (o‘tish holati nazariyasi, mutlaq reaksiya tezligi nazariyasi) kimyoviy reaksiyalarning statistik nazariyasining eng oddiy varianti hisoblanadi. Reagentlar molekulalarining elektron tuzilishi va xossalari asosida elementar kimyoviy reaksiyalar tezligini taxminiy hisoblash imkonini beradi. Sistemaning boshlang‘ich holatidan oxirgi holatga o‘tishi beqaror oraliq zarracha – faollashgan kompleks yoki o‘tish holatining hosil bo‘lishi bilan bog‘liq degan taxminga asoslanadi. Faollashgan kompleks o‘zi hosil bo‘lgan molekulalarga nisbatan yuqori potentsial energiyaga ega va qisqa davrga ega bo‘ladi. Faol kompleksning parchalanish tezligini reaksiya mahsulotlarining hosil bo‘lish tezligini belgilaydi. Faollashgan komplekslar va boshlang‘ich molekulalar o‘rtasidagi muvozanatni taxmin qilish asosida kimyoviy reaksiya tezlik konstantasining haroratga bog‘liqligini ifodalovchi kinetik tenglamalarni hosil qilish uchun klassik va statistik termodinamika usullaridan foydalaniladi.

To'qnashish va o'tar holat usullarini bir-biriga qarama-qarshi qo'yish yaramaydi. Faol to'qnashishlar nazariyasida reaksiyaga kirishayotgan zarrachalarning to'qnashishlari muhokama etilsa, o'tar holat nazariyasida esa to'qnashishdan keying holat muhokama etiladi. Shuning uchun bu usullar bir hodisani nazariy hal qilishga intiladi va bir – birining kamchiligini to'ldiradi.

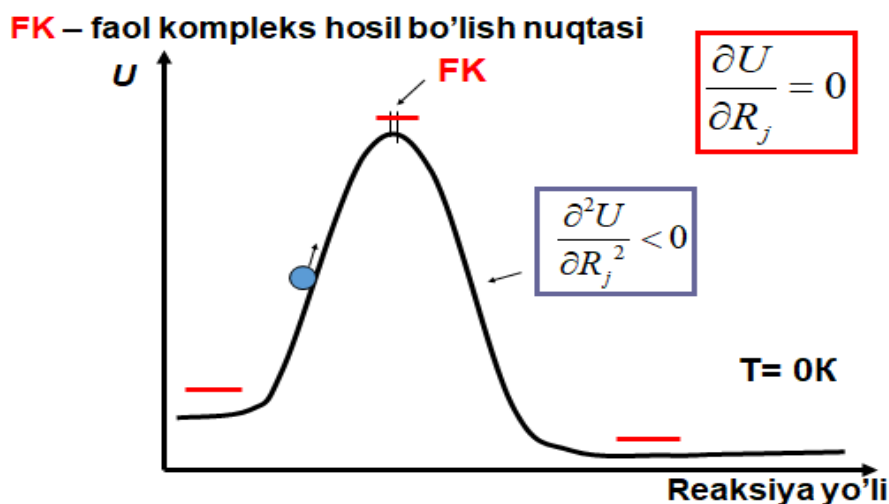
Bu nazariyani quyidagi reaksiya misolida tushuntirish mumkin:



bu yerda: $A + BC$ - dastlabki moddalar, $[A \cdot BC]$ - faol kompleks, $AB + C$ - reaksiya mahsulotlari hisoblanadi.

Reaksiya natijasida B-C bog'i uzilib, A-B bog'i hosil bo'ladi, lekin bu jarayon birdaniga ro'y bermaydi. BC molekula, A atomga yaqinlashgan sari B va C atomlar oralig'i uzayib, ya'ni B-C bog'i bo'shashib boradi. Xuddi shu vaqt ichida A va B atomlar bir-biriga yaqinlasha boradi, ya'ni A-B bog'i hosil bo'la boshlaydi. Ma'lum paytda B atom bir vaqtning o'zida ham BC va ham AB molekulaga qarashli bo'lib qoldi. Ya'ni A-B-C kompleksi hosil bo'ladi. Bu kompleks faol kompleks bo'lib, uning ishlash muddati faol kompleksning hosil bo'lishidan boshlab parchalanishiga qadar o'tgan vaqt bilan ifodalanadi. Odatda u kompleksning tabiatiga bog'liq bo'lmaydi, haroratga teskari proporsional bo'lib, 10^{-12} - 10^{-13} sek ga tengdir.

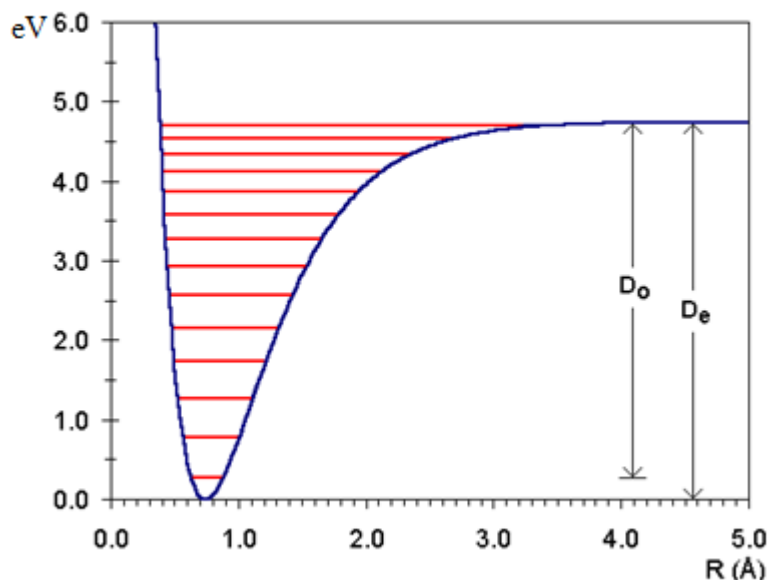
Quyidagi II.5-rasmda A va BC moddalar o'zaro ta'sirlashganda A-B-C kompleksi hosil bo'lishi keltirilgan. Atomlar oralig'i o'zgargan sari sistemaning energiyasi ham o'zgaradi. Bu jarayonni fazoviy koordinatalar sistemasida ko'rsatish mumkin. Demak, sistemada moddalar o'zaro reaksiyaga kirishganda sistemaning energiyasi orta borib, (rasm-II.3.) eng yuqori qiymatiga yetgandan so'ng yana kamaya boradi. Sistema erishgan eng yuqori qiymatli energiya faollanish energiyasidir.



Rasm-II.3. Sistemada energiya o'zgarishining reaksiya yo'liga bog'liqligi.

Kimyoviy reaksiya bu yadrolarning potensial energiya sirti bo'yicha harakatidir. Potensial energiya sirti bu geometrik sirt bo'lib, reaksiyaga kirishayotgan zarrachalar potensial energiyalarining reaksiyon muhitning geometrik tuzilishiga bog'liqligini bildiradi (rasm-II.4).

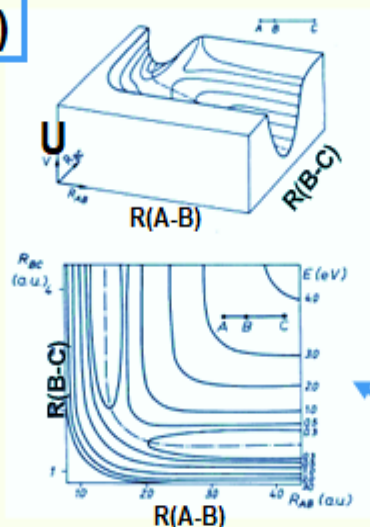
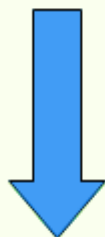
Potensial energiya sirti egri chizig'i



Rasm-II.4. Potensial energiya sirti.

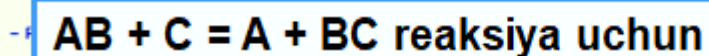
Potensial energiya sirti

$$U = f(A-B, B-C)$$



Fazoda

Tekislikda



50

Rasm-II.5 $A + BC = A + BC$ reaksiya uchun fazoda va tekislikda potensial energiya sirti.

Reaksiyaning tezligi faol kompleks konsentrasiyasiga va ularning harakat tezligiga to'g'ri proporsionaldir.

$$W = kC_1C_2 = \alpha C^* \bar{W} \quad (21)$$

$$k = W/C_1C_2 = \alpha \frac{C^*}{C_1 \cdot C_2} \bar{W} \quad (22)$$

$$K^* = BC + A \leftrightarrow [BCA]^* \quad (23)$$

bu yerda: C_1 va C_2 lar reaksiyaga kirishayotgan moddalarning dastlabki konsentrasiyalari, C^* - faol kompleks konsentrasiyasi, W - faol kompleksning o'rtacha aylanish tezligi, α - transmission koeffitsiyent yoki o'tar holat koeffitsiyenti.

$$k = \alpha \frac{C^*}{C_1 \cdot C_2} W = \alpha K^* W \quad (24)$$

Termodinamika asoslaridan va gazlarning kinetik nazariyasidan foydalanib, quyidagigini yozish mumkin:

$$k = \alpha \frac{KT}{h} e^{\Delta S^*} \cdot e^{-E/RT} \quad (25)$$

bu yerda, K - Bolsman doimiysi, h -Plank doimiysi, ΔS^* - kompleks hosil bo'lganda entropiya o'zgarishidir. Boshqacha qilib aytganda standart holatdagi boshlang'ich moddalardan bir mol faollashtirilgan komplekslar hosil bo'lishida reaksiya sistema entropiyasining o'zgarishidir. Gibbsning faollanish energiyasi, yani standart holatda bir mol boshlang'ich moddalar va faollashgan kompleks molekulalarining Gibbs energiyalari o'rtasidagi farq ham muvozanat holatiga muhim o'rin tutadi.

Agar oxirgi tenglamani faol to'qnashishlar nazariyasi tenglamasi bilan solishtirsak

$$K = pZ e^{-\frac{E}{RT}} \quad (26)$$

quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$pZ = \alpha \frac{kT}{h} e^{\frac{\Delta S^*}{R}} \quad (27)$$

Bu munosabat faol kompleks usuli to'qnashish usulidagi eksponenta oldidagi kattalikning fizikaviy ma'nosini oydinlashtiradi va ularni hech qanday shubhasiz chiqarib beradi.

Ikkinchi tomondan faol kompleks usuli reaksiya tezligini reaksiyaga kirishuvchi moddalarning tuzilishi bilan bog'laydi. Agar A^* tuzilishi ma'lum

bo'lsa, statistik usul bilan ΔS^* ni hisoblab topish mumkin. Nihoyat E spektral usuli bilan hisoblansa, reaksiya tezligi nazariy usulda hisoblanishi mumkin.

Faol kompleks nazariyasining asosiy tushunchalari quyidagilardan iborat:

- boshlang'ich moddalar faol kompleks nuqtasiga yetib kelsa, albatta mahsulot hosil bo'ladi;

- reagentlar va faol kompleks orasida termodinamik muvozanat qaror topadi;

- klassik fizika qonunlariga bo'ysungan holda faol kompleks nuqtasi yaqinida sistema potensial energiya sirti bo'yicha harakatlanadi;

- kimyoviy reaksiyaning borish jarayoni sistemaning bitta potensial energiya sirtida joylashadi. Bunday qarashda sistemaning elektron holati o'zgarmaydi.

Bu usulning kamchiligi quyidagilar:

- 1) ΔS hisoblash qiyin,

- 2) aniq miqdoriy natijalar olib bo'lmaydi.

Nazorat savollari

1. Kimyoviy reaksiya tezligi deb nimaga aytiladi?
2. Kimyoviy reaksiya tezligining o'lchov birligi nimaga teng?
3. Kimyoviy reaksiya tezligi manfiy qiymatga ega bo'lishi mumkinmi?
4. Kimyoviy kinetikaning asosiy postulatini izohlang.
5. Tezlik konstantasining fizik mohiyatini tushuntiring.
6. Reaksiya tartibi deb nimaga aytiladi?
7. Reaksiya tartibi qanday omillarga bog'liq?
8. Birinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasining matematik ifodasini keltirib chiqaring.
9. Birinchi tartibli reaksiyaning yarim yemirilish davri nimaga teng?
10. Birinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasining integral va differensial ko'rinishlarini keltirib chiqaring.
11. Ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasining integral ko'rinishini keltirib chiqaring.
12. Ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasining differensial ko'rinishini keltirib chiqaring.
13. Ikkinchi tartibli reaksiyaning yarim yemirilish davri nimaga teng?
14. Ikkinchi tartibli reaksiyaning yarim yemirilish davri tezlik konstantasiga qanday bog'liq?
15. Reaksiya tartibini aniqlash uchun qanday tajribaviy natijalar kerak?
16. Monomolekulyar va bimolekulyar reaksiyalar deb qanday reaksiyalarga aytiladi?
17. Reaksiyaning xususiy va umumiy tartibi deb nimaga aytiladi va ular qanday hisoblanadi?

18. Murakkab reaksiyalar deb qanday reaksiyalarga aytiladi?
19. Ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasi reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalariga bog'liqmi?
20. Ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasini grafik ravishda aniqlashni ko'rsating.
21. Reaksiya tezligining vaqt bo'yicha o'zgarishi chiziqli bo'lishi uchun uchun qanday koordinatalarga olish kerak?
22. Ikkinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasining o'lchov birligini ko'rsating.

4-mavzu. Geterogen va fermentativ katalizning o'ziga xos xususiyatlari

Reja:

1. Geterogen kataliz.
2. Fermentativ kataliz

Qattiq katalizator sirtida katalitik reaksiyalarning borish jarayonini besh bosqichga bo'lish mumkin:

- 1) katalizator sirtiga moddalarning diffuziyalanishi;
- 2) moddalarning qaytar adsorbsiyalanishi;
- 3) adsorbsion qavatda reaksiyaning borishi;
- 4) sirt yuzasidan mahsulotlarning qaytar desorbsiyalanishi;
- 5) reaksiya mahsulotlarining sirt yuzasidan atrofga diffuziyalanishi;

Bunday katalitik reaksiyaning umumiy tezligi eng sekin o'tadigan bosqich tezligiga teng bo'ladi.

Agar reaksiya davomida diffuziya hisobga olinmasa, adsorbsiya - desorbsiya muvozanati tezda qaror topadi, u holda katalitik reaksiyaning tezligi adsorbsion qavatda sodir bo'ladigan reaksiya tezligi orqali aniqlanadi. Bunday holda geterogen kataliz mexanizmi quyidagi ko'rinishda ega bo'ladi:



Chegara sirtida boradigan reaksiyaning umumiy ko'rinishini quyidagicha yozish mumkin:



Bunday reaksiya tezligi

$$W = \frac{k_1 \cdot K_{4,S} \cdot P_S}{1 + K_{L,S} P_S + K_{L,P} P_P} \quad (3)$$

bo'ladi. Bu yerda: K_L - adsorbsion muvozanat konstantasi, P - parsial bosim.

Shunday qilib, geterogen katalitik reaksiya tezligi dastlabki moddalar va mahsulotlarning parsial bosimi orqali aniqlanadi.

Geterogen katalizning multiplet nazariyasi A. Balandin tomonidan ishlab chiqilgan. Bu nazariya geterogen katalitik reaksiyaning elementar akti multiplet kompleks hosil bo'lishi va parchalanishi degan farazga asoslanadi. Multiplet kompleks hosil bo'lishining hal qiluvchi sharti aktivlashtirilgan adsorbsiyaning mavjudligidir.

Katalizga IYUPAK ta'rifi quyidagicha: Gibbs erkin energiyasining umumiy qiymatini o'zgartirmasdan reaksiya tezligini oshiradigan moddalarga katalizatorlar deyiladi. Bu jarayon kataliz deyiladi. Katalizator bir vaqtning o'zida ham reagent ham mahsulot hisoblanadi. «Katalizator reagentlarning mahsulotlarga aylanishining yangi reaksiya yo'lini ochib beradi» deb ham ta'rif berish mumkin.

Katalizning ta'rifi uning kimyoviy mohiyatini ko'rsatib, boshqa ta'sirlar, masalan fizik parametrlar ta'siri ostida tezlikning o'zgarish farqini yoritib beradi. Boshqa tomondan, katalizatorning stexiometrik jihatdan reaksiyalarga ishtirok etmasligi, uning kataliz jarayonida sarflanmasligi bilan tushuntiriladi. Bundan reaksiya paytida katalizatorga hech qanday o'zgarish sodir bo'lmaydi degan xulosa kelib chiqadi. Turli moddalarning reaksiyalarga turlicha katalitik ta'sirining sababi katalizator ishtirokida reaksiya mexanizmining o'zgarishidir, ya'ni jarayon davomida yangi bir yoki bir necha reaksiya yo'llarining paydo bo'lishidir. Reaksiya mexanizmi deb kimyoviy jarayonlarda boshlang'ich moddalardan mahsulotlar hosil bo'lishida sodir bo'ladigan barcha elementar bosqichlar yig'indisiga aytiladi.

Kataliz ikkiga ijobiy va salbiy katalizga bo'linadi. Birinchi holda katalizator ishtirokida reaksiya tezligi oshadi, ikkinchisida esa kamayadi. Bu hodisalarning izohi quyidagicha. Ijobiy katalizda oraliq mahsulot hosil bo'lishida katalizatorning boshlang'ich moddalar bilan kimyoviy o'zaro ta'siri natijasida aktivlanish energiyasi qiymati kamayadi, salbiy katalizda esa aksincha. Shuning uchun reaksiya tezligining ijobiy katalizda oshishi va salbiy katalizda pasayishi yoki hatto uning tugashi kuzatiladi. Bugungi kunda salbiy kataliz o'rniga ingibirlanish atamasi qo'llaniladi.

Katalizda oraliq birikmalar nazariyasi quyidagicha:

1. Katalizator boshlang'ich modda bilan beqaror oraliq birikma hosil qiladi.
2. Oraliq birikma hosil bo'lishi qaytar jarayon bo'lib, teskari yo'nalishda nisbatan tez davom etadi.
3. Beqaror oraliq birikma mahsulotni hosil bo'lish tomoniga nisbatan sekin o'tadi.
4. Katalitik reaksiyaning umumiy tezligi boshlang'ich moddalar konsentratsiyaga bog'liq bo'lmasdan, faqat oraliq moddalar konsentratsiyaga bog'liq bo'ladi.

5. Bitta katalizator reagent bilan o'zaro ta'sir etib bir vaqtning o'zida bir nechta oraliq birikmalar hosil qilishi mumkin.

Katalitik jarayonlarni turli mezonlarga ko'ra tasniflash mumkin.

Komponentlarning fazaviy tarkibiga ko'ra, katalitik reaksiyalar odatda quyidagilarga: gomogen kataliz (agar boshlang'ich moddalar, reaksiya mahsulotlari va katalizator bir fazada bo'lsa, masalan, kislotalar ishtirokida saxaroza eritmalarining inversiyasi) va geterogen katalizga (reaksiya aralashmasi va katalizator turli fazalarda) bo'linadi. Gomogen va geterogen kataliz oralig'ida joylashgan fermentativ kataliz ko'pincha mikrogeterogen kataliz deb ataladi.

Kimyoviy kinetikada katalitik reaksiyalarni ikkita asosiy guruhga bo'lishi quyidagilarga asoslangan:

- gomolitik kataliz, bunda katalizator bilan reagentlarning oraliq kimyoviy birikma hosil qilish jarayoni gomolitik mexanizmga muvofiq sodir bo'ladi; ya'ni bir elektron juftlarning uzilishi va boshqa elektron juftlarning hosil bo'lishi bilan boradi;
- geterolitik kataliz, oraliq kimyoviy o'zaro ta'sirning tabiati - geterolitik, ya'ni jarayon elektron juftlarning uzilishsiz va boshqa elektron juftlarning hosil bo'lishsiz boradi.

Ushbu yondashuvlar bilan oraliq o'zaro ta'sirning tabiati aniqroq ko'rinib, katalizatorning xususiyatlarni ko'rsatadi.

Gomolitik mexanizm bilan boradigan reaksiyalarga quyidagilarni ko'rsatish mumkin: ammiak sintezi, CO va H₂ dan spirtlar sintezi, benzol, fenol va anilin tarkibidagi qo'sh bog'larni gidrogenlash; SO₂ ni SO₃ gacha, NH₃ ni NO gacha, metanolni formaldegidgacha oksidlanishi.

Bunday reaksiyalarda yangi elektron juftlar hosil qilish uchun juftlashmagan elektronlarni berishga qodir moddalar katalizatorlar vazifasini bajaradi. Bularga d-yoki f- metallar yoki ularning birikmalari kiradi.

Uglevodorodlarning krekinglash reaksiyalari, spirtlarning degitratlanishi, olefinlarning hidratlanishi kabi reaksiyalar geterolitik mexanizm bo'yicha boradi. Bunday jarayonlarda koordinatsion bog'lanish hosil qilish qobiliyatiga ega bo'lgan Fridel-Krafts katalizatorlari (masalan, Al₂O₃, AlCl₃) qo'llaniladi.

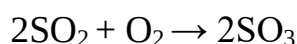
Kataliz - bu o'ziga xos hodisadir, shuning uchun moddaning katalitik faolligi faqat ma'lum bir reaksiyaga nisbatan baholanishi mumkin, ammo ba'zi katalizatorlar bir necha reaksiyalarga nisbatan faollikni ko'rsatishi mumkin. Umuman olganda, katalizatorlarning tarkibi va kimyoviy tuzilishi juda xilma-xildir. Katalizatorlar sof moddalar (metallar, faol uglerod), birikmalar (oksidlar, tuzlar), organik ligandlarga ega bo'lgan metall komplekslari, yoki oqsillar (fermentlar) bo'lishi mumkin. Boshlang'ich moddalar va katalizatorlar miqdorlari o'rtasida stexiometrik nisbatlar mavjud emas. Masalan, nitrat kislota ishlab

chiqarishda ammiakning oksidlanish jarayonida katalizatorning bir massa qismi boshlang'ich moddalarning 10^6 massa qismini mahsulotlarga aylanishiga olib keladi. Gomogen katalizda ko'pincha katalizatorning juda oz miqdori (10^{-13} M dan) ko'p miqdordagi reagentlarni mahsulotlarga aylantirish jarayonini tezlashtiradi. Gomogen kimyoviy reaksiyalarning tezligi katalizator konsentratsiyasiga to'g'ri proportsionalligi tajribalar natijasida aniqlangan.

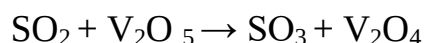
Katalizning ko'plab o'ziga xos mexanizmlari mavjud, misol qilib bir nechta asosiylarini keltiramiz.

1. “O'tkazuvchan” kataliz. Bunda katalizator atom, molekula, elektronlarni tashuvchi vazifasini bajaradi.

Masalan, quyidagi reaksiya



katalizator bo'lmaganda deyarli amalda bormaydi. Aksincha, zamonaviy katalizatorlarning mavjudligi ($450 - 550^\circ\text{C}$ da) jarayonni ikki bosqichda amalga oshirishga imkon beradi:

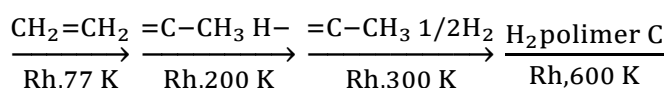


va



2. “Faollanish” katalizi. Bu holatda reaksiya qobiliyati kichik bo'lgan modda katalizator bilan o'zaro ta'sir qilishi natijasida modda faol zarrachaga aylanadi. Natijada jarayon davomida beqaror yangi kimyoviy birikma hosil bo'ladi. Misol sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

a) Balandin prinsipi asosida zamonaviy usullar yordamida olefinlarni faollashtirish:

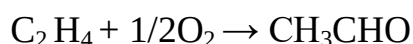


b) Substratlarni kislotalar va asoslar bilan faollashtirish.

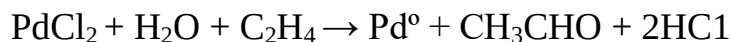
Bu usulning negizida organik birikmalarda neytral holatda molekulalarning past faolligi va ular ionlarining yuqori faollikka ega bo'lishligi yotadi.

3. «Koordinatsion» kataliz. IV-VIII guruh metallari komplekslarning ichki sferalarida katalitik o'zgarishlar bo'ladi. Buning natijasida reagentlarning yaqinlashuvi, ularning donor-akseptor xossalari o'zgarishi, simmetriya taqiqlarini olib tashlanishi va ko'p elektronli jarayonlar sodir bo'ladi.

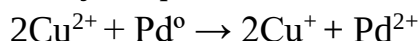
Misol sifatida sanoatda etilenni ikki katalizator Pd^{2+} va Cu^{2+} ionlari ishtirokida asetaldegidgacha oksidlashni ko'rsatish mumkin.



Bu reaksiya katalizator bo'lmasa past haroratlarda bormaydi, yuqori haroratlarda oksidlanish esa selektiv emas. Katalizator ishtirokida bu reaksiya $T = 400 \text{ K}$ va $P = 3 \text{ bar}$ sharoitida 100% boradi.



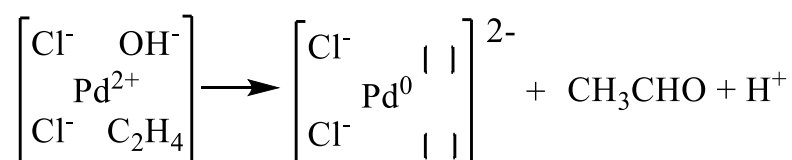
Reaksiyada Pd^{2+} ionlari etilenni oksidlab, Pd^0 gacha qaytariladi, keyin Cu^{2+} ionlari palladiyni Pd^{2+} gacha regeneratsiyasi qiladi:



va



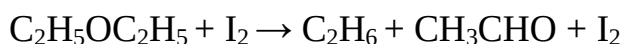
Bu reaksiyada etilen uchun haqiqiy oksidlovchi Pd^{2+} dir, chunki kislorod etilen molekulasini bilan ta'sirlashmaydi. Jarayon bir necha bosqichlarda koordinatsion birikmalarning hosil bo'lishi bilan o'tadi deb taxmin qilinadi va mahsulot hosil bo'lishi bilan tugaydi:



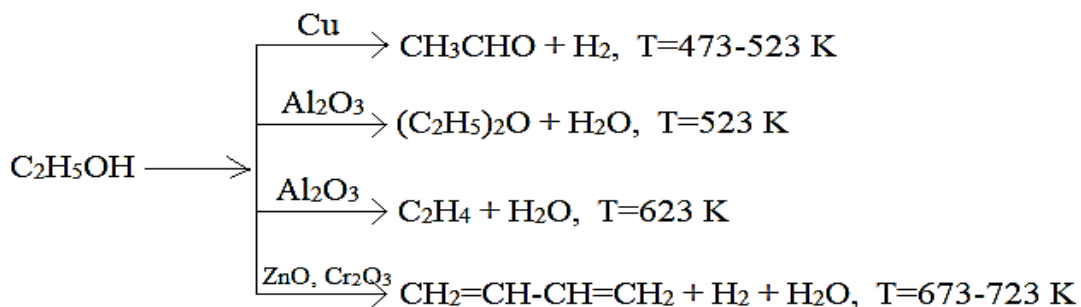
Katalizatorlarning tanlab ta'sir etish qobiliyati muhim ahamiyatga ega, chunki bu qobiliyat reaksiyalarning borish jarayonlarida maqsadli mahsulotlarni shakllantirishga imkon beradi. Masalan, dietil efirning gaz fazasida katalizator ishtirokisiz termik usulda parchalanish reaksiyasi quyidagi yo'nalishda boradi:



Bu reaksiya yod bug'i ishtirokida (gomogen kataliz) boshqa yo'nalishda juda tez o'tadi.



Katalizatorlarning tanlab ta'sir etish qobiliyatini geterogen katalizga qo'llashda katalizatorlarni tanlashga, jarayonlarning o'tish shart-sharoitlarilariga (T , P) qarab, turli xil mahsulotlarni olish mumkin. Misol sifatida etanolning turli katalizatorlar yordamida oksidlanishini ko'rsatish mumkin.



Katalizatorning selektivligi va boshqa xususiyatlarini fizik-kimyoviy tushuntirish uchun katalitik yoki faol markaz tushunchalarining kiritilishi juda

muhimdir. Ushbu nazariyaga ko'ra, kimyoviy reaksiyalarga katalizatorning barcha massasi (hajmi, yuzasi) emas, balki uning faqat faol markazlari ishtirok etishi ko'rsatiladi. Katalizning turiga qarab, faol markazlar:

- geterogen katalizda qattiq zarracha sirtida joylashgan kristall panjaraning atomlari yoki ionlari;
- fermentativ kataliz uchun oqsil molekulasidagi muayyan bir qismi bo'lishi mumkin.

Turli katalizatorlar selektiv ta'siri negizida ular faol markazlarining kimyoviy tarkibi va tuzilishi yotadi. Katalizatorlarning aynan faol markazlari boshlang'ich modda (yoki moddalar) bilan o'ziga xos kimyoviy bog'lanishlar (kovalent, donor-akseptor yoki vodorod) yordamida oraliq birikmalar hosil qiladi. Bunday holda, barcha katalitik reaksiyalar bir necha ketma-ket, parallel yoki tutash reaksiyalar ko'rinishida o'tib, boshlang'ich moddalarni mahsulotlarga aylantiradi va katalizator o'zgarmagan shakllida ajralib chiqadi.

Katalizatorning samaradorligini baholash uchun quyidagi kattaliklar qo'llaniladi.

Gomogen katalizda katalitik faollikni vaqt birligida bitta faol markazda katalizatorning aylanishlar sonini o'lchash bilan hisoblanadi, ya'ni

$$n_k = \frac{W}{C_k}$$

bu yerda: n_k – bir davrda katalizatorning aylanishlar soni, W - reaksiya tezligi, C_k - katalizator konsentratsiyasi.

Katalizatorlarning aylanishlar soni katalizning turiga qarab turli qiymatlarga ega bo'ladi. Masalan, kislota-asosli katalizatorlar uchun 10^{-7} - 10^{-2} s⁻¹, fermentativ kataliz uchun esa 10^2 - 10^5 s⁻¹ga teng bo'ladi.

Davr tushunchasi katalitik va zanjir reaksiyalarda bir-biridan farq qiladi. Ko'pincha katalizator yuzasidagi faol markazlarning tabiati va soni noma'lum bo'lganligi sababli geterogen katalizda aylanishlar sonini aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun katalizda A – aktivlik va solishtirma aktivlik tushunchalari kiritilgan.

Katalizatorlarning samaradorligi ularning tanlab olish qobiliyati bilan ham baholanadi, ular orasida: integral va differensial selektivliklarni qayd etish mumkin. Xulosa qilganda katalizatorlar ishtirokida reaksiya tezligining o'zgarishiga kataliz deyiladi. Agar reaksiya tezligi katalizatorlar ishtirokida oshsa musbat kataliz, reaksiya tezligi kamaysa manfiy kataliz deyiladi. Kataliz ikkiga: gomogen va geterogen katalizga bo'linadi.

Katalizator deb reaksiyaga kirishib va reaksiya tezligini o'zgartirib, reaksiya tugaganda sof holda ajralib chiqadigan moddalarga aytiladi. Reaksiya tezligini

kamaytiruvchi moddalarga ingibitorlar deyiladi. Oqsil tabiatiga ega bo'lgan biologik katalizatorlar fermentlar deyiladi.

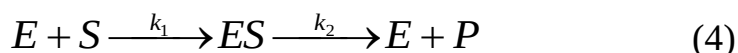
Katalizatorlar reaksiyaga kirishuvchi moddalar bilan oraliq moddalar hosil qilishadi, buning natijasida reaksiya aktivlanish energiyasining qiymati katalizatorsiz o'tadigan reaksiya aktivlanish energiyasining qiymatidan farq qiladi. Musbat katalizda aktivlanish energiyasi qiymati kamayadi, manfiy katalizda esa, aksincha ortadi.

Kimyoviy jarayonlarda katalitik effekt reaksiyaning aktivlanish energiyasi qiymatini kamaytirish orqali erishiladi.

Kimyoviy reaksiyalar termodinamik funksiyalarining o'zgarishi dastlabki va oxirgi moddalar tabiatiga va oraliq moddalar holatiga bog'liq emas bo'lganligi sababli, katalizator reaksiyaning issiqlik effektiga, Gibbs energiyasiga, muvozanat konstantasiga ta'sir etmaydi.

Biologik jarayonlarda qo'llaniladigan katalizatorlar fermentlar deyiladi. Fermentlar ishtirokida boradigan reaksiyalar fermentativ kataliz deb ataladi. Fermentlar, yoki enzimlar bular jonli sistemalarda sodir bo'ladigan katalitik kimyoviy reaksiyalardagi oqsil yoki RNK molekulalari va ularning komplekslaridir. Reaksiyalarda ishtirok etayotgan reagentlar substratlar deb, hosil bo'layotgan moddalar mahsulotlar deb ataladi.

Fermentativ jarayonlar kinetikasining negizida ferment va substrat orasida qaytar oraliq mahsulot - ferment substrat kompleksining hosil bo'lishi va bu kompleksning qaytmas birinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasi orqali mahsulotga aylanishi yotadi va bu o'zgarish quyidagicha ifodalanadi:



bu yerda: E- ferment, S-substrat, P- mahsulot, ES- oraliq mahsulot, k_1 va k_2 – elementar bosqichlarning tezlik konstantalari.

Odatda fermentativ reaksiyalar fermentga nisbatan substratni mo'l miqdorda olib boriladi. Shuning uchun ferment to'liq ferment-substrat kompleksi tarkibida kiradi. Natijada reaksiya davomida kompleksning konsentratsiyasi deyarli o'zgarmaydi, boshqacha qilib aytganda vaqtga bog'liq bo'lmaydi va jarayon kvazistatsionar holatda boradi. (IV.20) reaksiyaga kvazistatsionarlik printsiptini qo'llab, reaksiya tezligini qiymatini quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin. Reaksiya kinetikasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1[E][S] - k_{-1}[ES] - k_2[ES] = k_1[E][S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = 0 \quad (5)$$

Ferment dastlab erkin holda, reaksiya davomida ferment-substrat kompleksi tarkibida va erkin holda mavjudligini hisobga olinsa quyidagi ko'rinishga ega

bo‘ladi:

$$[E]_0 = [E] + [ES] \quad (6)$$

Bu ifodadan ferment konsentratsiyasi

$$[E] = [E]_0 - [ES] \quad (7)$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi va bu qiymatni kvazistatsionarlik prinsipiga qo‘yilsa quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1([E]_0 - [ES])[S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = k_1[E]_0[S] - (k_1[S] + k_{-1} + k_2)[ES] = 0 \quad (8)$$

bu tenglamadan ferment-substrat kompleksining konsentratsiyasi

$$[ES] = \frac{k_1[E]_0[S]}{k_1[S] + k_{-1} + k_2} \quad (9)$$

ega bo‘ladi. Bundan mahsulotning hosil bo‘lish tezligi ferment-substrat kompleksining parchalanish tezligi orqali ifodalanadi:

$$r = \frac{d[P]}{dt} = k_2[ES] = \frac{k_1 k_2 [E]_0 [S]}{k_1 [S] + k_{-1} + k_2} \quad (10)$$

ifodaning surat va maxrajini k_1 ga bo‘lib, quyidagi hosil qilinadi

$$r = \frac{\frac{k_2 [E]_0 [S]}{k_{-1} + k_2} + [S]}{k_1} = \frac{k_2 [E]_0 [S]}{K_M + [S]} \quad (11)$$

bu ifodadagi $k_{-1} + k_2 / k_1$ nisbat Mixaelis konstantasi K_M deyiladi. Bu kinetik konstantaning o‘lchov birligi konsentratsiya o‘lchov birligi bilan bir xil bo‘ladi. K_M ning son jihatdan qiymati pH , harorat, ingibitor yoki aktivatorlarning borligi kabi omillarga bog‘liq bo‘lib, 1 dan $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ gacha oraliqqa o‘zgaradi.

Reaksiyaning boshlang‘ich bosqichida ($[P] \rightarrow 0$ bo‘lgan holatda), fermentga nisbatan substrat mo‘l bo‘lganda ($[S]_0 \gg [E]_0$), substrat konsentratsiyasining kamayishi hisobga olinmaydi va substrat uchun material balans tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$[S]_0 = [S] + [ES] + [P] \approx [S] \quad (12)$$

Reaksiyaning boshlang‘ich tezligi quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$r_0 = \frac{k_2 [E]_0 [S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (13)$$

Agar $k_{-1} \gg k_2$ bo‘lsa, u holda fermentativ reaksiyaning birinchi bosqichida vaqt davomida kvazimuvozanat holati vujudga keladi va fermentativ reaksiya tezligini

ifodalovchi tenglamada Mixaelis konstantasi o'rniga substrat konstantasi qo'llaniladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$r_0 = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{\frac{k_{-1}}{k_1} + [S]_0} = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{K_S + [S]_0} \quad (14)$$

$$K_S = \frac{k_{-1}}{k_1} = \frac{[E][S]}{[ES]} \quad (15)$$

bu yerda: K_S -substrat konstantasi. Bundan substratning turlicha boshlang'ich konsentratsiyalarida reaksiyaning boshlang'ich tezligi turlicha ko'rinishlarga ega bo'ladi.

1) Agar substratning boshlang'ich konsentratsiyasi Mixaelis konstantasidan kichik bo'lsa, u holda $[S]_0 \ll K_M$ va

$$r_0 = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{K_M} \quad (16)$$

bo'ladi. Fermentativ reaksiya ferment bo'yicha ham, substrat bo'yicha ham birinchi tartibli bo'ladi.

2) Agar substratning konsentratsiyalari yuqoriroq bo'lsa $[S]_0 \gg K_M$

u holda reaksiyaning boshlang'ich tezligi $r_0 = k_2[E]_0$ substrat konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi va fermentativ reaksiyaning maksimal tezligi deb aytiladi va r_{max} bilan belgilanadi. Reaksiyaning boshlang'ich tezligi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$r_0 = \frac{r_{max}[S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (17)$$

bu Mixaelis-Menten tenglamasi deyiladi.

Mixaelis konstantasi fermentning substratga nisbatan moyilligini ifodalaydi (konstanta qanchalik kichik bo'lsa, ferment moyilligi shunchalik katta bo'ladi). Odatda K_M 10^{-6} dan 10^{-2} mol/l qiymatlarni qabul qiladi.

Tajribada olingan natijalardan foydalanib, reaksiya tezligini hisoblash uchun Mixaelis-Menten tenglamasini boshqacha yozish mumkin.

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{W_{max}} + \frac{K_M}{W_{max}} \cdot \frac{1}{[S]} \quad (18)$$

Yoki, boshqacha yozilsa,

$$W = W_{max} - K_M \frac{W}{[S]} \quad (19)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Bu tenglamalardagi K_M va W_{max} larning qiymatini aniqlash uchun reaksiya boshlang'ich tezligini substratning boshlang'ich konsentratsiyasiga bog'liqligini tajriba yo'li bilan aniqlab, tajribadan olingan natijalarni $1/W_0 - 1/[S]_0$ yoki $W_0 - W/[S]_0$ bog'liqlik koordinatalarga qo'yib hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Zamonaviy fizikaviy kimyoda kataliz qanday o‘rin egallaydi?
2. Katalizatorga ta’rif bering.
3. Katalizga ta’rif bering.
4. Issiqlik va yorug‘lik katalizator bo‘la oladimi?
5. Katalizatorga IYUPAK bo‘yicha ta’rif bering.
6. Katalitik jarayonlarni klassifikasiyalang.
7. Gomogen katalizga misollar keltiring.
8. Geterogen katalizga misollar keltiring.
9. “O‘tkazuvchan” katalizning mohiyatini tushuntiring.
10. “Faollanish” katalizga misollar keltiring.
11. «Koordinatsion» katalizga misollar keltiring.
12. Katalizator yuzasidagi faol markazlarning mohiyatini tushuntiring.
13. Katalizatorning samaradorligi deganda nimani tushunasiz?
14. Kataliz jarayonidagi oraliq birikmaning vazifasini izohlang.
15. Bir necha bosqichda boradigan katalitik reaksiyalarga misollar keltiring

IV. AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

1-Amaliy ish.

Mavzu: Kimyoviy jarayonlar. Issiqlik sig'imini kalorimetrik usulda o'lchash orqali termodinamik funksiyalarni hisoblash

Nazariy qism

Issiqlik sig'imi moddalarning asosiy issiqlik saqlovchi xususiyatlaridan biridir. Moddalarning termodinamik xossalarini hisoblashda, ularning tozalik darajasini aniqlashda, kimyoviy jarayonlarning issiqlik balansini tuzishda, issiqlik tashuvchilarning maqbul tarkibini tanlashda issiqlik sig'imi haqida bilish zarurdir.

Ma'lumki, sistema tomonidan issiqlik yutilsa uning harorati oshadi, shuning uchun yutilgan issiqlik miqdori – δQ bilan sistema haroratining ko'tarilishi dT orasidagi proporsionallik koeffitsiyenti issiqlik sig'imi deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$C_x = \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_x \quad (1)$$

bu yerda: x – tajriba bajarilayotgan muayyan sharoitni ko'rsatada (misol bosim, hajm va shunga o'xshash sharoitlar), δQ –cheksiz kichik miqdordagi issiqlikning o'zgarishi.

Tajribalarda haqiqiy va o'rtacha issiqlik sig'imi haqida gapiriladi. Yuqorida keltirilgan (I.10) ifoda haqiqiy issiqlik sig'imini ko'rsatib, sistemada cheksiz kichik harorat o'zgarishini bildiradi. Sistemada agar $T_2 > T_1$ farqqa harorat o'zgarganda T_1 va T_2 haroratlar oralig'idagi sistemaning issiqlik sig'imi o'rtacha issiqlik sig'im deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{C} = \frac{Q}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

bu yerda: Q –sistemani T_1 dan T_2 gacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik. Shunday qilib, modda haroratini bir gradusga ko'tarish uchun beraladigan issiqlik miqdori uning o'rtacha issiqlik sig'imi deyiladi.

O'rtacha va haqiqiy issiqlik sig'imlari o'zaro bir-biri bilan quyidagicha bog'liq bo'ladi:

$$\bar{C} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} C dT \quad (3)$$

Issiqlik sig'imining o'lchov birligi $J \cdot K^{-1}$ (yoki $kal \cdot K^{-1}$). Odatda issiqlik sig'imi moddaning muayyan massasiga yoki miqdoriga tenglashtirib hisoblanib, grammda yoki molda olinadi. Shuning uchun solishtirma issiqlik sig'imi $J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}$, molyar issiqlik sig'imi esa $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ o'lchov birliklariga ega. Issiqlik sistemaning holat funksiyasi bo'lmaganligi sababli, issiqlik sig'imi ham holat funksiya bo'la olmaydi va uning qiymati sistemada sodir bo'ladigan issiqlik almashinuviga bog'liq bo'ladi. Ammo, amaldagi juda muhim sharoitlarda o'zgarmas bosim va

‘zgaras hajmlarda issiqlik sig‘imi sistemaning holat funksiyasiga aylanadi va bunday holatlar quyidagicha ifodalanadi:

$$C_V = \frac{\delta Q_V}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V \quad (4)$$

va

$$C_P = \frac{\delta Q_P}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P \quad (5)$$

bu yerda: C_V va C_P – mos ravishda o‘zgaras hajm va o‘zgaras bosimlardagi issiqlik sig‘imlari, U – ichki energiya, H – sistema entalpiyasi.

$\frac{\delta Q_V}{dT}$ va $\frac{\delta Q_P}{dT}$ nisbatlar kalorimetr yordamida tajribalarda aniqlanadi. Ko‘p hollarda jarayonlarni hisoblashda $C_P - C_V$ farqni bilish yetarlidir. $C_P - C_V$ farq termodinamikaning matematik apparati yordamida aniqlanadi. (4) va (5) tenglamalardan foydalanib izoxor va izobar issiqlik sig‘imlari uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\begin{aligned} C_P - C_V &= \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P - \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = \left[\frac{\partial}{\partial T} (U + pV)_P \right] - \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = \\ &= \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P - \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V + p \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \end{aligned} \quad (6)$$

Sistemaning ichki energiyasini bir tomondan T va V larning, ikkinchi tomondan T va p larning funksiyalari ekanligini bilgan holda quyidagi nisbatni yozamiz:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial U}{\partial p} \right)_T dp \quad (7)$$

bu ifodadan $p = \text{const}$ bo‘lgan sharoit uchun quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P - \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (8)$$

Agar (7) tenglama (8) ifodaga qo‘yilsa, u holda izobar va izoxor issiqlik sig‘imlarini bir-biriga bog‘lovchi tenglama kelib chiqadi:

$$C_P - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T + P \right] \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (9)$$

Muvozanatli jarayonlar uchun termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlarini umumlashtiruvchi tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$dU = TdS - pdV \quad (10)$$

bu tenglamadan $T = \text{const}$ holat uchun

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T - p \quad (11)$$

hosil bo‘ladi. Maksvell tenglamalari asosida

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V \quad (12)$$

u holda

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad (13)$$

kelib chiqadi. Bu ifoda sistemaning izotermik kengayishidagi yashirilingan issiqlikni tajribalarda o'lchash mumkin bo'lgan kattaliklar orqali aniqlash imkonini beradi. (12) va (13) tenglamalardan foydalanib ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$C_p - C_v = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad (14)$$

(14) ifodadan ideal gazlarning turli sharoitlardagi issiqlik sig'imlarini bog'lovchi Mayer tenglamasini keltirib chiqarish mumkin:

$$C_p - C_v = nR \quad (15)$$

yoki 1 mol gaz uchun:

$$C_{p,m} - C_{v,m} = R \quad (16)$$

bo'ladi.

Eyler nisbatlaridan foydalanib p , V va T lar uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = -1 \quad (17)$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = -\frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T} = -\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p}{\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T} \quad (18)$$

Issiqlik sig'imini hisoblash

Har qanday termodinamik funksiyaning haroratga bog'liqligini (issiqlik effekti, entropiya o'zgarishi, izobar potensial o'zgarishi) hisoblash uchun reaksiyaga ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'imlarini bilish zarur. Issiqlik sig'imi qiymati amalda T va C_x larni o'lchash orqali aniqlanadi ($x = p, V$). Tajriba natijalarini turlicha hisoblash mumkin (Debay va Eynshteyn funksiyalari orqali va boshqa usullar). Eng ko'p ishlatiladigan usul bu issiqlik sig'imining harorat qatoridir. Issiqlik sig'imlarini aniqlashda kalorimetrik o'lchashlar aniqroq natija beradi. Issiqlik sig'imi ko'pincha harorat qator yordamida beriladi va bu qator Mayer qatori orqali ifodalanadi. Bu qator fizik ma'noga ega emas, faqat hisoblash natijalarining aniq qiymatini olishga qo'llaniladi.

$$C_p = a + bT + cT^{-2} \quad (19)$$

Bu tenglama haroratning keng sohasida issiqlik sig'imga bog'liqligini ko'rsatadi. Yuqori haroratlarda tenglamaning o'ng tomonidagi uchinchi qo'shiluvchi kichik qiymatni qabul qiladi va bog'liqlik chiziqlik ko'rinishga ega bo'ladi, past haroratlarda esa uchinchi qo'shiluvchi katta ta'sir ko'rsatib, issiqlik sig'imining

haroratga bog'liqligi egri chiziq tuzilishiga ega bo'ladi. Ko'pincha issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi

$$C_p = a + bT + CT^2 \quad (20)$$

tenglama orqali ifodalanadi. Ammo yuqori haroratlarda bu bog'liqlik tajriba natijalaridan farq qiladi. Shuningdek ko'pchilik hollarda uchinchi qo'shiluvchi manfiy qiymatni qabul qiladi bu esa o'z navbatida ma'noga ega emas. Agar manbalarda moddalarning issiqlik sig'implari haqida kattaliklar keltirilmagan bo'lsa, u holda issiqlik sig'implar quyidagi usullar yordamida aniqlanadi.

Issiqlik sig'imi yordamida termodinamik funksiyalarni hisoblash

Berilgan harorat oralig'ida fazaviy o'tish holati kuzatilmagan toza kristall moddaning standart entropiyasi va entalpiyasining o'zgarishi quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$S_T^0 - S_0^0 = \int_0^T \frac{C_p}{T} dT \quad (21)$$

$$H_T^0 - H_0^0 = \int_0^T C_p dT \quad (22)$$

(I.30) ifodadagi entropiya – S_0^0 moddaning $T=0$ K dagi entropiyasidir.

Issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi orqali sistemaning entalpiyasi va entropiyasini hisoblash uchun (21) va (22) ifodalarni integrallash kerak bo'ladi.

Moddalarning issiqlik sig'imini o'lchashda oddiy adiabatik kalorimetrdan foydalanish mumkin. Bu usulning mohiyati turli boshlang'ich haroratga ega bo'lgan ikki suyuqlik orasida issiqlik almashuvi (aralashish usuli) natijasida sistema harorati o'zgarishini o'lchashdan iborat.

Aralashish usulida kalorimetrda m_1 massaga va T_1 haroratga ega bo'lgan suvga m_2 massaga va T_2 haroratga ega aniqlanayotgan modda kiritiladi. Issiqlik almashuvi natijasida kalorimetrda harorat T_3 ga teng bo'ladi. Issiqlik sig'imini aniqlash uchun quyidagi issiqlik balansi tenglamasi tuziladi. Kalorimetrik sistemaning issiqligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = (k + m_{H_2O} \cdot c_{H_2O})(T_3 - T_1) \quad (23)$$

Issiqlik miqdori qizdirilgan manbadan issiqlikning sovuq manbaga berilishiga teng.

$$Q = m_x \cdot c_x (T_2 - T_3) \quad (24)$$

Bu ikkala tenglamalarni birgalikda yechib noma'lum moddaning solishtirma issiqlik sig'imini (c_x) topish mumkin. Agar aniqlanayotgan modda suyuqlik bo'lib suv bilan aralashadigan bo'lsa, u holda kalorimetrik sistema yordamida

hisoblanadigan issiqlik miqdorini aniqlashda ikki suyuqlikning aralashish issiqligini ham hisobga olish nazarda tutiladi.

Amaliy qism. No'malum moddaning issiqlik sig'imini aniqlash

Ishning maqsadi: Aralashish usulida suyuqlik yoki qattiq moddaning issiqlik sig'imini aniqlash.

Ishni bajarish tartibi: Analitik tarozida yoki 0,01 g aniqlikda 2–3 g kaliy xlorid tuzi o'lchanadi. So'ngra kalorimetrning quruq holdagi ichki stakanini tarozida o'lchab, ustiga 100 ml distillangan suv quyib, yana o'lchanadi. O'lchangan og'irliklar orasidagi farqdan foydalanib suvning massasi aniqlanadi. Kalorimetrik usulda kaliy xlorid namunasini eritib kalorimetr doimiysi aniqlanadi. Tajriba davomida haroratning o'zgarishini har 10–15 sekund davomida qayd etish kerak. Keyin tajribani quyida keltirilgan «A», «B» punktlardagi vazifalar yordamida olib borish kerak.

A. Aralashish usulida suyuqlik issiqlik sig'imini aniqlash

1. Toza va quruq issiqlikka chidamli kimyoviy stakan analitik tarozida o'lchanadi, ustiga aniqlanayotgan suyuqlikdan 50 ml quyib, yana tarozida tortiladi. O'lchangan og'irliklar orasidagi farqdan foydalanib aniqlanayotgan suyuqlikning massasi aniqlanadi. O'qituvchi tomonidan ko'rsatilgan haroratgacha (60–80°C) isitkich yordamida suyuqlik tutgan stakan qizdiriladi. Qizdirish tajribaning boshlang'ich davri tugaguncha davom ettiriladi.

2. Analitik tarozida 0,01 g aniqlikda 50 ml distillangan suv o'lchanadi va kalorimetrning ichki stakaniga quyiladi. 5–7 minut davomida kalometrik tajribaning boshlang'ich davri bajariladi. Tajriba davomida haroratning o'zgarishi har 10–15 sekund davomida qayd etiladi. Tajriba boshlang'ich davrining oxirgi harorati (T_1) va qizdirilgan suyuqlikning harorati (T_2) yozib olinadi.

3. Kalorimetrga (T_2) haroratgacha qizdirilgan aniqlanayotgan suyuqlikni joylashtirib tajribaning asosiy davri bajariladi. Haroratning oshish jarayoni tugagandan so'ng tajribaning oxirgi davri bajariladi.

4. Ikki stakanda analitik tarozi yordamida 0,01 g aniqlikda 50 ml distillangan suv va 50 ml aniqlanayotgan suyuqlik o'lchanadi. So'ngra 15 minut davomida stakanlardagi suyuqliklar va atrof-muhit haroratlari tenglashguncha termostatlanadi. Bir xil haroratga ega bo'lgan aniqlanayotgan suyuqlik va suvning aralashish jarayoni bo'yicha kalorimetrik tajriba o'tkaziladi.

B. Aralashish usulida qattiq modda issiqlik sig'imini aniqlash

1. Analitik tarozida yoki 0,01 g aniqlikda aniqlanayotgan qattiq modda o'lchanadi. Issiqlikka chidamli kimyoviy stakanga 50 ml issiqlik tashuvchi

vazifasida suyuqlik (ichimlik suvi) quyig va unga aniqlanayotgan qattiq moddani joylashtiring. O'qituvchi tomonidan ko'rsatilgan haroratgacha ($60-80^{\circ}\text{C}$) isitkich yordamida qattiq modda tutgan stakan qizdiriladi. Qizdirish tajribaning boshlang'ich davri tugaguncha davom ettiriladi. Qizdirilgan qattiq moddaning boshlang'ich davrdagi oxirgi harorati (T_2) yozib olinadi.

2. Analitik tarozida yoki 0,01 g aniqlikda 100 ml distillangan suv o'lchanadi va kalorimetrning ichki stakaniga quyiladi. 5–7 minut davomida kalometrik tajribaning boshlang'ich davri bajariladi. Tajriba davomida haroratning o'zgarishi har 10-15 sekund davomida qayd etiladi. Tajriba boshlang'ich davrining oxirgi harorati (T_1) yozib olinadi.

3. Pinset yordamida T_2 haroratgacha qizdirilgan qattiq moddani stakandan olib ohista kalorimetrga joylashtiring. Kalorimetrik tajribaning asosiy davri bajariladi. Haroratning oshish jarayoni tugagandan so'ng tajribaning oxirgi davri bajariladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

Har bir kalorimetrik o'lchashlar natijalarini 1-jadvalga kiriting.

Jadval-1

Davr	O'lchash tartibi	t, sek	T, $^{\circ}\text{C}$

Har bir tajribaning boshlang'ich, asosiy va oxirgi davrlarining boshlanish va tugash vaqtlarini qayd eting.

A, B. Aralashish usulida suyuqlik yoki qattiq moddaning issiqlik sig'imini aniqlash

1. Tajriba natijalaridan foydalanib $T = f(t)$ bog'liqlik grafigini chizing. Grafiklar yordamida suvda kaliy xloridning erish jarayonida (ΔT_{KCl}) va turli haroratlarda ikki moddalarning aralashishida harorat o'zgarishini (ΔT_{aral}) aniqlang. Agar tajriba aniqlanayotgan suyuqlik va suv aralashishi natijasida olib borilgan bo'lsa, aralashish jarayonida harorat o'zgarishi aniqlanadi. Bu haroratning o'zgarishi Reno — Pfaundler formulasi yordamida ham hisoblanadi. Olingan natijalar taqqoslanib, ularning o'rtacha qiymati olinadi.

2. Hosil bo'lgan kaliy xlorid eritmasining molyalligi hisoblanadi. Eritmaning massasini erituvchi va erigan modddalar massalari yig'indisiga teng deb oling.

3. Kalorimetr doimiysini aniqlang. Buning uchun KCl ning suvdagi va hosil bo'lgan molyal eritmadagi integral erish issiqligini toping. Tuzning integral erish issiqligini jadvallarda berilgan qiymatlarini grafik ravishda chiziqli interpolatsiya

qilish bilan ham topish mumkin. Bu usulda molyar integral erish issiqligini solishtirma erish issiqligiga o'tkazish kerak. Eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi suvning solishtirma issiqlik sig'imiga teng deb olinadi.

4. Issiqlik balansining tenglamasini tuzing va noma'lum suyuqlik va qattiq moddaning o'rtacha issiqlik sig'implari qiymatlarini hisoblang. Sistemaning muvozanatdagi harorati deb $T_1 + \Delta T_{aral}$ kattaligini qabul qiling. Agar suyuqlikning issiqlik sig'imi aniqlansa, u holda issiqlik balansining tenglamasini tuzishda araalashish issiqligini hisobga oling.

Nazorat savollari.

1. Issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligini ko'rsating.
3. Issiqlik sig'imini aniqlash usullarini ko'rsating.
4. Issiqlik sig'imining termodinamik funksiyalarga bog'liqligini ifodalang.
5. Issiqlik sig'imining o'lchov birligi nimaga teng?
6. O'zgarma bosim va o'zgarma hajmdagi moddalarning issiqlik sig'implarining farqi nimaga teng?
7. Issiqlik sig'imi termodinamik funksiya bo'ladimi?
8. Kalorik koeffitsiyentlarning ma'nosini tushuntiring.
9. Termik koeffitsiyentlarning ma'nosini tushuntiring.
10. Kalorik va termik koeffitsiyentlar orasidagi bog'liqlikni keltirib chiqaring.
11. Kalorik va termik koeffitsiyentlarni termodinamik funksiyalar orqali ifdalang.

Amaliy ish-2. VODOROD ENERGETIKASI: Polimer xususiyatli grafitsimon nanofotokatalizatorlar

Uglerod nitrid polimeri zamonaviy kvant materialshunosligining eng istiqbolli obyekti hisoblanadi.

Kimyoviy struktura bo'yicha grafitga o'xshaydi: uglerod nitrid guruxlari kimyoviy bog' orqali bog'lanib, monoatom qalinlikdagi qavatlarini xosil qiladi (qavatlar orasidagi masofa 0,33 nm) va ular kuchsiz van-der-vaals kuchlari orqali ta'sirlashib turadi.

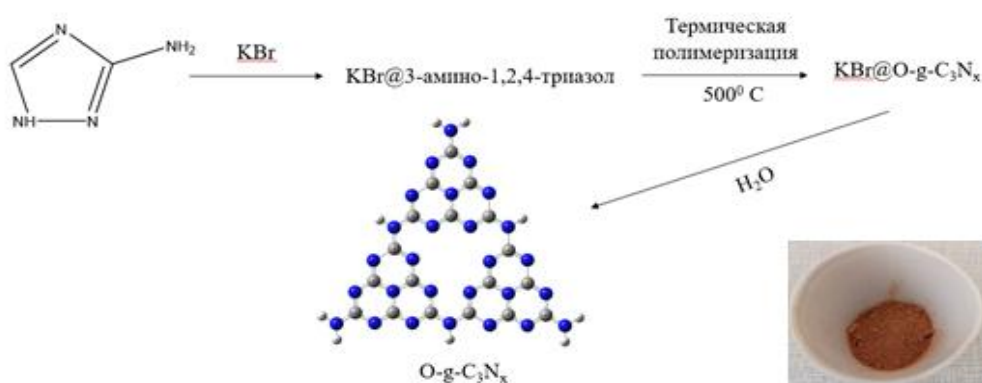
Katta sirt yuzasiga ega, ta'qiqlangan sohaning kengligi 2,7 eV, sirti elektronlarga boy bo'lganligi uchun ko'rinadigan nur sohasida yuqori fotokatalitik tavsiflarga ega.

Yarim o'tkazuvchanlik, yuqori qattqlik va asoslilikka ega, metall saqlamaydi, interkalyatsiya va adsorbsion xususiyatlariga ega bo'lgan polimer material. Zaxarli sanoat chiqindilarini fotoparchalash hamda vodorod energetikasi sohasida ushbu materiallarning o'rni beqiyosdir.

Vodorod ajralib chiqish reaksiyasini (HER) faollashtiruvchi polimer uglerod nitrid yarimo'tkazgichlarning sintezi arzon va ular zaxarsiz, atrof muhit uchun zararsiz, fotoelektrokimyoviy xossalarga, yuqori kimyoviy va termik stabillikka ega, biologik uyg'unlashuvchan va suvni o'tkazmaydi.

Ulardan yasalgan elektron qurilmalar juda yuqori (500°S gacha) bo'lgan temperaturalarda ishlashi mumkin, bugungi organik elektronika uchun bunday sharoitlarni umuman qo'llab bo'lmaydi.

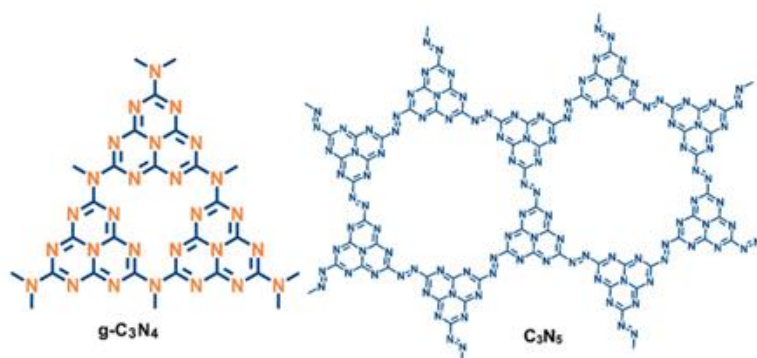
ГРАФИТСИМОН КИСЛОРОД ДОПИРЛАНГАН O-g-C₃N_x ТАРКИБЛИ ФОТОКАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗИ СХЕМАСИ



Eng ahamiyatli kashfiyot shundaki, ushbu materialda zaryadlar grafitsimon qavatlariga perpendikulyar bo'lgan bir o'lchamda transport qilinadi. Shu sababli uglerod nitridlarga oddiy organik yarim o'tkazgich materiallar raqobat qila olmaydi.

Bunday polimerlarni grafen asosida o'stirish alohida ahamiyatga ega bo'lib, ularning perpendikulyar o'tkazuvchanligi bilan grafenning tekislik bo'yicha yuqori o'tkazuvchanligining kombinatsiyasini keltirib chiqarish mumkin.

O-g-C₃N_x ТАРКИБЛИ НАНОЗАРРАЧАЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ



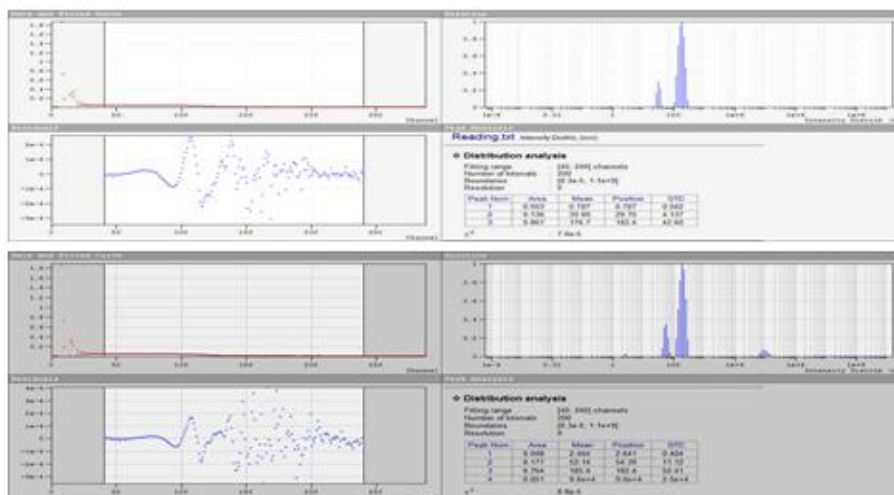
Bunday katta qiziqish grafitsimon uglerod nitridlarning faqat fotokatalitik xossalarga egaligi emas, balki ularning kimyoviy va elektrokimyoviy jixatdan ham samarali katalizatorlar ekanligidadir.

Eng ahamiyatli natija fotokatalizatorlar uchun regeneratsiya talab qilinmaydi va ko'p marotaba qo'llanilishi mumkin.

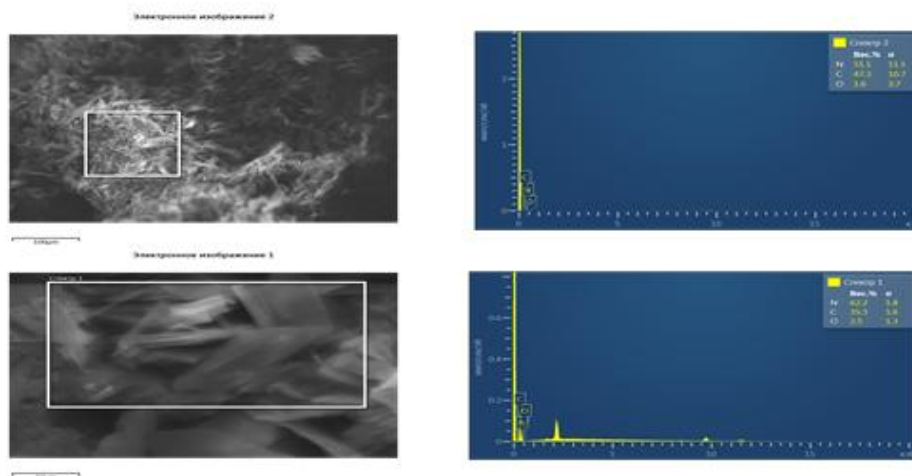
O-g-C₃N₄ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЛАРИНИНГ РЕНТГЕН НУРЛАРИ ДИФРАКЦИЯСИ



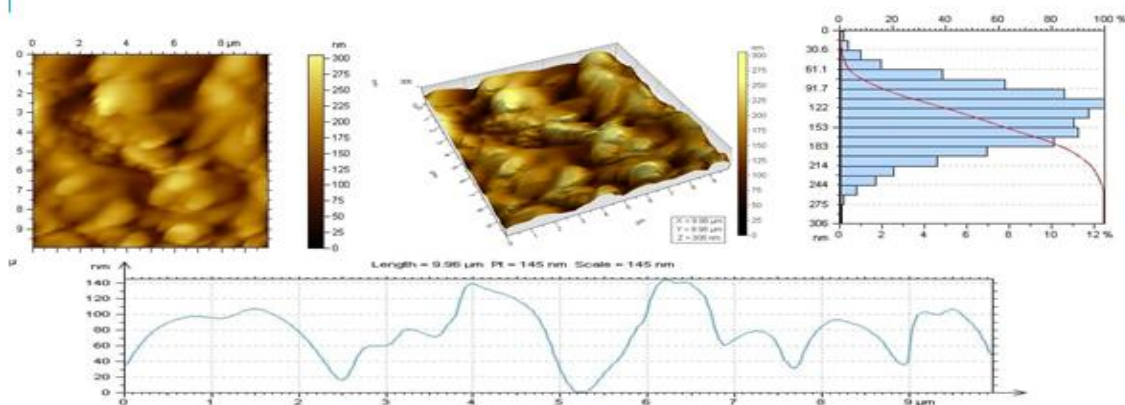
КИСЛОРОД ДОПИРЛАНГАН O-g-C₃N₄ НАНОЗАРРАЧАЛАРИНИНГ НДС (нурнинг динамик сочилиш) ТАДҚИҚОТЛАРИ



O-g-C₃N₄ НИНГ ЭНЕРГИЯ-ДИСПЕРСИОН СПЕКТРЛАРИ



O-g-C₃N₅ ЗАРРАЧАЛАРИНИНГ АКМ ТАДҚИҚОТИ



Tadqiqotlarning ko'rsatishicha, sintez qilingan grafitsimon g-S₃N_x tarkibli uglerod nitrid polimerlar 1,5 soat davomida rodamin B ni to'liq parchaladi.

Ma'lumki, Orol bo'yi xududining ekologik muammosi global umumbashar muammo bo'lib, tezlik bilan o'zining hal bo'lishini kutmoqda.

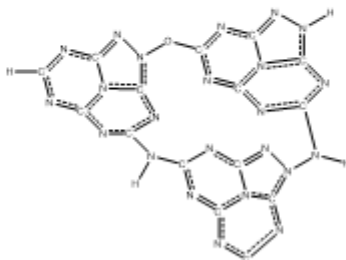
g-C₃N₅ polimerlari tuproqlar tarkibidagi zaxarli bo'lgan turli kimyoviy moddalarni (gerbetsid, pestitsidlarni) parchalash uchun qo'llab ko'rildi va tuproq tarkibidagi organik moddalarni deyarli to'liq parchalanishiga erishildi.

СИНТЕЗ ҚИЛИНГАН ТҮРЛИ СТРУКТУРАЛИ ГРАФИТСИМОН УГЛЕРОД НИТРИДЛАР

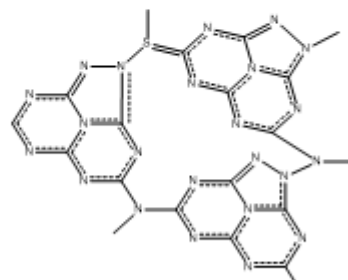
O-g-C₃N₄



O-g-C₂N₃



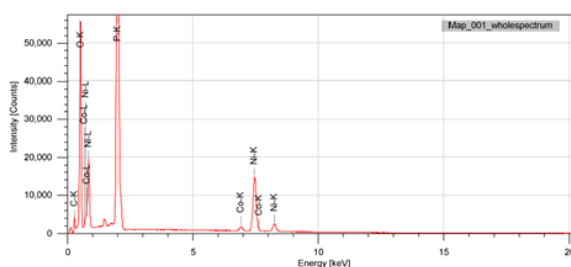
S-g-C₂N₃



33

Vodorod energetikasi yoʻnalishida NiMep (Me=Co,Fe,Cu) uch oʻlchamli oʻzi tashuvchi polifunksional nanokatalizatorlar yaratish va uning suv elektrolizida vodorod ajralib chiqishining katalitik mexanizmini oʻrganish boʻyicha ilmiy tadqiqotlar jadal olib borilmoqda.

Ni-Co-P ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРИНИНГ
ЭНЕРГО-ДИСПЕРСИОН СПЕКТРИ



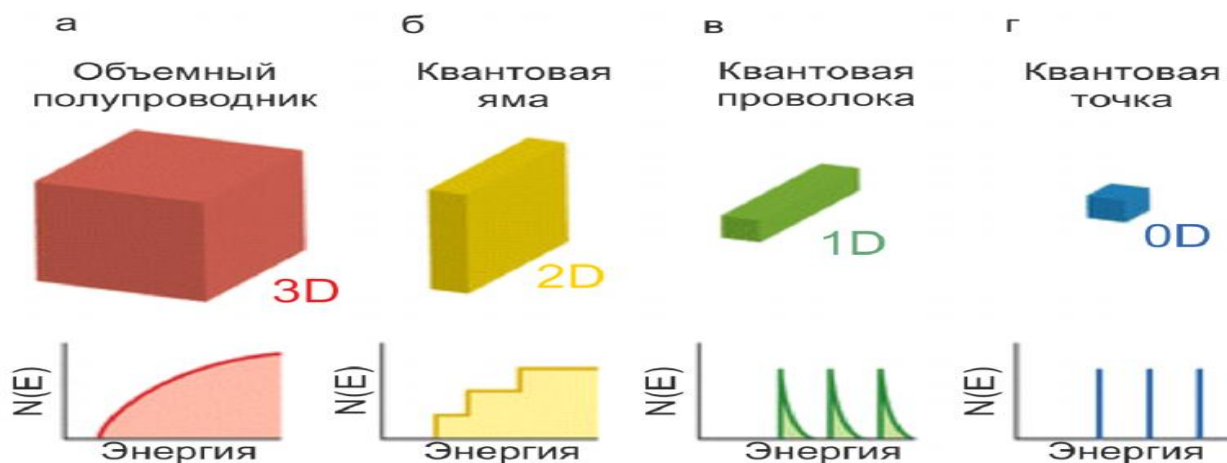
Amaliy ish-3. Kvant nuqtalar sintezi, xossalari va qoʻllanilishi.

Oʻlcham effekti struktura elementlarining – zarrachalar, kristallitlar va donador kristallarning oʻlchamlari qandaydir chegaraviy kattalikdan kichiklashganda namoyon boʻladi.

Bunday effektlar kristall donalarining oʻrtacha oʻlchami 100 nm dan oshmaganda paydo boʻladi va kristall donalarining oʻlchamlari 10 nm dan kam boʻlgan holda juda aniq namoyon boʻladi. Kvant oʻlchamlaridagi effektlar modda va materiallarning elektron xossalariida paydo boʻladi va elektron gazi

o'lchamining kichiklashishi bilan bog'liq, bu esa energetik spektrning o'zgarishiga olib keladi.

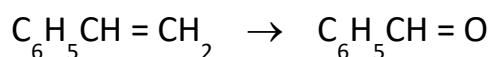
Rasmda turli o'lchamlardagi materiallarda namoyon bo'ladigan energetik spektrlar keltirilgan: 3D materiallarda energiya tekis ortayotgan bo'lsa, 2D holda zinasimon ko'rinishga ega, 1D material maksimumga ega, 0D kvant nuqtalarida esa, energiya diskret ravishda o'zgaradi.



Boshqa termodinamik tavsiflar ham o'zgaradi – muvozanat konstantalari va standart elektrod potensiallar.

Masalan, kumush nanozarralarining o'lchami kichiklashganda Ag^+/Ag juftining standart potentsiali manfiy bo'lib qolishi mumkin va kumush suyultirilgan kislotalarda vodorod chiqishi bilan eriydi.

O'lcham effekti geterogen katalizda keng tarqalgan. Kattaroq zarralar ko'rsatmagan katalitik faollikni nanozarralar ko'rsatadi. Masalan, oltin nanoklasterlari havo sharoitida stirolni benzaldegidgacha selektiv oksidlaydi:



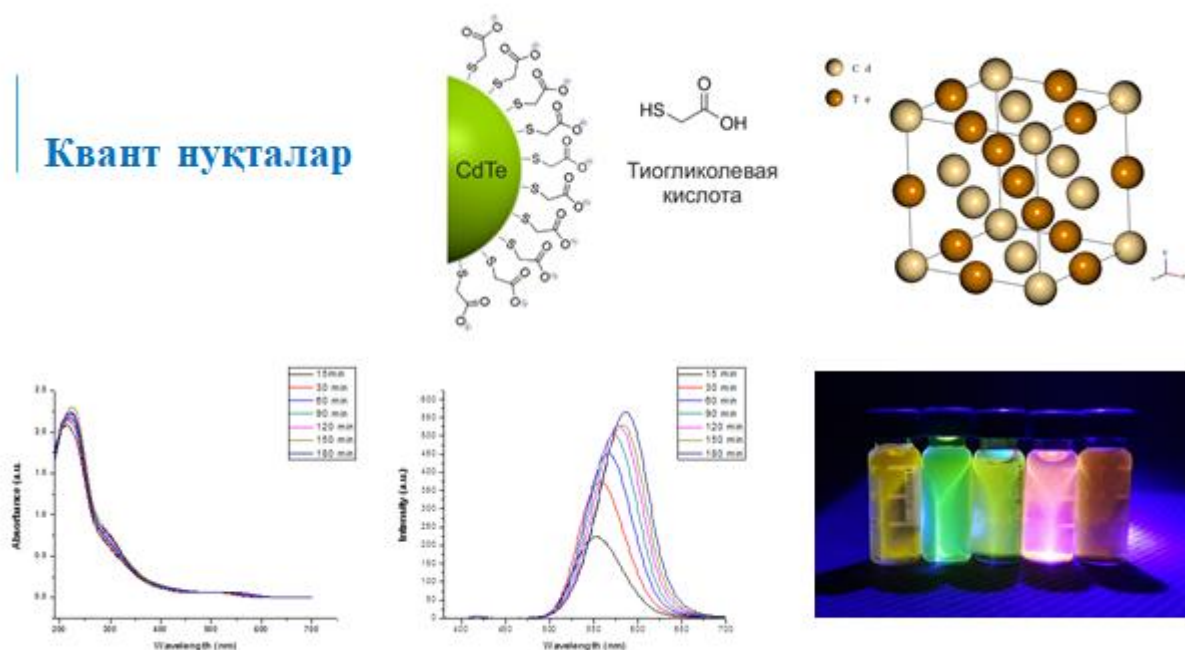
Oltinning kattaroq zarralari esa ushbu reaksiyaga ta'sir ko'rsatmaydi.

Kvant nuqtalari (KN) 2-10 nm li o'lchamli yarim o'tkazgich nanokristallar hisoblanib, bugungi kunda ular betakror optik, kimyoviy, fizik xossalari tufayli optoelektronika, elektronika, fotonika, biologiya va tibbiyotda eng istiqbolli obyektga aylandi.

O'lchamlarining kichikligi bois bunday kristallar “yirik” yarim o'tkazgich kristallaridan farqlanuvchi xossalarga egadir.

Zaryad tashuvchilari uchun fazoviy cheklanish KN ning elektron sathlarining diskret strukturasi ko'rinishidagi kvant-o'lcham effektiga olib keladi va shu sababli KN ba'zida “sun'iy atomlar” deb nomlanadi.

Квант нуқталар



Kimyoviy usulda olinadigan KN, odatda, suvda erimaydi. Ammo KN sirtida gidrofil guruh tutgan molekulylar qobiqlarni hosil qilish orqali ularni suvda eruvchan holatga olib kelish mumkin.

Shu sababli suvda eruvchan CdTe KN olish uchun sintez jarayonida merkaptosirka (tioglikol, TGA, SHCH_2COOH) kislotasidan foydalanildi.

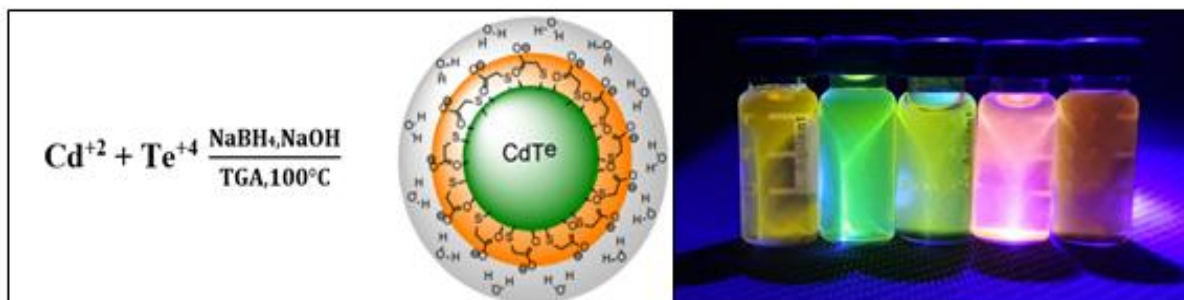
TGA tarkibidagi – ON guruhi CdTe KN sirtida manfiy zaryad hosil qilib, uning suvda eruvchanligini ta'minlaydi.

Korroziyadan himoyalash maqsadida uglerod kvant nuqtalaridan foydalanish yangi rivojlanib borayotgan usul bo'lib, ular suvda yaxshi eruvchan, antibakterial, past toksiklik, termik faol, kimyoviy barqaror, ekologik toza va yuqori samaradorlikni namoyon qilmoqda.

Uglerod kvant nuqtalari dastlab grafit, grafen kabi nanotrubkalar va nano olmosdan olingan. So'ngi vaqtlarda esa glyukoza, saxaroza, limon kislotasi va polisaxaridlar ko'rinishidagi arzon xomashyolardan foydalanilmoqda.

Ularning afzallik tomonlaridan biri o'lchamining yuqori aniqlik bilan nazorat qilish va chiqarilgan fotonning energiyasini o'zgartira olish imkoniyatidir.

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ CdTe КВАНТ НУКЛЕОЛЫ СИНТЕЗИ СХЕМА И ВАКУУМНАЯ СОХАДАЧА НУКЛЕОЛЫ ЭМИССИИ

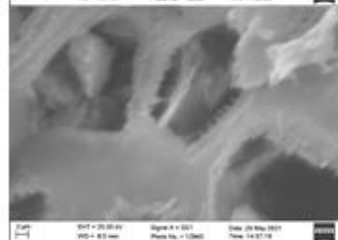
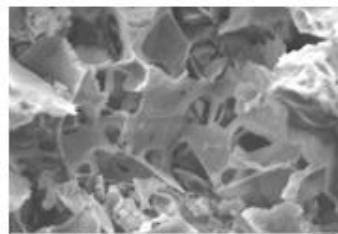
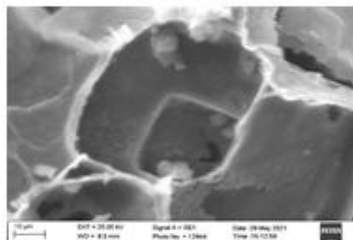
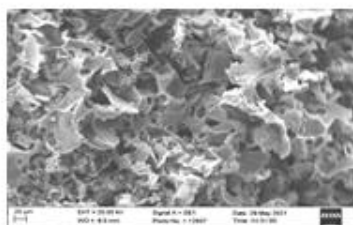


Uglerod kvant nuqtalari (CD) - nanomateriallarning yangi sinfi, yaxshi ingibitorlar ekanligi aniqlandi.

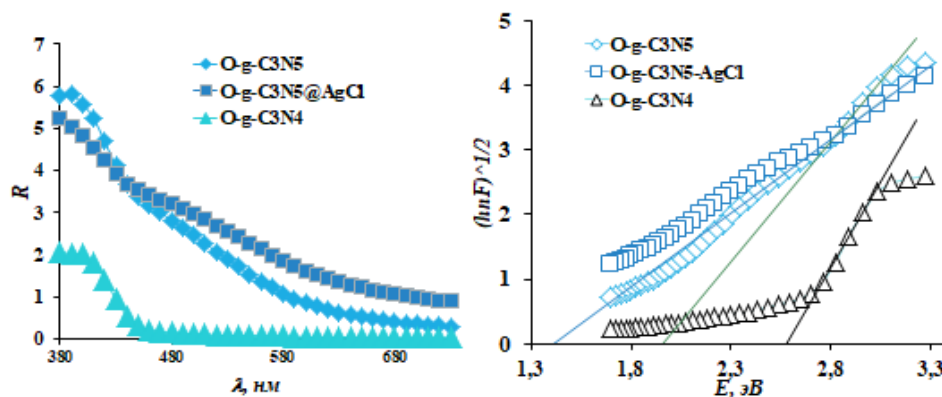
Ekologik toza azot qo'shilgan funksional uglerod nuqtalari (N-CD) bir nechta funksional guruhlariga ega bo'lgan ikkita arzon xomashyoning bir bosqichli gidrotermik reaksiyasi orqali **gidrotermal usulda oson sintez qilindi**, ya'ni limon kislotasi va karbamiddan.

Ularning korroziyani H_2SO_4 muhitida ingibirlash xossasi elektrokimyoviy usullar va sirt tahlillari orqali tizimli ravishda tekshirildi.

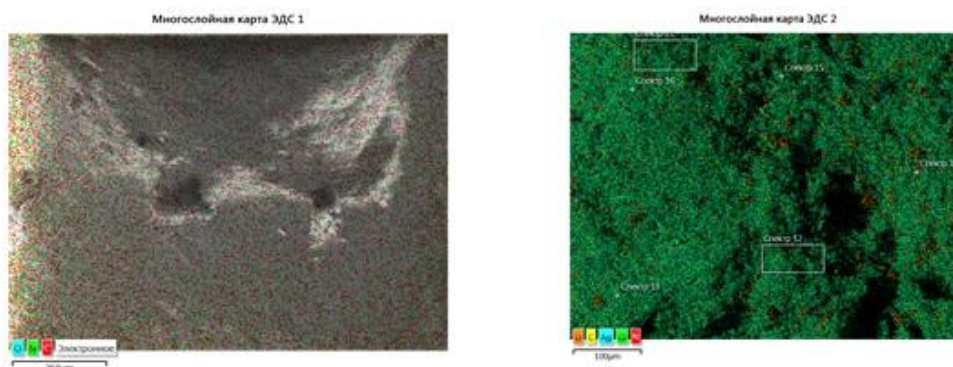
O-g-C₃N₅ НИНГ СЭМ-МИКРОФОТОГРАФИЯЛАРИ: X200 (а) X500 (б), X1000 (в) X2000 (г)



СИНТЕЗ ҚИЛИНГАН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ ДИФФУЗ ҚАЙТАРИШ СПЕКТРЛАРИ (а) ВА ТАУЦ ЭГРИЛАРИ (б)



$O-g-C_3N_4$ ВА $O-g-C_3N_5@AgCl$ ЛАРДА ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ ТАРҚАЛИШ ХАРИТАЛАРИ



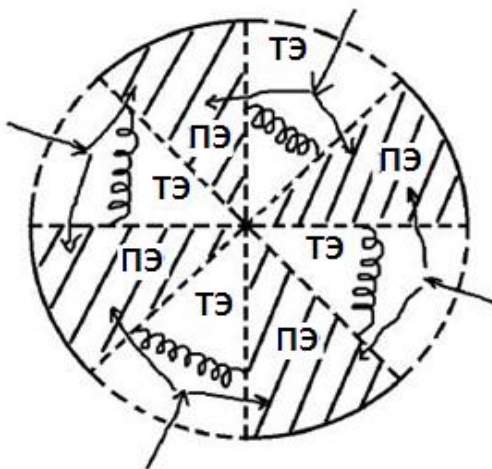
4-amaliy ish. Polimer gellarning bo'kish kinetikasi

Nazariy qism.

Polimer materiallar bo'kishining fizik-matematikaviy kinetik modeli asosida qo'shfazaviy model yotib, bo'kkan polimer ikki fazaga: polimer eritma va muvozanatdagi tashqi eritma fazalariga bo'linadi. Undan tashkari, kinetik modelda ion almashinish jarayoni va eritilgan moddalarning polimer eritmasi fazasiga o'tishi hisobga olinmagan.

Polimer materiallar bo'kishining fizik-matematikaviy, qo'shfazaviy kinetik modeli o'z ichiga bir necha tenglamalar sistemasini qabul qiladi. Bu tenglamalarning yechimi vaqt davomida polimer materiallar bo'kish darajasining o'zgarishini, muvozanat xolatidagi bo'kish darajasini aniqlash hamda sistema relaksatsiya vaqtini topish imkonini beradi. Turli tuzilishdagi polimer materiallar ichida bu tenglamalar yordamida granulari sferik shaklidagilarni o'rganish qator afzalliklarga ega. Fizik-matematikaviy, qo'shfazaviy kinetik modelning polimer gellarning bo'kishini o'rganishda qo'llanilishining qulayligi shundan iboratki, bo'kkan polimer sistemasidagi turli o'lchovlaridagi komponentlar xossalari

to'g'risidagi manbalardagi ma'lumotlardan foydalanib hisoblash imkonini beradi. Polimer gellar bo'kishi qo'shfazaviy kinetik modelining sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



Rasm-1. Bo'kkan polimer gelning ikki fazali kinetik modeli sxemasi. PE – polimer eritma fazasi, polimer va «boglangan» suvdan tashkil topgan. Bu faza hajmi tashqi eritmadagi suvning aktivligiga qarab o'zgaradi; TE – tashqi eritma fazasi yoki «erkin» suv fazasi. Muvozanat holatida bu fazaning tarkibi tashqi eritma tarkibidan farq qilmaydi. Modeldagi tenglamalar sistemasida uchta koeffitsiyent mavjud bo'lib, ularning mohiyati quyidagilardan iborat:

- k_1 [m/s] – suvning kimyoviy potentsiali gradiyenti ta'siri ostida (suvning aktivliklari farqi) granuladan chiqayotgan yoki (granulaga kirayotgan) oqim tezligi;

- k_2 [s^{-1}] – muvozanat holatidagi polimer karkasning relaksatsiya vaqtini ifodalaydi;

- k_3 [m/s] – suvning kimyoviy potentsiali gradiyenti ta'siri ostida (konsentratsiyalar farqi) granula ichida erigan moddaning yutilish tezligini bildiradi.

Suyuqlikda bo'lgan polimer gelning bir qismini va uning sirt yuzasini polimer eritma egallaydi, natijada suvning taqsimlanish koeffitsiyentidan ko'rinadiki, polimer gel tarkibidagi tashqi eritma fazasida “boglangan” suv aktivligi “erkin” suv aktivligiga nisbatan kichik bo'ladi. Bunda polimer eritma fazasidagi “boglangan” suv miqdori maksimal qiymatga ega bo'ladi (2.rasm).

$$K_d = \frac{\bar{a}_w}{a_w} \quad (1)$$

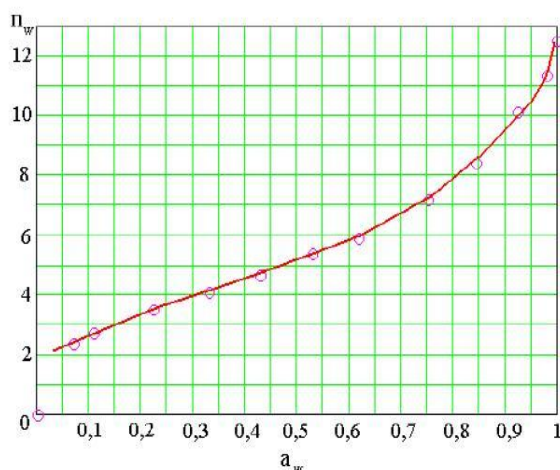
bu yerda: K_d - suvning taqsimlanish konstantasi, $\bar{a}_w$ va a_w – mos ravishda polielektrolit va tashqi eritma fazalardagi suvning aktivligi.

Qo'shfazaviy modelga binoan polimer gel hajmi uch hajm yig'indisidan: quruq polimer hajmi, sorbsiyalangan suv hajmi va tashqi eritma hajmidan iborat.

Hisoblarni bajarish uchun avval polimer gel tarkibidagi tashqi eritma fazasi hajmi aniqlanadi. Buning uchun polimer gel va polimer eritmalar hajmlari ma'lum bo'lsa, quyidagi tenglamadan aniqlanadi.

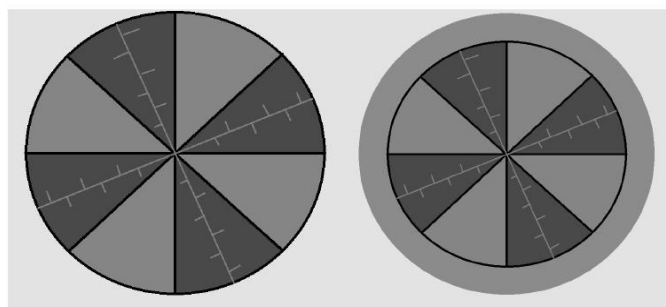
$$V_f = V_g - V_r - V_s \quad (2)$$

bu yerda V_s – «bog'langan» suvning PE fazasidagi maksimal miqdori bo'lib, berilgan polimer tomonidan suvning sorbsiya izotermasidan topiladi. V_g -polimer gel hajmi, V_r - quruq ionit hajmi va V_f -tashqi eritma fazasi hajmi. Polimer eritmaga botirilganda suvning aktivligi toza cuvnikiga nisbatan hamma vaqt kichik bo'lganligi sababli, polimer gelning suv - PG muvozanati sistemasidan eritma-PG muvozanat sistemasiga o'tganda polimer eritma fazasiga «bog'langan» suv miqdorining kamayishi kuzatiladi. «Bog'langan» cuv miqdorining polimer eritma fazasida kamayishi polimer zanjiri atrofida gidrat qavat diametrini kichraytiradi, buning natijasida polimer to'r hajmi kamayadi. Bu esa polimer gel hajmining kamayishiga sabab bo'ladi. Polimer eritma fazasidan chiqqan suv polimer gel hajmidan tashqarida bo'lib, polimer gel atrofida alohida qatlam hosil qiladi (rasm-3).



Rasm-2. Suvning polimer sorbentga sorbsiyalanish izotermasi.

Ba'zi hollarda polimer eritma hajmi kamaygan sari, tashqi eritma hajmi ham kamayadi. Suvning hammasi polimer geldan tashqariga chiqadi, tashqi eritma bilan aralashadi va granula sirtidagi eritmani suyultiradi (rasm-4), bu xodisa esa bo'kish kinetikasiga ta'sir etadi. S_{max} —tajribada ko'rinadigan granula sirt yuzasining maksimal qiymati (ko'pincha bu suvdagi granula o'lchami), S —amaldagi granula sirti yuzasi; h —amaldagi sirt qatlam qalinligi. Polimer gelning boshqa qismini tashqi eritma fazasi tashkil etadi (rasm-4). Tashqi eritma konsentratsiyasi o'zgarishi bilan polistirol va divinilbenzol asosida olingan polimer gellarda bu faza hajmi o'zgarmaydi. Tashqi eritma fazasidan “erkin” suv polimer gel tashqarisidagi eritma yordamida siqib chiqariladi. Siqib chiqarish tezligi ikki fazadagi suvning kimyoviy potentsiallari farqiga hamda tashqi eritmaning zichligi va qovushqoqligiga bog'liq.



Rasm-3. Granula o'lchamining kamayishi tufayli sirt qatlamning xosil bo'lishi. 2-tenglamada tashqi eritma tarkibining o'zgarishi bilan polimer gel bo'kish darajasi o'zgarishi orasidagi bog'lanishning matematik ifodasi keltirilgan. Polimer gel suvga botirilgan deb tasavur qilinadi. Bu holda polimer geldagi tashqi eritma fazasini "erkin" suv to'ldiradi. Polimer gel granulasi eritmaga botirilganda, polimer geldagi "erkin" suv va tashqari eritmada suvning kimyoviy potentsiallari farqi polimer geldan tashqi eritmaga suvning oqimini tashkil etadi (2-tenglamaning o'ng tomonidagi birinchi qo'shiluvchi). Suvning oqim tezligiga elektrokimyoviy potentsiallar farqidan tashqari polimer matritsaning elastikligi ham ta'sir etadi (2-tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi qo'shiluvchi).



Rasm-4. Polimer materiallar granulari ichida va tashqarisida eritma konsentratsiyasining o'zgarishi sxemasi.

Polimer karkasning siqilishi tufayli uning atrofida tashqi sirt qatlami hosil bo'lib, unda konsentratsiyaning o'zgarishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dV}{dt} = k_1 \ln \left(\frac{a_w(c_b)}{a_w(\bar{c})} \right) S + k_2 (V_f^{eq} - V_f) \quad (3)$$

bu yerda: V -vaqt davomida granula hajmi o'zgarishi, V_f^{eq} - tashqi eritmaning muvozanat holatidagi hajmi, V_f – tashqi eritmaning vaqt davomidagi hajmi, $a_w(C_D)$ - sirt yuzasi qatlamidagi suvning aktivligi, $a_w(C)$ - tashqi eritmada suvning aktivligi, c_b -tashqi sirt qatlamdagi erigan moddaning konsentratsiyasi. Uni oqimlar tengligi sharti asosida quyidagidan topish mumkin:

$$\frac{d(c_b[V_{max}-V])}{dt} = S_{max} \frac{D}{h} (c_0 - c_b) - k_3 (c_b - \bar{c}) S - c^* \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

$$c^* = \begin{cases} c_b, \text{ agar da } \frac{dV}{dt} \geq 0 \\ \bar{c}, \text{ agar da } \frac{dV}{dt} \leq 0 \end{cases} \quad (I.17)$$

s^* -bu yerda va undan keyin granula sirtining ko‘ringan qismidagi erigan modda konsentratsiyasi. Osmotik jarayondan farq qilib, polimer geldan suv oqimining chiqishi bilan birga polimer gelning ichiga tomon tashqi eritma oqimi hosil bo‘ladi. Bu esa tashqi eritma fazasida erigan modda konsentratsiyasi va miqdorining oshishiga sabab bo‘ladi. Polimer gelda erigan modda miqdorining oshish tezligi granula sirti yaqinidagi eritma konsentratsiyasiga bog‘liq, chunki polimer gel tarkibidan suvning ajralib chiqishi tufayli granula sirti yaqinidagi eritma konsentratsiyasi doimo o‘zgarib turadi (6-tenglama).

$$\frac{dQ}{dt} = c^* \frac{dV}{dt} + k_3(c_b - \bar{c})S \quad (5)$$

Tashqi eritma fazasidagi erigan modda konsentratsiyasining oshishi polimer eritma fazasidagi suv miqdorining kamayishiga sabab bo‘ladi. Bu esa polimer gel umumiy hajmining kamayishini bildiradi. Bu jarayon quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

Amaliy qism.

Tikilgan polielektrolitlar granularining bo‘kish kinetikasini o‘rganishga doir tajribalar optik mikrometriya usul (OMU)dan foydalanib olib boriladi. Bu usul vaqt davomida eritmada bo‘kkan polimer hajmini aniqlash imkonini beradi. Bo‘kish davomida sferik granular hajmi bir meyorda oshadi. OMU yordamida polimer gellardagi bo‘kish jarayonini nazorat qilish asbobining ko‘rinishi 1-rasmda keltirilgan. Asbob maxsus jihozlangan mikroskop va kompyuterdan iborat. Kompyuterda tajriba natijalarini ham registratsiya, ham qayta ishlashga imkon beradigan dasturlar paketi mavjud. Videokamera va undagi ta‘minlanish dasturi tajriba natijalarini 1280*960 piksel kattalikda registratsiya qilish va registratsiya takrorligini belgilash imkonini beradi. Uskunaning ishlash qobiliyati 750 piksel/mm. O‘lchashlar xatosi 1 mm.ga 1 piksel, yoki granula diametri o‘lchanganda 0,13-0,50%, granula hajmi o‘lchanganda 0,4-1,5% tashkil qiladi.



Rasm-5. Optik mikrometriya usulda polimer gel bo'kishini aniqlash asbobi. 1 – videokamera; 2 – optik mikroskop; 3-yacheyka; 4- dasturlar paketi bilan jihozlangan PK.

Optik mikrometriya usulida tajribalarni bajarish ketma-ketligi

Tajriba bajarish ketma-ketligi quyidagicha:

1. Distillangan suvda bo'kkan polimer sorbent granulasi planshet yacheykasiga joylashtiriladi, ustiga distillangan suv solinadi va shisha bilan yopiladi.

2. Keyin mikroskopda granula tasvir ko'rinishi yaqqol qilib fokusirovka qilinadi (o'lchash aniqligi shunga bog'liq) va uning fototasviri olinadi. Shunga nisbatan granulaning boshlang'ich hajmi hisoblanadi.

3. Keyin granula planshetning avvaldan tekshiriladigan eritma solingan boshqa yacheykasiga o'tkaziladi va yacheyka shisha bilan yopilib, mikroskopning predmet stoliga o'tkaziladi (zarur bo'lganda fokusirovka keraklixa regulirovka qilinadi) va surat takrorligi berilib, suratga olinish boshlanadi.

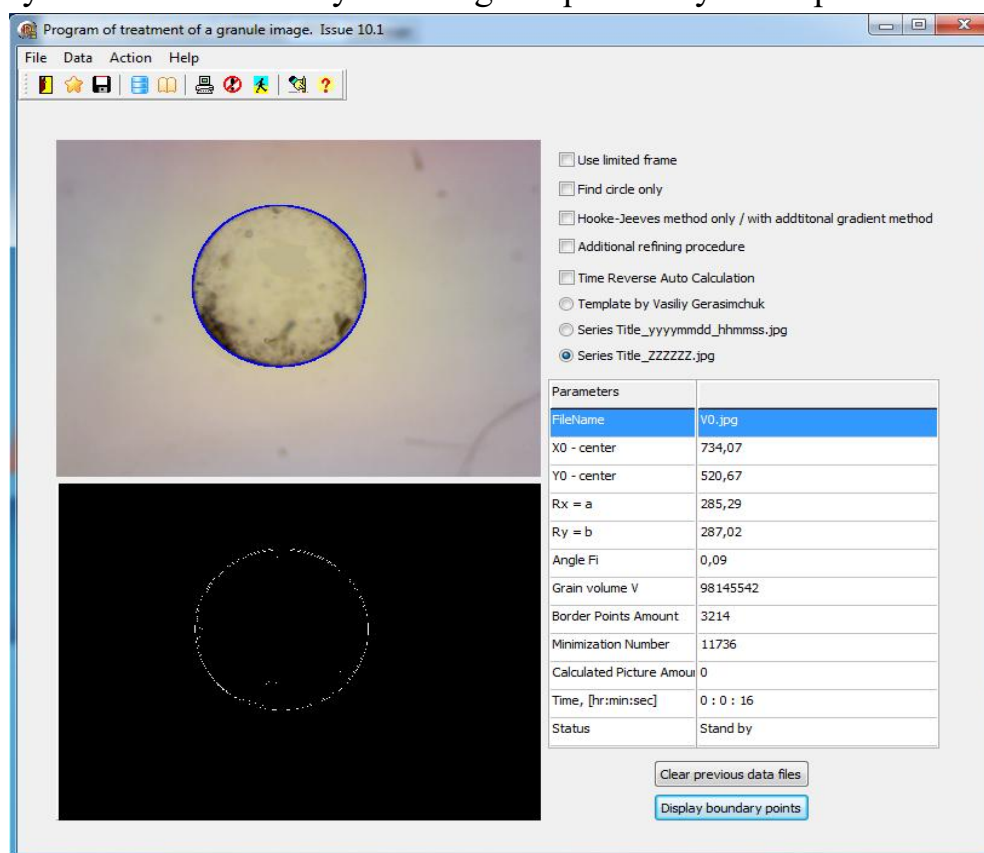
4. Tajriba natijalarini qayta ishlashda «Grain_Size_Treatment_10_1» dasturidan foydalaniladi. Bu usul tasvir chegara nuqtalarini topish usuli «Cannydetection»ga asoslangan. Suratni qayta ishlash tezligi 1sek. dan 7 sekundgacha. Qayta ishlash prinsipi quyidagicha: granula tasviri chegara nuqtalari topilganda dastur uch yo'nalishdagi radius (x,y,z) larni hisoblaydi (uchinchi ko'rinmaydigan radius-z ikkita boshqa radiuslar yarim yig'indisiga teng deb qabul qilinadi). Keyin dastur uch radius qiymatiga qarab hajmlarni hisoblaydi va o'rtachasini topadi.

Dastur jadval ko'rinishidagi paket fayl hisobotni tayyorlaydi. Unda suratga olish vaqti sekundlarda, granula radiuslarining uch yo'nalishdagi qiymatlari piksellarda, har qanday vaqt uchun granula hajmi kub piksellarda va granula hajmining nisbiy qiymati (V_i/V_0) beriladi. Bu yerda V_0 - granulaning boshlang'ich (suvda bo'ktirilgandagi) hajmi, V_i -granulaning muayyan vaqtdagi hajmi. Rasm-2.da shu dasturning interfaysi ko'rsatilgan.

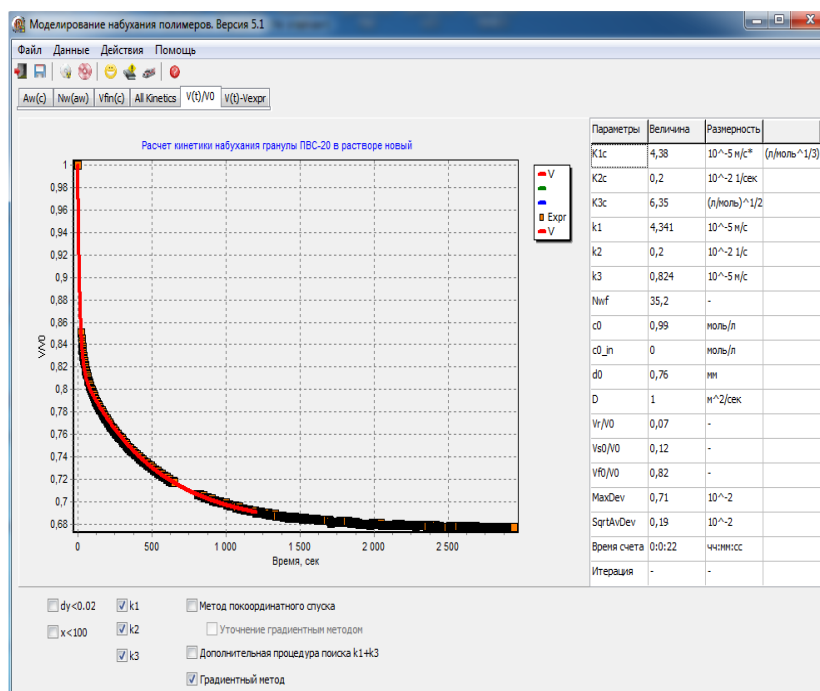
5. Tajriba natijalari qayta ishlangandan keyin, paketli fayl (unga tajribalar qayta ishlar natijalari hisoboti kiritilgan) «Polymer_swelling_kinetics 5.1» dasturiga kiritiladi. Bu dastur tajribaviy grafiklar chizish, tenglamalar sistemasida polimer bo'kish kinetikasini tushuntiradigan koeffitsiyentlarni tanlash, eritma konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradi.

Hisobni bajarishdan avval shu dastur oynasida «Hisob uchun foydalaniladigan parametrlar berilishi» (rasm-3ga qarang) o'rganiladigan polimerni tanlash va qaysi modda eritmalarida bo'kishini o'rganilishini aniqlash kerak. Agar dastur ma'lumot bazasida o'rganilayotgan polimer yoki modda to'g'risida ma'lumot bo'lmasa, dasturga «noviy» yacheykasini topib yetishmagan

ma'lumot kiritilishi kerak. Koeffitsiyentlarni axtarish amalini bajarishdan avval muayyan parametrlarni kiritish kerak: tajribada ishlatilgan granulaning diametri (d_0 , mm), eritma konsentratsiyasi ($S_{0_external}$, mol/l), bo'kish kinetikasini o'lchash vaqti (T_{max} , sek), eritilgan birikmaning vodorod bog'lar soniga ta'sir koeffitsiyenti (p , l/mol). Ta'sir koeffitsiyenti qiymati hajmning tajribada olingan nisbiy muvozanat qiymatiga qarab tanlanadi. Hamma zarur bo'lgan parametrlar kiritilgandan keyin tajriba natijalarini matematik qayta ishlash uchun kinetik koeffitsiyentlarni tanlashga kirishadi. Agar muayyan birikma eritmasi uchun kinetik koeffitsiyentlar (k_1 , k_2 , k_3 va p) to'g'ri topilgan bo'lsa, ularning qiymatidan amaliy kinetik chizmaga approksimatsiya yasash mumkin va shunday qilib uning konsentratsiyasini butun chizma yoki uning bir qismi bo'yicha topish mumkin.



Rasm-2. Tajriba natijalarini qayta ishlash «Grain_Size_Treatment_10_1» dasturi interfaysi.



Rasm-3. «Polymer_swelling_kinetics5.1» dasturining interfaysi. Sariq nuqtalar – tajribada olingan natija. Qizil egri chiziq matematik qayta ishlashni tajriba chizmasiga approksimatsiyasi (1200 sek sohada).

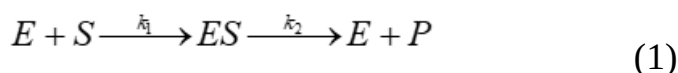
Bu dasturda tajribada olingan natijalar qayta ishlangandan keyin natijalar jadval shaklida chiqadi: topilgan koeffitsiyentlar (k_1 , k_2 , k_3) qiymati, konsentratsiyaning topilgan qiymati va qayta ishlangan sohadagi tajriba natijalarining approksimatsiya chetlanishning maksimal (MaxDev) va oʻrta kvadratik (SqrtAvDev) qiymatini beradi. Agar natijalar qayta ishlanganda oʻrta kvadratik chetlanish birdan oshsa, bunday natijalar yaroqsiz deb hisoblanadi.

5-amaliy ish. Fermentativ kataliz

Nazariy qism

Fermentlar, yoki enzimlar bular jonli sistemalarda sodir boʻladigan katalitik kimyoviy reaksiyalardagi oqsil yoki RNK molekulalari va ularning komplekslaridir. Reaksiyalarda ishtirok etayotgan reagentlar substratlar deb, hosil boʻlayotgan moddalar mahsulotlar deb ataladi.

Fermentativ jarayonlar kinetikasining negizida ferment-E va substrat-S orasida qaytar oraliq mahsulot - ferment substrak-ES kompleksining hosil boʻlishi va bu kompleksning qaytmas birinchi tartibli reaksiya tezlik konstantasi orqali mahsulotga-P aylanishi yotadi va bu oʻzgarish quyidagicha ifodalanadi:



bu yerda: k_1 va k_2 – elementar bosqichlarning tezlik konstantalari.

Odatda fermentativ reaksiyalar fermentga nisbatan substratni moʻl miqdorda olib boriladi. Shuning uchun ferment toʻliq ferment-substrat kompleksi tarkibida kiradi.

Natijada reaksiya davomida kompleksning konsentratsiyasi deyarli o'zgarmaydi, boshqacha qilib aytganda vaqtga bog'liq bo'lmaydi va jarayon kvazistatsionar holatda boradi. Reaksiya kinetikasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1[E][S] - k_{-1}[ES] - k_2[ES] = k_1[E][S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = 0 \quad (2)$$

Ferment dastlab erkin holda, reaksiya davomida ferment-substrat kompleksi tarkibida va erkin holda mavjudligini hisobga olinsa quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$[E]_0 = [E] + [ES] \quad (3)$$

Bu ifodadan ferment konsentratsiyasi

$$[E] = [E]_0 - [ES] \quad (4)$$

ko'rinishga ega bo'ladi va bu qiymatni kvazistatsionarlik prinsipiga qo'yilsa quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1([E]_0 - [ES])[S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = k_1[E]_0[S] - (k_1[S] + k_{-1} + k_2)[ES] = 0 \quad (5)$$

bu tenglamadan ferment-substrat kompleksining konsentratsiyasi

$$[ES] = \frac{k_1[E]_0[S]}{k_1[S] + k_{-1} + k_2} \quad (6)$$

ega bo'ladi. Bundan mahsulotning hosil bo'lish tezligi ferment-substrat kompleksining parchalanish tezligi orqali ifodalanadi:

$$r = \frac{d[P]}{dt} = k_2[ES] = \frac{k_1 k_2 [E]_0 [S]}{k_1 [S] + k_{-1} + k_2} \quad (7)$$

ifodaning surat va maxrajini k_1 ga bo'lib, quyidagi hosil qilinadi

$$r = \frac{k_2 [E]_0 [S]}{\frac{k_{-1} + k_2}{k_1} + [S]} = \frac{k_2 [E]_0 [S]}{K_M + [S]} \quad (8)$$

bu ifodadagi $k_{-1} + k_2/k_1$ nisbat Mixaelis konstantasi K_M deyiladi. Bu kinetik konstantaning o'lchov birligi konsentratsiya o'lchov birligi bilan bir xil bo'ladi. K_M ning son jihatdan qiymati pH , harorat, ingibitor yoki aktivatorlarning borligi kabi omillarga bog'liq bo'lib, 1 dan $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ gacha oraliqqa o'zgaradi.

Reaksiyaning boshlang'ich bosqichida ($[P] \rightarrow 0$ bo'lgan holatda), fermentga nisbatan substrat mo'l bo'lganda ($[S]_0 \gg [E]_0$), substrat konsentratsiyasining kamayishi hisobga olinmaydi va substrat uchun material balans tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$[S]_0 = [S] + [ES] + [P] \approx [S] \quad (9)$$

Reaksiyaning boshlang'ich tezligi quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$r_0 = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (10)$$

Agar $k_{-1} \gg k_2$ bo'lsa, u holda fermentativ reaksiyaning birinchi bosqichida vaqt davomida kvazimuvozanat holati vujudga keladi va fermentativ reaksiya tezligini ifodalovchi tenglamada Mixaelis konstantasi o'rniga substrat konstantasi qo'llaniladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$r_0 = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{\frac{k_{-1}}{k_1} + [S]_0} = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{K_S + [S]_0}, \quad K_S = \frac{k_{-1}}{k_1} = \frac{[E][S]}{[ES]} \quad (11)$$

bu yerda: K_S -substrat konstantasi. Bundan substratning turlicha boshlang'ich konsentratsiyalarida reaksiyaning boshlang'ich tezligi turlicha ko'rinishlarga ega bo'ladi.

1) Agar substratning boshlang'ich konsentratsiyasi Mixaelis konstantasidan kichik bo'lsa, u holda $[S]_0 \ll K_M$ va

$$r_0 = \frac{k_2[E]_0[S]_0}{K_M} \quad (12)$$

bo'ladi. Fermentativ reaksiya ferment bo'yicha ham, substrat bo'yicha ham birinchi tartibli bo'ladi.

2) Agar substratning konsentratsiyalari yuqoriroq bo'lsa $[S]_0 \gg K_M$

u holda reaksiyaning boshlang'ich tezligi $r_0 = k_2[E]_0$ substrat konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi va fermentativ reaksiyaning maksimal tezligi deb aytiladi va r_{max} bilan belgilanadi. Reaksiyaning boshlang'ich tezligi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$r_0 = \frac{r_{max}[S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (13)$$

bu Mixaelis-Menten tenglamasi deyiladi.

Amaliy qism

Peroksidaza fermenti yordamida Mixaelis konstantasi va reaksiyaning maksimal tezligini aniqlash

Ishning maqsadi: Peroksidaza fermenti yordamida kaliy iodidni vodorod peroksid bilan oksidlanish reaksiyasining kinetikasi o'rganish va fermentativ reaksiyaning effektiv kinetik parametrlarini aniqlash.

Ishni bajarish: Iodid ionlarini vodorod peroksid bilan fermentativ

oksidlanish reaksiyasi kislotaviy muhitda $\text{pH} = 4-5$ bo'lganda olib boriladi. Peroksidaza fermenti va substratlar: kaliy iodid bilan vodorod pereksidlarning eritmalari $0,1\text{M}$ li atsetat buferida tayyorlanadi. Dastlabki moddalar eritmalari konsentratsiyalari kaliy iodidniki $6 \cdot 10^{-2}\text{M}$ va vodorod peroksidniki $4 \cdot 10^{-3}\text{M}$ teng bo'ladi. Ishchi eritmalar bufer eritma yordamida suyultirish yo'li bilan hosil qilinadi. Ferment preparati och-qo'ng'ir rangli kukunsimon modda bo'lib, atsetatli buferda yaxshi eriydi. Peroksidaza fermentining o'rtacha molekulyar massasi $44100\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ga teng. $\text{pH} = 4.6-4.7$ ga teng bo'lgan atsetatli bufer quyidagicha tayyorlanadi: 100 ml 1 M li sirka kislota eritmasiga 50 ml 1 M li natriy gidroksid eritmasi quyilib, distillangan suv yordamida 500 ml ga yetkaziladi. pH ko'rsatkich pH -metr yordamida aniqlanadi. Reaksiyaning borish kinetikasi fotokolorimetr yoki spektrofotometr bilan aniqlanadi. Reaksiya bevosita qalinligi 1 sm bo'lgan kyuveta yordamida olib boriladi. Reaksiya natijasida ajralib chiqayotgan iodning konsentratsiyasini 400 nm to'lqin uzunligida yutilish spektrini o'lchash orqali aniqlanadi.

1. Kaliy iodid bilan Mixaelis konstantasi va reaksiyaning maksimal tezligini aniqlash

Fermentning va ikkinchi substrat-vodorod peroksidning konsentratsiyalarini o'zgarish holda ushlab, turli konsentratsiyali kaliy iodid eritmalari bilan fermentativ reaksiyaning boshlang'ich tezligi aniqlanadi. 1-jadvalda reaksiyon aralashma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan eritmalarining boshlang'ich konsentratsiyalari keltirilgan. Aralashmaning umumiy hajmi o'zgarish bo'lib, 4 ml ni tashkil etadi.

Jadval-1

Reaksiyon aralashma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan eritmalarining boshlang'ich konsentratsiyalari (ml)

KI	Atsetatli bufer	Peroksidaza	H_2O_2
0.1	3.3	0.1	0.5
0.2	3.2	0.1	0.5
0.3	3.1	0.1	0.5
0.5	2.9	0.1	0.5
1.0	2.4	0.1	0.5
1.5	1.9	0.1	0.5

Tajribadan oldin aniqlanayotgan eritmalarining optik zichliklari o'lchanadi. Kyuvetaga bufer eritma, kaliy iodid va peroksidaza eritmalarini (jadval-1 dagi nisbatda olib) quyig va spektrofotometrning (fotokolorimetr) kyuveta bo'limiga joylashtiring. Dozator yordamida vodorod peroksid eritmasi yuborib, fermentativ reaksiyani boshlang. So'ngra reaksiyon aralashmaning optik zichligini o'lchab

oling. Buger–Lambert–Ber qonuni asosida eritmalarning optik zichliklaridan foydalanib, I_2 konsentratsiyasini hisoblang.

$$D = \varepsilon l C$$

bu yerda: D -optik zichlik, ε -molyar yutilish ko'effitsiyenti, l -kyuveta qalinligi.

Har bir kinetik tajriba 5-10 minut davom etadi. Tajriba tugagandan so'ng kyuvetani suv bilan yuvib, navbatdagi tajribalar uchun unga yangi eritma namunasi quyding va tajriba o'tkazing. Shunday usulda H_2O_2 konsentratsiyasini o'zgaras holda saqlab, KI ning oltita turli konsentratsiyali eritmalar bilan tajribalar o'tkazing va jadval-2 ga o'xshash oltita jadvalni to'ldiring.

Jadval-2

Tajriba natijalari

Tajriba	Substrat eritmasi hajmi vaqt davomida o'zgaradi,... ml							
	0							
Tajriba vaqti, s								
Optik zichlik								
I_2 konsentratsiyasi, M	0							

2. Vodorod peroksid bilan Mixaelis konstantasi va reaksiyaning maksimal tezligini aniqlash

Fermentning va ikkinchi substrat-kaliy iodidning konsentratsiyalarini o'zgaras holda ushlab, turli konsentratsiyali vodorod peroksid eritmalar bilan fermentativ reaksiyaning boshlang'ich tezligi aniqlanadi. 3-jadvalda reaksiyon aralashma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan eritmalarning boshlang'ich konsentratsiyalari keltirilgan. Aralashmaning umumiy hajmi o'zgaras bo'lib, 4 ml ni tashkil etadi.

Kyuvetaga bufer eritma, kaliy iodid va peroksidaza eritmalarini (jadval-III.12dagi nisbatda olib) quyding va spektrofotometrning (fotokolorimetr) kyuveta bo'limiga joylashtiring. Dozator yordamida yetarli miqdorda vodorod peroksid eritmasi yuborib, fermentativ reaksiyani boshlang. Reaksiyon aralashmaning optik zichligini o'lchab oling. Buger–Lambert–Ber qonuni asosida eritmalarning optik zichliklaridan foydalanib, I_2 konsentratsiyasini hisoblang.

Har bir kinetik tajriba 5-10 minut davom etadi. Tajriba tugagandan so'ng kyuvetani suv bilan yuvib, navbatdagi tajribalar uchun unga yangi eritma namunasi quyding va tajriba o'tkazing. Shunday usulda H_2O_2 konsentratsiyasini o'zgaras holda saqlab, KI ning oltita turli konsentratsiyali eritmalar bilan tajribalar o'tkazing va jadval-III.11ga o'xshash oltita jadvalni to'ldiring.

**Reaksiya aralashma tayyorlash uchun kerak bo'ladigan eritmalarining
boshlang'ich konsentratsiyalari (ml)**

KI	Atsetatli bufer	Peroksidaza	H ₂ O ₂
1.5	2.3	0.1	0.1
1.5	2.2	0.1	0.2
1.5	2.1	0.1	0.3
1.5	1.9	0.1	0.5
1.5	1.6	0.1	0.8
1.5	1.4	0.1	1.0

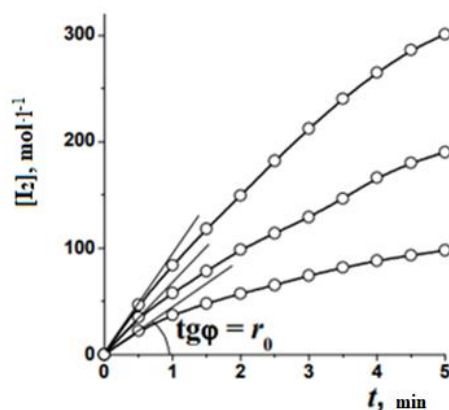
Tajriba natijalarini hisoblash

Tajribalarning o'lchash natijalaridan foydalanib kinetik egri chiziqlarni tuzing (reaksiya natijasida ajralib chiqqan iod konsentratsiyasining vaqtga bog'liqligi) va grafikning boshlang'ich to'g'ri chiziqli sohasi yordamida reaksiyaning boshlang'ich tezligini aniqlang. Misol sifatida 1-rasmda boshlang'ich tezlikni topish keltirilgan. Olingan natijalarni 4-jadvalga kirgizing va o'lchov birliklarini ko'rsating. Har bir tajribadagi substratning boshlang'ich konsentratsiyasini hisoblang va ularni ham 4-jadvalda ko'rsating.

Substrat konsentratsiyasini hisoblashga misol. Kaliy iodidning boshlang'ich konsentratsiyasi $[KI]_0 = 6 \cdot 10^{-2} M$. Ishchi eritmaning hajmi 4 ml bo'lib, misol sifatida unda 1 ml KI bor deb olamiz. Kaliy iodid eritmasi to'rt marta suyultirilganligi uchun reaksiya aralashmada uning konsentratsiyasi $6 \cdot 10^{-2} : 4 = 1.5 \cdot 10^{-2} M$ ga teng bo'ladi.

**Reaksiya boshlang'ich tezligining substrat boshlang'ich konsentratsiyasiga
bog'liqligi**

Tajriba tartibi	Substratning boshlang'ich konsentratsiyasi $[S]_0$	Reaksiyaning boshlang'ich tezligi r_0



Rasm-1. Vodorod peroksidning uchta turli boshlang'ich konsentratsiyalarida reaksiya mahsuloti iodning ajralib chiqish kinetik egri chiziqlari.

Nazorat savollari

1. Fermentlar deb qanday moddalarga aytiladi?
2. Fermentativ reaksiyalar nechanchi tartibli reaksiyalarga misol bo'ladi?
3. Qanday moddalarga substratlar deb aytiladi?
4. Oddiy fermentativ reaksiyalar uchun Mixaelis-Menten tenglamasini keltirib chiqaring.
5. Mixaelis konstantasining o'lchov birligi nimaga teng?
6. Reaksiya maksimal tezligining o'lchov birligi nimaga teng?
7. Substrat konsentratsiyasining oshishi bilan reaksiya tartibi qanday o'zgaradi?
8. Substrat konsentratsiyasining oshishi bilan substrat bo'yicha reaksiya tartibi qanday o'zgaradi?
9. Fermentativ katalizga misollar keltiring.
10. Fermentativ reaksiyalar borish mexanizmini tushuntiring.
11. Fermentativ reaksiyalar oddiy yoki murakkab reaksiyalarga mansub izohlab bering.

VI. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

1. Termodinamika jarayonlar bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar va innovasiyalarning umumiy obzori
2. Polimer gellar kimyosi fani bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar va innovasiyalarning umumiy obzori
3. Ingibitorlar kimyosi bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar va innovasiyalarning umumiy obzori
4. Fizikaviy kimyo sohasi bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar va innovasiyalarning umumiy obzori
5. Eritmalar termodinamikasi dolzarb muammolari va amalga oshirilayotgan tadbirlar.
6. Horijiy mamlakatlar va respublikamiz olimlari tomonidan Fizikaviy kimyo fani taraqqiyotiga qo'shgan hissalar, ishlab chiqilgan innovasion loyihalarni o'rganish.
7. Kimyoviy kinetikaning taraqqiyot yo'nalishlari, shu yo'nalish bo'yicha qo'lga kiritilayotgan yutuqlar va innovasiyalarni o'rganish.
8. Tabiiy va sintetik yo'l bilan polimer gellar sintezi, qo'lga kiritilayotgan yutuqlar, innovasiyalar va amaliy tadbiri mavzusi bo'yicha key-stadi ishlab chiqish.
9. Kvant kimyosining taraqqiyot yo'nalishlari, shu yo'nalish bo'yicha qo'lga kiritilayotgan yutuqlar va innovasiyalar.
10. Fermentativ kimyo, uning taraqqiyot yo'nalishlari, istiqbollari, muammolari va innovasiyalarini o'rganish.
11. Nanokimyo, uning taraqqiyot yo'nalishlari, istiqbollari, muammolari va innovasiyalarini o'rganish.
12. Yashil kimyo va yashil energetika, uning taraqqiyot yo'nalishlari, istiqbollari, muammolari va innovasiyalarini o'rganish.

VI.GLOSSARIY

Termin	O'zbek tilidagi sharhi	Ingliz tilidagi sharhi
coordination number	Koordinasion son. Qo'shni atom bilan ikkinchi atomning bilan bevosita bog' hosil qila olish xususiyati.	The number of adjacent atoms to which an atom is directly bonded.
Somplex ion (complex)	Kompleks ion (kompleks). Metall ionining Lyuis asoslari (ligand) bilan bog'langan jamlanma.	Somplex ion (complex). An assembly of a metal ion and the Lewis bases (ligands) bonded to it.
Donor atom	Donor atom. Metall bilan bog' hosil qiladigan atom.	The atom of a ligand that bonds to the metal.
Outer spere	Tashqi sfera - kompleks birikmaning ichki sferasini tashqarisida joylashgan ionlar	Outer spere is a spehere which is behind limits of inner sphere
Chelating ligands	Xelatlar - ichki sferada polidentant ligandlardan sikllar hosil bo'lgan kompleks birikmalar	Chelating ligands are polidentant ligands forming cycles in inner sphere of the complex compounds
<u>X-ray diffraction</u>	Rentgen nurlarining difraksiyasi – rentgen nurlanishdagi to'lqin uzunligini qo'llagan holda difraksion rasm orqali kristall qattiq jismlarning tuzilishini aniqlash usuli.	<u>X-ray diffraction</u> is method for establishing structures of crystalline solids using singe wavelength X-rays and looking at diffraction pattern
Superconductor	O'ta o'tkazuvchi – elektr tokini qarshiliksiz o'tkazuvchi moddalar.	Superconductor are substances passing electrical current without resistance.
Critical temperature	Kritik temperatura – moddada o'ta o'tkazuvchanlik xossasi paydo bo'ladigan temperaturaning qiymati	Critical temperature is temperature of substence at which properties of super conductivity have appeared
Critical magnet field	Kritik magnit maydon – kritik temperaturadagi magnit maydonining qiymati	Critical magnet field is magnet field at critical temperature.

dissociation	Eritmadagi ionlarga ajralgan xolatdagi zarrachalar	Breaking down of a compound into its components to form ions from an ionic substance.
ionization	Turli energiyalar ta'sirida neytral molekulani zaryadlangan ionlar utish. (Perexod neytralnoy molekulı v zaryajennıye chastısı pod deystviyem razlichnyx elektronov, energiy i t.d.)	a process by which a neutral atom or molecule loses or gains electrons, thereby acquiring a net charge and becoming an ion; occurs as the result of the dissociation of the atoms of a molecule in solution or of a gas in an electric field.
Nanocrystals (Nanokristallar)	Nano o'lchamdagi yarimo'tkazgich kristallar deb ham ataladi. Nanokristallar istalgan joydan bir necha yuzdan o'n mingtagacha atomning kristallanishi natijasida hosil bo'ladigan, "klaster" nomi bilan tanilgan agregatlardir	Also known as nanoscale semiconductor crystals. Nanocrystals are aggregates of anywhere from a few hundred to tens of thousands of atoms that combine into a crystalline form of matter known as a "cluster."
Nanocomposite (Nanokompozit)	Tarkibida kamida bitta nano o'lchamdagi ikki va undan ortiq komponentdan tashkil topgan material. Nanozarrachalar boshqa bir qattiq materialda disperslangan	A material composed of two or more substances, of which at least one has a nanoscale dimension, such as nanoparticles dispersed throughout another solid material.
Carbon nanotube (Uglerod nanotrubkasi)	Silindrik shaklga ega uglerod molekulasi. Uglerod nanotrubkasining (CNT) tuzilishi va kimyoviy bog'lari unga noyob qattqlik, elektrik va termik xususiyatlarni beradi	Carbon molecule with a cylindrical shape. The structure and chemical bonds of CNTs result in unique strength, electrical, and thermal properties.

Colloid (Kolloid)	Bir muhitda nano- yoki mikrozarrachalarning cho'kmaga tushmagan holatda bo'lishi; kolloidlarga gel, aerosol va emulsiyalar kiradi	Nanoscale or microscale particles suspended in another medium; colloids include gels, aerosols, and emulsions
Binding Energy (Bog'lanish energiyasi)	Atom yadrosining, uning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi nuklonlarga parchalanishi uchun talabqilinadigan energiya miqdori yadroning bog'lanish energiyasi deyiladi	The amount of energy required to break the nucleus of an atom into its constituent nucleons is called binding energy of the nucleus.
calibration	Analitik signalni konsentrasiyaga tugri proporsionallik grafigi (Pryamoproporsionalnaya zavisimost konsentrasii ot razlichnykh analiticheskix signalov)	the checking, adjusting, or systematic standardizing of the graduations of a quantitative measuring instrument.
The dimerization of radicals	Diasetilenlar hosil bo'lishi bilan boradigan terminal alkinlar ikkita radikalining o'zaro ta'siri	The interaction of two radicals terminal acetylenes to form acetylene
Radioactivity (Radioaktivlik)	Ba'ziog'irelementatomlaribeq aroryadrolariningradioaktivnurlanishorqalio'z-o'zidanparchalanishhodisasiga radioaktivlikdeyiladi.	The phenomenon of spontaneous disintegration of an unstable nuclei of certain heavy elements with the emission of some radioactive radiation is called radioactivity
electrochemical cell	Elektronlar xarakati natijasida paydo bulgan elektr toki	Gives an electric current with a steady voltage as a result of an electron transfer reaction.
Atomic force microscope (Atom kuch mikroskopi)	Kichik va yumshoqkeramikyoki yarimo'tkazgich namunayuzasining xususiyatlar	A scientific instrument that can generate images of nanoscale details on a physical surface by scanning

	idankelibchiqqanholdayaqinla shishyokisekin- astauzoqlashishorqali fizikyuzadanano'o'lchamdagiqi smlarni (detallarni) suratgaolibberaoladiganvaog'i shlarnilazeryordamidako'rish mumkinbo'lganilmiyqurilma	a tiny, flexible ceramic or semiconductor probe just above the surface—where it will be attracted or repelled slightly by features on the surface, and the deflection can be detected with the laser.
electromagnetic spectrum	Spektrning ultrabinafsha va ko'rinuvchi qismlarida joylashgan yutilish spektrlari molekulaning elektron holatlari o'rtasidagi o'tishlar hisobiga hosil bo'ladi, shuning uchun ham ularni elektron yutilish spektrlari deyiladi.	Complete range of wavelengths which light can have. These include infrared, ultraviolet, and all other types of electromagnetic radiation, as well as visible light.

III. ADABIYOTLAR RO'YXATI:

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O'zbekiston”, 2017. – 488 b.
2. Mirziyoyev Sh.M. Milliy taraqqiyot yo'limizni qat'iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko'taramiz. 1-jild. – T.: “O'zbekiston”, 2017. – 592 b.
3. Mirziyoyev Sh.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: “O'zbekiston”, 2018. – 507 b.
4. Mirziyoyev Sh.M. Niyati ulug' xalqning ishi ham ulug', hayoti yorug' va kelajagi farovon bo'ladi. 3-jild.– T.: “O'zbekiston”, 2019. – 400 b.
5. Mirziyoyev Sh.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O'zbekiston”, 2020. – 400 b.

II. Normativ-huquqiy hujjatlar

1. O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: O'zbekiston, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda qabul qilingan “Ta'lim to'g'risida”gi Qonuni.
3. O'zbekiston Respublikasining “Korrupsiyaga qarshi kurashish to'g'risida”gi Qonuni.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iyundagi “Oliy ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida”gi PF-4732-sonli Farmoni.
5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-maydagi “O'zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi PF-5729-son Farmoni.
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-avgustdagi “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida”gi PF-5789-sonli Farmoni.
7. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 23-sentabrdagi “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida”gi 797-sonli Qarori.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktabrdagi “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-5847- sonli Farmoni.
9. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktabr “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-6097-sonli Farmoni.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi “Sun’iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4996-son Qarori.

11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmoni.

12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 25-yanvardagi “Respublika ijro etuvchi hokimiyat organlari faoliyatini samarali yo‘lga qo‘yishga doir birinchi navbatdagi tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PF-14-sonli Farmoni.

13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi ““O‘zbekiston - 2030” strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-158-son Farmoni.

14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 21-iyundagi “Aholi va davlat xizmatchilarining korrupsiyaga qarshi kurashish sohasidagi bilimlarini uzluksiz oshirish tizimini joriy qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PQ-228-son Qarori.

III. Maxsus adabiyotlar

1. Виртуальная реальность как новая исследовательская и образовательная среда. Церфуз Д.н. и др. // ЖУРНАЛ [Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России»](#), 2015.–с.185-197.

2. Ibraymov A.YE. Masofaviy o‘qitishning didaktik tizimi. Metodik qo‘llanma. – T.: “Lesson press”, 2020. -112 b.

3. Игнатова Н. Ю. Образование в цифровую эпоху: монография. М-во образования и науки РФ. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. – 128 с. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf

4. Кирьякова А.В, Ольховая Т.А., Михайлова Н.В., Запорожко В.В. Интернет-технологии на базе LMS Moodle в компетентностно-ориентированном образовании: учебно-методическое пособие / А.В. Кирьякова, Т.А. Ольховая, Н.В. Михайлова, В.В. Запорожко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011. – 116 с. http://www.osu.ru/docs/fpkp/kiryakova_internet_technologies.pdf

5. Кононюк А.Е. Облачные вычисления. – Киев, 2018. – 621 с.

6. Oliy ta’lim tizimini raqamli avlodga moslashtirish konsepsiyasi. Yevropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko‘magida. https://hiedtec.ecs.uniruse.bg/pimages/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf

7. Emelyanova O. A. Ta’limda bulutli texnologiyalardan foydalanish // Yosh olim. - 2014. - № 3. - S. 907-909.

8. Moodle LMS tizimida masofaviy kurslar yaratish. O'quv-uslubiy qo'llanma. – T.: Toshkent farmatsevtika instituti, 2017.
9. M.Xurramov. Oliy ta'lim muassasalari faoliyatiga sun'iy intellekt texnologiyasini joriy etish [Matn]: metodik qo'llanma / M.Xurramov. K.Xalmuratova. – T.: “Yetakchi nashriyoti”, 2024. – 28 b.
10. Тенденци и развития высшего образования в мире и в России. Аналитический доклад-дайджест. - М., 2021.- 198 с.
11. Muslimov N.A va boshqalar. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 208 b.
12. Muslimov N.A va boshqalar. Pedagogik kompetentlik va kreativ asoslari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 120 b.
13. Печеркина, А. А. Развитие профессиональной компетентности педагога: теория и практика [Текст] : монография / А. А. Печеркина, Э. Э. Сыманюк, Е. Л. Умникова : Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург : [б.и.], 2011. – 233 с.
14. О.С. Фролова. Формирование инновационной компетенции педагога в процессе внутришкольного повышения квалификации. Дисс.к.п.н. Воронеж 2018.
15. Компетенции педагога XXI века [Электронный ресурс]: сб. материалов респ. конференции (Минск, 25 нояб. 2021 г.) / М-во образования Респ. Беларусь, ГУО «Акад. последиплом. образования», ОО «Белорус. пед. о-во». – Минск: АПО, 2021.
16. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsoliyeva. O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2017, 60 b.
17. Ishmuhamedov R, Mirsoliyeva M, Akramov A. Rahbarning innovatsion faoliyati. – T.: “Fan va texnologiyalar”, 2019.- 68 b.
18. Коджаспирова Г.М. Педагогика в схемах, таблицах и опорных конспектах./ -М.:Айрис-пресс, 2016.
19. Натанзон Э.Ш. Приемы педагогического воздействия.-М, 2012-202 с.
20. Сергеев И.С. Основы педагогической деятельности: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2014.
21. Tojimuxammedov H. S. Nitrozofenollarning sintezi va xossalari. Monografiya. T.: “Mumtoz so'z”, 2020 y.
22. Turabov N.T., Smanova Z.A., Kutlimuratova N.X. Analitik kimyo. // T.: 2019 y. 247 b.
23. Usmonov B.Sh., Habibullayev R.A. Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil qilish. O'quv qo'llanma. T.: “Tafakkur” nashriyoti, 2020. 120 b.

24. Ibraymov A.YE. Masofaviy o'qitishning didaktik tizimi. Metodik qo'llanma/ tuzuvchi. A.YE. Ibraymov. – T.: “Lesson press”, 2020. 112 b.
25. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsoliyeva. O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2014. 60 b.
26. Игнатова Н. Й. Образование в цифровую эпоху: монография. М-во образования и науки РФ. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. – 128 с. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf
27. Золотов Й.А. Аналитическая химия. Учебник для вузов. Кн. 1,2. - М.: Высшая школа. 2018. 615 с.
28. Shoxidoyatov H.M., Xo'janiyozov H. O'., Tojimuxammedov H.S. \ “Organik kimyo”. Universitetlar uchun darslik. T.: “Fan va texnologiya” 2014.
29. Advances in Physical Organic Chemistry. Explore book series content. Latest volumes: Volume 53, pp. 2–104 (2019); Volume 52, pp. 2–143 (2018); Volume 51, pp. 2–219 (2017)
30. Steve Taylor “Destination” Vocabulary and grammar”, Macmillan 2010.
31. David Spencer “Gateway”, Students book, Macmillan 2012.
32. Ckoog D.M. West. Fundamentals of Analytical Chemistry Brouks/Cole/ Cengage learning USA, 2014.
33. Mitchell H.Q., Marileni Malkogianni “PIONEER”, B1, B2, MM Publiciations. 2015. 191.
34. Mitchell H.Q. “Traveller” B1, B2, MM Publiciations. 2015. 183.
35. Lindsay Clandfield and Kate Pickering “Global”, B2, Macmillan. 2013. 175.
36. English for Specific Purposes. All Oxford editions. 2010, 204.
37. Wolfgang Scharfe. Basic Physical chemistry. Germany, 2014.

IV. Elektron ta'lim resurslari

1. www.edu.uz.
2. www.aci.uz.
3. www.ictcouncil.gov.uz.
4. www.lib.bimm.uz
5. [www. Ziyonet. Uz](http://www.Ziyonet.Uz)
6. www.sciencedirect.com
7. www.acs.org
8. www.nature.com
9. <http://www.kornienko-ev.ru/BCYD/index.html>.