O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
BUXORO 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
Kimyo

Buxoro – 2025

Modulning o‘quv-uslubiy majmuasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024 yil 27 dekabrdagi 485-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o`quv dasturi va o`quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi: Sh.Sh. Xudoyberdiyev – kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent.

Taqrizchi: M.A. Tursunov - kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori, professor.

O‘quv -uslubiy majmua Buxoro davlat universiteti Ilmiy Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan (2024 yil “27” dekabrdagi 5-sonli bayonnoma).

MUNDARIJA

I. ISHCHI DASTUR

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI

III. NAZARIY MATERIALLAR

IV. AMALIY MASHG`ULOT MATERIALLARI

V. GLOSSARIY

VI. ADABIYOTLAR RO`YXATI

I. ISHCHI DASTUR

Kirish

Mazkur dastur rivojlangan xorijiy davlatlarning oliy ta'lim sohasida erishgan yutuqlari hamda orttirgan tajribalari asosida "Kimyo" qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishi uchun tayyorlangan namunaviy o'quv reja hamda dastur mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo'lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Jamiyat taraqqiyoti nafaqat mamlakat iqtisodiy salohiyatining yuksakligi bilan, balki bu salohiyat har bir insonning kamol topishi va uyg'un rivojlanishiga qanchalik yo'naltirilganligi, innovatsiyalarni tadbiq etilganligi bilan ham o'lchanadi. Demak, ta'lim tizimi samaradorligini oshirish, pedagoglarni zamonaviy bilim hamda amaliy ko'nikma va malakalar bilan qurollantirish, chet el ilg'or tajribalarini o'rganish va ta'lim amaliyotiga tadbiq etish bugungi kunning dolzarb vazifasidir.

Hozirgi kunda har bir rahbar xodim va professor-o'qituvchilar Kimyoning zamonaviy yutuqlari bilan tanish bo'lishi va ularni nazariy va amaliy ko'llay bilishi lozim.

Ushbu dasturda fizikaviy, kolloid va polimerlar kimyosining zamonaviy zarur jabhalaridagi yutuqlar bayon etilgan. Bugungi kunda oliy ta'lim muassasalarida ilmiy ishlarni eng zamonaviy darajada olib borish, talabalarni ham oxirgi yutuqlar doirasida o'rgatib borish dolzarb vazifalardan hisoblanadi.

Modulning maqsadi va vazifalari

"Fizikaviy kimyo: zamoaviy nazariy va amaliyot" **modulining maqsadi va vazifalari:**

- pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malaka oshirish kursi tinglovchilarini fizikaviy, kolloid va polimerlar kimyosi haqidagi bilimlarini takomillashtirish, nazariy tahlil va fizikaviy tadqiqot uslublarini amalda qo'llash, shuningdek, ularda fizikaviy, kolloid va polimerlar kimyosi to'g'risida ko'nikma va malakalarini tarkib toptirish, fizikaviy va kolloid kimyo sohasidagi zamonaviy holat bilan tanish bo'lish, tinglovchilarda nazariy tahlil va fizikaviy tadqiqot uslublarini amalda qo'llash ko'nikmasi va malakalarini shakllantirish, fizikaviy, kolloid va polimerlar kimyosi sohasida o'quv-laboratoriya uslubiyatlari ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etishga o'rgatish.

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

"Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariy va amaliyot" modulini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida**:**

Tinglovchi:

- kimyo sohasi bo'yicha Respublikada ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari va ularning mohiyati;

-yangi innovatsion va pedagogik texnologiyalarni va ularning xalqaro qiyosiy tahlili;

-kimyo sohasiga oid yangi nazariy qarashlar va kontseptsiyalarni, ilmiy natijalar, ilmiy adabiyotlar yoki ilmiy-tadqiqot loyihalarini tahlil qilishi;

-kimyo sohasiga oid amaliy va nazariy masalalarini yechishi, yangi texnologiyalarni va dasturlar paketlarini qo'llashi;

-o'tkazilayotgan ilmiy-tadqiqot loyihalari mavzusi bo'yicha modellar, algoritmlar, metodlarni tadqiq qilishi va ishlab chiqishi;

-ilmiy-texnikaviy hisobotlar tuzish, tadqiqotlar mavzusi bo'yicha ilmiy sharhlarni ishlab chiqish, referat va bibliografiyalarni tuzish haqida **bilimlarga ega bo'lishi**;

Tinglovchi:

- o'quv fanlarini o'qitish metodikasini egallashi;

-kimyo va kimyoviy texnologiya sohasida axborot texnologiyalari yordamida mustaqil ravishda yangi bilim va amaliy ko'nikmalarni egallashi hamda ulardan amaliy foydalana olish qobiliyatiga ega bo'lishi;

-yangi g'oyalarni yaratish va ilmiy-tadqiqot ishlarini mustaqil olib borish qobiliyatiga hamda ilmiy jamoada ishlashi;

-o'zining intellektual va umummadaniy darajasini takomillashtirish qobiliyatiga ega bo'lishi va o'z shaxsining ma'naviy va jismoniy takomillashishiga erishishi;

-zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalardan foydalanib, noan'anaviy o'quv mashg'ulotlarini o'tkazish **ko'nikma va malakalarini egallashi;**

Tinglovchi:

-kimyo sohasida kasbiy faoliyat yuritish uchun zarur bo'lgan bilim, ko'nikma, malaka va shaxsiy sifatlarga ega bo'lishi;

-ilmiy-tadqiqotda innovatsion faoliyat;

-ishlab chiqarish faoliyat;

-konsalting xizmati faoliyatini boshqara olishi;

-muloqotga kirishish va mustaqil faoliyatni tashkil etish yuzasidan **kompetentsiyalarni egallashi lozim.**

Modulni tashkil etish va o'tkazish bo'yicha tavsiyalar

"Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariy va amaliyot"moduli ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy uslublari, axborot-muloqot texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan:

- ma'ruza darslarida zamonaviy kompьyuter texnologiyalari yordamida taqdimot va elektron-didaktik texnologiyalardan;

- o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so'rovlar, test so'rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash va boshqa interfaol ta'lim usullarini qo'llash nazarda tutiladi.

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

"Fizikaviy kimyo: zamonaviy nazariy va amaliyot"moduli o'quv rejadagi birinchi blok va mutaxassislik fanlarining barcha sohalari bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning umumiy tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta'limdagi o'rni

Modulni o'zlashtirish orqali tinglovchilar ta'lim jarayonini tashkil etishda texnologik yondashuv asoslarini va bu boradagi ilg'or tajribani o'rganadilar, ularni tahlil etish, amalda qo'llash va baholashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo'ladilar.

Modul bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat					
		Hammasi	Auditoriya o'quv yuklamasi				Mustaqil ta' lim
			Jami	jumladan			
				Nazariy mashg' ulot	Amaliy mashg' ulot	Ko' chma mashg' ulot	
1.	**Fizik kimyoning termodinamik qonunlari**, kimyoviy reaksiyalarni termodinamik nuqtayi nazardan yo'nalishini aniqlash usullari. Kimyoviy jarayonlar va eritmalar termodinamikasi.	4	4	2	2		
2.	**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	4	4	2	2		
3.	**Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi**. Elektr o'tkazuvchan polimerlar. Supramolekulyar kimyo yo'nalishidagi ilmiy izlanishlar	4	4	2	2		

4.	**Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish**. Polimer gellar. Statistik va klassik termodinamikada entropiya	4	4	2	2		
5	**Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekuyar reaksiyalarda qollash**. O‘tar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash. Geterogen va fermentativ katalizning o‘ziga xos xususiyatlari.	2	2	-	2		
	Jami	**18**	**18**	**8**	**10**		

NAZARIY MASHG’ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu: Fizik kimyoning termodinamik qonunlari

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

2-mavzu: Fizikaviy kimyoning dolzarb mavzularga bag‘ishlangan yangi zamonaviy ilmiy yo‘nalishlari

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.

3-mavzu: Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo‘llanilishi.

Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo‘llanilishi. Elektr o‘tkazuvchan polimerlar. Supramolekulyar kimyo yo‘nalishidagi ilmiy izlanishlar.

4-mavzu: Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish

Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer gellar. Statistik va klassik termodinamikada entropiya.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot: Fizik kimyoning termodinamik qonunlari

Fizik kimyoning termodinamik qonunlari yuzasidan masalalar yechish. Fizik kimyoning termodinamik qonunlari, kimyoviy reaksiyalarni termodinamik nuqtayi nazardan yo'nalishini aniqlash usullari. Kimyoviy jarayonlar va eritmalar termodinamikasi mavzulari bo'yicha masalalar echiladi.

2-amaliy mashg'ulot: Fizikaviy kimyoning dolzarb mavzularga bag'ishlangan yangi zamonaviy ilmiy yo'nalishlari

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 xossalariga bog'liq masalalar ko'riladi

3-amaliy mashg'ulot: Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi.

Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi. Elektr o'tkazuvchan polimerlar. Supramolekulyar kimyo yo'nalishidagi ilmiy izlanishlar bilan bog'liq masalalar ko'riladi.

4-amaliy mashg'ulot: Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish

Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish. Polimer gellar. Statistik va klassik termodinamikada entropiyaga doir masalalar yechiladi.

5-amaliy mashg'ulot: Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekuyar reaksiyalarda qollash.

Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekuyar reaksiyalarda qollash. O'tar holat nazariyasini termodinamik va statistik ifodalash. Geterogen va fermentativ katalizning o'ziga xos xususiyatlariga doir masalalar tahlil qilinadi va bu o'tilgan mavzuni mustahkamlashga tubdan yordam beradi.

O’qitish shakllari

Mazkur modulni o’qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo’llanilishi nazarda tutilgan:

ma’ruza darslarida zamonaviy kompьyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va interfaol pedagogik (Aqliy xujim, Venn diagrammasi, kontseptual jadval) usul va texnologiyalardan foydalaniladi;

o’tkaziladigan amaliy mashg’ulotlarda texnik vositalardan, grafik organayzerlardan, keyslardan foydalanish, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, blits-so’rovlardan va boshqa interaktiv ta’lim usullarini qo’llash nazarda tutiladi.

II. MODULNI O’QITIShDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA’LIM METODLARI

“Keys-stadi” metodi

“Keys-stadi” - inglizcha so’z bo’lib, (“case” – aniq vaziyat, hodisa, “stadi” – o’rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o’rganish, tahlil qilish asosida o’qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o’rganishda foydalanish tartibida qo’llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari o’z ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima natija (What).

“Keys metodi”ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	**Faoliyat shakli va mazmuni**
1-bosqich: Keys va uning axborot ta’minoti bilan tanishtirish	✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish; ✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda); ✓ axborotni umumlashtirish; ✓ axborot tahlili; ✓ muammolarni aniqlash;
2-bosqich: Keysni aniqlashtirish va o’quv topshiriqni belgilash	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash; ✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash;
3-bosqich: Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o’quv topshirig’ining yechimini izlash, hal etish yo’llarini ishlab chiqish	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muqobil yechim yo’llarini ishlab chiqish; har bir yechimning imkoniyatlari va to’siqlarni tahlil qilish; ✓ muqobil yechimlarni tanlash;
4-bosqich: Keys yechimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	✓ yakka va guruhda ishlash; ✓ muqobil variantlarni amalda qo’llash; imkoniyatlarini asoslash; ✓ ijodiy loyiha taqdimotini tayyorlash; yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish.

Keysni bajarish bosqichlari va topshiriqlar:

- Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablarni belgilang (individual va kichik guruhda).
- Mobil ilovani ishga tushirish uchun bajariladigan ishlar ketma-ketligini belgilang (juftliklardagi ish).

Rentgen nurlari ta'siridan himoyalovchi ekranlar va nanozarrachalar

Rentgen nurlari bilan ishlovchi mutaxassislar uning zararli ta'siridan himoyalovchi, ishonchli ekranga muhtojlik sezishadi. Odatda bunday ekranlar qo'rg'oshin metali birikmalarini plastinka, shisha va boshqa materiallar yuzasiga ma'lum yullar bilan kiritish orqali tayyorlanib kelingan. Nanotexnologiyaning rivojlanishi bilan esa yangi usul paydo bo'ldi: bunda, rentgen nurlarini moddaning nanozarrachalari plastinkaning butun hajmi bo'ylab taqsimlanadi, so'ngra ulardan g'ilof va istalgan formadagi himoyalovchi buyumlar tayyorlashda foydalaniladi. Bu texnologiyaning yirik afzalligi shundaki, agar nanozarrachaning o'lchami ko'rinuvchan nurlarning to'lqin uzunligidan kichik bo'lsa, himoyalovchi plastinka ko'rinuvchan sohada shaffof bo'ladi.

1. Nima uchun rentgen nurlaridan himoyalovchi ekranlarni tayyorlashda, og'ir metallar yoki ularning birikmalaridan foydalaniladi?

2. Qo'rg'oshin metalidan qo'rg'oshin oksid PbO nanozarrachasini olish usulini taklif qiling. Reaktsiya tenglamalarini yozing va sharoitlarni ko'rsating.

3. Qalinligi 1 sm bo'lgan, tarkibida massa bo'yicha 0,1% sferik ko'rinishidagi (diametri 100nm) PbO saqlovchi ekran, rentgen nurlari o'tishini necha marta susaytiradi. Qo'rg'oshin oksidning zichligi 9,53 g/sm^{3}ga, plastinkaning zichligi esa 0,9 g/cm^3 ga teng. Nanozarrachalar plastinkaning butun hajmi bo'yicha tasodifiy taqsimlangan deb hisoblang.

Eslatma: Hisoblashlarni amalga oshirishda quyidagi savollarga javob berishingiz lozim!

a) ekranning tasodifiy nuqtasida bitta aniq nanozarrachaning kvant rentgen nurlarini yutmaslik ehtimolligi qanday?

b) ekranning tasodifiy nuqtasida bittadan farqli nanozarrachaning kvant rentgen nurlarini yutmaslik ehtimolligi qanday?

c) shunday materialdan tayyorlangan ekranning 1m^3 qismi nechta

nanozarracha saqlaydi?

4. *Natural logarifmning asosi bo'lgan yesonini aniqlash sizga asqotadi:*

$$\lim_{x \to o}(1+x)^{1/x} = e \approx 2{,}718$$

Keysning javobi

1. Moddaga rentgen nurlarining yutilish darajasi uning tarkibiga kiruvchi atomlar yadro zaryadlari qiymatlariga bog'liq bo'ladi: yadro zaryadi qiymati qancha katta bo'lsa, moddaga nurlanishning yutilish darajasi shuncha yuqori bo'ladi. SHuning uchun himoya ekranlari, himoya perronlari va boshqa himoya vositalarinini tayyorlashda qo'rg'oshin, vismut va boshqa og'ir metallarini tutgan materiallardan foydalaniladi.

   (Savolning javobi uchun 2 ball).
2. Himoya qoplamalari deformatsiyalanganda dars ketishi yoki ko'chib ketishi mumkin. Bunday hollarda: a) nurlanishdan himoyalanish darajasi pasayadi;

   b) og'ir metallar birikmalarining ko'proq zaharliroq qism zarrachalari atrof- muhitga tarqaladi. Hajmida zarrachalar tarqalgan materiallar bunday kamchiliklardan holi.

   (Savolning javobi uchun 2 ball).
3. Olinish usuli qo'rg'oshin tuzlari qaynoq suvli eritmalaridan ishqorlar ta'sirida PbO ni (200^0C atrofida, bosim ostida) cho'ktirishga asoslangan bo'lishi mumkin.

   $Pb + 4HNO_{3(konts)} = Pb(NO_3)_2 + 2NO_2 +$

   $2H_2O$ $Pb(NO_3)_2 + 2NaOH = PbO +$

   $H_2O + 2NaNO_3$

   (Savolning javobi uchun 2 ball).
4. Nanozarracha ko'ndalang kesim yuzasi maydoni S_0, ekran ko'ndalang kesim yuzasi maydoni S bo'lsin. U holda ekranning tasodifiy nuqtasida

bitta aniq nanozarrachaning kvant rentgen nurlarini yutmaslik ehtimolligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$p_0 = 1 - \frac{S_0}{S}$$

(Savolning javobi uchun 0,5 ball).

Zarrachalar hajmda tasodifiy taqsimlangan va bir-biridan mustaqil hisoblanadi. Bunday holda, fotonning ekran hajmidagi zarrachalar tomonidan yutilmaslik ehtimoli quyidagiga teng bo'ladi:

Bu yerda:N-ekran hajmidagi zarrachalar miqdori.

$$p = \left(1 - \frac{S_0}{S}\right)^N,$$

(Savolning javobi uchun 0,5 ball).

Natural logarifmning asosi bo'lgan ye sonini aniqlash ifodasidan quyidagini hosil qilamiz:

$$p = \left(1 - \frac{S_0}{S}\right)^N = e^{-\frac{S_0 N}{S}}$$

(Savol javobi uchun 0,5 ball).

Ekran hajmidagi zarrachalar miqdori quyidagiga teng:

$$N = cSd,$$

Bu yerda: c- hajmdagi zarrachalar kontsentratsiyasi; d-ekran qalinligi. U holda ehtimollik quyidagiga teng:

$$p = e^{-S_0 cd}$$

Nanozarrachalar ko'ndalang kesim yuzasi esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$S_0 = \pi r^2 = 3.14 \cdot \left(100 \cdot 10^{-9} / 2\right)^2 = 7.85 \cdot 10^{-15}\ \text{м}^2$$

bu yerda V_0 – nanozarracha hajmi, ρ –uning zichligi. Materialning kub metrida $0.9/(4.99*10^{-18}) = 1.80*10^{17}$nanozarracha bor. Ya'ni, material hajmidagi zarrachalar kontsentratsiyasi $s=1.80*10^{17}$ m^{-3} ga teng.

Endi zarrachalar kontsentratsiyasini hisoblaymiz. $1m^3$ material massasi 900 kg, tarkibida esa 0,9 kg PbO tutadi (uning massa ulushi shart bo'yicha 0,1% ga teng). Bitta nanozarrachaning massasi esa quyidagiga teng:

$$m = V_0\rho = \frac{4\pi}{3}r^3\rho = \frac{4\cdot 3.14}{3}\cdot\left(100\cdot 10^{-9}/2\right)^3\cdot 9530 = 4.99\cdot 10^{-18}\ \text{кг},$$

Fotonning ekran ichidan o'tish ehtimolligi quyidagiga teng:

$$p = e^{-S_0 cd} = 2.718^{-7.85\cdot 10^{-15}\times 1.80\cdot 10^{17}\times 0.01} = 7.30\cdot 10^{-7}$$

Demak, rentgen nurlari $1/(7{,}30\bullet 10^{-7})$ ekranda $1{,}37\bullet 10^{6}$ marta zaiflashadi.
(To'g'ri son qiymati uchun 2 ball)

(Savolning javobi uchun 4 ball)

"Assesment" metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta'lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o'zlashtirish ko'rsatkichi va amaliy ko'nikmalarini tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta'lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

"Assesment" lardan ma'ruza mashg'ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o'rganishda, yangi ma'lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg'ulotlarda esa mavzu yoki ma'lumotlarni o'zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o'z-o'zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi.

SHuningdek, o'qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o'quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo'shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

Assesment metodiga oid testlar

Termodinamika 1 qonunining integral ko'rinishi	$\delta Q = dU + \delta W$	$Q = \Delta U + W$*	$\delta Q = dU + pdV$	$\delta Q = hdp + C_p dT$
Termik koeffitsientlar nima?	h, l	T, Q	α, β, γ*	α, β, Q
Kalorik koeffitsientlar nima?	C_v, C_p, χ	l, h, C_v	h, C_v, C_p	l, h, C_v, C_p, χ, λ*
Ideal gaz holat tenglamasining differentsial ko'rinishi	$(\partial V/\partial p)T$	$(\partial V/\partial p)T(\partial p/\partial T)_v$	$(\partial V/\partial p)T(\partial p/\partial T)_v(\partial T/\partial V)_p = -1$*	$(\partial p/\partial T)_v(\partial T/\partial V)_p$
Termodinamikani 1 qonunini kalorik koeffitsientlar orqali ifodasi	$\delta Q = hdp + C_p dT$;	$\delta Q = hdp + C_p dT$; $\delta Q = ldV + S_v dT$*	$\delta Q = ldV + S_v dT$	$\delta Q = dU + \delta W$
Termik kengayish koeffitsienti	$(\partial V/\partial T)_p \cdot 1/V_0$	$(\partial Q/\partial V)T$	$(\partial U/\partial V)T$	$-(\partial V/\partial p)T$
Bosimning ortish koeffitsienti	$-(\partial V/\partial p)T \cdot 1/V`_0$	$(\partial r/\partial T)_v \cdot 1/p_0$ *	$(\partial Q/\partial V)T$	$(\partial U/\partial V)T$
Izotermik siqilish koeffitsienti	$(\partial U/\partial V)T$	$(\partial Q/\partial V)T$	$-(\partial V/\partial p)T \cdot 1/V`_0$*	$(\partial V/\partial T)_p$
Jismning izotermik kengayish issiqligi	$(\partial Q/\partial V)T$*	$S_v dT$	$C_p dT$	$(\partial r/\partial T)_v$
Ichki bosim tushunchasi	$(\partial V/\partial T)_p$	$(\partial U/\partial V)T$*	$(\partial Q/\partial V)T$	$-(\partial V/\partial p)T$

“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 to’g’ri va to’liq izohini o’qib eshittiradi yoki slayd orqali namoyish etadi;
- har bir ishtirokchi berilgan to’g’ri javoblar bilan o’zining shaxsiy munosabatini taqqoslaydi, farqlarini aniqlaydi va o’z bilim darajasini tekshirib, baholaydi.

Misol: glossariyda keltirilgan tushunchalarni tahlil qilish asosida fundamental tasavvurga ega bo’lish, mavzuni to’g’ri tushunib borish va masalalarning yechimining gnoselogik ildiz orqali, tushunchaning tahlili orqali shakllantirish.

III. NAZARIY MA'LUMOTLAR

1-MAVZU: Fizik kimyoning termodinamik qonunlari.

Reja:

1. Fizik kimyoning termodinamik qonunlari, kimyoviy reaksiyalarni termodinamik nuqtai nazardan yo‘nalishini aniqlash usullari.

2. Kimyoviy jarayonlar va eritmalar termodinamikasi.

Tayanch iboralar: *issiqlik, temperatura, ish, ichki energiya, issiqlik sig'imi, sistema, termodinamika, statistik klassik termodinamika, termodinamika, nomuvozanat kimyoviy jarayonlar termodinamikasi, matematik apparat, termodinamika qonunlari, Karateodori printsipi, Karno tsikli, entropiya, entalpiya, Nernst teoremasi, Plank postulati.*

Fizik kimyo fani. Fizik kimyoning muammolari va usullari.

Nomidan ko‘rinib turganidek, fizik kimyo fizika va kimyo fanlari tutashgan nuqtadagi masalalarni qamrab oladi. Fizik kimyo kimyoviy jarayonlarning mohiyatini ochib beradi. Kimyoviy reaksiyalar turli xil fizik jarayonlar bilan bog‘liq: issiqlik almashinuvi - issiqlik yutilishi yoki ajralishi; yorug‘lik yutilishi yoki chiqarilishi; elektr hodisalari, hajm o‘zgarishi va boshqalar. Kimyoviy reaksiyalarda doimo kimyoviy va fizikaviy hodisalarning uzviy bog‘liqligi kuzatiladi, bu bog‘liqlikni o‘rganish fizik kimyoning asosiy vazifasidir.

Fizik kimyo kimyoviy o‘zgarishlar nazariyasining barcha masalalarini qamrab oladi va fizik parametrlarning kimyoviy jarayonlarga hamda kimyoviy tarkibning fizik xususiyatlarga ta'sirini o‘rganadi.

Fizik kimyoning bir nechta tipik muammolarini ko‘rsatib o‘tamiz: 1. Kimyoviy muvozanat muammosi. Har qanday kimyoviy ishlab chiqarish nazariyasining asosi parametrlarning (T, P va boshqalar) funksiyasi sifatida kimyoviy reaksiyaning maksimal mumkin bo‘lgan unumini hisoblashdir. 2. Kimyoviy reaksiya tezligi muammosi. Sanoat qurilmalarining unumdorligi kimyoviy o‘zgarishlar tezligi bilan belgilanadi. 3. Jism xossalarining uning

tuzilishi va kimyoviy tarkibi bilan bog‘liqligi muammosi. Plastiklik, mustahkamlik, qattiqlik nima bilan belgilanadi va bunga qanday erishiladi. 4. Kimyoviy bog‘lanish muammosi. Molekulalarning reaksion qobiliyati, tuzilishi, shakli, elektr va energetik xususiyatlari nima bilan aniqlanadi? Zamonaviy fan va texnikada fizik kimyo bilan bevosita bog‘liq bo‘lgan bir qator muammolar alohida ahamiyat kasb etmoqda: berilgan xususiyatlarga ega bo‘lgan materiallar olish, moddalarni ajratish, o‘ta toza materiallar olish, sanoatni avtomatlashtirish, metallurgiya va kimyo sanoatida o‘ta yuqori harorat va bosimni qo‘llash.

Fizik kimyo foydalanadigan uchta asosiy usulni ko‘rsatish mumkin. Birinchi usul - termodinamika. U tajribaviy va nazariy fan hisoblanadi. Barcha qonunlar va tushunchalar termodinamikada jarayonlarning molekulyar mexanizmiga chuqur kirmasdan tajribani tavsiflash natijasida shakllantiriladi.

Ikkinchi usul - jismlarning molekulyar tabiati haqidagi ta’limotga asoslangan statistik mexanikadir. Jismlarni mexanika qonunlariga bo‘ysunuvchi zarralarning katta guruhlari deb qarash termodinamika tushunchalari va qonunlarini asoslashga imkon beradi. Statistik mexanika jismlarning makroskopik xossalarini molekulalarning mikroskopik xossalari bilan bog‘lash imkonini beradi. Uchinchi usul atom va molekulalarning tuzilishi haqidagi ta’limotga asoslanadi. U molekula va qattiq jismlarning xususiyatlarini ularni tashkil etuvchi zarrachalar, birinchi navbatda elektronlarning harakat qonunlari va xossalari asosida tushuntirishga imkon beradi.

Fizik kimyoni o‘rganish kimyoviy termodinamikadan boshlanadi.

Kimyoviy termodinamika umumiy termodinamika qoidalari va qonunlarini kimyoviy hodisalarni o‘rganishga tatbiq etadi. Kimyoviy termodinamikaning qonuniyatlarini keltirib chiqarish uchun sistemaning boshlang‘ich va oxirgi holatini hamda jarayon kechadigan tashqi sharoitlarni (T, P va hokazo) bilish kerak. Kimyoviy termodinamika moddaning ichki tuzilishi va jarayonlarning sodir bo‘lish mexanizmi haqida hech qanday xulosa chiqarishga imkon bermaydi. Termodinamik usulning cheklanganligi ana shunda.

Ba’zi zaruriy atamalarni kiritamiz.

O‘zaro ta’sirda bo‘lgan va atrof-muhitdan amalda yoki shartli ravishda ajratilgan jism yoki jismlar guruhi sistema deb ataladi.

Atrof-muhit bilan issiqlik va ish almashmaydigan, ya’ni energiyasi va hajmi o‘zgarmas bo‘lgan sistemaga izolatsiyalangan sistema deyiladi.

Sistemaning holati - bu sistemani tavsiflovchi fizik va kimyoviy xususiyatlar majmuasi.

Termodinamik sistemaning holati termodinamik parametrlar bilan tavsiflanadi. Termodinamik parametrlarga harorat, bosim, hajm, konsentratsiya va boshqalar kiradi.

Termodinamik parametrlardan hech bo‘lmaganda bittasining o‘zgarishi bilan bog‘liq bo‘lgan sistemadagi har qanday o‘zgarish termodinamik jarayon deb ataladi. Agar parametrning o‘zgarishi faqat boshlang‘ich va oxirgi holatga bog‘liq bo‘lib, jarayonning yo‘liga bog‘liq bo‘lmasa, bunday parametr holat funksiyasi deyiladi.

Aylanma jarayon yoki sikl deb shunday jarayonga aytiladiki, bunda termodinamik sistema biror boshlang‘ich holatdan chiqib, bir qancha o‘zgarishlarga uchragandan so‘ng yana o‘sha holatga qaytadi; bu jarayonda istalgan holat funksiyasining o‘zgarishi nolga teng bo‘ladi.

Kechish sharoitiga qarab jarayonlar: izobarik, izoxorik, izotermik va adiabatik jarayonlarga bo‘linadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni.

Termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik hodisalariga tatbiqan energiyaning umumiy saqlanish qonunining xususiy holidir.

Termik jarayonlarning balanslarini ko‘rib chiqishda sistema hajmining o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan ishni hisobga olish kerak. Faraz qilaylik, biror jism S ga teng bo‘lgan sirtga ta’sir qiluvchi p bosimda V hajmni egallagan bo‘lsin.

Jismning cheksiz kichik kengayishida bosim ta’sir qilayotgan sirt δL masofaga siljiydi va jism bajargan ish ulushi δW quyidagi tenglama bilan aniqlanadi: δW=pSdL

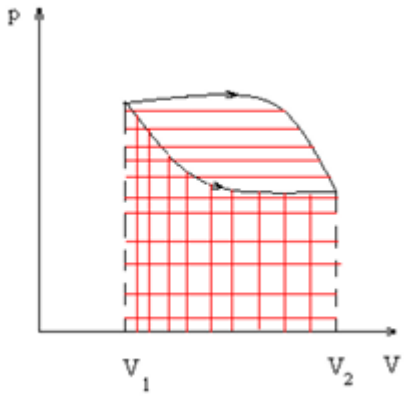
$$SdL=dV$$

$$\delta W = pdV$$

va noelementar (chekli) jarayondagi ish ish porsiyalarining yig‘indisiga teng va uning qiymati aniq integral bilan ifodalanadi:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} pdV$$

Bundan kelib chiqadiki, grafik usulda ish u yoki bu protsess sodir bo‘lganda r va V orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi egri chiziq ostidagi yuza bilan aniqlanadi. Bu bog‘lanishning ko‘rinishi jarayonning xarakteridan kelib chiqadi va shuning uchun V1 dan V2 gacha kengayish ishi jarayonning yo‘liga bog‘liq bo‘ladi.



Grafikdan ko‘rinib turibdiki, bir jarayondagi ish miqdori (gorizontal shtrixlash) ikkinchisiga (vertikal shtrixlash) nisbatan ancha katta.

Jismlarning kengayish ishi qaysi manba hisobiga bajariladi, degan savol tug‘iladi.

Ravshanki, barcha jismlar parametrlarning berilgan qiymatlarida ma’lum ichki energiya zapasiga ega bo‘ladi. Jismning ichki energiyasi harakatlanayotgan molekulalarning kinetik energiyasi va potensial energiyasi, ya’ni molekulalarning o‘zaro tortishish va itarishish energiyalaridan iborat. Bu tashkil etuvchilar bilan bir

qatorda ichki energiya zapasiga elektronlar energiyasi, atom yadrolaridagi energiya va nur energiyasi kiradi.

Jismning ichki energiyasi U temperatura T ga (molekulalarning kinetik energiyasi) va hajm V ga (chunki potensial energiya molekulalar orasidagi masofaga bog‘liq) bog‘liq bo‘lishi kerak.

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

Biroq protsess davomida faqat kinetik energiya o‘zgarib, potensial energiya, masalan, ideal gazdagi kabi, o‘zgarmay qoladigan hol ham bo‘lishi mumkin. Yetarlicha yuqori harorat va katta hajmda har qanday gaz o‘zini ideal gaz kabi tutadi. Bu yo‘qoluvchi molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir potensial energiyasi ularning kinetik energiyasiga nisbatan kichikligini va gaz egallagan hajmga nisbatan molekulalarning xususiy hajmini hisobga olmaslik mumkinligini bildiradi.

Ideal gazning tabiati Mendeleyev-Klayperon tenglamasiga bo‘ysunadi:

$$pV=nRT$$

bu yerda n - V hajmdagi gazning mollar soni, R - universal gaz doimiysi, T - absolyut temperatura.

O‘zgarmas haroratda real gazning ichki energiyasi hajmga bog‘liq, ya’ni

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \neq 0.$$

Bunga sabab shuki, gazning hajmi o‘zgarganda molekulalar orasidagi masofa va binobarin, potensial energiya ham o‘zgaradi. Ideal gazda ichki energiya hajmga bog‘liq emas, chunki zarralar o‘rtasida o‘zaro ta’sir yo‘q va bu holda

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$$

Sistema u yoki bu protsesslarda ishtirok etganda uning ichki energiyasi o‘zgaradi. Ichki energiya tizimning holati bilan bir qiymatli aniqlanadi va uning har qanday jarayondagi o‘zgarishi U faqat U1 - boshlang‘ich va U2 - oxirgi holatlarning energiyasiga bog‘liq bo‘lib, jarayon sodir bo‘ladigan yo‘lga bog‘liq emas:

$$\Delta U=U_2-U_1$$

Bu energiyaning saqlanish qonunining natijasidir. Agar ichki energiya holat funksiyasi bo‘lmaganda edi, u holda $\Delta U_{1-2}\neq\Delta U_{2-1}$ bo‘lar edi, ya’ni bunday sikl natijasida biror miqdor energiya hosil bo‘lar yoki yo‘q bo‘lar edi.

Shunday qilib, ichki energiya holat funksiyasidir va agar sistema holatini barcha o‘zgaruvchilarni berib xarakterlasak, u holda shu bilan birga U kattalik ham aniqlanadi.

U holat funksiyasi bo‘lgani uchun ichki energiyaning to‘liq differensiali dU haqida gapirish ma’noga ega. $U=f(T,V)$ ekanligini hisobga olib, tenglamani yozish mumkin.

$$dU=\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV+\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT\ .$$

Ish uchun to‘liq differensial haqida emas, balki uning cheksiz kichik elementi haqida gapirish mumkin, chunki ish protsessning yo‘liga bog‘liq bo‘lib, holat funksiyasi emas.

Sistemaning ichki energiyasining o‘zgarishi faqat uning mexanik ish bajarishi yoki uning ustida shunday ish bajarilishi bilangina aniqlanmaydi. U ichki energiyaning boshqa sistemadan o‘tishi yo‘li bilan ham sodir bo‘lishi mumkin. Sistema atrofidagi jismlardan oladigan (yoki beradigan) bu energiya issiqlik deb ataladi.

Tizimga berilgan issiqlik miqdori Q uning ichki energiyasini oshirish va quyidagi ishni bajarish uchun sarflanadi:

$$Q=\Delta U+W$$

Bu tenglama termodinamika birinchi qonunining analitik ifodasidir. Izolyatsiyalangan sistema uchun, ravshanki, Q=0 va W=0, demak, $\Delta U=0$.

Bundan termodinamika birinchi qonunining boshqacha ta’rifi ham kelib chiqadi: izolyatsiyalangan sistemaning ichki energiyasi o‘zgarmas.

Cheksiz kichik jarayonda

$$\delta Q=dU+\delta W.$$

Issiqlik va ish porsiyalarini δQ va δW bilan belgilash bu kattaliklar xossalarining ichki energiya xossalaridan farq qilishini ta'kidlaydi.

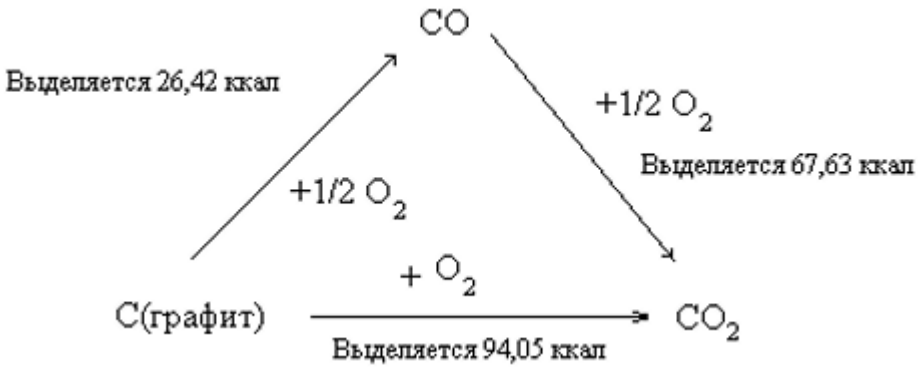
Ichki energiyadan farqli ravishda issiqlik va ish tushunchalari sistemaga emas, balki jarayonlarga taalluqlidir. Issiqlik va ish faqat jarayon sodir bo'lganda, ya'ni holat o'zgarganda namoyon bo'ladi; ular energiyaning o'zi emas, balki faqat energiya uzatish shakllaridir.

Agar qabul qilish issiqligi sistema tomonidan yutilsa, musbat, agar sistema tomonidan berilsa, manfiy deb hisoblansin. Agar ish sistemaning o'zi tomonidan bajarilsa, u musbat, agar sistema ustida bajarilsa, manfiy hisoblanadi.

Tabiat hodisalarini yoki texnikaviy protsesslarni termodinamik analiz qilish uchun jismlar ichki energiyasi zapasining absolyut kattaligini bilish shart emas, chunki protsesslarda bu funksiyaning bevosita o'lchash mumkin bo'lgan ish va issiqlik effekti kattaliklari bo'yicha aniqlanishi mumkin bo'lgan o'zgarishigina ahamiyatga ega.

Termodinamik hisoblar. Gess qonuni.

1840-yilda rus akademigi Gess kislotalarning ammiak va ishqorlar bilan neytrallanish issiqligini ko'p marta o'lchash asosida reaksiyaning issiqlik effekti (Q_V yoki Q_p) reaksiya yo'liga, ya'ni uning oraliq bosqichlariga bog'liq emasligini va faqat dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlarining tabiati va holati bilan belgilanishini aniqladi.



Shunday qilib, agar berilgan boshlang'ich mahsulotlardan turli yo'llar bilan berilgan oxirgi mahsulotlarni olish mumkin bo'lsa, u holda oraliq reaksiyalarning turidan qat'i nazar, yig'indi issiqlik effekti bir xil bo'ladi.

Masalan, CO_2 ni uglerodni kislorodda to‘g‘ridan-to‘g‘ri uglerod dioksidigacha yoqish orqali olish mumkin:

$$C+O_2=CO_2+Q_1$$

yoki dastlab CO ni olish va keyin uni ikki oksidgacha yoqish orqali:

$$C+1/2O_2=CO+Q_2$$

$$CO+1/2O_2=CO_2+Q_3$$

Ikkala yo‘l ham bir xil boshlang‘ich holatga (C va O_2) va bir xil oxirgi holatga (CO_2) ega. Holatning bir xilligi deganda kimyoviy tarkibi, mavjudlik shartlari (T, p va boshqalar) bo‘yicha, agregat holati va kristall modifikatsiyasi, disperslik darajasi va shu kabilar bo‘yicha to‘liq bir xillik tushuniladi.

Gess qonuniga ko‘ra, uglerodning uglerod dioksidigacha yonishining issiqlik effekti uni uglerod oksidi orqali yoqishdagi umumiy issiqlik effektiga teng bo‘lishi kerak, ya’ni.

$$Q_1=Q_2+Q_3.$$

Gess qonuni katta amaliy ahamiyatga ega. Masalan, uning yordamida tajribada aniqlash katta qiyinchilik tug‘diradigan reaksiyalarning issiqlik effektlarini aniqlash mumkin.

Bu maqsadda Gess qonunining natijalaridan keng foydalaniladi.

Birinchi xulosa: biror ximiyaviy birikma parchalanishining issiqlik effekti absolyut kattaligi jihatidan shu birikma hosil bo‘lishining issiqlik effektiga aniq teng va ishorasi jihatidan qarama-qarshidir.

Ikkinchi natija: agar turli boshlang‘ich holatlardan bir xil oxirgi holatlarga olib keladigan ikkita reaksiya sodir bo‘lsa, u holda issiqlik effektlari orasidagi farq bir boshlang‘ich holatdan ikkinchisiga o‘tishning issiqlik effektidan iborat bo‘ladi.

Uchinchi natija: agar bir xil boshlang‘ich holatlardan turlicha oxirgi holatlarga olib keluvchi ikkita reaksiya sodir bo‘lsa, u holda ularning issiqlik effektlari orasidagi farq bir oxirgi holatdan boshqasiga o‘tishning issiqlik effektidan iborat bo‘ladi.

Hosil bo‘lish issiqligi.

Oddiy moddalardan biror birikma hosil bo‘lganda bu protsessda qandaydir issiqlik effekti kuzatiladi. Bunda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori turli birikmalar uchun bir xil bo‘lmaydi; bundan tashqari, issiqlik effektlarining qiymatlari sistemaning tashqi parametrlari (masalan, temperatura) o‘zgarishi bilan sezilarli darajada o‘zgaradi.

Hosil bo‘lish issiqligi deb, eng barqaror modifikatsiyada olingan oddiy moddalardan bir mol ayni birikma hosil bo‘lish reaksiyasining issiqlik effektiga aytiladi.

Standart hosil bo‘lish issiqligi deb, 25°C (298 K) harorat va 1 atm bosimga nisbatan olingan birikmaning hosil bo‘lish issiqligiga aytiladi. (760 mm sim. ust.). Agar bu kattalik ma’lum bo‘lsa, u holda termokimyoviy hisoblash holat parametrlarining boshqa qiymatlarida hosil bo‘lish issiqligini aniqlash imkonini beradi.

Hosil bo‘lish issiqliklarining kattaliklari yo kalorimetr yordamida tajriba yo‘li bilan, yoki hisoblash yo‘li bilan aniqlanadi va turli birikmalar uchun standart termodinamik kattaliklar jadvallarida keltiriladi.

Jadvallar tuzish uchun qanday kattaliklarni tanlash maqsadga muvofiq? Ko‘pchilik jarayonlar o‘zgarmas bosimda borgani uchun bunday jadvallarni entalpiyalardan tuzish maqsadga muvofiqdir. Umuman aytganda, reaksiyada entalpiyaning o‘zgarishini (ΔH) hisoblashda sanoq boshi sifatida qanday holat olinganligining (standart holat deb ataladigan) ahamiyati yo‘q. Biroq, standart holat sifatida elementlarning 25o C (298o K) va 1 atm bosimdagi holatini tanlash eng qulaydir. Agar biror element bir necha modifikatsiyada mavjud bo‘lsa, u holda standart holat sifatida 25 °C va atmosfera bosimida barqaror bo‘lgan modifikatsiya qabul qilinadi.

Tegishli kattalik standart sharoitlarga tegishli ekanligini ko‘rsatish uchun u mutlaq haroratni ko‘rsatadigan pastki indeks va bitta atmosfera bosimi tengligini ko‘rsatadigan yuqori "nol" indeksi bilan ta’minlanadi, ya’ni ΔH^0_{298}

Hosil bo‘lish issiqliklari (yoki entalpiyalari) ning amaliy ahamiyati shundan iboratki, u yoki bu reaksiyada ishtirok etayotgan barcha moddalarning hosil bo‘lish issiqliklari (entalpiyalari) ni bilgan holda bu reaksiyaning issiqlik effektini hisoblash mumkin. Shunday qilib, Gess qonuniga ko‘ra, reaksiyaning issiqlik effekti stexiometrik koeffitsiyentlarni hisobga olgan holda mahsulotlarning hosil bo‘lish issiqliklari yig‘indisi va dastlabki moddalarning hosil bo‘lish issiqliklari yig‘indisi o‘rtasidagi farqqa teng. (To‘rtinchi natija).

Bunda shuni esda tutish kerakki, ishtirokchilari sifatida o‘zining barqaror modifikatsiyasida bo‘lgan oddiy moddalar ishtirok etadigan reaksiyalar uchun bu oddiy moddalarning hosil bo‘lish issiqligi shartli ravishda nolga teng deb olinadi.

Yonish issiqligi.

Ko‘pchilik birikmalar uchun ularning oddiy moddalardan hosil bo‘lish reaksiyasini amalga oshirib bo‘lmaydi va hosil bo‘lish issiqligini o‘lchab bo‘lmaydi. Aksariyat hollarda esa to‘liq yonish reaksiyasini amalga oshirish mumkin bo‘ladi. Bunda aniqlanadigan yonish issiqligi termokimyoviy hisoblashlar uchun hosil bo‘lish issiqligidan kam bo‘lmagan amaliy ahamiyatga ega.

Yonish issiqligi deb, ma’lum bir mol moddaning yuqori oksidlar hosil bo‘lguncha to‘liq yonish reaksiyasining issiqlik effektiga aytiladi.

Standart yonish issiqligi deb standart sharoitga, ya’ni 25 C (298 K) va 1 atm. ga keltirilgan yonish issiqligiga aytiladi. (760 mm sim. ust.).

Yonish issiqligining amaliy ahamiyati shundaki, ular bo‘yicha reaksiyalarning issiqlik effektlarini bevosita aniqlash mumkin, chunki reaksiyaning issiqlik effekti dastlabki moddalarning yonish issiqliklari yig‘indisi va stexiometrik koeffitsiyentlarni hisobga olgan holda mahsulotlarning yonish issiqliklari yig‘indisi o‘rtasidagi farqqa teng. (Beshinchi natija).

Termodinamikaning ikkinchi qonuni.

Termodinamikaning birinchi qonuni termodinamik jarayonlarni to‘liq tavsiflash uchun yetarli emas. U bu jarayonlarning energetik balansini aniq

topishga imkon beradi, lekin ularning yo‘nalishi va sodir bo‘lishi mumkinligi haqida hech qanday ko‘rsatma bermaydi.

Yo‘nalishni topish va bu jarayonlarning mumkinligi yoki mumkin emasligi yoki mumkin emasligini aniqlashga imkon beradigan yana bir umumiy qonuniyat termodinamikaning ikkinchi qonunidir. Bundan tashqari, termodinamikaning ikkinchi qonuni qandaydir issiqlik energiyasi zapasining foydali ishga aylanishi eng to‘liq o‘tadigan shartlarni belgilaydi.

Tarixan termodinamikaning ikkinchi qonuni birinchi qonundan ancha oldin ta’riflangan, ammo vaqt o‘tishi bilan u yangi va yangi talqinlarga ega bo‘ldi va uning ta’riflari yanada qat’iyroq bo‘lib bordi.

Ikkinchi qonunning asosiy qoidasini birinchi marta M. V. Lomonosov (1747 y.) bergan edi:..." issiq A jismga botirilgan V sovuq jism A jism olgan issiqlikdan ortiq issiqlik darajasini qabul qila olmaydi." Issiqlikning foydali ishga aylanish shartlarining birinchi matematik ta’rifini Sadi Karno (1824-yil) bergan. Bug‘ mashinalarini konstruksiyalashda katta ahamiyatga ega bo‘lgan natijalarni ham u keltirib chiqardi. Nemis fizigi Klauzius (1850 y.) va ingliz fizigi Tomson (lord Kelvin) (1854 y.) ishlarida shunday g‘oyalar rivojlantirildiki, ular dastlabki qo‘yilgan issiqlik-texnikaviy masala chegarasidan ancha chiqib ketdi.

Termodinamika ikkinchi qonunining turli ta’riflari ma’lum. Aksioma sifatida issiqlikning kamroq isitilgan jismdan ko‘proq isitilgan jismga o‘z-o‘zidan o‘tishi mumkin emasligini qabul qilish mumkin (Klauzius: (so‘zma-so‘z) "Issiqlik hech qachon sovuqroq jismdan issiqroq jismga o‘tmaydi, aksincha jarayon o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladi.")

Termodinamikani bayon qilishning eng ko‘p qabul qilingan sistemasida ikkinchi qonun ikkinchi tur abadiy dvigatelni, ya’ni o‘zgarmas temperaturada muhit issiqligini davriy ravishda ishga aylantirib turadigan mashinani yaratish mumkin emas, deb ta’riflanadi.

Bu ta’rifda bunday mashinaning davriy ishlashini ta’kidlab o‘tish muhimdir, chunki o‘zgarmas temperaturada issiqlik bir marta ishga aylanishi mumkin,

masalan, ideal gaz izotermik kengayganda shunday bo‘lishi mumkin. Biroq mashina davriy ravishda ishlashi uchun kengaygan gazni qaytadan siqish va bunga olingan ishni sarflash kerak.

Termodinamikaning birinchi qonuni holat funksiyasi - ichki energiyani kiritgani kabi, ikkinchi qonun ham Klauziusning keyingi ishlari bilan unga berilgan shaklda o‘zi entropiya deb atagan yangi holat funksiyasini kiritadi. Termodinamikaning ikkinchi qonuniga ko‘ra, izolyatsiyalangan sistemaning ichki energiyasi o‘zgarmas bo‘lgani holda, uning entropiyasi barcha o‘z-o‘zicha boruvchi jarayonlarda ortadi.

Qaytmas va qaytar jarayonlar.

Entropiya deb ataluvchi funksiyaning o‘zgarishini ko‘rib chiqish jarayonlarni ikki sinfga ajratishga olib keldi.

Birinchi sinfga entropiyasi ortadigan qaytmas protsesslar kiradi. Ikkinchi sinfga entropiyasi o‘zgarmaydigan qaytar jarayonlar kiradi.

Qaytmas jarayonlar.

Kundalik tajriba shuni ko‘rsatadiki, o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan bir qator jarayonlar mavjud. Bunday jarayonlarga issiqlikning issiq jismdan sovuq jismga o‘tishi, o‘ta sovitilgan suyuqlikning muzlashi, gazning bo‘shliqqa kengayishi, gazlar yoki suyuqliklarning o‘zaro diffuziyasi eng yaqqol misol bo‘ladi. Bularning hammasi jarayonlarning bir tomonlama borishiga misoldir. Ular doimo muvozanat holatiga yaqinlashish tomonga yo‘nalgan bo‘ladi va bu holatga erishilganda to‘xtaydi. Issiqlik uzatishda muvozanat haroratlar tengligi bilan, kristallanishda suyuqlik va kristallar ustidagi bosimlar tengligi bilan, gaz kengayganda butun hajmdagi bosimlar tengligi bilan, diffuziyada konsentratsiyalar tengligi bilan aniqlanadi. O‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan jarayonlarning bu barcha misollari umumiy belgiga ega: ular turli xil energiyalarning issiqlikka aylanishi bilan birga kechadi, issiqlik esa sistemaning barcha jismlari o‘rtasida bir tekis taqsimlanadi. Bunda sistemaga protsess vaqtida ajralib chiqqan issiqlik miqdorining berilishi yuqorida aytilgan protsesslardan birontasining ham orqaga qaytishiga sabab

bo‘lmaydi. Shuni ta’kidlash kerakki, bilvosita yo‘l bilan tizimni dastlabki holatiga qaytarish mumkin, ammo bunda atrof-muhitda muqarrar ravishda qandaydir energetik o‘zgarishlarni amalga oshirish kerak bo‘ladi.

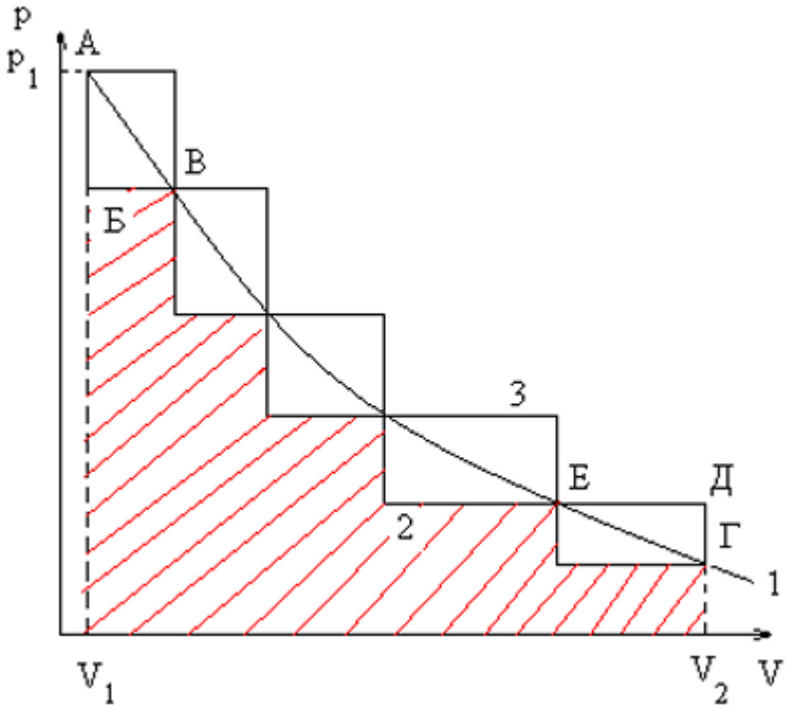
Qaytar jarayonlar.

Bu jarayonlar abstraksiyadan iborat bo‘lib, xayoliy xarakterga ega, lekin nazariy tadqiqotlar uchun katta ahamiyatga ega. Biroq ko‘pgina protsesslarni shunday sharoitlarda olib borish mumkinki, bunda ularning qaytarlikdan chetga chiqishi istalgancha kichik bo‘lsin. Bu jarayonlarning o‘ziga xos xususiyati shundan iboratki, jarayonning har bir kichik bosqichida sistemaning holati muvozanat holatiga cheksiz yaqin bo‘ladi.

Demak, bunday cheksiz yaqin holatlarning ketma-ket qatoridan o‘tayotgan jarayonlarning yo‘nalishini o‘zgartirganda nafaqat sistemani va uni o‘rab turgan muhitni dastlabki holatiga qaytarish, balki ularni (sistema va muhitni) to‘g‘ri jarayondagi kabi aynan o‘sha o‘zgarishlardan o‘tishga majbur qilish mumkin.

Qaytar jarayon deb shunday jarayonga aytiladiki, uning yordamida tizimning o‘zida ham, atrof-muhitda ham hech qanday o‘zgarishlarni amalga oshirmasdan, tizimni dastlabki holatiga qaytarish mumkin.

T=const bo‘lgan ideal gaz vertikal silindrda joylashgan bo‘lib, unda ishqalanishsiz harakatlanayotgan porshenning bosimi p1 va hajmi V1 bo‘lsin (A nuqta). Gaz bosimi porshen ustiga sepilgan qum bilan muvozanatlashadi. Bunday muvozanat holatlar to‘plami pV=const tenglama va grafik ravishda berilgan temperatura uchun silliq egri chiziq 1 (izoterma) bilan ifodalanadi.



Agar porshendan chekli miqdorda qum olinsa, porshen ko‘tariladi, bunda gazning bosimi keskin kamayadi (B nuqtagacha), hajmi esa muvozanat kattalikkacha ortadi (V nuqta). Porshendan qumni oxirgi porsiyalar bilan olishda gaz kengayadi. Bunday protsessning xarakteri pog‘onali 2 chiziq bilan, ishning kattaligi esa bu chiziq ostida boshlang‘ich V1 hajmdan oxirgi V2 hajmgacha bo‘lgan oralikda yotuvchi shtrixlangan yuza bilan tasvirlangan.

Agar gaz yana siqilsa, porshenni qum porsiyasi bilan birinchi marta yuklagandan keyin bosim keskin ortadi (t. G dan D gacha), so‘ngra gazning hajmi muvozanat holatigacha kamayadi (t. Ye). Porshenni qum porsiyalari bilan yuklash davom ettirilsa, 3 chiziq bo‘yicha yana dastlabki holatga erishish mumkin. Ko‘rinib turibdiki, siqilishga sarflangan ish kengayishda olingan ishdan katta va demak, jarayon qaytmas bo‘lib o‘tgan.

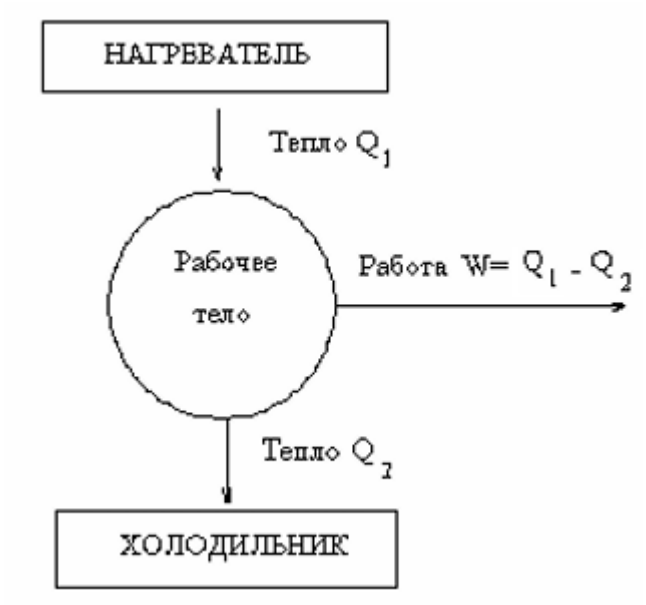
Agar porshendan yukni bittadan qum zarrasi olib tashlansa, gazning bosimi juda kam kamayadi, hajmi esa juda kam ortadi. Protsess bunday o‘tkazilganda u qaytar protsessga yaqinlashadi va uning borishi 1 egri chiziq bilan tasvirlanadi. Ravshanki, porshenni ayrim qum zarralari bilan yuklashdagi siqilish protsessi ham shu egri chiziq bilan tasvirlanadi.

Shunday qilib, agar protsess cheksiz sekin borsa va har qanday ishqalanish bo‘lmasa, protsess qaytar protsess bo‘ladi.

Termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi.

Termodinamika II qonunining matematik ta’rifiga kelish uchun issiqlik mashinalarining ishlash prinsipi bilan tanishish zarur. Bunday mashinalarning ishlashi foydali ish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi.

Q1 - sistema (mashina) ning qizigan jism (qizdirgich) dan olgan issiqlik miqdori.



Q_2 - sistemaning o‘zidan sovuqroq jismga (sovutgichga) uzatgan issiqlik miqdori.

Q_1-Q_2 ayirma ishga aylangan issiqlik miqdorini ifodalaydi.

$W= Q_1-Q_2$. Agar issiqlik mashinasi ishqalanishsiz va atrof-muhitga issiqlik yo‘qotishlarisiz ishlasa, u holda

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{W}{Q_1} = \eta$$

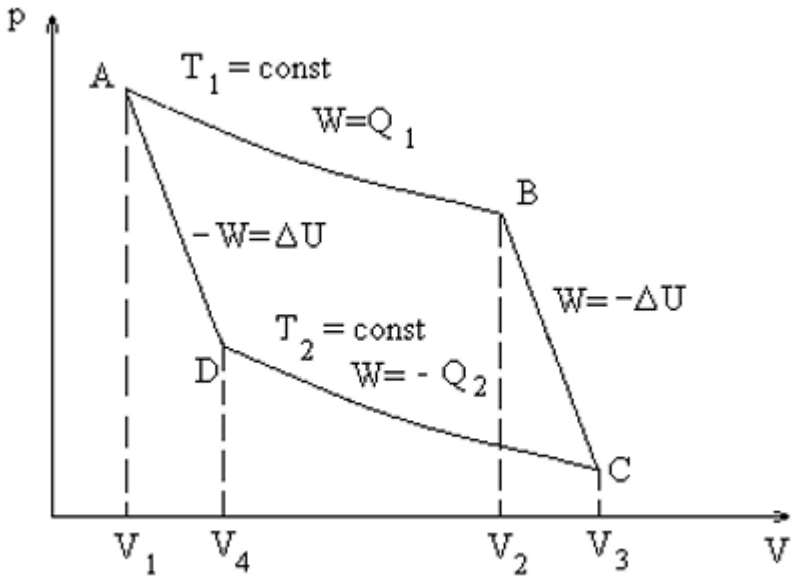
foydali ish koeffitsiyenti hisoblanadi.

Karno sikli.

Ikkita izotermik (AB) va (CD) hamda ikkita adiabatik (BC) va (DA) qaytar holat o‘zgarishlaridan iborat termodinamik jarayonni ko‘rib chiqamiz. Bu ideal sikl Karno sikli deb ataladi.

Dastlab sistema V1 hajm va T1 temperatura bilan xarakterlanuvchi A holatda bo‘ladi. V1 va T1 ning berilgan qiymatlariga r1 bosim mos keladi. So‘ngra sistemani T=const da V2 hajmgacha AB izotermik kengaytirildi, shundan so‘ng sistema V2, T1, p2 parametrlar bilan xarakterlanuvchi V holatga o‘tadi. A holatdan B holatga o‘tish tizimga beriladigan issiqlik hisobiga bajariladigan ish bilan bog‘liq:

$$Q_1 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (3)$$



So‘ngra sistema V3, T2 va r3 parametrlar bilan xarakterlanuvchi S holatga o‘tganda sistemaning V3 hajmgacha adiabatik kengayishi sodir bo‘ladi. Bu o‘tish ichki energiyaning kamayishi hisobiga sodir bo‘ladi:

$$-\Delta U = C_V(T_2 - T_1) \qquad (4)$$

So‘ngra sistema T2=const da V4 hajmgacha siqiladi (SD) va V4, T2 va p4 parametrlar bilan xarakterlanuvchi D holatga keladi. Siqilish uchun sarflangan ish atrof-muhitga berilgan issiqlikka o‘tadi:

$$-Q_2 = -RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \qquad (5)$$

So‘ngra sistema adiabatik ravishda (DA) V1 hajm va T1 temperaturagacha siqiladi, ya’ni V1 hajm va T1 temperaturada r1 bosimga ega bo‘lishi kerak bo‘lgan dastlabki A holatga keladi. Bunda sarflangan ish ichki energiyani oshirishga sarflanadi:

$$\Delta U = C_V(T_1 - T_2) \qquad (6)$$

Bu tenglamalarni qo‘shib, quyidagini olamiz:

$$Q_1 - \Delta U - Q_2 + \Delta U = Q_1 - Q_2 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + C_v(T_2 - T_1) - RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} + C_v(T_1 - T_2) =$$

$$= RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \qquad (7)$$

VS adiabata uchun quyidagiga egamiz:

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}, \qquad (8)$$

DA adiabata uchun esa:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \qquad (9)$$

(8) tenglamani (9) ga bo‘lib, quyidagini olamiz:

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}, \text{ yoki } \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \qquad (10)$$

Shuning uchun (7) tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q_1 - Q_2 = R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (11)$$

Bu tenglamani (3) tenglamaga bo‘lishdan hosil bo‘lgan bo‘linma foydali ish koeffitsiyentini beradi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \qquad (12)$$

(12) tenglamani boshqacha ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$1-\frac{Q_2}{Q_1}=1-\frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{T_2}{T_1}$$

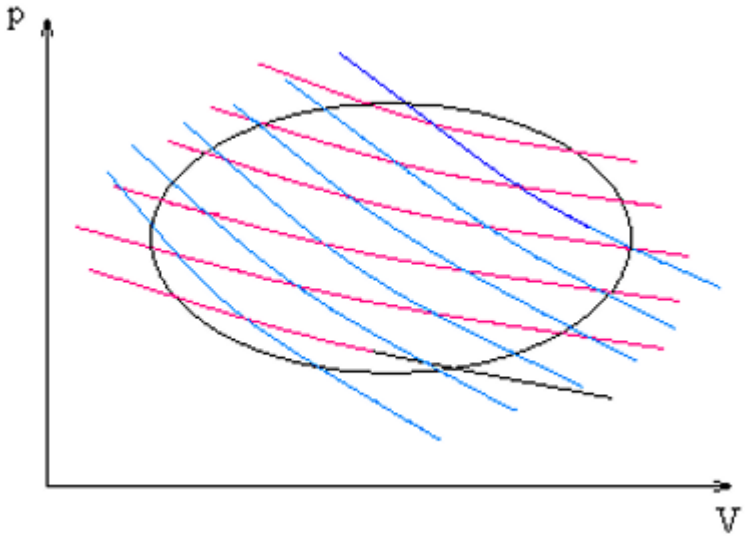
$$\frac{Q_1}{T_1}-\frac{Q_2}{T_2}=0$$

Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti (η) har doim qaytmas jarayonlardan tashkil topgan har qanday doiraviy siklning (η^{l}) foydali ish koeffitsiyentidan katta:

$$\eta>\eta' \qquad (13)$$

Ixtiyoriy olingan biror siklni ko‘rib chiqamiz.

Bu konturni katta adiabatalar soni bilan bo‘lamiz. Adiabata bilan sikl egri chizig‘ining kesishish nuqtalari orqali izotermalar o‘tkazamiz. Bunda har biri ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo‘lgan kichik Karno sikllarini hosil qilamiz.



Karno sikllari soni cheksiz ko‘p bo‘lgan chegaraviy holda ularning yuzlari yig‘indisi siklning umumiy yuzasiga teng bo‘ladi.

Cheksiz kichik sikllarning har biri uchun quyidagi tengliklar o‘rinli:

$$\frac{\delta Q_1'}{T_1'}-\frac{\delta Q_2'}{T_2'}=0$$

$$\frac{\delta Q_1''}{T_1''}-\frac{\delta Q_2''}{T_2''}=0 \text{ и т.д.}$$

Bu tengliklarni qo‘shib, siklning keltirilgan issiqlik $\left(\frac{\delta Q}{T} \text{ или } \frac{Q}{T}\right)$ effektlarining algebraik yig‘indisi nolga tengligini topamiz:

$$\Sigma \frac{\delta Q}{T} = 0.$$

Limitda algebraik yig‘indi $\Sigma \frac{\delta Q}{T}$ yopiq kontur bo‘yicha olingan integralga o‘tadi:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

Biror funksiyaning yopiq kontur bo‘yicha integrali nolga teng bo‘lgani uchun integral ostidagi ifoda shu funksiyaning to‘liq differensiali bo‘ladi, funksiyaning o‘zi esa holat funksiyasidir.

Bu funksiya entropiya deb ataladi va S bilan belgilanadi.

Demak, $\oint dS = 0$, $\frac{\delta Q}{T} = dS$ qaytuvchan jarayonlar uchun.

Agar qaytmas jarayonlardan iborat siklni ko‘rib chiqsak, u holda (13) ga ko‘ra quyidagilarga ega bo‘lamiz:

$$\oint dS < 0$$

$$\frac{\delta Q}{T} < dS$$

Termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

yoki differensial shaklda: bunda tenglik belgisi qaytar jarayonlarga, tengsizlik belgisi $\delta Q \leq TdS$ esa qaytmas jarayonlarga tegishli bo‘ladi.

Entropiya quyidagi xossalarga ega:

1. Entropiya holat funksiyasidir.

2. Entropiya additiv xossa hisoblanadi. Demak, sistemaning entropiyasi uning tarkibiy qismlari entropiyalarining yig‘indisiga teng.

3. Entropiya moddaning tartibsizligining o‘lchovidir. Sistemada tartibsizlik qancha ko‘p bo‘lsa, entropiyaning qiymati shuncha katta bo‘ladi, demak, gaz

entropiyasi suyuqlik entropiyasidan, suyuqlik entropiyasi esa qattiq jism entropiyasidan katta bo‘ladi. Modda qizdirilganda entropiya ortadi, chunki sistemada tartibsizlik kuchayadi.

Entropiyaning o‘lchamligi energiyaning gradusga bo‘lingan birliklarini ifodalaydi $\frac{Дж}{моль \cdot град}$; $\frac{Дж}{г \cdot град}$; $\frac{Дж}{г-атом \cdot град}$;. Entropiya berilgan temperaturaning 1° ga to‘g‘ri keladigan energiya miqdorini xarakterlaydi.

Termodinamik funksiyalar: Gibbs energiyasi va Gelmgols energiyasi.

Izolyatsiyalangan sistemalarda entropiya faqat qaytmas jarayonlarda ortishi va muvozanatda maksimumga erishishi mumkin. Shuning uchun undan izolyatsiyalangan sistemadagi jarayonlarning yo‘nalishi haqida fikr yuritish uchun foydalanish mumkin. Lekin amalda ko‘pchilik jarayonlar izolyatsiyalanmagan sistemalarda kechadi. Deyarli barcha sanoat agregatlarining ishlashi issiqlik almashinuvi va hajmning o‘zgarishi bilan bog‘liq. Shuning uchun bunday ochiq sistemalar uchun muvozanatning boshqa mezonlarini tanlash maqsadga muvofiqdir. Bunda jarayonlarning mumkinligi yoki mumkin emasligi ular bajarishi mumkin bo‘lgan ish bilan bog‘lanadi. Ish jarayonning yo‘liga bog‘liq bo‘lgani uchun uni mezon sifatida tanlab bo‘lmaydi. Lekin agar protsessni o‘zgarmas temperaturadagi xususiy hol bilan cheklasak, u holda protsess qaytar bo‘lganda maksimal ish biror holat funksiyasining o‘zgarishi bilan aniqlanadi.

$$\delta Q = dU + \delta W$$

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}$$

$$TdS \geq dU + \delta W$$

$$TdS \geq dU + pdV \qquad (15)$$

(15) tenglama termodinamika I va II qonunlarining birlashgan tenglamasi deb ataladi.

$$pd\hat{V} \leq -dU + Td\breve{S}$$

$$\delta W \leq -d(U - TS)$$

$$\delta W \leq -dA$$

$$U - TS = A \qquad (16)$$

(16) tenglama A holatning yangi funksiyasini - o‘zgarmas hajmdagi erkin energiya yoki Gelmgols energiyasini kiritadi.

Qaytar izotermik jarayonda bajarilgan ish o‘zgarmas hajmdagi erkin energiya deb ataladigan A=U-TS holat funksiyasining kamayishiga teng bo‘ladi.

Qaytar izotermik jarayonda erkin energiyaning kamayishi bajarilgan ishga teng bo‘ladi.

Agar haroratning o‘zgarmaslik shartiga hajmning o‘zgarmaslik sharti, ya’ni $\delta W = pdV = 0$ qo‘shilsa, quyidagi natija hosil bo‘ladi.

$$0 \le -dA \text{ yoki}$$
$$dA \le 0.$$

Bundan temperatura va hajm o‘zgarmas bo‘lganda erkin energiya qaytar protsesslarda o‘zgarmasligi, qaytmas protsesslarda esa faqat kamayishi mumkinligi kelib chiqadi. Bu shuni anglatadiki, A funksiya yopiq bo‘lmagan tizimlardagi jarayonlarning yo‘nalishi haqida fikr yuritishga imkon beradigan mezondir. Ravshanki, bunday sistemalar uchun muvozanat sharti erkin energiyaning minimum bo‘lishidir (V va T=const bo‘lganda).

Texnikada ko‘pchilik jarayonlar o‘zgarmas bosimda sodir bo‘ladi. Shuning uchun o‘zgarmas hajmdagi erkin energiyadan tashqari, bosim va temperatura o‘zgarmas bo‘lgan sharoitda muvozanat kriteriysi bo‘lib xizmat qiladigan holat funksiyasini kiritish maqsadga muvofiqdir.

Agar tizim hajmi o‘zgarsa, u holda

$$pdV \le -dA$$
$$dA + pdV \le 0$$

Bosim o‘zgarmas bo‘lganda:

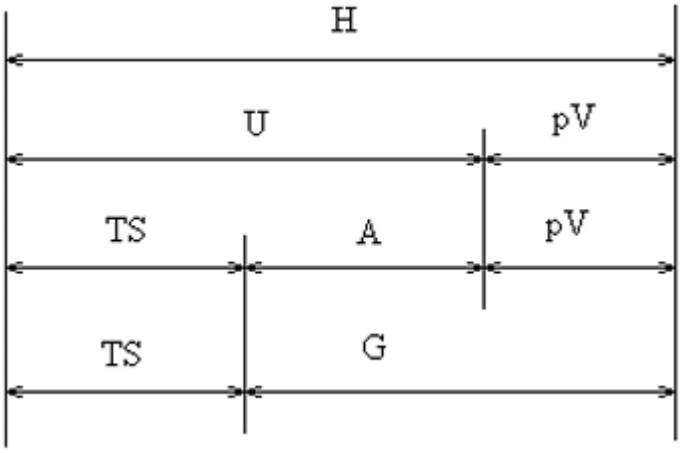
$$d(A + pV) \le 0.$$

Shunday qilib, o‘zgarmas bosimdagi erkin energiya (Gibbs energiyasi, izobarikizotermik potensial) deb ataladigan yangi G holat funksiyasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$G = A + pV = U - TS + pV = H - TS.$$

Qaytar jarayonlarda Gibbs energiyasining kattaligi o‘zgarmaydi, qaytmas jarayonlarda esa faqat kamayishi mumkin. Demak, sistemalarda r va T o‘zgarmas bo‘lganda muvozanat sharti Gibbs energiyasining minimum bo‘lishidir.

Agar holatning turli funksiyalari orasidagi bog‘lanish grafik usulda tasvirlansa, bu bog‘lanish yanada yaqqolroq ko‘rinadi.



Erkin energiya va entropiyaning holat parametrlariga bog‘liqligi.

Bir mol ideal gazning A va G funksiyalari uchun ifodalarni topamiz. O‘zgarmas hajmda issiqlik sig‘imini aniqlashdan kelib chiqadiki

$$U = U_0 + \int_0^T C_V dT ,$$

bu yerda U0 - jismning absolyut noldagi ichki energiyasi.

A=U-TS

O‘zgarmas temperaturada ideal gazning entropiyasi hajm ortishi bilan ortadi, bosim ortishi bilan esa kamayadi.

$$dS = \frac{(dU + p\,dV)}{T}$$

$$S = C_V \ln T + R \ln V + I,$$

bu yerda I - integrallash doimiysi.

$$A = U_0 + \int_0^T C_V dT - T(C_V \ln T + R \ln V + I) = D(T) - RT \ln V ,$$

где $D(T) = U_0 + \int_0^T C_V dT - T C_V \ln T - I \cdot T$ - faqat temperaturaga bog‘liq bo‘lgan o‘zgarmas kattalik. Almashtirib $V = \frac{RT}{p}$, olamiz

$$A = D'(T) + RT \ln P$$

T.к. G=A+pV, ideal gazlar uchun G=A+RT.
D’ (T) funksiyaga RT ni kiritib, topamizki

G=L (T) +RTlnp.

L (T) kattalik ko‘pincha Go orqali belgilanadi. A va G funksiyalar turli jarayonlar va reaksiyalarning imkoniyatlarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi.

Agar $G_{(olmos)} > G_{(grafit)}$ bo‘lsa, u holda $\Delta G = G_{(olmos)} - G_{(grafit)} > 0$ bo‘ladi, bunday protsessning bo‘lishi mumkin emas. Ammo boshqa r va T lar uchun G kattalikning ishorasi teskarisiga o‘zgarishi mumkin. Haqiqatan ham, hozir bu protsess T≈3000 K va r≈100000 atm da amalga oshadi.

Shunga o‘xshash ko‘pgina masalalarni yechish uchun A va G funksiyalarning T, V va p ga bog‘liqligini bilish kerak.

A=U-TS

Bu tenglamani differensiallab:

dA=dU-TdS-SdT

va unga qiymat qo‘yib TdS=δQ=dU+pdV, olamiz

dA=-pdV-SdT.

Bu tenglama Gelmgols energiyasining V va T ga bog‘liqligini beradi.

$$\left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T = -p \qquad (17)$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V = -S \qquad (18)$$

G=U-TS+pV tenglamani differensiallab, quyidagini olamiz:

dG=dU-TdS-SdT+pdV+Vdp.

TdS qiymatini qo‘yib, quyidagini olamiz:

dG=Vdp-SdT. Bundan kelib chiqadiki

$$\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V \qquad (19)$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S \qquad (20)$$

(18) va (20) tenglamalardagi ifodalarni Gibbs energiyasi va Gelmgols energiyasi uchun ifodalarga qo‘yib, quyidagini olamiz:

$$A = U + T\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V \qquad (21)$$

$$G = H + T\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p \qquad (22)$$

(21) va (22) tenglamalar Gibbs-Gelmgols tenglamalari deb ataladi. Ular bir jinsli modda uchun o‘zgarmas hajmda (Gelmgols energiyasi) va o‘zgarmas bosimda (Gibbs energiyasi) erkin energiyaning temperaturaga bog‘liqligini beradi. Bu tenglamalarni yanada qulayroq shaklda ifodalash mumkin, shuning uchun tenglamaning ikkala qismini T^2 ga bo‘lib, quyidagini olamiz:

$$\left[\frac{\partial\left(G/T\right)}{\partial T}\right]_p = -\frac{H}{T^2} \qquad (23)$$

yoki

$$d\left(\frac{G}{T}\right) = Hd\left(\frac{1}{T}\right) \qquad (24)$$

A va G funksiyalarning o‘zgarishi uchun, ya’ni jarayonlar uchun (21), (22), (23) tenglamalar quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\Delta A = \Delta U + T\left(\frac{\partial \Delta A}{\partial T}\right)_V$$

$$\Delta G = \Delta H + T\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T}\right)_p$$

$$\left[\frac{\partial\left(\Delta G/T\right)}{\partial T}\right]_p = -\frac{\Delta H}{T^2}.$$

Yana bir bor turli tizimlarda jarayon yo‘nalishini aniqlash haqida:

izolyatsiyalangan tizimlar uchun:

dS 0 ishorasi = muvozanat holatiga tegishli

> o‘z-o‘zidan bo‘ladigan jarayonlarga izolyatsiyalanmagan tizimlar uchun:

T va V - const bo‘lganda

dA 0 Faqat Gelmgols energiyasining kamayishi bilan boradigan jarayonlar o‘zo‘zidan sodir bo‘lishi mumkin, bunda ularning sodir bo‘lish chegarasi Gelmgols energiyasining ma’lum bir minimal qiymatiga erishishdir (yoki A<0 bo‘lganda - o‘zo‘zidan sodir bo‘ladigan jarayon, A>0 bo‘lganda - teskari jarayon, A=0 bo‘lganda - muvozanat holati).

T va r - const bo‘lganda

dG 0 Gibbs energiyasining kamayishi bilan boradigan jarayonlargina o‘zo‘zidan sodir bo‘lishi mumkin, shu bilan birga ularning sodir bo‘lish chegarasi berilgan sharoitlar uchun Gibbs energiyasining ma’lum bir minimal qiymatiga erishishdir (yoki G<0 bo‘lganda - o‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan jarayon, G>0 bo‘lganda - teskari jarayon, G=0 bo‘lganda - muvozanat holati).

MAVZUGA DOIR SAVOLLAR:

Asosiy tushunchalar va qonunlar

1. Termodinamikaning birinchi qonuni nimadan iborat? U matematik jihatdan qanday ifodalanadi?

2. Entalpiya nima va u ichki energiya bilan qanday bog‘langan?

3. Termodinamikaning ikkinchi qonunining fizik ma’nosi nima?

4. Entropiya nima? Nima uchun u tizimning tartibsizligi o‘lchovi hisoblanadi?

5. Termodinamikaning uchinchi qonuni qanday ta’riflanadi? Issiqlik effektlari va holat funksiyalari

6. Izoxorik va izobarik issiqlik sig‘imlarining farqi nimada?

7. Issiqlik sig‘imi va entalpiya qanday bog‘langan?

8. Reaksiyaning standart entalpiyasini qanday aniqlash mumkin?

9. Gess qonuni nima va u qanday qo‘llaniladi?

10. Birikmaning hosil bo‘lish entalpiyasi qanday hisoblanadi? Erkin energiya va kimyoviy muvozanat

11. Gibbs energiyasi nima va u jarayonning spontanligi bilan qanday bog‘langan?

12. Gibbs-Gelmgols tenglamasini qanday izohlash mumkin?

13. Gibbs energiyasining o‘zgarishi kimyoviy muvozanatga qanday ta’sir ko‘rsatadi?

14. Gibbs energiyasini muvozanat doimiysi bilan qanday tenglama bog‘laydi?

15. Temperatura o‘zgarishi bilan muvozanat qanday o‘zgaradi? (Le Shatele prinsipi)

2-mavzu: Fizikaviy kimyoning dolzarb mavzulariga bag’ishlangan yangi zamonaviy ilmiy yo’nalishlar

Reja

1. Vodorod energetikasi yo’nalishidagi ilmiy tadqiqotlar. Polimer xususiyatli grafitsimon nanofotokatalizatorlar.
2. Muqobil energetika. Qo‘rg‘oshin saqlamagan qo‘sh perovskitlar asosida ekologik toza quyosh elementlarining sintezi va optik xossalari.

Vodorod Yer yuzida eng keng tarqalgan kimyoviy elementdir. U insoniyatga juda qadimdan ma’lum bo‘lib, laboratoriya sharoitida vodorodning ajralib chiqishi va uning yonuvchanlik xususiyatlarining aniqlanishi XVIII asrga to‘g‘ri keladi. 1833-yilda fan elektr energiyasi yordamida suvdan vodorod olish usulini insoniyatga taqdim etdi - elektroliz usuli kashf etildi. Keyinchalik bir qator mamlakatlarda vodoroddan yoqilg‘i sifatida foydalanish bilan bog‘liq ishlar amalga oshirila boshlandi, ichki yonuv dvigatellarini vodorodga o‘tkazish imkoniyatlari, shuningdek, yonish jarayonisiz vodoroddan elektr energiyasini oladigan elektrokimyoviy qurilmalar o‘rganildi.

XX asrning birinchi yarmida vodorod energetikasi sohasidagi tadqiqotlar SSSR, Germaniya, Angliya, AQSH olimlari jamoalari tomonidan olib borilgan.

Vodorod Birinchi jahon urushi davrida harbiy maqsadlarda va uzoq masofalarga yo‘lovchi tashishda, shu jumladan transatlantik parvozlarda ishlatilgan dirijabllar uchun tashuvchi gaz sifatida muvaffaqiyatli qo‘llanila boshlandi. Ikkinchi jahon urushi davrida vodorod nafaqat dirijabllarga yonilg‘i quyish uchun, balki avtomobillarning ichki yonuv dvigatellarida yonilg‘i sifatida ham ishlatilgan. Xususan, yonilg‘i-moylash materiallari juda tanqis bo‘lgan sharoitda, qamaldagi Leningradda 500 ga yaqin avtomobil vodorod yoqilg‘isiga o‘tkazildi, shuningdek, vodorod bilan ishlaydigan avtodrezinalar qo‘llanildi. Urushdan keyingi davrda transportda vodorod unchalik mashhur emas edi. Avtomobil dvigatellari va kema energetika qurilmalari uchun energiya tashuvchilar jahon bozorini arzonroq neft yoqilg‘ilari egallab oldi, vodorod va geliyda ishlaydigan dirijabllar esa o‘z o‘rnini samolyotlarga bo‘shatib berdi.

Vodorod energetikasi tarixining yangi sahifasi 70-yillar boshidagi neft inqirozi bilan bog‘liq. XX asr. Ish ikki asosiy yo‘nalishda olib borildi:

- o‘sha davrda asosiy energiya manbai bo‘lgan neft o‘rnini bosuvchi vodorodni qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganish;
- vodoroddan foydalangan holda atom elektr stansiyalarining (AES) manyovrchanligini oshirish usulini baholash.

Vodoroddan energiya tashuvchi sifatida foydalanish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirishga, bir tomondan, Yaqin Sharq mamlakatlari tomonidan yetkazib berishga qo‘yilgan embargo tufayli AQSH va Yevropada neft mahsulotlarining keskin tanqisligi va o‘sha paytda mashhur bo‘lgan neft, gaz va ko‘mirning tez orada "cho‘qqiga chiqishi" nazariyasi, boshqa tomondan, havoning, ayniqsa yirik shahar aglomeratsiyalarida yuqori darajada ifloslanishi va havo tarkibida issiqxona effektini keltirib chiqaradigan gazlar miqdorining ko‘payishi natijasida yuzaga kelgan global darajadagi iqlim va ekologik kun tartibi turtki bo‘ldi. Aynan shu davrni vodorod energetikasining vodorodni olish, saqlash, tashish va undan foydalanish muammolarini o‘rganadigan ilmiy-texnik yo‘nalish sifatida shakllanish davri bilan tavsiflash mumkin. Vodorodning bir qarashda

yaqqol ko‘rinib turgan afzalliklari, ya’ni uning tabiatda deyarli tugamaydigan zaxirasi va foydalanish jarayonida zararli chiqindilarning minimal miqdori uni transportda neft yoqilg‘ilariga asosiy muqobil sifatida ilgari surishga turtki bo‘ldi. Biroq, 1980-yillarning oxirida neft inqirozining tugashi va o‘n yillik davrda (1990-yillar) neft narxining yetarlicha past darajada belgilanishi transportda vodorodni keng miqyosda qo‘llash masalalarini qayta ko‘rib chiqishga turtki bo‘ldi.

1970-yillar oxiridagi tadqiqotlar asosan AESlarda ishlab chiqarilgan elektr energiyasini saqlash usuli sifatida vodorod texnologiyalarini ishlab chiqishga qaratilgan edi. Yoqilg‘i hujayralari talab kam bo‘lgan davrlarda AES tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani to‘plashning asosiy usuli sifatida ko‘rib chiqildi, bu esa atom stansiyalarining manevrini ta’minlashga imkon beradi.

Biroq, dunyoning aksariyat mamlakatlari uchun energiya balansida AES ulushining pastligi muhim emas edi, tizimning muvozanatlashuvi boshqa generatsiya manbalaridan foydalanish tufayli sodir bo‘ldi. Masalan, Fransiya, Yaponiya va AQSH kabi muammo keskin bo‘lgan mamlakatlar esa tannarxi bo‘yicha raqobatbardoshroq bo‘lgan gidroakkumulyatsiya elektr stansiyalarini qurishga e’tibor qaratdi.

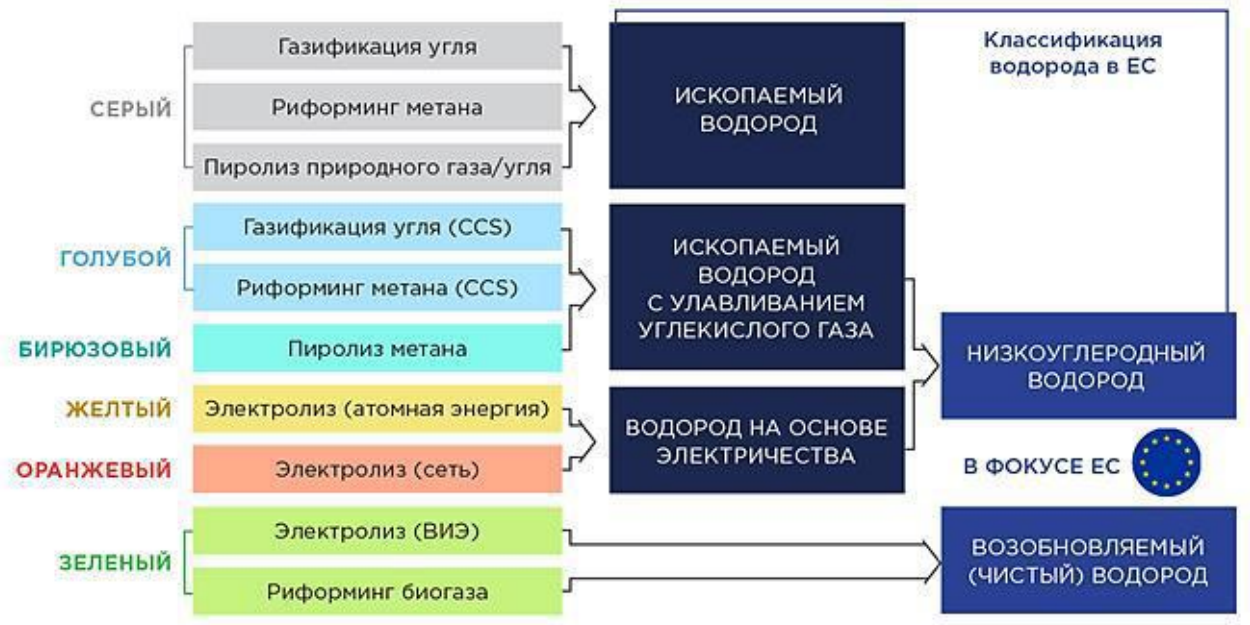
Insoniyat tarixi davomida vodoroddan energiya tashuvchi sifatida keng miqyosda foydalanish ma’lum qiyinchiliklarga duch kelgan va vodorod yechimlari muqobil variantlardan doimo yutqazgan bo‘lsa-da, neft va gazni qayta ishlash (gidrokreking va gidrotozalash) va kimyoda (ammiak, azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish) vodoroddan foydalanish jozibador bo‘lib chiqdi va 1970-yillardayoq million tonnaga yetdi.

2000-yillarda ishlab chiqarishning yuqori stoxastikligi bilan ajralib turadigan qayta tiklanadigan energiya manbalari (QTEM, masalan, shamol va quyosh energiyasi) asosidagi qurilmalarning faol rivojlanishi tarmoqlar yuklamasini muvozanatlash masalasini yana dolzarb qilib qo‘ydi. Shu bilan birga, ko‘plab mamlakatlarda va xalqaro miqyosda kam uglerodli kun tartibi rivojlanishning asosiy ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Olimlar va biznes vakillari

qo‘yilgan vazifalarni hal qilish uchun vodoroddan foydalanish imkoniyatlari haqida yana bir bor o‘ylashdi.

QTEMdan olingan elektr energiyasi (talab kam bo‘lgan davrlarda yoki.

Rangsiz vodorod ishlab chiqarishning asosiy texnologiyasiga qarab, vodorod oltita toifaga bo‘linadi, ular turli xil ranglar bilan belgilanadi. Bular vodorodning kulrang, havorang, feruza, sariq, zarg‘aldoq va yashil turlaridir. kulrang, havorang, feruza vodorod qazilma yoqilg‘ilar asosida ishlab chiqariladi. Sariq va to‘q sariq vodorod elektroliz yordamida olinadi, ammo bunda ishlatiladigan elektr energiyasi atom elektr stansiyasida ishlab chiqariladi. Yashil vodorod to‘liq elektrolizga asoslangan bo‘lib, unda kerakli elektr energiyasi quyosh yoki shamol energiyasi hisobiga ishlab chiqariladi.



Vodorodning barcha toifalari, ayniqsa yashil vodorod, po‘lat quyish, kimyo sanoati, uzoq masofali transport, kemachilik va aviatsiya kabi foydalanish qiyin bo‘lgan va/yoki elektrlashtirilgan sohalarda issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish uchun haqiqiy imkoniyatni ta’minlaydi. Neft, tabiiy gaz yoki ko‘mir asosidagi vodoroddan farqli o‘laroq, faqat qayta tiklanadigan energiya manbalari tomonidan amalga oshiriladigan elektroliz natijasida ishlab chiqariladigan "yashil" vodoroddan foydalanish energetika sektorining o‘zi va yuqorida aytib o‘tilgan qiyin elektrlashtiriladigan sektorlarning haqiqiy iqlim neytralligiga olib kelishi mumkin.

Elektroliz suv va elektr energiyasi yordamida vodorod olishning an’anaviy texnologiyasidir. Vodorod energiya balansida quyosh va shamol energiyasiga yaxshi qo‘shimcha bo‘lishi mumkin. Shunday qilib, vodorod shamol va quyosh energiyasidan foydalanishdagi beqarorlik va uzilishlar muammosining potentsial yechimi bo‘lib, bu alohida mamlakatlarning energiya balanslarida zaxira energiya sifatida qazib olinadigan yoqilg‘ilarning, ayniqsa tabiiy gazning sezilarli ulushini talab qiladi.

1970-yilda amerikalik elektrokimyogar Jon Bokris tomonidan taklif qilingan vodorod iqtisodiyoti konsepsiyasi qirq yildan ortiq vaqt davomida futuristik bo‘lib tuyuldi. Mayk Skott o‘zining vodoroddan foydalanish istiqbollari haqidagi so‘nggi

maqolasida yashil vodorod energetikaning kelajagi degan xulosaga keladi va o‘z fikrini vodorod infratuzilmasini rivojlantirishga sarmoya kiritish bo‘yicha keng ko‘lamli yutuqlar bilan mustahkamlaydi. Bugungi kunda 162 mamlakatda 170 dan ortiq vodorod loyihalari mavjud. Dunyoda toza vodorodga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Masalan, 2022-yilda dunyoda 98 million tonna vodorod ishlab chiqarilgan (2020-yilda - 90 million tonna, 2021-yilda - 94 million tonna). Xalqaro energetika agentligi (XEA) hisobotiga ko‘ra, 2050-yilga borib vodorodga bo‘lgan global talab 528 million tonnaga yetishi kerak va uning jahon energiya balansidagi ulushi 18 foizni tashkil etadi (shu jumladan, 10 foizi "yashil" vodorodga to‘g‘ri keladi). Konsolidatsiyalashgan hisob-kitoblarga ko‘ra, 2030-yilga borib global past uglerodli vodorod bozori hajmi yiliga 500-800 milliard dollarga yetadi. Vodorod energetikasi uskunalari, birinchi navbatda, elektrolizyorlar va yoqilg‘i elementlarining global bozori ham faol shakllanmoqda. Uning hajmi bugungi kunda 5-7 milliard dollarni tashkil etadi va 2050-yilga kelib 200- 225 milliard dollarga yetishi mumkin. 2022-yilda dunyoda vodorodning asosiy iste’molchilari quyidagi sohalar bo‘lgan: neftni qayta ishlash (45%), ammiak va metanol ishlab chiqarish (mos ravishda 36% va 14%) va metallurgiya (5%). Energetika ehtiyojlari va transport sohasida vodorod iste’moli taxminan 40 ming tonnani (umumiy ko‘rsatkichning 0,04%) tashkil etdi.

2020-yil 8-dekabrda yettita yetakchi ekologik toza vodorod ishlab chiqaruvchilari, Saudiya Arabistonining "ACWA Power" toza energiya guruhi, Avstraliyaning "CWP Renewables" energetika loyihalari ishlab chiqaruvchisi, Xitoyning "Envision" shamol turbinalari ishlab chiqaruvchisi, Italiyaning "Snam" gaz guruhi, Norvegiyaning "Yara" o‘g‘it ishlab chiqaruvchisi, "Iberdrola" va "Ersted" energetika gigantlari 2026-yilgacha ekologik toza vodorod ishlab chiqarishni 50 baravar oshirishni nazarda tutuvchi "Green Hydrogen Catapult" tashabbusini ishga tushirdilar. Mutlaq raqamlarda ishlab chiqarishning keskin o‘sishi 25 gigavatt ekologik toza vodorod energiyasidan foydalanishni va vodorod

ishlab chiqarish tannarxining 1 kilogramm uchun 2 AQSH dollari chegarasidan pastga tushishini anglatadi.

Ushbu bozorning asosiy tendensiyalari yuqori uglerod izli vodorodni past uglerodli vodorodga almashtirish, shuningdek, vodorod transporti infratuzilmasini shakllantirish va vodorodni ilgari ushbu gazdan ommaviy foydalanilmagan sohalarda qo‘llashni boshlashdir.

Топ-10 перспективных водородных технологий

ИНФОТЭК

Источник: данные Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ

Ранг	Технологии	Индекс значимости	Этап цепочки создания стоимости
1	Топливные элементы (ячейки) на основе водорода (электрохимические генераторы)	1.00	
2	Материалы для водородных компонентов	0.85	
3	Производство водорода на основе солнечной энергии	0.47	
4	Паровая конверсия метана (на основе природного газа)	0.38	
5	Крупные промышленные установки для производства водорода	0.35	
6	Подземная газификация угля	0.33	
7	Системы и методы хранения водорода (в газообразном, жидком виде, гибридные системы и др.)	0.28	
8	Автотранспорт на водородных топливных элементах	0.17	
9	Электрохимический способ получения водорода (электролиз)	0.17	
10	Технологии производства «зелёного» водорода	0.16	

Прозводство

Хранение

Потребление

Bugungi kunda vodorod arzon va ekologik toza energiyani ishonchli olishni ta’minlay oladigan istiqbolli energiya tashuvchi sifatida qaraladi. Shuning uchun so‘nggi o‘n yilliklarda dunyoda vodorodni ishlab chiqarish, saqlash va tashish sohasida ko‘plab yangi texnologiyalar ishlab chiqilgan.

Vodorodni saqlash sohasiga kelsak, bugungi kunda asosiy vazifa energiya samaradorligi va sig‘imi bilan ajralib turadigan tijorat tizimlarini yaratishdan iborat. Sanoat miqyosida uzoq muddat foydalanish uchun eng qulay va arzon variantlardan biri vodorodni yer ostida saqlashdir. 1970-yillarda, masalan, AQSH va Germaniyada bu maqsadlar uchun yer osti tuz konlari jihozlangan. Qo‘shma Shtatlarda hozirda vodorodning eng yirik yer osti omborini qurish rejalashtirilmoqda.

Vodorod-mobil sanoati rivojlanishining flagmanlari Yaponiya va Janubiy Koreya hisoblanadi. "Toyota" va "Hyundai" kompaniyalari vodorod yoqilg‘isida

ishlaydigan yo‘lovchi elektromobillarini seriyali ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘ydi. Davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlanishi hisobiga yoqilg‘i yacheykalarida yo‘lovchi va yuk tashish transporti savdosi 2021-yilda 2020-yilga nisbatan 66 foizdan ko‘proqqa oshdi.

Ekspertlar, umuman olganda, vodorod energetikasining jahon bozori 2030-yillarning boshidan oldin shakllanmasligiga moyil. Bu mavjud texnologiyalarning yetuk emasligi, shuningdek, vodoroddan xavfsiz va samarali foydalanishni ta’minlaydigan zarur qonuniy tartibga solishning yo‘qligi bilan bog‘liq. Vodorod bozorining rivojlanishiga vodorodni ishlab chiqarish va saqlashning yuqori xarajatlari, qiymat zanjirining har bir bosqichida energiya yo‘qotishlari, tashishning murakkabligi va boshqalar ham to‘sqinlik qilmoqda.

O‘zbekiston

O‘zbekiston Respublikasida "vodorod" energetikasini rivojlantirish davlat siyosati bo‘lib, bu energiya resurslarini diversifikatsiya qilish zarurati va iqlim kun tartibi bilan bog‘liq.

2021-yilda O‘zbekiston Energetika vazirligi ACWA Power (Saudiya Arabistoni) va Amerikaning Air Products kompaniyalari bilan O‘zbekistonda vodorod energetikasini rivojlantirish bo‘yicha shartnomalar imzolagan edi. 2022-yil avgust oyida tomonlar yana bir shartnoma - "yashil" vodorodni sanoat miqyosida ishlab chiqarish bo‘yicha shartnoma imzoladilar.

ACWA Power bilan loyiha 2 bosqichda amalga oshiriladi. 1-bosqichda ishlab chiqarish quvvati yiliga 3 ming tonna yashil vodorodni tashkil etishi kutilmoqda. Rejaga ko‘ra, 1-bosqich 2023-yil may oyida vodorod va elektr energiyasini sotib olish to‘g‘risidagi bitim imzolangandan so‘ng amalga oshiriladi. 2-bosqich yakunlangach, quvvati 2,4 GVt bo‘lgan shamol elektr stansiyalari (SHES) yiliga 500 ming tonna yashil vodorod ishlab chiqarish imkonini beradi. Korxonani 2024-yil dekabr oyida foydalanishga topshirish rejalashtirilgan.

Eslatib o‘tamiz, 2023-yilning noyabr oyida "ACWA Power" kompaniyasi yashil vodorod ishlab chiqarish loyihasining 1-bosqichini amalga oshirishga kirishgan edi. Bu haqda Saudiya kompaniyasi matbuot xizmati xabar bermoqda.

ACWA Power uchun bu NEOM va Air Products bilan birgalikda amalga oshirilayotgan Saudiya Arabistonidagi NEOM Green Hydrogen Project’dan keyin yashil vodorod ishlab chiqarish bo‘yicha 2-loyiha bo‘ladi. ACWA Power Saudiya Arabistonining yetakchi ishlab chiqaruvchisi, investori va butun dunyo bo‘ylab elektr stansiyalari, shuningdek, suvni chuchuklashtirish va yashil vodorod qurilmalari operatori hisoblanadi.

Eslatib o‘tamiz, ACWA Power’dan tashqari, vodorod ishlab chiqarish loyihalariga vodorod ishlab chiqarish qurilmasi ishga tushirilgan Uzbekistan GTL zavodi ham qiziqish bildirmoqda.

Qurilma to‘liq ishga tushirilgach, zavod yiliga 300 million kub metrgacha vodorod olish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Olingan hajm sintetik neft va yoqilg‘i ishlab chiqarishda qo‘llaniladi.

Qozog‘iston

Qozog‘istonda "yashil" vodorod ishlab chiqarishni SVEVIND Energy nemis-shved kompaniyasi Mang‘istau viloyatida yo‘lga qo‘ymoqchi. Loyihani amalga oshirish bo‘yicha yo‘l xaritasi 2021-yilda imzolangan. Shu bilan birga, SVEVIND Energy Group Qozog‘istonda yashil vodorod ishlab chiqarishga 50 milliard dollar sarmoya kiritish niyatida. 30 GVt quvvatga ega shamol va quyosh elektr stansiyalarini qurish, bu resurslar hisobiga yiliga 3 mln tonnagacha vodorod ishlab chiqarish rejalashtirilgan.

Tojikiston

2040-yilga kelib Tojikiston ichki ehtiyojlar va Markaziy Osiyo mamlakatlariga eksport uchun yiliga 1 million tonna "yashil" vodorod ishlab chiqarishni rejalashtirmoqda. Ma’lum qilinishicha, 2030-yilga borib Tojikiston qayta tiklanadigan energiya quvvatini 10 GVtga yetkazishni rejalashtirmoqda. Hozirda mamlakat neft mahsulotlari importiga to‘liq qaram bo‘lib qolgan va

hukumat "yashil" vodorod ishlab chiqarish rejasini, shu jumladan tashqi ta’minotga qaramlikni kamaytirish uchun ishlab chiqmoqda.

Rejalarga ko‘ra, Tojikiston 2030-yilga borib 500 ming tonna "yashil" vodorod ishlab chiqarishni mo‘ljallamoqda. Bunda ushbu hajmning 75 foizi Markaziy Osiyo mamlakatlariga eksportga yo‘naltirilishi mumkin. Biroq hozircha na moliyaviy tafsilotlar, na yashil vodorod ishlab chiqarish bo‘yicha hamkor kompaniyalar aniqlashtirilmagan.

Qirg‘iziston

2023-yil iyun oyida Bishkekda Qirg‘iziston Prezidenti Sadir Japarovning Germaniya Prezidenti Frank-Valter Shtaynmayer bilan uchrashuvida yashil vodorod ishlab chiqarish uchun Germaniya texnologiyalarini jalb qilish masalasi muhokama qilindi. Hozircha loyihalarni amalga oshirish bo‘yicha aniq rejalar yo‘q.

Turkmaniston

"Turkmankimyo" davlat konserni raisi Dovrangeldi Sapbayev OGT-2023 xalqaro forumi maydonida Turkmaniston kimyo sanoatini rivojlantirishning asosiy yo‘nalishlari, xususan, vodorod energetikasini rivojlantirish haqida gapirdi. D.Sapbayev bu borada Turkmanistonda vodorod energetikasini diversifikatsiya qilish bo‘yicha milliy strategiyani ishlab chiqish bo‘yicha konseptual faoliyat olib borilayotganini ta’kidladi. Ushbu ishlar doirasida ushbu sohadagi xalqaro hamkorlikni jadallashtirish bo‘yicha yo‘l xaritasi ishlab chiqilgan.

Nanokatalizatorlar va muqobil energetika muammolari.

Nanokatalizatorlar va muqobil energetika sohalaridagi ilmiy tadqiqotlar hozirgi kunda energiya iste'moli va atrof-muhit muammolarini hal qilishda katta ahamiyatga ega. Keling, har ikki tushunchani yaxshiroq ko'rib chiqaylik:

Nanokatalizatorlar

Nanokatalizatorlar – bu katalitik reaktsiyalarni tezlashtirish uchun ishlatiladigan nanomateriallar. Ular yuqori yuzaga ega bo'lgan materiallar bo'lib, reaktsiyalarni samarali tarzda boshqarish va tezlashtirish imkonini beradi.

Nanokatalizatorlar olish uchun bir nechta usullar mavjud:

1. **Kimyoviy usullar**:

- **Sol-gel usuli**: Bu usulda, metal yoki metal oksidlari past haroratda, gel fazasida sintezlanadi. Bu jarayonni amalga oshirish uchun metal tuzlar, organik erituvchilar va reaktsiyalarni boshqarish uchun pH va temperatura o‘zgarishlari qo‘llaniladi.

2. **(Sol-Gel):** Bu usulda metalni o'z ichiga olgan tuzlar (masalan, platinum, palladium yoki kumush tuzlari) eritmada dispersiyalashgan bo'lib, keyin ularning kimyoviy reaktsiyasi orqali nano o'lchamdagi metall zarrachalari hosil bo'ladi. Bu jarayonda, tuzlar kerakli sharoitlarda (masalan, pH ni sozlash orqali) cho'kib, nanoo'lchamdagi metal partikullari paydo bo'ladi.

- Kimyoviy reaktsiya misolida:
- $MnCl_2+2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow+2NaCl$
- **Pretsipitatsiya**: Bu usulda, metal ionlari yoki boshqa reaktsiyalovchi moddalar erituvchi muhitda to‘planadi va nanometr o‘lchamdagi zarrachalarga aylantiriladi.

3. **Fizik usullar**:

- **Mikrovolnovka yordamida sintezlash**: Bu usulda mikroto‘lqinlar yordamida materialni isitib, uning nanoqobig‘ini shakllantirish mumkin. Bu jarayon tez va samarali bo‘lib, ko‘p hollarda past temperaturada ishlaydi.
- **Termik dekompozitsiya**: Bunda yuqori haroratda metal tuzlari yoki boshqa birikmalarni parchalanishiga olib kelib, nanokatalizatorlar hosil qilinadi.

4. **Biologik usullar**:

- **Biomimetik sintez**: Biologik jarayonlar yordamida nanokatalizatorlar olish, masalan, bakteriyalar yoki o‘simlik ekstraktlaridan foydalanish. Bu jarayonlar ekologik jihatdan xavfsiz va kam energiya sarflaydi.
- **Enzimlar yordamida sintez**: Ba’zi enzimlar yoki biologik molekulalar nanokatalizatorlarni shakllantirish uchun ishlatilishi mumkin.

5. **Nanosurat usullari**:

- **Plazmonik sintez**: Metal nanokristallari va nanostrukturalari plazmon rezonansiga asoslangan usullar yordamida hosil qilinadi.

Nanokatalizatorlarni sintezlashda, ular yuqori faollik, tanlanganlik va qayta ishlash qobiliyatiga ega bo‘lishi uchun turli xususiyatlarga e’tibor qaratish kerak, masalan, zarrachaning kattaligi, yuzasi, shakli va materialning tarkibi.

Nanokatalizatorlarning asosiy xossalari quyidagilardir:

1. **Yuqori yuzaki maydon**: Nanokatalizatorlar juda kichik o'lchamlarga ega bo'lib, ularda juda katta yuzaki maydon mavjud. Bu ularning aktivlikni oshirishga yordam beradi, chunki kataliz jarayoni asosan yuzada sodir bo'ladi.
2. **Katalitik faollik**: Nanokatalizatorlar, odatda, an'anaviy katalizatorlarga nisbatan yuqori faoliyat ko'rsatadi. Ular reaksiyaning faolligini kamaytirish va jarayonni tezlashtirishda samarali bo'lishi mumkin.
3. **Tanlanganlik**: Nanokatalizatorlar ko'plab kimyoviy reaktsiyalarni faqat ma'lum sharoitlarda va maxsus substratlar bilan amalga oshirish imkonini beradi, bu esa ularning tanlanganligini oshiradi.
4. **Modifikatsiya qilish imkoniyatlari**: Nanokatalizatorlar turli kimyoviy va fizikal xususiyatlarni o'zgartirish orqali o'zgartirilishi yoki modifikatsiya qilinishi mumkin. Misol uchun, nanokatalizatorlarning tuzilishini yoki yuzasini o'zgartirib, ularning katalitik samaradorligini oshirish mumkin.
5. **Stabilite va qayta ishlatish imkoniyati**: Nanokatalizatorlar ko'pincha yuqori termal va kimyoviy barqarorlikka ega bo'ladi, bu esa ularni ko'plab jarayonlarda bir necha marta qayta ishlatishga imkon beradi.
6. **Qayta tiklanish**: Nanokatalizatorlar ko'pincha o'zlarining xususiyatlarini yo'qotmasdan, uzoq muddat davomida ishlashlari mumkin. Bu jarayonlarni iqtisodiy jihatdan samarali qiladi.

7. **Nanoskaladagi ta'sirlar**: Nanokatalizatorlar o'zining kichik o'lchamlari va yuzasida yuzaga keladigan o'zgarishlar tufayli yangi kimyoviy reaktsiyalarga va o'ziga xos katalitik xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Ularning faol yuzasi va atomar tuzilishi ko'plab yangi va noyob kimyoviy reaktsiyalarni qo'llab-quvvatlaydi.

Nanokatalizatorlar asosan quyidagi sohalarda qo'llaniladi:

1. **Kimyoviy energetika**: Nanokatalizatorlar, masalan, vodorod ishlab chiqarish, metanol va etanolni oksidlanishi kabi jarayonlarda keng qo'llaniladi. Bunday reaktsiyalarni tezlashtirish uchun yuqori samaradorlikka ega nanokatalizatorlar ishlab chiqilmoqda.
2. **Karbondioksidning konversiyasi**: Nanokatalizatorlar karbondioksidni organik birikmalarga aylantirish uchun ishlatiladi. Bu jarayon, CO_2 miqdorini kamaytirish va uni foydali mahsulotlarga aylantirishga yordam beradi.
3. **Yashil kimyo**: Nanokatalizatorlar, ekologik jihatdan zararli bo'lmagan va energiya samaradorligi yuqori jarayonlarni amalga oshirishda qo'llaniladi. Bunday jarayonlar sanoatda chiqindilarni kamaytirish va energiya resurslarini tejashga yordam beradi.

Muqobil Energetika

Muqobil energetika manbalari — bu yangilanadigan energiya manbalaridan foydalanishni ta'minlash maqsadida ishlab chiqilgan texnologiyalarni o'z ichiga oladi. Ular quyidagi asosiy yo'nalishlarga ajratiladi:

1. **Quyosh energiyasi**: Quyosh energiyasidan foydalanish uchun fotovoltaik panellar va quyosh termal energiya tizimlari ishlab chiqilgan. Bu manba atrof-muhitga zarar keltirmaydi va cheksiz bo'ladi.
2. **Shamol energiyasi**: Shamol energiyasini olish uchun turbinlar va shamol elektr stansiyalari quriladi. Shamol energiyasi – bu ekologik jihatdan toza va juda samarali energiya manbai.

3. **Geotermal energiya**: Yer ostidan olinadigan issiqlik energiyasi geotermal stansiyalar yordamida ishlab chiqariladi. Ushbu energiya manbai doimiy va barqaror hisoblanadi.
4. **Biomassa energiyasi**: Biomassa va organik chiqindilarni energiya manbalariga aylantirish orqali qayta tiklanadigan energiya olish mumkin. Bu jarayon ham chiqindilarni kamaytiradi, ham energiya ishlab chiqarishni ta'minlaydi.
5. **Vodorod energiyasi**: Vodorod yuqori samaradorlikka ega bo'lgan energiya manbai sifatida qaralmoqda. Nanokatalizatorlar bu jarayonda vodorodni ajratish va saqlashda yordam berishi mumkin, bu esa vodorod energiyasining keng qo'llanilishiga olib kelishi mumkin.

Nanokatalizatorlar va muqobil energetika o'rtasidagi bog'liqlik

Nanokatalizatorlar muqobil energetika texnologiyalarini rivojlantirishda muhim o'rin tutadi. Masalan, vodorod ishlab chiqarish va energiya samaradorligini oshirishda nanokatalizatorlar juda muhim rol o'ynaydi. Ular reaktsiyalarni tezlashtirish va energiya yo'qotishlarini kamaytirish orqali muqobil energiya manbalarining samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Janubiy Koreyaning Daegu-Gyongbuk Fan va Texnologiya Instituti (DGIST) tadqiqotchilari toza energiya ishlab chiqarish uchun yoqilg‘i xujayralarining umumiy narxini pasaytiradigan nanokatalizatorni ishlab chiqdilar.

Gap polimer elektrolitlar membranali (PEMFC) yonilg‘i xujayralari haqida ketmoqda, deb xabar beradi sciencedaily.com. Ular vodorod yoqilg'isi va kislorod o'rtasidagi reaksiya natijasida ajralib chiqadigan kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantiradi. PEMFClar istiqbolli texnologiya hisoblanadi. Ular Amerika kosmik kemasida ishlatiladigan ishqoriy yonilg'i xujayralari kabi o'zini o'zi etarli va harakatchan. Ammo mavjud tuzilmalar qimmat materiallarni talab qiladi. Ular ishlatadigan katalizatorlar ham asta-sekin yomonlashadi, bu esa qayta ishlash va iqtisodiy samaradorlik haqida tashvish uyg'otadi.

Sangaraju Shanmugam va uning jamoasi bu muammoni hal qilishga harakat qildi. Ular ishlab chiqarishning umumiy tannarxini pasaytiradigan PEMFC uchun faol va bardoshli katalizatorlarni yaratdilar. Yangi materiallar sirtida kobalt va seriy oksidi (CeO_2) zarralari bo'lgan azot qo'shilgan uglerod nanorodlaridir. Ikkinchisi arzon va ekologik toza yarimo'tkazgich bo'lib, kislorodni yaxshi kamaytiradi.

Elyaflar elektrospinning texnologiyasidan foydalangan holda ishlab chiqarilgan. Xom ashyoning tomchilariga yuqori kuchlanish qo'llaniladi, bu suyuqlikning zaryadlangan oqimini yaratadi. Bir hil nanozarrachalarni olish uchun u parvozda quritiladi. Tahlillar seriy va kobalt oksidining bir xil taqsimlanganligini, shuningdek, katalizatorning elektr energiyasini ishlab chiqarish qobiliyati yaxshilanganini tasdiqladi.

CeO_2 bo'lgan tuzilmalar platina yoki faqat kobalt bilan bo'lgan analoglarga qaraganda kuchliroq va faolroq bo'lib chiqdi. Elyaflar energiyani aylantirish va saqlash uchun muhim bo'lgan ikkita kimyoviy reaktsiyada sinovdan o'tkazildi: kamaytirish va kislorodni chiqarish.

Kimyogarlar nanokatalizatorni mexanokimyoviy usulda, ya'ni erituvchilar yoki boshqa qo'shimcha moddalarsiz maxsus tegirmonda oddiy aralashtirish orqali yaratdilar. Katalizator hosil bo'lgan asos apelsin qobig'i edi. Tegirmon kamerasiga oldindan maydalangan apelsin qobig'i, rux asetatning suvsiz shakli va diametri 1 sm bo'lgan 18 ta po'lat sharchalar qo'yiladi."Aralashma" 350 aylanish tezligida 20 daqiqa davomida aralashtiriladi va keyin 2 soat davomida 200°C haroratda isitiladi. Natijada sink oksidi nanozarrachalari paydo bo'ldi. Apelsin qobig'ining roli uning yuzasida sink asetat to'plash va o'tish birikmalarini shakllantirishga yordam berish edi. Pishirish paytida qolgan qobig'i qisman aralashmadan chiqarildi. Olingan sink oksidi nanopartikullari keyinchalik tegirmon yordamida niobiy o'z ichiga olgan zarrachalar bilan birlashtirildi, shunda yakuniy katalizatordagi metall konsentratsiyasi 2,5 dan 10% gacha bo'ldi.

Kimyogarlar levulin kislotasini azot o'z ichiga olgan geterosiklga aylantirish reaktsiyasida nanokatalizatorning ta'sirini sinab ko'rdi. RUDN universiteti kimyogarlari nanokatalizator eng samarali ishlaydigan optimal tarkibni tanladilar - katalizator massasining 10% niobiy, 90% rux oksidi bo'lishi kerak. Ushbu kompozitsiya bilan deyarli barcha (94,5%) levulin kislotasi deyarli hech qanday qo'shimcha mahsulotlarsiz kerakli moddaga aylanadi - chiqarilgan mahsulotlarning 97,4% azot o'z ichiga olgan geterosikllar edi.

“Ushbu ish biochiqindilardan qimmatli birikmalar olish imkoniyatini ko‘rsatadi – katalizator tuzilishi bilan “o‘ynash” kifoya. Organik chiqindilardan ekologik toza protseduralar bilan birgalikda foydalanish hozirda qazib olinadigan yoqilg'iga juda bog'liq bo'lgan hozirgi kimyo sanoatiga muqobil bo'ladi, - Rafael Luke, PhD, "Tibbiyot uchun innovatsion birikmalarning molekulyar dizayni va sintezi" ilmiy markazi rahbari RUDN universitetida.

Xulosa

Nanokatalizatorlar va muqobil energetika texnologiyalari o'zaro bog'liq bo'lib, atrof-muhitni himoya qilish va energiya resurslarini samarali foydalanish uchun muhim yechimlar taklif qiladi. Nanokatalizatorlar orqali yangi energiya manbalarini ishlab chiqish, ular yordamida ekologik toza energiya ishlab chiqarish va energiya samaradorligini oshirish mumkin.

Muqobil energetika

Muqobil energetika — bu, an'anaviy energiya manbalariga nisbatan ekologik toza va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni anglatadi. Bu energiya manbalari quyosh, shamol, geotermal, biokutub, va gidroenergiya kabi tabiiy resurslardan olinadi. Muqobil energetika an'anaviy yoqilg'ilarni (masalan, neft, gaz, va ko'mir) almashtirishga, shuningdek, atrof-muhitga zararli ta'sirlarni kamaytirishga qaratilgan.

Muqobil energetikaning afzalliklari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. **Ekologik tozaligi**: Havo ifloslanishini kamaytiradi, iqlim o'zgarishini sekinlashtiradi.

   Muqobil energetika, ya'ni qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning afzalliklaridan biri — ekologik tozaligi. Bu afzallik quyidagi jihatlarga asoslanadi:

1. **Kam uglerod izlari**: Muqobil energiya manbalari, masalan, quyosh, shamol, geotermal va gidroenergiya, issiqxona gazlarini chiqarishni minimallashtiradi. Bu atmosferada karbon dioksid (CO2) va boshqa zararliklarni kamaytiradi, natijada iqlim o'zgarishiga qarshi kurashishda yordam beradi.
2. **Tog'ri chiqindilarni kamaytirish**: Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, odatda, energiya ishlab chiqarishda chiqindilarni kamaytiradi yoki umuman yo'q qiladi. Masalan, quyosh panellari yoki shamol turbinlari ishlashda hech qanday ifloslantiruvchi gazlar chiqarmaydi.
3. **Tabiatni saqlash**: Muqobil energiya manbalari, an'anaviy energetikaga nisbatan, tabiiy resurslarni ko'proq saqlaydi. Masalan, tabiiy gaz yoki ko'mir qazib olish, yer yuzasining buzilishi va o'simliklar hayoti uchun zararli bo'lishi mumkin, ammo qayta tiklanuvchi energiya manbalari tabiiy muhitga kamroq zarar yetkazadi.
4. **Havoning ifloslanishini kamaytirish**: Muqobil energiya ishlab chiqarishning natijasida havoga chiqariladigan ifloslantiruvchi moddalar kamayadi. Bu esa odamlarning sog'lig'iga ijobiy ta'sir ko'rsatadi, nafas olish kasalliklari va yurak qon tomir kasalliklari xavfini kamaytiradi.

   Shu tarzda, ekologik tozalik — muqobil energetikaning eng muhim afzalliklaridan biri bo'lib, u nafaqat tabiiy muhitni, balki inson salomatligini ham saqlashga yordam beradi.

2. **Qayta tiklanishligi**: Tabiiy resurslar tugamaydi, energiya manbalarining uzoq muddatli foydalanish imkonini beradi.

   Muqobil energetikaning afzalliklaridan biri uning qayta tiklanishligi, ya'ni tabiatda cheksiz yoki doimiy ravishda yangilanadigan energiya manbalaridan foydalanishi. Bu afzallik quyidagi jihatlarda ko'zga tashlanadi:

1. **Tabiiy resurslarning cheksizligi**: Quyosh, shamol, biomassa, geotermal energiya va suv energiyasi kabi manbalar tabiiy ravishda qayta tiklanadi. Bu energiya manbalari, tabiiy gaz yoki neft kabi tugab qoladigan resurslardan farqli o'laroq, tugamaydi va cheksizdir.
2. **Atrof-muhitga kam zarar**: Qayta tiklanadigan energiya manbalari kam uglerod chiqaradi yoki umuman chiqarmaydi. Bu esa iqlim o'zgarishini sekinlashtirishga yordam beradi va havo ifloslanishini kamaytiradi.
3. **Energiya mustaqilligi**: Muqobil energetika tizimlari, masalan, quyosh panellari yoki shamol turbinalari, mahalliy sharoitlarda ishlashi mumkin, bu esa mamlakatlarni energiya importidan qisman yoki to'liq mustaqil qilishga yordam beradi.
4. **Ijtimoiy va iqtisodiy foyda**: Qayta tiklanadigan energiya manbalarini ishlab chiqarish, o'rnatish va ularga xizmat ko'rsatish yangi ish o'rinlari yaratadi. Shu bilan birga, bu sektorda innovatsiyalarni rivojlantirish imkoniyatlari mavjud.
5. **Energiya narxining barqarorligi**: Muqobil energiyaning narxi, xususan quyosh va shamol energiyasi, texnologiyalar rivojlanishi va ishlab chiqarish hajmi ortishi bilan pasaymoqda, bu esa energiya narxlarini barqarorlashtirishga yordam beradi.

   Shu tarzda, qayta tiklanadigan energiya manbalari energiya ta'minotini uzoq muddatda barqaror va ekologik jihatdan toza qilishda muhim rol o'ynaydi.

3. **Energiya xavfsizligi**: Mahalliy energiya manbalariga asoslanib, importga bo'lgan qaramlikni kamaytiradi.

   Muqobil energetikaning afzalliklarida energiya xavfsizligi juda muhim o‘rinni egallaydi. Quyidagi jihatlar energiya xavfsizligini ta'minlashda muqobil energetikaning qanday foydalar keltirishini ko‘rsatadi:

1. **Xavfsizlikning oshishi**: Muqobil energiya manbalaridan (masalan, quyosh, shamol, geotermal) foydalanish, bir nechta energiya manbalarining diversifikatsiyasini ta'minlaydi. Bu, mamlakatni faqat bir nechta manbalarga, masalan, neft yoki gazga tayanishdan himoya qiladi.

2. **Energiya ta'minotining barqarorligi**: Muqobil energiya manbalari tabiiy va qayta tiklanadigan resurslarga asoslangan, bu esa ularga bo‘lgan talabni ta'minlashda uzilishlar yoki transportning cheklanishi kabi muammolarni kamaytiradi.
3. **Importga bog'liqlikni kamaytirish**: Muqobil energiya manbalaridan foydalanish, ayniqsa mahalliy resurslar hisobiga energiya ishlab chiqarish, mamlakatning chet elga bo‘lgan energiya importiga bo‘lgan ehtiyojini kamaytiradi. Bu esa energiya xavfsizligini oshiradi va iqtisodiy mustaqillikni ta'minlaydi.
4. **Iqlim o'zgarishiga qarshi kurash**: Muqobil energiya manbalarining ko‘plab turlari uglevodorod yoqilg‘ilariga nisbatan kamroq yoki nol miqdorda karbon chiqindilari ishlab chiqaradi. Bu iqlim o'zgarishini kamaytirishga yordam beradi va energiya xavfsizligini uzoq muddatda ta'minlashda muhim rol o‘ynaydi.
5. **Texnologik innovatsiyalar**: Muqobil energiya manbalarini rivojlantirish energiya texnologiyalarini modernizatsiya qilish va yangi innovatsiyalarni joriy etishga imkon yaratadi. Bu texnologiyalarning samarali va arzon bo‘lishi energiya xavfsizligini oshiradi.

Shu bilan birga, muqobil energiya tizimlarining rivojlanishi o‘ziga xos muammolarni keltirib chiqarishi mumkin, masalan, quyosh yoki shamol energiyasining uzluksizligi yoki infrastrukturani modernizatsiya qilish zarurati. Biroq, ularning uzluksiz va diversifikatsiyalangan ta'minoti energiya xavfsizligini ta'minlashda katta yordam beradi.

4. **Iqtisodiy foyda**: Energiyani ishlab chiqarish va taqsimlashning yangi sohalari va ish o'rinlarini yaratadi.

Muqobil energetika manbalarining iqtisodiy foydalari bir necha asosiy jihatlarda namoyon bo'ladi:

1. **Energiya resurslarining diversifikatsiyasi**: Muqobil energiya manbalari, masalan, quyosh, shamol, bioenergetika, geotermal va gidroenergiya kabi, an'anaviy fosil energiya manbalariga bo'lgan qaramlikni kamaytiradi. Bu, o'z

navbatida, energetika xavfsizligini ta'minlaydi va bozor narxlaridagi o'zgarishlarga qarshi barqarorlikni yaratadi.

2. **Barqaror iqtisodiy o'sish**: Muqobil energiya texnologiyalarining rivojlanishi yangi ish o'rinlari yaratadi. Masalan, quyosh va shamol energiyasi sohalarida qurilish, texnik xizmat ko'rsatish va ishlab chiqarish sohalarida ish o'rinlari paydo bo'ladi. Bu, shuningdek, mintaqaviy rivojlanish va ijtimoiy farovonlikni oshiradi.
3. **Chiqindilarni kamaytirish**: Muqobil energiya manbalari ko'pincha kamroq yoki nol darajada karbonat angidrid (CO_2) chiqindilarini chiqaradi, bu esa iqlim o'zgarishini kamaytirishga yordam beradi. Ekologik toza energiya ishlab chiqarish, shuningdek, sog'liqni saqlash xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi.

4. **Energiya importiga bo'lgan qaramlikni kamaytirish**: Muqobil energiya manbalari, ayniqsa, mahalliy manbalar asosida ishlab chiqarilgan energiya, import qilinadigan energetik resurslarga bo'lgan ehtiyojni kamaytiradi. Bu, o'z navbatida, xorijiy valyutaga chiqimlarni kamaytiradi va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlaydi.
5. **Texnologik innovatsiyalar**: Muqobil energiya manbalariga investitsiyalar ko'paygani sayin, yangi texnologiyalar va innovatsiyalar rivojlanadi. Bu, o'z navbatida, umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiradi va yangi bozorlarni yaratadi.
6. **Narxlarning pasayishi**: Avvalgi yillarda yuqori narxlarda bo'lgan muqobil energiya manbalari texnologiyalari, hozirda samaradorlikni oshirish va ishlab chiqarish hajmini kengaytirish orqali ancha arzonlashdi. Masalan, quyosh panellari va shamol turbinasi texnologiyalarining narxi sezilarli darajada pasaydi.

Shu tariqa, muqobil energetika iqtisodiy jihatdan faqatgina ekologik foydalari bilan emas, balki uzoq muddatda iqtisodiy barqarorlikni ta'minlash, yangi ish o'rinlari yaratish va xarajatlarni kamaytirish orqali ham o'zining ahamiyatini namoyon etadi.

Muqobil energiya manbalaridan foydalanish dunyo bo'ylab tobora kengayib bormoqda va global iqlim o'zgarishlariga qarshi kurashda muhim ahamiyat kasb etadi.

MAVZUGA DOIR SAVOLLAR:

1. Vodorod energetikasi nima?
2. Energiya manbalarining iqtisodiy pasayishiga nisbatan ularning asosiy afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
3. Ishlab chiqarishning qanday usullari mavjud?
4. "Kulrang," "ko‘k" va "yashil" vodorodlar orasida qanday farq bor?
5. Iqtisodiyotning energetika va sanoatda qo‘llanilishining asosiy sohalari nimalardan iborat?
6. Saqlash va tashishda qanday muammolar yuzaga keladi?

3-mavzu: Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi.

Reja:

1. Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi.
2. Elektr o‘tkazuvchan polimerlar.
3. Supramolekulyar kimyo yo‘nalishidagi ilmiy izlanishlar.

Tayanch iboralar: *Nanotexnologiya, nanomateriallar, kompyuter modellashtirish, nanonaychalar, fullerenlar, nanomaterialli katalizatorlar, oltin nanozarrachalari, seriy dioksidi nanozarrachalari, o’tkazuvchan polimerlar, sopolimerlar.*

XX asrning ikkinchi yarmida paydo bo‘lgan ko‘plab spektroskopik usullar - elektron va atom-kuch mikroskopiyasi, yadro magnit rezonansi spektroskopiyasi, mass-spektrometriya - an’anaviy optik mikroskopiyani allaqachon "nafaqaga" jo‘natgandek tuyuldi. Biroq fluoressensiya hodisasidan mohirona foydalanish "faxriy"ning umrini bir necha bor uzaytirgan. Ushbu maqolada biz optik mikroskopiyaga yangi kuchlar bergan va mashhur difraksion chegara ortiga qarash imkonini bergan kvant nuqtalari (fluoressent yarimo‘tkazgich nanokristallar) haqida gaplashamiz. Kvant nuqtalarining noyob fizik xususiyatlari ularni biologik

obyektlarni o‘ta sezgir ko‘p rangli qayd etish, shuningdek, tibbiy diagnostika uchun ideal vositaga aylantiradi.

Kvant nuqtasi

Kvant nuqta noorganik yarimo‘tkazgich material (kremniy, indiy fosfid, kadmiy selenid) nanokristallidir. "Nano" milliard ulushlarda o‘lchanadi, bunday kristallarning o‘lchamlari 2 dan 10 nanometrgacha o‘zgarib turadi. Bunday kichik o‘lcham tufayli nanozarrachalardagi elektronlar hajmiy yarimo‘tkazgichlardagiga o‘xshamaydi.

Kvant nuqta o‘tkazgich yoki yarimo‘tkazgichning (masalan, CdTe, CdS, CdSe, ZnSe, ZnS va b.) zaryad tashuvchilari fazoda uchala yo‘nalish bo‘yicha chegaralangan bo‘lagidan iborat. Ularning kvant deb atalishiga sabab shuki, bunday kichik o‘lchamlarda ularda elektronlarning kvant, ya’ni diskret xossalari namoyon bo‘ladi. O‘ta kichik o‘lchamli kristallarning fizik xossalari massiv kristallardan tubdan farq qilishi mumkin, masalan, metall xossasiga ega bo‘lgan modda faqat o‘lchamlarining kichrayishi hisobiga dielektrik holatga o‘tishi mumkin. Zarrachalar o‘lchamining kichrayishi taqiqlangan zona kengligining oshishiga olib keladi. Demak, zarrachalarning o‘lchamiga qarab kvant nuqta emissiyasining to‘lqin uzunligini o‘zgartirish imkoniyati mavjud. Zarrachaning radiusi qancha katta bo‘lsa, nurlanayotgan energiya shuncha kichik bo‘ladi, emissiya to‘lqin uzunligi shuncha katta bo‘ladi. Kvant o‘lchamli effekt deb kristallning hech bo‘lmaganda bitta geometrik o‘lchami elektronlarning de-Broyl to‘lqin uzunligi bilan o‘lchovdosh bo‘lib qolganda uning termodinamik va kinetik xossalarining o‘zgarishiga aytiladi.

Nanokristall yarimo‘tkazgichli kvant nuqtalarning kashfiyotchilari, ularning elektron va optik xossalari ustida dastlabki tadqiqotlarni amalga oshirgan vatandoshlarimiz: A. I. Yekimov va A. A. Onushchenkolardir. 1981-yilda ular shisha matritsada shakllangan A2B6 birikmalarining mikrokristallari - birinchi KTlarini taklif qildilar va amalga oshirdilar. Kvant nuqtalari (KN) deb, tarkibida o‘tkazuvchanlik elektronlari bo‘lgan uchala o‘lchamda ham 100 nanometrdan

kichik bo‘lgan nanoo‘lchamdagi xarakterli o‘lchamlarga ega bo‘lgan zarrachalarga aytiladi. Bunday o‘lchamlarda kvant nuqta xossalari jihatidan atomga o‘xshaydi, uni ko‘pincha sun’iy atom deb ataydilar. Ma’lumki, kvant mexanikasida zarraga massa bilan birga uning energiyasiga bog‘liq bo‘lgan biror to‘lqin uzunligi ham beriladi. Bunda korpuskulyar-to‘lqin dualizmi namoyon bo‘ladi. To‘lqin uzunligi bunday zarrachani chegaralovchi fazoning xarakterli o‘lchamlari bilan taqqoslanadigan bo‘lganda, energiya sathlari diskret bo‘ladi, buni biz atomlar va kvant nuqtalarida kuzatamiz. Texnologiyaning yutuqlari tufayli energiya spektrini o‘zgartirib, turli o‘lchamdagi KT olish mumkin. Bu esa qo‘yilgan vazifalarga bog‘liq holda nanostrukturalarni shakllantirishda keng imkoniyatlar yaratadi.

Kvant nuqtasining energetik spektri bir jinsli emas, unda elektron (manfiy zaryadlangan zarra) va kovak uchun alohida energetik sathlar mavjud. Yarimo‘tkazgichlarda teshik deb, yadro bilan elektron orasidagi bog‘lanish uzilganda paydo bo‘ladigan, son jihatdan elektronga teng bo‘lgan musbat zaryad tashuvchi to‘ldirilmagan valent bog‘lanishga aytiladi. Agar kristallda zaryad tashuvchi sathdan sathga o‘tishi uchun sharoit yaratilsa, bu o‘tishda foton nurlanadi. Zarrachaning o‘lchamini o‘zgartirib, bu nurlanishning yutilish chastotasini va to‘lqin uzunligini boshqarish mumkin. Amalda esa bu shuni bildiradiki, nukta zarrachasining o‘lchamiga qarab nurlantirilganda ular har xil rangda yorug‘lik chiqaradi.

Nurlanish to‘lqin uzunligini zarracha o‘lchami orqali nazorat qilish imkoniyati kvant nuqtalaridan ular tomonidan yutilgan energiyani yorug‘lik nurlanishiga aylantiradigan barqaror moddalar - fotobarqaror lyuminoforlarni olish imkonini beradi.

Klassik tavsifni qo‘llash mumkin bo‘lgan elektron asboblarning elementlari o‘rniga, ketma-ket kvant mexanik yondashuv zarur bo‘lgan nanoelektronikaning element bazasi keladi. Kvant o‘lchamli nanostrukturalar nafaqat nanoelektronika uchun, balki yangi avlod axborot tizimlarining asosi sifatida ham muhim

ahamiyatga ega bo‘lib, ular magnit sezgir detektorlarni yaratishda qo‘llanilishi mumkin, ular asosida optoelektronikada o‘ta kichik lazer manbalari yaratiladi.

Zamonaviy submikron texnologiyasi elektronlar harakati tekislikda joylashgan obyektlarni yaratish imkonini beradi. Bunday holat yarimo‘tkazgichli geterostrukturalarda, metall-dielektrik o‘tishida sodir bo‘ladi. Geterostruktura qatlamlariga perpendikulyar ravishda yetarlicha yuqori kuchlanish berilganda elektronlar sirtga chiqadi va o‘zini ikki o‘lchamli elektron gaz kabi tutadi. Bundan tashqari, potensial elektronlarni tekislikning bir yo‘nalishida cheklasa, elektronlar faqat bitta qolgan yo‘nalishda erkin harakatlana oladi - bu bir o‘lchovli gaz (kvant simlari). Agar elektronlarning har ikkala yo‘nalishdagi harakati cheklansa, biz kvant nuqtasiga ega bo‘lamiz.

1.1. Kvant nuqtalari - sun’iy atomlar

Kvant nuqtalari (KN) - bu boshqariladigan parametrlarga ega bo‘lgan ulkan (atomlarga nisbatan) sun’iy atomlar. Zamonaviy texnologiyalar joylashuvi, lokalizatsiya sohasi, zaryad tashuvchilar soni, ushlab turuvchi potensial tikligi kabi nazorat qilinadigan parametrlar bilan ham alohida KT, ham KT massivlarini olish imkonini beradi.

Agar KT va "oddiy" atomlarni taqqoslasak, KT ularning xossalarini magnit maydon yordamida boshqarish mumkinligi tufayli istiqbollidir. Oddiy atomlarning xossalarini sezilarli darajada o‘zgartirish uchun neytron yulduzlaridagi kabi maydonlar, kvant nuqtalari uchun esa Yerdagi laboratoriyalarda bemalol mavjud bo‘lgan maydonlar kerak bo‘ladi.

Kvant nuqtasining odatiy o‘lchami bir necha o‘n nanometr, ammo tashqi potensial tufayli elektronlar egallagan maydonning o‘lchami ancha kichik bo‘lishi mumkin. Bunday vaziyatda chegara tekisligida harakatni kvantlash muhim bo‘lib qoladi, shuning uchun atomga o‘xshash tuzilma hosil bo‘ladi (diskret energiya sathlari bilan), ammo atom potensiali rolini kvant nuqtasining sun’iy yaratilgan potensiali bajaradi va elektronlar soni birdan bir necha yuzgacha nazorat ostida o‘zgarishi mumkin.

1.2. Kvant nuqtalarining afzalliklari

Kvant nuqtalari asosidagi eritmalar an'anaviy organik va noorganik lyuminoforlardan aniq qayta sozlanadigan lyuminessensiya zarur bo‘lgan amaliy qo‘llanish sohalari uchun muhim bo‘lgan bir qator parametrlar bo‘yicha ustunlik qiladi.

• Fotobarqaror, bir necha yil davomida fluoressensiya xususiyatini saqlab qoladi.

• Fotobo‘yalishga yuqori chidamlilik: organik fluoroforlarga qaraganda 100-1000 baravar yuqori.

• Yuqori fluoressensiya kvant chiqishi - 90% gacha. • Qo‘zg‘atishning keng spektri: UB dan IQ gacha (400-200 nm).

• Yuqori fluoressensiya cho‘qqilari (25-40 nm) tufayli rangning yuqori tozaligi.

• Kimyoviy degradatsiyaga yuqori chidamlilik.

Yana bir afzalligi, ayniqsa poligrafiya uchun, shundaki, kvant nuqtalari asosida zollar - mayda zarrachalar tarqalgan suyuq muhitli yuqori dispersli kolloid tizimlar tayyorlash mumkin. Demak, ulardan purkovchi bosma uchun yaroqli eritmalar ishlab chiqarish mumkin.

Kvant nuqtasining yana bir muhim xossasi KT ni o‘z ichiga olgan yopiq zanjir orqali elektr toki o‘tganda zaryadning diskretligi namoyon bo‘lishi bilan bog‘liq. Kvant nuktaning o‘lchamlari kamayganda unga birlik zaryadni ko‘chirish uchun zarur bo‘lgan energiya ortadi (KT sig‘imining uning xarakterli o‘lchamiga proporsional ravishda kamayishi natijasida). Bu ossillyatsiya hodisasini, ya'ni davri kvant nuqtasida birlik zaryadning ko‘chishi bilan aniqlanadigan KT orqali oqib o‘tishda tokning tebranishini keltirib chiqaradi, bu esa tokni alohida elektrongacha aniqlik bilan boshqarishga yo‘l ochadi. Bugungi kunda bunday tadqiqotlar alohida yo‘nalishni - monoelektronikani tashkil etadi. 2. Kvant nuqtasi qanday yasaladi? Kvant nuqtalarini ikki usulda olish mumkin: kolloid kimyoviy sintez va epitaksial texnologiyalar yordamida. Ikkala usul ham turli xil yarimo‘tkazgich materiallar asosida KT olishda ham, turli xil geometriyaga ega bo‘lgan KT olishda ham keng imkoniyatlar beradi. Har bir usulning afzalliklari -

kolloid KTlarni kimyoviy sintez qilishning oddiyroq va epitaksial KTlarni o‘stirishning yetarlicha murakkab va qimmat usullari - yarimo‘tkazgich elektronikasining turli masalalarini hal qilishda qo‘llaniladi. Hozirgi vaqtda galliy arsenidi (GaAs) yoki uning turli tarkibli qattiq eritmalari asosidagi kvant nuqtalari bo‘lgan geteronanostrukturalar eng katta qiziqish uyg‘otmoqda. Ushbu turdagi kvant-o‘lchamli tuzilmalarning asosiy texnik qo‘llanilishi hozirgi vaqtda yorug‘lik chiqaradigan asboblarni, birinchi navbatda optik tolali aloqa liniyalari uchun lazerlarni ishlab chiqishda ko‘rinadi. Yarimo‘tkazgichlar asosidagi strukturalarni oraliq metallar bilan to‘ldirish ham katta imkoniyatlar beradi. Odatda geteroparaning kamchiligi deb hisoblangan doimiy kristall panjaralarning farqi o‘z-o‘zidan tashkil topgan kvant nuqtalarni olish texnologiyasida juda qimmatli xususiyat bo‘lib chiqdi. O‘z-o‘zini tashkil etish deganda tartibsizroq muhitdan tartibli makroskopik tuzilmalarning o‘z-o‘zidan paydo bo‘lishi tushuniladi. O‘z-o‘zini tashkil etish jarayonining asosida muvozanatsiz fizik tizimlarning termodinamik muvozanatga yaqinlashganda tizimning erkin energiyasi minimal bo‘lgan holatga o‘tish xususiyati yotadi. Agar A moddadan sirtga V moddaning yupqa bir jinsli qatlami cho‘ktirilgan bo‘lsa, termodinamik muvozanat qaror topganda V qatlamda atom strukturasi vujudga keladi va u shunday shaklga ega bo‘ladiki, bunda sistemaning erkin energiyasi minimal bo‘ladi. O‘z-o‘zini tashkil etishning yo‘nalishi va yakuniy natijasini belgilovchi omillar A va B materiallarning doimiy panjaralarining nomuvofiqligi bo‘lib, bu tizimda elastik kuchlanishlarni keltirib chiqaradi va uning ichki energiyasini oshiradi, qatlam qalinligi va boshqalar. Bu parametrlarning bir xil qiymatlarida asosning tuzilishini takrorlaydigan bir jinsli V material qatlami hosil bo‘lishi mumkin. Boshqa qiymatlarda, V materiali ma’lum o‘lcham va shakldagi kuchlangan klasterlar massivini hosil qilishi yoki bitta katta klasterga to‘planishi energiya jihatidan foydaliroq bo‘lishi mumkin. Bug‘ fazasidan cho‘ktirishda taglikdagi qatlam o‘sishining dastlabki bosqichining uch turi kuzatilishi tajribada allaqachon aniqlangan:

1) qatlamli (ikki o‘lchamli) o‘sish. Agar V material taglikni ho‘llasa va uning panjara doimiysi A materialning panjara doimiysidan kam farq qilsa, panjara doimiysi hosil bo‘ladi;

2) qatlamning orolchali (uch o‘lchamli) o‘sishi. U yomon namlanishda sodir bo‘ladi;

3) o‘sishning oraliq mexanizmi, bunda dastlab V qatlamning qavatma-qavat o‘sishi ro‘y beradi, so‘ngra bu o‘sish orolchali o‘sish bilan almashinadi. Bu mexanizm A va V panjaralarda ho‘llanish va sezilarli nomuvofiqlik mavjud bo‘lganda kuzatiladi.

Oxirgi mexanizm InGaAs/GaAs sistemasida o‘z-o‘zidan tashkillanuvchi kvant nuqtalarni olishda qo‘llaniladi. Ushbu mexanizmni o‘rganishning eng muhim natijasi GaAs matritsasida o‘lchamlari bo‘yicha bir xil, nuqsonsiz, kvant nuqtalari xususiyatlariga ega bo‘lgan InGaAs nanoklasterlari massivini olish imkoniyati hisoblanadi.

Ko‘pincha kvant nuqtalari massivlarini Stranskiy - Krastanov mexanizmi bo‘yicha o‘z-o‘zidan muvofiqlashtirilgan o‘sishdan foydalanishga asoslangan molekulyar-nurli epitaksiya yordamida olish qo‘llaniladi. Lekin bunday protsessda hosil qilingan kvant nuqtalar ancha kuchlangan bo‘lib chiqadi. Bu elektron holatlar spektrining sezilarli siljishiga va boshqaruvchi parametrlarning o‘zgarishiga olib keladi. Kvant nuqtalarini hosil qilish shartlariga qarab, tutib turuvchi potensialni ifodalashning turli ko‘rinishlaridan foydalanish mumkin. *Doiraviy kvant nuqta uchun potensialni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin: U (x,y) = (me/2) * (x2+y2). Bu uncha katta bo‘lmagan kvant nuqtalari uchun yetarli darajada adekvatdir. Katta kvant nuqtalari uchun "qattiq devorlar" modeli mos keladi. Lekin u holda ham, bu holda ham atomdagi kabi diskret energetik spektr hosil bo‘ladi.* 2.1. Kolloid kvant nuqtalar Kolloid KT yarimo‘tkazgichli nanokristallar bo‘lib, ko‘pincha sferik (ba’zan elliptik yoki murakkabroq) shaklda bo‘lib, organik molekulalardan tashkil topgan stabilizatorning monoqatlamini qoplaydi. 2.1.1. Kolloid kvant nuqtalarini olish usullari Hozirgi vaqtda kvant nuqtalarini olish

uchun ko‘plab turli xil kimyoviy va fizik-kimyoviy sintez usullari mavjud bo‘lib, bunda alohida atomlar yoki ionlar klasterlar yoki nanozarrachalarga birlashtiriladi. Bugungi kunda kvant nuqtalarini olishning uchta usuli keng qo‘llanilmoqda: elektron-nur epitaksiya usuli, mosgidrid gaz fazali epitaksiya, kolloid sintez usuli. Bunday usullar bilan olingan zarrachalar o‘lchamlari, berilgan shakli va tuzilishi bo‘yicha tor taqsimotga ega bo‘lib, natijalar sintezdan sintezgacha takrorlanadi.

Kolloid sintez usuli batafsilroq ko‘rib chiqiladi, chunki u ham ilmiy, ham ishlab chiqarish nuqtayi nazaridan eng katta qiziqish uyg‘otadi.

2.1.2. Molekulyar-nurli va mosgidridli gaz fazali epitaksiya usullari

O‘lchamlari chegaralangan strukturalarni tayyorlashning samarali usullaridan biri molekulyar-nurli epitaksiyadir. U atom o‘lchamlari darajasida qalinlikni nazorat qilish bilan monokristall qatlamlarni o‘stirishning mukammal texnologiyasi bo‘lib, mutlaqo yangi tuzilmalar va qurilmalarni yaratishga imkon beradi. Uning farqi atom yoki molekulalarning kondensatsiyalanish sharoitlarini yuqori darajada nazorat qilish va bu jarayonni katta aniqlik bilan boshqarish mumkinligidadir.

Yarimo‘tkazgich taglikka boshqa yarimo‘tkazgich qatlamlari yuqori aniqlikda purkaladi va qatlamlar o‘sib borishi bilan atomlar klasterlarga to‘plana boshlaydi, chunki taglikning kristall panjarasi parametri o‘stirilayotgan kristall parametridan sezilarli darajada farq qilganda, bir xil taranglikdagi tekis sirtga qaraganda orolchalar hosil bo‘lishi energiya jihatidan foydaliroqdir.

So‘nggi yillarda kristall panjarasi parametrlari taglik panjarasi parametrlaridan farq qiladigan yarimo‘tkazgichning monoqatlamli o‘sishida past o‘sish haroratlarida o‘sish yuzasida deyarli bir xil o‘lchamdagi orolchalarni olish mumkinligi aniqlandi. Piramida shaklidagi cho‘ktirilgan yarimo‘tkazgich orolchalari deyarli nuqsonlarga ega emas, ular kvant nuqtalaridir. O‘z-o‘zini tashkil etish jarayonida kvant nuqtalari hosil bo‘lishining harakatlantiruvchi kuchi deformatsiya energiyasining kamayishi hisoblanadi.

Masalan, agar galliy arsenid asosda panjara parametrlari kattaroq bo‘lgan indiy arsenid qatlami o‘stirilsa, GaAs yuzasida InAs orolchalarining (kvant nuqtalarining) o‘sishiga olib keladigan elastik kuchlanishlar paydo bo‘ladi. Sirt o‘lchamlari bir necha o‘n angstrem bo‘lgan InAs piramidalari bilan qoplangan. Bir jinsli zo‘riqqan sirtga nisbatan orolchalar hosil qilish foydaliroq ekan. Piramidaning o‘sishi piramida uchidagi elastik kuchlanish to‘la yo‘qolguncha davom etadi.

Shu tufayli bajarilish aniqligi yuqori bo‘lgan O‘YUCh va optik asboblar tayyorlash mumkin bo‘ldi.

Ushbu usulning afzalligi bir xil o‘lchamdagi qat’iy tartiblangan kvant nuqtalarini va hatto ularning gorizontal va vertikal massivlarini yaratish imkoniyati mavjudligidir. Biroq, bu usulning kamchiliklari ham mavjud: piramida shaklini sharsimon obyektlar modeli bilan tasvirlab bo‘lmaydi, demak, ushbu tuzilmalarni yuqori aniqlik bilan atomga o‘xshash deb hisoblash mumkin emas. Bundan tashqari, bunday usul juda murakkab va qimmatga tushadi.

Gaz fazali epitaksiya usulida kimyoviy reaksiya natijasida gaz fazasidan olingan kerakli modda kristall taglikka cho‘ktiriladi.

Agar moddani bir necha monoqatlamga cho‘ktirsak, u holda piramidalar - kvant nuqtalari qoplaydigan sirtni hosil qilish mumkin.

Ularning hosil bo‘lish sababi molekulyar-nurli epitaksiya yordamida o‘sish bilan bir xil - elastik deformatsiya energiyasining kamayishi hisobiga tizim energiyasining kamayishi.

2.1.3. Kolloid sintez usuli

Kolloid kvant nuqtalarni sintez qilish uchun nanokristallarning o‘sishiga asoslangan kimyoviy usullar qo‘llaniladi. Bu moddalarni "maydalash" (yuqoridan-pastga) va nanokristallarni "o‘stirish" (pastdan-yuqoriga) ga asoslangan yondashuvlar bo‘lishi mumkin.

Kvant nuqtalarini olishning an’anaviy usuli qutbsiz muhitlarda sintez qilish (yoki metalloorganik sintez) usuli hisoblanadi. Kolloid kvant nuqtalarni sintez qilish yo‘li o‘ta to‘yingan eritmadan fazani kondensatsiyalash usuli bilan birinchi

turdagi monodispers kolloid eritmalar - suspenzoidlar (ba'zan ularni qaytmas yoki liofob kolloidlar deb ham atashadi) hosil qilishdan iborat. Bunda kolloid zarrachalar o'ziga xos kristall tuzilishga va agregatsiyaga bo'lgan yuqori intilishga ega bo'ladi.

Kolloid usul don o'stirish usullariga kiradi va eritmadagi kolloid zarrachalar konsentratsiyasini kuchli o'zgartirish imkonini beradi. Organik erituvchiga Mendeleyev jadvalining II va IV guruh elementlarining eritmalari kiritiladi, ular erituvchi molekulalariga cho'ktiriladi. Bunday reaksiyalarni o'tkazishda bir qator parametrlarga, masalan, rN darajasi va sistemadagi bir qator organik birikmalarning konsentratsiyasiga qat'iy rioya qilish kerak, chunki bu kolloiddagi zarrachalarning o'lchamlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Nukleatsiya va vaqt bo'yicha o'sish bosqichlarini ajratish orqali texnologiya birinchi marta monodisperslik darajasi nisbatan yuqori va kvant chiqishi (9% dan ortiq) bo'lgan kolloid kvant nuqtalari eritmalarini sintez qilish imkonini berdi.

Ushbu usul bilan kvant nuqtalarini sintez qilish bir necha bosqichda amalga oshiriladi:

1) Nukleatsiya.

2) Murtaklarning o'sishi.

3) Ostvaldning yetilish bosqichi.

Sintez jarayoni qanday sodir bo'lishini batafsilroq ko'rib chiqamiz.

2.1.3.1. Nukleatsiya bosqichi

Kuchli o'ta to'yingan eritmadan nukleatsiya va o'sish bosqichlarida kondensatsiyalanayotgan modda konsentratsiyasining o'zgarishi. Murtak hosil bo'lishining klassik nazariyasiga ko'ra, nukleatsiya o'z-o'zidan sodir bo'ladi: o'ta to'yingan eritmaning ba'zi beqaror qismlarida erigan moddaning molekulalari yoki ionlari o'z-o'zidan kristallanib, murtak hosil qilish qobiliyatiga ega.

2.1.3.2. Murtaklarning o'sish bosqichi

Kristallarning o'sishi bilan bog'liq bo'lgan hodisalarni talqin qilishda kolloid nazariya kristallning shakli va uning barcha qirralarining sirt energiyasi o'rtasidagi bog'liqlikdan kelib chiqadi. Kristallar o'sishining diffuzion talqiniga ko'ra, kristall

qirrasining hosil bo‘lish jarayoni katta tezlikda sodir bo‘ladi va faqat diffuziya tezligiga bog‘liq. Jarayon diffuzion bo‘lganligi sababli, uni boshqarishning asosiy parametri haroratdir.

2.1.3.3. Ostvaldning yetilish bosqichi

Zarrachalarning o‘sishi tufayli reagentlar tugagach, Ostvaldning yetilish jarayoni boshlanadi, bunda yirik zarrachalar kichikroq zarrachalarning erishi hisobiga o‘sishda davom etadi va tizimning sirt energiyasi kamayadi. Bunda fokussizlanish sodir bo‘ladi.

O‘ta to‘yinish darajasi kamayganda murtaklarning kritik o‘lchami ortadi va kritik o‘lchamdan kichik zarrachalar erib ketadi. Agar reaksiya shu bosqichda tez to‘xtatilsa, zarrachalar o‘lchamlari bo‘yicha keng taqsimlanadi. Ostvaldning yetilish bosqichida monodispers zarrachalarni olish mumkin emas. O‘ta to‘yinish to‘liq yo‘qolganidan keyin qolgan zarrachalarning o‘lchami mikrometrgacha yetishi mumkin, shuning uchun o‘lchamlari bo‘yicha yaxshi taqsimlangan nanokristallarni faqat portlovchi nukleatsiya va reaksiya tugagandan so‘ng va Ostvaldning yetilishi boshlanishidan oldin tezda to‘xtatish orqali olish mumkin. Portlovchi nukleatsiya uchun yuqori o‘ta to‘yinish darajasini yaratish kerak.

2.2. Epitaksial kvant nuqtalari

Epitaksial KT ikki bosqichda shakllanadi. Birinchisida nanokristallarning (ko‘pincha piramida shaklidagi) geteroepitaksiyasida o‘z-o‘zini tashkil etuvchi ansamblning paydo bo‘lishi va keyinchalik o‘sishi sodir bo‘ladi. Ikkinchidan, ularni kristall tuzilishining o‘sishi sharoitida taglik materiali bilan to‘ldirish. Natijada nanokristallar - kvant nuqtalari taglikning kristall matritsasiga joylashadi va elastik deformatsiyalar maydonida bo‘ladi.

Eng ko‘p ishlatiladigan yarimo‘tkazgich materiallar: InAs (indiy arsenidi), InSb (indiy antimonidi), PbSe (qo‘rg‘oshin selenidi), PbS (qo‘rg‘oshin sulfidi), InP, ZnSe (indiy fosfidi - rux selenidi), ZnTe, CdS (rux telluridi - kadmiy sulfidi), CdSe (kadmiy selenidi), ZnS, HgTe (rux sulfidi - simob telluridi), HgSe (simob selenidi), ZnO (rux oksidi), TiO2 (titan oksidi).

3. Kvant nuqtalarini kompyuterda modellashtirish usullari

Nanoobyektlarni kompyuterda modellashtirishning asosiy maqsadlaridan biri nanoobyektning tuzilishini qurish va vizuallashtirish, kvant nuqtalarida bog‘lanish xarakterini tavsiflash, tizimning eng past potensial energiyasiga mos keladigan atomlarning joylashuvidan iborat. Kadmiy xalkogenidlari, xususan, kadmiy telluridi asosidagi kvant nuqtalari bir qator noyob xususiyatlarga egaligi va nanofotonika, fotovoltaika, nanobiologiya va nanomeditsinada qo‘llanilishi mumkinligi bilan alohida qiziqish uyg‘otadi. Kvant nuqtalarni turli tipdagi atomlar bilan to‘ldirish yordamida ularning qo‘llanish imkoniyatlarini ancha kengaytirish mumkin. So‘nggi paytlarda tadqiqotchilarning e’tiborini magnit xususiyatlarga ega bo‘lgan o‘tish elementlari atomlari bilan to‘ldirilgan kvant nuqtalari jalb qildi. Kvant nuqtalarining fundamental xarakteristikalarini tushunish yo‘lidagi muhim qadam ularning lokal atom tuzilishi va elektron tuzilishi xususiyatlarining o‘zaro bog‘liqligini aniqlashdir. Shu maqsadda kichik o‘lchamli zarrachalarning atom va elektron strukturalari haqida ma’lumot olishga imkon beradigan aniq metodikalarni qo‘llash yaxshi natija beradi. Bugungi kunda nanoobyektlarning tuzilishi va xossalarini modellashtirish va hisoblashning ko‘plab usullari ishlab chiqilgan. Ularni shartli ravishda uch guruhga ajratish mumkin: ab initio (boshlang‘ich), yarim empirik usullar va empirik potensiallar. Ularning barchasi zaruriy boshlang‘ich ma’lumotlar bilan farqlanadi.

4. Kvant nuqta. Tavsiflash usullari

Quyida fotolyuminessensiya, rentgen difraksiyasi, rentgen yutilish spektroskopiyasi kabi kvant nuqtalarini tavsiflashning ba’zi usullari ko‘rib chiqilgan.

4.1. Fotolyuminessensiya

Qattiq jismda lyuminessensiya mexanizmi uning butun kristall elektronlar sistemasi ishtirokida ro‘y berishiga yoki kirishma markazi ichida ro‘y berishiga qarab turlicha bo‘ladi. Valent zona bilan o‘tkazuvchanlik zonasi orasidagi elektron o‘tishlar tufayli vujudga keladigan zonalararo lyuminessensiyaning birinchi turiga kelsak, u hozirdayoq yaxshi va batafsil o‘rganilgan. Biroq, yorug‘lik chiqaradigan nanokristallarning o‘lchamlari kamayishi bilan zonalararo lyuminessensiyaning

roli sezilarli darajada pasayadi - zonalar va kirishma atomlarining donor-akseptor sathlari o‘rtasidagi elektron o‘tishlar tufayli kirishma lyuminessensiyasi ustunlik qila boshlaydi.

Yarimo‘tkazgichli kvant nuqtalari o‘ziga xos optik kuchaytiruvchi muhit bo‘lib, uning lyuminessensiya to‘lqin uzunligi kvant nuqtasining o‘lchamiga bog‘liq. Bu kvant nuqtasining lyuminessensiya to‘lqin uzunligini foton kristallining taqiqlangan zonasi holatiga moslash imkonini beradi. Shunday qilib, uch o‘lchamli taqsimlangan teskari bog‘lanishli lazer rezonatorini tashkil etish mumkin.

4.2. Rentgen difraksiyasi

Fazaviy tarkib, shuningdek, nanokristallarning o‘rtacha o‘lchami haqidagi ma’lumotlar rentgen difraksiyasi usuli bilan olinishi mumkin. Nanometr o‘lchamdagi zarrachalar uchun difraktogrammadagi akslanish reflekslari kengayadi. Kengayish kattaligi Debay-Sherer formulasi bo‘yicha nanokristallarning (aniqrog‘i, kogerent sochilish sohalarining) o‘rtacha o‘lchami bilan bog‘liq.

4.3. XANES rentgen yutilish spektroskopiyasi

Kondensirlangan holatdagi birikmalarning fizik-kimyoviy xossalari ularning elektron-energetik tuzilishi bilan belgilanadi, bu ko‘p jihatdan o‘rganilayotgan namunaning mahalliy tuzilishiga bog‘liq. So‘nggi paytlarda kichik kvant zarrachalarining nanoo‘lchamli atom tuzilishining nozik tafsilotlarini o‘rganish uchun eng yaqin sohada rentgen yutilish spektroskopiyasi (XANES-X-ray absorption near edge structure) muhim vositaga aylanmoqda.

XANES-spektroskopiya materiallardagi atomlarning o‘rganilayotgan turi atrofidagi elektron tuzilishi va uch o‘lchovli atom tuzilishi haqida yuqori aniqlik bilan ma’lumot olish imkonini beradi, shu jumladan atomlarning joylashuvida keyingi tartibsiz. XANES - spektroskopiya asosida bog‘lanish uzunliklari 0,001 nm gacha aniqlikda, bog‘lanish burchaklari esa bir necha gradusgacha aniqlikda aniqlanishi mumkin. Biroq, XANES - spektroskopiya bilvosita tadqiqot usulidir. Strukturaviy axborotni ajratish uchun strukturaviy modellar, shu jumladan

superkompyuterlar va hisoblash klasterlaridan foydalangan holda spektrlarni hisoblash talab etiladi.

Rentgen nurlarining yutilish spektrlarini eksperimental qayd qilish uchun, odatda, apparaturalar kompleksi qo‘llaniladi, ularning asosiy komponentlari nurlanish manbai, dispersiyalovchi element (kristall yoki difraksion panjara) va qayd qiluvchi qurilma hisoblanadi. Hozirgi vaqtda detektorlarning keng tarqalgan turlaridan biri yarimo‘tkazgichli datchiklar, shu jumladan koordinat-sezgir detektorlar ko‘rinishida qurilgan datchiklardir. Ular yuqori sezgirlikka ega bo‘lib, kompyuter texnikasi bilan birgalikda qayd qilinayotgan rentgen spektrini bevosita tajriba davomida kuzatish imkonini beradi.

Qurilmaning ajrata olish qobiliyatiga yuqori talablar qo‘yiladi, chunki kerakli strukturaviy ma’lumotni energiya holatining intensivlikka nisbatan ozgina o‘zgarishidan olish mumkin.

Xulosa

Xulosa qilib shuni ta’kidlash kerakki, kolloid nanokristallar shaklidagi kvant nuqtalari nano-, biono- va biomednanotexnologiyalarning eng istiqbolli obyektlari hisoblanadi. 1998-yilda kvant nuqtalarining fluoroforlar sifatidagi imkoniyatlari birinchi marta namoyish etilgandan so‘ng, bir necha yil davomida nanokristallardan foydalanishga yangi original yondashuvlarni shakllantirish va ushbu noyob obyektlar ega bo‘lgan potensial imkoniyatlarni amalga oshirish bilan bog‘liq sukunat kuzatildi. Ammo so‘nggi yillarda keskin o‘sish kuzatilmoqda: g‘oyalarning to‘planishi va ularni amalga oshirish biologiya, tibbiyot, elektronika, quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyasi va boshqa ko‘plab sohalarda yarimo‘tkazgichli nanokristall kvant nuqtalarini qo‘llashga asoslangan yangi qurilmalar va vositalarni yaratish sohasida yutuqlarni belgilab berdi. Albatta, bu yo‘lda hali yechilmagan muammolar ko‘p, ammo qiziqishning ortishi, bu muammolar ustida ishlaydigan jamoalar sonining ko‘payishi, bu yo‘nalishga bag‘ishlangan nashrlar sonining ko‘payishi kvant nuqtalari keyingi avlod texnikasi va texnologiyasining asosi bo‘lishiga umid qilishga imkon beradi.

Elektr o‘tkazuvchan polimerlar.

Elektr o‘tkazuvchan polimerlar (EOP) — bu polimerlar bo‘lib, ular elektr tokini o‘tkazish qobiliyatiga ega. Polimerlar odatda elektr o‘tkazuvchan bo‘lmaydi, chunki ularning molekulyar tuzilishi izolyatsiyalovchi xususiyatlarga ega. Ammo, ba'zi polimerlar, maxsus modifikatsiyalar yoki qo‘shimchalar yordamida, elektr o‘tkazish xususiyatlariga ega bo‘lishi mumkin.

Elektr o‘tkazuvchan polimerlar odatda quyidagi xususiyatlarga ega:

1. **Elektr o‘tkazuvchanlik**: EOP molekulalari orasida elektronlar o‘ta oladi, bu esa ular orqali elektr toki o‘tkazilishi imkonini beradi.
2. **Sifatli materiallar**: Elektr o‘tkazuvchan polimerlar plastik, engil va moslashuvchan bo‘lishi mumkin, bu esa ularni elektronika va boshqa sanoat sohalarida foydalidir.
3. **Kimyoviy barqarorlik**: Ular odatda kimyoviy agentlarga nisbatan barqaror bo‘ladi va uzoq muddat ishlatish imkoniyatini beradi.

Elektr o‘tkazuvchan polimerlarning turlari:

1. **Polianilin (PANI)**: Bu polimer o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lib, energiya saqlash qurilmalari, batareyalar va kondensatorlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.
2. **Polipirol (PPy)**: Bu polimer ham elektr o‘tkazuvchanligi bilan tanilgan bo‘lib, sensörlar va elektroximiyoviy qurilmalarda ishlatiladi.
3. **Politiopen (PEDOT)**: U yuqori o‘tkazuvchanlikka ega va tez-tez organik fotovoltik qurilmalarda, ekranlar va sensorlarda qo‘llaniladi.
4. **Poliviniliden florid (PVDF)**: PVDF o‘zining piezoelektrik va elektret xususiyatlari bilan ham mashhur bo‘lib, elektr o‘tkazuvchan polimer sifatida ham foydalaniladi.

Foydalanish sohalari:

- **Organik elektronika**: OLED ekranlar, organik fotovoltik qurilmalar va boshqa elektronika komponentlarida.
- **Energiya saqlash tizimlari**: Batareyalar, superkondensatorlar va akkumulyatorlar.
- **Sensors va aktuatatorlar**: Tibbiyot va sanoat texnologiyalarida.

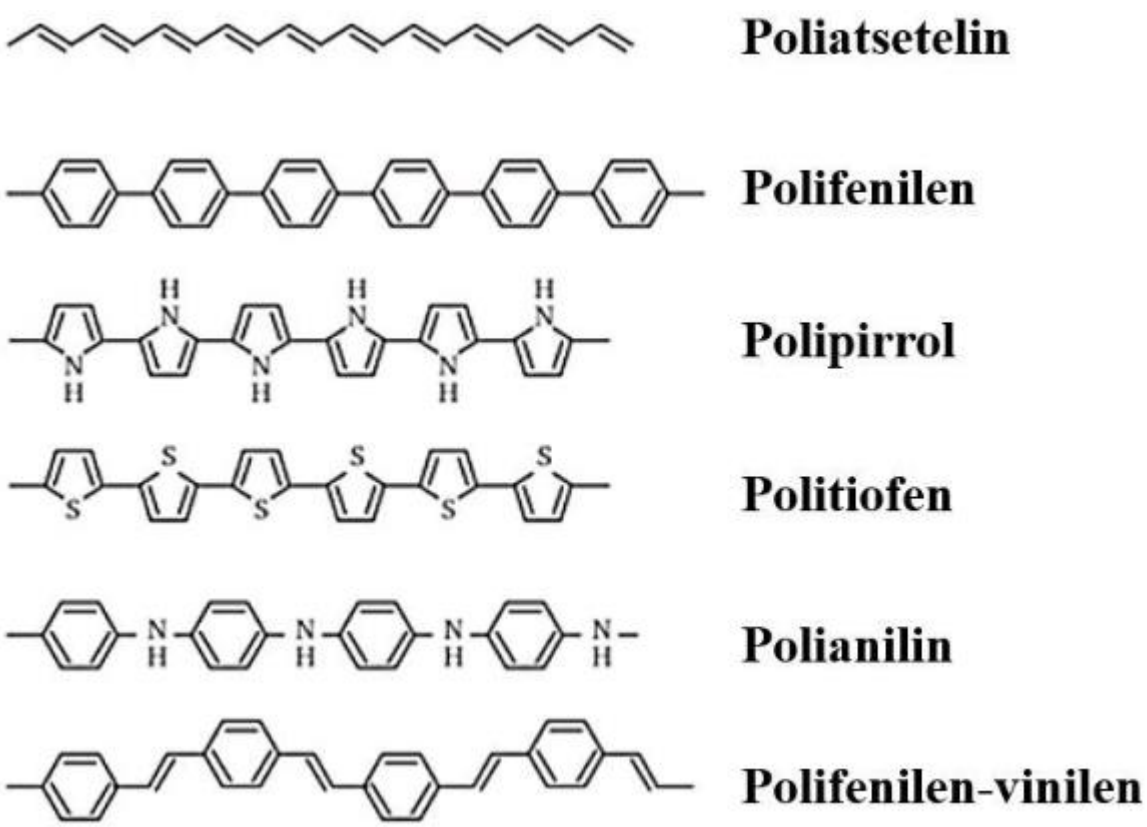
- **Konditsionerlar va elektron komponentlar**: Elektron komponentlar va izolatsiya materiallari.

Elektr o‘tkazuvchan polimerlar tabiatan moslashuvchan va engil bo‘lgani sababli, ularni yangi avlod texnologiyalarida keng qo‘llash mumkin.

Supero‘tkazuvchan polimerlar XXI asr elektronikasining asosidir. Hozirgi kunda bunday polimerlarga bo‘lgan qiziqish tobora ortib bormoqda. O‘tkazuvchan polimerlar 30 yildan ortiq vaqt davomida tadqiqotchilarning iqtisodiy ahamiyati, yuqori barqarorligi, yengil vazni, yaxshi ishlov berish qobilyati, korroziyaga chidamliligi va qoniqarli elektr o‘tkazuvchanligi tufayli katta qiziqish uyg‘otdi. Bizga ma’lumki, ko‘pgina polimerlar yaxshi izolyatsion materiallardir. Shunga qaramay, supero‘tkazuvchilar bilan to‘ldirilgan polimerlar birinchi marta 1930 yilda toj chiqishining oldini olish uchun ishlab chiqarilgan. Ajoyib xususiyatlarga ega bo‘lgan yangi moddalarning ixtirosi ko‘pincha eng yangi texnologiyalarga olib keladi. O‘tkazuvchi polimerlarning o‘sishidagi asosiy ixtiro 1960 yilda noorganik polimer polisulfat nitridining metall ekanligini kashf qilinishi edi.

1976-yilda supero‘tkazuvchi polimerlarning paydo bo‘lishi o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lgan polimerlarni ishlab chiqish uchun juda katta imkoniyatlar eshigini ochdi. 1977 yilda poliasetilenning yuqori o‘tkazuvchanligining kashf qilinishi turli xil konyugatsiyalangan polimerlarni sintez qilish va o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlarni rag‘batlantirdi. O‘tkazuvchan polimerlar an’anaviy polimerlarning fizikva mehanik xususiyatlariga va metallarning o‘ziga xos elektr xususiyatlariga ega bo‘lgan organik materiallardir. Supero‘tkazuvchan polimerlar polimerlar sinfiga tegishli bo‘lib, ulardagi elektr o‘tkazuvchanlik xossasi polimerlarning kimyoviy tuzilishi bilan tavsiflanadi. Bunga misol keltirib o‘tsak, polietilen polimerining asosiy zanjirida kimyoviy bog‘lar (sp3 gibridlangan) sigma bog‘lar bilan bog‘langan. Bunday bog‘lanishga ega bo‘lgan polimerlardagi elektronlar kam harakatchanlikka ega bo‘ladi va materialning elektr o‘tkazuvchanligiga hissa qo‘shmaydi. Konyugirlangan polimer materiallarida esa butunlay boshqacha. Elektr

o‘tkazuvchan polimerlar sp2 gibridlangan ugleroddan tayyorlangan doimiy hujayralar zanjiriga ega. Supero‘tkazuvchan polimerlar energiya to‘plovchilar uchun istiqbolli elektrod materiallar (elektrokimyoviy batareyalar va kondensatorlar), ular asosidagi elektrokatalizatorlar va biosensorlar, fotolyuminessent va elektrlyuminessent materiallar, gaz ajratuvchi membranalar, antikorrozion qoplamalar, elektromagnit ekranlar, mikrolitografiya uchun materiallar, elektrofotografiya va boshqalar sifatida ilm-fan va texnologiyaning turli sohalaridagi tadqiqotchilar va muhandislarning e’tiborini o‘ziga tortib kelmoqda.Bunday polimer sinflarining oddiy vakillariga poliatsetilen, polipirrol, polianilin, politiofen, poliparafenilen va bir necha ularning hosilalari kiradi (1-rasm). Nisbatan oddiy usullarda olish mumkinligidan (elektrokimyoviy va kimyoviy sintez usullarida) ko‘p sonli tadqiqotlar PPy va PANI ga bag‘ishlangan. Bunda kimyoviy sintez elektrokimyoviy sintezga qaraganda samarali hamda universal usuldir, chunki kimyoviy sintez usuli katta miqdorda polimer olish imkonini beradi. Shuningdek, turli materiallarni o‘tkazuvchan kompozit sistemaning butun tuzilishida qoplanishini ta’minlaydi.



1-rasm. Elektr o'tkazuvchan polimerlar.

O‘tkazuvchi polimerlar elektrostatik zaryadsizlanish (ESD), elektromagnit parazit (EMI) ekranlash, o‘zaro bog‘lanish texnologiyalari, metallarni korroziyadan himoya qilish kabi mikroelektronikaning barcha darajalarida va diodlar, tranzistorlar, sensorlar, biosensorlar va aktuatorlar kabi qurilmalarda potensial qo‘llanilishi mumkin. Bundan tashqari, polimer materiallar yengil, egiluvchan va oson qayta ishlanishi mumkin bo‘lib, ular mikro va nano o‘lchamdagi molekulyar elektron qurilmalar uchun mos keladi. Bundan tashqari, ular yuqori sezgirlikdagi sensorlar va biosensorlar uchun kelajakdagi imkoniyatlarni yaratib, bitta molekulani aniqlashda qo‘llashni topdilar.

MAVZUGA DOIR SAVOLLAR:

1. Kvant nuqtalar nima va ularni hosil qilishda qanday materiallardan foydalanilgan?

2. Kvant nuqtalari qanday noyob optik va elektron xossalarga ega?

3. Kvant nuqtasining o‘lchami uning spektral xarakteristikalari va bog‘lanishlariga qanday ta’sir ko‘rsatadi?

4. Turli muhitlarda kvant nuqtalarining barqarorligiga qanday omillar ta’sir qiladi?

5. Kolloid va epitaksial kvant nuqtalar orasida qanday prinsipial farqlar bor?

6. Kvant nuqtalari sirtini funksional holga keltirishda qanday usullardan foydalaniladi va nima maqsadda amalga oshiriladi?

7. Kvant nuqtalarini ishlab chiqarish va ulardan foydalanish bilan bog‘liq qanday ekologik va toksikologik xavflar mavjud?

8. Elementar elementlarda kvant nuqtalardan foydalanishning istiqbollari qanday va ular prujinali materiallarga nisbatan qanday afzalliklarni hisobga olishi mumkin?

9. Kvant nuqtalarining tuzilishi va xossalarini o‘rganishda qanday zamonaviy usullar qo‘llaniladi?

10. Kvant nuqtayi nazarini turli sohalarda keng tijoriy qo‘llash yo‘lidagi asosiy yo‘nalishlar nimalardan iborat?

4-mavzu: Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish

1. Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish.
2. Polimer gellar.
3. Statistik va klassik termodinamikada entropiya.

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

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

Bu yerda: n_W va n_{RA} lar polimer eritmadagi komponentlarning mol soni, μ- ularning kimyoviy potensiali.

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:

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

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

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

U holda (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

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

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_o 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 gurhlarning 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:

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

QME eritmasi fazasi	TPE eritmasi fazasi
H_2O (a_w) AX (m_{AX}, a_{AX}) BX (m_{BX}, a_{BX})	H_2O ($\bar{a}_w$, $\bar{n}_w^{\Sigma}$) RA ($\bar{x}_{RA}$, $\bar{m}_{RA}$, $\bar{a}_{RA}$) 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:

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

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.Mikulinlarning ishlaridan foydalanib, (7) tenglamadagi har bir komponentlarning aktivliklari va aktivlik koeffitsientlari uchun tenglamalar yoziladi (8):

$$a_{AX} = x_{AX}\left(m_{AX}^{bin}\gamma_{AX_{\pm}}^{bin}\right)^2,$$

$$a_{BX} = x_{BX}\left(m_{BX}^{bin}\gamma_{BX_{\pm}}^{bin}\right)^2,$$

$$\bar{a}_{RA} = \bar{x}_{RA}\left(\bar{m}_{RA}^{bin}\bar{\gamma}_{RA_{\pm}}^{bin}\right)^2,$$

$$\bar{a}_{RB} = \bar{x}_{RB}\left(\bar{m}_{RB}^{bin}\bar{\gamma}_{RB_{\pm}}^{bin}\right)^2, \qquad (8)$$

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

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

$$\gamma_{AX_\pm} = \gamma_{AX_\pm}^{bin} \frac{m_{AX}^{bin}}{m_A + m_B},$$

$$\gamma_{BX_\pm} = \gamma_{BX_\pm}^{bin} \frac{m_{BX}^{bin}}{m_A + m_B},$$

$$\bar{\gamma}_{RA_\pm} = \bar{\gamma}_{RA_\pm}^{bin} \frac{\bar{m}_{RA}^{bin}}{\bar{m}_A + \bar{m}_B},$$

$$\bar{\gamma}_{RB_\pm} = \bar{\gamma}_{RB_\pm}^{bin} \frac{\bar{m}_{RB}^{bin}}{\bar{m}_A + \bar{m}_B}, \qquad (9)$$

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

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

$$\bar{m}_{RA} = \frac{W}{\bar{n}_w^{\Sigma}} \bar{x}_{RA},$$

$$\bar{m}_{RB} = \frac{W}{\bar{n}_w^{\Sigma}} \bar{x}_{RB},$$

$$\bar{m}_{RA} + \bar{m}_{RB} = \bar{m}_R = \frac{W}{\bar{n}_w^{\Sigma}}. \qquad (10)$$

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

$$\bar{a}_w = K_d^w a_w \tag{11}$$

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

$$K_{muv} = \frac{x_{BX}\left(\gamma_{BX_\pm}^{bin} m_{BX}^{bin}\right)^2}{x_{AX}\left(\gamma_{AX_\pm}^{bin} m_{AX}^{bin}\right)^2} \frac{\bar{x}_{RA}\left(\bar{\gamma}_{RA_\pm}^{bin} - m_{RA}^{bin}\right)^2}{\bar{x}_{RB}\left(\bar{\gamma}_{RB_\pm}^{bin} - m_{RB}^{bin}\right)^2} \tag{12}$$

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_2O (a_w) AX (m_{AX}, a_{AX})	H_2O ($\bar{n}_w^{\Sigma}$, $\bar{a}_w$) 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 guruhlarni o‘z ichiga olgan ion almashinuvchilardan tashkil topgan polimolekulyar fragmentlar uchun emperik 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: $\bar{a}_{el} \neq a_{el}$.

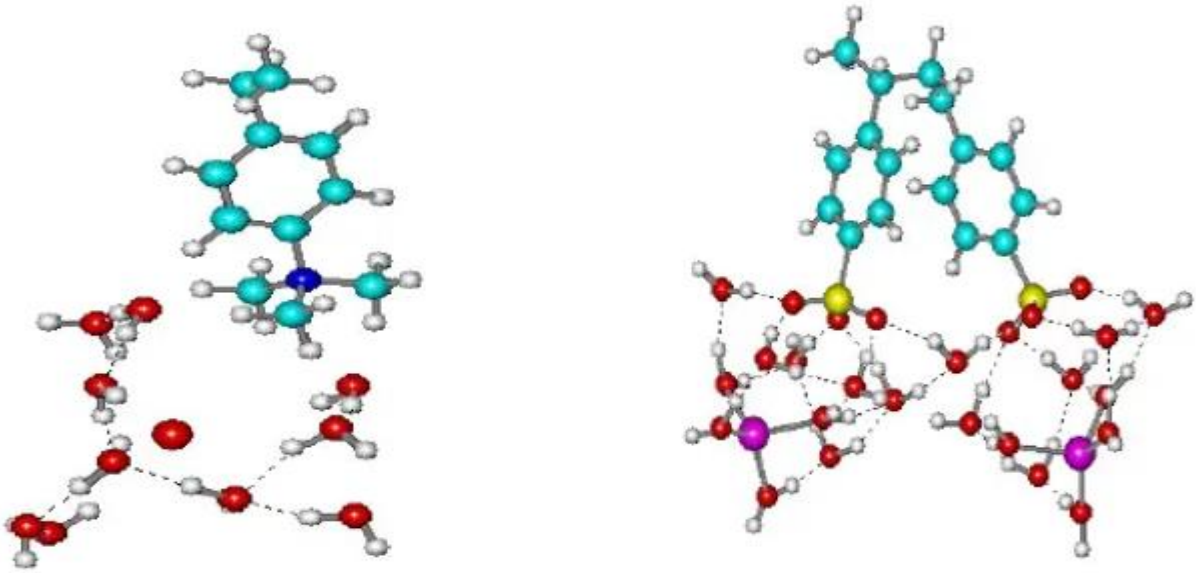
• ikkinchidan, assotsiatlar hosil bo‘lganda, PE fazasidagi zaryadlangan zarrachalar soni o‘zgarishsiz qoladi:

$$R^{+}A^{-} + X^{+}A^{-} \Leftrightarrow RA \cdots X^{+}A^{-}$$

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:

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

a) b)



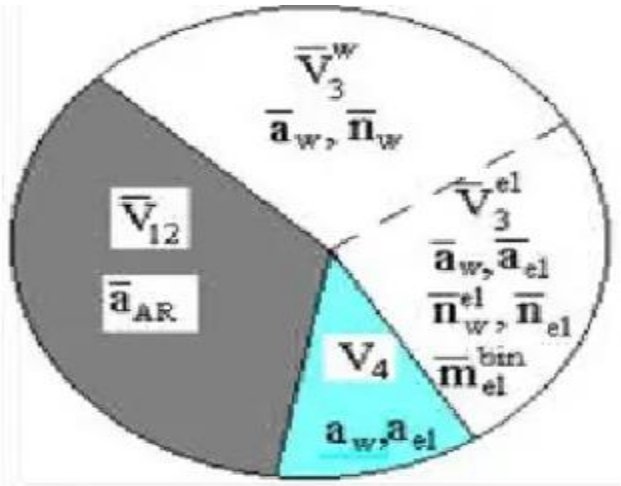
Rasm-3. a) bitta funksional guruhga ega bo‘lgan kuchli asosli anionit, iodid ioni va 10 ta suv molekulasidan iborat sistema; b) ikkita funksional guruhga ega bo‘lgan kuchli kislotali kationit, 2 ta natriy ioni va 20 ta suv molekulasidan iborat sitema.

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 elektrolitlaring taqsimlanish konstantasi yordamida aniqlanadi.

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

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 kirsa, 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 kirsin, 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‘kkan 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 algoritmga muvofiq tuzilgan. Eritmada umumiy ionga ega bo‘lgan ikkita elektrolit bo‘lsa, QME aktivligining ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

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

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

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

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

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

$$\bar{m}_{el}=\frac{\bar{m}_{el}}{\bar{m}_{\Sigma}}\bar{m}_{\Sigma}=\bar{x}_{el}\bar{m}_{\Sigma}=\bar{n}_{el}\bar{m}_{\Sigma} \tag{17}$$

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.

$$\bar{a}_{el}=\bar{m}_{el}\bar{m}_{\Sigma}\bar{\gamma}_{el_{\pm}}^{2}=\bar{n}_{el}{}^{-}m_{\Sigma}{}^{-}m_{\Sigma}\left(\frac{\bar{m}_{el}^{bin}}{\bar{m}_{\Sigma}}\right)^{2}-\gamma_{el_{\pm}}^{bin^2}=\bar{n}_{el}{}^{-}m_{el}^{bin^2}-\gamma_{el_{\pm}}^{bin^2} \tag{18}$$

$$K_{d}^{el}=\frac{\bar{a}_{el}}{a_{el}}=\frac{\bar{n}_{el}\bar{m}_{el}^{bin^2}}{m_{el}^{2}}\frac{\bar{\gamma}_{el_{\pm}}^{bin^2}}{\gamma_{el_{\pm}}^{bin^2}} \tag{19}$$

$$\bar{n}_{el}=\frac{K_{d}^{el}m_{el}^{2}\gamma_{el_{\pm}}^{bin^2}}{\bar{m}_{el}^{bin^2}\bar{\gamma}_{el_{\pm}}^{bin^2}} \tag{20}$$

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

$$\bar{m}_{el}=\frac{\bar{n}_{el}W}{\bar{n}_{w}^{\Sigma}} \tag{22}$$

$$\bar{m}_{\Sigma}=\frac{W}{\bar{n}_{w}^{\Sigma}} \tag{23}$$

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 ~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:

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

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:

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

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

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

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

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

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 koeffisientlarning qiymatlarini bilgan holda aniqlash mumkin. Shuningdek A va B koeffisientlarning 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 koeffisientning 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.

IV. AMALIY MASHG’ULOTLAR

1-amaliy mashg’ulot: Fizik kimyoning termodinamik qonunlari

1-amaliy mashg‘ulotning maqsadi: Tuirli jarayonlarda bajarilgan ish, issiqlik va ichki energiya orasidagi bog‘lanishlarni tahlil qilish. Termodinamik sistemaning energetik balansini tuzish.

NAZARIY QISM

Termodinamikaning birinchi qonuni. Ichki energiya, ish va issiqlik orasidagi o‘zaro bog‘lanish termodinamikaning birinchi qonuni asosida o‘rnatiladi. Termodinamikaning birinchi qonuni insoniyatning ko‘p asrlik tajribasidan kelib chiqqan postulatdir. Kimyoviy termodinamika uchun juda ham muhim bo‘lgan ta’riflardan biri ichki energiya orqali ifodalanadi: ichki energiya holat funksiyasi bo‘lib, uning o‘zgarishi jarayonning yo‘liga bog‘liq bo‘lmasdan, sistemaning boshlang‘ich va oxirgi holatlarigagina bog‘liqdir. Sistema ichki energiyasining o‘zgarishi ΔU atrof muhit bilan issiqlik Q va ish W almashinish hisobiga sodir bo‘lishi mumkin. Agar sistema olgan issiqlikni va sistema bajargan ishni musbat desak, unda termodinamikaning birinchi qonunidan sistemaning tashqaridan olgan issiqligi ichki energiyaning o‘zgarishiga va sistema bajargan ishga sarflanadi. Termodinamika birinchi qonunini matematik nuqtai nazardan integral ko‘rinishda

$$Q = \Delta U + W$$

differensial ko‘rinishda

$$\delta Q = dU + \delta W$$

va faqat tashqi bosimga qarshi kengayish ishi bajarilayotgan xususiy hol uchun

$$\delta Q = dU + pdV$$

ko‘rinishlarda analitik ifodalash mumkin. (2) va (3) tenglamalarda dU sistema ichki energiyasining to‘liq differensialidir, to‘liq differensialning xossalari esa, holat funksiyasining xossalariga mos keladi, bunda funksiyaning o‘zgarishi faqat boshlang‘ich va oxirgi shartlarga bog‘liqligini va jarayonning yo‘liga bog‘liq emasligini ta’kidlab o‘tamiz. Ichki energiyadan farqli, issiqlik va ish holat funksiyalari emas, ular jarayonning yo‘liga bog‘liq, ammo ularning ayirmasi jarayonning yo‘liga bog‘liq emas ekanligi yuqoridagi tenglamalardan kelib chiqadi.

Issiqlik sig‘imi. Termokimyoviy va termodinamik hisoblarda gazsimon, qattiq va suyuq jismlarning issiqlik sig‘imlaridan foydalaniladi. Bir birlik moddani 1K ga isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori issiqlik sig‘imi deyiladi. Solishtirma va molyar issiqlik sig‘imlari bor. Fizik-kimyoviy va termodinamik hisoblarda molyar issiqlik sig‘imlaridan foydalaniladi. Gazsimon moddalar uchun C_v bir xil va taxminan ~ 6,4 kall*/(g.atom.grad*) ga tengligini ko‘rsatadi. Ammo, Dyulong va Pti qonuni juda ham taxminiydir. Bundan tashqari, Dyulong va Pti bo‘yicha issiqlik sig‘imi haroratga bog‘liq emas. Ushbu qonun faqat yuqori haroratlardagina to‘g‘ri natijalarga olib keladi. Harorat pasayganda, ayniqsa absolyut nol yaqinida, kristall moddalarning issiqlik sig‘imi C_v keskin kamayadi. Juda past haroratlarda kinetik nazariyaning xulosalari mutlaqo ishlamay qoladi. Ushbu natijalarni kvant nazariyasi asosidagina tushuntirish mumkin. 1907 yilda Eynshteyn birinchi bor kvant nazariyasini qattiq jismlarning issiqlik sig‘imlarini hisoblash uchun qo‘llagan. Keyinchalik Debay uni rivojlantirgan va tajriba bilan juda yaqin natijalarni olgan. Eynshteyn va Debay formulalaridan turli qattiq moddalar uchun C_v ni yetarli aniqlikda hisoblash mumkin. C_v ning qiymatlaridan empirik tenglamalar yordamida C_p ni topish mumkin.

Suyuqliklar uchun issiqlik sig‘imi nazariyasi hozirgi kungacha yaratilmagan bo‘lib, faqat ayrim qonuniyatlar mavjud. Suyuqliklarning issiqlik sig‘imi qattiq moddalarnikidan yuqoriroqdir. Suyuqliklar kichik haroratlar oralig‘ida mavjud bo‘lganligi sababli, ularni issiqlik sig‘imlarining haroratga bog‘liqligini hisobga olmasa ham bo‘ladi (juda ham aniq bo‘lmagan hisoblarda).

Chin va o‘rtacha issiqlik sig‘imlari mavjud: 1 mol moddaga berilishi kerak bo‘lgan cheksiz kichik issiqlik miqdorini haroratning cheksiz kichik ortishiga nisbati chin molyar issiqlik sig‘imi deyiladi:

$$C = \delta Q/dT, \ J/(mol \cdot K)$$

va 1 mol moddaga berilgan ma’lum miqdordagi issiqlikni T_2-T_1 haroratlarning farqiga nisbati T_1 dan T_2 gacha bo‘lgan haroratlar oralig‘idagi o‘rtacha molyar issiqlik sig‘imi $\bar{C}$ deyiladi:

$$\bar{C} = Q/T_2\text{-}T_1$$

O‘zgarmas hajmda jismga uzatilgan issiqlik miqdori uni ichki energiyasining ortishiga teng:

$$Q_v = \Delta U$$

O‘zgarmas bosimda jismga uzatilgan issiqlik miqdori uning entalpiyasi ortishiga teng:

$$Q_p = \Delta H$$

Bundan o‘zgarmas hajm va bosimda chin molyar issiqlik sig‘imi uchun:

$$C_v = (\partial U/\partial T)_v; \ C_p = (\partial H/\partial T)_p$$

Agar hajm va bosimning o‘zgarmasligi ko‘rsatilgan bo‘lsa, harorat bo‘yicha xususiy hosilani to‘liq differensial bilan almashtirib bo‘ladi va n mol modda uchun:

$$V = const \text{ da:} \quad dQ_v = dU = nC_v dT$$

$$P = const \text{ da:} \quad dQ_p = dH = nC_p dT$$

deb yozish mumkin. Yoki integral ko‘rinishda:

$$Q_v = \Delta U = n\int_{T_1}^{T_2} C_V dT \qquad Q_p = \Delta H = n\int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Agar ko‘rilayotgan haroratlar oralig‘ida issiqlik sig‘imini o‘zgarmas deb (taqriban) hisoblasak,

$$Q_v = \Delta U = nC_v(T_2 - T_1); \qquad Q_p = \Delta H = nC_p(T_2 - T_1)$$

Hisob-kitoblarda C_p ni tajribada aniqlangan C_V qiymatlari bo‘yicha va aksincha, topiladi. Buning uchun (C_p-C_v) issiqlik sig‘imlarning farqini bilish kerak.

Buning uchun H = U+pV tenglamadan harorat bo‘yicha (p=*const* da) xususiy hosila olamiz (1 mol modda uchun):

$$(\partial H/\partial T)_p = (\partial U/\partial T)_p + p(\partial V/\partial T)_p \qquad [1]$$

kelib chiqadi.

Yuqoridagi $C_V = (\partial U/\partial T)_v$; $C_p = (\partial H/\partial T)_p$ tenglamalardan

$$C_p - C_v = (\partial H/\partial T)_p - (\partial U/\partial T)_v \qquad [2]$$

hosil qilamiz va (1) qiymatlarni (2) ga qo‘ysak (3) chiqadi:

$$C_p - C_v = (\partial U/\partial T)_p - (\partial U/\partial T)_v + p(\partial V/\partial T)_p \qquad [3]$$

Qattiq va suyuq moddalar uchun C_p-C_v farq kichik, chunki ularning hajmlari harorat ta’sirida deyarli o‘zgarmaydi.

Gazlar uchun C_p-C_V farq katta va uni hisobga olish kerak. Ideal gazning ichki energiyasi hajm va bosimga bog‘liq emas. Shuning uchun (3) tenglamaning o‘ng tarafidagi 1- va 2-xadlar orasidagi farq nolga teng.

1 mol ideal gazning holat tenglamasini T bo‘yicha differensiallasak, (4) ni hosil qilamiz:

$$p(\partial V/\partial T)_p = R \qquad [4]$$

Ushbu (16) tenglamani (15) ga qo‘yib, ideal gaz uchun Cp-Cv=R= 8,314 J/(mol·K) hosil qilamiz.

Gaz va qattiq jismlar issiqlik sig‘imining molekulalar harakati bilan bog‘liqligi. Ideal gazning o‘zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig‘imini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Cv = C_{il.} + C_{ayl.} + C_{tebr.} + C_{el.o'tish} \qquad [5]$$

bu yerda: $C_{il.}$ –molekulalarning ilgarilanma harakati bilan bog‘liq bo‘lgan gazning issiqlik sig‘imi; $C_{ayl.}$–molekulalarning aylanma harakati bilan bog‘liq issiqlik sig‘imi; $C_{tebr.}$–molekulalardagi atomlarning tebranma harakati bilan bog‘liq issiqlik sig‘imi; $C_{el.o'tish}$–molekulalardagi elektronlarning o‘tishi bilan bog‘liq issiqlik sig‘imi.

Elektronlarning yuqoriroq energiyali pog‘onaga o‘tishi nisbatan yuqori haroratlarda sodir bo‘ladi (2000K dan katta). Bunday haroratlar bilan amalda duch kelmaganligimiz sababli, (2) dagi oxirgi qo‘shiluvchini e’tiborga olmasak bo‘ladi.

Molekulyar-kinetik nazariyaga binoan 1 mol gaz uchun 1 ta erkinlik darajasiga to‘g‘ri keladigan issiqlik sig‘imi 1/2R ga teng. Molekulyar kinetik nazariyada erkinlik darajasi deb, molekulaning murakkab harakatidagi alohida ajratib qarash mumkin bo‘lgan mustaqil harakat turlarining soni tushiniladi. Gazlarning molekulalari 3 ta ilgarilanma erkinlik darajasiga (3 ta perpendikulyar yo‘nalishlardagi koordinata o‘qlari) ega. Shuning uchun gazning molyar issiqlik sig‘imi 2/3 R ga teng (ilgarilanma harakat uchun). Chiziqli bo‘lmagan ko‘p atomli molekulalar 3 ta ilgarilanma erkinlik darajasidan tashqari, 3 ta aylanma erkinlik darajasiga ega. Shuning uchun ko‘p atomli chiziqli bo‘lmagan molekulalardan iborat gazning molyar issiqlik sig‘imi 6/2 R ga teng. 2 atomli va 3 atomli chiziqli molekulalar 2 ta aylanma erkinlik darajasiga ega, chunki atomlarning markazidan o‘tuvchi o‘qning atrofidagi molekulaning inersiya momenti juda kichik va uni hisobga olmasa bo‘ladi. Shuning uchun chiziqli molekulalardan iborat aylanma harakat bilan bog‘liq gazning issiqlik sig‘imi R ga teng.

AMALIY QISM

Ideal gazning turli jarayonlardagi kengayish ishi, jarayon issiqligi va ichki energiyaning o‘zgarishi quyidagi jadvalda berilgan.

Jadval

Jarayonlar energetik balansining sxemasi

Jarayon	Izobar	Izoterm	Adiabat
Hajm o‘zgarishi ishi	$W_p=p\Delta V=nR(T_2-T_1)$	$W_T=RTln(V_2/V_1)$	$W_s= nC_V(T_1-T_2)$
Jarayon issiqligi	$Q_p = nC_p(T_2-T_1)$	$Q_T= W_T$	$Q_s= 0$
Ichki energiya-ning o‘zgarishi	$\Delta U = nC_V(T_2-T_1)$	$\Delta U = 0$	$\Delta U = -W_S$

Izoxorik jarayonda kengayish ishi bajarilmaydi $W_V=0$. Ideal gazning ichki energiyasi faqat haroratning funksiyasidir, Joul qonuni bo‘yicha

$$(\partial U/\partial V)_T= (\partial U/\partial p)_T= 0; \qquad U_T= const \quad [6]$$

Ichki energiyaning o‘zgarishi izobarik va izoxorik jarayonlarda bir xil bo‘ladi:

$$\Delta U = nC_V(T_2-T_1) \quad [7]$$

Jarayon issiqligi ichki energiyaning o‘zgarishiga teng bo‘ladi:

$$Q_V= \Delta U = nC_V(T_2-T_1) \quad [8]$$

Puasson tenglamalari. Ideal gazning adiabata tenglamasini chiqarish uchun $\delta Q = pdV+C_V dT$ dan $\delta Q = 0$ bo‘lganligi sababli, $-nC_VdT = pdV$ tenglamadan:

$$pdV+C_VdT = 0 \qquad [9]$$

(9) ga $p = RT/V$ qo‘yib, T ga bo‘lsak, $(RdV/V)+C_VdT/T = 0$ va $R = C_p-C_V$ bo‘lgani uchun

$$(C_p-C_V)dV/V+C_VdT/T = 0 \qquad [10]$$

(10) ni C_V ga bo‘lib, $C_p/C_V = \gamma$ deb belgilaymiz:

$$(\gamma-1)dV/V+dT/T = 0 \qquad [11]$$

(11) ni integrallasak,

$$lnV^{\gamma-1}+lnT = const \quad yoki \quad TV^{\gamma-1}= const \qquad [12]$$

hosil bo‘ladi.

Xuddi shu yo‘l bilan

$$T_p^{(1-\gamma)/\gamma} = const \qquad [13$$

tenglamasini chiqaramiz.(11) ni (12) ga bo‘lsak

$$pV^{\gamma} = const \qquad [14]$$

ni olamiz. (12-14) tenglamalar Puasson tenglamalari deyiladi.

TOPSHIRIQ

Yuqoridagi nazariy ma’lumotlarni tahlil qilgandan so‘ng tinglovchilarga 1 mol ideal gaz termodinamik sistemasi uchun asosiy izoparametrik jarayonlarning energetik balansini tuzish bo‘yicha individual topshiriq beriladi.

Individual topshiriqda har bir tinglovchi o‘zining familiyasi, ismi va sharifini yozadi. Tinglovchining familiyasidagi xarflarning soni sistemaning temperaturasini, ismidagi xarflarning soni gazning mollar sonini va sharifidagi xarflarning soni gazning hajmini (litrlarda) belgilaydi.

Masalan	a) Rajabov	b) Nusrat	v) Ilhomovich
	$T=7^0C$	n=6	V=9

v) ni 3 ga bo‘lgandagi qoldiq (0 ga teng) gazning atomligini bildiradi:

Qoldiq quyidagilarga teng bo‘lishi mumkin: 1 2 0

Gazning atomliligi quyidagicha bo‘ladi: 1 2 3

Demak, bu misolda gazning atomliligi 3 ga teng ekan.

Hisoblarning natijalari yuqorida ko‘rsatilgan energetik balans ko‘rinishida yoziladi. Hisoblashlarda barcha jarayonlar uchun gaz 2 marta kengayadi deb olinadi. Tinglovchilar bilan birgalikda izobar kengayishda temperatura $T_2=T_1\times2$ ga va adiabatik kengayishda $T_2=T_1\times2^{1-\gamma}$ ga teng ekanligi aniqlanadi. Hisoblashlarda quyidagi jadvalda berilgan ma’lumotlardan foydalaniladi:

Gazning atomliligi	$\gamma=C_p/C_v$	C_p	C_v	$2^{1-\gamma}$
1	1,667	4,968	2,981	0,6300
2	1,400	6,955	4,968	0,7579
3	1,333	7,948	5,961	0,7937

Tekshirishni osonlashtirish maqsadida energetik balansning hamma elementlarini qamrab oluvchi 1 mol gaz uchun mumkin bo‘lgan barcha hollarga hisoblangan **natijalar ilovada keltirilgan jadvalda berilgan**.

2-amaliy mashg’ulot: Fizikaviy kimyoning dolzarb mavzularga bag‘ishlangan yangi zamonaviy ilmiy yo‘nalishlari

Izotermik jarayon (T=const)

Ideal gaz uchun dU=0, shuning uchun δQ=δW, ya’ni berilgan barcha issiqlik miqdori tenglama bilan aniqlanadigan ishga aylanadi.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV$$

Bu holatda $p = \frac{nRT}{V}$, topamiz

$$W = \int_{V_1} \frac{nRT}{V}\,dV = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

1. Izoxorik jarayon (V=const)

Bunday jarayonda δW=pdV=0, u holda

$$\delta Q_V = dU$$

$$Q_V = \Delta U = U_2 - U_1$$

Bu izoxorik protsessda sistemaga berilgan issiqlikning hammasi faqat uning ichki energiyasini orttirishga sarflanishini bildiradi.

Bundan o‘zgarmas hajm C_V da issiqlik sig‘imi ifodasi kelib chiqadi.

$\delta Q_V = dU$ tenglamasi va issiqlik sig‘imining ta’rifiga ko‘ra:

$$C_V = \lim_{\Delta T \to 0} \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right) = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

O‘zgarmas hajmdagi issiqlik sig‘imi ichki energiyaning ortishini xarakterlaydi.

Ideal gaz uchun $\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = 0$, va shuning uchun C_V uchun ifodada xususiy hosilani to‘liq hosila bilan almashtirish mumkin, ya’ni. $C_V = \frac{dU}{dT}$.

T_1 haroratdan T_2 haroratgacha qizdirilganda jismning ichki energiyasining ortishi integralning qiymati bilan aniqlanadi:

$$U_2 - U_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT .$$

Integralning son qiymatini topish uchun C_V ning T ga bog‘liqlik ko‘rinishini bilish kerak..

1- misol.

Agar kremniyning erish harorati 1690 K, erish issiqligi 50,21 kJ/mol bo‘lsa, 100 g kremniyni 25 C dan 2000 C gacha qizdirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini hisoblang.

$C_{P(тв)}$=23,698+3,305·10^{-3}T Дж/моль·К, $C_{p(ж)}$=27,2 Дж/моль·К.

Kremniyni qizdirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori qattiq kremniyni 25°S (298 K) dan 1690°S gacha qizdirish uchun zarur bo‘lgan issiqlikdan, erish issiqligidan va suyuq kremniyni 2000°S (2273 K) gacha qizdirish uchun zarur bo‘lgan issiqlikdan iborat bo‘ladi.

$$Q = \int_{298}^{1690} C_{p(тв)} dT + q_{пл} + \int_{1690}^{2273} C_{p(ж)} dT$$

$$Q_1 = \int_{298}^{1690} (23,698 + 3,305 \cdot 10^{-3} T) dT = 23,698 \cdot (1690 - 298) + \frac{3,305 \cdot 10^{-3}}{2} (1690^2 - 298^2) = 37561 \frac{Дж}{моль}$$

Q_2 = 50210 j/mol

$$Q_3 = \int_{1690}^{2273} 27,2 dT = 27,2 \cdot (2273 - 1690) = 15857,6 \text{ j/mol}$$

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ = 37561+50210+15857,6 = 103628,6 j/mol

Biz 1 mol Si ni qizdirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini oldik. 100 g kremniy tarkibidagi mollar soni:

$$n_{Si} = \frac{m_{Si}}{A_{Si}} = \frac{100}{28} = 3,57 \text{ mol}$$

Shunday qilib

Q = 103628,6·3,57 = 369954 j

2- misol.

Standart termodinamik kattaliklar jadvalidan foydalanib, 500 K temperaturada 2H2 (gaz) +CO (gaz) =CH3OH (gaz) reaksiya entalpiyasining o‘zgarishini hisoblang.

	H_2	CO	CH_3OH
$\Delta H°_{298}$, кДж/моль	0	-110,5	-201,2
a	27,28	28,41	15,28
$b \cdot 10^3$	3,26	4,10	105,2
$c' \cdot 10^{-5}$	0,502	-0,46	-
$c \cdot 10^6$	-	-	-31,04

Standart sharoitdagi reaksiyaning issiqlik effekti:

$\Delta H°_{298(р\text{-}ции)} = (-201,2)-(-110,5)= -90,7$ кДж= -90700 Дж

$\Delta a = 15,28-28,41-2 \cdot 27,28 = -67,69$

$\Delta b = 105,2-4,10-2 \cdot 3,26 = 94,58$

$\Delta c' = 0,46-2 \cdot 0,502 = -0,544$

$\Delta c = -31,04$

$\Delta C_p = -67,69+94,58 \cdot 10^{-3} \cdot T-0,544 \cdot 10^5 T^{-2}-31,04 \cdot 10^{-6} T^2$

$$\Delta H^\circ_{500} = \Delta H^\circ_{298} + \int_{298}^{500} \left(-67,69+94,58 \cdot 10^{-3} T - 0,544 \cdot 10^5 T^{-2} - 31,04 \cdot 10^{-6} T^2\right) dT$$

$$\Delta H^\circ_{500} = -90700 - 67,69 \cdot (500 - 298) + \frac{94,58 \cdot 10^{-3}}{2}(500^2 - 298^2) + 0,544 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\frac{31,04 \cdot 10^{-6}}{3}(500^3 - 298^3) = 97844 \text{ Дж}$$

3- misol.

1 mol azot 25 °C va noma’lum hajmdan 200 °C va V2=50 l ga o‘tganda entropiyaning o‘zgarishini toping.

Bu masalani ikki usul bilan yechish mumkin. Bosim doimiy degan shartdan foydalanish mumkin, lekin u holda hajm nima uchun berilgan, degan savol tug‘iladi.

Masalani ikkiga ajratib yechish mumkin: avval izoxorik qizdirish, so‘ngra izotermik kengayish qaraladi.

Ikki usul bilan yechamiz va natija bir xil bo‘lishiga ishonch hosil qilamiz.

1-usul.p=const. $\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{2} R \ln \frac{473}{298} = \frac{7}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{473}{298} = 13,44$ Дж/К

Azot ikki atomli gaz, shuning uchun $C_V=5/2R$, a $C_p=C_v+R=7/2R$

2- usul.

1. Izoxorik qizdirish

$$\Delta S_1 = nC_V \ln\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{2}R\ln\frac{473}{298} = \frac{5}{2}\cdot 8{,}31\cdot\ln\frac{473}{298} = 9{,}6 \text{ Дж/К}$$

2. Izotermik kengayishni tekshirishdan oldin noma'lum birinchi hajmni topish kerak. Buni bosim o'zgarmas degan shartdan va Mendeleev-Klayperon tenglamasidan foydalanib bajarish mumkin.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{50}{V_1} = \frac{473}{298} \Rightarrow V_1 = 31{,}5 \text{ л.}$$

$$\Delta S_2 = nR\ln\frac{V_2}{V_1} = 8{,}31\cdot\ln\frac{50}{31{,}5} = 3{,}84 \text{ Дж/К}$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 9{,}6 + 3{,}84 = 13{,}44 \text{ Дж/К}$$

Yechimdan ko'rinib turibdiki, ikkala usulda ham bir xil natija olingan. Bu mumkin, chunki entropiya holat funksiyasidir.

3-amaliy mashg'ulot: Kvant nuqtalari sintezi, xossalari va qo'llanilishi.

Amaliy mashg'ulotlarning maqsadi: Ionlar va elektrolit eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi va boshqa hossalariga turli faktorlar ta'sirini tahlil qilish.

NAZARIY QISM

Elektrolit eritmasidagi ionlar tartibsiz harakatda bo'ladi. Eritma orqali elektr toki o'tkazilganda ionlarning harakati tartiblashib, ular katod va anod tomon yo'naladi va elektr zaryadini tashib, eritmaning elektr o'tkazishiga sabab bo'ladi. Elektrolit eritmasidan o'zgarmas tok o'tkazilgan taqdirda elektroliz hodisasi sodir bo'ladi.

Birinchi tur o'tkazgichlarda, ya'ni metallarda, elektr toki elektronlarning manfiy qutbdan musbat qutbga o'tkazgich bo'ylab yo'nalgan harakati natijasida tashib o'tiladi. Ikkinchi tur o'tkazgichlar – elektrolit eritmalarida esa, elektr toki ionlarning harakati tufayli tashib o'tiladi. Anionlar elektr maydoni ta'sirida

musbat zaryadlangan elektrodga – anodga, kationlar esa manfiy zaryadlangan elektrodga – katodga harakat qiladilar.

Elektr toki haqida umumiy tushunchalar

Ideal komponentli elektr zanjirida o‘zgarmas tok o‘tayotgandagi hodisalarni ifodalash uchun zaryad *Q*, tok kuchi *I*, kuchlanish *U* va qarshilik *R* kabi kattaliklar kiritilgan. O’zgarmas elektr toki uchun ideal sig‘im *C* cheksiz qarshilik bo‘lib xizmat qiladi, ideal induktivlik *L* esa, cheksiz kichik qarshilik bo‘ladi. Elektr tokining fundamental qonuni Om qonunidir: $E=IR$. Sig‘im yoki kondensatorlar o‘zgarmas tok uchun cheksiz katta qarshilik bo‘lib xizmat qiladi, ammo ushbu sig‘imlar vaqt o‘tishi bilan o‘zgaruvchan tokni o‘tkazib yuboradi, bu holda ushbu sig‘imlar sig‘im qarshiligini namoyon qiladi.

Zanjirning induktiv elementi o‘zgaruvchan tokka qarshilik ko‘rsatadi. Zanjirning induktiv elementi yoki induktivlik g‘altagi, magnit maydon kabi, elektr tokining oqimi natijasida hosil bo‘layotgan energiyani yig‘adi. Yig‘ilgan energiya tokning har qanday o‘zgarishiga qarshilik ko‘rsatadi, chunki tokning o‘zgarishi magnit maydonning o‘zgarishiga olib keladi. Induktiv elementdagi magnit maydoni kattaligini bir onda o‘zgartirish mumkin bo‘lmagan masaladir, chunki ushbu elementga cheksiz katta potensiallar farqi ta’sir etish kerak bo‘ladi.

Har qanday elektr zanjirini impedans bilan tavsiflanadi: impedans omik qarshilik (yoki aktiv qarshilik), sig‘im va induktiv qarshiliklarning yig‘indisiga teng. Omik qarshilik o‘zgaruvchan toklar yoki o‘zgarmas toklar o‘tayotganda ham kuzatiladi. Zanjirdan o‘tayotgan tok signallarining chastotasi ortgan sari sig‘im qarshiligi kamayadi, induktiv qarshilik, aksincha, ortadi.

Solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik

Elektr tokini o‘tkazish qobiliyati qarshilik yoki elektr o‘tkazuvchanliklar bilan xarakterlanadi. Har qanday o‘tkazgichning qarshiligi uning uzunligiga *l* to‘g‘ri proporsional va yuzasiga *S* teskari proporsionaldir:

$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad [1]$$

bu yerda ρ solishtirma qarshilik bo‘lib, o‘tkazgichning uzunligi va yuzasi bir birlikka teng bo‘lganda *R* ga teng.

Elektr o‘tkazuvchanlik qarshilikka teskari bo‘lgan kattalikdir:

$$\omega = \frac{1 \cdot S}{\rho \cdot l} \qquad [2]$$

Elektr o‘tkazuvchanlik ω simenslarda o‘lchanadi (*1 Sm =1 Om* $^{-1}$).

Solishtirma qarshilikka ρ teskari bo‘lgan kattalik solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik *χ* deyiladi va u yuzasi *1 sm*^{2} va *1sm* masofada joylashtirilgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi *1sm*^{3} hajmli eritmaning elektr o‘tkazuvchanligiga teng bo‘ladi:

Solishtirma qarshilikka ρ teskari bo‘lgan kattalik solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik *æ* deyiladi va u yuzasi *1 sm*^{2} va *1sm* masofada joylashtirilgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi *1sm*^{3} hajmli eritmaning elektr o‘tkazuvchanligiga teng bo‘ladi:

$$æ = \frac{1}{\rho} \, (Om^{-1} sm^{-1} \text{ yoki } Sm \cdot sm^{-1}) \qquad (3)$$

Om qonuniga binoan, o‘tkazgichdan o‘tayotgan tokni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I = \frac{U}{R} = U\omega = U \, æ \frac{S}{l} \qquad (4)$$

va bu holda,

$$\frac{I}{S} = j = æ \frac{S}{l} \qquad (5)$$

bu yerda: *j= I/S* – tok zichligi (*A/sm*^{2}), *U/l* – maydon kuchlanganligi (*V/sm*).

Elektr maydonning kuchi ta'sir qilguncha eritmadagi ionlar xaotik issiqlik harakati holatida bo'ladilar. Maydon ta'sirida ionlar harakati yo'nalgan holatga keladi. Bu harakatning tezligi maydon kuchlanganligiga proporsional bo'ladi:

$$U_{yo'nalgan} = u \cdot U / l,$$

bu yerda u – ionning elektr harakatchanligi deyiladi va u maydon kuchlanganligi bir birlikka teng bo'lgandagi ionning harakat tezligiga tengdir.

Kation va anionlar tashib o'tayotgan tokning zichligi ularning zaryadiga z, konsentrasiyasiga $C(mol/sm^3)$ va yo'nalgan harakat tezligiga $u \cdot U/l$ proporsionaldir.

$$j_+ = z_+ C_+ u_+ \frac{U}{l} F; \qquad j_- = Z_- C_- v_- \frac{U}{l} F \qquad (6)$$

bu yerda: F – Faradey soni; u_+ va v_- – kation va anionlarning harakatchanligi.

Ikki xil ishoradagi ionlarning umumiy zichligi ($z_+c_+=z_-c_-=z_ic_i$ bo'lgani uchun)

$$j = j_+ + j_- = z_i C_i \frac{U}{l} F(u_+ + v_-) \qquad (7)$$

ga teng bo'ladi.

(5) va (7) tenglamalarni solishtirib, eritmaning solishtirmaelektr o'tkazuvchanligini keltirib chiqaramiz:

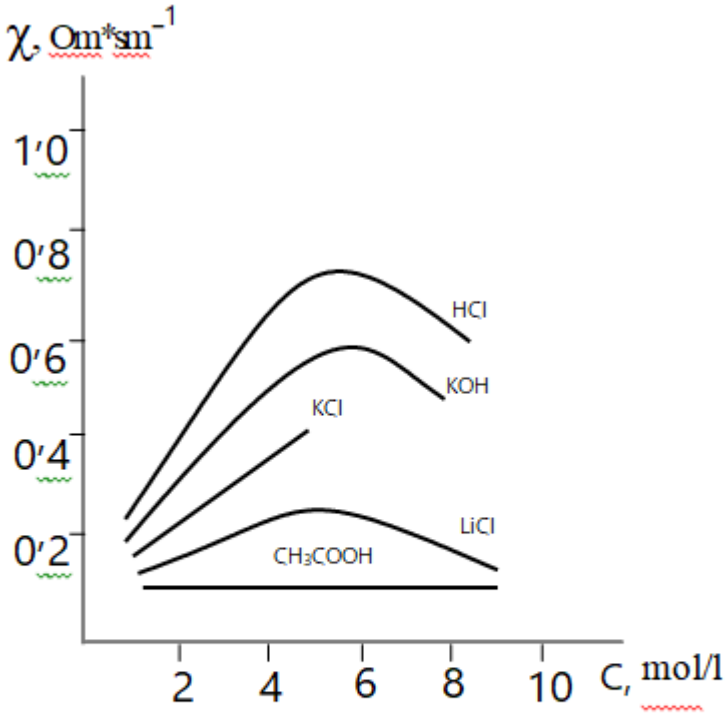
$$æ = z_i C_i F(u_+ + v_-) \qquad (8)$$

Kuchli elektrolitlar eritmalarda to'liq dissosilanadi (konsentrasiya juda katta bo'lmagan taqdirda), shuning uchun har qaysi ishorali ionlarning konsentrasiyasini C (molyar) orqali ifodalashimiz mumkin: $C_i = \nu_i C/1000$, bu yerda ν_i – elektrolit molekulasidagi ayni ishorali ionlarning soni. Demak,

$$æ = z_i \nu_i CF(u_+ + v_-)/1000 = zCF(u_+ + v_-)/1000 \qquad (9)$$

bu yerda: $z_i v_i = z$ – *1 mol* dagi *g-ekv* lar soni. (9) tenglamadan shunday xulosa chiqarish mumkin: kuchli elektrolitning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi elektrolitning konsentrasiyasiga va ionlarning harakatchanligiga bog‘liq.

Konsentrasiya ortishi bilan ionlar o‘rtasidagi elektrostatik ta’sirlar natijasida ularning harakatchanligi kamayadi. Bu ta’sirlar solishtirma elektr o‘tkazuvchan- likning konsentrasiyaga bog‘liqlik grafigida maksimumlar paydo bo‘lishiga olib keladi (6-*rasm*).



6-rasm. **Kuchli va kuchsiz elektrolitlar solishtirma elektr o‘tkazuvchanligining elektrolit konsentrasiyasiga bog‘liqligi.**

Konsentrasiya kam bo‘lganda ionlar orasidagi masofa katta bo‘ladi, elektro-statik ta’sirlar kuchsiz va kon-sentrasiya ortishi bilan solishtirma elektro‘tkazuvchanlikning qiymati ko‘payadi. Konsentrasiya yanada ko‘paytirilganda ionlararo ta’sir kuchayadi va ionlarning ha- rakatchanligi konsentrasiya ortishiga nisbatan ko‘proq kamayib ketadi. Kuchsiz elektrolitlarni qutbli erituvchilarda eritilganda (dielektrik o‘tkazuvchanligi katta bo‘lgan) ham

molekulalarning bir qismi dissosilanmaydi. Kuchsiz elektrolitlarning dissosilanish darajasi (ionlarga ajralgan molekulalarning sonini eritilgan molekulalarning umumiy soniga nisbati) konsentrasiyaga bog‘liqdir. Konsentrlangan eritmalarda $\alpha<<1$ bo‘ladi va konsentrasiya $C\to 0$ intilganda $\alpha\to 1$.

(8) tenglamadagi C_i o‘rniga uning $C_i = \alpha v_i C/1000$ qiymatini qo‘ysak, kuchsiz elektrolitlar uchun solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik tenglamasini keltirib chiqaramiz:

$$æ = z_i v_i \frac{\alpha CF(u_+ + v_-)}{1000} - z_i \frac{\alpha CF(u_+ + v_-)}{1000} \qquad (10)$$

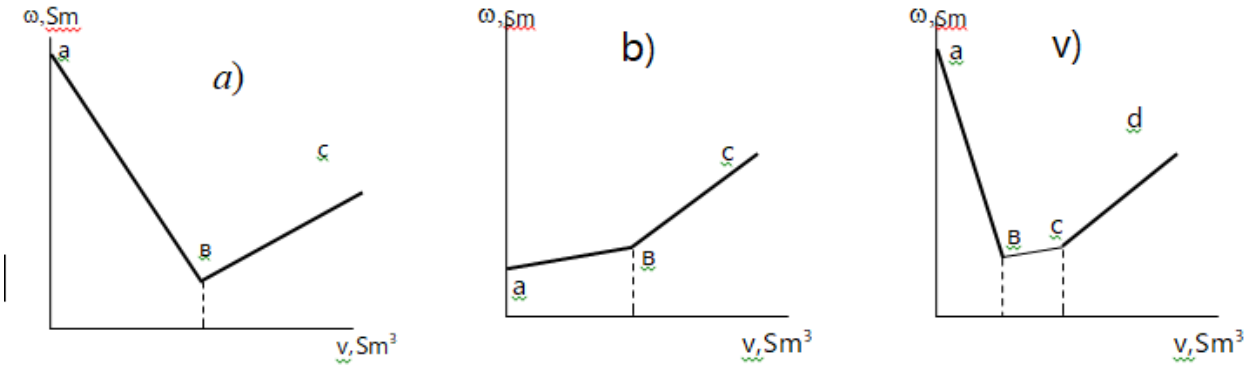
Kuchsiz elektrolit eritmalarida ionlarning konsentrasiyasi kam, orasidagi masofa esa katta bo‘lganligi sababli ionlararo elektrostatik ta’sirlar bo‘lmaydi. Shuning uchun ionlarning harakatchanligi eritmaning konsentrasiyasiga bog‘liq

emas. (10) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi αC ko‘paytmasiga bog‘liq. Eritmaning konsentrasiyasi unchalik katta bo‘lmaganda konsentrasiya ortib borishi bilan αC ko‘paytmaning qiymatlari ko‘payadi va solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik ortadi. Lekin yuqori konsentrasiyalarda bu ko‘paytma kamayadi va shu sababli, kuchsiz elektrolitlarning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligi, xuddi kuchli elektrolitlardagi kabi, maksimal qiymatga yetgandan so‘ng kamayadi.

Konduktometrik titrlash

Bu usul bilan rangli yoki loyqa eritmalardagi elektrolit konsentrasiyasini aniqlash va indikator tanlash qiyin bo‘lgan hollarda kislotalar aralashmasini titrlash mumkin. Titrlash natijasida bir turli ionlarning ikkinchi turli ionlarga almashinishi elektr o‘tkazuvchanlikning o‘zgarishiga olib keladi va bu o‘zgarish ekvivalent nuqtani aniqlashga imkoniyat yaratadi. Masalan, *HCI* kislotasini

NaOH ishqori bilan titrlaganimizda vodorod ionlarining o‘rnini harakatchanligi kamroq bo‘lgan natriy ionlari egallaydi, chunki vodorod ionlari gidroksil ionlari bilan deyarli dissosilanmaydigan suvni hosil qiladi. Eritmadagi barcha H^+ ionlarning OH^- ionlari



9-rasm. **Kislotalarni kuchli asos bilan konduktometrik titrlashda elektr o‘tkazuvchanlikning o‘zgarishi:**

a) kuchli kislotaning eritmasi; *b*)kuchsiz kislotaning eritmasi; *v*) kuchli va kuchsiz kislotalar aralashmasi; *V*- titrlash uchun ketgan ishqorning hajmi.

bilan to‘la neytrallanishi kuzatilmaguncha eritmaning elektr o‘tkazuvchanligi kamayib boradi (9, *a-rasm*). Eritmaga ishqor quyishni yana davom ettirganimizda N^+ ionlarining o‘rnini egallagan Na^+ ionlari va ayniqsa OH^- ionlari hisobiga elektr o‘tkazuvchanlik yana ortib boradi. Lekin, OH^- ionlarining elektr o‘tkazuvchanligi H^+ ion-larining elektr o‘tkazuvchanligidan kichik ($\lambda_{OH^-} < \lambda_{H^+}$) bo‘lganligi sababli, ekvivalent nuqtadan keyingi (*вс*) elektr o‘tkazuvchanlikning ortib borishi, uning (*ав*) qismidagi elektr o‘tkazuvchanlikning kamayib borishidan sekinroq bo‘ladi (*вс* chiziq *ав* chiziqdan yotiqroq ko‘rinishga egadir).

Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlaganda (9, *b-rasm*), kam dissosilangan kuchsiz kislotaning o‘rniga uning kuchli dissosilanuvchi tuzi hosil bo‘lishi hisobiga elektr o‘tkazuvchanlik ortib boradi (*ав* qism). Ekvivalent nuqtadan so‘ng elektr o‘tkazuvchanlik gidroksil ionlarining paydo bo‘lishi hisobiga tezroq ortib ketadi va *вс* chiziq tikkaroq ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Kuchli va kuchsiz kislotalarning aralashmasini titrlaganda (9, *v-rasm*), birinchi navbatda, kuchli kislota ishqor bilan reaksiyaga kirishadi va kuchli kislota to‘la neytrallanib bo‘lgandan so‘ng, kuchsiz kislota ishqor bilan ta’sirlasha boshlaydi. Kuchli kislotaning neytrallanishi natijasida elektr

o‘tkazuvchanlik avvaliga kamayib boradi (*ав*), kuchsiz kislotaning titrlanishi natijasida hosil bo‘lgan kuchsiz kislotaning yaxshi dissosilanuvchi tuzi hisobiga elektr o‘tkazuvchanlik ortadi (*вс*). Ikkinchi ekvivalent nuqtadan (*c*) keyingi elektr o‘tkazuvchanlikning ortishi (*cd*) eritmadagi ortiqcha gidroksil ionlarining paydo bo‘lishi hisobiga boradi. Shunday qilib, *в* va *c* nuqtalar kuchli va kuchsiz kislotalar aralashmasini titrlaganda hosil bo‘lgan ekvivalent nuqtalardir.

Konduktometrik titrlash Kolraush sxemasi yordamida, elektrodlar tushirib qo‘yilgan idishda olib boriladi. Idishdagi elektrodlarni ko‘prikka ulagandan keyin harakatchan kontaktni reoxordning o‘rtasiga qo‘yiladi va magazinlar qarshiligi R_m ning tok kuchi kichik bo‘lgandagi qiymati tanlab olinadi. Keyin bir xil ulushlar bilan (eritmani aralashtirib turgan holda) byuretka orqali *0,5 ml* dan titri aniq bo‘lgan ishqor eritmasi tomizib boriladi. Har qaysi ulush tomizilgandan so‘ng qarshilik aniqlanadi va elektr o‘tkazuvchanlikning qiymatini ordinataga, ishqorning tomizilgan hajmini abssissa o‘qlariga qo‘yib, konduktometrik titrlash grafigi chiziladi. Bunda 9-*rasmda* ko‘rsatilgan siniq chiziqlar hosil bo‘ladi va chiziqlarning singan nuqtalari ekvivalent nuqtalarga mos keladi.

AMALIY MASHG’ULOT TOPSHIRIQLARI

Nazariy elektrokimyo bo‘yicha birinchi seminarning vazifasi ionlar va elektrolit eritmalarning ayrim hossalariga turli faktorlar ta’sirini tahlil qilishdan iborat. Topshiriq talabalarga matrisa shaklida berilgan qator savollarga javob berish orqali bajariladi. Matrisani avvaldan tayyorlab qo‘yish va unda vazifani bajarish bo‘yicha tavsiyalarni bayon qilish maqsadga muvofiqdir. O‘qituvchida to‘ldirilgan matrisa bo‘lishi kerak, chunki seminar davomida o‘qituvchida har doim ham talabalarning savollariga batafsil javob berishga va turli qonuniyatlarni atroflicha tahlil qilishga vaqt yetmaydi. Tayyor matrisa esa kerakli yo‘nalishni ko‘rsatib turadi. Quyidaqi jadvalning ustunlarida sanab o‘tilgan parametr va faktorlarning jadvalning qatorlarida ko‘rsatilgan kattaliklarga ta’sirini tahlil qiling. Alohida parametrning ta’siri ko‘rib

chiqilayotganda boshqa barcha parametrlarni o‘zgarmas deb hisoblang. Agar ko‘rib chiqilayotgan parametr son bilan tafsiflansa, parametrning o‘zgarishi ortish kabi qaraladi. Berilgan parametrlar o‘zgarishining ta’sirini quyidagicha ifodalang:

Jadval

Ionlar va elektrolit eritmalarning ayrim hossalariga turli faktorlar ta’sirini tahlil qilish.

№	Qonunlar va konstantalar	Ta’sir qiluvchi faktorlar*								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik									
2	Ekvivalent elektr o‘tkazuvchanlik									
3	Ionlarning tezliklari									
4	Ionlarning harakatchanligi									
5	Ionlarning chegaraviy harakatchanligi									
6	Kuchsiz elektrolitning dissotsilanish konstantasi									
7	Elektrolitning dissotsilanich darajasi									
8	Tashish sonlari									
9	Eritmaning ion kuchi									

*1. Erigan moddaning tabiati 2. Erituvchining tabiati

3. Temperatura (100°C gacha) 4. Muhitning qovushqoqligi

5. Elektrodlarga berilgan elektr yurituvchi kuch

6. Eritmaning konsentratsiyasi (2N gacha) 7. Ionlarning zaryadliligi

8. Elektrolitning mavjudligi 9. Eritmaning ion kuchi

ushbu kattalik ushbu parametrga bog‘liq bo‘lsa – **“Ha”**;

bog‘liq bo‘lmasa – **“Yo‘q”**;

ortishi bilan ortsa –

“ORTADI”;

kamaysa – **“KAMAYADI”** deb

yozing; agar ushbu kattalik bilan parametr orasiga mantiqiy aloqa mavjud bo‘lmasa – **CHIZIQCHA (-)** qo‘ying.

4-amaliy mashg’ulot: Polimer materiallar xossalarini termodinamik va kinetik jihatdan yoritish

Polimerlanish va polikondensatlanish reaksiyalarining asosiy xarakteristikasi monomerning polimerga aylanish tezligi bo‘lib, u polimer unumi, reaksiyaga kirishayotgan aralashmadagi monomer konsentratsiyasi va monomerning polimerga aylanish darajasi bilan ifodalanishi mumkin. Amalda polimerlanish tezligini turli usullar bilan aniqlash mumkin, masalan, gravimetrik, dilatometrik, termometrik, spektrofotometrik, xromatografik, kalorimetrik, dielektrik yo‘qotishlarni o‘lchash va

h.k. Bundan tashqari, monomerning polimerga aylanish darajasini reaksiyaga kirishmay qolgan qo‘shbog‘lar soniga qarab kimyoviy usullar: brommetrik, merkurimetrik va gidrolitik oksidlash usuli bilan ham nazorat qilish mumkin.

Massadagi bir qator vinil monomerlarining polimerlanishi monomerning polimerga aylanishining ma’lum darajalarida reaksiya tezligining keskin ortishi bilan tavsiflanadi. Bu hodisa "gel-effekt" nomini oldi. Bundan tashqari, kinetik egri chiziqlarning yo‘nalishi monomer tabiati, initsiator konsentratsiyasi va jarayonni o‘tkazish sharoitlari bilan belgilanadi. Gel-effekt nazariyasi asrimizning 30-yillari oxiri 40-yillari boshlarida ishlab chiqilgan. Chuqur polimerlanishning o‘ziga xos xususiyati o‘zgaruvchan bo‘lgan bir qator kinetik parametrlarning (kob, V, kr, [R]) o‘zgarishi bilan bog‘liqligi isbotlandi. Agar statsionar holat usulidan foydalanish sezilarli xatoga olib kelmaydigan holatni ko‘rib chiqsak (masalan, metilmetakrilatni (MMA) 20-50% konversiyagacha polimerlash), u holda kinetik parametrlarning o‘zgarishini hisobga olgan holda chuqur konversiya darajasigacha polimerlanishni miqdoriy jihatdan tavsiflash mumkin. Bu holda aylanishning dastlabki bosqichlaridayoq initsirlash tezligining o‘zgarishi mumkinligiga e’tibor berish kerak.

Ma'lumki, polimerlanish tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$-\frac{d[M]}{d\tau}=\frac{k_p}{k_o^{1/2}}\left(2fk_{расп}\right)^{1/2}[I]^{1/2}[M] \qquad (1)$$

Agar initsiatorning parchalanishi birinchi tartibli reaksiya bo'lsa, u holda:

$$-\frac{d[I]}{d\tau}=k_{расп}[I] \qquad (2)$$

$$[I]=[I_0]\exp\left(-k_{расп}\tau\right) \qquad (3)$$

(3) ni (1) ga qo'yib, quyidagini olamiz:

$$-\frac{d[M]}{d\tau}=\frac{k_p}{k_o^{1/2}}\left(2k_{рачп}f\right)^{1/2}[I]^{1/2}\cdot\exp\left(-k_{расп}\cdot\frac{\tau}{2}\right)\cdot[M] \qquad (4)$$

(4) tenglamaning ko'p sistemalar uchun polimerlanishda massa va eritmada kichik o'zgarish darajalarida qo'llanilishi shubha tug'dirmaydi. Ammo qovushoq muhitlarda polimerlanishda bu tenglama bajarilmaydi. Polimerlanish jarayonida initsirlash reaksiyasining diffuzion mexanizmi tufayli initsirlash tezligi va f kattaligi o'zgaruvchan bo'lib qoladi. Qovushqoq muhitlarda polimerlanishning barcha kinetik parametrlari o'zgarishini tavsiflovchi eksperimental va nazariy ma'lumotlar polimerlanishni chuqur o'zgarish darajasigacha yetarlicha aniqlik bilan tavsiflash imkonini beradi. Polimerlanish jarayoni sezilarli darajada issiqlik ajralib chiqishi bilan kechadi. Bunda ajralib chiqqan har bir issiqlik porsiyasiga reaksiyaga kirishgan

bog'larning u yoki bu soni, ya'ni monomerning polimerga aylanish darajasi aniq mos keladi. Ekzotermik reaksiyalar kinetikasini tadqiq qilishning termografik usuli reaksiyaga kirishuvchi sistemada issiqlik ajralish tezligini reaksiya aralashmasining o'z-o'zidan qizishini (T) qayd qilish yo'li bilan o'lchashga asoslangan bo'lib, bunda jarayonni shunday olib borish kerakki, T kattalik istalgan vaqtda 1-2 S dan oshmasin. Uzoq davom etadigan jarayonlarni tekshirish uchun odatda termografik qurilma

qo‘llaniladi, unda tekshirilayotgan modda reaksion hajm bilan termostatlovchi qobiq o‘rtasida issiqlik almashinish sharoiti yomon bo‘lgan o‘lchash yacheykasiga joylashtiriladi. Reaksion hajm va termostatlovchi qobiq orasiga ma’lum bir issiqlik qarshiligini ulash shunga olib keladiki, o‘rganilayotgan moddadagi harorat gradiyentlari minimal darajagacha kamayadi, bu esa termodatchikka reaksion massaning markazidan uning yuzasiga olib chiqish imkonini beradi. Termodatchikning reaksion hajm yuzasida joylashishi nafaqat o‘lchash yacheykasining konstruksiyasini sezilarli darajada soddalashtiradi, balki jarayon davomida o‘rganilayotgan moddaning issiqlik sig‘imining o‘zgarishini hisobga olmaslik imkonini beradi. Bu holda tizimning issiqlik balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$mc\frac{dT}{d\tau} = Q_n \cdot \frac{d\Gamma}{d\tau} - \alpha \cdot S(T - T_0) \qquad (5)$$

bu yerda m - o‘rganilayotgan moddaning massasi, c - issiqlik sig‘imi, T - polimerizat harorati, To - atrof-muhit harorati, dτ dΓ - jarayon tezligi, Qn - reaksiyaning issiqlik effekti, α - issiqlik berish koeffitsiyenti, S - atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi sodir bo‘ladigan sirt. (5) tenglamani integrallab, istalgan vaqtdagi konversiya darajasini olish mumkin τ:

$$\Gamma = \frac{mc}{Q}(T - T_0) + \frac{\alpha \cdot S}{Q}\int_0^{\tau}(T - T_0)d\tau \qquad (6)$$

Chegaraviy konversiya quyidagi tenglamadan olinishi mumkin:

$$\Gamma_{пр} = \frac{\alpha \cdot S}{Q} \cdot \int_0^{\tau}(T - T_0)d\tau \qquad (7)$$

5-amaliy mashg'ulot: Zamonaviy molekulyar-kinetik nazariyalarni mono-, bi- va uch-molekuyar reaksiyalarda qollash.

Amaliy mashg‘ulotlarning maqsadi: Kimyoviy reaksiyaning tartibini aniqlash. Arrenius tenglamasining qo'llanilishini o‘zlashtirish.

NAZARIY QISM

Kimyoviy reaksiyaning tezligi

Kimyoviy reaksiyaning tezligi deb, o‘zaro ta'sirlashayotgan moddalar konsentrasiyasining vaqt birligi ichida o‘zgarishiga aytiladi. Reaksiya davomida dastlabki olingan moddalarning miqdori kamayib boradi, aksincha, hosil bo‘layotgan moddalarning miqdori esa ko‘payib boradi. Agarda reaksiya davomida ishtirok etayotgan moddalarning konsentrasiyalari vaqt birligi oralig‘ida kichik miqdorga o‘zgaradi desak, reaksiya tezligi quyidagicha ifodalanadi:

$$V = -\frac{dC}{dt} \quad \text{yoki} \quad V = \frac{dC'}{dt} \qquad (1)$$

Bunda C va C' lar mos ravishda boshlang‘ich moddalar va reaksiya mahsuloti konsentrasiyalari.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, bir tomonga yo‘nalayotgan reaksiyani ikki turda tasniflash mumkin: birinchidan, borayotgan reaksiyaning tenglamasi bo‘yicha reaksiya tezligi tenglamasi orqali olingan reaksiya tartibiga ko‘ra; ikkinchidan, reaksiyaning molekulyarligi, ya'ni ayni reaksiyada ishtirok etayotgan zarrachalarning soniga ko‘ra. Reaksiyaning tartibi deb, yuqorida ta'kidlaganimizdek, reaksiyaning kinetik tenglamasidagi daraja ko‘rsatichlari yig‘indisiga aytiladi. Masalan, quyidagicha reaksiya sodir bo‘layapti desak:

$$\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \ldots = \nu_3 A_3 + \nu_4 A_4 + \ldots$$

bunda to‘g‘ri reaksiya tezligining $V=kC_{A_2}^{\nu_1} \cdot C_{A_2}^{\nu_2} \cdot ...$ kinetik tenglamasi bo‘yicha reaksiya tartibi $(\nu_1 + \nu_2 + ...)$ yig‘indi orqali ifodalanadi.

Reaksiyaning tartibi va molekulyarligi ko‘pchilik hollarda bir-biriga mos kelmaydi. Bu kattaliklar oddiy reaksiyalar uchun mos kelishi mumkin. Chunki jarayonning borishini ifoda etayotgan reaksiya tenglamasi amalda sodir bo‘layotgan oraliq jarayonlarni to‘liq qamrab ololmaydi, natijada reaksiyaning mexanizmi yoritilmay qoladi.

Sodir bo‘layotgan reaksiya bir bosqichdan iborat bo‘lsa, reaksiyaning tezligi o‘zaro ta’sirlashayotgan moddalar stexiometrik koeffisiyentlariga mos ravishda ularning konsentrasiyalariga proporsional bo‘lar edi, ya’ni yuqorida keltirilgan reaksiya tenglamasi uchun quyidagini yozish mumkin bo‘lardi:

$$V = -\frac{dC}{dt} = kC_{A_2}^{\nu_1} \cdot C_{A_2}^{\nu_2} \qquad (2)$$

bunda k – reaksiya tezligi doimiysi (reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentrasiyalari birga teng bo‘lgandagi reaksiya tezligi). Uning o‘lchov birligi $[k]=[c]^{1-n}[t]^{-1}$.

Haqiqatdan ham, amalda ko‘pchilik reaksiyalar tezliklari turlicha bo‘lgan bir qator bosqichlardan iborat bo‘lib, umumiy reaksiyaning tezligi ana shu bosqichlar ichida eng sekin boruvchi bosqichning tezligi bilan o‘lchanadi. Shuning uchun ham, (2 166) tenglamadagi dastlabki moddalar stexiometrik koeffisiyentlaridan iborat daraja ko‘rsatkichlari $(\nu_1, \nu_2 ...)$ butun sonlardan tashqari kasr sonlardan ham iborat bo‘lishi mumkin.

Odatda oddiy reaksiyalar uchun reaksiya tartibi o‘zaro reaksiyaga kirishayotgan moddalar stexiometrik koeffisiyentlarining yig‘indisidan iborat bo‘ladi, ya’ni $n=\Sigma\nu_i$.

Reaksiya davomida bitta yoki bir necha moddalarning miqdorlari o‘zgarmay qolsa, yuqorida ta’kidlaganimizdek, reaksiyaning “psevdo” yoki “kuzatilgan tartibi” degan ibora ishlatiladi. Misol uchun, shakarni inversiyalanish reaksiyasini olaylik:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+} 2C_6H_{12}O_6$$

Ayni reaksiyada shakardan tashqari erituvchi sifatida suvning ishtirokini va reaksiya kislotali muhitda borishini hisobga olgan holda, reaksiya tezligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$V=k[C_{12}H_{22}O_{11}][H_2O][H_3O^+]$$

Tenglamadan ko‘rinib turibdiki, ayni reaksiyani uchinchi tartibli reaksiya deyish mumkin edi. Aslida esa reaksion aralashmadagi suvning miqdori erituvchi sifatida ortiqcha ekanligi va gidroksoniy ioni katalizator sifatida o‘zgarmas miqdorga ega bo‘lganligi sababli, reaksiya tezligini

$$V = k[C_{12}H_{22}O_{11}]$$

ko‘rinishda yozish kifoya qiladi. Natijada yuqoridagi reaksiya birinchi tartibli reaksiya ekanligini ko‘ramiz.

Reaksiyaning molekulyarligi ishtirok etayotgan elementar atom yoki molekulalarning aniq soniga bog‘liq bo‘lib, odatda 1 dan 3 gacha bo‘lgan butun sonlar orqali ifodalanadi. Chunki to‘rtta atom yoki molekulani bir vaqtda o‘zaro to‘qnashishi amaliy jihatdan mumkin emas.

Reaksiya tartibi va molekulyarligini reaksiya mexanizmiga bog‘liqligini chuqurroq tushunish uchun misol tariqasida ikki valentli temirni kislotali muhitda kislorod bilan oksidlanish reaksiyasini ko‘rib chiqaylik. Reaksiya tenglamasini quyidagicha ifodalaymiz:

$$4Fe^{2+} + 4H^+ + O_2 \rightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$$

Tenglamadan ko‘rinib turibdiki, reaksiya sodir bo‘lishi uchun 4 ta temir ioni, 4 ta vodorod ioni va bitta kislorod molekulasi, ya’ni 9 ta zarracha bir vaqtda o‘zaro to‘qnashishi kerak. Lekin amaliy jihatdan bu mumkin emas. Ikkinchi tomondan, ayni zarrachalarning sakkiztasi musbat zaryadlangan zarrachalar bo‘lib, ular o‘zaro itarilish kuchiga egadirlar. Shuning uchun ham, ushbu reaksiyaga quyidagi bosqichlardan iborat reaksiyalar majmuasi sifatida qarash mumkin:

$$Fe^{2+} + O_2 \leftrightarrow Fe^{3+} + O_2^-$$

$$O_2^- + H^+ \rightarrow HO_2^\bullet$$

$$Fe^{2+} + HO_2^\bullet \rightarrow Fe^{3+} + HO_2^-$$

$$HO_2^- + H^+ \rightarrow H_2O_2$$

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + \overset{\bullet}{OH}$$

$$Fe^{2+} + \overset{\bullet}{OH} \rightarrow Fe^{3+} + OH^-$$

$$H^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O$$

Keltirilgan reaksiya tenglamalaridan ko‘rinib turibdiki, birorta ta’sirlanishda ikkitadan ortiq zarrachalar ishtirok etmaydi va shu bilan birga, bir xil zaryadli zarrachalar ham o‘zaro to‘qnashmaydi. Xulosa qilib aytganda, reaksiya mexanizmi reaksiyani tashkil etuvchi bosqichlar majmuasidir.

Reaksiyaning molekulyarligi o‘zaro to‘qnashayotgan zarrachalarning soniga bog‘liq ravishda monomolekulyar, bimolekulyar va uchmolekulyar bo‘lishi mumkin. Lekin biz yuqorida qayd etganimizdek, uchta va undan ortiq zarrachalarning bir vaqtda o‘zaro to‘qnashish ehtimolligi juda kichikdir. Sxematik ravishda reaksiyaning molekulyarligini quyidagicha ifodalash mumkin:

1) ; A → L – monomolekulyar reaksiyalar

2) $A + B \rightarrow L$; $2A \rightarrow L$ – bimolekulyar reaksiyalar;

3) $A + B + C \rightarrow L$; $2A + B \rightarrow L$; $3A \rightarrow L$ – uchmolekulyar reaksiyalar.

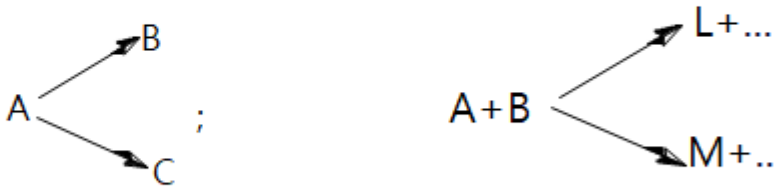
Agarda reaksiya davomida bir dona o‘zaro ta’sirlashish sodir bo‘layotgan bo‘lsa, reaksiya tartibi bilan molekulyarligi bir-biriga teng bo‘ladi. Murakkab reaksiyalarda esa reaksiya tartibi alohida reaksiya bosqichlarining molekulyarliklariga bog‘liq bo‘ladi.

Sodir bo‘layotgan reaksiyalar moddalarning o‘zaro ta’sirlashishiga ko‘ra, oddiy va murakkab reaksiyalarga bo‘linadi. Odatda, oddiy reaksiyalar bir tomonga yo‘nalgan bo‘lib, bitta kimyoviy bosqichdan iborat bo‘ladi. Murakkab reaksiyalarning bir necha turlari mavjud bo‘lib, ularni sxematik ravishda quyidagi turlarga bo‘lish mumkin:

1. Qaytar reaksiyalar

$$A + B \leftrightarrow L + M$$

2. Yonma-yon (parallel) boruvchi reaksiyalar



3. Birgalikda boruvchi reaksiyalar

$$A + B \rightarrow L$$

$$A + C \rightarrow M \qquad (b)$$

Bu turdagi reaksiyalar sodir bo‘layotganda reaksiyalardan biri o‘z-o‘zicha boradi va uning mahsulotlaridan biri ikkinchi reaksiyaning sodir bo‘lishiga sababchi bo‘ladi. Masalan, bizning misolimizdagi *(a)* reaksiyada hosil bo‘lgan *L* moddasi *(b)* reaksiyaning sodir bo‘lishiga yordam beradi. Odatda, ikkala reaksiyada ham ishtirok etuvchi A modda aktor deb ataladi. A moddasi bilan oson reaksiyaga kirishib ikkinchi reaksiyani sodir bo‘lishiga sababchi bo‘luvchi B modda induktor deb ataladi. C moddasi akseptor deb ataladi. O‘z-o‘zicha sodir bo‘luvchi birinchi reaksiyani birlamchi, uning ketidan boruvchi reaksiyani ikkilamchi reaksiya deb

ataladi. Misol tariqasida Fe^{2+} ioni kuchli kislotali muhitda H_2O_2 bilan oksidlanish reaksiyasini ko‘rishimiz mumkin:

$$H_2O_2+2FeCl_2 \xrightarrow{+\ 2Hcl} 2FeCl_3+H_2O \qquad (a)$$

$$H_2O_2+2HCl \rightarrow Cl_2+2H_2O \qquad (b)$$

Bunda H_2O_2 – aktor, Fe^{2+} – induktor, HCl – akseptor vazifasini bajaradi va *(a)* reaksiya birlamchi , *(b)* esa, ikkilamchi reaksiyadir.

1. Ketma-ket boruvchi reaksiyalar

$$A \rightarrow B \rightarrow C...;\ A+B+... \rightarrow C+D+... \rightarrow L+M+...$$

Umuman, formal kinetikaning vazifasi reaksiyada ishtirok etayotgan moddalar konsentrasiyasining vaqt birligi ichida o‘zgarishini o‘rganish orqali har qanday sharoitda reaksiya doimiysini hisoblash imkonini beruvchi tenglamalarni ishlab chiqishga qaratilgan. Buning uchun o‘rganilayotgan reaksiya tartibini aniqlash asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Reaksiya tartibi

O‘zgarmas haroratda reaksiyaning kinetik tenglamasini chiqarish uchun reaksiyada ishtirok etayotgan moddalardan birortasining konsentrasiyasi vaqtga bog‘liqligini o‘rganish kerak. Buning uchun (2) tenglamasidan foydalanamiz. Agarda (2) tenglamani integrallasak konsentrasiya bilan vaqt o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik kelib chiqadi. Olingan natijalarni amaliy yo‘l bilan aniqlangan konsentrasiyaning (C_i) vaqtga bog‘liqlik egrilari bilan taqqoslash orqali reaksiya tartibi aniqlanadi.

Birinchi tartibli reaksiyalar. Bunday reaksiyalarga radioaktiv parchalanish, izomerlanish, moddalarning gaz fazasida parchalanishi va boshqalarni misol qilib keltirish mumkin.

Sxematik ravishda quyidagi reaksiya tenglamasini olaylik:

$$A \rightarrow L + ...$$

(2) tenglamadagi moddalar konsentrasiyasi o‘rniga ularning mollar sonidan foydalanaylik. Reaksiya boshlanmasdan avval *V* hajmda *(t=0) A* moddaning *mollar* soni *a* ga teng desak, *t* vaqt o‘tgandan so‘nggi mollar soni *x* ga teng. *A* moddaning *t* vaqtdagi miqdori (*a-x*) molga teng bo‘ladi, natijada,

$$C_0 = \frac{a}{V} \qquad C = \frac{(a-x)}{V} \qquad \text{va} \qquad \frac{dC}{dt} = -\frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$$

bo‘ladi, bunda C_0 va *C* lar dastlabki moddaning boshlang‘ich va *t* vaqtdagi konsentrasiyalari.

Olingan natijalarni (2) bilan taqqoslasak,

$$\frac{d[A]}{dt} = \frac{d(a-x)}{dt} = \frac{dx}{dt} = k_1(a-x) \qquad (3)$$

kelib chiqadi. Monomolekulyar reaksiyalarda reaksiyadan so‘ng olingan moddaning miqdori dastlabki modda hajmiga bog‘liq bo‘lmaganligi sababli, yuqoridagi tenglamaga hajm kiritilgan emas. Agarda (3) ni quyidagicha yozsak

$$\frac{dx}{a-x} = k_1 dt \qquad (4)$$

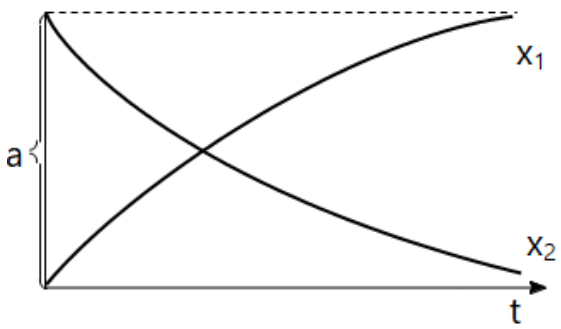
va uni 0 dan *x* va 0 dan *t* oraliqlarida integrallasak

$$\ln a - \ln(a-x) = \ln\frac{a}{a-x} = k_1 t \qquad (5)$$

hosil bo‘ladi. (5) dan birinchi tartibli reaksiya tezligi doimiysi k_1 ni topish mumkin:

$$k_1 = \frac{1}{t}\ln\frac{a}{a-x}$$

Reaksiya tezligi doimiysining o‘lchov birligi $[k_1] = [c]^{1-n}[t]^{-1}$ dan $n=1$ bo‘lganda $[k_1] = [t]^{-1}$ bo‘ladi. Shuning uchun birinchi tartibli reaksiya tezlik doimiysi konsentrasiyani ifodalash o‘lchov birligiga bog‘liq bo‘lmaydi. Agarda reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentrasiyasining o‘zgarishini x_1 bilan, hosil bo‘layotgan moddalar konsentrasiyasining o‘zgarishini x_2 bilan belgilasak,



12-rasm. **Dastlabki modda x_1 va reaksiya mahsuloti x_2 konsentrasiyalari o‘zgarishining vaqtga bog‘liqligi.**

reaksiya uchun olingan dastlabki moddalar miqdori *a* ning vaqt *t* ga bog‘liqligi 12-*rasmda* ko‘rsatilgan. Sodir bo‘layotgan reaksiyalarni o‘rganishda reaksiyaning yarim yemirilish vaqti $t_{½}$ dan foydalaniladi. Bu vaqt reaksiya uchun olingan modda miqdorining yarmi sarflangan vaqt bilan o‘lchanadi.

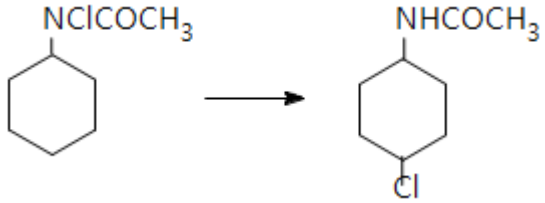
Shunga muvofiq, (5) tenglamadan $x = \frac{a}{2}$; $t = t_{½}$ ekanligini hisobga olsak

$$t_{½} = \frac{\ln 2}{k_1} = \frac{0{,}693}{k_1} \qquad (6)$$

bo‘ladi va ko‘rinib turibdiki, reaksiyaning yarim yemirilish vaqti faqat muvozanat doimiysiga bog‘liq bo‘lib, reaksiya uchun olingan moddaning boshlang‘ich konsentrasiyasiga bog‘liq emas ekan.

Birinchi tartibli reaksiyalarga quyidagilarni ko‘rsatish mumkin:

1. Asetoxloranilinni paraxlorasetoanilidga izomerlanish reaksiyasi



2. Ikkimetil efirining parchalanishi

$$CH_3\text{-}O\text{-}CH_3 \rightarrow CH_4 + H_2 + CO$$

3. Murakkab efirning suyultirilgan eritmadagi gidrolizi

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$$

Bu reaksiyada suvning miqdori ko‘p bo‘lganligi sababli, uning konsentrasiyasi o‘zgarmay qoladi deb hisoblanadi. Shuning uchun ham, bu kabi reaksiyalarni “psevdomonomolekulyar” reaksiyalar, deb ataladi.

Ikkinchi tartibli reaksiyalar. Ikkinchi tartibli reaksiyalarga turli fazalarda sodir bo‘ladigan gomogen reaksiyalarni misol qilib olishimiz mumkin. Masalan, murakkab efirni sovunlanishi va eterifikasiya reaksiyalari:

$RCOOR_1+NaOH \rightarrow RCOONa+R_1OH$ $CH_3COOH+ C_2H_5OH\rightarrow$

$CH_3COOC_2H_5+H_2O$

Gaz fazada sodir bo‘ladigan birikish reaksiyalari:

$H_2+J_2\rightarrow 2HJ$ $C_2H_4+H_2\rightarrow C_2H_6$

Agarda yuqoridagi reaksiya tenglamalarini umumiy $A+B\rightarrow L+M$ sxematik reaksiya tenglamasi orqali ifodalasak va dastlabki vaqtdagi $(t=0)$ A va B moddalarining konsentrasiyalarini mos ravishda a va $в$ deb olsak, t vaqt o‘tgandagi konsentrasiyalarini $(a\text{-}x)$ va $(в\text{-}x)$ deb olsak, (2) tengligini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dx}{dt}=k_2(a-x)(b-x) \qquad (7)$$

(7) dagi o‘zgaruvchan kattaliklarni ajratsak,

$$\frac{dx}{(a-x)(b-x)}=k_2dt \qquad (8)$$

hosil bo‘ladi. Bu tenglamalardagi k_2 – ikkinchi tartibli reaksiya tezligi doimiysi. Agarda reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentrasiyalari o‘zaro teng bo‘lsa $(a=в)$, (8) quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dx}{(a-x)^2}=k_2dt \qquad (9)$$

Reaksiyaning dastlabki shartlari $t=0$ va $x=0$ dan kelib chiqqan holda (9) ni integrallasak, ayni holat uchun ikkinchi tartibli reaksiyaning kinetik tenglamasi hosil bo‘ladi:

$$\frac{1}{a-x}-\frac{1}{a}=k_2t \qquad (10)$$

(10) dan x va k_2 larning qiymatlarini topish mumkin:

$$x = \frac{a^2 k_2 t}{1 + a k_2 t} \qquad (11)$$

$$k_2 = \frac{1}{t} \frac{x}{a(a-x)} \qquad (12)$$

(12) dan ko‘rinib turibdiki, ikkinchi tartibli reaksiya tezligi doimiysining o‘lchov birligi qo‘llanilayotgan konsentrasiya birligiga bog‘liq bo‘lib $[k_2] = [c]^{-1}[t]^{-1}$, $mol^{-1}/l \cdot s^{-1}$ bilan ifodalanadi.

Ikkinchi tartibli reaksiyalar uchun yarim o‘zgarish vaqti tushunchasini bitta modda ikkinchi tartibli reaksiya mexanizmi bo‘yicha o‘zgarsa yoki ikki moddaning konsentrasiyalari o‘zaro teng bo‘lgan hollardagina qo‘llanishi mumkin. Agarda reaksiyaning yarim o‘zgarish vaqtini $t_{1/2}$ desak, shu vaqt oralig‘ida sarf bo‘lgan modda miqdori a/2 ga teng bo‘lsa, (12 176) dan

$$t_{1/2} = \frac{1}{a k_2} \qquad (13)$$

ekanligini ko‘ramiz. (13) dan ko‘rinib turibdiki, yuqoridagi shartga ko‘ra yarim o‘zgarish vaqti ikkinchi tartibli reaksiyalar uchun moddalar konsentrasiyasiga teskari proporsional kattalikdir.

Agarda reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentrasiyalari o‘zaro teng bo‘lmasa ($a \neq в$), (6) ga asosan

$$k_2 dt = \frac{dx}{a-b}\left(\frac{1}{a-x} - \frac{1}{b-x}\right) \qquad (13)$$

tengligi kelib chiqadi. (13) ni $x=0$ dan x gacha va $t=0$ dan t gacha integrallash quyidagini beradi:

$$k_2 t = \frac{1}{a-b}\left[\ln(a-x) - \ln(b-x)\right] - \frac{1}{a-b}\ln\frac{b}{a} \qquad (14)$$

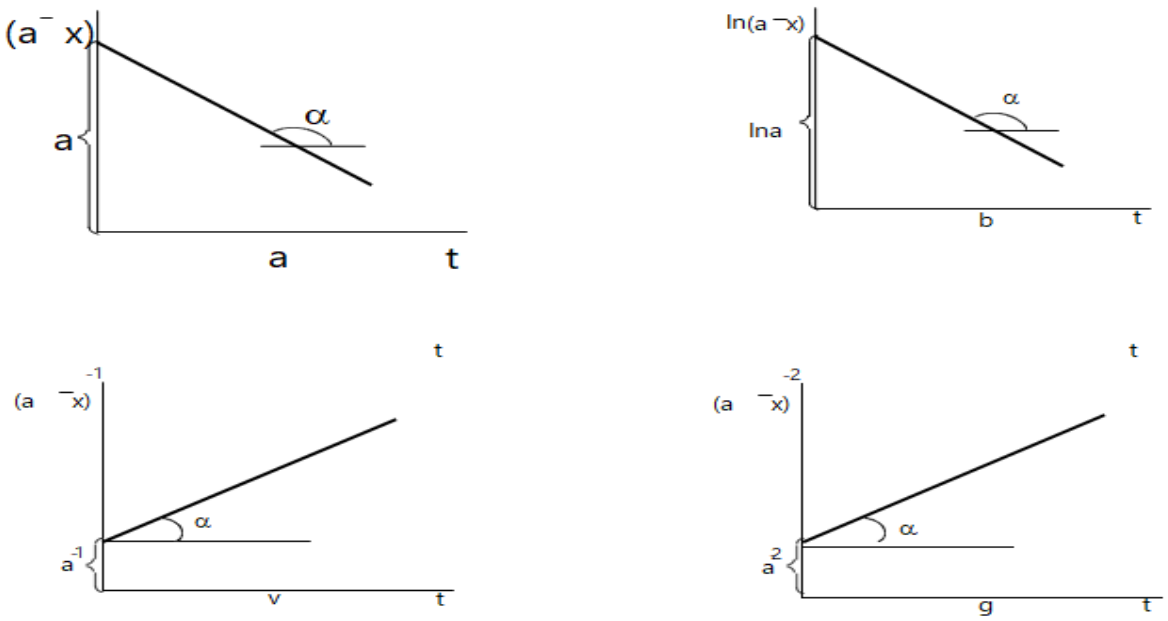
bunda $\frac{1}{a-b}\ln\frac{b}{a}$ integrallash doimiysi.

Reaksiya tartibini aniqlash usullari

Reaksiya tartibini aniqlashning bir necha tajribaviy usullari mavjud bo‘lib, ularni ikki guruhga – integral va differensial guruhlarga bo‘lish mumkin. Bu usullar olingan tajribaviy ma’lumotlarni kinetik tenglama-larga qo‘yish va grafik usuldan foydalanishga asoslangan.

Kinetik tenglamalarga olingan natijalarni qo‘yib, butun sonlar orqali ifodalangan 0 dan 3 gacha bo‘lgan reaksiya tartibini aniqlash mumkin. Buning uchun dastlab 0 dan 3 gacha bo‘lgan reaksiya tartibi uchun tezlik doimiysini turli vaqt uchun hisoblab ko‘riladi. Agarda olingan natijalar, masalan, birinchi tartibli reaksiya tenglamasi bo‘yicha muvozanat doimiysi vaqt o‘tishi bilan doimo oshib yoki kamayib borsa, ayni kinetik tenglama o‘rganilayotgan reaksiyaga mos kelmasligini ko‘rsatadi. Natijada, hisob-lashlar boshqa kinetik tenglamalar orqali bajariladi. Agarda tezlik doimiysining qiymati turli vaqt uchun bir-biriga mos kelsa yoki amaliyotda yo‘l qo‘yiladigan ba’zi xatoliklarni hisobga olgan holda bir-biridan oz miqdorga farq qilsa, reaksiya tartibi shu kinetik tenglama orqali ifodalangan tartibga to‘g‘ri keladi. Agarda qilingan hisoblashlar hyech qaysi tenglamada qoniqarli natija bermasa, o‘rganilayotgan reaksiya mexanizmi murakkab ekanligi va reaksiya tartibi kasr sonlar orqali ifodalanishi yoki manfiy ishoraga ega bo‘lishi mumkin ekanligini ko‘rsatadi.

O‘rniga qo‘yish usulining ikkinchi turi grafik usuli bo‘lib, bunda 0 dan 3-tartibgacha bo‘lgan reaksiyalar uchun mos ravishda $(a\text{-}x)$, $\ln(a\text{-}x)$, $(a\text{-}x)^{-1}$ va



14-rasm. **Reaksiya tartibini grafik usulida aniqlash**

(*a* - *n=0*; *b* - *n=1; v* - *n=2* va *g* - *n=3* uchun).

$(a\text{-}x)^{-2}$ kattaliklarni vaqtga bog‘liqlik chizmalari tuziladi. 14-*rasmda* ko‘rsatilganidek, bog‘liqlik to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lsa, ayni reaksiya shu tartibga mos kelishini ko‘rsatadi. *a, b, в* va *g* rasmlarning ordinata o‘qidagi *a*, *lna*, a^{-1} va a^{-2} kesmalar mos ravishda dastlabki modda miqdorlariga to‘g‘ri keladi. To‘g‘ri chiziqlarning og‘ish burchaklaridan muvozanat doimiysini topish mumkin, ya’ni *n*

$= 0$ va $n = 1$ bo‘lganda $-tg\alpha = k_0$ va $-tg\alpha = k_1$ ga , $n = 2$ va $n = 3$ bo‘lganda $tg\alpha = k_2$ va $tg\alpha = 2k_3$ ga teng bo‘ladi.

Reaksiya tartibini aniqlashning integral usullaridan biri yarim ajralish vaqti usulidir. Bu usulga ko‘ra, (22) tenglamadan foydalanamiz. Agarda (22) ni quyidagi ko‘rinishda yozib olsak,

$$t_{1/2}a^{n-1} = \frac{1}{k_n} \cdot \frac{1}{n-1} 2^{n-1} - 1 \qquad (25)$$

$t_{1/2}a_{n-1}$ ko‘paytma o‘zgarmas kattalik ekanligini ko‘ramiz. Agarda reaksiya boshlang‘ich $a_1, a_2, \ldots a_i$ miqdorlarda olib borilsa,

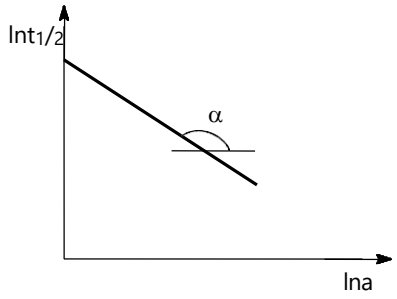
$$(t_{1/2})_1 a_1^{n-1} = (t_{1/2})_2 a_2^{n-1} = \ldots = (t_{1/2})_i a_i^{n-1} \qquad (26)$$

tengliklarini yozish mumkin. Bu tengliklardan n ning qiymatini topish mumkin

$$n = 1 - \frac{\ln(t_{1/2})_2 - \ln(t_{1/2})_1}{\ln a_2 - \ln a_1} \qquad (27)$$

Reaksiya tartibini aniqlashning grafik usullaridan biri (22) tenglamaning logarifmlangan ko‘rinishidan, ya’ni

$$lnt_{1/2} = \ln \frac{2^{n-1} - 1}{k(n-1)} \quad (n-1)\ln a \qquad (28)$$



15-rasm. **Yarim ajralish vaqtini moddaning boshlang‘ich miqdoriga bog‘liqligi.**

tenglamasidan foydalanishga asoslangan. $lnt_{1/2}$ ni lna ga bog‘liqligi to‘g‘ri chiziqni bersa (15-*rasm*), uni og‘ish burchagining tangensi $tg\alpha = 1-n$ ga teng bo‘lib, bundan n ni topish mumkin. Reaksiya tartibini aniqlashning integral usulidan yana biri Ostvald-Noyes usuli bo‘lib, u reaksiya uchun olingan moddaning miqdorini qandaydir $t_{1/x}$ vaqt oralig‘ida o‘lchashga asoslangan.

Bu usulga ko‘ra, n tartibli reaksiya uchun (22) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$t_{1/x} = \frac{\left[x/(x-1)^{n-1}\right] - 1}{(n-1)ka^{n-1}} \qquad (29)$$

Ushbu usul bo‘yicha, $t_{1/x}$ vaqt oralig‘ida aniqlangan reaksiya tartibi ILOVADAGI JADVALDA keltirilgan.

AMALIY TOPSHIRIQLARI

Turli kimyoviy reaksizlarning molekulyarligi va reaksiya tartibini aniqlashga doir misol va masalalarni yechish.

Masala yechish namunalari

1–masala. Birinchi tartibli reaktsiyaning tezlik konstantasi 3,3 10^{-3} min^{-1}. 30 minutdan keyin dastlabki moddaning necha foizi parchalanadi va 50% modda parchalanishi uchun qancha vaqt kerak?

Yechish: Birinchi tartibli reaktsiyaning kinetik tenglamasi

$$K_1 = \frac{2,303}{t}\lg\frac{a}{a-x} \text{ dan } \frac{K\cdot t}{2,303} = \lg\frac{a}{a-x}$$

$$\frac{3,2\cdot 10^{-3}\cdot 30}{2,303} = \lg\frac{a}{a-x}$$

$$0,0417 = \lg\frac{a}{a-x}$$

$$\frac{a}{a-x} = anti\lg 0,0417 = 1,101$$

$$1,101a - a = 1,101x$$

$$0,101a = 1,101x$$

$$\frac{x}{a} = \frac{0,101}{1,101} = 0,0917 \text{ yoki } 9,17\%$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{3,2\cdot 10^{-3}} = 2,166\cdot 10^{2}\,\text{min.}$$

2–masala. Metilaminning 913K haroratda degidridlanish reaktsiyasi $CH_3NH_2 \rightarrow HCN + 2H_2$ ning tezlik konstantasi $5\cdot 10^{-3}$ s^{-1} ga teng. Qancha vaqtdan so'ng metilamin konsentratsiyasi 2 marta kamayadi?

Yechish: Reaktsiya birinchi tartibli ekanligini inobatga olib $t_{1/2} = \frac{0,693}{K}$ formuladan foydalanamiz

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{5\cdot 10^{-3}} = 136\,c.$$

3–masala. Etilatsetatning ishqor bilan sovunlanish reaktsiyasining tezlik konstantasi $5,4\,Kmol^{-1}\,min^{-1}\,m^{3}$. Agar efir va ishqorning boshlang'ich

konsentratsiyalari 0,02 Kmol/m^3 ga teng bo'lsa, 10 minut vaqt davomida reaktsiyaga kirishgan efir miqdorini aniqlang.

Yechish: Tezlik konstantasining o'lchov birligidan ko'rinib turibdiki, ushbu reaktsiya ikkinchi tartibli reaktsiya. Reaktsiya uchun olingan moddalar boshlang'ich kontsentratsiyalari teng deb olinsa $K = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$ tenglamadan foydalanamiz.

$$5{,}4 = \frac{1}{10} \cdot \frac{x}{0{,}02(0{,}02 - x)}$$

$x = 0{,}0103$ yoki 51,9 %.

4–masala. Torfni qazib olish paytida yaxshi saqlangan qadimgi odam gavdasining qoldiqlari topildi. Qoldiqni tahlil qilish natijasida aniqlandiki, yarim ajralish davri $t_{1/2}$ = 9840 yilga teng bo'lgan aminokislotaning parchalanishi 24,5% ni tashkil etar ekan. Shu asosda qadimgi odamning vafot qilgan vaqti aniqlansin.

Yechish: Tirik opganizmdagi aminokislotalarning parchalanishi birinchi tartibli reaktsiyaga misol bo'ladi. Parchalanish mahsulotlarini yig'ilib qolishi asosida parchalanishning davom etgan vaqtini hisoblash mumkin.

$$t_{1/2} = \frac{0{,}693}{K} \text{ dan } K = \frac{0{,}693}{t_{1/2}}$$

$$K = \frac{0{,}693}{9840} = 7{,}04 \cdot 10^{-5}\ yil^{-1} \text{ va}$$

$$K = \frac{2{,}303}{t} \lg \frac{a}{a-x} \qquad a = 100\ \% \quad x = 24{,}5\ \%$$

$$t = \frac{2{,}303}{K} \lg \frac{a}{a-x} = \frac{2{,}303}{7{,}04 \cdot 10^{-5}} \lg \frac{100}{100 - 24{,}5} = 3{,}27 \cdot 10^4 \lg \frac{100}{75{,}5} = 32713 \lg 1{,}3245 = 32713 \cdot 0{,}091 = 2992$$

Demak qadimgi odam 2992 yil avval vafot etgan ekan.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 5. $2A + B \Leftrightarrow 2D$ reaktsiya berilgan. A moddaning dastlabki konsentratsiyasi 1,5 mol/l, B moddaniki 3 mol/l. Reaktsiya tezlik konstantasi 0,4 l^2 mol^{-2} min^{-1}. Reaktsiyaning dastlabki vaqtdagi tezligi va A moddaning 75% reaktsiyaga kirishgan vaqtdagi tezligini hisoblang.

2. Azot (I) – oksidning oltin sathida yuqori haroratda parchalanishi $2N_2O=2N_2+O_2$ tenglama bo'yicha kechadi. Reaktsiyaning 900^0C dagi tezlik konstantasi $5\cdot10^{-4}$ $l\cdot mol^{-1}$ $min^{-1.}$ Azot (I) oksidning dastlabki konsentratsiyasi 3,2 mol/l. Reaktsiyaning dastlabki va 0,8 mol azot (I) – oksid parchalangan vaqtdagi tezliklarini hisoblang.
3. Birinchi tartibli reaktsiyada 3 soatda reaktsiya uchun olingan moddaning yarmi reaktsiyaga kirishdi. Xuddi shu sharoitda 75% modda reaktsiyaga kirishishi uchun qancha vaqt kerak?
4. Berilgan haroratda 10 soat ichida 30% modda parchalandi. 99% modda qancha vaqtda parchalanadi?
5. Vodorod peroksidining parchalanishi birinchi tartibli reaktsiya qonuniga bo'ysunadi. Reaktsiyaning tezlik konstantasi 0,05081 min. Reaktsiyaning yarim emirilishi davri va 99,9% modda parchalanishi uchun ketadigan vaqtni hisoblang.
6. Birinchi tartibli reaktsiyada 25% modda 25 minutda reaktsiyaga kirishdi. Reaktsiyaning tezlik konstantasini hisoblang.
7. Birinchi tartibli reaktsiyaning tezlik konstantasi 2,5 10^{-5} s^{-1} Reaktsiya boshlangandan 10 soat o'tgach qancha modda reaktsiyaga kirishmay qoladi? Dastlabki konsentratsiya 1 mol/l.
8. $C_A = C_B$ bo'lgan bimolekulyar reaktsiyada 10 minutda 25% modda ta'sirlashadi. Shu haroratda reaktsiyaning yarim emirilishi davrini hisoblang.
9. $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$ reaktsiyaning tezlik konstantasi 5,4 $min^{-1}mol^{-1}/l$. Ishqor va efirning dastlabki konsentratsiyalari teng bo'lib, 0,02 mol/l bo'lsa, 10 minutda qancha % efir gidrolizlanadi?
10. 20. 0,01n etilatsetat 20^0C da 0,02n natriy gidroksid bilan gidrolizlanganda 23 minutda 10% efir reaktsiyaga kirishdi. Reaktsiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalari 5 marta kamaytirilsa, shu miqdordagi efir gidrolizlanishi uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

V. GLOSSARIY

Entalpiya **–** holat funksiyasi bo‘lib, uning o‘zgarishi (**H**), izobar jarayondagi sistema tomonidan olingan issiqlikka (**Q_P**) teng.

Ichki energiya – holat funksiyasi bo‘lib, uning o‘zgarishi **(U),** izoxor jarayondagi sistema tomonidan olingan issiqlikka teng(**Q_V**).

O‘z-o‘zidan sodir bo‘ladigan jarayon – tashqaridan energiya sarflamasdan sodir bo‘ladigan jarayonlar

O‘z-o‘zidan sodir bo‘lmaydigan jarayonlar – tashqaridan energiya sarflanganda sodir bo‘ladigan jarayonlar.

Termodinamik qaytar jarayon – boshlang‘ich holatdan (1) oxirgi holatga (2) o‘tishda barcha oraliq holatlar muvozanatda bo‘ladi.

Termodinamik qaytmas jarayon – boshlang‘ich holatdan (1) oxirgi holatga (2) o‘tishda loaqal birgina oraliq holat muvozanatda bo‘lmaydi.

Intensiv parametrlar – sistemaning massasiga bog‘liq bo‘lmasdan, sistemalar kontaktda bo‘lganda tenglashadigan parametrlar(**t, P, d, S, μ**) – ular sistemaning asosiy holat parametrlar hisoblanib, sistemaning sifat xarakteristikalarini birlashtiradi.

Ekstensiv parametrlar **–** sistemaning massasiga bog‘liq bo‘lgan parametrlar (**m, V, $C_{sig‘.}$, U, H, S, ΔG, ΔF**) – sistemaning holat funksiyalari hisoblanadi.

Issiqlik **–** molekulalarning tartibsiz harakati natijasida energiyaning sistemaning bir qismidan ikkinchi qismiga berilishi.

Ish – sistema energiyasining tashqi muhitga berilishi bo‘lib, uning miqdori berilgan energiya miqdoridir. Ish ham holat funksiyasi emas. Jarayon bosib o‘tgan yo‘liga bog‘liq.

Hosil bo‘lish issiqligi – 1 mol birikmaning oddiy moddalardan hosil bo‘lishda chiqadigan yoki yutiladigan issiqlikka aytiladi.

Issiqlik sig‘imi – 1 massa birligida moddani 1K ga isitish uchun ketgan issiqlik miqdoriga aytiladi.

VI. ADABIYOTLAR RO'YXATI

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xal.imiz 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 ulu. xal.ning ishi .am ulu., .ayoti yoru. 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

6. O'zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi. – T.: O'zbekiston, 2018.

7. O'zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentyabrda qabul qilingan "Ta'lim to'g'risida"gi O'R.-637-sonli qonuni.

8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 12 iyun "Oliy ta'lim muasasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-4732-sonli Farmoni.

9. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi 4947-sonli Farmoni.

10. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 20 aprel "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi P.-2909-sonli qarori.

11. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 21 sentyabr "2019 - 2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini innovasion rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5544-sonli Farmoni.

12. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 may “O’zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to’g’risida”gi PF-5729-son Farmoni.
13. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyun “2019-2023 yillarda Mirzo Ulug’bek nomidagi O’zbekiston Milliy universitetida talab yuqori bo’lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatini rivojlantirish chora-tadbirlari to’g’risida”gi P.-4358-sonli qarori.
14. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 avgust “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to’g’risida”gi PF-5789-sonli Farmoni.
15. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktyabr “O’zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to’g’risida”gi PF-5847-sonli Farmoni.
16. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 12 avgust “Kimyo va biologiya yo’nalishlarida uzluksiz ta’lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to’g’risida”gi P.-4805-sonli qarori.
17. O’zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2020 yil 25 yanvardagi Oliy Majlisga Murojaatnomasi.
18. O’zbekiston Respublikasi Vazirlar Ma.kamasining 2019 yil 23 sentyabr “Oliy ta’lim muassasalari ra.bar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo’yicha qo’shimcha chora-tadbirlar to’g’risida”gi 797-sonli qarori.

III. Maxsus adabiyotlar

19. David W.Ball. Physical Chemistry, Clevtland State University , 2014
20. Wolfgang Scharte. Basic Physical chemistry. Germany, 2014.
21. Klaus Capelle. A Bird’s-Eye View of Density-Functional Theory. arxiv: cond-mat/0211443v5 [cond-mat.mtrl-sci] 18 Nov 2006.
22. W.M.Davis, C.E.Dykstra. Physical chemistry. A modern introduction. CRS Press, Taylor&Fransis group, 2012.

23. Don Shillady. Essentials of Physycal chemistryCRS Press, Taylor&Fransis group, 2012
24. S.K.Upadhyay Chemical kinetics and reaction dynamics. Springer, India, 2006.
25. Fritz Allhoff, Patrick Lin, and Daniel Moore “What Is Nanotechnology and Why Does It Matter?” Wiley-Blackwell © 2010
26. Hai-Yong Kang, Ph.D. “A Review of the Emerging Nanotechnology Industry: Materials, Fabrications, and Applications” 2010.
27. Luisa Filipponi and Duncan Sutherland “Nanotechnologies: principles, applications, implications and hand-on activities. 2013.
28. Jeremy Ramsden “Essentails of nanotechnlogy” 2009.
29. William M. Davis. Phisical Chemistry a modern introduction. CRC Press, 2012.
30. Don Shilldy. Essentional of Phisical Chemistry, CRC Press, 2012.
31. Anatol Malijevsky Phyzical Chemistry in brief, Institte of Chemistry, Prague, 2005, 466 p.
32. Howard Devoe Thermodynamics and chemistry.A.P.Ch.E.University of Maryland, 2015, 504 p.
33. Clifford E.Dikte Physical Chemistry. A modern information, Teylor and Francis Grup.LLC,2022, 452 p.
34. Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С., Саъдуллаев Б.У. “Физикавий кимё”. “Университет”, 2015, 436 бет.
35. Акбаров Х.И. Физикавий кимё курсидан услубий қўлланма. Toshкент. 2016, 66 бет.
36. А.Г. Стромберг, Д.П. Семсhенко. «Физическая химия». М.: «Высшая школа». 2019.

IV. Internet saytlar

37. http://www. nanometr.ru.
38. http://www.chem.msu.ru

39. http://www.rushim.ru
40. http://www hemi.nsu.ru
41. http://www.Ziyonet.uz
42. http://www. natlib.uz