



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA VA UNI O'QITISH METODIKASI KAFEDRASI**

**“Molekulyar fizika”
fanidan**



O'QUV METODIK MAJMUA

Qarshi shahri, 2010 yil

MUNDARIJA:

- 1. Ishchi o`quv dasturi**
- 2. Kalendar tematik reja**
- 3. Reyting ishlanmasi va baqolash mezonlari**
- 4. Ma'ruzalar matni**
- 5. Amaliy mashqulot, seminar, laboratoriya ishlanmalari va uslubiy ko`rsatmalari**
- 6. Talabalar mustaqil ishi**
- 7. Yozma ish savollari**
- 8. Test savollari**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI

Qarshi davlat universiteti

Fizika va uni o'qitish metodikasi kafedrası o'qituvchisi,
prof. B. E. Xayriddinovning I-kurs «**5440100-fizika**» ta'lim yo'nalishi
uchun “**Molekulyar fizika**” kursidan tuzgan

ISHCHI DASTURI

Ushbu ishchi o'quv dasturi, 2008 yilda 5440100-fizika
ta'lim yo'nalishlari uchun O'z MU Ilmiy-metodik kengashi tomonidan
tasdiqlangan namunaviy dasturga asosan ishlab chiqilgan.

QARSHI-2009

TUZUVCHI: prof. B. E. XAYRIDDINOV

«Tasdiqlayman»

«Tasdiqlayman»

Fizika-matematika fakulteti dekani,
prof. B.E. Xayriddinov
«28» avgust 2009 y.

Fizika va uni o'qitish metodikasi
kafedrasining mudiri, dots. T. Jumaeyv
«27» avgust 2009y.

Ushbu ishchi dastur «Fizika va uni o'qitish metodikasi» kafedrasi (bayon №1 «27» avgust 2009 yil), «Fizika-matematika» fakulteti uslubiy komissiyasi tomonidan (bayon №1 «28» avgust 2009 yil) ko'rib chiqilgan hamda o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

QARSHI-2009

TA'LIM YO'NALISHI:
FANNING NOMI:

5440100-Fizika
Molekulyar fizika

O'QUV MATERIALLARINING TARKIBI:

Fan bo'yicha o'quv mashg'ulotlari va ular uchun ajratilgan vaqt

Mashgʻulotlar tarkibi							
Oʻquv semestri	Hammasi	Auditoriya mashgʻulotlari					Mustaqil taʼlim
		Jami	Maʼruza	Amaliy	Laborato-riya	Seminar	
I.-JORIY NAZORAT							
II	270	136	40	34	62		134
Jami	270	136	40	34	62		134

**«MOLEKULYAR FIZIKA» FANIDAN REYTING ISHLANMASI
 VA BAHOLASH MEZONLARI.
 REYTING ISHLANMASI.**

Nº	Nazorat turlari	Soni	ball	Jami ball
I	J.B. 1.1.Amaliy mashg'ulotni bajarish. 1.2.Laboratoriya ishini topshirish. 1.3.TMI (A.K.Kikoinning molekulyar fizika kursini tahlil qilish)-yozma referat tayyorlash.	17 19 1	1(0,5+0,5*) 2(1+1*) 6	17 38 6
II	OB. 2.1.Yozma ish. 2.2.Og'zaki so'rash. 2.3. Test varianti	3	8	24
III	YAB. 3.1.Yakuniy baholash 3.1.1.Yozma ish (3 ta savol) 3.1.2.Test (30 ta savol)	1	15 (5x3=15) (30x0,5=15)	15
	Jami			100

FANNING ASOSIY MAQSAD VA VAZIFALARI

“Molekulyar fizika” fanini o‘rganishdan maqsad, kuzatishlar, amaliy tekshirish va tajribalarni yumlashtirish asosida fizikaviy nazariya to‘g‘risida tushuncha hosil qilishdan iborat. Fizikaviy nazariya fizikaviy hodisalar va kattaliklar orasidagi bog‘lanishlarni matematik ko‘rinishda ifodalaydi.

Shunga ko‘ra, molekulyar fizika fani ikki maqsadni ko‘zga tutadi:

1. U talabalarni kuzatish, o‘lchash va tajriba o‘tkazishning asosiy uslublari bilan tanishtirishi lozim, shu bilan birga, u umumiy fizika amaliyotidagi fizikaviy namoyishlar va laboratoriya-amaliy ishlari bilan qo‘shib olib borilishi lozim.

2. Molekulyar fizika kursi faqat tajribalargagina asoslanmasdan, balki fizikaviy nazariyani ham aniq bir matematik ko‘rinishda taqdim etib, talabalarning nazariy bilimlarini, xoh fizika sohasida, xoh fizika bilan chegaradosh bo‘lgan boshqa fanlar sohasida amaliy vazifalarni yechishda qo‘llashga o‘rgatadi. Shuning uchun umumiy fizika fani yetarli matematik saviyada va fanlararo chegaralarni aniq ko‘rsatish imkonini beruvchi doirada yoritilishi lozim:

– talabalarda fizik qonunlar va tamoyillarni ularning matematik ifodalari bilan yetkazish;

– talabalarni fizik hodisalar va fizik kattaliklarni aniq o‘lchashning asosiy usullari, tajribada olingan natijalarni qayta ishlash va tahlil qilish, muhim fizik asbob-uskunalar tajriba natijalarini qayta ishlashda EHMdan foydalanishning eng sodda usullari bilan tanishtirish;

– talabalarda tajribalar o‘tkazish ko‘nikmalarini hosil qilish, ularni fizikaviy tajribalar, avtomatlashtirishning sodda tamoyillari bilan tanishtirish, fizikaviy g‘oyalarni to‘g‘ri talqin qilishga o‘rgatish, fizik masalalarni miqdoriy to‘g‘ri yechish, fizik kattaliklarning ko‘lamini baholay bilish;

– talabalarda fizikani o‘rganishga qiziqish uyg‘otish;

– talabalarga fizika rivojlanishining muhim bosqichlari, o‘zbek allomalarining unga qo‘shgan hissalar va tutgan o‘rinlari to‘g‘risida tushunchalar berilishi kerak.

FANNING ASOSIY BO‘LIMLARI VA ULAR O‘RGANADIGAN MUAMMOLAR

Kirish. Molekulyar fizika predmeti. Modda haqida molekulyar kinetik tasavvurlarning rivojlanishi. Moddiy nuqta modeli. Modda tuzilishi haqidagi mumtoz va kvant modellar hamda mumtoz fizikaning statistik va termodinamik usullari. Makroskopik tizimlarning xarakterli tomonlari.

Statistik usul. Asosiy matematik tushunchalar. Tasodifiy hodisalar. Tasodifiy kattaliklar. Ehtimollik. Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti. Tizimning makroskopik va mikroskopik holati. Ehtimollar nazariyasining asosiy tushunchalari. Binominal taqsimot. O‘rtacha qiymat. Spinlar tizimining o‘rtacha qiymati. Puasson taqsimoti. Fluktatsiyalar. Jarayonlar. Qaytuvchan va qaytmas jarayonlar.

Molekulalarning tezliklar bo‘yicha taqsimoti. Mumtoz fizikaning qo‘lanilish chegaralari. Tezliklarning maksvell taqsimoti. Maksvell taqsimotning xossalari. Molekulyar fizika va effuziya. Teng taqsimot qonuni. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn taqsimoti. Maksvell-Boltsman taqsimoti.

Makroskopik nazariya va makroskopik o‘lchov. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Bosim. Ko‘taruvchi kuch. Issiqlik va harorat. Munloq haroratni

aniqlash. Yuqori va past harorat. Ish, ichki energiya va issiqlik miqdori. Issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imi nazariyasining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.

Entropiya. Entropiyaning fizik ma'nosi. Ideal gaz jarayonlarida entropiya o'zgarishini hisoblash.

Termodinamikaning II qonuni. Siklik jarayonlar. Siklda ish. FIK. Karno sikli va uning FIKi. Karno teoremlari. Klauzis tengsizligi. Termodinamikaning II qonuni entropiya orqali ta'riflash. Termodinamikaning II qonuni uchun Kelvin va Klauzis ta'riflari va ularning ekvivalentligi.

Ideal gazlarda jarayonlar. Politropik jarayon. Politropa tenglamasi. Adiabatik jarayon.

Molekulalararo ta'sirlar mavjud bo'lgan gazlar va suyuqliklar. Real gazlar. Real gaz holat tenglamasi. Eksperimental izotermalar. Metastabil holatlar. Kritik holatlar, ularning xossalari. Van-Der-Vaals gazining ichki energiyasi. Joul-Tomson effekti. Joul-Tomson differensial va integral samarasi.

Suyuqlik chegarasida bo'ladigan hodisalar. Sirt taranglik. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar. Kapillyar hodisalar. Suyuqliklarning xossalari. Suyuqlik strukturasi. Kristall suyuqliklar. Suyuq kristallarning xossalari va ularning qo'llanilishi. Suyuq metallar va yarimmetallar. Suyuq eritmalar. Ideal eritmalar. Raul qonuni. Genri qonuni. Osmotik bosim, uning yuzaga kelish mexanizmi. Osmotik bosim qonuniyatlari.

Qattiq jism. Qattiq jism simmetriyasi. Kristall panjara. Panjara simmetriyasi elementlari. Kristallografik koordinata tizimi. Atom tekisliklarining belgilari. Kristallanish. Erish va sublimatsiya. I va II tur o'tishlar. Nokristall moddalar.

Ko'chish jarayonlarining elementar kinetik nazariyasi. Ko'ndalang kesim. Erkin yugurish yo'li. Qovushqoqlik va impuls ko'chishi. Issiqlik o'tkazuvchanlik va zaryad ko'chishi.

FANNING BOSHQA FANLAR VA ISHLAB CHIQARISH BILAN BOG'LIQLIGI

Fizika fani bevosita matematika, texnika fanlari, biologiya, astronomiya, ximiya, geografiya va boshqa bir qator fanlar bilan bog'liqdir. Yuqorida sanab o'tilgan fanlarni fizikasiz, ularning rivojlanishini esa fizika fanining rivojisiz tasavvur etib bo'lmaydi. O'z navbatida bu fanlarning rivojlanishi fizika fanining yangi kashfiyotlariga sabab bo'ladi. Fizika fanining yutuqlari, yangi kashfiyotlari, avvalo, texnikada, shu bilan birga xalq xo'jaligida o' ifodasini topadi. EHMning, mobil aloqalarining, zamonaviy harboy va qishloq xo'jalik texnikalarining rivoji bevosita fizika fanining yangiliklari natijasidir.

FANNI O'QITISHDA YANGI PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR:

Umumiy fizika kursini o'rganishda bevosita EHMdan, internet tizimi orqali turli dasturlardan foydalanib, zamonaviy fizika yangiliklarini, olib borilayotgan ilmiy tadqiqot natijalaridan foydalanish, laboratoriya va amaliy mashg'ulot natijalarini ishlash va zarur jadval va chizmalar, diagrammalarni olish mumkin.

Talabalar bilimini sinash va baholashda komputerga test variantlari kiritilgan bo'lib, oraliq nazoratlarni bevosita komputerda olish mumkin.

**"5440100-FIZIKA" TA'LIM YO'NALISHI UCHUN
MOLEKULYAR FIZIKANING ASOSIY BO'LIMLARI VA REJASI:
I.-KURS, 2-SEMESTRDA. 270 (40) SOAT.**

KIRISH (2-soat).

Molekulyar fizika fani. Fanning maqsadi. Fanning vazifasi, uslubiy ko'rsatmalar, baholash mezonlari. Fanning mutaxassis tayyorlashda tutgan o'rni. Predmetlararo bog'lanish.

STATISTIK USUL (4-soat).

Ehtimolliklar nazariyasidan elementar ma'lumotlar. Tasodifiy voqealar va hodisalar. Ehtimollik. Ehtimolliklar nazariyasining asosiy tushunchalari. Ehtimolliklar ustida amallar. Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti. Tizimning makroskopik va mikroskopik holati. Binomal taqsimot. Puasson taqsimoti.

IDEAL GAZLARNING KINETIK NAZARIYASI (18-soat).

Ideal gaz. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi. Issiqlik va harorat. Mutlaq haroratni aniqlash. Ideal gazning holat tenglamasi. Ideal gaz qonunlari. Barometrik formula. Boltsman taqsimoti. Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimoti. Molekulalarning tezliklar b'yyicha taqsimoti-Maksvell taqsimoti. Mumtoz fizikaning qo'llanish chegaralari. Maksvell-Boltsman taqsimoti. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi to'g'risidagi tushuncha. Issiqlikning kinetik nazariyasi

Ideal gazning ichki energiyasi. Ichki energiyani erkinlik darajalari bo'yicha teng taqsimoti qonuni. Ish va issiqlik miqdori. Termodinamikaning I-qonuni. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish. Ideal gazlarning issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi. Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha. Politropik jarayon.

TERMODINAMIKA ELEMENTLARI (8-soat).

Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish. Siklik jarayon va sikl ishi. Termodinamikaning II-qonuni. Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsienti (F.I.K.). Karno sikli va uning F.I.K. Karno teoremlari. Termodinamikaning II-qonunining turli ta'riflari. Entropiya. Klauzius tengsizligi. Entropiya va ehtimollik. Entropiya va tartibsizlik.

REAL GAZLAR (2-soat).

Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari. Eksperimental izotermalar. Real gazning holat tenglamasi-Van-der-Vaals izotermalari. Kritik holat. Gazning bo'shliqqa kengayishi.

SUYUQLIKLARNING XOSSALARI (4-soat).

Sirt taranglik. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar. Kapillyar hodisalar. Suyuq eritmalar. Ideal eritmalar. Osmotik bosim va uning yuzaga kelish mexanizmi.

QATTIQ JISM (2-soat).

Kristall panjara. Kristallografik koordinata tizimi. qattiq jismlarning issiqlik xossalari. I- va II-tur fazaviy o'tishlar.

MOLEKULYAR FIZIKA FANI BO'YICHA AMALIY (MASHQ) MASHG'ULOTLAR: (34-soat)

I. MOLEKULYAR FIZIKANING MAZMUNI (2-soat)

Modda miqori, molyar va nisbiy molekulyar massa, konsentratsiya va molekular sonini hisoblash.

II. STATISTIK USUL (4-soat)

Tasodifiy voqealarning amalga oshish ehtimolligini, o'rtacha qiymatini va fluktuatsiyasini hisoblashga doir masalar echish.

III. IDEAL GAZNING KINETIK NAZARIYASI (10-soat)

Ideal gazning bosimi. Gaz molekularining o'rtacha kinetik energiyasi va gazning mutlaq harorati orasidagi bog'lanishga doir masalalar echish. Ideal gaz qonunlari yordamida gazning holat parametrlarini aniqlash. Ideal gazning holat tenglamasini qo'llashga doir masalalar echish. Gaz aralashmalarining molyar massasini va holat parametrlarini hisoblash. Barometrik formulani qo'llash va Boltsman taqsimotiga doir masalalar echish. Molekulalarning tezliklar va kinetik energiyalar bo'yicha taqsimoti. Molekulalarning xarakterli tezliklarini hisoblash.

IV. KO'CHISH JARAYONLARINING ELEMENTAR KINETIK NAZARIYASI (4-soat)

Molekulalarning o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligi va molekularning to'qnashuvlar soni. Diffuziya oqimi va diffuziya koeffitsientini hisoblash. Impuls oqimini va qovushoqlik koeffitsientini hisoblash. Issiqlik oqimi, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari orasidagi bog'lanishga doir masalalar echish.

V. ISSIQLIKNING KINETIK NAZARIYASI VA TERMODINAMIKA ELEMENTLARI (8-soat)

Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash va ichki energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha taqsimotiga doir masalalar echish. Gazga berilgan issiqlik miqdori, gazning ishi va ichki energiyasining o'zgarishi orasidagi bo'lanishga doir masalalar echish. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ishni hisoblash. Ideal gazlarning issiqlik sig'irlarini hisoblash. Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsientlari va ideal gaz jarayonlarida entropiya o'zgarishini hisoblash.

VI. REAL GAZLAR VA SUYUQLIKLAR (4-soat)

Real gazlarning holat parametrlarini va ichki energiyasini hisoblash. Suyuqliklarning sirt tarangligi va kapillyar hodisalarga doir masalalar echish.

VII. QATTIQ JISM (2-soat)

Panjara parametrlarini va qattiq jismlarning issiqlik sig'irlarini hisoblashga doir masalalar echish.

MOLEKULYAR FIZIKAGA OID LABORATORIYA ISHLARI RO'YXATI: (62-soat)

1. Mexanikaviy modelda Gauss taqsimotini o'rganish
2. Loshmid sonini aniqlash
3. Mexanikaviy modelda Maksvell taqsimotini o'rganish
4. Termoparalar yasash va ularni darajalash
4. Gazlarning solishtirma issiqlik sig'irlari nisbatini aniqlash

5. Gaz bosimining termik koeffitsientini aniqlash
6. Havoning ichki ishqalanish koeffitsientini va molekulalarning o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligini aniqlash
7. Havoning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash
8. Efirning kritik temperaturasi aniqlash
9. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsientini aniqlash
10. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini
11. Stoks usulida aniqlash
12. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini kapillyar viskozimetr yordamida aniqlash
13. Tebranishlarning sunishidan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash
14. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini tomchini tortish usuli bilan aniqlash
15. Sirt taranglik koeffitsientini halqani suyuqlikdan uzish usuli bilan aniqlash
16. Sirt taranglik koeffitsientini suyuqlikning kapillyar naylarda ko'tarilish balandligiga qarab aniqlash
17. Suyuqliklarning solishtirma bug'lanish issiqligini aniqlash
18. Qattiq jismlarning temperaturaviy chiziqli kengayish koeffitsientini aniqlash
19. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini va real sistemaning entropiyasi o'zgarishini aniqlash
20. Qattiq jismlarning solishtirma erish issiqligini aniqlash

MUSTAQIL ISHLAR MAVZULARI RO'YXATI: (134-soat)

Laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarga nazariy tayyorgarlik ko'rish.

O'rtacha qiymat. Fluktuatsiyalar. Jarayonlar. Muvozanatli va muvozanatsiz jarayonlar. Qaytuvchan va qaytmas jarayonlar

Gaz molekulalarining tezliklarini aniqlash. Broun harakati. Perren tajribasi. Gaz molekulalarining o'rtacha arifmetik, o'rtacha kvadratik va eng katta ehtimolli tezliklari. Maksvell taqsimotini tajribada tekshirish.

Statsionar va nostatsionar issiqlik o'tkazuvchanlik. Ko'chish koeffitsientlari orasidagi bog'lanish

Ideal gaz jarayonlarida entropiya o'zgarishini hisoblash. Temperaturaning termodinamik shkalasi. Termodinamikaning III-bosh qonuni

Van-der-Vialsning keltirilgan tenglamasi. Real gazning ichki energiyasi. Gaz holatdan suyuq holatga o'tish. Gazlarni suyultirish usullari

Suyuqliklarning hajmiy xossalari. Suyuqliklarning issiqlik sig'implari va suyuqliklarda ko'chish hodisalari. Bug'lanish va qaynash.

Kristallarning simmetriyasi va simmetriya elementlari. Kristallardagi nuqsonlar (defektlar). Kristallarning erishi va sublimatsiyasi.

ASOSIY ADABIYOTLAR:

1. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika. O'qituvchi, Toshkent, 1978.-507 bet.

2.Sivuxin D.V. Umumiy fizika kursi. Termodinamika va molekulyar fizika. O'qituvchi, Toshkent, 1984.-526 bet.

3.Sivuxin D.V. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Termodinamika va molekulyar fizika. O'qituvchi, Toshkent, 1983.-228 bet.

4.Volkenshteyn V.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. O'qituvchi. Toshkent-1969, 464 bet.

5.Chertov A., Vorobev A. Fizikadan masalalar to'plami. O'zbekiston, Toshkent, 1997.-496 bet.

6.Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston, Toshkent, 2001.

7.Savelev I.V. Kurs ob'ey fiziki. Molekulyarnaya fizika i termodinamika. M., Astel, 2002.-str.208.

QO'SHIMCHA ADABIYOTLAR:

1.Reyf F. Statisticheskaya fizika. M., Nauka, 1977.-351 bet.

2.Axmadjonov O. Mexanika va molekulyar fizika. O'qituvchi, Toshkent, 1981

3.Kittel Ch. Elementarnaya statisticheskaya fizika. I L, 1980.

4.Matveev A.N. Molekulyarnaya fizika M., Vo'sshaya shkola, 1987.-360 bet

5.Irodov I.E. Zadachi po ob'ey fizike. M., Nauka, 1979.-416 bet.

6.Gurev L.G., Kortnev A.V i dr. Sbornik zadach po ob'hemu kursu fiziki. M., Vo'sshaya shkola, 1972.-432 bet.

7.O'lmasova M.X., va boshqalar. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika, O'qituvchi, Toshkent, 1996

8.Zaydel I. Elementarno'e otsenki oshibok izmereniy. M., 1959.

9.Telesnin R.V. Molekulyarnaya fizika. M., Vo'sshaya shkola, 1965.-298 b.

10.Abdullaev R.M., Xamidjonov I., Karabaeva M.A. Molekulyar fizika.- Universitet, 2003y.

11.Abdullaev R.M., Sattorov X.M.. Molekulyarnaya fizika Obshiy fizicheskiy praktikum.- Universitet, 2004 y.

ELEKTRON ADABIYOTLAR:

1.Www. physicon. ru-"Molekulyarnaya fizika na kompyutere"

TUZUVCHI:

prof. B. XAYRIDDINOV

Jami: 292
 Ma'ruza: 040
 Laboratoriya: 074
 Amaliy 034
 Mustaqil ish 144
 Reyting: 2-semestr

Fizika va
 kafedrasining
 Bayon №1

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

«Fizika va uni o'qitish metodikasi» kafedrasining professori B.E.Xayriddinovning
 I-kurs «5440100- Fizika» ta'lim yo'nalishi uchun «Molekulyar fizika» kursidan tuzgan

TEMATIK ISHCHI REJASI.

SOATLAR TAQSIMOTI:	I kurs 2-semestrda: Jami:-292 soat	
	Ma'ruza:- 40 soat Laboratoriya:-74 soat	M

QARSHI-2009

**«MOLEKULAR FIZIKA» FANIDAN ISHCHI DASTUR BAJARILISHINING KALENDAR
TEMATIK REJASI**

№	Modul va mavzu nomlari	Mashg'ulot turi	Ajratilgan vaqt	Talaba mustaqil ishi mavzu mazmuni
I modul				
1.1	Molekulyar fizikaning mazmuni. Modda miqori, molyar va nisbiy molekulyar massa, konsentratsiya va molekular sonini hisoblash.	Ma'ruza	2 s	Moddalarning tuzilishi, molekular atomlarni o'rganish.
1.2	Modda miqori, molyar va nisbiy molekulyar massa, konsentratsiya va molekular sonini hisoblashga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	molyar va nisbiy molekulyar massa, konsentratsiya va molekular sonini hisoblashni o'rganish
1.3	Mexanikaviy modelda Gauss taqsimotini o'rganish	Laboratoriya	4 s	Gauss taqsimotini o'rganish
2.1	Ehtimolliklar nazariyasidan elementar ma'lumotlar. Tasodifiy voqealar va hodisalar. Ehtimollik. Ehtimolliklar nazariyasining asosiy tushunchalari. Ehtimolliklar ustida amallar.	Ma'ruza	2 s	Molyar massa, Avagadro sonini o'rganish.
2.2	Tasodifiy voqealar va hodisalarga doir masalalar yechish..	Amaliy mashg'ulot	2 s	Ehtimolliklar nazariyasining asosiy tushunchalari. Ehtimolliklar ustida amallar.
2.3	Mexanikaviy modelda Maksvell taqsimotini o'rganish	Laboratoriya	4s	Maksvell taqsimotini o'rganish
3.1	Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti. Tizimning makroskopik va mikroskopik holati. Binomal taqsimot. Puasson taqsimoti.	Ma'ruza	2 s	Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti.
3.3	Universal gaz doimiysini aniqlash	Laboratoriya	4 s	Universal gaz doimiysini o'rganish
4.1	Ideal gazlarning kinetik nazariyasi. Ideal gaz. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi. Issiqlik va harorat. Mutlaq haroratni aniqlash.	Ma'ruza	2 s	Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi. Issiqlik va harorat.
4.2	Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi, Issiqlik va harorat, Mutlaq haroratni aniqlashga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Ideal gaz, Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi, Issiqlik va harorat masalalar.
4.3	Termoparalar yasash va ularni darajalash.	Laboratoriya	6 s	Gazlarni solishtirma issiqlik nisbatini aniqlash.
5.1	Ideal gazning holat tenglamasi. Ideal gaz qonunlari. Barometrik formula.	Ma'ruza	2 s	Ideal gaz qonunlari. Barometrik formula.
5.2	Ideal gazning holat tenglamasi, Ideal gaz qonunlariga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Ideal gazning holat tenglamasi, Ideal gaz qonunlariga doir masalalar yechish.
5.3	Gaz bosimini termik koeffitsiyentini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Termik koeffitsiyentni o'rganish
6.1	Boltsman taqsimoti. Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimoti.	Ma'ruza	2 s	Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimoti.
6.2	Boltsman taqsimoti, Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimotiga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Boltsman taqsimoti, Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimotiga doir masalalar yechish.
6.3	Molekulalarning o'rtacha erkin yugurish yo'lini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Havoning ichki ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash
7.1	Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimoti-Maksvell taqsimoti. Mumtoz fizikaning qo'llanish chegaralari. Maksvell-Boltsman taqsimoti.	Ma'ruza	2 s	Maksvell taqsimoti.. Maksvell-Boltsman taqsimoti.
7.3	Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi nisbatini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi nisbatini aniqlash.

		riya		sig'implarini o'rganish
8.1	Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi to'g'risidagi tushuncha. Issiqlikning kinetik nazariyasi	Ma'ruza	2 s	Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi
8.2	Issiqlikning kinetik nazariyasiga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Issiqlikning kinetik nazariyasi
8.3	Havoni issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Issiqlik o'tkazuvchanlikni o'rganish
II-modul				
9.1	Ideal gazning ichki energiyasi. Ichki energiyani erkinlik darajalari boyicha teng taqsimoti qonuni.	Ma'ruza	2 s	Ichki energiyani erkinlik darajalari boyicha teng taqsimoti qonuni o'rganish.
9.2	Ideal gazning ichki energiyasi. Ichki energiyani erkinlik darajalari boyicha teng taqsimotiga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Ideal gazning ichki energiyasi, ichki energiyani erkinlik darajalari boyicha teng taqsimotiga doir masalalar yechish.
9.3	Efirning kritik temperaturasi aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Kritik temperaturani o'rganish
10.1	Ish va issiqlik miqdori. Termodinamikaning I-qonuni. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish.	Ma'ruza	2 s	Termodinamikaning I-qonuni. Ish va issiqlik miqdori. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish o'rganish
10.2	Ish va issiqlik miqdori. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ishga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Ish va issiqlik miqdori. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ishga doir masalalar yechish.
10.3	Suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash.
11.1	Ideal gazlarning issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.	Ma'ruza	2 s	Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi o'rganish.
11.2	Termodinamikaning I-qonuni, Ideal gazlarning issiqlik sig'imiga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Termodinamikaning I-qonuni, Ideal gazlarning issiqlik sig'imiga doir masalalar yechish.
11.3	Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentni Stoks usulida aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentni o'rganish
12.1	Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha. Politropik jarayon	Ma'ruza	2 s	Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha. Politropik jarayonni o'rganish
12.2	Issiqlik sig'imining kvant nazariyasiga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Issiqlik sig'imining kvant nazariyasiga doir masalalar yechish.
12.3	Havo molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini aniqlash	Laboratoriya	4 s	Politropik jarayonni o'rganish
13.1	Termodinamika elementlari. Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish. Siklik jarayon va sikl ishi.	Ma'ruza	2 s	Termodinamika elementlari. Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish. Siklik jarayon va sikl ishi.
13.2	Termodinamika elementlari, Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish, Siklik jarayon va sikl ishiga doir masalalar yechish..	Amaliy mashg'ulot	2 s	Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish, Siklik jarayon va sikl ishiga doir masalalar yechish..
13.3	Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentni kapillyar viskozometr usulida aniqlash	Laboratoriya	4 s	Issiqlikni mexanikaviy ishga aylantirish. Siklik jarayon va sikl ishini o'rganish
14.1	Termodinamikaning II-qonuni. Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsiyenti (F.I.K.).	Ma'ruza	2 s	Termodinamikaning II-qonuni. Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsiyentini o'rganish
14.2	Termodinamikaning II-qonuni, Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsiyentlarini o'rganish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Termodinamikaning II-qonuni, Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsiyentlariga doir masalalar yechish.
14.3	Qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash.	Laboratoriya	4 s	Issiqlik o'tkazuvchanlikka doir masalalar yechish.
III - modul				
15.1	Karno sikli va uning F.I.K. Karno teoremlari.	Ma'ruza	2 s	Karno sikli va Karno teoremlari.

	Termodinamikaning II-qonunining turli ta'riflari.			o'rganish.
15.2	Karno sikli va uning F.I.Kga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Karno sikli va uning F.I.Kga masalalar yechish.
15.3	Isitkich sistemaning FIK ni o'rganish	Laboratoriya	4 s	Isitkich sistemaning FIK o'rganish
16.1	Entropiya. Klauzius tengsizligi. Entropiya va ehtimollik. Entropiya va tartibsizlik.	Ma'ruza	2 s	Entropiya va Klauzius tengsizligi o'rganish.
16.3	Sirt taranglik koeffitsiyentini xalqa usulida o'rganish.	Laboratoriya	4 s	Entropiya va ehtimollik, entropiya tartibsizlikni o'rganish
17.1	Real gazlar. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari. Eksperimental izotermalari. Real gazning holat tenglamasi-Van-der-Vaals izotermalari. Kritik holat. Gazning bo'shliqqa kengayishi.	Ma'ruza	2 s	Real gazning holat tenglamasi-Van-der-Vaals izotermalari. Kritik holat.
17.2	Real gazlarga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Van-der-Vaals tenglamasi-Van-der-Vaals izotermalari o'rganish.
17.3	Suyuqliklarning solishtirma issiqlik sig'imini o'rganish.	Laboratoriya	4 s	Molekulalarning o'zaro ta'sir kuchlari o'rganish.
18.1	Sirt taranglik. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.	Ma'ruza	2 s	Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.
18.2	Sirt taranglik kuchlariga oid masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Sirt taranglik kuchlariga oid masalalar yechish.
18.3	Sirt taranglik kuchini tomchi usulida o'rganish.	Laboratoriya	4 s	Sirt taranglik koeffitsiyentini o'rganish.
19.1	Kapillyar hodisalar. Suyuq eritmalar. Ideal eritmalar. Osmotik bosim va uning yuzaga kelish mexanizmi.	Ma'ruza	2 s	Osmotik bosim va uning yuzaga kelish mexanizmi
19.2	Kapillyar hodisalar, suyuq eritmalar, ideal eritmalariga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Kapillyar hodisalar, suyuq eritmalariga oid masalalar yechish.
20.1	Qattiq jism. Kristall panjara. Kristallografik koordinata tizimi. qattiq jismlarning issiqlik xossalari. I- va II-tur fazaviy o'tishlar.	Ma'ruza	2 s	Kristallografik koordinata tizimi. qattiq jismlarning issiqlik xossalari. I- va II-tur fazaviy o'tishlar.
20.2	I- va II-tur fazaviy o'tishlarga doir masalalar yechish.	Amaliy mashg'ulot	2 s	Qattiq jismlarning issiqlik xossalari. I- va II-tur fazaviy o'tishlarga oid masalalar yechish.
	Jami: 292 s Jumladan: ma'ruza-40 s Amaliy mashg'ulot-34 s Laboratoriya ishi-74 s Mustaqil ishi-144 s		292 40 34 74	
	Izoh: TMI hajmidan kelib chiqib, laboratoriya mashg'ulotlarining har bir parasida 3-4 talaba 1ta laboratoriya mavzusi ilova qilinadi.			

**«Molekulyar fizika» fanidan reyting ishlanmasi va baholash mezonlari.
Reyting ishlanmasi.**

№	Nazorat turlari	Soni	ball	Jami ball
I	J.B.			
	1.1.Amaliy mashg'ulotni bajarish.	17	1(0,5+0,5*)	17
	1.2.Laboratoriya ishini topshirish.	19	2(1+1*)	38
	1.3.TMI (A.K.Kikoinning molekulyar fizika kursini tahlil qilish)-yozma referat tayyorlash.	1	6	6
II	OB.			
	2.1.Yozma ish.			
	2.2.Og'zaki so'rash.	3	8	24
	2.3. Test varianti			
III	YAB.			
	3.1.Yakuniy baholash			
	3.1.1.Yozma ish (3 ta savol)	1	15	15
	3.1.2.Test (30 ta savol)		(5x3=15) (30x0,5=15)	
	Jami			100

«Molekulyar fizika» kursidan baholash mezonlari.

1.1. Amaliy mashg'ulotlarda qatnashib, uning topshiriqlarini bajargan talabaga a'lo baho uchun 0,86-1 gacha, yaxshi baho uchun 0,71-0,85 gacha, o'rta baho uchun 0,55-0,70 ballgacha beriladi.

1.2. Laboratoriya ishi topshiriqlarini bajargan talabaga a'lo baho uchun 1,72-2 gacha, yaxshi baho uchun 1,42-1,7 gacha, o'rta baho uchun 1,1-1,4 ballgacha beriladi.

1.3.* Amaliy ishlari bo'yicha berilgan talabalar mustaqil ishlarining bajarilishi hajmi va sifatiga qarab 0,25 dan 0,5 ballgacha berilishi mumkin. (topshiriqlar to'liq va sifatli, ijodiy tarzda bajarilgan-0,42-0,5 ball, sifatli va meyor talablari darajasida-0,33-0,41 ball, o'rta darajada-0,25-0,32 ball).

1.4.* Laboratoriya ishlari bo'yicha berilgan talabalar mustaqil ishlarining bajarilishi hajmi va sifatiga qarab 1 balddan 2 ballgacha berilishi mumkin. (topshiriqlar to'liq va sifatli, ijodiy tarzda bajarilgan-1,72-2 ball, sifatli va meyor talablari darajasida-1,42-1,7 ball, o'rta darajada-1,1-1,4 ball).

2.1. Oraliq baholash yozma tarzda o'tkazilib, undan 3 ta savolga javob berishi so'raladi. Har bir savol 8 ballgacha baholanadi.

- agar savol mohiyati to'la ochilgan bo'lsa javoblari to'liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo'lsa-6,9-8 ball.

- savolning mohiyati umumiy ochilgan asosiy faktlar to'g'ri bayon etilgan bo'lsa-5,7-6,8ball.

2.2. Talabaning mustaqil ishi- A.K.Kikoinning molekulyar fizika kursini tahlil qilishga bag'ishlangan bo'lib, berilgan mavzu bo'yicha referat tayyorlanadi:

- referatda mavzu to'liq ochilgan, to'g'ri xulosa chiqarilgan va ijodiy fikrlari bo'lsa-6,0-7 ball.

- mavzu mohiyati ochilgan, faqat xulosasi bor-5-5,9 ball.

- mavzu mohiyati yoritilgan, ammo arzimasi kamchiligi bo'lsa-3,9-4,9 ball beriladi.

3.1. Yakuniy baholashda talaba 3 ta savolga yozma yoki 30 ta test savolga javob berishi lozim.

- har bir yozma savolga 5 ball ajratiladi.

- agar savol mohiyati to'la ochilgan bo'lib, mavzu bo'yicha talabaning tanqidiy nuqtai nazari bayon qilingan bo'lsa -12,9-15 ball.

- savolning mohiyati to'la ochilgan, asosiy faktlar to'g'ri bayon qilingan bo'lsa-10,7-12,8 ball.

- savolga to'g'ri javob berilgan, lekin ayrim kamchiliklari bor bo'lsa-8,3-10,6 ball.

- test savolining har biri 0,5 ballik tizimida baholanadi.

TUZUVCHI:

prof. B. XAYRIDDINOV

AMALIYOTCHI:

T.f.n. N.XOLMIRZAYEV

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA TA‘LIM VAZIRLIGI**

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

**FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI
FIZIKA VA UNI O‘QITISH METODIKASI
KAFEDRASI**

MOLEKULYAR FIZIKADAN AMALIY MASHG‘ULOTLAR

ISHLANMASI

Tuzuvchilar: **k.o‘q. Xolmirzayev N.**
o‘q. Umarova S.

Qarshi-2009 y.

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI

5440100-fizika, 5440300-astronomiya yo‘nalishlari talabalari uchun
MOLEKULYAR FIZIKADAN
MA‘RO‘ZALAR MATNI

Ma'ro'zalar matni O'zbekiston respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim vazirligining " Davlat ta'lim standarti", 5440100-fizika, 5440300-astronomiya yo'nalishlari bo'yicha bakalavrlar tayyorlash uchun "Ishchi dastur"i asosida tuzilgan.

Fizika fanining molekulyar fizika bo'limini o'rganishda hodisalarning mohiyatini yoritishda imkoni boricha soddaroq qilib bayon qilishga harakat qilindi. Har bir ma'ruza boshida reja, shu asosda bayoni va oxirida esa tayanch tushunchalar, sinov savollari keltirilgan. Talabalarni tayanch tushunchalarni mohiyatini o'zlashtirishi va sinov savollariga to'la javob topishi esa ma'ruzalar matnini asosiy yo'nalishini tashkil etadi. Bunday yo'l tutish fizika va astronomiya ixtisosligi talabalarining molekulyar fizika kursini o'rganishga qiziqishlarini oshiradi.

Mualliflar:

Prof. Xayriddinov B.E.

O'qit. Xolmirzayev N.S.

Taqrizchilar:

dots. Xalimov G'.G'.
k.o'q. Mallayev A.

Ma'ro'zalar matni 2005 yil 29-sentyabrdagi Umumiy va eksperimental fizika kafedrasining 2-sonli yig'g'ilishida muhokama qilingan va ma'qullangan

I-bo'lim. Molekulyar fizikaning mazmuni.(4 soat)

1-mavzu: **Kirish. Modda haqidagi molekulyar kinetik tasavvurlarning rivojlanishi. Modda tuzilishi haqidagi mumtoz va kvant fizikasi modellari hamda mumtoz fizikaning qo'llanilish chegaralari.**

Reja:

1. Modda tuzilishi haqida umumiy ma'lumotlar.
2. Modda haqidagi atom molekulyar kinetik nazariya va uning rivojlanishi.
3. Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy qoidalarini tasdiqlovchi ba'zi hodisalar haqida.
4. Modda tuzilishi haqida mumtoz, kvant fizikasi modellari.
5. Mumtoz fizikaning qullanilish chegarasi.
6. Хулоса.

Barcha jismlarning eng mayda zarralar-atomlardan iborat ekanligi haqidagi tasavvurlar eng qadim zamonlardayoq paydo bo'lgan. Grek faylasufi Demokrit eramizdan avvalgi V asrda barcha jismlar mayda zarralardan tuzilgan, ular atomlar deyiladi degan fikrni ilgari surgan. Keyinchalik bunday atomistik dunyoqarash unutilib yuborildi.

XVII asr oxirlarida va XIX asr boshlarida Boyl-Mariott, Gey-Lyussak, Dalton, Avagadro tomonidan eksperimental ravishda ochilgan gaz qonunlari modda tuzilishining molekulyar nazariyasiga qo'shilgan o'lgan hissa bo'ldi. XVII asrning ikkinchi yarmiga kelib Joule, Klauzius, Maksvell, Bolsman, Gibbs kabi olimlarning qo'shgan hissasi bilan molekulyar kinetik nazariyaning asosiy qonunlari hozirgi ko'rinishga keldi. Shunga asosan:

1. Barcha moddalar juda mayda alohida zarralar-molekulalardan iborat. Ayni moddani tashkil qiluvchi molekulalar mutlaqo bir xildir: turli moddalar esa turli molekulalardan iborat. Bir necha atom birikib molekulani tashkil etadi. Atomlar turi tabiatda mavjud bo'lgan ximiyaviy elementlar soniga teng. Gaz ham qattiq jismlar va suyuqliklar kabi o'z massasiga ega. Lekin gaz qonunlarini o'rganishda molyar massa tushunchasidan foydalanish qulaydir. Moddaning bir molining massasi uning molyar massasi deyiladi va μ bilan belgilanadi.. Uglerod-12 (C) ning 0,012 kg massasidagi atomlar soniga teng strukturaviy element (atom, molekula) lardan tashkil topgan moddaning miqdori bir mol deb ataladi. Bu birlik shu bilan qulayki, 1 mol gazdagi molekulalar soni gazning turiga bogliq bo'lmagan o'zgarmas kattalik bo'lib, ushbu qiymat Avagadro soni ($N_A=6,0223 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) deb ataladi.

Bitta molekulaning massasi m bo'lsa, Avagadro soni orqali molyar massa quyidagi ifodagi ega bo'ladi: $\mu = m \cdot N_A$

Mos ravishda N ta molekuladan tashkil topgan gazning massasi: $M = m \cdot N$

Bu ikki massaning nisbatidan V hajmdagi molekulalarning sonini aniqlaymiz:

$$N = \frac{M}{\mu} \cdot N_A$$

Demak, biror hajmdagi molekulalarning sonini aniqlashda gaz massasining M/μ nisbiy, ya'ni mollar sonini bilish kifoyadir. Ravshanki, N ta gaz molekulasini egallagan hajm ma'lum bo'lsa, birlik hajmdagi molekulalar soni uning konsentratsiyasi deyiladi va bu kattalik $n = \frac{N}{V}$ orqali aniqlanadi.

Avagadro soni yordamida molekulalarning kattaligini va absolyut massalarini hisoblash mumkin. Masalan, 1 sm^3 suvni olaylik. Uning massasi 1g bo'lib, bir mol suvning $1/18$ qismini tashkil qiladi. Demak, 1 sm^3 suvda $\frac{6,023}{18} \cdot 10^{23} = 3,34 \cdot 10^{22}$ dona suv molekulasini bo'ladi. Shunday qilib, suyuq suv bitta molekulasi hajmi

$$V = \frac{1}{3,34 \cdot 10^{22}} \text{ sm}^3 = 3 \cdot 10^{-23} \text{ sm}^3$$

Chiziqli ulcham (radiusi) taxminan $r = \sqrt[3]{3 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3} \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ ga teng.

1. Atom va molekullarning radiusini aniqroq tasavvur qilish uchun quyidagi misolni keltiraylik.

1sm³ mis (Cu) tarkibidagi hamma atomlarni bir qator qilib tersak uzunligi 14 milliard kilometr bo'lgan zanjir hosil bo'ladi. Bu uzunlik yerdan quyoshgacha bo'lgan masofada qariyb 90 marta ortiq.

Zamonaviy elektron mikroskoplar radiusi mikrondan bir necha yuz marta kichik bo'lgan mikrokrystallarni kuzatish imkoniyatini beradi. Bunday mikrokrystall bir necha yuz ming atomdan iboratdir. Atomlarning shu qadar kichik bo'lishiga qaramay, hozirgi zamon fizikasi modda tuzilishining diskretik, ya'ni alohida zarralardan iboratligini kuzatish metodlari asosida isbotladi.

Atomlar yetarli darajada katta energiyaga ega bo'lgan, ya'ni juda katta tezliklar bilan harakat qilayotgan hollardagina ularni bevosita kuzatish mumkin.

Bir molekulaning yoki atomning massasi m ni quyidagi tenglikdan topish mumkin:

$$m = \mu / N_A \quad (1)$$

bu yerda μ -molekulyar og'irlik (element uchun atom og'irlik), N -Avagadro soni.

(1) formuladan vodorod atomining massasini hisoblaymiz:

$$m_H = \frac{\mu}{N} = \frac{1/16 \text{ g/mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,662 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

Normal sharoitda istalgan bir kilomol gazning egallagan hajmi $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ga teng ekanligini e'tiborga olsak, 1 m³ hajmdagi molekullar soni $n_0 = N/N_0 = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ga tengligini topamiz. Bu songa Loshmidt soni deyiladi.

Qator kuzatishlar har qanday moddada uzluksiz ichki harakat mavjudligi to'g'risida bizga ishonch hosil qiladi. Bu ichki harakat shu moddani tashkil qiluvchi molekullarning harakatidan iboratdir.

Molekullarning bu harakati tartibsiz va hech qachon tuxtamaydi, bu harakat faqat modda temperaturasigagina bog'liqdir. Quyidagi tajriba yordamida moddalarni molekullarini uzluksiz va tartibsizligiga ishonch hosil qilishimiz mumkin. Bizga ikkita A va B ikki idishda har xil gazlar, masalan, birida vodorod, ikkinchisida esa azot bo'lsin.

Agar C jumrak ochilsa, bir oz vaqt o'tgach ikki idishda ham shu gazlarning tamomila bir xil aralashmasi hosil bo'ladi. Gazlar o'z-o'zidan butunlay aralashib ketadi. 1826 yilda ingliz botanigi Broun suyuqlikda muallaq holda bo'lgan juda mayda zarralarning mikroskopda o'zluksiz ravishda tartibsiz harakat qilib turishlarini ko'rdi. Broun nomi bilan ataladigan bu harakat hech qachon to'xtab qolmaydi, hech qanday tashqi sabablarga bog'liq bo'lmaydi va moddadagi ichki harakatning namoyon bo'lishidan iboratdir. Broun zarralarining massasi ayrim molekullar massasidan bir necha milliard marta katta, ularning tezliklari molekullarning tezliklaridan juda ham kichik. Shuning uchun ham Broun zarralarining harakatini mikroskopda ko'rish mumkin.

Demak modda faqat dona-dona tuzilishigagina, ya'ni bir-biridan ajralgan ayrim zarralardan iboratgina bo'lib qolmay, u uzluksiz ravishda harakat qilib turadigan zarralardan tashkil topgandir. S' Huning uchun ham modda tuzilishi haqidagi nazariya molekulyar-kinetik nazariyadir.

Birinchi marta bu nazariyani M.V. Lomonosov moddaning turli agregat holatlardagi xususiyatlarini tushuntirish maqsadida rivojlantirgan edi.

Hozirgi vaqtda atomlarda harakatlanuvchi zaryadlangan zarralarning borligigagina emas, balki atomlar tuzilishi ham aniq ifodalab berilgan. Ammo atom tuzilishi qonunlarini mumtoz (klassik) mexanika yordamida to'la tushuntirish mumkin emasligi ravshan bo'lib qoldi. Shuningdek atomni tashkil etgan zaryadli zarralarni harakat holati uchun odatdagi mumtoz mexanika tasavvurlarini qo'llab bo'lmas ekan. Buning ajablanarli joyi yo'q, chunki mumtoz mexanika biz ko'ra oladigan va seza oladigan katta masshtabdagi jismlarning harakatiga doir kuzatishlar asosida yaratilgan. Atomlarni tashkil qilgan zarralarning o'lchamlari atomlarning o'zidan ham kichik, ularning o'lchamlari 10^{-13} cm tartibda, ya'ni optikaviy mikroskopda ko'rinadigan zarradan yuz million marta kichik. Bu zarralarni massasi esa 10^{-22} dan 10^{-27} grammgacha bo'ladi.

Atomni tashkil qilgan zarralarning alohida xossalari-kvant xossalari bo'ladi va ular kvant mexanikasi qonunlariga bo'ysunadi. Ammo atom tuzilishini tavsiflashda "Mexanikalashtirilgan" modeldan foydalanish lozim deb hisoblaymiz.

Bu modelni planetalar sistemasi modeliga o'xshatish mumkin, ya'ni bu sistemada markazda quyosh va uning atrofidagi 9 ta planetalar ellepsoid trayektoriya bo'yicha harakatlanadi. Atomda esa markazda atom yadrosi joylashgan (bu planeta sistemasida quyosh), u musbat zaryadlangan, uning atrofiga (planetalar sistemasi) manfiy zaryadlangan elektronlar aylanadi. Uning zaryadi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ kl ga teng. Yadro va elektronlar orasida ta'sir qiluvchi elekt tortish kuchlari elektronlarni yadro atrofiga ushlab turadi va "haqiqiy" planetalar sistemasida butun olam tortishish kuchlari qanday rol uynasa, bu kuchlar atomda shunday rol o'ynaydi.

Turli ximiyaviy elementlarning atomlarida elektronlar soni turlicha bo'ladi, ular bir-biridan ana shu bilan farq qiladi. Biroq ularni farq qiluvchi shu emas. Normal sharoitlarda atomlar elektr jihatdan neytraldir, shuning uchun biror elementning atomida qancha elektron bo'lmasin, bu elektronlarning umumiy zaryadi son jihatdan atom yadrosining musbat zaryadiga teng bo'lishi kerak. Demak turli elementlarning atomlari faqat yadroni o'rab turgan elektronlarning soni bilangina emas, balki yadro zaryadning kattaligi bilan ham bir-biridan farq qilar ekan.

D. I. Mendelev davriy sistemasida elementlar atom yadrolarining zaryadi ortib borish tartibda joylashtirilgan. Bu jadvalda elementning tartib nomeri Z atom yadrosining musbat zaryadi elektronning zaryadidan necha marta katta ekanligini ko'rsatuvchi sonidir. Yadro zaryadi absalyut kattaligi jihatidan Ze_0 ga teng, bu yerda ye_0 - elektronning zaryadi. Demak, D.I.Mendelev davriy sistemada elementning tartib nomeri atom elektron jihatdan neytral bo'lganda bevosita atomdagi elektronlar sonini beradi. Atomlarni turli usullar bilan: jismlarni ishqalash, qizdirish, yoritish, katta tezlikli zarralar zarbasi bilan, ximiyaviy reaksiya natijasida va hakozi usullar bilan ionlashtirish mumkin.

Shuningdek atom zarralarining massasiga kelsak, atomning deyarli hamma massasi uning yadrosiga to'plangan va elektronlar uchun atom massasining milliarddan bir ulushiga to'g'ri keladi. Masalan: Temir atom yadrosining massasi taxminan $9 \cdot 10^{-23}$ g ga teng. Temir atomidagi 26 ta elektronning hammasining massasi $2,3 \cdot 10^{-26}$ g ga teng, shuning uchun temir atomli yadrosining massasi atomdagi elektronlar massasidan 4000 marta katta. Atom yadrosi murakkab tuzilishga ega: U ikki tur zarralardan iborat: musbat zaryadli protonlardan va zaryadsiz neytronlardan tuzilgan hamda ular bitta nom bilan nuklonlar deb ataladi. Bu zarralarning massalari taxminan bir xil va $1,7 \cdot 10^{-24}$ g ga teng. D.I.Mendelev jadvalidagi tartib nomeri yadrosidagi protonlar sonini bildiradi. Masalan: ${}_{26}Fe^{56}$ atomida 26 ta protondan birortasi ajratib olinsa, uning atomi endi boshqa, ya'ni marganes atomiga aylanadi (${}_{26}M^{56}$). Yadrolari ulardagi neytronlar soni bilangina farq qiladigan atomlar izotoplar deyiladi. Protonning massasi elektronning massasidan 1836 marta katta ya'ni $m_p = 1836m_e = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg. Elektronning massasi va zaryadi

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \ell = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kl}, \quad \varepsilon_{ac} = 2,2 \cdot 10^{-11} \text{ эpr}; \quad 1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эpr}.$$

IV. Tayanch tushunchalar:

Moddalar kinetik nazariyasi, barcha moddalar elementlar zarrachalardan tuzilganligi, atomning planetar modeli, elektron, proton, neytron, atom yadrosi.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Moddalar tuzilishi haqidagi tasavvurlar to'g'risida tushuncha bering.
2. Modda molekulyar-kinetik nazariyasi to'g'risidagi mumtoz va kvant nazariyasini mohiyatini tushuntiring.
3. Mumtoz fizikaning qo'llanish chegarasini tushuntiring.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar:

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. Molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika.Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola»,1973 g.

2-mavzu: Modda xosalarini o'rganishda dinamik, statik va termodinamik usullar.

Mikroskopik tizimlarning xarakterli tomonlari.

Reja:

1. Atom, molekula va ularning xossalari to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. Moddalarni xosalarini o'rganishdagi dinamik, statik va termodinamik usullar.
3. Mikroskopik tizimlarning xarakterli tomonlari.
4. Xulosa.

Molekulyar fizikada nihoyatda ko'p zarralar ta'sirida vujudga keladigan hodisalarni tekshirishga to'g'ri keldi. Xususan, bir kub santimetr hajmdagi gazda (normal sharoitda) $2,7 \cdot 10^{19}$ dona molekula mavjud bo'lib, ular bir sekund davomida boshqa molekulalar bilan taxminan 10^{10} marta to'qnashadi.

Tabiatdagi barcha moddalar yuzdan ortiq ximiyaviy elementlardan tashkil topgan. Elementning barcha xossasini o'zida mujassamlashtirgan eng kichik zarrasiga atom deyiladi. Hozirgi vaqtda ma'lumki, atomning o'zi ham kichik elementar zarralar: yadrodagi proton va neytronlar hamda ular atrofida ma'lum orbitalar bo'ylab harakatlanuvchi elektronlardan iborat. Turli xil atomlarda proton, neytron va elektronlar soni turlicha bo'lganligi sababli ularning xossalari bir-biridan keskin farq qiladi. Eng sodda element bu vodorod atomidir. Vodorod atomining yadrosi bitta elektrondan iborat.

Hamma ximiyaviy elementlardagi musbat zaryadli protonlar soni, manfiy zaryadlar elektronlar soniga teng bo'lib, ularning miqdori shu elementning davriy sistemadagi egallangan tartibi-o'ri bilan aniqlanadi.

Bu zarralar moddiy bo'lganligi uchun massaga ega. Elektronning massasi $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg va zaryadi. $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl. Protonning massasi elektron massasidan 1836 marta katta: $m_p = 1836m_e = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg va zaryadi elektron zaryadiga teng.

Atomda bor bo'lgan neytronlar soni shu elementning massa sonidan davriy sistemada egallangan tartibni ayirmasiga teng: ${}_8O^{16} - {}_N O^Z$ – bu yerda $Z=16$ atom massa soni, uning davriy sistemasidagi tartib nomeri esa $N=8$ ga teng. Demak kislorod atomida 8ta proton va $16-8=8$ ta neytron bor. Tabiatda ko'pgina moddalar atom holda emas, molekula holda uchraydi. Modda molekulasi bir, ikki yoki undan ortiq sondagi atomlardan va shuningdek bir xil atomlardan yoki bir necha xil atomlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin. M: O gazi molekulasi O_2 –ikkita kislorod atomidan iborat. Suv molekulasi (H_2O)- uchta atom: ikkita vodorod va bitta kislorod atomidan iborat. Sulfat kislotasi molekulasi esa uch xil atomlardan tashkil topgan bo'lib, uning molekulasidagi (H_2SO_4) atomlar soni yettitaga teng.

Yuqori birikmali moddalarda (polimerlarda) molekuladagi atomlar soni hatto bir necha mingdan iborat bo'lishi mumkin. Molekula so'zini fanga birinchi bo'lib 1658 yilda fransuz olimi N.Gassendi kiritgan. Uning haqiqatdan mavjud ekanligi tajribada 1906 yilda fransuz olimi J.Pirren tomonidan isbotlangan.

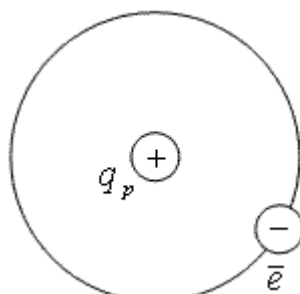
Molekulaga berilgan ta'rifni quyidagi hayotiy misollarda tushuntirish mumkin. Moda qanday agregat holatida bo'lishidan qat'iy nazar uni mayda bo'laklarga bo'lish mumkin. Masalan, bir bo'lak osh tuzini mayda bo'laklarga bo'lsak, u bo'laklarda ham osh tuzi xossasi namoyon bo'ladi. Bo'linishni yana davom ettiraversak, osh tuzining xossalari saqlanib qoladimi? Uning xossalari molekulyar bo'laklarga bo'linguncha saqlanib qoladi. Osh tuzi molekulasi natriy (Na) va

xlor (Cl) atomlardan tashkil topgan bo'lib, uning xossasi molekulaning parchalanishi boshlanguncha saqlanib qoladi.

Har bir modda molekulasini o'ziga xos xossalarga ega bo'lib, atomlarning birikib molekula tashkil qilishi asosan ikki xil bog'lanish asosida hosil bo'ladi: ionli va kovalent bog'lanish davriy sistemadagi har bir davrda joylashgan elementlar soni bilan aniqlanadi. Bu bog'lanishlarning hosil bo'lish tartibi bilan tanishaylik. Atomdagi elektronlar yadro atrofida ma'lum qobiqli orbitalar bo'ylab harakatlanib, qobiqdagi elektronlar soni ma'lum tartibda bo'yso'nadi. Atomlarning molekullarga birikishida tashqi qobiqdagi elektronlar soni asosiy rol o'ynaydi. Bu elektronlarga valent elektronlar deyiladi. Davriy sistemadagi bir xil gruppada elementlarining tashqi valent elektronlarining soni o'za'ro teng. M: birinchi gruppada Vodorod (${}_1H^1$), Litiy (${}_3Li^7$), Natriy (${}_{11}Na^{23}$), Kaliy (${}_{19}K^{39}$) va h.q. kabi elementlarning tashqi qobiqdagi bittadan valent elektronlari mavjud bo'lsa, yettinchi gruppada Ftor (${}_9F^{19}$), Xlor (${}_{17}Cl^{35}$), Brom (${}_{35}Br^{80}$) kabi elementlarning yettitadan valent elektronlari bor. Atomdagi umumiy elektronlar soni atomning davriy sistemadagi tartib nomeriga teng bo'lib, tashqi valent elektronlar soni gruppada tartibi bilan aniqlanadi.

Atomlarning molekulaga birikishida tashqi qobiqdagi elektronlar asosiy rol o'ynaydi. Bu elektronlarga valent elektronlar deyiladi. Tashqi valent elektronlar soni gruppada tartibi bilan aniqlanadi. Sakkizinchi gruppada elementlarning tashqi qobiqi valent elektronlar bilan to'lgan bo'lib, eng turg'un atomlarni tashkil etadi. Bu element atomlari inertdir. Shuning uchun ular inert gazlar deyiladi, bularga Geliy, Neon, Argon, Kripton, Ksenonlar kiradi. Ionli va valent bog'lanish asosida molekula hosil bo'lishida tashqi elektronlar asosiy rol o'ynaydi.

a) Ionli bog'lanish. Ionli bog'lanish asosida molekula hosil bo'lishini osh tuzi misolida ko'rib o'taylik. Atriya atomining tashqi orbitasida bitta elektron bor. Agar shu elektronni boshqa bir atomga bersa, uning atomi inert elementlar atomi kabi turg'un atomga aylanadi. Xlor atomining tashqi orbitasida yettita elektron bo'lib, boshqa element atomidan sakkizinchi elektronni olsa ham turg'un atomga aylanadi. Shunday qilib, natriy atomi tashqi elektronni Xlor atomiga berib musbat ionga, Xlor atomiga esa elektronni qabul qilib manfiy ionga aylanadi. Musbat va manfiy zaryadlangan ionlar o'za'ro elektrostatik tortishadi va natijada turg'un osh tuzi molekulasini hosil bo'ladi (2.1-rasm).



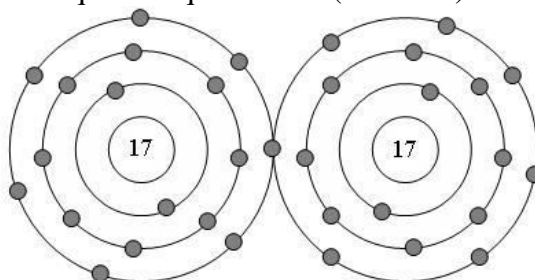
2.1-rasm

. Ionlarning tashqi elektron qobiqlari ma'lum masofagacha o'za'ro yaqinlashishi mumkin. Agar yaqinlashish shu r_0 masofadan kichraysa, u holda elektron qobiqlarning ta'siri tufayli itarishi yuzaga keladi. Odatda tashqi valent elektronlari to'rttadan ortiq bo'lgan elementlar boshqa element elektronlarini olib, manfiy zaryadlangan ionlarga (anionlar) aylanishsa, davriy sistemaning boshlang'ich gruppalaridagi elementlar esa elektronlarini berib, musbat ionlar (kationlar) ga aylanishga intiladi. Atomlar orasidagi elektron almashinuvi ma'lum energiya hisobga bo'ladi va elektronlar almashinuvi qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p energiya talab qiladi.

b) Kovalent bog'lanish. Vodorod, Kislorod, Azot molekulasini hosil bo'lishini ionli bog'lanish asosida tushuntirib bo'lmaydi. Bunday molekullar atomlarning kovalent bog'lanishi asosida bo'ladi.

Kovalent bogʻlanish asosida hosil boʻlgan molekula atomlaridagi tashqi bittadan valent elektronlar har ikkala atomi uchun ham umumiy boʻlib, inert gazlar elektron qobigʻi strukturasi eslatadi. Masalan, xlor molekulasi hosil boʻlishini koʻraylik.

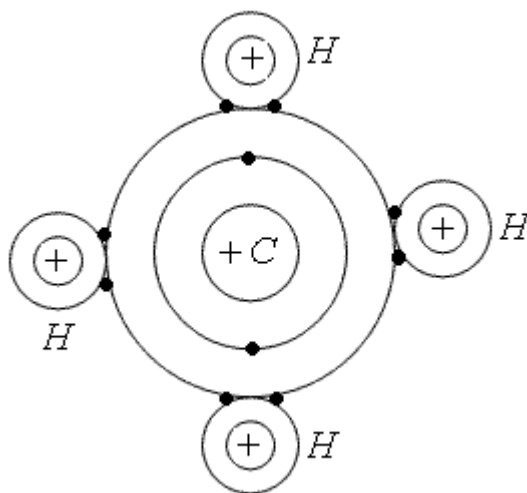
Xlor atomida yettita tashqi valent elektron mavjud. Molekuladagi har bir xlor atomiga oltitadan elektron umumiy bogʻlanish hosil qilishda qatnashadi. (2.2-rasm)



2.2-rasm

Tashqi orbitada sakkizta elektron boʻlgan atom turgʻun boʻlganligi tufayli elor molekulasini ham turgʻindir.

Bunday bogʻlanishning hosil boʻlishini metan molekulasini misolida yanada yaqqolroq tasavvur qilish mumkin. Uglerodning tashqi qobigʻida toʻrttadan valent elektroni mavjud. Bu elektronning har qaysi toʻrtta vodorod atomidagi elektronlar bilan, juft hosil qilib, metan molekulasini CH_4 ni tashkil etadi. (2.3-rasm)



2.3-rasm

Kovalent bogʻlanish tabiati kvant mexanikasi nuqtai nazaridan yanada aniqroq tushuntiriladi. Kovalent bogʻlanish hosil boʻlishida har doim juft elektronlar qatnashadi. Shuning uchun xam boʻnday bogʻlanishga kovalent (juft) bogʻlanish deyiladi.

Agar molekula bir tipdagi atomlardan tashkil topgan boʻlsa, geomopolyar, turli tipdagi atomlardan kabi tashkil topgan boʻlsa geteropolyar molekular deyiladi. Diametri $d=0,1$ mm boʻlgan suv tomchisida 10^{16} dona suv molekulasini mavjud. Normal sharoitda $T=273$ K temperatura, $P=105$ pa atmosfera bosimli 1m^3 havoda $2,7 \cdot 10^{19}$ dona havo molekulasini mavjud. Buni birinchi marta 1865 yilda Avstraliyalik olim I.Loshmidt aniqlaganligi uchun uning nomi bilan Loshmidt soni deyiladi. Har bir havo molekulasi harakat qonunlarini oʻrganish uchun uchtdan tenglama tuzish lozimligini hisobga olsak bunday tenglamalar sistemasining eng zamonaviy EHM mashinalarida yechish ham amrimahol ekanligini aniqlash qiyin emas. Molekulalararo taʼsir hisobga olinsa, bu masala yanada murakkablashadi. Qattiq jismlarning 1cm^3 xajmdagi zarralar soni esa undan ham bir necha barobar katta boʻlganligi uchun masala yanada ogʻirlashadi. Shuning uchun ham koʻp sondagi zarralar sistemasi bilan ish koʻrganda bevosita mexanika(dinamika) qonunlarini qoʻllab boʻlmaydi. Masalan: - ularning oʻrtacha tezliklari, oʻrtacha energiyasi va shunga oʻxshash oʻrtacha kattaliklarini aniqlash bilan cheklanish mumkin. Bu usulga statik usul deyiladi.

Bu usul ko'p sondagi zarralar sistemasi bilan bir qatorda kvantomexanik hisoblashlarda ham keng qo'llaniladi.

Molekulalar fizikada. Statik usul bir-biriga o'xshagan nihoyat ko'p, lekin bir-biridan mustaqil bo'lgan xodisalar to'plamini tekshirish uchun qo'llaniladi. Umuman, molekulyar fizikaning miqdoriy qonuniyatlarini aniqlashda foydalaniladigan statistik usulda (molekulyar kinetik usul deb ham yuritiladi) ehtimollik nazariyasiga asoslangan matematik hisoblashlar (Masalan, turli kattaliklar o'rtacha qiymatlarini hisoblash) keng qo'llaniladi. Statistik usul makrojismlarning molekulyar tuzilishi va ayrim molekulalarning o'za'ro ta'sirini o'rganish asosida makrojismlardagi jarayonlarning sodir bo'lishiga oid qonuniyatlarni aniqlaydi. Ammo mikroskop jismlar xossalari ularni ichki tuzilishlarini e'tiborga olmasdan ham tekshirish mumkin. Bunda makrosistemalarning energetik xarakteristikalar va turlari makroskopik kattaliklar orasidagi bog'lanishlar o'rganiladi.

Molekulyar fizikada energiyani bir turdan boshqa turlarga aylanish jarayonlari bilan bog'liq usulga Termodinamik usul deb ataladi. Bu usulda sistemani tashkil etuvchi zarralarning ichki strukturasi, tuzilishi bilan qiziqmasdan, butun sistema xolatini xarakterlovchi parametrlar bosim, hajm, temperatura o'zgarishi e'tiborga olinadi. Termodinamik usul termodinamikada qonunlarga tayanib, uning xulosalari tajriba dalillarini umumlashtiruvchi prinsiplarga asoslangan, ko'p zarrali sistemalarni o'rganishda Termodinamik usul va statistik usullar bir-birini to'ldiradi. Chunki termodinamikada sistema bir butun, to'liq olib qaralsa, statistik fizikada shu sistema ichida bo'ladigan jarayonlar sistemani tashkil etuvchi zarralarning umumiy xossalari orqali o'rganiladi. Masalan ideal gaz qonunlari matematik statistikani eng soda modelidir.

IV. Tayanch tushunchalar.

Molekulyar fizikada moddalarning tuzilishi, xossalari, ularning holat parametrlari bilan bog'liq jarayonlar statistik va termodinamik usullardan foydalanishi bilan xarakterlanib, asoslab tushuntiriladi.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Molekulyar fizikada moddalarning tuzilishi qanday tushuntiriladi.
2. Statistik usulni mohiyatini tushuntiring.
3. Termodinamika usulni qanday usul-mazmunini yoritib bering.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

II Bo'lim. Statistik usul (4 soat)

Mavzu-3. Ehtimollar nazariyasidan elementlar ma'lumotlar. Tasodifiy voqealar va hodisalar.

Ehtimollar nazariyasining asosiy tushunchalari. Taqsimot funksiyasi.

Gauss taqsimoti

Reja:

1. Ehtimollar nazariyasi elementlarini molekulyar fizikada qo'llanilishi.
2. Tasodifiy voqealar va hodisalar ehtimolligi.
3. Ehtimollar nazariyasining asosiy tushunchalari.
4. Taqsimot funksiyasi to'g'risida tushuncha.
5. Gauss taqsimoti.
6. Xulosa.

Yuqorida aytganimizdek, ko'p sonli zarralar sistemasi xossalarini o'rganishda dinamika (mumtoz mexanika) qonunlarini qo'llab bo'lmaydi. Masalan: bir idish olib, unda hajm bo'yicha ideal gaz bor desak, ma'lum molekulalar qaysi paytda idish hajmining qaysi qismida bo'lishini aytish qiyin. Chunki bu molekulalar idish hajmining o'sha qismida o'sha paytda bo'lishi ham, bo'lmasligi ham mumkin. Shuning uchun ham bshnday jarayonlarni o'rganishda tasodifiy hodisalar qonuniyatlaridan foydalaniladi. Tasodifiy hodisalar qonuniyatlari ehtimollik nazariyasiga bo'ysotadi. Bu nazariyaga kura biror tasodifiy xodisa yuz berishi ham, bermasligi ham mumkin. Shu voqeaning sodir bo'lish darajasi extimliyat chastotasi bilan aniqlanadi.

Masalan: biror qutida turt xil rangdagi to'rtta bir xil shar bo'lsin. Agar shu qutidagi sharni ko'rmasdan oladigan bo'lsak, har qaysi rangda sharni chiqarib olish extimoliyati tajribalar soning ortishi bilan tenglasha boradi va № 14 ga intiladi. Extimoliyatning ta'rifini berishda biror voqeaning sodir bo'lishi yoki bo'lmasligini kuzatish bilan javob berish mumkin: Voqeaning ehtimolliigi voqea amalga oshadigan tajribalar sonining tajribalarning umumiy soniga nisbatini tajribalar soni cheksiz ortib borgandagina limitiga aytiladi. Agar kuzatishlar soni N ta bo'lib, shunday kuzatishlarda N_a ga marta ($N \gg N_a$) shu voqea sodir bo'lsa, u xolda shu voqeaning sodir bo'lish ehtimoliyati $\xi(a)$ deb quyidagi kattalikka aytiladi.

$$\xi(a) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_a}{N} \quad (3.1)$$

shu voqea bir vaqtning o'zida bir joyda emas, bir necha joyda ruy bersa, bunday sistemasiga sistemalar ansambli deyiladi.

2. Agar voqealar vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan kattalik bilan xarakterlansa, ularning sodir bo'lish ehtimoliyatlarini (1) formula bilan aniqlab bo'lmaydi. Shunday hollarda berilgan voqeaning sodir bo'lishi ehtimoliyat zichligi tushunchasi kiritiladi. Ehtimoliyat zichligi deb, berilgan voqeaning ΔV xajmda yuz berishi yoki bermaslik ehtimoliyatiga aytiladi. Ya'ni

$$f(\Delta V) = \lim_{\Delta V \rightarrow \infty} \frac{\xi(\Delta V)}{\Delta V} = \lim_{\substack{N \rightarrow \infty \\ \Delta V \rightarrow \infty}} \frac{N_a}{\Delta V \cdot N} \quad (3.2)$$

Formuladan ko'rinadiki hajmi birligidagi ehtimoliyatga ehtimoliyat zichligi deyiladi. Bugun hajmdan sodir bo'ladigan ehtimoliyat zichligining normallashtirish sharti deyiladi. U quyidagicha ifodalanadi.

$$\int f(\Delta V) dx dy dz = \int f(\Delta V) dV = 1 \quad (3.3)$$

Agar voqealar bir-birini inkor etuvchi bo'lsa, masalan, biror molekulalar V_1 xajmda bo'lsa, uning shu payt qo'shni V_2 hajmda bo'la olmasligi aniq u holda shu molekulaning $V = V_1 + V_2$ xajmda bo'lishi ehtimoliyati

$$\xi(V_1 + V_2) = \frac{V_1 + V_2}{V} = \frac{V_1}{V} + \frac{V_2}{V} = \xi(V_1) + \xi(V_2) \quad (3.4)$$

bilan topiladi. Bu formuladan ko'rinadiki, o'za'ro bir-birini inkor etuvchi voqealar ehtimoliyati shu ehtimoliyatlar yig'indisiga teng bo'ladi. Agar biror tasodifiy kattalik Z , vaqt o'tishi bilan $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ qiymatlarni qabul qilsa, uning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{Z} = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i}{N} \quad (3.5)$$

2. Agar o'zgaruvchan kattalikning qiymati vaqt o'tishi bilan uzluksiz o'zgaruvchan bo'lsa, uning o'rtacha qiymati vaqtga bog'liq bo'ladi. Biror t_1 va t_2 vaqt oralig'ida o'zgaruvchan Z kattaligining o'rtacha qiymati.

$$\bar{Z} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} Z(t) dt \quad (3.6)$$

bilan topiladi.

Umumiy holda, uzluksiz ravishda o'zgaruvchan kattalik uchun o'rtacha qiymat quyidagicha topiladi.

$$\bar{Z} = \int_{-\infty}^{\infty} Z f(Z) dZ \quad (3.7)$$

bu yerda $f(z)$ o'zgaruvchan Z kattalikning ehtimoliyat zichligidir.

O'zgaruvchan kattalikning o'rtacha miqdoridan chetlashishi, dispersiya bilan xarakterlanadi. Dispersiya o'rtacha miqdoridan chetlanish kvadratining o'rtacha qiymati bilan aniqlanadi.

$$\sigma^2 = \overline{(Z - \bar{Z})^2} = \left[\bar{Z}^2 - 2Z\bar{Z} + (\bar{Z})^2 \right] = \bar{Z}^2 - (\bar{Z})^2 \quad (3.8)$$

vaqt birligi ichida diskret o'zgaradigan tasodifiy hodisalar uchun dispersiya

$$\bar{\sigma}^2 = \sum_j (Z_j - \bar{Z})^2 \xi_j(Z) \quad (3.9)$$

bilan aniqlanadi. Vaqt birligi ichida uzluksiz o'zgaradigan tasodifiy hodisalar uchun

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (Z - \bar{Z})^2 f(Z) dZ \quad (3.10)$$

oraliq aniqlanadi.

4. Statistik fizikadagi eng muhim kattaliklardan biri ehtimoliyatlar taqsimot funksiyasidir. Bu funksiya juda o'zgaruvchan tasodifiy Z kattalik berilgan Z_0 dan kichik qiymatlar qabul qilish ehtimoliyatini ko'rsatuvchi funksiyadir:

$$\xi(Z/Z_0) = F(Z_0) = \sum_{Z/Z_0} \xi_j \quad (3.11)$$

Bu yerda funksiya ehtimoliyatlar taqsimot funksiyasi deyiladi va uzluksiz o'zgaruvchan kattalik uchun ehtimoliyat zichligi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$F(Z_0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(z) dZ \quad (3.12)$$

Istalgan vaqt birligi ichida o'zgaruvchan kattalikning o'rtacha qiymatini ehtimoliyatlar taqsimot funksiyasi orqali ifodalash mumkin;

$$\bar{Z} = \int_{-\infty}^{\infty} Z dF(Z) \quad (3.13)$$

Ko'p sondagi zarralar sistemasining xossalari statistik usul orqali bayon qilishda ko'pincha statistik taqsimotlar tushunchasidan foydalaniladi. M: Gaz molekullari tezligining taqsimot funksiyasi va hokazo.

Gauss taqsimoti.

1. Gauss dekart koordinata sistemasida sakrab harakatlanuvchi modda nuqtaning juda ko'p sakrashlardan keyin uning koordinatalarini aniqlash ehtimoliyatini xisoblab, bu ehtimoliyati zichligi $F(Z)$, Z koordinata sistemasida

$$\varphi(Z^2) = A e^{-aZ^2} \quad (3.14)$$

Agar berilgan sharoitda voqea albatda ruy beradigan bo'lsa, bu voqea iшончли voqea deb ekanligini ko'rsatadi. Bu yerda A va a lar integrallash doimiylari. Bunday ehtimoliyat zichligi taqsimotligi Gauss taqsimoti deyiladi. Bu taqsimot funksiyasi orqali juda ko'pgina o'zgaruvchan kattaliklarning o'zgarish qonuniyatlari tushuntiriladi. Shuning uchun katta ahamiyatga ega. Demak, xulosa qilib aytadigan bo'lsak, Gauss taqsimot funksiyasi sistemasining dispersiyasiga bog'liq

bo'lar ekan. Dispersiya qiymati qancha kichik bo'lsa, uning grafikda ifodalangan qiymati shuncha tik bo'ladi va dispersiya qiymatining ortishi bu taqsimot funksiyasi shuncha yoyila boradi.

Ehtimollar nazariyasida amalga oshishi mumkinmi yoki yo'qmi deb savol quyish mumkin bo'lgan har qanday hodisalar voqealar yoki xollar deb ataladi. U yoki bu voqea ruy berishiga sabab bo'lgan tajriba yoki shart-sharoitlar majmui ehtimollar nazariyasida sinash deb ataladi. Agar berilgan sharoitda voqea albatta ro'y beradigan bo'lsa, bu voqea ishonchli voqea deb ataladi. Agar u amalga oshmaydigan bo'lsa, mumkin bo'lmagan voqea deb yuritiladi. Masalan, biz qog'ozda uchburchak chizdik. Bunda uning har bir tomoni qolgan ikki tomonining yig'indisidan kichik bo'lgan uchburchak hosil bo'lishidan iborat bo'lgan voqea ishonchli voqeadir. Tomonlarning biri qolgan ikki tomonining yig'indisidan katta (uzun) bo'lgan uchburchakning paydo bo'lishi ham, garchi mumkin bo'lmagan bo'lsada, voqeadir. Sinash natijasida ruy berishi mumkin bo'lgan, shuningdek ruy berishi mumkin bo'lmagan voqea tasodifiy voqea deb ataladi.

IV. Mavzuga doir savollar

1. Ehtimollar nazariyasida ehtimollik qonuniyatlarini tushuntirib Bering.
2. Tasodifiy voqealar va hodisalarni siz qanday tushunasiz.
3. Ehtimollik nazariyasida ehtimoliyat zichligini tushuntirib Bering.
4. Statistik fizikadagi ehtimoliyatlar taqsimot funksiyasini aytib Bering.
5. Gauss taqsimoti mohiyatini tushuntiring.

V. Tayanch tushunchalar.

Ehtimollar nazariyasi. Tasodifiy voqealar va hodisalar. Taqsimot funksiyasi. Ehtimoliyat zichligi. Sistemalar ansambli. Gauss taqsimoti. Sinash.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E.Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" Ilt. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

Mavzu-4. Sistemaning makroskopik va mikroskopik holatlari. Binamol taqsimoti. Puasson taqsimoti.

Reja:

1. Sistemaning makroskopik va mikroskopik holati haqida tushuncha.
2. Makroskopik va mikroskopik parametrlar.
3. Binamol taqsimoti.
4. Puasson taqsimoti.
5. Xulosa.

Molekulyar fizikada modda qanday agregat holatida bo'lishidan qat'iy nazar ko'p sondagi zarralar to'plami bilan ish ko'riladi. Anna shunday zarralar to'plamiga sistema deyiladi. Sistema fazoda ma'lum bir chegaraga ega bo'lib, gaz holatda bo'lganda gaz to'ldirilgan idish devorlari bilan to'ldiriladi. Sistema chegaralar orqali boshqa atrof-muhit bilan energiya almashinishi yoki almashmasligi mumkin.

Agar sistema bilan atrof-muhit energiyaning hech qanday turi bilan almashinish ro'y bermasa, bunday sistemaga yakkalangan sistema deb aytiladi. Sistema faqat o'zining chegarasi bilan emas, undagi zarralarning xossalari bilan ham xarakterlidir. Eng oddiy sistemalardan biri ideal gazdir. Vaqt o'tishi bilan sistemada muvozanat yuzaga keladi, ya'ni sistemaning hamma nuqtalarida bosim va temperatura tenglashadi.

Sistemani tashkil etgan zarralarni bir butun holatda deb o'rganiladigan jarayon uchun bu sistemani makroskopik sistema deyiladi. Agar sistemani-uni tashkil etgan zarralarni holati bilan xarakterlab o'rganilsa, bunday jarayon uchun bu sistemani mikroskopik sistema deyiladi.

Sistemaning holati uning bosimi va temperaturasi orqali xarakterlanadi. Bunday parametrlar sistemaning makroskopik parametrlari deyiladi. Makroskopik sistema o'z navbatida juda ko'p sondagi zarralar to'plamidan iborat. Bu sistemadagi zarralar soni Π ta bo'lsa, pta zarralar holati va tezliklari orqali ya'ni mikroskopik sistemalar orqali makroskopik sistema tashkil topadi. Har bir zarraning holati uning x, u, z , o'qlarida va tezliklarning shu o'qlardagi proyeksiyalar bilan aniqlanganligi uchun har bir mikroskopik sistema holati 6π ta son bilan aniqlanadi.

Agar makroskopik parametrlar berilgan sistema uchun vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bunday holatga sistema muvozanatli holatda deb ataladi. Yakkalangan sistemalar muvozanatli holatda bo'lishi mumkin. Agar sistema yakkalangan bo'lmasa, turg'un holatda bo'lishi mumkin, ammo muvozanatli holatda bo'la olmaydi. Masalan: biror idishga gaz solingan bo'lib, idishning turli qismlari turli temperaturali doimiy tashqi muhit bilan kontakda bo'lsa, gazning temperaturasi vaqt o'tishi bilan o'zgaraydi. Ammo bu muvozanatli holat emas.

Istalgan ko'p sondagi zarralar sistemasining o'za'ro teng hajmdagi p ta kichik sistemalardan iborat deb qarash mumkin. Anna shunday bir xil hajmdagi zarralar sistemasiga statistik ansambl deyiladi. Binobarin, istalgan makroskopik sistema bir necha mikroskopik sistemalar ansamblidan iborat bo'ladi. Makroskopik sistema holati o'zgarmasa ham undagi mikrosistemalar holatlarining o'zgarishini teng ehtimollidir.

Xudi shuningdek, ularda vaqt o'tishi bilan bo'ladigan o'zgarishlar ham teng ehtimolli. Bunday taqsimot molekulyar fizikada Binamol taqsimot deyiladi.

S'hunday qilib, mikrosistemalar holatining vaqt bo'yicha ham, ansambl bo'yicha ham o'zgarishi teng ehtimolli bo'lar ekan. Anna shunday tasdiqqa Ergodik gipoteza deyiladi va birinchi marta 1871 yilda Bolsman va Puasson tomonidan aytilganligi uchun Bolsman-Puasson taqsimoti deyiladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, termodinamik muvozanat holatida hajm V_1 bosim R va temperatura T faqat gaz uchungina emas, balki real gazlar uchun ham, shuningdek har qanday fizik jihatdan bir jinsli bo'lgan va izotrop jismlar uchun ham funksional bog'lanishda bo'lar ekan. Bu funksional bog'lanishni $f(P, V, T) = 0$ (4.1) tenglama bilan ifodalash mumkin. $f(P, V, T)$ funksiyaning ko'rinishi turli jismlar uchun turlichadir. (1) munosabat jismning ya'ni sistemaning makroskopik holat tenglamasi deyiladi. Bu holat tenglamasi fizik bir jinsli jismlar makroskopik xossalarning eng muhim xarakteristikalariga qatoriga kiradi. (4.1) makroskopik holat tenglamasi bo'lganligi uchun (P, V, T) kattaliklarning termodinamik muvozanatdagi o'zgarishlar mustaqil emas, balki ma'lum mikroskopik munosabat bilan bog'langan. Agar holat o'zgarishlari cheksiz kichik bo'lsa, u holda $f(P, V, T)$ funksiyaning konkret ko'rinishini bilmagan holda ham bu munosabatni aniqlash mumkin. (4.1) tenglamani o'zgaruvchilardan biriga, masalan, V – ga nisbatan yechamiz, ya'ni V hajmini qolgan ikki o'zgaruvchi R va T ning funksiyasi sifatida ifodalaymiz $V = V(P, T)$. Agar temperaturani o'zgarmas saqlab, bosimni cheksiz kichik dP kattalikga o'zgartirsak, u holda V hajm ham quyidagi ifoda bilan aniqlanadigan cheksiz kichik orttirmaga ega bo'ladi:

$$d_1 V = \left(\frac{dV}{dP} \right)_T dP \quad (4.2)$$

$\left(\frac{dV}{dP} \right)_T$ hajmdagi T belgisi V ni R bo'yicha differensiallaganda T temperatura o'zgarmas qolishini bildiradi. Ikki yoki bir necha argumentli biror funksiyani bu argumentlardan biri bo'yicha qolgan barcha argumentlar o'zgarmas qoladi degan faraz bilan differensiallanganda olinadigan hosilalar matematikada xususiy hosilalar deb ataladi. Demak, $\left(\frac{dV}{dP} \right)_T$ kattalik hajmning bosim bo'yicha o'zgarmas temperaturada olingan xususiy hosilasidir. Shuningdek, R bosim o'zgarmas bo'lib, T temperatura esa cheksiz kichik dT orttirmaga ega bo'ladi deylik. U holda V hajmning orttirmasi

$$d_2V = \left(\frac{dV}{dT} \right)_P dT \quad (4.3)$$

munosabat bilan ifodalanadi. Agakr R bosim ham, T temperatura ham o'zgarsa, u holda hajm orttirmasi yuqori tartibli cheksiz kichik sonlargacha aniqlikda $dV = dV_1 + dV_2$ yig'indi bilan yoki quyidagi

$$dV = \left(\frac{dV}{dP} \right)_T dP + \left(\frac{dV}{dT} \right)_P dT \quad (4.4)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu esa yuqorida qo'yilgan sistemaning mikroskopik holatini yechimini topishga imkon beradi.

(4.4) munosabat dP va dT ning har qanday cheksiz kichik orttirmalarida o'rnlidir.

S'Huning uchun dP va dT orttirmalar mustaqil o'zgaruvchilar deb qaralishi mumkin. Biroq R va T ning o'zgarishlariga qandaydir cheklashlar quyilgan holda ham (4.4) formula o'z kuchida qolaveradi. Faraz qilaylik, sistema shunday jarayonda davom etmoqdaki, bu jarayonda R bosim T temperaturaning muayyan funksiyasi bo'lsin. U holda dP va dT kattaliklar mustaqil bo'lmay qoladilar. Masalan, doimiy hajmdagi jarayon uchun $dV=0$, (4.4) formula quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\left(\frac{dV}{dP} \right)_T dP + \left(\frac{dV}{dT} \right)_P dT = 0 \quad (4.5)$$

Agar bu tenglamani $\left(\frac{dP}{dT} \right)_V$ xususiy hosilani beradi, chunki dP va dT hajm o'zgarmas bo'lganida bosim va temperatura orttirmalarini bildiradi. Demak

$$\left(\frac{dP}{dT} \right)_V = - \frac{\left(\frac{dV}{dT} \right)_P}{\left(\frac{dV}{dP} \right)_T} \quad (4.6)$$

$$\left(\frac{dV}{dP} \right)_T = \frac{1}{\left(\frac{dP}{dV} \right)_T} \quad (4.7)$$

Bu ifodalar:

$$\left(\frac{dP}{dT} \right)_V = - \left(\frac{dP}{dV} \right)_T \left(\frac{dV}{dP} \right)_T \quad (4.8)$$

munosabatni yozish mumkin. Bunda

$$\left(\frac{dP}{dV} \right)_T \left(\frac{dV}{dT} \right)_P \left(\frac{dT}{dP} \right)_V = -1 \quad (4.9)$$

formulani hosil qilamiz. Bu formula mikroskopik sistemani holat parametrlarini o'za'ro bog'lanishini ifodalaydi.

Molekulyar fizikada fizik sistemalar holatlarini tavsiflashda mumtoz mexanika metodlarini to'g'ridan-to'g'ri qo'llash mumkin bo'lganda edi, jismni tashkil qilgan barcha molekulalar va tomlarning, shuningdek, elektronlar, atom yadrolari va boshqa elementar zarralarning vaqt oralig'ining aniq bir paytidagi koordinatalari va tezliklarini aniq qiymatlari keltirilar edi. Bunday holatni tavsiflovchi jarayonga mikroskopik holat deyiladi. Ammo mumtoz mexanika qonunlari bu sohani tushuntirishda chegaralangan. Klassik yoki kvant mexanikasi nuqtai nazaridan mikroholat

tushunchasi faqat shu jihatdan foydaliki, bu tushuncha moddaning makroskopik xossalari bilan bog'langan va bu holatni aniqlashga xizmat qiladi.

Termodinamikada makroskopik sistemalarning muvozanat holatlari ancha qo'pol, uncha ko'p bo'lmagan sondagi turli makroskopik parametrlar yordamida tavsiflanadi. Bu parametrlarga masalan, sistemaning bosimi, zichligi, temperaturasi, konsentrasiyasi, hajmi, elektr va magnit maydonlarining kuchlanganligi va boshqalar kiradi. Makroskopik parametrlar vositasida tavsiflanadigan holat makroskopik holat deyiladi. Sistemaning mikroskopik holatlari asosan statistik fizika ehtimollik nazariyasiga asosan tavsiflaydi. Keyinchalik XX asrning boshlarida nemis fizigi Maks Plank Kvant mexanikasi sistemaning mikroholatlarini yaqqol asosli qonuniyatlar yordamida ifodalaydi va tushuntiradi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Sistemaning makroskopik holati. Sistemaning mikroskopik holati. Makroskopik parametrlar, mikroskopik parametrlar. Binamol taqsimoti. Puasson taqsimoti

V. Mavzuga doir savollar

1. Sistemaning makroskopik va mikroskopik holati deganda nimani tushunasiz.
2. Makroskopik va mikroskopik parametrlarni ta'riflang.
3. Binamol taqsimotini tushuntiring.
4. Puasson taqsimotini ta'riflang.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E.Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

III-Bo'lim. Ideal gazlarning kinetik nazariyasi.(12-soat)

Mavzu: 5,6. Ideal gaz. Molekulyar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.

Issiqlik va harorat, Mutloq haroratni aniqlash.

Reja:

1. Ideal gaz haqida tushuncha.
2. Gazning bosimi va uning o'lchov birliklari.
3. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi.
4. Issiqlik va harorat.
5. Mutloq haroratni aniqlash.
6. Xulosa.

1. Molekulyar sistemalarni nazariy o'rganishning katta qiyinchiliklar bilan bog'liq ekanligi tushunarli, chunki buning uchun har bir molekulaga boshqa barcha molekulalar tomonidan ta'sir qiluvchi barcha kuchlarni nazarga olish kerak bo'ladi. Agar molekulalarning harakati sof mexanikaviy bo'lib, mexanika qonunlariga bo'yso'nadi deb faraz qilinsa, u holda har qanday molekulyar sistemani to'la tavsiflash uchun guyo barcha molekulalarning berilgan kuchlar ta'sirida harakatni to'g'risidagi masalani yechish kerak. Demak, soni ushbu sistemadagi molekulalar soniga teng bo'lgan harakat tenglamalarni yozish va yechish kerak bo'ladi. Agar 1 m^3 gazda odatdagi sharoitda $2,7 \cdot 10^{19}$ ta molekula bo'lishi xisobga olinsa, u holda bunday ulkan sondagi tenglamalarni yechish u yoqda tursin, xatto yozishning o'zi ham mumkin emasligi ravshan bo'lib qoladi. Zarralarning soni bunchalik katta bo'lganida ularning xarakatini xarakterlovchi kattaliklarning o'rtacha qiymatlarinigina, M: ularning o'rtacha tezligi, o'rtacha energiyasi va shu kabilarni bilish bilan cheklanish mumkin ekan. Molekulyar sistemalarni o'rganishda biz shu usuldan foydalanamiz. Har qanday moddaning uch agregat holatidan eng soddasi gazsimon xolatidir. Chunki bu xolda

molekulalar orasidagi ta'sir qiluvchi kuchlar juda kichik bo'lib, ularni nazarga olmaslik mumkin. Shuning uchun biz molekulyar fizikani bayon qilishni gazlarning xossalari o'rganishdan boshlaymiz. Buning uchun dastlab biz: a) molekulalarni o'za'ro ta'sir kuchi juda kichik emas, balki batamom yo'q deb faraz qilamiz. b) Sodda bo'lishi uchun molekulalarning o'lchamlarini ham nazarga olmaymiz, ya'ni ularni moddiy deymiz. v) O'za'ro ta'sirlashmaydigan moddiy nuqtalar to'plami singari xossalarga ega deb qaraymiz.

2. Molekulalarning o'za'ro to'qnashishlar soni ularning idish devorlariga urulish soniga qaraganda nazarga olmaslik darajada kichik. Bu shartlarni qanoatlantiruvchi gaz ideal gaz deb ataladi. Shunday qilib, molekulalarga bir-birlari bilan molekulalararo tutinish kuchlari bilan bog'lanmagan Elastik moddiy nuqtalardir deb tasavvur qilinadigan gaz Ideal gaz deyiladi. Ma'lum bo'lishicha, normal sharoitga yaqin sharoitlarda, shuningdek, past bosim va yuqori temperaturalarda real gaz o'z xossalari jihatidan ideal gazga yaqin bo'lar ekan.

Agar gaz molekulalari-gaz to'ldirilgan idish devorlari bilan va bir-biri bilan to'qnashuvini o'rganmagan xolda gaz molekulalarini harakat manzarasini to'la tushuntira olmaymiz. Haqiqatdan gaz molekulalari tartibsiz harakatlanib vaqti-vaqti bilan idish devorlariga yaqinlashadi. Shuningdek gaz molekulalari bir-bir bilan ham yaqinlashishi va to'qnashishi mumkin. Bunday paytlarda gaz molekulalari orasida masofa ortishi bilan kamayadi. Bu kuchlar ta'sirida gaz molekulalari o'zining harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Bunday proses to'qnashuv deb ataladi. Molekulalarning o'za'ro to'qnashishi gaz tabiatida juda katta rol o'ynaydi. Gaz to'ldirilgan idishda gaz molekulalarini o'za'ro yoki idish devori sirti bilan to'qnashishini nazarga olish muhimdir. Gaz molekulalari idish devorlariga va aksincha qarama-qarshi yo'nalishda idish devori molekulalarini ta'sirini qaraylik. Gazning idish devorlariga beradigan bosimi alohida molekulalarning o'rilishidan kelib chiqadi deb 1738 yil Peterburglik akademik Daniil Bernulli taklif qilgan.

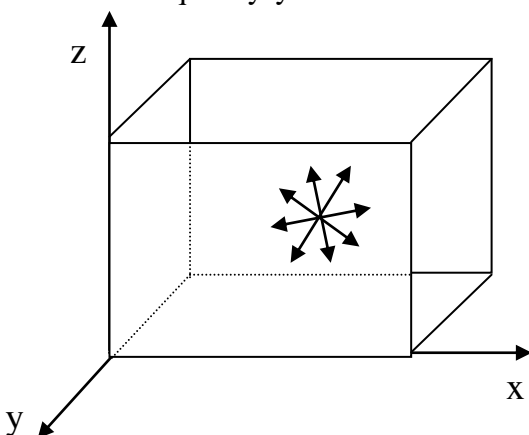
1744-1748 yillarda M. V. Lomonosov modda tuzilishining atom-molekulyar nazariyasini keng ishlab chiqdi va birinchi bo'lib, issiqlikning molekulyar-kinetik nazariyasi to'g'ri ekanligini isbot qildi. Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasi faqat XIX asrning ikkinchi yarmida bir qator fiziklar, asosan Klauzius, Bolsman va Maksvell tomonidan rivojlantirildi.

Devor sirtining yuzi qancha katta bo'lsa, gaz tomonidan devorga ta'sir qiluvchi kuch shuncha katta bo'lishi aniq. Gaz molekulalari sirti S bo'lgan idish devoriga F -kuch bilan ta'sir etadigan bo'lsa, u xolda idish devoriga gaz molekulalari beradigan bosim P quyidagicha ifodalanadi.

$$P = \frac{F}{S} \quad (5.1)$$

Bu bosim kattaligi gazning asosiy xarakteristikalaridan biridir. Gazning idish devorlariga bosimi, XVIII asrdayoq D. Bernulli tomonidan tavsiflangandir. Gaz molekulalarining devorlari bilan cheksiz to'qnashishlari natijasidir. Gaz molekulalari ini idish devoriga beradigan bosimini aniqlash uchun Parallelepiped shaklidagi idish olib, gaz to'ldiramiz. Gaz molekulalari idishda muvozanat holatda bo'lsin deylik.

Idishning biror ixtiyoriy yo'nalishda xarakatlanayotgan molekulalar soni, o'rtacha olganda, tezliklari qarama-qarshi tomonga yo'nalgan molekulalar soniga teng. Gazning idish devorlaridan biriga, M - abcd o'ng yon devoriga bosimini xisoblaylik (5.1-rasm). X -koordinata o'qini parallelepiped qirrasi bo'ylab abcd devorga perpendikulyar qilib yo'naltiramiz. Molekulalarning tezliklari V qanday yo'nalishda bo'lmasin biz dastlab X -o'qi yo'nalishidagi V_x ni qaraymiz. Gaz molekulalari idish devoriga abcd ga urilgunicha Δx masofa o'tadi va uriladi. Devor sirtiga F kuch bilan ta'sir etadi. O'z navbatida idish devori tomonidan deformasiyalangan F elastiklik kuchi gaz molekulalariga aks ta'sir etadi.



Demak Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan $F \Delta t$ kuch impulsi xosil bo'ladi. Shuningdek abcd devor sirtiga urilib qaytgan gaz molekulalari Δt vaqtdan keyin Δx masofaga siljiydi va a' b' c' d' chegara sirtga keladi.

5.1-rasm.

Bunda molekularlar $V_x \Delta t$ masofaga siljiydi. Agar idish devori sirtini S - desak u xolda molekularlar xarakatlanadigan idish xajmi $S V_x \Delta t$ ga teng bo'ladi. Agar idishning birlik xajmida n ta molekula bo'lsa, ko'rsatilgan xajmda $nS V_x \Delta t$ molekula bo'ladi. Biroq ularning yarmi chapdan o'nga harakatlanadi va qatlamga tushadi. Ikkinchi yarmi esa qatlamdan teskari tomonga harakat qiladi va qatlamga tushmaydi. Demak Δt vaqt ichida qatlamga chapdan o'nga $\frac{1}{2} n S V_x \Delta t$ molekularlar kiradi. Ularning har biri mv_x impulsiga ega (m - molekula massasi) va ularning qatlamga olib kirayotgan umumiy impulsi:

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

ayni shu paytda qatlamdan o'ngdan chapga xarakatlanadigan molekular impulsini teskari ishorali bo'lib, ammo teng bo'ladi. Umumiy impulsning o'zgarishi

$$\frac{1}{2} n m V_x^2 S \Delta t - (-\frac{1}{2} n m V_x^2 S \Delta t) = nmv_x^2 S \Delta t \quad (5.2)$$

Qatlam impulsini o'zgarishini $F \Delta t$ desak, u holda

$$F \Delta t = nmv_x^2 S \Delta t \quad (5.3)$$

Ifodani har ikkala tomonini $S \Delta t$ ga bo'lamiz.

$$\frac{F \Delta t}{S \Delta t} = \frac{nmv_x^2 S \Delta t}{S \Delta t}$$

$$\frac{F}{S} = nmv_x^2 = P \quad (5.4)$$

$$P = nmv_x^2 \quad (5.5)$$

CI sistemada: $1 \text{ Hg} / \text{mm}^2 = 101325 \text{ Pa}$, $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Bu formulaga gaz molekularini bosimini hisoblash formulasi deyiladi.

Gaz bosimi uchun (5.5) formulani qo'yidagicha ifodalaymiz.

$$P = nm_x V_x^2 \quad (5.6)$$

Har bir molekulaning V – tezligi uchun desak,

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

$$V^2 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 \quad (5.7)$$

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

Ya'ni $V_x^2 = V_y^2 = V_z^2$

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

$$P = \frac{1}{3} nmv^2 \quad (5.8)$$

Bu tenglikni o'ng qismini 2-ga ko'paytirib bo'lamiz.

$$P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2} = \frac{2}{3} n \overline{E_n} \quad (5.9)$$

$$\frac{2}{3} \frac{mv^2}{2} = \theta, \frac{2}{3} \frac{mv^2}{2} = KT \quad (5.10)$$

$$(10) \rightarrow (9) P = n\theta \quad (5.11)$$

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

bu yerda $E_k = \frac{mv^2}{2}$ bo'lib gaz molekullarning o'rtacha kinetik energiyasini bildiradi va (5.9) formulaga esa ideal gazlar kinetik nazariyasini asosiy tenglamasi deb ataladi. Demak gazning bosimi birlik hajmdagi molekullarning ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasiga to'g'ri proporsional ekanini ko'rsatadi.

4. Ideal gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi $P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2} \quad (5.12)$

Ideal gaz bosimi birlik hajmdagi gaz molekullari o'rtacha kinetik energiyasining 2/3 qismiga teng. 5.12 formuladagi n gaz molekullarining zichligi ya'ni xajmi birligidagi gaz molekullarining soni.

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

hamda $\frac{mv^2}{2}$ - gaz molekullarining ilgarilanma xarakat kinetik energiyasidir. Bundan ko'rinadiki, ideal gaz bosimi birlik hajmdagi gaz molekullari o'rtacha kinetik energiyasining 2/3 qismiga teng ekan. Tajribadan ma'lumki, gazning xajmi V – doimiy bo'lganda uning bosimini faqat bir usul bilan ya'ni qizdirish yoki sovutish yo'li bilan o'zgartirish mumkin: Gaz qizdirilganda uning bosimi ortadi, sovutilganda esa bosim kamayadi. Barcha jismlar singari qizdirilganda yoki sovutilganda gaz ham o'z temperaturasi bilan xarakterlanadi. Temperatura (harorat)- issiqlik muvozanati xolatini xarakterlovchi kattalik ekanini ko'rsatadi: Issiqlik muvozanati xolatida bo'lgan jismlarning temperaturasi bir xil bo'ladi va aksincha bir xil temperaturali jismlar bir-biri bilan issiqlik muvozanatida bo'ladi. Agar ikki jism qandaydir uchinchi jism bilan issiqlik muvozanatida bo'lsa, har ikkala jism ham o'za'ro issiqlik muvozanatida bo'ladi. Temperaturani o'lchash mumkinligini xam ana shu qonunga asoslanadi. Ma'lumki, issiqlik muvozanati qaror topish prosessida issiqlik bir jismdan ikkinchi jismga uzatiladi. Eksperimental nuqtai nazardan qaraganda jismning boshqa temperaturali boshqa jismga issiqlik beradimi yoki undan issiqlik oladimi, ana shuni aniqlovchi kattaliklar temperaturani o'lchash uchun (uni) turli moddalarni xossalari o'rganilgan. Moddalarni xossalari xarakterlovchi tomonlari:- xajm kengayishi, zichligi, solishtirma og'irligi kabi tomonlari o'rganilib, bunday moddalar tanlangan.

Jumladan Simob, spirt- va hokazo. Dastlab simob termometrda- simob ustini uzunligining (simob xajmini) temperaturaga chiziqli bog'lanishi tanlangan va daraja kattaligi ham ixtiyoriy tanlangan. Buning uchun atmosfera bosimida asosiy pastki nuqta qilib suvning qaynash nuqtasi tanlangan va oraliqdagi masofa teng darajalarga bo'lingan. Shu asosda temperatura shkalasi tanlangan. Hozirgi zamon termometr hisobi gaz termometri yordamida aniqlanadigan ideal gaz shkalasiga asoslangan. Muzning erish nuqtasidagi gaz temperaturasidagi bosimni P_0 deb belgilaymiz.

$$\frac{P_k}{P_o} = \frac{T_k}{T_o} \quad (5.13)$$

nisbatni tajribada oson aniqlash mumkin va uning qiymati:

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

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

$T_k - T_o = 100$ qismga bo'lib topilgan. Keyinchalik bu farqni $T_k - T_o = 373,15 - 273,15$ daraja deb belgilandi. Biroq jismning temperaturasi o'lchash uchun gaz termometrni o'sha jismga tegizish bilan muvozanatlashish harorati kutiladi va

$$T = \frac{273,15}{P_o} \cdot P \quad (5.14)$$

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

formulani ko'rinishini soddalashtiriladi. Ya'ni agar (5.14) formuladan $\frac{2}{3} \cdot \frac{mv^2}{2} = \theta$ deb belgilasak quyidagi ko'rinishni oladi.

$$P = n\theta \quad (5.15)$$

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

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

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (5.16)$$

deb belgilab olindi.

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

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

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

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

$$\bar{E} = \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N} \cdot T \quad (5.17)$$

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

$$\bar{V}^2 = \frac{3RT}{mN} \quad (5.18)$$

bu erda, m – bir molekulaning soni bo'lganligi uchun mN molyar og'irlik μ bo'ladi.

Natijada molekullar ilgarilanma harakatining o'rtacha kvadratini tezligi uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$\sqrt{V^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad (5.18-a)$$

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

$$n_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{E_n} \quad (5.19)$$

bu yerda, (5.16) formulani qo'ysak

$$n_0 = \frac{P}{KT} \quad (5.20)$$

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Ideal gaz. Ideal gaz bosimi. Molekulyar kinetik nazariya. Issiqlik va harorat. Mutloq harorat. Termodinamik harorat.

V. Mavzuga doir savollar

1. Ideal gaz deb nimaga aytiladi.
2. Gazning bosimi va uning o'lchov birliklari aytib bering..
3. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasini tushuntiring.
4. Issiqlik va haroratni ta'riflang.
5. Mutloq haroratni aniqlash usullarini ayting..

VI. Adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E.Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

Mavzu:-7. Ideal gazning holat nehglamasi.

Ideal gaz qonunlari.

REJA:

1. Ideal gazning holat tenglamasi:
2. Ideal gaz qonunlari:
 - A) Boyle-Mariott qonuni.
 - B) Gey-Lyussak qonuni.
 - G) Izoxorik proses.
 - D) Dalton qonuni.
 - E) Avagadro qonuni.

Bizga ma'lumki, gaz molekulalari Broun (1826 yil) kashf etgan qonunga asosan uzluksiz va tartibsiz issiqlik harakat qiladi. Shuning uchun ham modda tuzilishi haqidagi nazariya yuzaga keldi. Birinchi marta bu nazariyani M.V. Lomonosov moddaning turli agregat holatlardagi xususiyatlarini tushuntirish maqsadida rivojlantirgan edi.

Keyinchalik molekulyar-kinetik nazariya, asosan, moddaning eng sodda agregat holatdagi, ya'ni gazsimon holatdagi xususiyatlarini tushuntirishga qo'llanildi. Biroq, molekulyar kinetik

nazariyaning asoslarini bayon qilishdan oldin, gazlar bo'ysunadigan empirik qonuniyatlarni ko'rib o'taylik.

Boyl-Mariott va Gey-Lyussak qonunlari.

Gazlar o'zi solingan idishning devorlariga bosim berish xossasiga egadir. Bosim P -son jihatdan yuz birligiga normal yo'nalishda ta'sir qiluvchi kuchga teng bo'lgan fizik kattalik. Demak, agar S yuzaga normal yo'nalishda ta'sir qiluvchi kuch F_n bo'lsa,

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

CGS Sistemada bosim P bilan, ya'ni 1cm^2 yuzga perpendikulyar yo'nalishida ta'sir etuvchi 1dina kuchning beradigan bosimga teng birlik bilan o'lchanadi. Halqaro birliklar sistemasida bosim birligi uchun 1 Nyuton kuchning o'ziga perpendikulyar sirtidagi 1m^2 yuzaga hosil qiladigan bosim qabul qilingan. Bu birlik N/m^2 bilan belgilanadi; Ma'lumki, $1\text{N/m}^2 = 10^7\text{bar}$. Bulardan tashqari, bosimni o'lchash uchun quyidagi birliklar ham ishlatiladi:

1. 1 texnik atmosfera 1 kG kuchning 1sm^2 yuzga beradigan bosimga teng;
2. Fizik atmosfera -1, 033 kG/sm² bosimga teng;
3. Millimetr simob ustuni, balandigi 1 m, asosining yuzi 1m^2 bo'lgan silindr hajmdagi simobning tinch holatdagi og'irligi tufayli vujudga keladigan X bosimdir. Bu birliklarning biridan ikkinchisiga o'tishi uchun quyidagi munosabatdan foydalanish mumkin:
1 fiz. at = 1,033 tex. at = $1033\text{G/sm}^2 = 760\text{mm simob ustuni} = 1033 \cdot 981\text{bar} = 1,013 \cdot 10^6\text{bar}$.

Millimetr simob ustuni va Paskal orasida quyidagi munosabat mavjud:

Millimetr simob ustuni va paskal orasida quyidagi munosabat mavjud.

$1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$ va asosining yuzi 1m^2 (ya'ni hajmi $10^{-3}\text{m} \cdot 1\text{m}^2 = 10^{-3}\text{m}^3$) bo'lgan silindr ichidagi simobning og'irligi: $p_{gv} = 13,6 \cdot 10^3\text{kg/m}^3 \cdot 9,8\text{m/s}^2 \cdot 10^{-3}\text{m}^3 = 133,3\text{H}$ ya'ni $1\text{mm sm. ust} = 133,3\text{N/m}^2$ ga teng. Fizik atmosfera (qisqacha atm.) balandligi 760 mm bo'lgan vertikal simob ustunining bosimidir, ya'ni $1\text{atm} = 760\text{mm.sim. us.} = 101325\text{pa}$.

Biror miqdor gaz asosan to'rtta kattalik bilan; 1) m - massasi, 2. Egallangan V hajmi, 3. P - bosimi, 4. T - temperaturasi bilan xarakterlanadi. Bu kattaliklarning hammasi bir-biriga bog'liqdir; ulardan biri o'zgarsa qolganlari ham o'zgaradi. Bu kattaliklarning to'rtalasi orasidagi qonuniy bog'lanishni ifodolovchi formula holat tenglamasi deyiladi. Gaz holati umumiy tenglamasining ifodasini berishdan oldin yuqorida keltirilgan to'rtta kattalikdan ikkitasi o'zgaraydigan hollarga tegishli soddaroq empirik qonuniyatlarni keltiramiz.

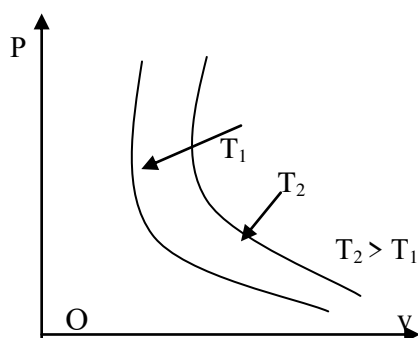
Boyl-mariott qonuni.

Temperatura o'zgarmas bo'lgan ($T = \text{const}$) izotermik gaz prosesslarini o'rganib ingliz olimi Boyl (1662 y) va fransuz olimi Mariott (1667 y) bir-biridan mustaqil holda, keyinchalik ularning nomi bilan ataluvchi qonuniyatni yaratishdi.

Gazning massasi va temperaturasi o'zgarmas bo'lganda (m va T o'zgarmas), uning bosimi hajmiga teskari proporsional ravishda o'zgaradi. Boshqacha aytganda gazning bosimi P ni hajmi V ga ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir.

$$PV = \text{const} \quad (7.2)$$

bu ifoda Boyl-Mariott qonunini matematik ifodalanishi. Gaz massasi m va temperaturasi T o'zgarmaganda, P bilan V orasidagi bog'lanish grafik usulda teng yonli giperbola bilan tasvirlanadi. (7.1-rasm)



Boyl-Mariott qonuni tasvirlovchi egri chiziq o'zgarmas temperaturaga tegishli bo'lgani uchun bu egri chiziq deb yuritiladi. Ammo Boyl-Mariott qonuni taqribiy qonundir. Chunki real gazlar Boyl-Mariott qonuni beradigan natijaga qaraganda kamroq siqiladi. Biroq, uy temperaturasiga yaqin temperaturalarda va atmosfera bosimidan ko'p farq qilmaydigan bosimlarda ko'pchilik gazlar Boyl-Mariott qonuniga yetarli darajadagi aniqlik bilan bo'ysunadilar.

7.1. rasm.

Gey-Lyussak qonuni.

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

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

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

bu yerda V_0 – gazning 273 K dagi hajmi,

V – gazning T temperaturadagi hajmi,

α – hajmiy kengayish koeffitsiyenti.

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

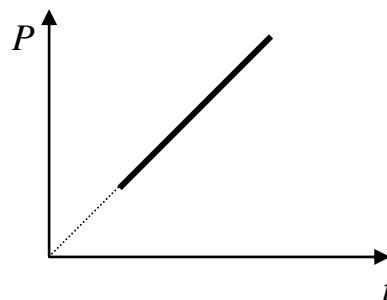
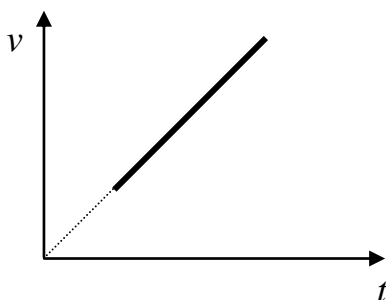
$$P = P_0(1 + \gamma T) \quad (7.4)$$

Bu yerda P_0 – gazning 273 K dagi bosimi,

P – gazning T , K temperaturadagi bosimi,

γ – gaz bosimining termik koeffitsiyenti. Barcha gazlar uchun,

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



7.2-rasm.

7.3-rasm

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

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

ga teng bo'ladi:

(7.3) formuladan absolyut nolga teng bo'lgan temperaturada

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

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

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

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

Binobarin,

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

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

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

bu temperatura avval absolyut temperatura deb yuritilgan.

Ya’ni o‘zgarmas hajmda gazning bosimi absolyut temperaturasi proporsional. (7.6) va (7.7) formulalar ham Boyle-Mariott va Gey-Lyussak qonunlarining matematik ifodalanishidir.

Dalton qonuni. Biror hajmda bosimi P bo‘lgan gazlar aralashmasi (masalan, Kislorod, Azot, Vodorod, Neon, Argon va hokazolar) bor deylik. Bu hajmda, masalan, azotdan tashqari hamma gazlarni chiqarib yuboramiz. U holda bu gaz (ya’ni azot) aralashma egallab turgan barcha hajmni egallaydi va uning bosimi P bo‘ladi, bu bosim ana shu gazning parsial bosimi deyiladi. Gaz aralashmasi tarkibidagi biror gazning parsial bosim deb ana shu gazning hajmdagi boshqa gazlarni chiqarib yuborilgandagi bosimga aytiladi. Hajmni yana gaz aralashmasi bilan to‘ldirib, so‘ngra hajmdan ikkinchi gazdan (masalan, kisloroddan) boshqa hamma gazni chiqarib boramiz. U holda ikkinchi gaz barcha hajmni egallab, uning bosimi P_2 bo‘ladi, bu ikkinchi gazning parsial bosimidir. Gaz aralashmasidagi boshqa gazlar uchun ham shunday jarayonni qo‘llab, uchinchi gaz uchun P_3 to‘rtinchi gaz uchun P_4 va hokazo parsial bosimlarini aniqlash mumkin.

1801 yil ingliz fizigi va ximigi Dalton gaz aralashmasi bosimi bilan bu aralashmaga kiruvchi gazlar parsial bosimlari orasidagi munosabatni aniqladi, bu munosabat Dalton qonuni deb ataladi: gaz aralashmasining bosimi bu aralashmaga kiruvchi gazlarning parsial bosimlari yig‘indisiga teng.

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

3. Avagadro qonuni. Turli gazlar bilan olib borilgan tajribalar asosida 1811 yilda italyan olimi Avagadro uning nomi bilan atalgan quyidagi qonunni aniqladi: bir xil temperaturada va bosimda har qanday gazning kilomoli birday hajmni egallaydi. Normal sharoitda bu hajm $22,42 \text{ m}^3/\text{kmol}$ ($22,42 \cdot 10^3 \text{ l/kmol}$) ni tashkil etadi.

Ideal gazning holat tenglamasi.

Gaz jarayonlarida gaz holatining parametrlaridan biri o‘zgarmay qolib, qolgan ikkitasining o‘zgarishi ko‘p kuzatiladi. Bir vaqtda gazning hajmi ham, bosimi ham, temperaturasi ham o‘zgaradigan eng umumiy prosesslarini qaraymiz. Bunday prosesslarni tasvirlovchi qonunni Boyle-Mariott va Gey-Lyussak qonunlarini birlashtirish yo‘li bilan 1834 yilda fransuz fizigi (Sankt-Peterburg temir yo‘llar institutida ishlagan yillari) Klapayron aniqlagan. Biror m massasi gazning holati V_1, P_1 , va T_1 parametrlar bilan xarakterlansin. Uni V_2, P_2 va T_2 parametrlar bilan xarakterlanuvchi boshqa holatga o‘tkazamiz. Bu prosessni quyidagi ikki bosqich bilan bajaramiz:

1. Dastlab izotermik ravishda temperatura ($T_1 = \text{const}$ bo‘lganda) gazning hajmini V_2 qiymatgacha o‘zgartiramiz, bunda uning bosimi P_1^1 ga teng bo‘ladi.

2. So‘ngra izoxorik (hajm $V_2 \approx \text{const}$ bo‘lganda) gazning temperaturasi shunday T_2 qiymatgacha o‘zgartiramizki, bunda uning bosimi P_2 bo‘lib qolsin. Prosessning birinchi bosqichi Boyle-Mariott qonuni bilan tavsiflanadi va shuning uchun

$$P_1 V_1 = P_1^1 V_2 \quad (7.9)$$

$$\text{Bunda } P_1^1 = \frac{P_1 V_1}{V_2} \quad (7.10)$$

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

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

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

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

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

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

bu ifoda Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi.

Klapeyron tenglamasining kamchiligi shundan iboratki, B doimiy kattalik turli gazlar uchun turlichadir.

Bu kamchilikni yo'qotish uchun 1875 yilda Mendeleev-Klapeyron qonuni ko'rinishini uni Avagadro qonuni bilan birlashtirib bir oz o'zgartiradi.

Buning uchun 1 kmol gazni ko'raylik va uning hajmini $V\mu$ bilan belgilaylik. Bu holda Klapeyron tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi.

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

Avagadro qonuniga asosan P va T ning bir xil qiymatlarida hamma gazlarning 1 kilomoli bir xil $V\mu$ hajmini egallaydi, demak, B doimiy barcha gazlar uchun bir xil bo'ladi. B ning bu qiymatini R bilan belgilasak, u holda

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

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

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

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

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

(7.16) formulani ixtiyoriy m massali gaz uchun yozsak:

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

hosil bo'ladi.

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

(7.18) formulani gazning zichligi ρ orqali ifodalaymiz:

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

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

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

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

formula bilan ifodalanishini olamiz.

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

Echilishi. Shishani qizdirish izoxorik prosess bo‘lib, unga Sharl qonunini formulasini qo‘llash mumkin.

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

bu yerda T_1 va T_2 - shishadagi havoning boshlang‘ich va oxirgi absolyut temperaturalar.

$$\text{U holda } T_2 = \frac{P_2}{P_1} \cdot T_1 \quad T_2 = \frac{1,3 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} \cdot 280 \text{ K} = \frac{1,3 \cdot 10^5 \text{ H/M}^2}{1 \cdot 10^5 \text{ H/M}^2} \cdot 280 \text{ K} = 364 \text{ K}.$$

$$t_2 = 91^\circ C$$

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

Berilgan:

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

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

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

Echish: idishning hajm birligidagi qismida

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

molekulalar bor.

Bu yerda shdishdagi azot molekulalar sonini

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

formuladan topamiz.

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

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Ideal gaz holat tenglamasi. Boyle-Mariott qonuni. Gey-Lyussak qonuni. Izojarayonlar. Izotermalar. Sharl qonuni. Parsial bosim. Adiabata. Avagshadro qonuni.

V. Mavzuga doir savollar

1. Ideal gazning holat tenglamasi keltirib chiqaring.
2. Boyle-Mariott qonunini ta’riflang va tushuntiring.
3. Gey-Lyussak qonunini ta’riflang va tushuntiring.
4. Sharl qonunini ta’riflang va tushuntiring.
5. Dalton qonunini ta’riflang..
6. Avagadro qonunini aytib bering..

VI. Adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. Molekulyar fizika, T. “O‘qituvchi”, 1978 y.

2. S.E.Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" Ilt. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

Mavzu-8: Barometrik formula. Bolsman taqsimoti. Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimoti. Maksvell taqsimoti.

Reja

1. Barometrik formulasining mohiyati haqida tushuncha.
2. Bolsman taqsimoti (qonuni).
3. Molekulalarning tezlik komponentalari bo'yicha taqsimoti.
4. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimoti. Maksivell taqsimoti.
5. Xulosa

Gaz molekulalarini tartibsiz harakati tufayli uning zarralari idishning butun hajmi bo'ylab tekis taqsimlanadi. Va har bir hajm birligida o'rtacha bir xil sondagi zarralar bo'ladi. Shuningdek tashqi kuchlar ta'sir etmaganda muvozanat holatda gazning bosimi va temperaturasi butun hajm bo'yicha birday bo'ladi. Agar tashqi kuchlar ta'sir esa, idishdagi gaz molekulalarining tabiatini o'zgarishiga olib keladi. Masalan, og'irlik kuchi ta'sirida bo'lgan gaz (havo)ni ko'rib o'taylik.

Agar molekulalarning issiqlik harakati bo'lmaganda edi, ularning hammasi og'irlik kuchi ta'sirida yerga «qulab» tushar va butun havo yer sirti yaqinida yupqa qatlam hosil qilib to'plangan bo'lar edi. Agar og'irlik kuchi mavjud bo'lmay, molekulyar harakat mavjud bo'lganda edi, molekulalar butun olam fazosi bo'ylab tarqalib ketgan bo'lar edi.

Atmosfera (yerning havo qobig'i o'zining hozirgi tarzida ayni bir vaqtda molekulalarning issiqlik harakati va yerga tortishish kuchi borligi tufayli mavjuddir. Molekulalarning balanlik bo'yicha taqsimlanishida, gaz bosimini balandlikka bog'liq holda o'zgarish qonuni amal qiladi. Bu qonunni mohiyatini qaraylik. 1-rasmda havoni yer sirtidagi $h=0$ bo'lgandagi bosimini P_0 ra, h balandlikda esa R ga teng deylik. Balanlik dh ga ortganda bosim dp ga o'zgaradi.

Ma'lumki, biror balandlikka havoning bosimi yuzi bir birlikka teng bo'lgan shunday balandlikdagi vertikal havo ustuni og'irligiga teng. Shuning uchun dp yuzi bir birlikka teng bo'lgan havo ustunining h va $h+dh$ balandliklardagi og'irliklari farqiga teng, ya'ni asos yuzi bir birlikka teng bo'lgan dh balandlikdagi havo ustuni og'irligiga teng:

$$dp = -\rho g dh$$

bu yerda ρ – havoning zichligi va g – og'irlik kuchining tezlanishi. Gazning (zichligi, molekula massasi m ni ularning hajm birligidagi soni n ga ko'paytirilganiga teng:

$$\rho = m n$$

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

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

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

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

Agar temperatura hamma balanlikda birday deb hisoblasak, u holda (8.2) munosabatni integrallab, quyidagi tenglikni olamiz:

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

bu yerda C-integrallash doimiysi. Bundan

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

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

$$C = P_0$$

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

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

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

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

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

Bosimning balandlik ortishi bilan kamayib borishini ko'rsatuvchi (8.6) tenglama Barometrik formula deyiladi. Tog' cho'qqilari, samolyotning uchish balandligini o'lchashga mo'ljallangan asboblarning shkalalari bevosita metrlarda darajalangan maxsus barometrdan iborat bo'ladi. Ammo biz bu tenglamani keltirib chiqarishda balandlikni barcha sohalarida temperatura o'zgarmaydi deb hisobladik, shuning uchun formulaga temperatura tuzatmasini kiritish lozim bo'ladi.

Bolsman taqsimoti (qonuni)

Bizga ma'lumki, gazlarning bosimi hajm birligidagi molekulalar soniga proporsional ya'ni $P = nkT$ bo'lgani uchun (8.6) formula balandlik ortishi bilan molekula zichligining kamayishi qonunini ham ifodalaydi:

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}} \quad (8.7)$$

6y erda n va n_0 -oralaridagi balandlik farqi h -ar teng bo'lgan nuqtalardagi hajm birligidagi molekulalar soni. (8.7) formuladagi mgh kattalik molekulaning h -balandlikdagi potensial energiyasini bildiradi. Shuning uchun (8.7) formula bizga energiyasi $U=mgh$ bo'lgan zarralar soni n ni beradi deyish mumkin, bunda energiyasi nolga teng bo'lgan zarralar soni n_0 ga teng bo'lishi kerak. Agar gaz qandaydir kuch maydonida bo'lib, shu tufayli uning zarralari biror potensial energiyaga ega bo'lsa, u holda berilgan U energiyali zarralar soni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

va bu formulaga Bolsman (qonuni) formulasi deb ataladi. Bu formula issiqlik muvozanati sharoitida U energiyaga bo'lgan zarralar taqsimotini aniqlash imkonini beradi:

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

Bu formula yordamida berilgan U energiyali zarralar taqsimoti $\frac{n}{n_0}$ ning shu energiya kattaligidan tashqari, faqat temperaturaga bog'liq bo'lishini ko'rsatadi va zarralarning energiya bo'yicha qanday taqsimlanishiga bog'liq bo'lgan kattalik sifatida ifodalashiga imkon beradi.

Gazlar kinetik nazariyasiga ko'ra gaz molekulalari to'xtovsiz issiqlik xotik harakatida o'zaro to'qnashib turadi. Ko'pgina to'qnashuvlardan keyin muvozanat yuzaga keladi. Ammo makroskopik muvozanat holatda ham mikroskopik jarayonlar, ya'ni ularning to'qnashuvlari davom etaveradi. Bu to'qnashuvlar tufayli molekulalarning tezliklari o'zgarib turadi. Lekin ular tezliklarining o'zgarishi ma'lum bir tezlik intervalida ro'y beradi va umumiy qonuniyat asosida bo'ladi.

Gaz molekulalri harakat tezliklarining bu qonuniyatlari ingliz olimi D. Maksvell tomonidan (1860 yilda) ochilganligi tufayli uning nomi bilan Maksvell taqsimoti deb yuritiladi. Maksvell taqsimotini qaraymiz.

Ma'lum V hajmdagi idishda N ta gaz molekulalari bo'lsa, hajm birligidagi molekulalar soni $n = \frac{N}{V}$ ga teng bo'ladi. Anna shu n – sonidan dn tasi $\vartheta, \vartheta + d\vartheta$ tezliklar intervalida

xarakterlansa, $f(\vartheta) = \frac{dn}{nd\vartheta}$ funksiyaga tezliklari $\vartheta, \vartheta + d\vartheta$ intervalida yotuvchi gaz molekulalarining tezliklari bo'yicha taqsimlanish funksiyasi deyiladi.

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

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

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

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

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

ga teng bo'lishini hosil qilamiz.

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

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

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

$$\begin{aligned} f(v_x) &= \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_x^2}{2}} \\ f(v_y) &= \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_y^2}{2}} \\ f(v_z) &= \sqrt{\frac{a}{2\pi}} \ell^{\frac{av_z^2}{2}} \end{aligned} \quad (8.13)$$

bu formulaga o'zgartirishlar kiritishi bilan

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

yoki

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

hosil bo'ladi.

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

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

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

bu formulaga Maksvell taqsimoti deyiladi.

Maksvell taqsimoti funksiya ko'rinishida

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

ifodalanadi.

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

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

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

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

kelib chiqadi. Bu formulaga Bolsman taqsimoti deb ataladi.

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

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

Nisbiy tezliklar orqali Maksvell taqsimoti

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

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

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

bo'ladi.

Bu ifodaga Bolsman taqsimotidagi U ning qiymatini qo'ysak,

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

umumlashgan Maksvell-Bolsman taqsimoti hosil bo'ladi.

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

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

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

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

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

aniqlashga ham Perron erishdi.

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Tezliklar bo’yicha taqsimot qonuni. Maksvell qonuni. Molekula va zarralarning taqsimoti. Bolsman taqsimoti.

V. Savollar

1. Gaz molekulalarining tezliklar bo’yicha taqsimotini tushuntirib bering?
2. Maksvell qonunini mohiyatini aytib bering?
3. Bolsman taqsimoti (qonunini) tushuntiring?
4. Maksvell-Bolsman taqsimotlari orasidagi o’zaro bog’liqlikni mohiyati nimaga asoslanadi?
5. Maksvell va Bolsman qonunlarini eksperimentda kimlar tekshirib isbotladi va ular bundan qanday xulosaga keldilar?
- 6.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin “Molekulyar fizika” T. O’qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O’qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. “Vsshaya-shkola” 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» “Termodinamika va molekulyar fizika” T. O’qit. 1984 y, 515 bet.
5. O’. B. Jo’rayev “Molekulyar fizika” Samarqand-1999 y, 221 bet.

9- MAB3Y. Maksvell-Bolsman taqsimoti. Fermi-Dirak va Boze – Eynshteyn statistikasi to’g’risida tushuncha.

REJA:

1. Maksvell-Bolsman taqsimotini mohiyati to’g’risida tushuncha.

2. Bolsman taqsimoti qonuni haqida tushuncha.
3. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi to'g'risida tushuncha.
4. Xulosa.

Maksvell-Bolsman taqsimoti.

Gaz molekularining tezliklar bo'yicha taqsimoti Maksvell qonuniga, uning potensial maydondagi konsentrasyon taqsimoti Bolsman qonuniga bo'ysunadi. Endi shu taqsimotlar orasidagi umumiy bog'lanishini ko'raylik.

Nisbiy tezliklar orqali Maksvell taqsimoti

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} v^2 \quad (9.1)$$

ko'rinishda ifodalanishini bilamiz. Bu yerda $f(v) = \frac{dn}{ndn}$ ekanligini hisobga olsak.

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n e^{-v^2} v^2 dv \quad (9.2)$$

bo'ladi. Bu ifodaga Bolsman taqsimotidagi n ning qiymatini qo'ysak

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n e^{-\left(v^2 + \frac{E_p}{KT}\right)} v^2 dv \quad (9.3)$$

ko'rinishda umumlashgan Maksvell-Bolsman taqsimoti hosil bo'ladi. (9.3) formula tashqi E_p potensial maydonda harakatlanuvchi umumiy nta molekulaning qancha qism $(dn)_{v, v+dv}$ nisbiy tezliklar intervalda harakatlanishini ko'rsatadi. Demak, Maksvell taqsimoti muvozanat holatdagi, ya'ni doimiy temperaturada gaz molekularining tezliklar bo'yicha taqsimotini ifodalaydi va tashqi potensial maydonga bog'liq emas. Bolsman taqsimoti esa doimiy temperaturadagi gaz molekularining tashqi potensial maydondagi konsentrasyon taqsimotini ifodalab, gaz molekulari tezliklar taqsimotiga bog'liq emas.

Bir qarashda Maksvell taqsimoti Bolsman taqsimotiga bog'liqdek tuyuladi. Aslida unday emas. Chunki gaz molekularining harakati to'xtovsiz xaotik bo'lganligi tufayli yuqoriga ko'tariluvchi molekulalar oqimidan kichik tezlik bilan harakatlanuvchi gaz molekulari chiqib qoladi va natijada yuqoriga ko'tariluvchi molekulalar soni kamaya boradi. Bu molekularning harakat tezliklari katta bo'lganliklari uchun o'rtacha har bir molekulaga tegishli energiya masofaning o'zgarishi bilan doimiy qoladi, binobarin, balandlikning o'zgarishi bilan gazning temperaturasi, o'rtacha har bir molekulagategishli kinetik energiya bilan aniqlanganligi uchun doimiy qoladi. Shuning uchun gaz molekularining balandlikka qarab konsentrasiyasining o'zgarishi va hamma nuqtalarda temperaturaning doimiy qolishi o'zaro bir-biriga zid bo'lmasdan mos tushadi. Agar E_p - molekulaning kuch maydondagi potensial energiyasi bo'lsa, u holda $m(gdr) = dE_p$ bo'lganligi uchun

$$kT d \ln \left(\frac{n}{n_0} \right) = -dE_p \quad (9.4)$$

bu munosabatda kuch maydonining bir jinsligi va fizik tabiatidan biror belgi qolgani yo'q. Shuning uchun (9.4) munosabatni integrallab

$$n = n_0 e^{-\frac{E_p}{KT}} \quad (9.5)$$

tenglikni olamiz. Bu munosabat Bolsman taqsimoti qonuni yoki sodda qilib, Bolsman taqsimoti deyiladi.

Bir jinsli og'irlik maydoni tasdiqan agar gazning konsentrasiyasidan P bosimga o'tsak (9.5) formuladan

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}} \quad (9.6)$$

olindi. Bu yerda M - gazning molekulyar og'irligi, R - universal gaz doimiysi. Bolsman taqsimotini bu munosabati sof gidrostatik bo'lib, biz unda gazning strukturasi nazarida tutmay, uni tutash muhit deb qaradik. Demak, Maksvell-Bolsman taqsimoti gaz molekulalarini ma'lum tezliklar intervalida doimiy temperaturadagi taqsimotini xarakterlar ekan.

Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi.

Maksvell va Bolsman taqsimotlari xaotik harakatdagi gaz molekulalarining tezliklari va potensial maydondagi massalari bo'yicha taqsimotini xarakterlaydi. Bu taqsimotlarni keltirib chiqarishda gaz molekulalarining energiyalari aniq qiymatlar qabul qiladi deb faraz qilindi. Ammo gaz molekulalarining energiyalari kvantlangan qiymatlarga ega degan fikr aytilmadi, ya'ni bu xoldagi jarayoni xarakterlashda klassik nuqtai nazarga asoslandi.

Hozirgi zamon kvant mexanikasiga muvofiq barcha elementlar va murakkab zarralar ikki sinfga bo'linadi.

Birinci sinfga yarim butun spinli elektron, proton, neytronlar kabi zarralar kiradi. Bunday zarralar Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi. Ular fermonlar deb ataladi.

Ikkinchi sinfga butun spinli barcha zarralar, jumladan fotonlar, π va K mezonlar kiradi. Ular Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunadi. Bunday zarralarga bozonlar deb ataladi. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikalari orasidagi farq quyidagichadir.

Fermi-Dirak statistikasida har bir kvant holatda bittadan ortiq zarra bo'la olmaydi. Boze-Eynshteyn statistikasi bunday cheklashlarni qo'ymaydi, ya'ni bu statistikaga ko'ra har bir kvant holatda ixtiyoriy sondagi zarralar bo'lishi mumkin. Bolsman, Boze-Eynshteyn va Fermi-Dirak taqsimotlari o'rtasidagi farqni quyidagi misolga qarab o'taylik. A va B zarralarini uch kvant holatida Bolsman, Boze-Eynshteyn, Fermi-Dirak statistikasi bo'yicha taqsimlanishlarni qaraylik. Bu uch kvant holatni uchta katak bilan tasvirlaylik.

Bolsman	Boze-Eynshteyn	Fermi-Dirak									
<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td></td></tr></table>	A	B		<table border="1"><tr><td>.</td><td>.</td><td></td></tr></table>	.	.		<table border="1"><tr><td>.</td><td>.</td><td></td></tr></table>	.	.	
A	B										
.	.										
.	.										
<table border="1"><tr><td>B</td><td>A</td><td></td></tr></table>	B	A		<table border="1"><tr><td></td><td>.</td><td>.</td></tr></table>		.	.	<table border="1"><tr><td></td><td>.</td><td>.</td></tr></table>		.	.
B	A										
	.	.									
	.	.									
<table border="1"><tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr></table>		A	B	<table border="1"><tr><td>.</td><td></td><td>.</td></tr></table>	.		.	<table border="1"><tr><td>.</td><td></td><td>.</td></tr></table>	.		.
	A	B									
.		.									
.		.									
<table border="1"><tr><td></td><td>B</td><td>A</td></tr></table>		B	A	<table border="1"><tr><td>:</td><td></td><td></td></tr></table>	:						
	B	A									
:											
<table border="1"><tr><td>A</td><td></td><td>B</td></tr></table>	A		B	<table border="1"><tr><td></td><td>:</td><td></td></tr></table>		:					
A		B									
	:										
<table border="1"><tr><td>B</td><td></td><td>A</td></tr></table>	B		A	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td>:</td></tr></table>			:				
B		A									
		:									
<table border="1"><tr><td>AB</td><td></td><td></td></tr></table>	AB										
AB											
<table border="1"><tr><td></td><td>AB</td><td></td></tr></table>		AB									
	AB										
<table border="1"><tr><td></td><td></td><td>AB</td></tr></table>			AB								
		AB									

Bolsman taqsimotiga ko'ra mumkin bo'lgan holatlar soni 9 ga teng. Shuning uchun har bir holatning mavjud bo'lish ehtimolligi $1/9$ ga teng. Boze-Eynshteyn va Fermi-Dirak taqsimotida A va B zarralar o'rtasida farq yo'q. Shuning uchun ularni umumiy bir belgi Bilan, masalan nuqta Bilan belgilash mumkin. Boze-Eynshteyn taqsimotida bunday holatlar soni 6 ta, demak har bir holatning mavjud bo'lishi sharti $1/6$ ga teng.

Fermi-Dirak taqsimotiga binoan har bir holatda faqat bita zarra bo'lishi lozimligini inobatga olsak, bunday holatlar soni faqatgina 3 ga teng bo'lishi ayon bo'lib qoladi. Ularning har birining

ehtimoli $1/3$ ga teng. Boze-Eynshteyn va Fermi-Dirak taqsimotidagi farqni yanada yaqqolroq tasavvur etish uchun quyidagi misolni ko'raylik.

Misol. Zta kvartira bor. Shu kvartiralarga Nta kishini joylashtirish lozim bo'lsin. Bunda kishilar shaxsining ahamiyati yo'q, ya'ni qaysi kishining qaysi kvartirada bo'lishi ahamiyasiz hisoblansin.

Bu masalani avvalo fermionlar uchun qaraylik. Bu holda $Z > N$ bo'lmog'i lozim, chunki $N > Z$ bo'lganda fermionlarni kvant holatlar bo'yicha joylashtirishi mumkin emas. Bunda N-kishilar kvartiraga joylashadi.

$Z - N$ ta kvartira bo'sh qolishi kerak. Qaysi kishining qaysi kvartiraga joylashishida farq bo'lmaganligi tufayli mumkin bo'lgan barcha o'rin almashtirishlarni bajaramiz. Natijada kishilarni turli kvartiralar bo'ylab taqsimlanishi hosil bo'ladi. Bunday taqsimlanishlar soni $Z!$ ga teng. Biroq bu sonni $N!$ marta kamaytirish kerak, chunki kishilarning kvartiralar bo'yicha o'rin almashtirish, yangi taqsimotga olib kelmaydi. Bundan tashqari uni yana $(Z - N)!$ marta kamaytirish kerak, chunki kvartiralar ham bir-biridan farqsiz bo'lganligi tufayli ularga o'rin almashtirishlar ham yangi taqsimotlarga olib kelmaydi. Natijada umumiy taqsimotlar soni $\frac{Z!}{N!(Z - N)}$ (9.7) ga teng bo'ladi.

Endi esa Boze-Eynshteyn statistikasi asosida taqsimotda bu kishilarning bu kvartiralar bo'yicha taqsimoti qanday bo'lishini ko'raylik. Bu holda Z va N sonlar orasidagi munosabat istalgancha bo'lishi mumkin. Kvant holatlarni Z va N bilan tasvirlaymiz. Bu katak (kvartiralar) bir-biridan Z to'siq bilan ajratilgan. Oxirgi kataklarning chekkalariga to'siqlar qo'ymaymiz. Bu kataklarga mutlaqo ixtiyoriy ravishda barcha zarralar-kishilarni joylashtirish mumkin. U holda $Z + N - 1$ ta elementlar hosil bo'ladi, ya'ni N ta zarra (kishi) va N ta to'siq. Bu elementlar orasida o'rin almashtirishlarni bajaramiz. N ta zarraning Z kataklar bo'yicha turlicha taqsimlanishini olamiz. Biroq bu sonni $N!$ marta kamaytirish kerak, chunki zarralarning o'rnini almashtirish yangi-yangi taqsimotlarga olib kelmaydi. Bundan tashqari bu sonni $(Z - 1)!$ marta kamaytirish kerak, chunki to'siqlarning o'rnini almashtirish yangi taqsimotlarga olib kelmaydi. Shunday qilib, N ta bozon zarralarining Z kvant holatlari bo'yicha taqsimlanish soni

$$\frac{(Z + N - 1)}{N!(Z - 1)} \quad (9.8)$$

ga teng bo'ladi.

S'hu fikrlarga asosan Fermi Dirak va Boze-Eynshteyn taqsimotlari uchun umumiy formulalarni keltirib chiqarish mumkin.

Doimiy hajmdagi adiobatik devorli idishga solingan fermionlar va bozonlardan iborat ideal gazni ko'z oldimizga keltiraylik.

S'hu idishdagi gazni bir necha kvant holatlarga ega bo'lgan yupqa kvantli energetik qatlamlarga ajrataylik. Bu qatlamdagi zarralar energiyasi bir-biriga juda yaqin qiymatlarga ega bo'lgan kvant holatlardan iborat bo'lsin. Istalgan i -qatlamdagi kvant holat energiyasi $E_i, E_i + SE_i$ interval orasida bo'lsin. Qatlam qalinligi uchun $SE_i \ll E_i$ shart bajarilsin.

Demak i - qatlamning Z kvant holatlari bo'ylab, N zarralarni taqsimlash mumkin bo'lgan usullar soni fermion va bozonlar uchun mos ravishda

$$G_i = \frac{Z_i!}{N_i!(Z_i - N_i)} \quad (9.9)$$

$$G_i = \frac{(Z_i + N_i - 1)}{N_i!(Z_i - 1)} \quad (9.10)$$

barcha G_i larni bir-biriga ko'paytirib butun gazning qaralayotgan mikroholatining statistik og'irligini topamiz.

Fermionlar uchun

$$G = \prod_i \frac{Z_i!}{N_i(Z_i - N_i)} \quad (9.11)$$

Bozonlar uchun

$$G = \prod_i \frac{(Z_i + N_i - 1)}{N_i!(Z_i - 1)} \quad (9.12)$$

Termodinamik muvozanatda bo'lgan sistema uchun muvozanatli holat eng ehtimolli holat bo'lganligi uchun G_T ning qiymati eng katta va N larni ham katta deb faraz qilib, stiring formulasini qo'llaymiz.

Fermionlar uchun:

$$S_\phi = -k\Sigma[N_i \ln N_i + (Z_i - N_i) \ln (Z_i - N_i)] + const \quad (9.13)$$

$$S_B = k\Sigma[(Z_i + N_i - 1) \ln (Z_i + N_i - 1) - N \ln N_i] + const \quad (9.14)$$

Sistemadagi zarralar soni doimiylik shartini (9.13) va (9.14) formulalarga qo'yamiz va nihoyat bir kvant holati to'g'ri keladigan zarralarning o'rtacha soni

Fermionlar uchun

$$\bar{n}_i = \frac{1}{\frac{E_i - \mu}{e^{KT}} + 1} \quad (9.15)$$

Bozonlar uchun

$$\bar{n}_i = \frac{1}{\frac{E_i - \mu}{e^{KT}} - 1} \quad (9.16)$$

(9.15. ifoda mos ravishda Fermi-Dirak (9.16) ifoda esa Boze-Eynshteyn taqsimotidir. Agar $\bar{n}_i \ll 1$ bo'lsa, (9.15) va (9.16) ifodalar maxrajdagi birlarni inobatga olmaslik mumkin.

$$n_i = e^{\frac{E_i + \mu}{KT}} = e^{\frac{\mu}{KT}} e^{\frac{E_i}{KT}} = const e^{\frac{E_i}{KT}} \quad (9.17)$$

bunga Bolsman taqsimotining o'zidan iborat ifodalanish deyiladi. Demak, kvant yacheykalarining soni kichik bo'lganda Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn taqsimotlari Bolsman taqsimotiga aylanadi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Gaz molekularining tezliklar bo'yicha taqsimoti. Maksvell taqsimot qonuni doimiy temperaturada tashqi potensial maydonga bog'liq bo'lmagan holda, Bolsman taqsimot qonuni gaz molekularini tezliklar taqsimotiga bog'liq bo'lmagan holda tashqi potensial maydondagi konsentrasyon taqsimlanishini xarakterlaydi.

Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi esakvant mexanikasiga asosan gaz zarralarini yarim butun va butun stinli holatlariga muvofiq o'rgandi.

V. Savollar:

1. Maksvell-Bolsman taqsimoti mohiyatini tushuntirib bering?
2. Bolsman taqsimoti qonuni matematik ifodalanishi qanday?
3. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikasi va ularning qo'llanilishidagi farqi nima?

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» "Termodinamika va molekulyar fizika" T. O'qit. 1984 y, 515 bet.
5. O'. B. Jo'rayev "Molekulyar fizika" Samarqand-1999 y, 221 bet.

IV-Bo'lim. Issiqlikning kinetik nazariyasi (8 soat).

10- Mavzu. Ideal gazning ichki energiyasi. Ichki energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha taqsimoti qonuni.

Raja:

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

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

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

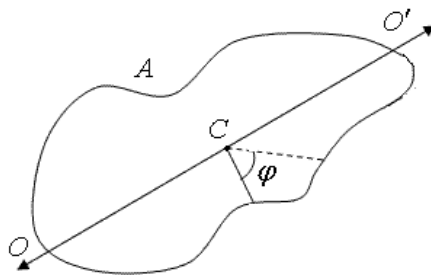
teng bo'ladi.

Bu yerda $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{K \cdot kmol}$ universal gaz doimiysi, $N = 6,02 \cdot 10^{26} kmol^{-1}$ Avagadro soni. Bundan $K = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Bolsman doimiysi kelib chiqadi. Demak, molekullarning ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi faqatgina gazning temperaturasi T bilan aniqlanadi. Gaz isitilganda yoki sovutilganda, unga biror miqdorda issiqlik berilganda yoki undan olinganda, gaz molekullarining harakat energiyasi o'zgaradi.

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

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

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



Qattiq jismning (10.1-rasm) vaziyatini aniqlash uchun:

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

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

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

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

Gazning molekullari tartibsiz harakatda bo'lganligi sababli, molekullarga faqat ilgarilanma harakatgina xos bo'lmasdan, balki barcha tur harakatlar (aylanma, tebranma) ham xosdir. Harakat turlarining barchasi teng qiymatlidir, shu sababli molekulaning har bir erkinlik darajasiga o'rtacha birday miqdorda $\overline{E_0}$ energiya to'g'ri keladi. Bu holat energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha birday taqsimlanish qonuni deb ataladi. Bu qonunga asosan gaz molekulasining o'rtacha energiyasi E_0 ni (10.1) formulaga asosan hisoblash mumkin.

Gaz molekulasini uchta erkinlik darajasiga ega bo'lgan ilgarilanma harakat qilayapti desak,

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

Tenglik o'rini bo'ladi.

Bundan bitta erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan o'rtacha energiya:

$$\overline{E_0} = \frac{1}{2} KT = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{N} T \right) \quad (10.3)$$

formula bilan aniqlanadi. Agar gaz molekulasining har birining erkinlik darajasi i ga teng bo'lsa, u holda har molekulaga

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

energiya to'g'ri keladi.

$\overline{E}$ ning bu qiymatini gazni tashkil etgan molekullarning soniga ko'paytirsak, gazning to'la ichki energiyasini topamiz. Agar $\overline{E}$ ni Avagadro soni N ga ko'paytirsak, bir mol gazning ichki energiyasi U ni topamiz.

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

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Ideal gazning ichki energiyasi. Erkinlik darajasi. Erkinlik darajasi bo'yicha taqsimot qonuni.

V. Mavzuga doir savollar:

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

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» "Termodinamika va molekulyar fizika" T. O'qit. 1984 y, 515 bet.
5. O'. B. Jo'rayev "Molekulyar fizika" Samarqand-1999 y, 221 bet.

Mavzu 11: -Ish va issiqlik miqdori. Termodinamikaning I-qonuni.

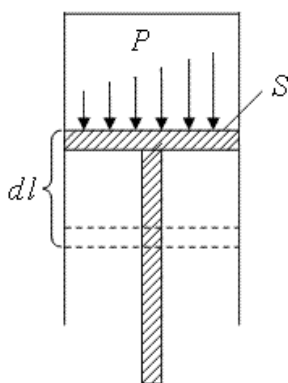
Reja

1. Ish va issiqlik miqdori to'g'risidagi tushuncha.
2. Termodinamikaning I-qonuni.
3. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish.
4. Xulosa.

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

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

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



11.1-rasm

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

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

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

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

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

tenglik o'rinli bo'ladi.

(11.2) formulani (11.1)ga qo'yamiz

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

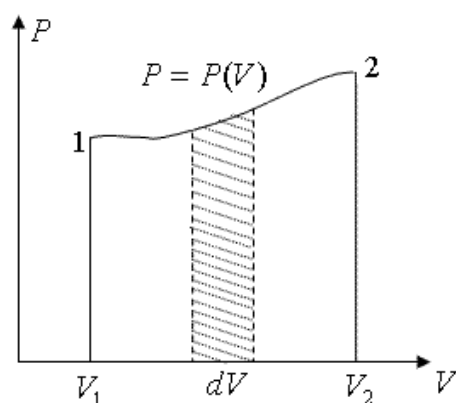
bunda $Sd\ell = dV$ ga teng.

U holda (11.3) formula

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

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

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



11.2- rasm

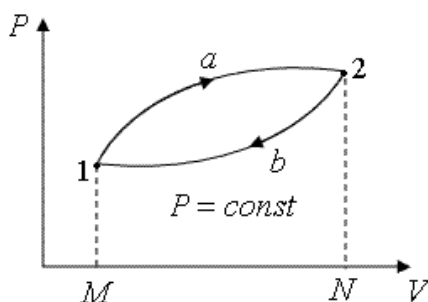
Gaz 12 egri chiziq bo'yicha PV koordinata xajm kengayishida bo'lsin. Gazning xajm dV ga kengayganda $dA = PdV$ ish bajariladi. Bu ish sxemada dV kichkina shtrixlangan zonaga mos keladi. agar gaz kengayishi V_1 dan V_2 gacha xajm kengayishiga nisbatan qaraladigan bo'lsa, u holda bajarilgan ish

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

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

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

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



11.3-rasm

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

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

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

Hamda doiraviy sistemada bajarilgan ish

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

nolga teng bo'lmaydi.

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

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

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

Bizga ma'lumki, bir atomli sistemalar uchun ichki energiya

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

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

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

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

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

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

α_n – nur chiqarish (radiasiya) bilan issiqlik berish koeffitsiyenti; α_t – tegish bilan issiqlik berish koeffitsiyenti.

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

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

$$1 \text{ kkal} = 4,19 \text{ ж}$$

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

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

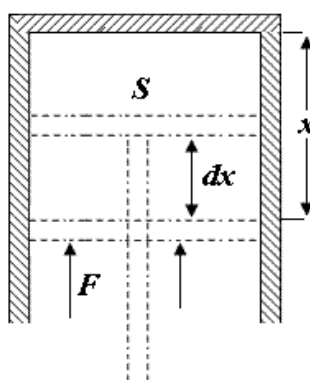
Bu kattalikka teskari kattalik mexanikaviy ishning ekvivalenti deyiladi.

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

3. Termodinamikaning I qonuni

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

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



11.4-rasm

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

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

yoki

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

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

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

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

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

tengligi kelib chiqadi.

Aksincha gaz kengayganda uning xajmi dV ortganida tashqi kuchlarga qarshi PdV musbat ish bajaradi.

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

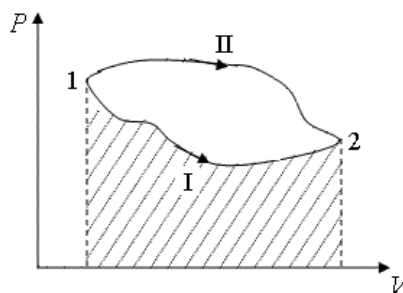
(11.14) $\rightarrow$ (11.12) qo'yamiz. U holda

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

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

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

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



11.5-расм.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Energiyaning saqlanish qonuni ilgariidan taxmin qilinardi. M.V.Lomonosov 1748 yilda moddaning saqlanish qonunini bayon qilar ekan, tabiatda harakatning saqlanish haqidagi qonunini quyidagicha ta'riflab borgan edi. U «Tabiatda uchraydigan hamma o'zgarishlar shunday sodir bo'ladiki, biror jismdan qancha miqdor nimadir olinsa, boshqa jismga shuncha miqdor qo'shiladi». Energiya saqlanish qonunining miqdori jihatidan ta'riflanishi 100 yil o'tgach va turli ko'rinishdagi

energiyalarning ir-biriga aylanishi bilan bog'liq bo'lgan juda ko'p prosesslar kashf qilingandan keyin Robert Mayer va Gelmgols (1821-1894) tomonidan bajarildi.

IV. Tayanch tushunchalar:

Ish va issiqlik miqdori. Termodinamik parametrlar. Issiqlik oqimi. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish. Termodinamikaning I va II qonunlari.

V. Mavzuga doir savollar:

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

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

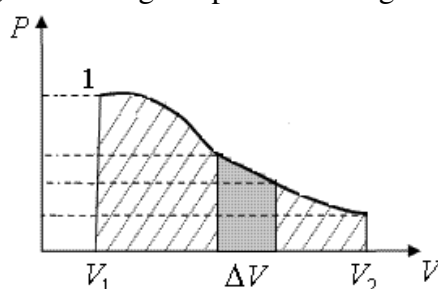
1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» "Termodinamika va molekulyar fizika" T. O'qit. 1984 y, 515 bet.
5. O'. B. Jo'rayev "Molekulyar fizika" Samarqand-1999 y, 221 bet.

Mavzu: -13 Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish. Adibatik proseslar. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi. Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha. Politropik jarayon.

Reja:

1. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish.
2. Adibatik proseslar.
3. Ideal gazlarning issiqlik sig'imi.
4. Ideal gazlar issiqlik sig'imining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.
5. Issiqlik sig'imining kvant nazariyasi to'g'risida tushuncha.
6. Politropik jarayon.
7. Xulosa.

Silindrda porshen ostida R_1 bosimdagi V_1 hajmidan R_2 bosimdagi V_2 kengayotgan gazni ko'z oldimizga keltiraylik (13.1 rasm). Grafiklagi bu proses 1-2 egri chiziq bilan ifodalanadi.



Kengayishning juda kichik ΔV intervalini ko'ramiz, uning uchun bosimi taxminan doimiy va R ga teng deb olishimiz mumkin. Gazning kichik kengayishida bajarilgan ish $R \Delta V$ ga teng. Grafikdan bu ishning miqdori kengligi ΔV bo'lgan tor poloskaning yuziga teng ekanligi ko'rinib turibdi. Hajmning ΔV_1 va ΔV_2 gacha to'la o'zgarishini n ta kichik $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3, \dots, \Delta V_n$ intervallarga bo'lib, gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan to'la A ishning miqdori barcha n -poloskalar yuzining yig'indisiga teng ekanini, ya'ni 1-2 egri chiziq, P_1 egri chiziq va absissalar o'qi bilan chegaralangan yuzga teng ekanini keltirib chiqamiz:

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

Endi chekli kichik ΔV intervaldan cheksiz kichik dV intervalga o'sak, bu intervallarning har biridagi ish cheksiz kichik

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

ga teng bo'ladi. bu tenglikni ΔV_1 dan ΔV_2 gacha chegaralarda integrallab gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan to'la ishning ifodasini topamiz;

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

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

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

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

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

yoki m - massali gaz uchun

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

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

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

Boyl-Mariott qonuniga asosan $P_1 V_1 = P_2 V_2$ bo'lgani uchun $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$ tenglik o'rinli bo'lib,

bu ifodani (13.3) formulaga quysak u holda

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

formula hosil bo'ladi.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$PdV = C_V dT$$

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

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

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

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

bundan

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

yoki

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

Bu tenglikni potentsirlab

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

ekanligini nazarga olib, R.Mayer formulasini hosil qilamiz:

$$C_p = C_V + R$$

holda

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

ekanligini e'tiborga olsak (13.7¹) formula

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

va

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

yoki, nihoyat

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

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

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

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

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

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

bu tenglikni (13.12) ga qo'yamiz.

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

bu yerda $R = C_p - C_V$ ekanligidan foydalanamiz

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

bundan

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

Shuningdek,

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

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

tenglik o'rnini bo'lib, uni integrallaymiz:

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

bundan

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

formula hosil bo'ladi.

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

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} - \text{adiabatik ko'rsatgich; } C_p > C_V \text{ bo'lganda } \gamma > 1 \text{ bo'ladi. Shuning uchun bosimning}$$

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

Gaz holat tenglamasi

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

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

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

ko'rinishdagi Puasson tenglamasi hosil bo'ladi. Bu tenglamani har ikkala tomonini $\frac{1}{\gamma}$ darajaga

ko'taramiz. U holda (13.18) tenglama:

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

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

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

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

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

ekanligini e‘tiborga olindi.

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

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

Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan

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

bunda

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

Ma‘lumki, (13.13) formuladan

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

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

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

bo‘lib, bundan

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

va soddalashtirish bilan

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

tenglikni hosil qilamiz va uni integrallaymiz va potentsirlaymiz

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

bundan

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

$$PV^n = \text{const} \quad (13.24)$$

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

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

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

$$\text{asosan} \quad X = -\frac{1}{\gamma P} \quad (13.26)$$

teng bo'ladi va X - adiabatik siqiluvchanlik, γ – esa izotermik siluvchanlik deyiladi.

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

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

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

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Gaz hajmini o'zgarishida bajarilgan ish. Izotermik, adiabatik jarayonlar. Hajm va bosim o'zgarishlaridagi issiqlik sig'implari. Kondensasiya va konveksiya.

V. Mavzu yuzasidan savollar.

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

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» "Termodinamika va molekulyar fizika" T. O'qit. 1984 y, 515 bet.
5. O'. B. Jo'rayev "Molekulyar fizika" Samarqand-1999 y, 221 bet.

V-Blim. Ko'chish jarayonlarining elementar kinetik nazariyasi.

Mavzu:-14. Molekulyar harakatlar va ko'chish hodisalari. Effektiv kesim yuzi. O'rtacha erkin yugurish yo'li

Reja

1. Molekulyar harakatlar va ko'chish hodisalari.
2. Effektiv kesim yuzi.
3. Vaqt birligidagi o'rtacha to'qnashishlar soni va o'rtacha erkin yugurish yo'li.
4. Erkin yugurish yo'li uzunligining bosimga va temperaturaga bog'liqligi.
5. Xulosa.

Bizga ma'lumki, gaz molekulalarining tezligini kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

$$\frac{m\overline{g^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (14.1)$$

deb hisoblanganda molekulalarning tezliklari uchun juda katta son qiymat kelib chiqadi. Xona temperaturasida molekulalar tezligi havo molekulalari uchun 500 m/c va vodorod molekulalari uchun 1800 m/s ga teng bo'lib chiqadi va bu bevosita tajribada tasdiqlangan. Bu qiymatlar kutilmagan darajada katta bo'lib tuyuladi, chunki yuzaki qaraganda yaxshi ma'lum bo'lgan dalillarga zid keladi.

Misollar yordamida tushuntiraylik:

a) Muvozanat holatida gazning temperaturasi u egallagan hajmning hamma yerida birday bo'ladi. Bu degan so'z, gazda zarralarning o'rtacha kinetik energiyasi hamma joyda bir xildir.

Agar biror tarzda gazning biror qismi isitilsa, shu bilan gazning muvozanati buzilgan bo'ladi. Biroq bundan keyin gaz o'z holicha qo'yilsa, birmuncha vaqt o'tgandan keyin gazning muvozanati tiklanadi, temperatura gazning hamma joyida qaytadan birday bo'lib qoladi. Temperaturaning bunday tenglashishi molekulalarning uzluksiz harakatlari tufayli bo'lishi ravshan. Faqat gazning energiya ko'p bo'lgan joyida energiya ko'chishi ro'y beradi. Bu jarayon issiqlik o'tkazuvchanlik deb ataladi. Gaz molekulalarining harakat tezliklari katta bo'lsada, issiqlik o'tkazuvchanlik gazlarda juda kichik bo'lishi tajribalarda ko'rilgan.

b) Agar biror hajmni egallagan gazga boshqa gazni qo'shsak va bunda butun hajmda bosim va temperatura birday bo'lgan holda aralashmaning konsentrasiyasi bir qismda qolgan boshqa qismlar dagidek ko'proq bo'lsa, biror vaqt o'tgandan keyin aralashmaning butun hajm bo'yicha tarqalishini va gazning bir jinsli bo'lib qolishini tajriba ko'rsatadi. Konsentrasiyalarning bunday tenglashishi aralashma molekulalarining bu molekulalar kam bo'lgan yo'nalishda harakati tufayli yuzaga keladi va diffuziya deb ataladi.

Bunday ko'chish ham molekulalarning harakati tufayli ro'y bergani va bu harakatlarning tezligi esa katta bo'lgani uchun diffuziya juda tez amalga oshishi va demak, konsentrasiya bir ondayoq tenglashishi kerak edi. Biroq tajriba shuni ko'rsatadiki, atmosfera bosimida diffuziya juda sekin jarayon va gaz agar butunlayiga harakatlanmasa, uning aralashishi bir necha sutkaga cho'zilishi mumkin.

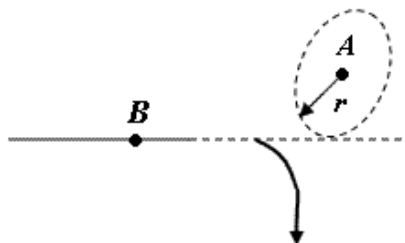
v) Gazning tez harakatlanayotgan qismlaridan sekin harakatlanayotgan qismlariga qo'shilishi natijasida impuls ko'chishi (harakat miqdorining ko'chishi) tufayli biror vaqt o'tgandan keyin gazning butunlay oqish tezligi ham uning hamma qismlarida birday bo'lib qoladi.

Bu hodisa ichki ishqalanish yoki qovushqoqlik deb ataladi. Demak bu jarayonlar molekulalarning tez harakatlanishi tufayli ro'y berishiga qaramay, ko'chish hodisalari shunday sekin amalga oshadi. Bunday nomuvofiqlikning sababi shundaki, muvozanat tiklanadigan bu hodisalarda faqat molekulalarning harakat tezliklari emas, shu bilan birga ularning o'zaro to'qnashuvlari ham muhim rol o'ynaydi. Bu to'qnashuvlar molekulalarning erkin harakatlanishiga to'sqinlik qilishi ravshan. Molekulalarning o'zaro ta'siri turli natijalarga olib kelishi mumkin.

Molekulalarning to'qnashuvi natijasida o'z harakat yo'nalishini o'zgartirish prosessiga molekulalarning sochilishi deyiladi. Molekulaning harakat yo'nalishi boshqa molekula ta'sirida sezilarli burchakka o'zgarishini molekulalarning to'qnashuvi deyiladi.

2. Fizikaning ko'p sohalarida zarralarning bir-biri bilan yoki yorug'lik kvantlarining modda zarralari, shuningdek atom yadrolari bilan o'zaro ta'sirini ko'rishga to'g'ri keladi. Bunday o'zaro ta'sir masalan: zarra (yoki yorug'lik kvant (foton) elastik yoki noelastik sochilishi, yutilishi atomni ionlashi va hokozo keltirib chiqaradi.

Bu holllarning barchasida prosesni miqdoriy xarakterlash uchun bu prosesning effektiv kesim yuzi tushunchasi kiritiladi. To'g'ri chiziqli harakatlanayotgan V zarrani ko'z oldimizga keltiraylik.

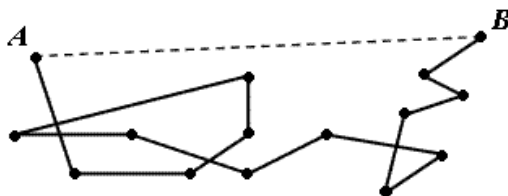


14.1-rasm

Bu V zarra ro'parada turgan A zara bilan o'zaro ta'sirlashsin deylik. Ammo V zarra A zarraga yetarlicha yaqinlashib masalan, r masofadan katta bo'lmagan uchib o'tishi kerak deb faraz qilaylik. Agar zarra harakatlanib, r radiusli orbitaga yaqinlashib to'g'ri o'tishi bizga qiziqarli. Agar A zarra harakatlanadigan doira yuzasini $\delta = \pi r^2$ desak ayni shu prosesni kesimi deyiladi. 1-rasmda to'qnashish natijasida V-zarrani o'zining dastlabki harakat yo'nalishidan og'ish (sochilishi) holi ko'rsatilgan.

Molekulalarni sharlar deb to'qnashishini tasavvur qilsak, bu molekulalarning radiusi $r/2$ ga teng bo'ladi. Bunday sharlar ko'ndalang kesim yuzi, ya'ni uning katta doirasining yuzi $2r^2$ ga teng. Bu degan so'z, molekulalarning effektiv ko'ndalang kesimi σ molekulaning ko'ndalang kesimi yuzidan 4 marta kattadir.

3. Bizga ma'lumki molekulalar doimo uzluksiz va tartibsiz (Braun) harakatda bo'ladi to'qnashishgacha molekula to'g'ri chiziqli harakatlanib, to'qnashish natijasida molekula tezligini yo'nalishi o'zgaradi, shundan so'ng u yana to'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlanadi.



14.2-rasm

Molekulaning gazdagi yo'li, shunday qilib 2-rasmda tasvirlangandagiga o'xshab siniq chiziqdan iborat bo'ladi.

Trayektoriyadagi har bir sinish to'qnashish joyini bildiradi. Molekulaning ikki ketma-ket to'qnashishlar orasida o'tgan masofa molekulaning erkin yugurish yo'li deb ataladi. Ammo molekulalar ko'p sonli bo'lgani uchun biz o'rtacha erkin yugurish yo'lini aniqlashga harakat qilamiz.

S'huningdek gaz molekulalarining vaqt birligi ichidagi to'qnashishlar orasidagi ular biror λ yo'lni erkin bosib o'tadi. Ammo ikki to'qnashish orasidagi bu yo'lning uzunligi turlichadir. Molekulalar soni nihoyat darajada ko'p va ularning harakati tartibsiz bo'lgani tufayli molekulalarning erkin yo'lining o'rtacha uzunligi haqida fikr yuritish mumkin. Molekulalar erkin yo'lining mana shu o'rtacha uzunligi $\bar{\lambda}$ ni hisoblaymiz. ϑ – tezlik bilan harakatlanayotgan aniq bir molekulani olib qaraymiz; molekulani r radiusli sharga deb tasavvur qilamiz.

Molekula har bir to'qnashishdan so'ng ϑ tezligining yo'nalishini o'zgartiradi, biroq soddalik uchun, molekula to'qnashishigacha qanday yo'nalishda harakatlangan bo'lsa, to'qnashgandan so'ng ham o'sha yo'nalishda harakatlanadi deb faraz qilamiz. Bunday tashqari, soddalik uchun, biz

tekshirilayotgan molekuladan boshqa barcha molekulalar harakasiz turibdi, deb faraz qilamiz. U holda molekula o'z yo'lida markazlari harakat to'g'ri chizig'idan $2r$ dan katta bo'lmagan masofaga yotuvchi molekulalarga tegib o'tadi. Demak, molekula vaqt birligida, radiusi $R=2r$ va ℓ uzunligi son jihatdan molekulaning (tezligiga teng bo'lgan silindr ichida markazlari joylashgan Z dona molekulaning barchasiga tegib o'tadi. Bundan silindrning ichida bo'ladigan molekulalarning soni Z quyidagiga teng:

$$Z = \pi R^2 \bar{g} n_0 \quad (14.2)$$

bunda n_0 – birlik hajmdagi molekulalar soni. Bu formulaga $R=2r$ ni qo'shib va $\bar{g}$ ni molekulalar harakatining o'rtacha $\bar{g}$ tezligi deb hisob, molekulalarning vaqt birligidagi o'rtacha to'qnashishlar soni $\bar{Z}$ ni aniqlaymiz:

$$\bar{Z} = 4\pi r^2 \bar{g} n_0 \quad (14.3)$$

haqiqatda boshqa molekulalar ham harakatlangani uchun, to'qnashishlarning soni $\bar{Z}$ (13.3) formuladan aniqlanadigan qiymatga qaraganda bir oz kattaroq qiymatga ega bo'ladi. Hisoblashlarning ko'rsatishiga $\bar{Z}$ ning qiymati $\sqrt{2}$ marta katta bo'ladi:

$$\bar{Z} = 4\sqrt{2}\pi r^2 \bar{g} n_0 \quad (14.4)$$

Molekulalarning o'lchamlari $r \approx 10^{-10} m$ tengdir. Normal sharoitda birlik hajmdagi molekulalarning soni $n_0 \approx 3 \cdot 10^{19}$ ta va molekulalarning tezligi $\bar{g} \approx 500 m/s$ ekanligini bilgan holda gaz molekulalarining vaqt birligidagi to'qnashishlar soni:

$$\bar{Z} \approx 4 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,14 (10^{-10})^2 \cdot 5 \cdot 10^2 \cdot 3 \cdot 10^{19} s^{-1} \approx 3 \cdot 10^9 s^{-1}$$

teng bo'lar ekan.

Demak, normal sharoitda molekulalar 1 sekundda bir necha milliard marta to'qnashadilar. Molekulalarning vaqt birligida bosib o'tgan o'rtacha yo'lini vaqt birligidagi to'qnashishlar soni $\bar{Z}$ ga bo'lsak, molekula erkin yo'lining o'rtacha uzunligi ni topamiz. Vaqt birligida bosib o'tilgan yo'l son jihatdan $\bar{g}$ tezlikka teng bo'lgani uchun, molekulalar erkin yo'lining o'rtacha uzunligi:

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{g}}{\bar{Z}} \quad (14.5)$$

bo'ladi. Bu formulaga (13.4) chi tenglikdagi Z ning qiymatini qo'yamiz:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{4\sqrt{2}\pi r^2 n_0} \quad (14.6)$$

yoki agar molekulaning radiusi o'rniga uning diametri $\sigma = 2r$ ni kritisak

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n_0} \quad (14.7)$$

bo'ladi. (13.6) va (13.7) formulalardan molekulalar erkin yo'lining o'rtacha uzunligi $\bar{\lambda}$ birlik hajmdagi molekulalar soni n_0 ga teskari proporsional ekanligi ko'rinib turibdi.

Temperatura o'zgarmas bo'lganda molekulalar o'rtacha erkin yo'lining uzunligi $\bar{\lambda}$ gazning P bosimiga teskari proporsionaldir. Shuningdek molekulalarning erkin yo'li o'rtacha uzunligining absolyut qiymati molekulalarning σ diametriga bog'liq.

Ko'ndalang kesimi $1cm^2$ va qalinligi ΔX bo'lgan gaz qatlamini qaraylik. Gaz kesimi σ bo'lgan molekulalardan iborat, molekulalarning zichligi (ularning hajm birligidagi soni) n ga teng bo'lsin. Dastlab gaz molekulalarini tinch turibdi va qatlamga bittagina molekula yaqinlashib kelmoqda. Bu molekula qatlam orqali o'tganida to'qnashuvga duch kelishi mumkin deb faraz qilaylik. Molekulani qatlamdagi qaysi molekulalar bilan to'qnashishi tasodifiydir. Qatlamdagi barcha molekulalarning umumiy kesim yuzini:

$$\Delta S = n\sigma\Delta X \times 1sm^2$$

teng bo'ladi.

Umuman, qatlamdagi molekularning umumiy kesim yuzi, qatlam yuzining qancha katta qismini egallasa, molekulaning to'qnashuvga duch kelishi imkoni shuncha ko'p bo'ladi.

$n \sigma \lambda X$ kattalik molekulaning gazda (X yo'l davomida to'qnashuviga duch kelish ehtimolligidir. 1sm ga teng yo'l davomida to'qnashish ehtimolligi $n\sigma$ ga teng bo'lishi, ya'ni hajm birligidagi molekular sonining molekular effektiv kesim yuziga ko'paytirilganga teng bo'ladi. Agar qatlamning qalinligi molekulaning erkin yugurish yo'li uzunligiga teng bo'lsa, u holda molekula albatta to'qnashuvga duch kelgan bo'lar edi va

$$n\sigma\lambda \times 1 = 1 \text{ cm}^2$$

Demak molekulaning effektiv ko'ndalang kesimi σ molekularning to'qnashish ehtimolligiga bog'langan bo'lib, sof geometrik ma'noga ega emas ekan. Agar biz vaqt birligidagi o'rtacha to'qnashuvlar sonini (14.2) formulaga asosan

$$Z = n\sigma \bar{g} \quad (14.8)$$

ko'rinishida ifodalasak, u holda, molekula effektiv ko'ndalang kesimining ehtimollik ma'nosiga ega ekanligi tushinarli bo'ladi. Bu ifodadan $Z/\bar{g}$ kattalikka teng yo'l uzunligida sodir bo'ladigan to'qnashuvlar soni Z' ni bildiradi:

$$n\sigma = Z/\bar{g} = Z'$$

bundan

$$\sigma = \frac{Z'}{n} \quad (14.9)$$

Bu ifodadan σ kattalikka ehtimollik ma'nosini berilishi kerak ekanligi kelib chiqadi. Shunga asosan molekulaning o'rtacha effektiv kesimi σ -ni

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 + \frac{c}{T} \right) \quad (14.10)$$

ko'rinishidagi formuladan aniqlash mumkin.

Fizikada effektiv ko'ndalang kesim uchun maxsus birlik qabul qilingan. Bu birlik atom yadrosining o'lchamlari bilan bog'liq bo'lgan $1 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$ yuzdir. Bu birlik barn deb ataladi.

IV. Tayanch tushunchalar

Molekularning issiqlik harakati, effektiv kesimi, zarralarning erkin yugurish yo'lining uzunligini bosimga va temperaturaga bog'liqligi, temperatura ortishining zarralar harakat intensivligiga bog'liqligi, Sezerlend doimiysi.

V. Mavzuga doir savollar

Zarralar harakati va ko'chish hodisasini mohiyatini tushuntiring?

Effektiv kesim yuzini izohlab bering?

Zarralarning erkin yugurish yo'lini qanday aniqlash mumkin?

Molekular harakati bosimga va temperaturaga bog'liqmi?

VI. Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin «Molekulyar fizika» T. «O'qituvchi» 1978, 135-146 bet.
2. S.E.Frish, A.V.Timorev «Umumiy fizika kursi» I-tom T. «O'qituvchi» 1965 224-232 bet.
3. D.V.Sivuxin «Umumiy fizika kursi» II-tom T. «O'qituvchi» 1984. 315-323 bet
4. R.V. Telesnin «Molekulyarnaya fizika» M. Izd. «Vsshaya shkola» 1973 s.55-66.

Mavzu: -15 Gazlarda diffuziya va modda ko'chishi. Qovushqoqlik va impuls ko'chishi

Reja

1. Gazlarda diffuziya hodisasi to'g'risida tushuncha.
2. Diffuziyaning asosiy qonuni (FIK qonuni)

3. Nostasionar diffuziya.
4. Stasionar diffuziya. Diffizuya koeffitsiyentini hisoblash.
5. O'zaro diffuziya koeffitsiyeti, diffuziya koeffitsiyentini o'lchash.
6. Termik diffuziya
7. Qovushqoqlik va impuls ko'chishi.
8. Xulosa.

1. Bir-biriga tegib turgan ikki yoki bir necha moddaning bir-birining ichiga singib o'tish xodisasi diffuziya deb ataladi. Agar gaz (yoki ixtiyoriy boshka modda) tarkibi jihatidan bir jinsli bo'lmasa, ya'ni konsentrasiyasi jihatidan ikki yoki bir necha komponentlardan tarkib topgan bo'lsa, bunday gazda diffuziya prosessi vujudga keladi. Gaz aralashma komponentlari konsentrasiyasi katta tomondan, kichik konsentrasiyalari tomonga siljiydi. Bu komponentaning oqimi deyiladi. Ma'lum komponentaning konsentrasiyasi kg/m^3 , g/sm^3 mol/sm^3 birliklarda o'lchanadi. Ma'lum vaqtdan keyin turlicha gazlarning konsentrasiyalari tenglashadi va diffuziya tufayli bir jinsli bo'lib koladi. Prosesda katnashayotgan sistemaning parametrlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan xar kaday proses Nostasionar proses deb ataladi.

Komponentalarning o'zini konsentrasiyasini o'zgarishiga olib keluvchi diffuziya nostasionar diffuziya deyiladi. Amalda ko'pincha, nostasionar diffuziya bilan ish qurishga to'g'ri keladi.

2. Tajriba biror komponentaning diffuzion oqimi shu komponenta konsentrasiyasi gradiyentining teskari ishorasi bilan olingan qiymatiga teng ekanligini ko'rsatadi (FIK qonuni). Ya'ni u quyidagicha matematik ifodalanadi:

$$\text{grad } G = \frac{dG}{dx} \quad (15.1)$$

Agar gaz aralashmasi bizni qiziqtirgan q komponentining konsentrasiyasi X o'qi bo'ylab o'zgarsa, u holda q konsentratning gradiyenti:

$$\text{grad } q = \frac{dq}{dx} \quad (15.2)$$

ko'rinishda ifodalanadi. Binobarin, diffuziyaning asosiy-qonuni (FIK qonuni) quyidagicha formula bilan xarakterlanadi

$$J = D \frac{dq}{dx} \quad (15.3)$$

Bu yerda J-X o'qi yunalishidagi diffuzion oqim. Minus ishorasi diffuzion oqimning konsentrasiyasi kamayish tomonga karab yunalganligini bildiradi.

D - diffuziya koeffitsiyenti deyiladi.

D - cu sistemasida m^2/s

CFC - sistemasida sm^2/s larda ulchanadi.

Konsentrasiya q - kg/m^2 yoki r/sm^3 larda o'lchanadi.

Bundan: $D = \frac{J}{\frac{dq}{dx}}$ formulaga asosan m^2/s , sm^2/s , o'lchanishi aniqlanadi.

$\frac{dq}{dx}$ - kg/m^4 yoki G/sm^4 larda o'lchanadi.

Odatda q - konsentrasiya komponentaning parsial zichligidan iborat. Ya'ni $q = \rho$

Shunga asosan (15.3) formula

$$M = -D \frac{d\rho}{dx} \quad (15.4)$$

Bu diffuziyanuvchi komponenta oqimining 1 sm^3 yuzdan vaqt birligi ichida o'tuvchi massasidir.

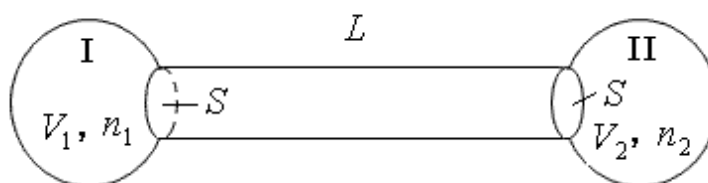
Agar diffuziyalanuvchi komponenta oqimini massa bilan emas, 1s da 1sm² yuzdan utuvchi zarralar soni N bilan ifodalasak u holda konsentrasiya 1 sm² dagi molekular soni bilan ifodalanadi.

$$N = -D \frac{dn}{dx} \quad (15.5)$$

Diffuziya koeffitsiyenti moddaning xossalari va aralashmani tashkil qilgan komponentalarning xossalari bog'liq.

4. Bizga hajmlari V_1 va V_2 bo'lgan ikkita idish berilgan bo'lib, ular uzunligi L va ko'ndalang yuzi S bo'lgan nay bilan o'zaro birlashtirilgan.

Bu idishlar birday bosim va birday temperaturadagi ammo turli tarkibdagi gaz aralashmalari bilan to'ldirilgan (15.1 rasm).



15.1-rasm.

Gaz konsentrsiyalari mos ravishda P_1 va P_2 bo'lsin, bunda $n_1 > n_2$.

Diffuziya tufayli konsentrasiya xar ikkala idishda tenglashadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan konsentrsiyalari $\Delta n = n_1 - n_2$ farqi kamayadi. Oqim quyidagicha ifodalanadi.

$$J = -D \frac{dn}{dx} \quad (15.6)$$

bu yerda $\frac{dn}{dx} = \frac{\Delta n}{L}$ deb olaylik.

U xolda (15.5) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi.

$$N = -D \frac{\Delta n}{L} \quad (15.7)$$

bo'lib, diffuziya prosessda diffuziyalanuvchi komponentaning molekulari I idishdan II idishga o'tadi dt vaqt ichida II-idishga diffuziyalangan molekular soni:

$$dN = D \frac{\Delta n}{L} - S dt \quad (15.8)$$

Tenglama bilan ifodalanadi. O'tkazilgan tajribalardan olingan natijalarga asosan konsentrasiya farqi vaqt o'tishi bilan eksponentsial qonunga asosan kamayar ekan:

$$\Delta n = \Delta n_0 \exp\left(-D \frac{S}{V_0 L} \cdot t\right) \quad (15.9)$$

Formula bilan xarakterlanadi. Bu yerda $D \frac{S}{V_0 L}$ o'zgarimas kattalikdir. Bunga teskari bo'lgan

kattalik vaqt o'lchamligi $\tau = t$ ga teng bo'ladi.

$$\tau = \frac{1}{D} \frac{V_0 L}{S} \quad (15.10)$$

Bu kattalik odatda prosessning vaqt doimiysi deyiladi (15.10) formulaga asosan (15.9) formulani

$$\Delta n = \Delta n_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (15.11)$$

Kurinishda ifodalash mumkin. Vaqt o'zgarishi bilan bog'liq gaz konsentrsiyasini bunday o'zgarishi nostasionar diffuziyani xarakterlaydi va (15.11) formula sifatida matematik ifodalanadi.

1. Gaz aralashmasi solingan idishda konsentrasiyalar farqi ($n=n_1-n_2$ o'zgarmas saqlanadigan (ya'ni stasionar prosess) X o'qiga perpendikulyar S izni olaylik (15.2-rasm). Aniq bo'lishi uchun $n_1>n_2$ deb olamiz. Issiqlik xarakati tufayli bizni qiziqtirgan komponentaning molekulari S yuza orqali chapdan unga ham, ungdan chapga ham o'tadi, natijada X o'qi bo'ylab qandaydir diffuziya oqimi yuzaga keladi 1 sm² yuza orqali kesib o'tayotgan molekular sonini mos ravishda N_1 va N_2 desak, vaqt birligida shu yuzadan utuvchi molekular ayirmasi:

$$N = N_1 - N_2 \quad (15.12)$$

teng bo'ladi.

Demak, S yuzning 1sm² ti orqali 1 sekda chapdan o'nga kesib o'tuvchi molekular soni N_1 va xuddi shu vaqt ichida ungdan chapga kesuvchi molekular soni N_2 quyidagi munosabatdan

$$N_1 = \frac{1}{G} n' \bar{g}, \quad N_2 = \frac{1}{G} n'' \bar{g} \quad (15.13)$$

aniqlanadi.

Bu yerda n' va n'' lar molekular konsentrasiyasi (15.13) ----> (15.12) quyamiz.

$$N = N_1 - N_2 = \frac{1}{G} (n' - n'') \bar{g} \quad (15.14)$$

$$n' - n'' = 2\lambda \frac{dn}{dx} \quad (15.15)$$

teng bo'lishini e'tiborga olsak (15.15) ---> (15.14) quysak, u holda

Demak diffuziya oqim uchun

$$N = -\frac{1}{3} \lambda \bar{g} \frac{dn}{dx} \quad (15.16)$$

tenglik hosil bo'ladi. Bu tenglikni ikkala tomoniga m-molekula massasini ko'paytiramiz

$$Nm = -\frac{1}{3} \lambda \bar{g} \frac{dn}{dx} m$$

yoki

$$M = -\frac{1}{3} \lambda \bar{g} \frac{d\rho}{dx} \quad (15.17)$$

FIK qonuning tenglama hosil bo'ladi. Demak FIK qonunini (15.4) va (15.17) tenglamalarini o'zaro tenglashtiramiz va shunga asosan gazlarda diffuziya hodisani xarakterlovchi jarayonini taqqoslab diffuziya koeffitsiyenti uchun

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{g} \quad (15.18)$$

tenglikni olamiz.

5. Agar ikki xil gaz komponentalari uchun massalari M_1 va M_2 bo'lsin. Ularni har biri uchun ya'ni birinchi komponenta massasi M_1

$$M_1 = -\frac{1}{3} \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \lambda_1 \bar{g}_1 + \frac{\rho_1}{\rho_2} \lambda_2 \bar{g}_2 \right) \frac{d\rho_1}{dx} \quad (15.19)$$

va ikkinchi komponenta massasi M_2

$$M_2 = -\frac{1}{3} \left(\frac{\rho_2}{\rho} \lambda_1 \bar{g}_1 + \frac{\rho_1}{\rho} \lambda_2 \bar{g}_2 \right) \frac{d\rho_2}{dx} \quad (15.20)$$

ifodani olamiz.

Bu ikkala tenglikni (15.4) FIK tenglamasi bilan taqqoslab bir gazni ikkinchi gazga diffuziyalanib o'tishi koeffitsiyenti D_{12} (o'zaro diffuziya koeffitsiyenti)

$$D_{12} = -\frac{1}{3} \left(\frac{\rho_2}{\rho} \lambda_1 \bar{g} + \frac{\rho_1}{\rho} \lambda_2 \bar{g}_2 \right) \quad (15.21)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Agar $\frac{\rho_1}{\rho}$ konsentrasiya kichik bo'lsa, u holda $\frac{\rho_2}{\rho}$ konsentrasiya birga yaqin bo'ladi. Shunga asosan (15.21) formula quyidagicha ko'rinishni oladi:

$$D_{12} = -\frac{1}{3} \lambda_1 \bar{g}_1 = D \quad (15.22)$$

Bu formulani umumiy xolda quyidagicha ifodalash mumkin.

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{g} \quad (15.23)$$

Bu formulaga o'zaro diffuziya koeffitsiyenti umumiy ko'rinishda ifodalanishi deyiladi. Diffuziya koeffitsiyenti o'lchashni eng oddiy metodlardan biri Loshmidt tomonidan 1870 yil taklif etildi.

6. Termodiffuziya - bir jinsli gaz aralashmasini qisman ajralib, bir jinsli bo'lmagan aralashmaga aylanishidir. Bu hodisani 1911 yilda nazariy aytilgan va 1917 yilda olimlar tomonidan eksperimental tasdiqlangan.

Termodiffuziya hodisasi shundan iboratki, bir jinsli gaz aralashmasidagi temperatura farqi temperaturaning pasayishi yo'nalishi bo'ylab aralashma komponentalarida konsentrasiyalar farqini yuzaga kelishiga olib keladi. Termodiffuziya koeffitsiyenti $-D_T$ bilan belgilanadi va m^2/c larda o'lchanadi. Termodiffuziya koeffitsiyenti $-D_{TT}$ o'zaro diffuziya koeffitsiyenti $-D_{12}$ quyidagicha bog'langan holda ifodalanadi:

$$\frac{D_T}{D_{12}} = \alpha C(1 - C) \quad (15.24)$$

Bu yerda α - termodiffuziya doimiy deyiladi.

IV. Tayanch tushunchalar

Gazlarda diffuziya hodisasi. Diffuziyaning asosiy qonuni (FIK qonuni). Nostasionar diffuziya. Stasionar diffuziya Diffuziya koeffitsiyenti. O'zaro diffuziya koeffitsiyenti. Termik diffuziya. Qovushqoqlik va impuls ko'chishini tushuntiring.

V. Mavzuga doir savollar.

1. Gazlarda diffuziya hodisasi to'g'risida tushuncha bering.
2. Diffuziyaning asosiy qonuni (FIK qonuni)ni avytib bering.
3. Nostasionar diffuziya nima.
4. Stasionar diffuziyani tushuntiring.
5. Diffuziya koeffitsiyenti qanday hisoblanadi.
6. O'zaro diffuziya koeffitsiyenti nima.
7. Termik diffuziya nima.
8. Qovushqoqlik va impuls ko'chishini tushuntiring.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.

4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» “Termodinamika va molekulyar fizika” T. O‘qit. 1984 y, 515 bet.
5. O‘. B. Jo‘rayev “Molekulyar fizika” Samarqand-1999 y, 221 bet.

Mavzu: -16 Gazlarning qovushqoqligi (ichki ishqalanishi) va impuls ko‘chishi

Reja

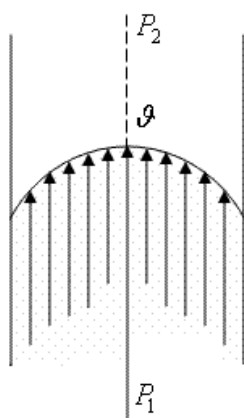
1. Gazlarning qovushqoqligi (ichki ishqalanishi) to‘g‘risida tushuncha.
2. Gazlarning qovushqoqlik koeffitsiyentini hisoblash.
3. Qovushqoqlik koeffitsiyentini o‘lchash (vizkozometriya)
4. Impuls ko‘chish koeffitsiyenti orasidagi munosabat
5. Xulosa

1. Gazlarning (shuningdek, suyuqliklarning ham) qovushqoqligi shunday xossasiki, bu xossa tufayli gazning turli qatlamlarining xarakat tezliklari tenglashadi. Masalan shamol yoki bo‘ronning vaqt o‘tishi bilan gazlarning ana shu xossasi tufayli ro‘y beradi. Agar gaz qo‘shni qatlamlarining tezliklari turlicha bo‘lsa, xarakat tezligi katta bo‘lgan qatlamdan kichik tezlik bilan xarakatlanayotgan qatlamga impuls (xarakat miqdori) uzatilishi tufayli bu qatlamlarning tezliklari tenglashadi.

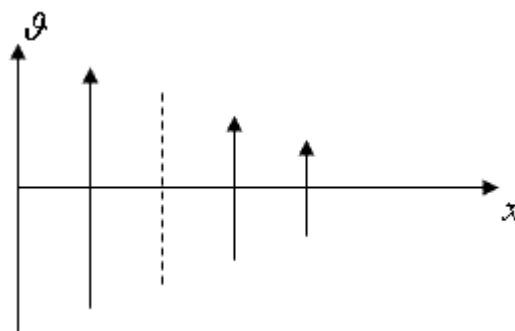
Agar tashki kular yordamida gazning turli qatlamlarining xarakat tezliklari orasidagi farq o‘zgaras bo‘lsa, u holda qatlamdan qatlamga utuvchi impuls oqimi ham o‘zgaras (stasiolnar) bo‘ladi, shu bilan birga bu oqim tezlikning kamayishi yo‘nalishi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi. Masalan gaz (yoki suyuqlik)ning ikki plastika oralig‘ida yoki trubada xarakat yo‘nalishi bosimlar farqi doimiy bo‘lganda sekin oqishini aytish mumkin.

2. Ma‘lumki, gazning truba bo‘ylab oqishida uning qatlamlarining tezliklari 16.1-rasmda ko‘rsatilganidek taqsimlanadi. Eng katta tezlik trubaning o‘rta qismida kuzatiladi. Truba devorlariga yaqinlashgan sari tezlik kamaya boradi va trubaning devorlariga bevosita tegib turgan qatlam esa harakatlanmay tinch turadi.

Bunday oqimda impuls gazning tezligi eng katta bo‘lgan markaziy qatlamdan kichik tezliklar bilan xarakatlanayotgan qatlam oqimlariga beriladi. Bu prosess xarakat mikdorining o‘zgarishi bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli gaz o‘zini xuddi unga biror kuch (ishqalanish kuchi) ta‘sir qilayotgandek tutadi. 16.2-rasmda ko‘rsatilganidek X-o‘qqa perpendikulyar yo‘nalishda xarakat tezligi barcha nuqtalarda birday bo‘ladi, ya‘ni (tezlik faqat X ning funksiyasidir.



16.1-rasm.



16,2-rasm.

Bunda tajribaning ko‘rsatilishicha, X o‘qqa perpendikulyar 1 sm^2 yuzdan 1 sek ichidan olib o‘tilayotgan xarakat miqdori L shunday tenglama bilan aniqlanadi.

$$L = -\eta \frac{d\vartheta}{dx} \quad (16.1)$$

Bu yerda $\frac{d\vartheta}{dx}$ – tezlikning X o‘qi bo‘ylab gradiyenti bo‘lib, tezlikning shu o‘q bo‘ylab o‘zgarishini bildiradi. Minus ishorasi impulsning tezlik kamayayotgan yo‘nalishida kuchishini bildiradi. η - koeffitsiyent gazning qovushqoqlik koeffitsiyenti yoki gazning ichki ishqalanish koeffitsiyenti deyiladi. Bu koeffitsiyent ham gazning xossasiga bog‘liq bo‘ladi.

(16.1) formuladagi η - dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti deyiladi. Bu koeffitsiyent $\vartheta = \frac{\eta}{\rho}$ – kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentidan farq qiladi.

Qovushqoqlik koeffitsiyentining fizikaviy ma‘nosi shundaki, 1sm^2 yuzdan 1 sek ichida shu yuzaga perpendikulyar yo‘nalishda ko‘chirib o‘tilgan harakat miqdoriga teng. SI - sistemasida modda (gaz)ning qovushqoqlik koeffitsiyenti - $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ bilan o‘lchanadi. Bu birlik Puaz deb ataladi. Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti m^2/s va sm^2/s larda o‘lchanadi, $1\text{sm}^2/\text{s}=1$ Stoks deyiladi. Qovushqoqlik - bu gazning biror qo‘shni qatlamga nisbatan harakatlanayotgan ixtiyoriy qatlamiga biror kuch ta‘sir qiladi.

Bu kuch turli tezliklar bilan harakatlanayotgan gaz qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchidir. Shuning uchun uni ichki ishqalanishi deb yuritiladi. Demak shunga kura (16.1) formulani

$$F = -\eta \frac{d\vartheta}{dx} \quad (16.2)$$

ko‘rinishida ifodalanadi.

F - gazning ikki qo‘shni qatlamlarini ajratib turgan sirt birligiga ta‘sir qiluvchi kuch. Ichki ishqalanish koeffitsiyenti η qancha katta bo‘lsa, bosimlar farqi ham shuncha katta bo‘lishi kerak. Truba kesimidan vaqt birligida oqib o‘tuvchi gaz hajmi V va uning uchun kerak bo‘lgan bosimlar farqi ΔP orasidagi bog‘lanish Pauzeyl formulasi

$$V = \frac{\pi R^4}{8\eta} \cdot \frac{\Delta P}{\ell} \quad (16.3)$$

aniqlanadi bu yerda ℓ – trubaning uzunligi va R-uning radiusi gaz oqadigan qatlamning impuls oqimi L ni hisoblashda:

$$L = -\frac{1}{3} mn\bar{\vartheta} \frac{d\vartheta}{dx} \quad (16.4)$$

formuladan foydalaniladi.

(16.1) va (16.4) formulalarni o‘zaro solishtirsak, qovushqoqlik koeffitsiyenti uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\eta = \frac{1}{3} mn\bar{\vartheta}\lambda = \frac{1}{3} \rho \bar{\vartheta}\lambda \quad (16.5)$$

Bundan ko‘rinadiki η qovushqoqlik koeffitsiyenti bosimga bog‘liq emas ekan.

3. Agar gazning geometrik o‘lchamlari aniq bo‘lgan trubadan oqish tezligi o‘lchansa, qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash mumkin. Pauzeyl formulasi $V = \frac{\pi R^4}{8\eta} \cdot \frac{\Delta P}{\ell}$ dan foydalanib, bu o‘lchashlardan qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash mumkin.

Biroq shuni aytish kerakki, bunday tajriba uchun har qanday truba ham yaroqli bo‘lavermaydi. Qovushqoqlikni o‘lchash uchun gazning oqimi Laminar bo‘lishi kerak. Laminar oqim deb, shunday oqimga aytiladiki, unda gaz (suyuqlik)ning truba o‘qiga perpendikulyar yo‘nalishdagi tezligi barcha nuqtalarda nolga teng bo‘ladi, ya‘ni gazning qatlamlari turli tezliklar bilan oqayotgan bo‘lsa ham, ular bir-biriga qat‘iy paralell bo‘ladi.

Agar trubada oqadigan gaz (suyuqlik) ubrmalarni hosil qilsa bunday jarayonga turbulent oqim deyiladi va Puazeyl formulasi o‘rinli bo‘lmaydi. Puazeyl formulasidan foydalanishga asoslangan qovushqoqlik koeffitsiyentini o‘lchash usuli, ko‘pincha kapilyar usuli, tegishli asboblarni esa kapilyar viskometrlar deb ataladi.

Trubalarda gaz (suyuqlik) oqimini, truba o‘lchamlariga va xarakat tezligiga bog‘liqligini o‘rganib, laminar oqimdan turbulent uyurmalar xarakatiga o‘tishni quyidagi o‘lchamsiz kattalik bilan o‘lchash mumkin.

$$Re = \frac{\rho u r}{\eta} \quad (16.6)$$

kriterial formula bilan aniqlanadi. Hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, (6) formula kritik qiymat masalan 1000 qiymatidan ortgandan so‘ng turbulent xarakatga o‘tadi.

Bu yerda ρ – gazning zichligi, u - oqimning o‘rtacha tezligi, r - trubaning radiusi va (6) Reynolds soni deb ataladi. Reynolds soni harakatlanayotgan suyuqlik yoki gazda ta‘sir ko‘rsatadigan energiya va qovushqoqlik kuchlar orasidagi munosabatini xarakretlaydi.

$$Re \approx \frac{u}{g} \cdot \frac{r}{\lambda} \quad (16.7)$$

Demak, oqim laminar bo‘lishi uchun gazning xarakat tezligi U katta bo‘lmasligi kerak.

4. Ko‘chish koeffitsiyentlari orasidagi munosabatni aniqlash uchun issiqlik o‘tkazuvchanlik va qovushqoqlik koeffitsiyentlari orasida oddiy munosabat

$$x = \eta C_v \quad (16.8)$$

muhimdir.

Shuningdek qovushqoqlik va diffuziya koeffitsiyentlari:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{g} \lambda$$

$$L = -\eta \frac{d\vartheta}{dx}$$

ni taqqoslasak ulardan quyidagi bog‘lanish formulasini aniqlanadi.

$$D = \frac{\eta}{\rho} \quad (16.9)$$

Bu yerda $\frac{\eta}{\rho}$ kinematik qovushqoqlik deyiladi va u son jihatdan diffuziya koeffitsiyentiga teng ekan.

Demak diffuziya va issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentlar:

$$L = -\eta \frac{d\vartheta}{dx}$$

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{g} \lambda$$

ni taqqoslab,

$$D = \frac{x}{\rho \cdot C_v}$$

formulani olishga erishamiz.

Demak xulosa qilib aytganda ko‘chish xodisalarini diffuziya prosesslari: modda diffuziyasi, temperatura diffuziyasi va tezlik diffuziyasi deb ataladi.

Gazlarning (shunindek suyuqliklarning ham) qovushqoqlik xossasi tufayli gazning turli qatlamlarining harakat tezliklari tenglashadi. Masalan: shamol yoki bo‘ronningn vaqt o‘tishi bilan to‘xtashi (so‘nishi) gazlarning ana shu xossasi tufayli sodir bo‘ladi. Agar gazlarning I qatlamining tezligi v_1 va II qatlamning tezligi v_2 bo‘lib, $v_1 > v_2$ yoki $v_1 < v_2$ bo‘lsa, kichik tezlik bilan

harakatlanayotgan qatlamga impuls (harakat miqdori) uzatilishi tufayli bu qatlamlarning tezliklari tenglashadi. Gaz qatlamlarining harakat tezliklari farqi o'zgarmasa, qatlamdan qatlamga o'tuvchi impuls oqimi ham o'zgarmas (stasionar) bo'ladi.

Shu bilan bizga bu oqim tezlikning kamayishi yo'nalishi bo'ylab yunalgan bo'ladi. Masalan, gaz yoki suyuqlikning ikki plastina oralig'ida yoki turbada xarakat yo'nalishi bo'ylab tashqi bosimlar farqi doimiy bo'lgan sharoitda sekin oqishida ana shunday hol bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, gaz truba bo'ylab oqishida uning qatlamlarini tezliklari ko'rsatilgandek taqsimlanadi va turbaning o'rta qismida tezlik katta, devor yaqinlariga tomon tezlik kamaya boradi. Devorlarga bevosita tegib turgan qatlam tinch turadi. Gazni bunday oqishida impuls, gazning tezligi eng katta bo'lgan markaziy qatlamdan tezlik kichik bo'lgan qatlam oqimlariga beriladi.

Bu proses xarakat miqdorining o'zgarish bilan bo'lgani sababli gaz o'zini xuddi unga biror kuch (ichki ishqalanish kuchi) ta'sir qilayotgandek tutadi.

Gaz xarakatining tezligi X o'qi yo'nalishida o'zgrayotgan bo'lsin va X o'qining yo'nalishi gaz xarakat tezligi yo'nalishiga perpendikulyar deylik (16.1-rasm). Bu holda X o'qqa perpendikulyar yo'nalishda xarakat tezligi barcha nuqtalarda birday bo'ladi, ya'ni tezlik faqat X ning funksiyasidir. Tajribani ko'rsatishicha X o'qqa perpendikulyar 1 sm^2 yuzdan 1 s ichida olib o'tilgan xarakat miqdori L quyidagicha tenglama bilan ifodalanadi:

$$L = -\eta \frac{d\vartheta}{dx} \quad (16.10)$$

bu yerda $\frac{d\vartheta}{dx}$ tezlikning X o'qi bo'ylab gradiyenti bo'lib, tezlikni X - o'qi bo'ylab o'zgarishini

bildiradi. -Minus ishorasi impulsning tezlik kamayotgan yo'nalishda ko'chishni bildiradi. η - koefitsiyenti gazning qovushqoqlik koefitsiyenti yoki gazning ichki ishqalanish koefitsiyenti deb ataladi. Ko'p hollarda η - koefitsiyent dinamik qovushqoqlik koefitsiyenti deb ataladi. Shuningdek

$\vartheta = \frac{\eta}{\rho}$ kattalik kinematik qovushqoqlik koefitsiyentidan farq qiladi, bu yerda ρ - gazning zichligi

gazning laminar oqimida uning oqim tezligi OX yo'nalishida kamayadi deylik (16.3-rasm), ya'ni gaz kattik devorli silindr truba orqali oqayotgan bo'lsin. Gazning ikki qo'shni qatlami bir-biriga tegayotgan ΔS yuzni ko'z oldimizga keltiraylik, bu yuzdan $\bar{\lambda}$ masofada oqim tezligi qiymatlarini ϑ_1 va ϑ_2 bilan belgilaylik ($\vartheta_1 > \vartheta_2$). Molekularning xaotik xarakatiga oqimning ϑ tezligi ham qo'shiladi, shuning uchun yuqori qatlam molekularining xarakat miqdori pastki qatlam molekularinikiga qaraganda katta bo'ladi: $m\vartheta_1 > m\vartheta_2$, bu yerda m molekulasi massasi. Xaotik xarakat prosesida yuqori qatlam molekulari o'zining xarakat miqdorini pastki qatlamga ko'chiradi va bu bilan pastki qatlamning tezligini oshiradi, o'z navbatida pastki qatlam molekulari o'zining xarakat miqdorini yuqori qatlamga ko'chiradi va uning tezligini kamaytiradi. Natijada qatlamlar orasida ichki ishqalanish vujudga keladi, bu ishqalanishning kuchi (S yuz bo'ylab oqim tezliklariga parallel ta'sir qiladi. Ko'chish tenglamasi:

$$\Delta(n\varphi) = -\frac{1}{3} \bar{\lambda} \vartheta \frac{\Delta(n_0\varphi)}{\Delta x} \Delta S' \cdot \Delta t \quad (16.11)$$

formulani qo'llab, molekulaning xarakat miqdorini $\varphi = k = m\vartheta$ ekanligini qayd qilaylik. Bu holda gazning butun hajmida molekular konsentratsiyasi Π_0 ni bir xil deb hisoblash mumkin bo'lgani uchun

$$\Delta(n_0\varphi) = \Delta(n_0k) = \Delta(n_0m\vartheta) = n_0m\Delta\vartheta \quad (16.12)$$

bu yerda $\Delta\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_2$ shuningdek,

$$\Delta(n\varphi) = \Delta(k) \quad (16.13)$$

bu yerda $\Delta k - \Delta t$ vaqt ichida ΔS chegaraviy yuzda bir qatlamning ikkinchi qatlamga nisbatan xarakat miqdorini o'zgarishi. Xarakat miqdorining o'zgarishi ta'sir kiluvchi kuchning impulsiga teng bo'lgani uchun

$$\Delta k = F \cdot \Delta t \quad (16.14)$$

bu yerda F - gaz qatlamlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi ya'ni ichki ishqalanish kuchidir. Shunga ko'ra (16.13) tenglamani quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin.

$$\Delta(n\varphi) = \Delta k = F \cdot \Delta t \quad (16.15)$$

(16.12) va (16.15) ifodalarni ko'chish tenglamasi (16.11) ga quyib quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$F \cdot \Delta t = -\frac{1}{3} \bar{\lambda} \bar{g} n_0 \frac{\Delta g}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t$$

Bu tenglikni Δt ga qisqartib va $n_0 m = \rho$ (газнинг zichligi) ekanligini e'tiborga olib yozsak,

$$F = -\frac{1}{3} \bar{\lambda} \bar{g} \rho \frac{\Delta g}{\Delta x} \cdot \Delta S \quad (16.16)$$

Bunda

$$\frac{1}{3} \bar{\lambda} \bar{g} \rho = \eta \quad (16.17)$$

bilan belgilab (16.1) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$F = -\eta \frac{\Delta g}{\Delta x} \cdot \Delta S \quad (16.18)$$

Bu tenglama gazning bir-biriga nisbatan sirlanuvchi ikki qatlamning urinish tekisligida yuzga to'g'ri keladigan ichki ishqalanish kuchi bu qatlamlarning urinuvchi yuzlari ΔS ga va tezlik gradiyenti $\frac{\Delta g}{\Delta x}$ ga proporsional bo'ladi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Gazlarning qovushqoqligi, (ichki ishqalanishi). Gazlarning qovushqoqlik koeffitsiyenti. Qovushqoqlik koeffitsiyetini. Impuls ko'chish koeffitsiyenti orasidagi munosabat.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Gazlarning qovushqoqligi (ichki ishqalanishi) to'g'risida tushuncha bering.
2. Gazlarning qovushqoqlik koeffitsiyetini qanday hisoblanadi.
3. Qovushqoqlik koeffitsiyetini qanday o'lchanadi.
4. Impuls ko'chish koeffitsiyenti orasidagi munosabatni tushuntiring.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin "Molekulyar fizika" T. O'qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi». I. Tom T. O'qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika» M. "Vsshaya-shkola" 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi» "Termodinamika va molekulyar fizika" T. O'qit. 1984 y, 515 bet.
5. O'. B. Jo'rayev "Molekulyar fizika" Samarqand-1999 y, 221 bet.

VI- Bo'lim. Termodinamika elementlari (10 soat).

Mavzu: 17. Issiqlikni mexanik ishga aylanishi. Siklik jarayon va sikl ishi.

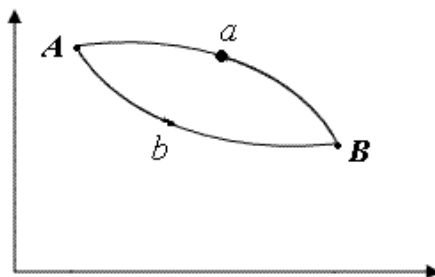
Termodinamikaning II bosh qonuni.

Reja:

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

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

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



17.1 -rasm

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

Birinchidan ishchi jism ikkinchidan issiqlikning manbai ya'ni - isitgich, uchinchiidan issiklik uzatiladagan pastroq temperaturali jism - sovutgich bu jarayonni asosini tashkil etadi. Sikllik mashinada ish bajarish uchun turli temperaturali ikki jism qatnashishi shart degan tasdiq Karno prinsipi deyiladi. Bu prinsipga asosan issiqlik mashinasi (sikllik mashina) faqat issiqlik manbai va ishchi jism bilan qanoatlanib qola olmaydi. Agar faqat ishchi jism va issiqlik manbai bilangina qanoatlanib qolishi mumkin bo'lganda edi, u holda ish bajarish uchun dengiz va okeanlarnin suvlari, yer qobig'i, yer atmosferasi singari amalda cheksiz issiqlik miqdori olish mumkin bo'lgan «manbalardan» foydalanish mumkin bular edi. Bunday manbalarning issiqligi hisobiga ishlaydigan va hech qanday yoqilg'i talab qilmaydigan mashina, abadiy dvigatel singari ahamiyatga ega bo'lar edi va bunday mashina ikkinchi tur abadiy dvigatel deb atalar edi. Biroq bunday mashinani energiyaning saqlanishi qonuni «tasdiqlaydi». Bunda ish issiqlik hisobiga bajariladi. Ammo tajriba bunday mashinani yasalishi mumkin emasligini ko'rsatadi. Sikllik issiqlik mashinasining ishlashi uchun sovutgich temperaturasi issiqlik manbaining temperaturasidan past bo'lgan jism kerak bo'ladi. Odatda atmosferaning o'zi sovutgich bo'lib xizmat qiladi.

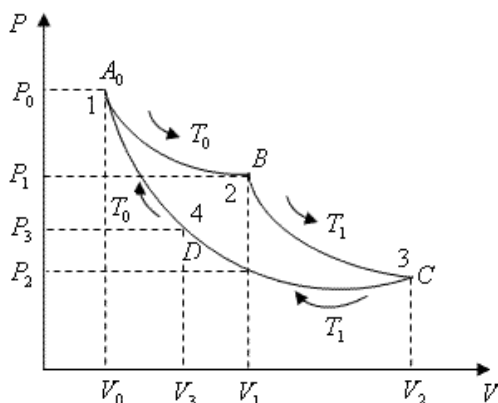
2. Sikllik jarayoni uchun bilamizki, uchta jism: Issiklik olinayotgan issiqlik manbai (isitgich), issiqlik beriladigan sovuqroq jism (sovutgich) va issiqlikning berilishi va ishining bajarilishida vositachi bo'lgan ishchi jism bo'lishi kerak.

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

Bunda ish bajariladi.

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

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



17.2 rasm

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

Endi ishchi jismni dastlabki xolatiga kaytarish, ya'ni dastlabki bosim va temperaturani tekash kerak. Demak ishchi jism sikilishi va kaytadan isitgich bilan kontaktga bulishi kerak. Bunda ham dastlabki bosqichga kaytarish jarayoni ikki bosqichda bajariladi. dastlab izotermik siqiladi - CD egri chizik. sungra adiabatik siqiladi. AD - egri chizik va nixoyat sikl tugaydi.

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

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

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

I - bosqich:

AV - izotermik kengayishida bajarilgan A_1 ish

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

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

II - bosqich:

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

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

tenglik urinli bo'ladi. Shuningdek

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

tenglikdan V_2 topish mumkin.

II - bosqichda gazning bajaradigan iishi A_2

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

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

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

va Q_1 issiqlik ajralib chikadi.

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

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

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

Sikl oxirida IV - bosqichda adiabatik sikishda bajarilgan

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

ga teng bo'ladi.

Siklning natijasi nima bo'ladi?

Uning issiqlikning mexanikaviy ishga aylantirishdan iborat maksadi kay darajada bajariladi?

Gazning bajargan va gaz ustida umumiy ish A ning

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

ga teng bulishi uz-uzidan ravshan

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

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

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

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

Bu munosabatni r orkali belgilaymiz. U xolda

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

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

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

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

Isitgich bergan

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

issiqlik miqdoridan

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

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

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

ga teng bo'lgan kismigina foydali ishga aylantirishga erishalid.

Demak

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

tenliklardan

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

tenglik urinli bo'ladi.

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

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

Issiklik mashinasining F.I.K ning aniqlashga erishamiz.

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

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

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

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Issiklik, mexanik ish, ssiklikni mexanik ishga aylanishi. Siklik jarayon va sikl ishi.

Termodinamikaning II – qonuni.

V. Mavzuga doir savollar:

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

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K. Kikoin, N.K. Kikoin “Molekulyar fizika” T. O‘qituvchi. Nashr. 1978 y, 498 bet.
2. S.E. Frish, A.V. Timoriyeva «Umumiy fizika kursi”. I. Tom T. O‘qit. 1965 y, 177-417 bet.
3. R.V. Telesnin «Molekulyar fizika” M. “Vsshaya-shkola” 1973 y, s. 345.
4. D.V. Sivuxin «Umumiy fizika kursi” “Termodinamika va molekulyar fizika” T. O‘qit. 1984 y, 515 bet.
5. O‘. B. Jo‘rayev “Molekulyar fizika” Samarqand-1999 y, 221 bet.

Mavzu: -18. Issiqlik mashinalari va ularning foydali ish koeffitsiyenti (FIK). Karno sikli va uning FIK. Karno teoremlari

Reja

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

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

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

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

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

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

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

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

1 holat hajm V_0 , bosim P_0 va temperatura T_0 bilan xarakterlanadi. 1 mol ideal gazni ishlovchi modda sifatida olib Karno siklini o‘rganamiz. Gaz 2-holatni olguncha hajm V_1 , bosim P_1 bilan izotermik ($T=\text{const}$) kengayishiga majbur qilamiz: gaz izotermik kengayishi vaqtida isitgichdan Q_0 issiqlik miqdorini oladi va $A_1 = Q_0$ ish bajaradi.

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

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

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

orqali ifodalanadi.

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

Q_0 - isitgichdan olingan issiqlik miqdori.

Q_1 - sovitgichga berilgan issiqlik miqdori.

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

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

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

Bu siklning o'tishi natijasiga gaz

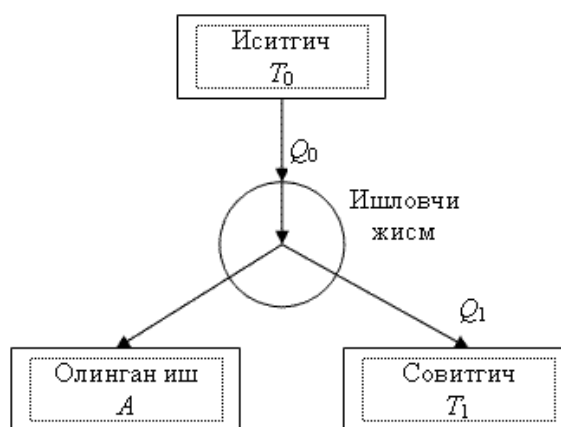
$$A = Q_0 - Q_1 = \eta Q_0 \quad (18.5)$$

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

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

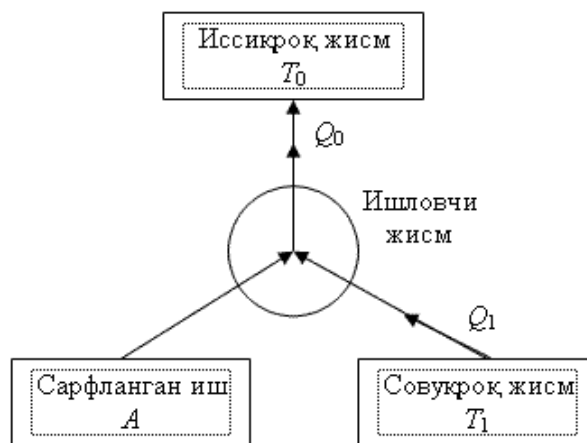
issiqlik miqdori berilgan bo'ladi. Demak isitgichning temperaturasi T_0 qanchalik yuqori bo'lsa va sovitgichning temperaturasi T_1 qancha past bo'lsa F.I.K. shunchalik yuqori bo'ladi. isitgichdan olingan Q_0 issiqlik miqdorining shancha ko'p qismi ishga aylanadi va shuncha kam Q_1 issiqlik miqdori sovitgichga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

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



18.1-rasm

Karno siklning qaytuvchanlikka nisbatan aksincha yo'nalishda amalga oshirish Karno ideal sovuqlik mashinasi bo'ladi. Uning sxemasi quyidagicha



18.2-rasm

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

Isitgichga

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

issiqlik miqdori beriladi.

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

IV. Tayanch tushunchalar.

Issiqlik mashinalari. Foydali ish koeffitsiyentlari. Karno sikli. Karno teoremlari.

V.Mavzuga doir savollar:

1. Issiqlik mashinalari va ularning f.i.k. nima.
2. Karno sikli va uning f.i.k.ni tushuntiring.
3. Karno teoremlarini tariflang.

VI.Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika.Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola»,1973 g.

Mavzu: -19. Klauzius tengsizligi. Entropiya va ehtimollik. Entropiya va tartibsizlik

Reja

1. Klauzius tengsizligining mohiyati.
2. Qaytuvchan proesslar.

3. Entropiyani fizik mohiyati.
4. Qaytuvchan va qaytmas prosesslarda entropiya.
5. Entropiya sistemasining holat ehtimoligiga bog'lanishi.
6. Xulosa.

Bizga ma'lumki, qaytuvchan Karno siklini tekshirish $Q_0 - Q_1$ issiqlik miqdorining ishga aylanishi uchun temperaturasi T_0 bo'lgan isitgichdan temperaturasi T_1 bo'lgan sovitkichga uzatilishi zarur bo'lgan Q_1 issiqlik miqdorini aniqlash imkonini beradi. O'tgan mavzudan ma'lum bo'lgan

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{T_0}{T_1} \quad (19.1)$$

formuladan foydalanamiz.

Bu yerda Q_0 - ishlovchi jismga beriladigan issilik miqdori

Q_1 - sovitgichga berilgan yoki sovitkichdan ishchi jismga berilgan issiqlik miqdori deb belgilagan edik.

Endi esa ishlovchi isitgich tomonidan ham, sovitgich tomonidan ham berilgan issiqlik miqdorining Q bilan (ishorasiz) belgilaymiz. Agar Q_1 sovitkich tomonidan ishlovchi moddaga berilgan issiqlik miqdorini bildirsa, quyidagi tengsizlik mavjud bo'ladi: $Q_1 < 0$: bunday belgilanganda (19.1) tenglikni quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{Q_0}{-Q_1} = \frac{T_0}{T_1} \quad (19.2)$$

bundan

$$\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_1}{T_1} = 0 \quad (19.3)$$

bo'ladi.

Bundan $\frac{Q}{T}$ nisbat keltirilgan issiqlik miqdori deyiladi va (19.2) formula qo'yidagicha ta'riflanishi mumkin. Karno siklida keltirilgan issiqlik miqdorining yig'indisi nolga teng bo'ladi. ixtiyoriy Karno siklining F.I.K.

$$\eta = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0} \leq \frac{T_0 - T_1}{T_1} \quad (19.4)$$

tengsizlik o'rinli bo'ladi. Shuningdek ixtiyoriy Karno sikli uchun

$$\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_1}{T_1} \leq 0 \quad (19.5)$$

tengsizlik o'rinli bo'ladi.

Demak Karno sikli uchun keltirilgan issiqlik miqdorlarining yig'indisi noldan katta bo'la olmaydi. Bu tengsizlik Klauzius tengsizligi deyiladi.

Har qanday aylanma prosessda keltirilgan issiqlik miqdorining yig'indisi noldan katta bo'la olmaydi; qaytuvchan prosess uchun bu yig'indi nolga teng. Prosess qaytuvchan bo'lganda yopiq,

kontur $\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0$ yig'indi tengsizlik

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (19.6)$$

integralga aylanadi. Ya'ni bunda (19.6) to'la qaytuvchan prosessligini ifodalaydi.

Qaytmas prosess uchun esa $\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0$ yig'indi kontur integral bilan almashtirib bo'lmaydi, chunki integrallashning P va T o'zgaruvchilari prosessning qaytmas qismlari aniq qiymatlarga ega bo'lmaydilar.

Qaytuvchan prosessda jismga berilgan keltirilgan issiqlik miqdorlarining yig'indisi prosessning qaysi yo'ldan borishiga bog'liq bo'lmaganligini ko'rsatamiz. Grafikdan A holatdan V holatga qaytuvchan ravishda o'tishdagi keltirilgan issiqlik miqdorlarining yig'indi-sini ifodalovchi

$\int_A^B \frac{dQ}{T}$ integral jism-ning dastlabki va oxirgi holatlari bilangina aniqlanib, prosessning o'tish yo'liga bog'liq emas.

A - dan o'tilgan yo'l S_A

B - dan o'tilgan yo'l S_B

S'hunga ko'ra natijaviy yo'l

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T} \quad (19.7)$$

tenglik bilan ifodalaydi.

3. Bunda $S_B - S_A$ - ayirma holatning funksiyasi bo'lgan biror S - fizik kattalikning ayirmasidir. Bu fizik kattalik entropiya deyiladi.

4. S-entropiya B va A ikki holat entropiyalarining S_B va S_A ayirmasigina aniqlash mumkin. yopiq sistemada prosesslar entropiyasi o'sa boradigan yo'nalishda yuz beradi. Sistemada yuz beridagan prosesslarning hammasi qaytuvchan bo'lgan xususiy holda entropiya o'zgarmay qoladi.

Qaytmas prosesslarning o'tish yo'nalishini ko'rsatadigan entropiya ham ehtimollik bilan aloqadordir. Shuning uchun Bolsmanning ko'rsatishicha, S entropiya holat ehtimolligining logarifmiga proporsionaldir.

$$S = k m W \quad (19.8)$$

Bu yerda W-beradigan holatning ehtimolligi $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Bolsman doimiysi $k m W = R m \frac{V}{V'}$,

gaz izotermik kengaysa $V' = V_1$, $V' = V_2$ bo'lib, $A = RT m \frac{V_2}{V_1}$ ish formulasiga teng bo'ladi.

$|\Delta S| = |S_2 - S_1| = k m \frac{W_1}{W_2} = k m \frac{V_2}{V_1}$; $\Delta S = \frac{A}{T}$; $A = \Delta Q$ bo'lganda $dQ = dU + dA$ bilan ifodalanadi.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (19.9)$$

(9) tenglikdan $dS = \frac{dQ}{T}$ bo'lib, $dQ = TdS$ yoki $TdS = dU + dA$

$$du = TdS - dA \quad (19.10)$$

bundan

$$dA = -d(U - TS) \quad (19.11)$$

$T = \text{const}$ bo'lgani uchun $SdT = 0$ va (19.11) tenglikdan

$$F = U - TS \quad (19.12)$$

bilan belgilasak, bunga erkin energiya ya'ni mexanik ish bajarishi mumkin bo'lgan energiyani aniqlash formulasi deyiladi.

1-misol. 100 g suv $t_1 = 15^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 0^\circ\text{C}$ gacha sovitilganda entropiya o'zgarishi topilsin. Bizga ma'lumki entropiya o'zgarishi

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T} \quad (19.13)$$

suv isiganda hajmning o'zgarishini juda ham kichik deb hisoblasak

$$dQ = m C dT$$

Bu yerda m - suvning massasi

C - uning solishtirma issiqlik sig'imini suv uchun $C=\text{const}$ desak

$$S_2 - S_1 = mC \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = mCm \frac{T_2}{T_1}$$

$$m=100 \text{ g}, S=1\text{kal/g-grad}, T_2=273\text{K}, T_1=288\text{K}$$

$$S_2 - S_1 = 100 \cdot 1m \frac{273}{288} \text{ kal / grad} = -5,1\text{kal / grad}.$$

IV. Tayanch tushunchalar.

Klauzius tengsizligini mohiyati. Qaytuvchan proses. Entropiyani fizik mohiyati. Qaytuvchan va qaytmas proseslarda entropiya. Entropiya sistemasining holat ehtimolligiga bog'langanligi.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Klauzius tengsizligini mohiyatini tushuntiring.
2. Qaytuvchan prosesni siz qanday tushunasiz.
3. Entropiyani fizik mohiyatini tushuntiring.
4. Qaytuvchan va qaytmas proseslarda entropiya.
5. Entropiya sistemasining holat ehtimolligiga qanday bog'langan.

..

VI.Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" Ilt. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika.Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola»,1973 g.

VII-bo'lim. Real gazlar (6-soat)

Mavzu: -20. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari. Eksperimental izotermalar. Real gazning holat tenglamasi. Van-Der-Vaals tenglamasi. Van-Der-Vaals izotermalari. Kritik holat.

Reja

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

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

Bu model ideal gaz Boyl Mariott, Gey-Lyussak qonunlariga aniq bo'yso'nadigan gazga mos keladi. ammo, biz aytib o'tganimizdek real gazlar bu qonunlarga faqat taqriban bo'yso'nadi. Yuqori bosimlarda hamma gazlar ham Boyl-Mariott qonuniga bo'yso'nmay qo'yadi.

Molekulalarni sharlar deb hisoblar ekanmiz, ularning radiuslari 10^{-8} sm chamasidagi kattaliklar deb olishimiz kerak. Bunda bir dona molekulaning hajmi:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \approx 4 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3$$

Normal sharoitdagi 1 cm^3 gazda $n_0 = 3 \cdot 10^{19}$ dona molekula bor. Demak 1 sm^3 hajmda bo'lgan barcha molekulalarning jami hajmi $V^1 = n_0 V \approx 10^{-4} \text{ sm}^3$ ga teng.

Ya'ni $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ pa}$ bosim va 0°C temperaturadasi gaz molekulalarining hajmi gaz hajmining taxminan o'n mingdan bir qisminigina egallar ekan. Agar bosim oshib borsa gaz Boyle-Mariott qonuniga bo'yso'nmaydi ya'ni gazlarni xossalari ideal gaz xossalaridan chetlashishiga olib keladi.

Chunki, birinchidan gaz molekulalari o'zining ma'lum o'lmachlariga ega bo'lishi. Ikkinchidan (molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining elastik sharlardagi o'zaro ta'sir kuchlariga qaraganda ancha murakkab bo'lishidir. Bu ikki sababni 1873 yilda Gollandiyalik fizik Van-Der-Vaals nazarga tutdi. Birinchi sabab molekulalarning o'lchami birligidir. Molekulalarning erkin harakatlanishi uchun hajmi V dan biror B kattalikga qadar kichikdir, ya'ni $V_0 - V - \epsilon$. Ideal gazning 1 moli uchun

$$PV_0 = RT \quad (20.1)$$

teng edi. Agar molekulalarni o'lchamlarini hisobga olsak

$$P(V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.2)$$

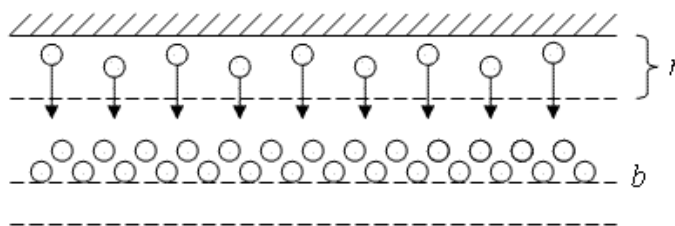
tenglik o'rinli bo'ladi.

(20.1) tenglamadan, $P \rightarrow \infty$ bo'lganda gazning hajmi $V_0 \rightarrow \infty$ intiladi. Ammo bunday bo'lishi mumkin emas. Gaz molekulalar orasidagi bo'sh fazoning kamayishi hisobiga siqiladi. (20.2) formulaga ko'ra $P \rightarrow \infty$ bo'lganda, gazning hajmi $V_0 - B$ ga teng bo'lishiga intiladi.

Ikkinchi sababli (molekulalar orasida o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligi, bir(biridan ma'lum uzooqlikda turgan molekulalarning o'zaro tortilishlariga olib keladi. bu tortilish kuchlari molekulalar orasidagi masofa juda kichik bo'lgandagina yanada kuchliroq bo'lgan itarishish kuchlari bilan atashadi. Molekulalar orasidagi tortirishi kuchlari ta'sirida gaz guyo uncha idish devorlari ko'rsatayotgan tashqi R bosimdan ko'ra kattaroq P^1 bosim ta'sir etayotgandek, Boyle Mariott qonunidan kelib chiqadigan hajmga qaraganda kichikroq bo'lgan V hajmni egallaydi. Shunday qilib (20.2) tenglikda tashqi P bosimni $P^1 = P + P_i$ kattalik bilan almashtirish kerak, buning natijasida

$$(P + P_i)(V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.3)$$

tenglik hosil bo'ladi. P_i bosim gazning ichki bosim deyiladi. gaz joylashgan A idishda molekulalarning o'zaro ta'sirini quyidagicha (20.1-rasm) ko'rsatish mumkin.



20.1-rasm

Devor yaqinidagi molekulalar r masofada turgan molekulalar a va b qatlamdagi molekulalarga ta'sir qiladi desak va bu qatlamning hajmi birligidagi molekulalar soni n_0 ga proporsional bo'ladi. Nitajada, devor yaqinidagi molekulalarga ta'sir qilayotgan va gazning ichiga qarab yo'nalgan kuchlar n_0^2 ga proporsionaldir.

Mana shu kuchning devor izi birligiga to'g'ri keladigan miqdori ichki bosim R_i ni bildiradi. Ichki bosim P_i ning qiymati o'zaro ta'sir qilayotgan molekulalarning tabiatiga ham bog'liqdir.

Bundan:

$$P_i = a^1 n_0^2 \quad (20.4)$$

Bu yerda a^1 - molekullarning xiliga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik.

$n_0 = \frac{N}{V_0}$ bo'lgani uchun (N - Avagadro soni, V_0 - bir mol gazning hajmi) P_i ning ifodasini quyidagicha yozish mumkin.

$$P_i = \frac{a^1 N^2}{V_0^2} \quad (20.5)$$

yoki $a^1 N^2 = a$ desak

$$P_i = \frac{a}{V_0^2} \quad (20.6)$$

ga teng bo'ladi. (20.6) chi (20.3) ifodaga quysak 1 gaz uchun Van-Der-Vaals tenglamasini hosil qilamiz.

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT \quad (20.7)$$

Bu yerda a va ϵ lar bosimga va hajmga kiritilgan tuzatmalar bo'lib, berilgan gaz uchun aniq qiymatlarga ega bo'ladi. R-kattalik gaz doimiysi,

$$R = 8,31 \cdot 10^7 \text{ kal / grad} \cdot \text{mol} = \frac{8,31 \cdot 10^7}{4,19 \cdot 10^7} = 1,9858 \text{ kal / grad} \cdot \text{mol} \approx \text{kal / grad} \cdot \text{mol}.$$

Bu yerda

$$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ Ж / K} \cdot \text{кмоль}$$

Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati shundan iboratki, agar gazning molyar hajmi V_0 juda katta bo'lganda ϵ -tuzatma V_0 ga nisbatan, a/V_0^2 - esa P ga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun ularni hisobga olmaslik ham mumkin. u holatda Van-Der-Vaals tenglamasi (20.1) tenglama

$$PV_0 = RT \text{ shaklini oladi.}$$

Demak Mendeleev-Klaapeyron formulasining taqribiy ekanligi yaqqol ko'rinadi. Kichik P bosimlarda (katta V_0 hajmlar) sohasidagi haqiqatga yaqinroq bo'ladi. Bosim P katta bo'lganda esa a va ϵ tuzutmalar e'tiborga olinishi kerak.

Ya'ni Van-Der-Vaals (20.7) foydalaniladi. Van-Der-Vaals formulasi ham absolyut aniq formula emas, ammo u Mendeleev Klaapeyron formulasiga qaraganda haqiqatga ancha yaqindir.

Van-Der-Vaals formulasi (20.7) ni m massali gaz uchun ifodalaydigan bo'lsa u holda uning hajmini V belgilaymiz. Berilgan temperatura va bosimda

$$V = \frac{m}{\mu} V_0 \quad (20.8)$$

bo'ladi, bunda μ - gazning molekulyar og'irligidir.

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT$$

Van-Der-Vaals tenglamasidagi V_0 o'rniga uning (20.8) tenglik asosidagi qiymatini quyamiz, u holda

$$\left(P + \frac{m^2}{\mu^2} \cdot \frac{a}{V_0^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} \epsilon \right) = \frac{m}{\mu} RT \quad (20.9)$$

ko'rinishini oladi. Bu formulaga m - massali gaz uchun Van-Der Vaals tenglamasi deyiladi. Van-Der Vaals tenglamasidagi ϵ hajmga kiritilgan tuzatma hisoblashlarda

$$\epsilon = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi \sigma^3 N \quad (20.10)$$

deb belgilab olinadi $\sigma=2r$ masofa. Shuningdek bir dona molekulaning hajmi

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi \sigma^3 \quad (20.11)$$

Ekanligini e'tiborga olsak u holda (20.10) formula quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\epsilon = 3\sqrt{2} \cdot VN \approx 4VN \quad (20.12)$$

Bu yerda $V \cdot N$ – bir mol gazda barcha molekularning hajmini ifodalagani uchun, molekular hajmi uchun Van-Der-Vaals kiritgan ϵ tuzama molekularning o'z hajmidan taxminan 4 marka kattadir.

Van-Der Vaalsning ikkinchi a tuzatmasi molekular o'zaro ta'sir kuchlarning xarakteriga bog'liqdir. Van-Der-Vaals tenglamasi:

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - \epsilon) = RT$$

V_0 ga nisbatan uchinchi darajali algebrik tenglamadir. S'huning uchun u P va T ning qiymatlarga qarab, molekulyar hajm V_0 ning bitta yoki uchta har xil qiymatlarini beradi. T ning har xil qiymatlari uchun yozilgan Van-Der Vaals tenglamasi asosida P va V_0 ga bog'lanish grafigini chizsak, bir qator izotermalarga ega bo'lamiz.

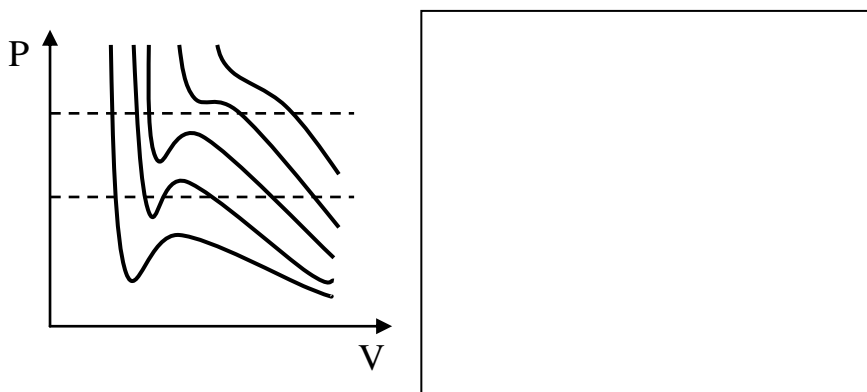
$$PV^3 - (\epsilon P + RT)V^2 + aV - a\epsilon = 0 \quad (20.13)$$

Buni har ikkala tomonini P ga bo'lib, quyidagicha yozish mumkin.

$$V^3 - \left(\epsilon + \frac{RT}{P} \right) V^2 + \frac{a}{P} V - \frac{a\epsilon}{P} = 0 \quad (20.14)$$

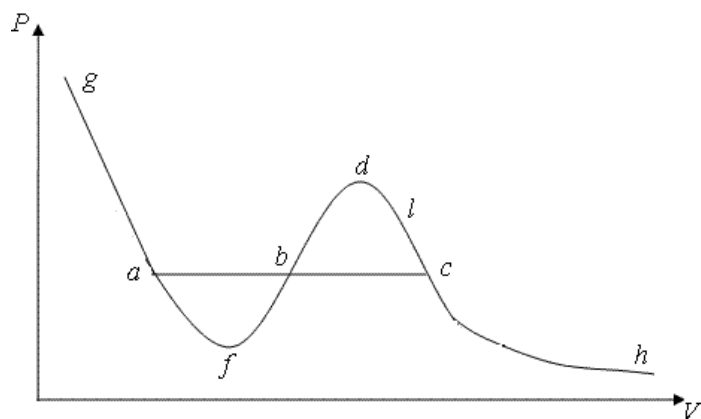
Bu V hajmga nisbatan 3-darajali tenglama bo'lib, uning uchta ildizi bor. Uning hammasi haqiqiy yoki ulardan ikkitasi mavxum va bittasi haqiqiy bo'lishi mumkin.

Van-Der Vaals tenglamasining mavxum ildizlari fizikaviy ma'noga ega emas. Shuning uchun ularga qaramaymiz. Van-Der Vaals tenglamasi ildizlarning fizikaviy ma'nosini aniqlash uchun (20.1) tenglamaga tegishli izotermalarni, ya'ni o'zgarmas temperaturada P bosimning V (molyar hajmga bog'lanishini) qarash va ularni tajriba ma'lumotlarda olingan izotermalar bilan solishtirish kerak. Bizga ma'lumki ideal gazning izotermasi giperbola edi, undan farqli ravishda (20.1) tenglamaga tegishli bo'lgan izoterma quyidagicha ko'rinishda bo'ladi. biz uni Van-Der Vaals izotermasi deb ataymiz.



20.2-rasm

Bu izotermada bosimni bitta P_1 qiymatiga molyar hajmining V_1 , V_2 va V_3 qiymatlari mos keladi. Grafikni maksimal holatiga suyuq hamda bundan V_1 va V_3 holatlarga gazsimon holat mos keladi. Endi hajmi V_2 bo'lgan uchinchi holatining ma'nosini aniqlash kerak bo'ladi. Van-Der Vaals izotermalari bilan tajribada olingan izotermalar orasida katta farq bor. Bu farqni 20.3-rasmda ko'rsatish mumkin. 20.3-rasmda tutash chiziqlar bilan tajribada olingan izotermalar. Punktir chiziqlar bilan esa Van-Der Vaals izotermasi keltirilgan.



20.3-rasm

Rasmdan ko‘rinib turibdiki to‘g‘ri chiziqli gorizontali a va c qismi o‘rniga Van-Der Vaals izotermada bu soha maksimum va minimumli harakterli gajak ko‘rinishda bo‘ladi. shuni aytish kerakki tajribadan olingan izoterma grafikadan ad ba ch lar Van-Der-Vaals tenglamasiga kuzatilmas ekan, chunki bu qismiga bosimning hajmga odatdan tashqari bog‘lanishi mos keladi, bosim ortishi bilan hajm kamaymaydi, balki ortadi.

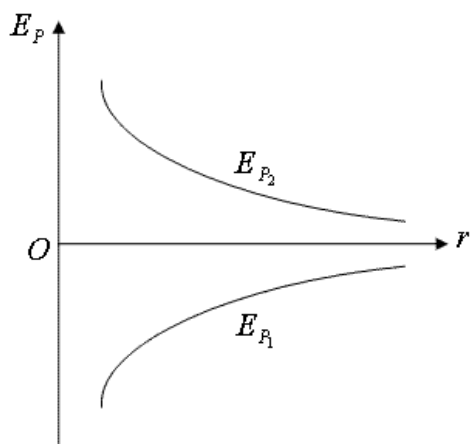
Cd – qism moddaning gaz holatiga mos keladi.

af – qism ad (tarmoqning davomi hisoblanadi va ko‘pincha moddaning bu holatiga o‘ta qizigan suyuqlik deyiladi. o‘ta qizigan suyuqlik deb ochiq idishda qaynash temperaturasidan yuqori temperaturagacha qizdirilgan, biroq qaynamayotgan suyuqlikka aytiladi. Bunda suyuqlik erkin bo‘lganda ya‘ni uning massasi o‘zgaradi. Ammo bizni yopiq idishdagi aniq massali suyuqlik yoki gazning tabiati qiziqtiradi.

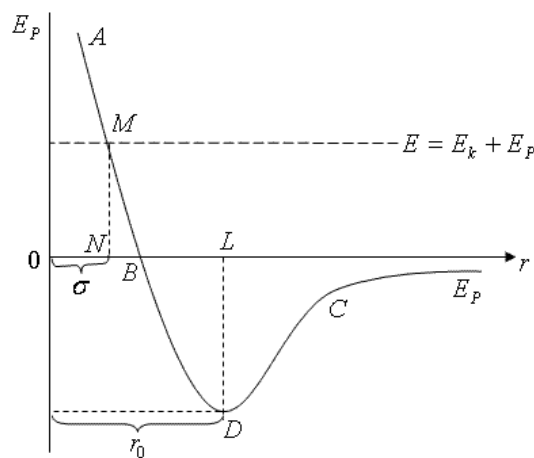
Rasmdagi Cd va af qismlarga mos keluvchi holatlar va fed ga metastabil holatlar deb ataladi.

Shunga asosan, Van-Der Vaals izotermalari bilan tajribadan olingan izoterma orasidagi farqni tushuntirish mumkin bo‘ladi. holat tenglamasining V_3 ildiziga mos keluvchi holatlar nostabil va metastabil bo‘lganliklari tufayli tajribada ko‘zatilmaydi. Ikkita A va B molekula orasidagi masofani r bilan beglilaymiz. Ularni tortishish kuchi f_1 manfiy, itarshi kuchini f_2 musbat deymiz.

Bu kuchlar mos ravishda o‘zaro tortishadigan molekularning E_p va o‘zaro itarishadigan E_p potensial energiyalarni hosil qiladi (20.4-rasm). Shuningdek 20.5-rasmda ifodalanganidek real gazlarda molekularni o‘zaro ta’siri ular bir-biriga tengmasdanoq ya‘ni r_0 masofadan ta’sirlanadi.



20.4-rasm



20.5-rasm

f_1 va f_2 kuchlarga E_{P_1} va E_{P_2} potensial energiyalar mos keladi.

$$E_{P_1} = -\frac{C'}{r^{k_1}}; \quad E_{P_2} = -\frac{C''}{r^{k_2}}; \quad k_1 = \chi_1 - 1; \quad k_2 = \chi_2 - 1$$

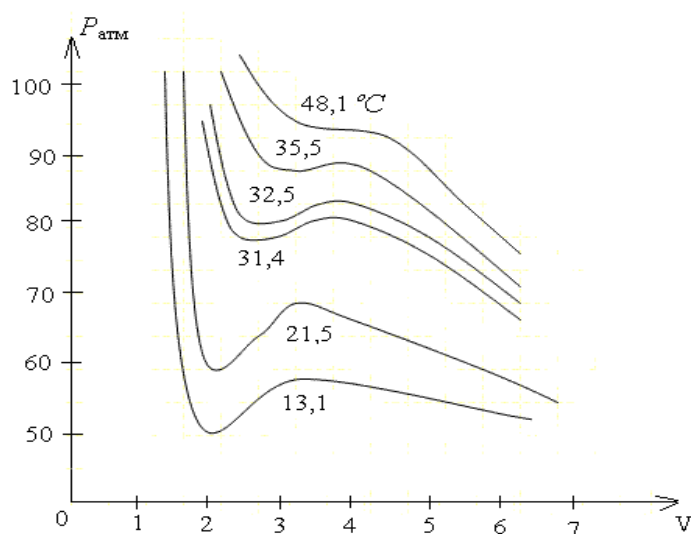
20.5-rasmdan A – molekulani qo‘zg‘almas deb, B – молекулани A molekulaga nisbatan harakatlanadi deymiz. L (nuqtada $E_k = E - E_p$ Van-Der-Vaals tenglamasining ahamiyati shundaki bu moddaning faqatgina ikkita suyuq va gazsimon fizikasi mavjudligini tavsiflash bilan cheklanmaydi. U kritik temperatura va kritik holatining ham muhim faktlaridan bevosita kelib chiqadi.

Temperatura o‘zgarganda bu izotermalarning qanday o‘zgarishini ko‘raylik. P – V grafikda Karbon oksidiga tegishli izotermalar berilgan (20.6-rasm). Bu izotermalar a va b ning qiymatlari tajribadan olingan:

$$a = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{m}^6 / \text{mol}$$

$$b = 42,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{mol}$$

qiymatlari uchun hisoblangan.



20.6-rasm

Bu konstantalarning eksperimental ravishda qanday aniqlanishi grafikda keltirilgan. 20.6-rasmdagi egri chiziqlardan temperatura ko‘tarilgan sari izotermalarning yuqoriroq joylashishi ko‘rinib turibdi. Ammo shunday temperaturada (31,4°C da) izotermaning maksimum va minimum birlashib $V = 0,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{mol}$ ba $P = 73 \text{ atm}$ qiymatlarda Karbonad angidridi (CO_2) ning eksperimental izotermalari. Burilish nuqtasiga aylanadi. Demak, temperatura ko‘tarilgan sari hajmning bosimning ayni bir qiymatiga mos keluvchi uchta qiymati orasidagi farq tobora kamayib boradi, ya’ni Van-Der Vaals tenglamasining uchta ildizi orasidagi farq kamayadi.

Karbon angidrid (CO_2) ning eksperimental izotermalari

$$P_k = \frac{a}{27b^2}, \quad V_k = 3b \quad T_k = \frac{8a}{27Rb}$$

Kritik nuqtada moddaning siqiluvchanligi cheksizlikka teng bo‘lishini aytish kerak. Bunda gazning siqiluvchan holati

$$\chi = \frac{1}{V} \cdot \frac{\partial V}{\partial P}$$

formula bilan xarakterlanadi. Biroq kritik nuqtada $\frac{\partial P}{\partial V} = 0$ bo‘lgani uchun $\frac{\partial V}{\partial P} = \infty$, binobarin, χ ham ∞ ga teng bo‘ladi.

Ban-Der Vaals izotermalari gazning xossalarini ideal gaz izotermasiga qaraganda aniqroq aks etibgina qolmay, gazlarning suyulish prosessini, shuningdek issiqlikning T_k kritik temperatura va bu temperaturaga mos keluvchi qolgan ikki kritik parametr – V_k kritik hajm va P_k kritik bosimning qiymatlarini hisoblash qiyin emas.

Haqiqatdag ham, Van-Der Vaals tenglamasi (20.10) ning chap qismi, ya’ni quyidagi

$$V^3 - \left(\epsilon + \frac{RT_k}{P_k} \right) V^2 + \frac{a}{P_k} V - \frac{a\epsilon}{P_k}$$

ifoda $T=T_k$ va $P=P_k$ qiymatlarda aniq kub bo'ladi va uni quyidagicha ifodalash mumkin:

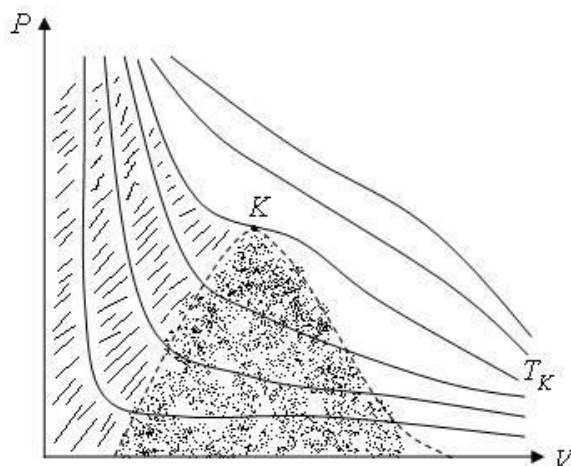
$$V^3 - \left(\epsilon + \frac{RT_k}{P_k} \right) V^2 + \frac{a}{P_k} V - \frac{a\epsilon}{P_k} = V^3 - 3V_k V^2 + 3V_k V - V_k^3 \quad (20.11)$$

Bu tenglik ayniy ravishda bajarilishi uchun V ning birday darajalarining koeffitsiyentlari tenglamaning ikki tomonida o'zaro teng bo'lishi kerak:

$$\epsilon + \frac{RT_k}{P_k} = 3V_k, \quad \frac{a}{P_k} = 3V_k^2, \quad \frac{a\epsilon}{P_k} = V_k^3$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, kritik parametrlarning a va ϵ konstantalar orqali ifodalangan qiymatlarini olamiz: juda kam siquvchanlik xosasini ham (A.K.Kinoin va I.K.Kinoin «Molekulyar fizika» T.O'qituvchi, 1978. 230-246 betlar) aks ettiriladi.

Van-der Vaals izotermalari orasidagi burilishlari bor bo'lgan izotermalarni urilishlari bo'lmagan izotermalardan ajratib turuvchi bir izoterma bor. Bu izoterma kritik deyiladi, bunga mos bo'lgan temperatura T_k esa kritik temperatura deyiladi. Kritik izotermada burilishlar sohasi o'rnida faqat K burilish nuqtasigina bo'ladi. K -nuqta kritik nuqta deyiladi. unga mos bo'lgan V_k va P_k bosim esa kritik hamj va kritik bosim deyiladi.



20.7-rasm.

Kritik temperatura tushunchasi dastlab D.I.Mendelev tomonidan 1861 yilda kiritilgan. 20.7-rasmda quyidagicha xulosaga keladi.

1.Kritik temperatura T_k yuqori temperaturada modda faqat holatdagina mavjud bo'la oladi. T -temperaturasi kritik temperatura T_k dan yuqori bo'lgan gazni qanaqa siqish bilan suyuq holatga o'tkazib bo'lmaydi. Kritik temperaturadan past temperaturalarda modda bosimga qarab gazsimon holatda yoki bir vaqtning o'zida ikki faza: suyuqlik va tuyingan bug' holatlarida mavjud bo'lishi mumkin.

2.Tuyingan bug'ning elastikligi P_0 shu berilgan moddaning kritik bosimi P_k dan katta qiymatga ega bo'la olmaydi.

3.Moddaning suyuq holatdagi hajmi berilgan miqdor moddaning kritik hajmidan katta qiymatlariga ega bo'la olmaydi. Ko'pchilik suyuqliklarning va ularni aralashmalarining kritik temperaturalarining M.P.Avenarius va uning shogirdlari A.I.Nadejdin, V.I.Zayoicheveskiy va boshqalar tekshirdilar. Jumladan A.I.Nadejdin 1885 yilda suvning kritik temperaturasi (374°C) birinchi bo'lib aniqlanid. Mashhur rus fizigi A.G.Stoletov ham moddaning kritik massasi bilan shug'ullangan. U mavjud eksperimental materiallarni analiz qiladi va ularni nazariy ma'lumotlar bilan batafsil solishtirib chiqdi.

IV.Tayanch tushunchalar.

Real gaz. Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati. Van-Der-Vaals izotermalari. Kritik holatlar.

V.Mavzuga doir savollar:

1. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari mohiyatini tushuntiring.
2. Eksperimental izotermalarni izohlang.
3. Real gaz deb nimaga aytiladi.
4. Van-Der-Vaals tenglamasining fizik mohiyati aytib bering.
5. Van-Der-Vaals izotermalari tushuntiring.
6. Kritik holatlarni tariflang.

VI.Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" Ilt. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika.Samarqand. 1999y.
6. V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola»,1973 g.

Mavzu: -21. Real gazning ichki energiyasi Joul-Tomson effekti

Reja:

1. Real gazning ichki energiyasi haqida tushuncha.
2. Molekulalarning harakat kinetik energiyasi va o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'im orasidagi bog'lanish.
3. Joul- Tomson effektini mohiyati.
4. Gazlarning suyultirish.
5. Xulosa.

1. Bizga ma'lumki, ideal gazning U-ichki energiyasi uning molekulalarning harakatining $\Sigma_k = \Sigma \overline{\omega_k}$ kinetik energiyasidan iborat. Bu energiya berilgan gazning hajmiga ham, bosimiga ham bog'liq bo'lmay, faqat uning T – temperaturasi bilan aniqlanadi.

Bir mol ideal gaz uchun $U = E_k = C_V T$ bunda C_V – o'zgaras hajmdagi molyar issiqlik sig'imidir.

Real gazda molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari katta ahamiyatga egaligini bilamiz. Shuning uchun real gazning ichki energiyasi uning molekulalar harakatining kinetik energiyasi bilan molekulalarning o'zaro ta'sir potensial energiyasining yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$U = E_k + E_p \quad (21.1)$$

Molekulalarning o'zaro ta'sir potensial energiyasi ular orasidagi o'rtacha masofaga bog'liq, shuning uchun E_p gazning hajmiga bog'liq bo'lishi kerak.

Atrofdagi jismlar bilan energiya almashmagani holda gazning hajmi o'zgarsa, uning ichki energiyasi zahirasi o'zgarmaydi va bu holda (1) tenglamadan

$$\Delta E_p = -\Delta E_k \quad (21.2)$$

kelib chiqadi.

2. Ma'lumki, o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'im real gaz uchun ham faqat molekulalar harakatining kinetik energiyasi bilan aniqlanganligi sababli bu holda ham $E_k = C_V T$ ga teng bo'ladi.

$$\Delta E_p = -C_V \cdot \Delta T \quad (21.3)$$

tengligini olamiz.

Demak bundan atrofdagi jismlar bilan issiqlik almashinmay va tashqi ish bajarmay real gazning hajmi o'zgarish uning temperaturasi ham o'zgaradi. buni birinchi bo'lib ingliz fizigi Joule 1887 yilda kuzatadi.

3. Joule C-жумракка ega bo'lgan naycha bilan tutashtirilgan ikki A va B idishlarni suvli kalorimetrga joylashtirgan. B idishning havosi so'rib olingan bo'lib, A idishdagi havo ma'lum P bosimga ega. C-jumrak ochilganda A idishdagi havo B-idishga oqib chiqib, tashqi ish bajarmagani holda kengayadi.

Joule bu tajribada kelometrning temperaturasi o'zgarmaganini payqagan. Shunga asosan, u ichki energiyasi o'zgarmaydi degan xulosa chiqadi. 1888 yil Joule shu tajribani Thomson bilan birgalikla yanadi sezgiroq boshqa variantda takrorlaydi. A va B idishlarni tutashtiruvchi naycha g'ovak tiqin C ni joylashtiradi. Naycha issiqlik o'tkazmaydigan modda bilan o'ralgan. A va B idishlardagi gazning P_1 va P bosimi o'zgarish holda saqlab turiladi. Gaz nay idishdagi tiqin orqali bosimi katta idishdan bosimi kichik idishga oqadi. Tiqinning ikkala tomoniga sezgir termometrlar quyiladi. Bu vaqtda har ikkala termometr ko'rsatayotgan termometrlar orasidagi ozgina farq borligi ko'ringan. Tiqinning gaz kengayayotgan tomonidagi temperatura ko'pchilik gazlar uchun bir oz pastroq bo'lgan. vodorod uchun temperaturaning o'zgarishi aksincha bo'lib chiqdi. Vodorod kengayayotganda isigan gazning hajmi (issiqlik almashinmay) kengayganida uning temperaturasini o'zgarishidan iborat bo'lgan mana shu effekt Joule - Thomson effekti deyiladi.

Bu hodisa real gazning xossalari ideal gaz xossalari bilan farq qilishini natijasidir. Gaz kengayishi natijasida sovishdan iborat bo'lgan effektga Joule - Thomson musbat effekti deyiladi. gaz kengishi natijasida isisa bunday effektga Joule - Thomson manfiy effekti deyiladi.

Keyinchalik Joule - Thomson effektining ishorasi Van-Der Waals tenglamasidagi a va b tuzatmalardan qaysi birining roli kattaroq bo'lishiga bog'liq ekanligida aniqlanadi. Joule - Thomson effekti bilan Van-der Waalsning

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT \quad (21.4)$$

tenglamadagi a va b tuzatmalar orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun potensial egri chiziqlardan foydalanish mumkin.

Ma'lumki, molekullarning o'zaro ta'sir kuchlari O ga teng bo'ladigan ideal gazlarda Joule-Tomson effekti bo'lmaydi. Joule - Thomson effekti miqdoriy jihatdan Joule-Tomson differensial koeffitsiyenti deb ataluvchi μ bilan xarakterlanadi. Ya'ni

$$\mu = \frac{\Delta T}{\Delta P} \quad (21.5)$$

Agar $\Delta P < 0$ va $\Delta T < 0$ bo'lganda μ – musbat $\Delta P > 0$ va $\Delta T > 0$ bo'lsa μ – manfiy ekanini bildiradi. Joule-Tomson, proses qaytmas prosessdir, demak bu prosessda entropiya ortadi, $dS > 0$ Joule-Tomson koeffitsiyentini hisoblaymiz.

$d(U + PV) = 0$ tenglamadan

$$d(U + PV) = dU + PdV + VdP = 0 \quad (21.6)$$

Ammo $dU = PdV = TdS$ ekanligini e'tiborga olsak

$$TdS = VdP = 0 \quad (21.7)$$

Entropiyaning dS o'zgarishini dT o'zgarishi va bosimning dP o'zgarishi orqali ifodalasak

$$dS = \frac{C_p dT}{T} - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP \quad (21.8)$$

teng edi. (21.8) formulani (21.7) quyamiz.

$$C_p dT - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP + VdP = 0 \quad (21.9)$$

Bundan Joule-Tomson koeffitsiyentining quyidagi ifodasini olamiz:

$$\mu = \frac{dT}{dP} = \frac{T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P - V}{C_p} = \frac{V}{C_p} (\alpha T - 1) \quad (21.10)$$

Bu yerda $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ gazning kengayish koeffitsiyenti Joule-Tomson koeffitsiyenti o'zining ishorasini

o'zgartiradi. Bu T_i – temperatura inversiya temperaturasi deyiladi.

4. Yuqorida aytilgandek Joule-Tomson effekti qaytmas prosessdir. Issiqlik mashinasining f.i.k. to'g'risida aytilgan fikrlar hammasi sovitish apparatlariga ham tengligidir, chunki ularni issiqlik dvigatellariga teskari qurilmalar deb tushinish mumkin.

Sovitgich mashinada issiqlik sovuq jismdan olib, issiqroq jismga berilishini eslaylik. Bunda mexanik ish bajariladi, yana shu ish hisobidan sovuq jismdan issiq jismga issiqlik uzatiladi. Bunda proses o'zidan bajarilmasligini bilamiz. Sovitgich mashinasining f.i.k. sifatida sovitalayotgan jismdan olingan Q issiqlik miqdorining bunda sarf qilingan A ishga nisbatini olish kerak:

$$\varepsilon = \frac{Q}{A} \quad (21.11)$$

Sovituvchi apparatlarga qo'llanilganda bu koeffitsiyent sovitish koeffitsiyenti deb yuritiladi. Karno tsikli bo'yicha ishlaydigan sovitkich mashina uchun sovitish koeffitsiyenti

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \quad (21.12)$$

teng bo'ladi, T_1 – sovitalayotgan jismning temperaturasi T_2 – issiqlik uzatilayotgan jismning temperaturasi. Sovitish koeffitsiyenti, albatta birdan katta ham bo'lishi mumkin.

Texnikada gazlar (havo) ni suyultirish uchun ishlatiladigan tarixiy birinchi mashinalar Linde va Gempsonlar tomonidan 1885 yil yaratilgan ular gazlarni kritik temperaturadan past temperaturagacha sovitish va suyultirish uchun drossellash metodidan foydalanganlar.

1902 yilda Klod birinchi marta detanderli mashinalar ishlab chiqib unda havoni suyultirdilar. P.L.Kapisa Klod mashinasida foydalanib proshenli detanderturbinaga ya'ni turbodetanderga almashtirildi va unda 77,32K temperaturada suyuq azot va 90,12 K - temperaturada suyuq kislorod olinadi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Real gazning ichki energiyasi. Molekulalarning harakat kinetik energiyasi. O'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi. Joule-Tomson effekti. Gazlarning suyultirish.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Real gazning ichki energiyasini tushuntiring.
2. Molekulalarning harakat kinetik energiyasi va o'zgaras hajmdagi issiqlik sig'im orasidagi bog'lanishni tushuntiring..
3. Joule-Tomson effektini mohiyati nimadan iborat.
4. Gazlarning suyultirish jarayonini ta'riflang.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika. Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola», 1973 g.

VIII-bo'lim. Suyuqliklarning xossalari (6-soat)

Mavzu: -22. Suyuqliklarning tuzilishi. Ikki muhit chegarasidagi muvozan shartlari. Sirt taranglik. Suyuqliklarning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.

Reja

1. Suyuqlikning tuzilish to'g'risida tushuncha.

2. Suyuqliklarning yopishqoqligi
3. Molekulyar bosim.
4. Sirt taranglik.
5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosim.
6. Kapillyar hodisalar.
7. Suyuqliklar va qattiq jismlar orasidagi ayrim o'xshashliklar
8. Xulosa.

Moddaning suyuq holati uning gazsimon hamda qattiq holatlari orasidagi oraliq haolt bo'ladi. Van-der Vaals tenglamasi moddaning faqat gazsimon holatini tushuntiribgina qolmay, suyuq holatining ba'zi xossalari ham ifodalaydi. Shu bilan birga Van-der Vaals tenglamasi suyuq holatdan gazsimon holatga kritik nuqta orqali uzluksiz ravishda o'tishi imkoniyatini borligini ko'rsatadi. Kritik nuqta yaqinida gaz va suyuqlik orasidagi farqlar juda ham kichik bo'ladi va suyuqlikni ma'lum dajarada zich gaz deb hisoblash mumkin.

Van-der-Vaals izotermalariichida qisman manfiy bosimlar sohasiga ham o'tadigan izotermalar borligini ko'rsatadi, bunda suyuqlik cho'zilish holdatida bo'lishi mumkin. Tajribalarda suyuqlikning bunday cho'zilgan holatda bo'lishi qattiq jismlarga o'xshab ketadi. Ayniqsa suyuqlikning qotishiga (kristallanishiga) yaqin bo'lgan sharoitda sezilarli bo'ladi.

Ma'lumki, gazlarda diffuziya sezilarli ravishda tez boradi. Suyuqliklarda esa molekularlar gazlardagiga qaraganda bir-biriga ancha yaqin joylashadilar. Ularda o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'ladi. S'huning uchun suyuqliklarda diffuziya gazlardagi qaraganda ancha sekin boradi. Ammo shu bilan birga suyuqliklarning tuzilishi qattiq jismlarning tuzilishidan keskin farq qiladi. Qattiq jismlarda diffuziya deyarli bo'lmaydi. Qattiq jismda har bir zarra (atom) o'z muvozanat holati atrofida tebranib turadi.

Gazlardagi ichki molekulaning o'zaro potensial energiyasi molekularlar orasidagi masofa biror τ_0 ga teng bo'lganda, minimumga ega bo'ladi. Ammo hosil bo'lgan potensial o'raning chuqurligi katta bo'lmay, u bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan o'rtacha kinetik energiya $\frac{1}{2}kT$ dan kichikdir. Shuning uchun gaz molekulalari bir-birining yaqinida ushlanib turmay, balki ular bir-biriga yaqinlashgandan so'ng yana uzoqlashib ketadi.

Soddalik uchun bir to'g'ri chiziq bo'yicha joylashgan bir necha molekulani olib qaraylik. Bunday to'g'ri chiziqdagi har bir molekulaning ikkita qo'shnisi bo'ladi-biri o'ngda, ikkinchisi chapda. Ayrim potensial o'ralarning ΔE_p chuqurligi suyuqlik molekulasining bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan $\frac{1}{2}kT$ o'rtacha kinetik energiyadan kattadir. Shuning uchun potensial

o'radagi har bir molekula o'zining muvozanat holati atrofida bo'ladi. Suyuqlikning ayrim molekularining kinetik energiyasi fluktsiyalarning mavjudligi tufayli vaqti-vaqti bilan uning potensial o'radan chiqib ketishi uchun yetarli bo'lib qoladi va bir juft molekula orasidagi yangi o'rinni egallaydi. Shuning uchun suyuqlik molekulari harakatining diffuziyanishini sekin borishi, yopishqoqligini katta bo'lishiga ham sabab bo'ladi.

Ma'lumki, suyuqlik ichidagi molekulaning potensial energiyasi suyuqlikning tashqarisidagi potensial energiyasidan kichik. Suyuqlik molekulasi suyuqlikdan tashqariga chiqish uchun muayyan potensial to'siqni yengib o'tishi kerak bo'ladi, ya'ni ma'lum ish bajarishi kerak bo'ladi. Molekulalar issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi bu ishni bajarish uchun yetarli emas. Shu sababli suyuqlik o'z hajmini saqlaydi.

Faraz qilaylik, τ masofada ikkita 1 va 2 molekular joylashgan bo'lsin. Bu holda ana shu ikki molekulaning o'zaro ta'sirini e'tiborga olmaslik mumkin bo'lsin. A nuqtada joylashgan 1-molekulani τ radiusli sfera o'rab tursin. U holda r radiusli sfera ichidagi molekularnigina qaralayotgan molekulaga ta'sirini hisobga olish yetarli bo'lib qoladi. Bu τ masofa molekulyar ta'sir radiusli sfera ya'ni molekulyar ta'sir sferasi deb aytish qabul qilingan.

Suyuqlik ichidagi A molekula atrofida chizilgan molekulyar ta'sir sferasi ichida juda ko'p boshqa molekulalar bo'ladi. Bu molekulalarning A molekulaga ta'sir kuchlari turli tomonlarga yo'nalgan bo'lib, o'rta hisobda nolga teng. Suyuqlikning sirtiga yaqin joylashgan molekulalar boshqacha sharoitda bo'ladi. Suyuqlik sirtida joylashgan B molekulani qaraylik. 22.2-rasmdan ko'rinib turibdiki, molekulyar ta'sir sferasining faqat bir qisminigina suyuqlik ichida, uning boshqa bir qismi suyuqlikdan tashqarida bo'ladi. B molekulaga ta'xsir qilayotgan kuchlar o'rta hisobda o'zaro kompensasiyalanmaydi va suyuqlikning ichiga yo'nalgan yig'indi f kuch vujudga keladi. Demak, suyuqlik sirtidan molekulyar ta'sir radiusi τ ga qaraganda kichikroq uzoqlikda joylashgan har bir molekulaga boshqa molekulalar tomonidan suyuqlik ichiga qarab yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Sirt qatlamining butun suyuqlikka bosimi molekulyar bosim deb ataladi.

Molekulyar-kinetik nuqtai nazardan, moddaning gazsimon holati molekulalar orasidagi o'rtacha masofalarning katta bo'lganligi bilan xarakterlanib, gaz molekulalarning issiqlik harakati molekulalarning o'z o'lchamlarining bir necha marta katta bo'lgan erkin yo'ldagi erkin harakatlardan iborat bo'ladi. Gazlarda diffuziya sezilarli ravishda tez boradi. Suyuqliklarda esa molekulalar gazlardagiga qaraganda bir-biriga ancha yaqin joylashadilar. Ularda o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'ladi. Suyuqliklarda diffuziya gazlardagiga qaraganda ancha sekin bo'ladi.

Suyuqlik molekulalari orasidagi o'rtacha masofa δ ni hisoblaymiz $\delta \approx \frac{1}{n}$; n —suyuqlik hajm

birinchidagi molekulalar soni — $n = N_A \cdot \rho / M$; M — molyar massa

$$\delta \approx \frac{1}{\sqrt[3]{n}} = \sqrt[3]{M / N_A \cdot \rho} \quad (22.1)$$

bo'ladi $\delta \approx 10^{-10}$ m. Masalan: suv uchun $\delta \approx 3 \cdot 10^{-10}$ m

2. Shuningdek suyuqliklarning tuzilishi qattiq jismlarning tuzilishidan keskin farq qiladi; qattiq jismlarda diffuziya deyarli bo'lmaydi. Qattiq jismlarda har bir zarra (atom ion) o'z muvozanat holati atrofida tebranib turadi.

Suyuqlikning yopishqoqligi η quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$\eta = \frac{C}{V_0 - \epsilon} \quad (22.2)$$

bu yerda C — доимий son molekulalarning o'rtacha «O'troq hayot» vaqtini relaksasiya vaqti τ deyiladi.

Relaksasiya vaqtining suyuqlik temperaturasi va aktivlash energiyasi bilan bog'lanishi Bolsman taqsimotidan kelib chiqadigan formula bilan ifodalanadi.

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{E_a}{KT}} \quad (22.3)$$

τ_0 — molekulaning muvozanat vaziyati yonida tebranishning o'rtacha davri o'rtacha siljishi bilan va o'rtacha vaqt τ ni bila to'rib, suyuqlikda molekulalar harakatining o'rtacha tezligini aniqlash mumkin

$$\bar{g} = \frac{\delta}{\tau} = \frac{\delta}{\tau_0} e^{-\frac{E_a}{KT}} \quad (22.4)$$

Masalan: suv molekulalari uchun u shu temperaturadagi bug'ning molekulalari tezligidan 20 marta kichikdir. $V_0 - \epsilon - 1$ mol suyuqlikning bo'sh hajmi (22.1) formulani A.I.Bachinskiy yopishqoq suyuqliklarni ifodalagan suyuqlik molekulalarining issiqlik harakatiga asosan Ya.I.Frenkel suyuqlikning yopishqoqligi bilan temperatura orasidagi bog'lanishi quyidagi formula bilan ifodalanishini ko'rsatadi

$$\eta = A e^{\frac{\Delta E_p}{KT}} \quad (22.5)$$

bu yerda ΔE_p — har qaysi molekula turgan potensial o'raning chuqurligi.

3. Suyuqlik ichidagi molekulalarning potensial energiyasi suyuqlikning tashqarisidagi molekulaning potensial energiyasidan kichik suyuqlikning sirt qatlami suyuqlikning butun hajmidan

ko'ra boshqacharoq sharoitda bo'ladi. molekulani suyuqlik ichidan tashqariga chiqishi uchun muayyan potensial to'siqni yengib o'tish kerak bo'ladi, ya'ni molekula ma'lum ish bajarishi kerak bo'ladi.

Van-der-Vaals tenglamasi taqriban suyuq holatdagi moddalar uchun foydalanishi mumkin

$$\left(P + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT \quad (22.6)$$

Masalan: suv uchun: $P' = \frac{a}{V_0^2} = \frac{5,47}{(0,018)^2} \text{at} \approx 1700 \text{at}$ $a = 5,47 \text{at} \cdot \text{l}^2 / \text{mol}$; 0°C 1 mol suv hajmi

$V_0 = 0,018 \text{l} / \text{mol}$.

S'huni aytish kerakki suyuqlikning sirt qatlamiga esa sirtga tik holda suyuqlik ichiga yo'nalgan kuchlar ta'sir qiladi. Sirt qatlamining butun suyuqlikka bosimi molekulyar bosim deyiladi. Bu bosim ta'sirida suyuqlikning molekulalari bir-biriga yaqinlashib qoladi, bu esa molekulalar orasida, sirt qatlam hosil qilgan siquvchi kuchlarni muvozanatlovchi itarishish kuchlarining vujudga kelishiga sabab bo'ladi.

4. Suyuqlik hajmi ichida joylashgan har bir molekula qo'shni molekulalar bilan o'ralgan va ular bilan o'zaro ta'surotda bo'ladi, ammo bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi O-ga teng. Ya'ni suyuqlik sirtidagi molekulalarni muvozanatda saqlash uchun suyuqlik sirtiga urnma bo'ylab f kuch ta'sir etishi kerak. Bu kuch chegara chizig'iga normal yo'nalishiga ta'sir etadi va unga sirt taranglik kuchi deb ataladi.

Sirt chegarasining uzunligi l qancha katta bo'lsa, bu kuch ham shuncha katta bo'ladi

$$f = \sigma l \quad (22.7)$$

bu yerda σ – sirt taranglik koeffitsiyenti deyiladi. (22.7) formuladan

$$\sigma = \frac{f}{l} \quad (22.8)$$

teng bo'ladi va SI: $\frac{4}{\text{m}}$, $\text{CTC} \frac{\partial H}{\text{cm}}$ larda o'lchanadi. Sirt taranglik koeffitsiyenti temperaturaga bog'liq bo'ladi, temperatura ko'tarilishi bilan u kamayadi.

Suyuqlikning temperaturasi kritik temperatura T_k ga yaqinlashganda, sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma \rightarrow 0$ ga intiladi. Suyuqlik sirt pardasi yuzini ΔS ga qadar kattalashtirish uchun bajariladigan ish ΔA ga teng bo'lishi kerak ya'ni

$$\Delta A = f \Delta S \quad (22.9)$$

bu yerda $f = \tau l$ ni qo'ysak

$$\Delta A = \tau l \Delta S \quad (22.10)$$

ga teng bo'ladi, suyuqlik sirt parda energiyasini ΔE ga oshirish uchun ΔA ish bajarish kerak, $\Delta A = \Delta E$, bunda

$$\Delta E = \tau \Delta S \quad (22.11)$$

ga teng bo'lib, energiyani bu qismiga erkin energiya deyiladi.

Sirt taranglik moddaning suyuq holati uchun xarakterli bo'lgan juda ko'p hodisalarni, masalan suyuqlik kichik teshikdan oqib chiqayotganda tomchilarning hosil bo'lishi, ko'pikni hosil bo'lishi va boshqalarni tushuntiradi.

Suyuqlikni sirtiga ko'tarilayotgan havo pufagi A ni ko'z oldimizga keltiraylik. U sirtga yetgach, suyuqlikning yupqa qatlamini ko'tarib, gumbaz hosil qiladi. Agar pufak yetarli darajada kichik bo'lsa, sirt qatlamini yorib chiqaolmaydi va suyuqlik sirtining ostida qoladi. juda ko'p mana shunday pufaklarning majmuasi ko'pik hosil qiladi. Sovunli suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $\sigma = 45 \text{ dn/sm}$, sof suvning sirt taranglik koeffitsiyenti holus va tomchi usullari bilan kabyada o'lchanadi (lidda qo'llaniladi).

5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosimni aniqlash uchun suyuqlik sirtini qabariq va botiq holatdagi chegaralarini qaraymiz suyuqlikning har qanday egri sirt pardasi yassi sirt pardali suyuqlikka ta'sir etayotgan bosimga nisbatan qo'shimcha bosim bilan ta'sir etadi.

Bu qo'shimcha bosim qavariq sirt uchun musbat, botiq sirt uchun manfiy bo'ladi. Suyuqlikning sirti R radiusli sferaning bir qismidan iborat bo'lgan holni qaraymiz. Buning uchun egri sirtidagi ΔS sferik segmentni ajratamiz. Bu sferik segmentga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchi Δf ga keng

$$\Delta f = \sigma \Delta \ell \quad (22.12)$$

bo'ladi va sferik segmentni umumiy sirtiga ta'sir etuvchi bosim P ni bir qator hisoblashlar orqali aniqlaymiz

$$P = \frac{2\sigma}{R} \quad (22.13)$$

Bu formula sferik sirtning suyuqlikka boradigan qo'shimcha bosimini aniqlash formulasi deyiladi.

Suyukliklar va kattik jisimlar orasidagi ayrim uxshashliklar

Suyuqliklar-shaklan tez o'zgaruvchan bo'lib, siqilish qobiliyati gazlarga nisbatan juda kichik. Suyuqlik molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi gaz molekulalarining o'zaro ta'siridan katta, shu sababli molekulalarning o'zaro ta'sir kuchi suyuqliklar uchun juda muhim ahamiyatga ega. Suyuqlik molekulalari suyuqlikning sirtida va ichida har xil potensial energiyaga ega, shu sababli suyuqlik sirtining xossalari suyuqlikning ichki qismi xossalaridan farq qiladi. Suyuqlik ichidagi A molekula atrofidagi molekulalar bilan o'zaro ta'sir qilib, bu kuchlar o'zaro kompensasiyalangan bo'ladi. V molekulaning suyuqlik sirtidan yuqori qismidagi energiya kompensasiya qilingan bo'lib, f kuch molekulani suyuqlik ichiga (pastga) tortadi, chunki bu molekulaga ta'sir etuvchi kuchlar to'la kompensasiya qilinmagan. Demak suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarga, ularni pastga, suyuqlik ichkarisiga tortuvchi kuchlar ta'sir etadi. Ya'ni, suyuqlikning sirt qatlami suyuqlikka ma'lum bosim beradi, bu bosim molekulyar bosim deyiladi. Natijada suyuqlikning sirtqi qatlamidagi molekulalar hajmidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha potensial energiyaga ega bo'ladi. Bu energiya sirt energiyasi yoki erkin energiya deb ataladi.

Sirtidagi suyuqlik molekulalari, suyuqlik ichidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha energiyaga ega bo'lib, uning sirt katlamida taranglikni hosil qiladi. Sirt taranglik kuchi:

$$F = \alpha \ell \quad (22.14)$$

Bunda α - sirt taranglik koeffitsiyenti: ℓ - suyuqlik sirt chegarasi uzunlik birligi, - α , n/m hisobida o'lganib, suyuqlikning tabiatiga, tarkibiga va haroratiga bog'liq. Suyukliklarda molekulalar ichki bosimi bo'lishi real gazlar bilan suyuqliklar o'rtasida umumiylik borligidan dalolat beradi. Bu umumiylik asosida molekulalarning o'zaro ta'siri yotadi. Suyuqliklar bilan qattiq jismlar o'rtasida ham umumiylik bor, suyuqliklarning ko'p xossalari qattiq jismlar xossalariga o'xshab ketadi. Bu o'xshashlik qattiq jismlar eriganda yoki erigan qattiq jismlar qotganda ko'prok namoyon bo'ladi.

Havoning namligi

Havoning namligi inson hayotida katta o'rin tutadi. Namlik oshib ketsa ham, kamayib ketsa ham odamning salomatligiga ta'sir etadi. Havo tarkibida dunyo okeanlari bug'lanishi natijasidagi suv bug'lari mavjud. Suyuqlik sirtida energiyasi katta bo'lgan molekulalarni chiqib ketish hodisasiga bug'lanish deb ataladi. Molekulalarni tartibsiz harakati tufayli ular bir-biri bilan to'qnashadi, natijada ular qaytib suyuqlikka tushadi. Bu hodisa kondensasiya deyiladi.

Suyuqlikdan chiqib ketayotgan va qaytib tushayotgan molekulalar soni tenglashgandagi bug' to'yingan bug' deyiladi. Suvni isitishda suv ichida pufakchalar hosil bo'lib, ular harorat ortishi bilan yuqoriga ko'tariladi. Bu hodisa qaynash deyiladi. Qaynashda pufakchalar ichidagi to'yingan bug' bosimi ortib boradi va tashqi bosim bilan tenglashganda yuqoriga ko'tariladi, yorilib tashqariga bug' chiqaradi. Demak qaynash tashqi bosimga bog'lik bo'lib tashqi bosim ortsa qaynash harorati ortadi va aksincha. Havoning kurukligi yoki namligi uning tarkibidagi suv bug'lari miqdoriga bog'lik bo'ladi. Havo tarkibidagi bu suv bug'larining bosimiga parsial bosim deyiladi. Havo tarkibidagi suv bug'larini tavsiflash uchun nisbiy namlik deb ataluvchi kattalik kiritiladi. Nisbiy namlik parsial bosimni tuyingan bug' bosimiga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$r = \frac{P_n}{P_T} 100\% \quad (22.15)$$

Inson faoliyati uchun nisbiy namlikni 40-60% eng kulay. YErda 33 gradus C haroratda 100% nisbiy namlikga ega bo'lgan tuqayzor, 42 gradusda 2% nisbiy namlikga ega bo'lgan sahrolar bor. Tabiatda haroratni birdaniga pasayib ketishi natijasida nisbiy namlikni 100% dan ortib ketishi yuzaga keladi. Masalan, kechasi yoki erta tongda. Bunday nomuvozonat vaqtda ortiqcha suv bug'lari kondensasiyalanib, shudring tushadi, tuman yoki bulut hosil qiladi yoki yomg'ir yog'adi. Parsial bosimning tuyingan bug bosimiga teng bo'lishi shudring nuqtasi deyiladi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Suyuqlikning tuzilish . Suyuqliklarning yopishqoqligi. Molekulyar bosim. Sirt taranglik. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosim.

V. Mavzuga doir savollar:

1. Suyuqlikning tuzilish to'g'risida ma'lumot bering.
2. Suyuqliklarning yopishqoqligi nima.
3. Molekulyar bosim nima.
4. Sirt taranglik nima.
5. Suyuqlikning egri sirti ostidagi bosimni tushuntiring.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. molekulyar fizika, T. "O'qituvchi", 1978 y.
2. S.E. Frish, A.V.Timoreva. "Umumiy fizika kursi" It. T. "O'qituvchi", 1965 y.
3. D.V.Sivuxin. "Umumiy fizika kursi" Ilt. T. "O'qituvchi", 1984 y.
4. O.Axmadjonov. "Fizika kursi" (Mexanika va molekulyar fizika) T. "O'qituvchi", 1985y.
5. U.B.Jurayev. Molekulyar fizika.Samarqand. 1999y.
6. R.V.Telesnin. "Molekulyarnaya fizika" M. Izd. «Vsshaya shkola»,1973 g.

IX-bo'lim. Qattiq jism (6 saot)

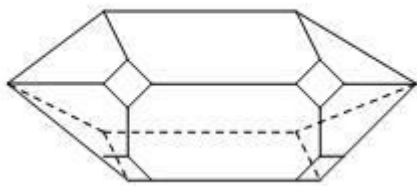
23-Mavzu: Kristall panjara. Kristallografik koordinata tizimi

Reja

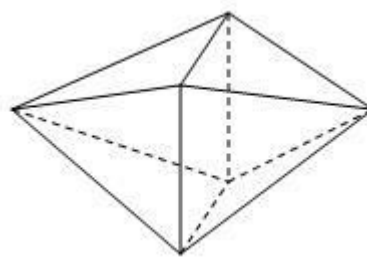
1. Qattiq jismlar haqida tushuncha.
2. Kristallarning tuzilishi. Kristall panjara.
3. Kristall panjaraning energiyasi.
4. Kristallarning klassifikatsiyasi
5. Qattiq jismlarning fizik va mexanik xossalari
6. Xulosa

1. Qattiq jismlar bir-biridan o'zlarining fizik xossalari bilan keskin farqlanadigan ikki turga, ya'ni kristall va amorf jismlarga ajraladi. Kristall holatdagi moddaning asosiy alomati unda anizotropiyaning mavjud bo'lishidir. Anizotropik deb, bir jinsli jism xossalarining turli yo'nalishlarda turlicha bo'lishiga aytiladi. Masalan kristall jismning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti turli yo'nalishlar uchun turlicha bo'ladi; turli yo'nalishlarda kristallarning mexanik, optik va elektr xossalari ham turlichadir. Kristallning eng xarakterli tashqi alomati uning muntazam geometrik shaklda bo'lishidir. Deraza oynasida, suv muzlaganda muz kristallari muntazam geometrik naqshlar hosil qilishni va qor uchqunining muntazam shaklga ega bo'lishini hamma biladi. Kristall tekis yoqlar bilan chegaralangan bo'lib, bu yoqlar qirralarda va uchlarda uchrashadi.

Odatda, yoqlar bir-biriga nisbatan simmetrik ravishda joylashadi. Kvars, masalan olti yoqli piramidalar bilan tugallanuvchi olti yoqli prizmadan iborat bo'lgan kristallar hosil qiladi (23.1-rasm)

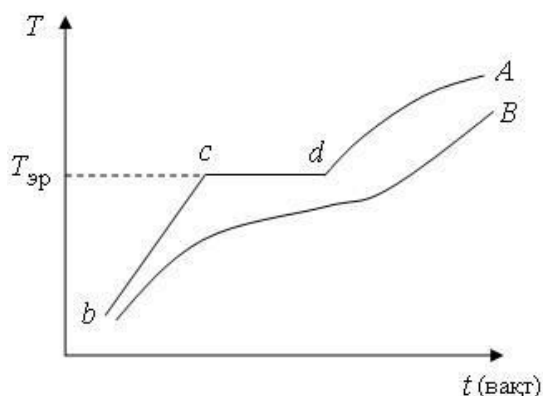


23.1-rasm



23.2-rasm

Achchiqtosh oktaedrlar shaklida (2-rasm), tosh tuz esa kublar shaklida kristallanadi va hokozo. Ma'lum bir kristall moddaning har xil namunalarida yoqlar orasidagi burchaklar mutlaqo birday bo'ladi. Masalan, tosh tuzning kristallari o'zaro tik bo'lgan tekisliklar bo'yicha parallelepiped shaklidagi bo'laklarga ushaladi; slyuda osonlik bilan yupqa qamlatlarga ajraladi. Amorf jismlar singanda esa hamma vaqt egri bugri sirtli ushoqlar hosil bo'ladi. Bir bo'lak shisha sindirilsa, hosil bo'lgan bo'laklar tamomila nomuntazam tasodifiy shakllarga ega bo'ladi. Kristall va amorf jismlar erish vaqtida, ya'ni qattiq holatdan suyuq holatga o'tish vaqtida o'zlarini turlicha vaziyatda tutadilar. Har bir kristall jism tomomila aniq erish nuqtasiga ega bo'ladi.



23.3-rasm. Kristall qattiq jismni (A) va amorf qattiq jismni (B) eritishda temperaturaning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi.

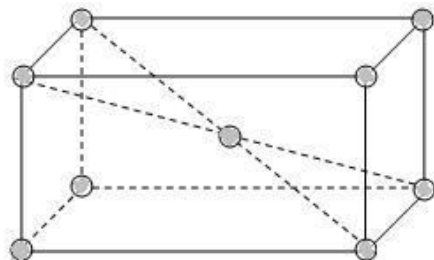
233-rasmdagi A chiziq tekis isitish bilan eritilayotgan kristall jism temperaturasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini ifodalaydi. Chiziqning BC qismi qattiq holatdagi kristallning isish prosesini tasvirlaydi. Erish temperaturasi $T_{эp}$ ga yetganda jismning isishi to'xtaydi, chunki berilayotgan issiqlikning hammasi jismning qattiq holatidan suyuq holatga o'tishi (erish issiqligi) uchun sarflanadi. d nuqtada jismning to'la suyuq holatga o'tgan payti mos keladi. Chiziqning yuqoriga ko'tariluvchi oxirgi qismi suyuqlikning isishiga tegishlidir.

Muzning erishi bunday proses uchun misol bo'ladi: erish vaqtida muz butunlay suvga aylanguncha uning temperaturasi o'zgarmaydi, hamma vaqt 0°C ga teng bo'lib turadi. Amorf jism temperaturasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishi ko'rsatuvchi chiziqda (3-rasm, B egri chiziq) amorf jismning yumshash intervaliga mos keluvchi burilishgina mavjuddir; amorf jism qattiq holatdan suyuq holatga uzluksiz ravishda o'tadi. Bu holatdan, umuman, amorf qattiq jism juda ham yopishqoq suyuqlikka o'xshaydi. Shisha, har xil shishasimon moddalar, smolalar, bitumlar va boshqalar amorf jismlarning namunalari bo'la oladi. Keyingi paytlarda polimerlar deb ataladigan gruppalarni tashkil etuvchi organik birikmalardan iborat bo'lgan amorf moddalar alohida diqqatni o'ziga jalb qilmoqda.

2. Kristall jismlar ikki guruhga bo'linadi: monokristallar va polikristalar. Kristall tuzilish faqat yirik yakka kristallardagina bevosita seziladi. Kristallarning anizotropligiga sabab

zarralarining (atomlar, molekulalar, ionlar) fazoviy panjara hosil qilib batartib joylashganligidir. Har uchala yo'nalish bo'yicha ham zarralar joylashuvining davriy ravishda takrorlanishi bilan xarakterlanuvchi tuzilish kristall panjara deyiladi.

Zarralar joylashgan nuqta, aniqrog'i atrofida zarralar tebranma harakat qiladigan nuqta kristall panjaraning tuguni deyiladi. Kveruning (tog' xrustalining) tabiiy kristallari, osh tuzining bo'laklari va boshqalar ana shunday kristallardandir (23.4-rasm).



23.4-rasm

Bunday yakka kristallar monokristallar deyiladi. Ko'pchilik qattiq jismlar esa mayda kristall tuzilishiga ega bo'ladi. Tuzlarning kukunlari ayrim mikroskopik kristallarning to'plamidan iborat bo'ladi.

Barcha metallar polikristall tuzilishiga ega. Metallning ayrim kristallchalari bir-birining yog'ida molekulyar kuchlar tufayli ushlanib turadi va bunday mayda kristallarning molekulasi bevosita qaraganda tutash bo'lib ko'rinuvchi metall parchasini hosil qiladi.

Metallning ayrim kristallchalari anizotrop bo'lsa ham, ularning tartibsiz joylashganliklari tufayli metall parchasi anizotrop bo'lmaydi. Metallarning polikristall tuzilishini metallning silliqqlangan sirtini tekshirish orqali bilish mumkin; ba'zan kristallar ancha yirik bo'lib, ularni ko'z bilan ko'rish mumkin, ba'zan esa ularni faqat mikroskop yordamida ko'rish mumkin.

E.S.Fedorov kristallarning simmetriyasini eng umumiy holda tekshirib zarralarning kristallarda 230 xil usulda joylasha olishligini ko'rsatdi. Kristallning tashqi simmetriyasi uni joylashishining oqibatidir. Bu g'oya 709 XVIII arsning oxiridayoq aytilgan edi. Hozir biz kristallarda atomlar bir-biriga nisbatan simmetrik ravishda fazoviy panjara tashkil qilib joylashganligini bevosita isbot qilamiz. Bu isbot kristall panjarada rentgen nurlarining difraksiyasini hosil qilish mumkinligiga asoslangan.

Shunday qilib, kristall murakkab arxitektura qurilishidan iborat bo'lib, uning mustahkamligini ichki simmetriyasi ta'minlaydi. Kristallni tashkil qiluvchi atomlarning o'zaro ta'sir kuchlari turli xarakterga ega. Tuzlarning kristallarida elektrlangan atomlar, ionlar bo'ladi. Musbat va manfiy ionlar shunday navbatma-navbat joylashadiki, natijada butun kristall neytron bo'ladi. Bunday ion panjarada yoki boshqacha aytganda, geteropolyar panjarada zarralar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari asosan elektrostatik kuchlar bo'ladi.

23.4-rasmda osh tuzining (NaCl) kubik panjarasi tasvirlangan; bunday panjara eng sodda panjara bo'lib, kubik sistemaga kiradi. Natriy atomlari qora doirachalar bilan tasvirlangan, ulr musbat elektr zaryadigan ega, ya'ni ular musbat ionlar bo'ladi. Xlor atomlari oq doirachalar bilan tasvirlangan, ular manfiy ionlardir. Ximiyaviy sodda qattiq jismlarda fazoviy panjarani tashkil qiluvchi atomlarning hammasi neytral bo'ladi.

Bunday kristallning panjarasi atom panjarasi yoki Gomeopolyar panjara deb yuritiladi.

Atom panjaradagi o'zaro ta'sir kuchlarning tabiati faqat kvant mexanikasi asosidagina to'la-to'kis tushuntirib berilishi mumkin. Atomlar faqat yoqlarning uchlarida joylashgan holda Brave panjarasi yoqlari markazlashgan deb, yoqlarning markazida joylashgan holda esa hajmiy markazlashgan panjara deb ataladi. Hammasi bo'lib 14 xil Brave panjaralari bor. Kristallar 7 sistemaga bo'linadi.

1-eng kam simmetrik triklin panjara - panjarada tugunlar qirralarining uzunligi ixtiyoriy va ular orasidagi burchaklar ixtiyoriy bo'lgan parallelepiped uchlarida joylashgan.

2-oddiy monoklin;

3-yoqlari markazlashgan monoklin;

- 4-oddiy rombik;
- 5-asosi markazlashgan rombik;
- 6-hajmiy markazlashgan rombik;
- 7-yoqlari markazlashgan rombik panjaralar.

Geksagonal panjara 8 ta tugunlar muntazam olti yoqli prizmalarning uchlari va ularning oltiburchakli asoslari markazlarida joylashgan. Undan keyin Romboedrik Brave panjarasi joylashadi, so'ng tetragonal oddiy va hajmi markazlashgan tetragonal panjaralar bo'ladi.

Zarralar bir xil kristall panjara hosil qiladigan qattiq jismlar manokristallar deyiladi. Monokristallarning kristall tuzilishi ularning tashqi shaklida ham namoyon bo'ladi. Katta kristallar tabiatda juda kam uchraydi. Lekin sanoatda, fan va texnikada bunday kristallarga ehtiyoj juda katta. Ular radiotexnikada, optikada, ayniqsa zamonaviy elektron hisoblash vositalarini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Misol uchun yoqut kristalli lazer nurlarini hosil qilishda, segneta tuzi kristallari ultratovush tebranishlarini hosil qilishda foydalaniladi.

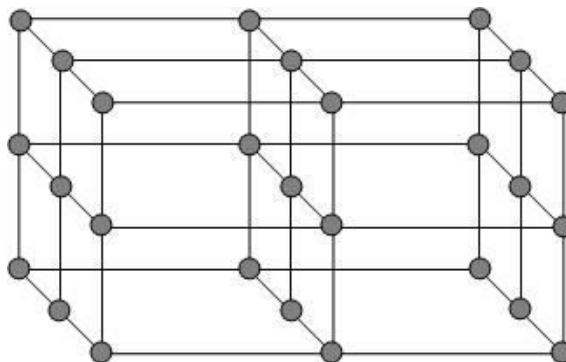
Aynan shuning uchun ham kristall sun'iy ravishda, hatto kosmik kemalarda ham hosil qilinadi. Hozir shu yo'l bilan kvars, olmos, yoqut va boshqa noyob kristallar ham hosil qilinmoqda. Lekin buning uchun shart-sharoitlar zarur. Masalan, olmos kristalini hosil qilish uchun 10^4 Mpa bosim va 200°C temperatura zarur.

Qattiq jismlarning aksariyati polikristallardir. Ular betartib joylashgan kichik kristalchalar (kristallitlar) (kichik monokristallardan tashkil topgan bo'ladi. Har bir monokristalga anizotrop, lekin kristallchalar betartib joylashgan bo'lganligi uchun Polikristall jism izotrop bo'ladi. Masalan suv besh xil kristall tuzilishga ega bo'lgan muz hosil qiladi. Tarkibi bir xil moddaning turli fizik xossalarga ega bo'lgan har xil kristall tuzilishini hosil qilishi polimorfizm deyiladi.

3. Kristall panjaraning potensial energiyasi E_p quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$E_p = -\frac{C'}{r^{k_1}} + \frac{C''}{r^{k_2}} \quad (23.1)$$

bu formuladagi birinchi had $-\frac{C'}{r^{k_1}}$ tortish kuchlariga tegishli had, $+\frac{C''}{r^{k_2}}$ esa itarishish kuchlariga tegishli. 23.5-rasmda bu hadlarning o'zgarishi va E_p potensial energiyaning panjaradagi qo'shni zarralar orasidagi r masofaga qarab o'zgarishi yig'indi chiziq orqali tasvirlangan. $k_2 > k_1$, bo'lganda, r ning kamayishi bilan itarishish kuchlari tortishish kuchlariga qaraganda tezroq o'sadi, kristallning siqilishga qarshilik ko'rsatishiga sabab ana shudir.



23.5-rasm. Kristall ion panjara E_p potensial energiyasining ionlar orasidagi r masofaga bog'liq.

Potensial o'raning eng chuqur joyi $r=r_0$ qiymatga to'g'ri keladi; r_0 -kattalik kristallning tashqi kuchlari ta'sirida bo'lmagan zarralari orasidagi masofani bildiradi. Har bir zarra o'z muvozanat holati atrofida, potensial o'radan chiqib ketmagan holda, bir oz tebranib turishi mumkin.

Kristall panjaralar nazariyasini Born va boshqa fiziklar rivojlantirgan. Born (23.1) formuladagi k_1 va k_2 daraja ko'rsatkichlar ma'lum bo'lganda, kristallarning elastiklik xossalari, kristallanish energiyasini, uning oltin xossalari va boshqalarini hisoblash mumkinligini

ko'rsatgan. Tajriba ma'lumotlari (23.1) ni mos keltirish uchun, geteropolyar panjaralar uchun $k_1=1$ va $k_2=9$ deb olish kerak; gomeopolyar panjaralar uchun k_2 katta qiymatlarga ega bo'ladi.

NaCl tipdagi eng sodda kubik kristall panjaraning energiyasini hisoblash, sxematik ravishda, quyidagicha bajarilishi mumkin. Bir-biridan r_0 uzoqlikda turgan $-\ell$ va $+\ell$ zaryadlarga ega bo'lgan ikkita xolis ionning potensial energiyasi:

$$E'_p = -\frac{e^2}{r_0} \quad (23.2)$$

Panjara ichidagi ikki qo'shni ionning potensial energiyasi, quyidagi ikki sababga ko'ra, bu miqdordan katta bo'ladi:

Har bir ionga uning eng yaqin qo'shnisidan tashqari, panjarasining barcha boshqa ionlari ham ta'sir qiladi;

Ionlar bir-biriga ta'sir qilib, itarishish kuchlarini vujudga keltiruvchi o'zaro qutblanish hosil qiladi.

[(23.1) formuladagi ikkinchi had].

Hisoblashlarning ko'rsatishiga NaCl tipdagi kristall uchun (23.2) formula quyidagi ifoda bilan almashitirilishi kerak:

$$E'_p = -0,2582 \frac{e^2}{r_0} \quad (23.3)$$

(23.3) formula bilan ifodalangan potensial energiya, son jihatdan, ikki qo'shni ionni panjaradan ajratib olib, ularni cheksiz uzoqlashtirish uchun bajariladigan ishga teng, boshqacha aytganda, u potensial energiya panjaradagi ikki qo'shni ionlar orasidagi bog'lanishni uzish uchun bajariladigan ishga teng.

S'hu panjarani tashkil qiluvchi moddaning bir molida N juft ion bor va kubik panjaradagi har bir ion 6 ta qo'shni ionga egadir. Shunday qilib, bir molni tashkil qiluvchi barcha ionlarni bir-biridan cheksiz katta masofaga uzoqlashtirish uchun $6N$ bog'lanishini uzish kerak. Bundan panjaraning bir molga mos keluvchi to'la potensial energiyasi

$$E_p = -0,2582 \frac{e^2}{r_0} \cdot GN \quad (23.4)$$

Kubik panjaradagi qo'shni ionlar orasidagi r_0 masofani quyidagicha aniqlaymiz; agar tekshirilayotgan kristallning zichligi ρ , molekulyar og'irligi μ va bir molining hajmi V_0 bo'lsa, u holda:

$$V_0 = \frac{\mu}{\rho}$$

Har bir elementar kubik yacheykaga to'g'ri keladigan $\mathcal{V} = r_0^3$ hajmini esa V_0 bir moldagi yacheykalar soniga bo'lib topamiz; yacheykalarining soni bir moldagi ionlar soniga, ya'ni $2N$ ga teng bo'ladi.

S'huning uchun

$$r_0^3 = \frac{V_0}{2N} = \frac{\mu}{2\rho N}$$

bundan

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2\rho N}}$$

Bu qiymatni potensial energiyaning (23.4) ifodasiga qo'yamiz:

$$E_p = -0,2582 \cdot G \cdot e^2 \sqrt[3]{\frac{2\rho N^4}{\mu}} \quad (23.5)$$

e va N konstantalar bo'lgani uchun, oxirgi ifoda

$$E_p = -K_3 \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \quad (23.6)$$

ko‘rinishida yozilishi mumkin. Agar ρ ni g/sm^3 larda, μ ni g/mol larda va E_p ni kal/mol larda ifodalasak, K ning son qiymati 545 ga teng bo‘ladi.

CsCl yoki CaF_2 tipidagi kristall panajarlari uchun ham (23.6) ga o‘xshash formula kelib chiqadi, faqat K konstantaning son qiymati boshqacha bo‘ladi.

4. Kristall panjарalarni elementar yacheykalari, burchaklari, qismlarini joylanishiga nisbatan 7 sistemali klassifikasiyaga bo‘linadi.

1. Triklin-tomonlari va burchaklarini bog‘lanishi $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
2. Monoklin - $a \neq b \neq c$; $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
3. Rombik - $a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4. Romboodrik - $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
5. Geksagonal - $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$
6. Totragonal - $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
7. Kubik - $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Bu klassifikasiyadagi kristallar panjарalarini tuzilishiga qarab 14 tipga bo‘linadi va ularni Brave panjарalari deyiladi.

Kristallarni simmetriya nazariyasini o‘rgangan rus kristallografi A.V.Gadolin kristallar 32 simmetriya sinfiga bo‘linadi. Yanada murakkab klassifikasiyaga ega bo‘lgan kristallar fazoviy gruppali simmetrik panjарali kristallari deyiladi. Rus kristallografi YE.S.Fedorov panjарalar simmetriyani fazoviy gruppasini o‘rganib, 230 simmetriyali fazoviy gruppaga ega kristallar mavjudligini aniqladi. Bunday simmetrik panjарali fazoviy gruppa kristallariga Fedorov kristallar gruppasi deyiladi. Kristallarni simmetrik fazoviy gruppalarini senizoparni xossalari bilan o‘rganib, murakkab sistemali kristallar klassifikasiyasini rus fizigi A.V.S’hubnisii o‘rgandi.

Kristallarni turlarga ajratishning ikki xil usuli mavjud:

Kristallografik - bu usulda zarralar joylashuvining fazoviy davriyligiga ahamiyat beriladi va shuning uchun ham zarralar geometrik nuqtalar sifatida qaralib, kristallning ichki tuzilishiga e’tibor berilmaydi.

Fizik - bu usulda panjарaning tugunlarida joylashgan zarralarning tabiati va ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarining xarakteriga e’tibor beriladi. Va aynan shu xossalarga asosan kristallar to‘rt turga bo‘linadi: ionli, atomli, metalli, molekuli.

Ionli kristallar - Kristall panjарaning tugunlarida qarama-qarshi zaryadli ionlar navbat bilan joylashgan bo‘ladi. Ionlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi, asosan, elektrostantik xarakterga ega. Ionli panjара osh tuzi NaCl va seziy xlor CsCl misol bo‘ladi.

Atomli kristallar - Kristall panjарaning tugunlarida kvant-mexanik tabiatdagi kuchlar tutib turadigan neytral atomlar joylashgan. Ular o‘rtasida elektr xarakteriga ega bog‘lanish mavjud. Atomli bog‘lanishga olmos, grafit, germaniy va kremniy misol bo‘la oladi.

Metall kristallar - Kristall panjарaning tugunlarida metallning musbat ionlari joylashgan bo‘ladi. Kristall panjара hosil bo‘lishida atomlar bilan kuchsiz bog‘langan valentli elektronlar atomlardan ajraladi va elektron gazini hosil qiladi. Natijada metallning musbat ionlar o‘rtasida xarakatlanadigan erkin elektronlar vujudga keladi va metallarining elektr o‘tkazuvchanligini ta’minlaydi. Metall kristallga ko‘pchilik metallar misol bo‘ladi.

Molekulali kristallar - Kristall panjарaning tugunlarida ma’lum tartibda yo’naltirilgan molekular joylashgan bo‘ladi. Ular orasida molekular o‘zaro ta’siriga xos bo‘lgan tortishish kuchlari mavjud bo‘ladi. Molekulali kristallarga naftalin, parafin, quruq muz (CO_2), myz va hokozalar kiradi.

Real kristallarning uncha katta bo‘lmagan bulagigina ideal tuzilishga ega bulishi mumkin. Boshqa qismlarda esa panjара tugunlarida zarralar joylashuvining batartibligi buziladi va kristall

panjaraning defektlari deyiladi. Kristallardagi defektlar (kamchilik, nuqson) ularning fizik, mexanik xossalarga katta ta'sir ko'rsatadi.

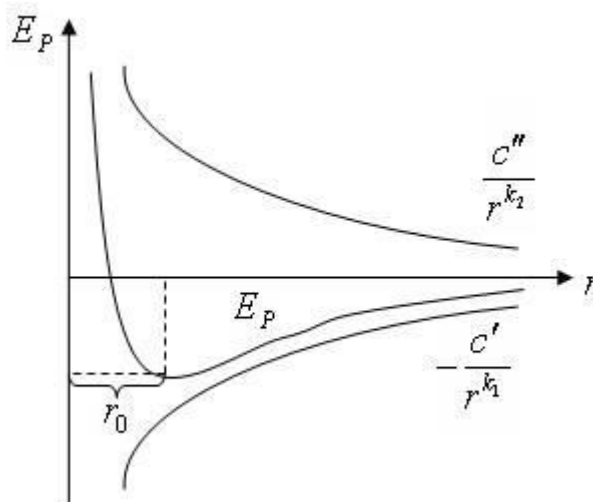
Suyuk kristallar - ba'zi organik moddalarning shunday holati mavjudki, ular garchi suyuqliklarga xos bo'lgan oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lsalar-da, lekin kristallarga xos bo'lgan molekullarning joylashuvdagi ma'lum batartiblik va ba'zi fizik xossalari bo'yicha anizotropik xususiyatlarga egadir.

Suyuq kristallar ma'lumotlarni qayta ishlash va tasvirlash, harfi-sonli ekranlar, ya'ni elektron hisoblash mashinalari, elektron soatlar, mikrokalkulyatorlar, reklama shchitlarida ishlatiladi. Yupqa ekranli televizorlar va monitorlarda ham suyuq kristallardan foydalaniladi. Ularning tibbiyotda qo'llaniladigan nozik asboblarda, nazorat qurilmalari qo'llanilishi mumkin.

5. Monokristallardagi siqilish, cho'zilish, buralish, egilish deformasiyalari, kristall panjaralarning mavjudligi nuqtai nazaridan (mexanik xossalari asosida) osongina tushuntirish mumkin.

Kristall panjaraning muvozanati panjarani tashkil qiluvchi zarralar (ionlar va atomlar) orasidagi tortishish va itarishish kuchlarining o'zaro kompensasiyalashib turishidan kelib chiqadi. Masalan, ion panjarada, kristall siqilganda qo'shni ionlar orasidagi r_0 masofa qisqaradi, itarishi kuchlari tortishish kuchlaridan katta bo'lib qoladi. Buning natijasida, kristallni siqayotgan tashqi kuchga aks ta'sir qiluvchi itarishish yig'indi kuchi vujudga keladi. Ionlar muvozanat holatidan qancha ko'p chiqarilgan bo'lsa, ya'ni deformasiya qancha ko'p bo'lsa, itarishish kuchi ham shuncha ko'p bo'ladi. Tashqi kuchning ta'siri to'xtasa, ionlar o'zlarining muvozanat holatlariga qaytadi, panjara dastlabki ko'rinishga keladi. Bu kristalning deformasiya yo'qoldi, demakdir. Kristall cho'zilganda, burilganda va egilganda ham xuddi shuning kabi, qo'shni ionlar orasidagi r_0 masofa kattalashadi, tortishish kuchlari itarishish kuchlaridan katta bo'ladi, kristal butunligiga tashqi kuchga qarshilik ko'rsatadi.

Siljish deformasiyasi vaqtida panjara qiyshayadi. Agar panjara eng sodda kub ion panjaradan iborat bo'lsa, panjaraning har bir elementar musbat (yacheykasi) kub shakldan qiyshiq burchakli parallelepipedga aylanadi, as-diognal qisqarib, va diognal uzayadi.



23.6-rasm. Siljish deformasiyasida kristall panjaraning qiyshayishi

Natijada a va c ionlar orasida itarishish kuchlari b va d ionlar orasida tortishish kuchlari vujudga keladi. Panjara o'zining dastlabki shaklini tiklashga intiladi, bu esa elastik siljish deformasiyasining vujudga kelishiga sabab bo'ladi.

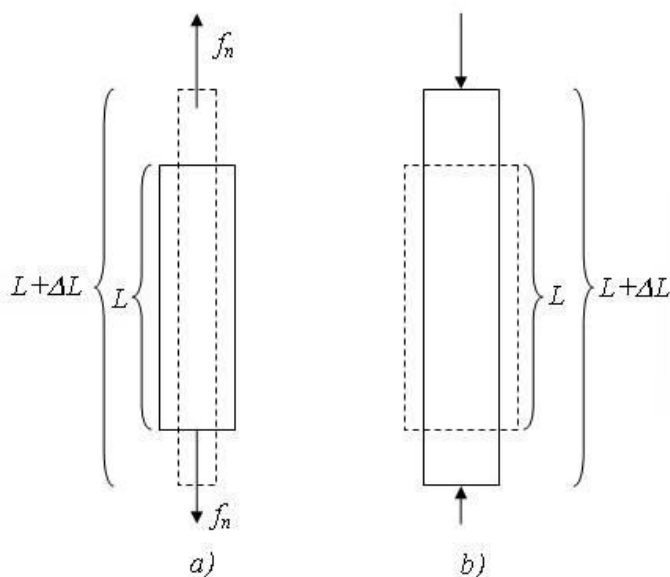
Har qanday qattiq jism tashqi kuchlar ta'sirida deformasiyalanadi, ya'ni o'z shaklini o'zgartiradi. Masalan, cho'zuvchi kuch ta'sirida uzayuvchi prujina siquvchi kuch ta'sirida qisqaradi.

Gun kashf qilgan qonunga ko'ra, deformasiyaning ΔX kattaligi ta'sir qiluvchi f kuchga proporsionadir:

$$\Delta X = Kf \quad (23.7)$$

bunda K-berilgan qattiq jismning ko'zatilayotgan tur deformasiyasi uchun o'zgarmas kattalikdir.

Eng sodda deformasiyalardan birini, ya'ni bo'yлама cho'zilishi yoki bir tomondama siqilishini ko'raylik.



23.7-rasm. Cho'zilish (a) va siqilish (b) deformasiyalari.

Uzunligi L ga, ko'ndalang kesimining yuzi S ga teng bo'lgan bir jinsli sterjenni qaraylik. Bu sterjenning uchlariga f_n kuchlar ta'sir qilsa, sterjenning uzunligi ΔL miqdorga o'zgaradi.

Cho'zuvchi kuchlari musbat deb hisoblaymiz; bu holda ΔL ham musbat bo'ladi (23.7-a rasm), ya'ni sterjen uzayadi. Siquvchi kuchlari manfiy deb hisoblaymiz; bu holda ΔL ham manfiy bo'ladi (23.7-b rasm), ya'ni sterjen bir tomonlama siquvchi kuchlar ta'siridan bo'lsa, uning L -uzunligi kamayadi. Demak f kuch ta'sirida qattiq jism deformasiyani uzunligini nisbiy o'zgarishi $\Delta L/L$ -muhimdir.

S'huningdek, bu holda $\frac{f_n}{S} = P$ kattalikni kuchlanish deyiladi. Natijada

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \frac{f_n}{S}$$

yoki

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha P_n \quad (23.8)$$

bu yerda koeffitsiyent α -elastiklik koeffitsiyenti deyiladi. (23.8) formuladan $E = \frac{1}{\alpha}$ kattalikka esa elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi. Yung moduli YE ni (23.8) formulaga qo'yamiz:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{E} \cdot P_n \quad (23.9)$$

(23.8) va (23.9) formulalardan:

$$\alpha = \frac{\Delta L / L}{P_n}, \quad E = \frac{P_n}{\Delta L / L} \quad (23.10)$$

ko'rinadiki elastiklik koeffitsiyenti α_1 - sterjenni nisbiy uzayishiga bog'liq ekan. Shuningdek uzunligi L_0 bo'lgan sterjenga P_n kuchlanish ta'sir ilaypti deylik, u holda sterjenning yangi uzunligi

$$L = L_0 + \Delta L$$

teng bo'ladi. (23.8) formulaga asosan $\Delta L = \alpha L_0 P_n$ va sterjenning ya'ni uzunligi

$$L = L_0(1 + \alpha P_n) \quad (23.11)$$

demak, kuchlanish P_n ga chiziqli bog'lanishda ekan. Sterjenga ta'sir etuvchi kuch:

$$f_n = \frac{E \cdot S}{L} \cdot \Delta L \quad (23.12)$$

ta'sirida ΔL sterjen uzunligi o'zgarishi natijasida A-ish bajariladi. Agar sterjenga ta'sir etuvchi kuchni o'rtacha f_n bilan belgilasak:

$$A = f_n \cdot \Delta L \quad (23.13)$$

yoki (23.13) formulaga (23.12) ni qo'ysak

$$A = \frac{1}{2} \frac{ES}{L} \cdot \Delta L^2 \quad (23.14)$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Bu ish elastik deformasiyalangan sterjenda potensial energiya hosil qilish uchun sarflanadi

$$E_p = \frac{1}{2} \left(\frac{ES}{L} \right) \Delta L^2 \quad (23.14)$$

Demak, elastik deformasiyalangan sterjenning potensial energiyasi deformasiyaning ΔL^2 ga proporsional ekan. Qattiq jismning siljish deformasiyasiga keltiruvchi buralish deformasiyasini qaraylik. L-uzunlikdagi va r radiusli doiraviy silindr shakldagi sterjenni qaraylik. Buralish deformasiyasi sterjenning yuqori kesimi qo'zg'almas qilib mahkamlangan va pastki kesimiga esa sterjenni burovchi M kuch moment ta'sir qilsin. Pastki kesimini biron bir radiusda OA= ρ kesmani olib qaraymiz.

Burovchi moment ta'sirida OA kesma φ burchakka buraladi va OA' vaziyatni egallaydi. φ/L -kattalik nisbiy deformasiya bo'ladi, ya'ni sterjen uzunligi birligiga to'g'ri keladigan burilish burchagi nisbiy deformasiyani ifodalaydi. Elastik deformasiya chegarasida bu φ/L -kattalik burovchi moment M-ga proporsionaldir.

$$\frac{\varphi}{L} = c M \quad (23.15)$$

Bu yerda c-berilgan sterjen uchun o'zgarimas kattalikdir: sterjen buralganda uning pastki asosi yuqori asosiga nisbatan siljiydi; BA-to'g'ri chiziq burilib, BA' vaziyatni egallaydi, ψ burchak siljish burchagi bo'ladi. Bizga ma'lumki, qattiq jismning siljish moduli N e'tiborga olib ψ siljish burchagi nisbiy siljishni xarakterlaydi; ya'ni

$$\psi = \frac{1}{N} \cdot P_t \quad (23.16)$$

bunda P_t – sirtning A' nuqta yaqinidagi ds elementiga ta'sir qiluvchi urinma kuch, N-siljish moduli.

Demak,

$$\psi = \frac{AA'}{L} = \frac{\varphi \cdot \rho}{L} \quad (23.17)$$

bundan (23.16) ga asosan:

$$P_t = N\psi = N \frac{\varphi \cdot \rho}{L} \quad (23.18)$$

shuningdek 8-rasmda φ —burilish burchagi,

$$\varphi = \frac{2}{\pi N} \cdot \frac{L}{r^4} \cdot M \quad (23.19)$$

tenglik orqali aniqlanadi (23.19) va (23.15) formulalarning taqqoslab:

$$C = \frac{2}{\pi N} \cdot \frac{1}{r^4} \quad (23.20)$$

kuch momenti M ni (23.19) formuladan:

$$M = \frac{\pi N}{2} \cdot \frac{r^4}{L} \cdot \varphi \quad (23.21)$$

topamiz. Demak kristall panjaralar nazariyasi kristallarning mustahkamligini hisoblash imkonini beradi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Kristiallaning anizotropi, monokristallar, polikristallar, amorf jismlar, polimerlar va ularning xossalari, defektlar, suyuq kristallar va suyuq kristallarning qo'llanilishi, qattiq jismlarning deformasiyasi, deformasiya va qattiq jismning tuzilishi, materialning mustahkamligi cho'zilish, siljish, buralish deformasiyalari, moddalarning murtligi va qattiqligi kristall panjaralarni tuzilishi.

V. Mavzu yuzasidan savollar.

1. Qattiq jismlarning xossalari, turlarini tushuntiring?
2. Kristall jismlarning anizotropi va izotropini aytib bering?
3. Kristall panjara va tugunlarni mohiyatini tushuntiring?
4. Kristall jismlarning turlari, xususan monokristallar deb qanday jismlarga aytiladi?
5. Polikristallar deb qanday kristallarga aytiladi?
6. Kristallar necha sistemaga bo'linadi va ularni aytib bering.
7. Kristal panjaralarning energiyasini mohiyatini tushuntiring?
8. Amorf jismlar qanday jismlar, misollar keltiring?
9. Kristallarni klassifikatsiyasi, molekulali kristallar, suyuq kristallar, ionli kristallar, atomli kristallar va metall kristallar haqida tushuncha bering?
10. Polikristallarning izotop bo'lishi, polimorfizm deb nimaga aytiladi?
11. Kristallarning fizik, mexanik xossalari to'g'risida tushuntiring?
12. Polimerlar haqida tushuntiring?

VI. Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.K.Kikoin, I.K.Kikoin «Molekulyar fizika» T. «O'qituvchi» 1978, 419-444 bet.
2. S.E.Frish, A.V.Timorev «Umumiy fizika kursi» I-tom T. «O'qituvchi» 1965 134-140 bet.
3. D.S.Sivuxin «Umumiy fizika kursi» Termodinamika va molekulyar fizika» T. «O'qituvchi» 1984. 490-520 bet
4. R.V. Telesnin «Molekulyarnaya fizika» M.: Vs.shkola 1973 s.247-280
5. K.S. Zoxidov «Kristallografiya» o'quv qo'llanma T. «O'zbekiston» 2003, 254 bet.

Mavzu-24: Qattiq jismlarning issiqlik xossalari

Reja

1. Qattiq jismlardagi issiqlik harakati.
2. Qattiq jismning issiqlikdan kengayishi.
3. Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi.
4. Qattiq jismlarning erishi va bug'lanishi.
5. Gazlarning qattiq jismlar tomonidan adsorbsiya va absorbsiya qilinishi.
6. Xulosa

Kristall

Qattiq jismning fazoviy panjarasini tashkil qiluvchi har bir zarra (atom yoki ion) muvozanat vaziyat atrofida tebranib turadi. Qattiq jismning ichki energiyani mana shu tebranishlarning energiyasidan iboratdir. Qattiq jismlardagi zarralarning issiqlik harakati, gaz va suyuqliklardagi zarralarning issiqlik harakatidan shuning uchun farqlanadi. Gazlarda alohida molekulalar erkin uchib yuradi va bir-biri bilan faqat elastik to'qnashishlarga uchraydi; gazlarda diffuziya jarayoni tezlik bilan o'tishiga olib keladi.

Suyuqliklarda esa molekulalar o'zining tartibsiz harakati tufayli qo'shni molekulalar bilan uzluksiz tebranib turadi. Suyuqliklarda ham, gazlardagiga nisbatan sekinroq bo'lsada diffuziya mavjuddir. Ammo qattiq jismlarda zarralar (atom va ion) ma'lum muvozanat atrofida tebranib

tursada, bir joydan ikkinchi kamdan kam holda joyga o'tishi mumkin, shu sababli diffuziya juda sekin bo'ladi. Qattiq jismning temperaturasi ko'tarilsa, zarralarning muvozanat vaziyatlardan chetlanishlari ko'payadi. Bu qattiq jismni issiqlikdan kengayishiga olib keladi.

Ma'lumki, qattiq jismning 273 K temperaturadagi uzunligini L_0 ga teng deb olib, uning ΔT temperaturagacha ($\Delta T = T - T_0$) qizdirgandagi ΔL uzayishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (24.1)$$

bunda α – qattiq jismning issiqlikdan chiziqli kengayishi koeffitsiyenti. Bundan jismning T temperaturadagi L_T uzunligi;

$$L_T = L_0 + \Delta L = L_0(1 + \alpha \Delta T) \quad (24.2)$$

ya'ni qattiq jismning uzunligi temperatura bilan chiziqli bog'lanishda o'sadi.

Qattiq jismlar uchun chiziqli kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lib, ular 10^{-5} va 10^{-6} grad $^{-1}$ ga yaqin kattalik atrofida bo'ladi. Agar (24.2) dan α ni aniqlasak

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta L}{L_0} \quad (24.3)$$

ni topamiz. Demak, α jismning nisbiy chiziqli kengayishi $\frac{\Delta L}{L}$ ning temperatura o'zgarishi ΔT ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{K} \cdot \frac{1}{M} = 1K^{-1}.$$

Chiziqli kengayish natijasida jismning hajmi ham kattalashadi. Qirralarining uzunligi L_0 bo'lgan kub shaklidagi jismning ko'z oldimizga keltiraylik; uning L_0^3 ga teng bo'lgan dastlabki hajmini V_0 orqali belgilaymiz. U holda T temperaturadagi hajm

$$V = L_0^3(1 + \alpha \Delta T)^3 = V_0(1 + \alpha \Delta T)^3.$$

Bu ifodadagi $(1 + \alpha \Delta T)$ binomni kubga oshirib, α^2 hamda α^3 qatnashgan hadlarni etiborga olsak,

$$V = V_0(1 + 3\alpha \Delta T)$$

bo'ladi. 3α ni β orqali belgilasak,

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T) \quad (24.4)$$

Bu yerdagi kattalik β qattiq jismning issiqlikdan hajmiy kengayish koeffitsiyenti deyiladi.

Anizotron kristallarda chiziqli kengayish koeffitsiyenti α turli yo'nalishlar uchun turlicha bo'ladi. Natijada kristall kengaygandan so'ng, o'ziga o'xshash bo'lmay qoladi: kristall o'z shaklini o'zgartiradi. Ammo kristallning to'g'ri chiziqli issiqlikdan kengayishi, to'g'ri chiziqligicha qolaveradi. Bu yo'nalishlar kristallografik o'qlar deyiladi. Issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti α ning mana shu yo'nalishlar bo'yicha olingan qiymatlari bosh qiymatlar deyiladi. Umumiy holda kristallar uchta shunday o'qqa va issiqlikdan chiziqli kengayishning uchta bosh koeffitsiyenti α_1 , α_2 va α_3 ga egadir.

Kristallning hajmiy kengayish koeffitsiyenti taqriban chiziqli kengayishning bosh koeffitsiyentlari yig'indisiga teng. Izotrop jism uchun $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$ va bu holda $\beta = 3\alpha$ ga teng bo'ladi.

Qattiq jismning ichki energiyasi jismni tashkil qiluvchi zarralarning zapas tebranish energiyasidan va shuningdek, ularning o'zaro potensial energiyasidan iboratdir, ya'ni $W = W_c = W_p$ ga teng bo'ladi. Kristall panjarani tashkil qiluvchi zarralar (atomlar va ionlar) umuman aytganda, erkin bo'lmaydi, chunki ular orasida anchagina o'zaro ta'sir kuchlari bo'ladi. Shuning uchun zarralarning tebranishlarini bog'langan tebranishlar deb qarash kerak; butun panjarada turli chastotali tebranishlar vujudga keladi. Shu tebranishlarning energiyasi nazarga olinishi kerak.

Har bir zarra muvozanat vaziyat atrofida tebranma harakat qiladi. Zarra tebranishining o'rtacha energiyasini aniqlash uchun, zarra ham kinetik, ham potensial energiya zapasiga ega bo'lishini e'tiborga olish kerak.

Har bir zarra muvozanat vaziyat atrofida uch yo'nalishda tebranishini e'tiborga olinsa, zarraning erkinlik darajasi $i=3$ ga teng bo'ladi. Shuning uchun o'rtacha kinetik energiya

$$\overline{W}_k = \frac{i}{2} kT = \frac{3}{2} kT$$

teng bo'ladi. Bitta zarrani o'rtacha energiyasining to'la qiymati

$$\overline{W} = 2\overline{W}_k = 3kT$$

Bir mol qattiq jismning to'la ichki energiyasi U ni topish uchun, bir zarraning o'rtacha energiyasini bir molda bo'lgan erkin tebranuvchi zarralar soniga ko'paytirish kerak

$$U = \overline{W} \cdot N = 3NkT = 3N \frac{R}{N} \cdot T = 3RT \quad (24.5)$$

bu yerda $R = 8,31 \cdot \text{Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$ – gaz doimiysi.

Issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lgan qattiq va o'zgarmas hajmdagi va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi amalda bir-biridan farq qilmaydi. Hajm o'zgarmas bo'lganda issiqlik berilsa, bu issiqlikning hammasi ichki energiyani ortishiga sarf bo'ladi. Shuning uchun o'zgarmas hajmdagi atomning issiqlik sig'imi quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$C_v = \left(\frac{dn}{dT} \right)_v = 3R \approx 6 \text{ кал} / \text{К} \cdot \text{моль} = 25,12 \text{ Дж} / \text{К} \cdot \text{моль}$$

ya'ni barcha ximiyaviy sodda kristall qattiq jismlarning atom issiqlik sig'imi yetarli darajada yuqori temperaturada 6 kal/Kmol ga tengdir. Bu xulosa Dyulong va Pti qonuni deb yuritiladi.

Dyulong va Ptilarning o'zlari bu qonunni uy temperaturasi sharoitida bir qancha qattiq jismlar uchun olingan empirik ma'lumotga asoslanib kashf etganlar. *Al*-alyuminiy, *Fe*-temir, *Au*-oltin, *Cd*-kadmiy va shu kabi moddalar uchun $C=6$ kal/Kmol ga yaqin, ya'ni ular uy temperaturasida atomlar amalda bir-biridan mustaqil ravishda tebranishi uchun yetarlidir: bu jismlar uchun Dyulong va Pti qonuni bajariladi. Olmos, kremniy va Bor uchun uy temperaturasi atom issiqlik sig'imi 6 kal/Kmol dan ancha kichik.

Ximiyaviy murakkab moddalarning ko'pchilik kristallari ion xarakteridagi kristallar bo'ladi. Masalan, gazsimon natriy xlorning bir molidagi NaCl molekulalarining soni Avagadro soni N ga teng bo'ladi. Osh tuzi kristalida esa panjaraning tugunlarida joylashgan Na^+ va Cl^- ionlar bo'lib, ularning umumiy soni $2N$ ga teng bo'ladi. Kristall osh tuzining molyar issiqlik sig'imi

$$C = 2 \frac{i}{2} k \cdot 2N = 6kN = 6R$$

ga yoki taqriban 12 kal/K·mol ga teng bo'lishini topamiz. Shuningdek barcha boshqa ikki atomli birikmalarning ham qattiq holatdagi molyar issiqlik sig'imi taqriban 12 kal/K·mol ga teng bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. Uch atomli birikmalarning molyar issiqlik sig'imi, taqriban, 18kal/K·mol ga, to'rt atomli birikmalarning molyar issiqlik sig'imi taxminan, 24kal/K·mol ga teng bo'lishi kerak.

Bu xulosa empirik yo'l bilan aniqlangan Joul va Kopp qonuniga mos keladi. Bu qonunga ko'ra, qattiq holatdagi birikmalarning molyar issiqlik sig'imi bu birikmalar tarkibiga kiruvchi elementlar atom issiqlik sig'imlarning yig'indisiga teng. Temperatura absolyut nolga intilganda barcha qattiq jismlarning issiqlik sig'imi nolga intiladi. Qattiq jism issiqlik sig'imining juda past temperaturalarda o'zgarish faqat kvant mexanikasi asosidagina tushuntirilishi mumkin.

Uy temperaturasida ($T \approx 300\text{K}$) qattiq jismning issiqlik sig'imini klassik usulda hisoblash mumkin. -200°C ga yaqin temperaturalarda esa, issiqlik sig'imini kvant nazariyasi asosida hisoblash kerak bo'ladi. Qattiq jismlar issiqlik sig'imi kvant nazariyasining asoslarini Eynshteyn qurib bergan edi. So'ng Debay panjarani tashkil qiluvchi zarralarning past temperaturalardagi o'zaro ta'siri katta rol o'ynashini e'tiborga oldi. Juda past temperaturalarda qattiq jismlarning issiqlik sig'imi absolyut temperaturaning uchinchi darajasiga proporsional bo'lib o'zgaradi.

Rus fizigi L.I.Mandelshtam kristallarda elastik issiqlik to'lqinlarining mavjud bo'lishi kristalldan sochiluvchi yorug'likning xarakteriga ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatdi. Bu hodisani

rus fizigi YE.F.Gross tajribada kuzatdi va qattiq jismlarda elastik issiqlik tebranishlarning mavjud bo'lishini tajribalar asosida tasdiqladi.

Agar modda eriganda uning hajmi kattalashadigan bo'lsa, bosim ortishi bilan erish temperaturasi ham ko'tariladi: erigan modda bosim ortishi bilan yana qotib qolishi mumkin.

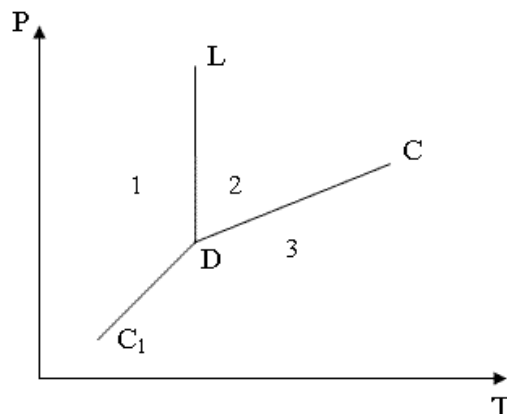
Agar modda erigan vaqtida uning hajmi kichrayadigan bo'lsa (suv, vismut, sur'ma va ba'zi boshqa moddalar), bosim ortishi bilan erish temperaturasi pasayadi; qotgan jism bosim ortishi bilan yana suyulib qolishi mumkin.

Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish proses energiya sarflash bilan bog'liq; boshqacha aytganda, berilgan qattiq jism massani shu temperaturadagi suyuq holatga o'tkazish uchun, jismga ma'lum miqdorda issiqlik berish kerak bo'ladi. Bu erish issiqlik deyiladi. Suyuqlik qotgan vaqtda bu energiya issiqlik shaklida ajralib chiqadi. Erish issiqligi turli moddalar uchun turlichadir. Masalan, suv uchun u 80kal/g ga, simob uchun esa atigi 2,75kal/g ga teng.

Erish temperaturasi berilgan moddaning tozaligiga juda ham bog'liqdir. Ba'zan ozgina miqdorda boshqa bir moddaning qo'shilishi erish temperaturasining sezilarli darajada pasaytirishi mumkin. Qattiq jismlar ham suyuqliklar kabi, har qanday temperaturada ozmi-ko'pmi bug'lanib, shu moddaning bug'ini hosil qiladi.

Suyuqlikni berk idishda sovitamiz, suyuqlik ustida esa faqat to'yingan bug' bo'lsin. Temperatura pasaygan sari, bug'larning bosimi ham kamayadi; bu bosimning temperaturaga qarab o'zgarishining grafigi (24.1-rasm)dagi CD chiziq orqali tasvirlangan.

To'yingan bug' bosimi ostidagi suyuqlikning qotishi temperaturasiga D nuqta to'g'ri keladi. D nuqtaga yetgach, sistemadan issiqlik olish davom ettirilgani holda, suyuqlik qattiq holatga o'ta boshlaydi, shuning bilan birga, suyuqlikning hammasi qattiq holatga o'tguncha, temperatura o'zgarmaydi.



24.1-rasm Uchlik nuqta
1-qattiq faza; 2-suyuq faza; 3-gazsimon faza

Bu vaqt ichida to'yingan bug'larning bosimi ham o'zgarmaydi va u D-nuqtaning ordinatasiga teng bo'ladi. Butun suyuqlik qattiq holatga o'tgach, qattiq jism ustidan to'yingan bug' ilgariidek mavjud bo'ladi. Qattiq jismni sovitish davom ettirilsa, to'yingan bug'larning bosimi ham pasaya boshlaydi, lekin bu pasayish yangi DG chiziq bo'yicha boradi.

S'Hunday qilib D nuqtada ikkita chiziq uchrashadi, qattiq holatdagi berilgan modda ustidagi to'yingan bug' bosimning temperaturaga bog'liqligini tasvirllovchi GD egri chiziq bilan suyuq holatdagi o'sha modda ustidagi to'yingan bug' bosimining temperaturaga bog'liqligini ko'rsatuvchi CD chiziq uchrashadi. D nuqtaning absissasiga to'g'ri keluvchi temperaturadan past temperaturalarda bug' faqat qattiq jism bilangina muvozanatda bo'lishi mumkin; bu temperaturadan yuqori temperaturada esa bug' faqat suyuqlik bilan muvozanatda bo'la oladi. D nuqtaning o'zida moddaning uch holati qattiq, suyuq va ular ustida to'yingan bug' yoki boshqacha aytganda, uchala fazasi muvozanatda bo'ladi. Shuning uchun D-nuqta uchlik nuqta deyiladi.

Masalan suv uchlik nuqtada ($0,00748^{\circ}\text{C}$ da) $P_0=4,58$ mm Hg bosimli to'yingan bug'ga ega bo'ladi; -1°C da muz ustidagi to'yingan bug'ning elastikligi 4,22 mm Hg va -10°C da 1,95 mm Hg bo'ladi.

Ma'lumki, gaz tegib turgan biror qattiq jismni havosi so'rib olinayotgan idish ichiga joylashtirilsa, jismdan ilgari unga tegib turgan gaz chiqadi. Bundan, qattiq jismlar gazlarni yutadi, degan xulosa kelib chiqadi.

Gazning bosimi qancha katta bo'lsa va qattiq jismning sirti qancha katta bo'lsa, bu yutilish ham shuncha katta bo'ladi. Qattiq jismlarda ikki xil yutilish bo'ladi; ular adsorbsiya va absorbsiya deyiladi.

Adsorbsiya gazning qattiq jism sirtiga yupqa qatlam bo'lib yopishishidan iborat. Absorbsiya (yoki okklyuziya) qattiq jismning butun massasi tomonidan gazning haqiqatan ham yutilishidir, ya'ni gazlarning suyuqliklarda erishiga o'xshash prosessdir.

Ba'zi qattiq jismlar gazni shunchalik ko'p miqdorda yuta oladiki, natijada yutilgan gazning hajmi qattiq jismning o'z hajmidan yuzlab marta katta bo'ladi. Qizdirilgan Palladiy o'z hajmidan normal bosimdagi hajmi 1000 marta katta bo'lgan miqdordagi vodorodni ko'p yutadi. Yutilgan gazlar vakuumda qizdirish natijasida ajralib chiqadi.

Adsorbsiya va absorbsiya (okklyuziya) hodisalari vakuum texnikasida katta rol uynaydi. Masalan pista ko'mirdan ko'pchilik gazlarni, ayniqsa past temperaturalarda, juda ko'p adsorbsiyalash qobiliyatidan foydalanadilar. Qattiq jismning sirtida faqat gazlarga emas, suyuqliklar ham adsorbsiyalanishi mumkin.

IV. Tayanch tushunchalar.

Kristall qattiq jismning fazoviy panjarasi, atom yoki ionning muvozanat vaziyat atrofida tebranishi, qattiq jismlarni ichki energiyasi, zarralarning muvozanat vaziyatidan chetlashishi, qattiq jismning chiziqli yoki hajmiy uzayishi, kristall qattiq jismlarning issiqlik sig'imi, Dyulong va Pti qonuni, qattiq jismlar uchlik nuqtasi, adsorbsiya va absorbsiya yutilishi.

V. Mavzu yuzasidan savollar.

1. Qattiq jismning zarralari harakati va energiya bog'lanishini tushuntiring?
2. Qattiq jism zarralarining to'la ichki energiyasini mohiyatini aytib bering?
3. Issiqlikdan kengayish deyu nimaga aytiladi va uning sababi nima?
4. Chiziqli kengayishning temperatura koeffitsiyenti qanday fizik ma'noga ega va uning o'lchov birligi nima?
5. Qattiq jismning hajmiy kengayishi-koeffitsiyenti qanday fizik ma'noga ega va uning o'lchov birligi nima?
6. Kristall qattiq jismlarning issiqlik sig'imi nimaga bog'liq bo'ladi?
7. Dyulong va Pti qonunini mohiyatini tushuntiring?
8. Uchlik nuqtani tushuntirib bering?
9. Gazlarni qattiq jismlar tomonidan yutilishini adsorbsiya va absorbsiya yo'llarini va texnikada, sanoatda foydalanish to'g'risida aytib bering?

VI. Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.K.Kikoin., I.K.Kikoin. «Molekulyar fizika» T. «O'qituvchi» 1978, 459-467bet.
2. S.E.Frish va A.V.Timorova «Umumiy fizika kursi» I tom T. «O'qituvchi» 1965, 403-419 bet.
3. R.V.Telesnin «Molekulyar fizika» Iz-vo. «Vsshaya shkola» M. 1973, s. 277-283.
4. O'.B.Jo'rayev «Molekulyar fizika» Samarqand 1993, 182-189 bet.
5. O.D.S'hebalin «Molekulyar fizika» M. «Vsshaya shkola» 1978 s.154-164.

Mavzu-25. I va II tur fazoviy o'tishlar.

Reja:

1. Qattiq holatga o'tish.
2. Holat diagrammasi. Uchlanma nuqta.
3. Birinchi va ikkinchi tur fazoviy o'tishlar.
4. Qattiq geliy.
5. Xulosa.

Biz suyuq gazsimon holatlarning qattiq holatga o'tishi, ya'ni kristallanish va aksincha o'tish –erish va qaynashni ko'rdik. Avval VII bobda suyuqlikning bug'ga o'tishini- bug'lanishni va aksincha o'tish- kondensatsiyani ko'rdik. Bu barcha fazaviy o'tishlarda jism yoki tegishli o'tishning yashirin issiqligi (Erish isiqqligi, bug'lanish issiqligi va h.k) sifatida energiya ajratadi yoki energiya yutadi. Energiyaning yoki energiya bilan bog'lik bo'lgan boshqa kattaliklar, masalan, zichlikning sakrashsimon o'zgarishi bilan bo'ladigan fazaviy o'tishlar birinchi tur fazaviy o'tishlar deb ataladi.

Birinchi tur fazaviy o'tishlar uchun modda xossalarining sakrashsimon, ya'ni juda qisqa temperaturalar intervalida o'zgarishi xarakterlidir. Binobarin, aniq o'tish temperaturasi yoki o'tish nuqtasi haqida, masalan, qaynash nuqtasi, erish nuqtasi va xokazo haqida gapirish mumkin.

Fazaviy o'tishlar temperaturalari tashqi parametr - p bosimga bog'liq; berilgan temperaturada o'tish sodir buladi. Fazaviy muvozanat chizig'i bizga ma'lum bulgan Klapeyron-Klauzius tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)},$$

bu yerda L-o'tish molyar issiqligi, V_1 va V_2 har ikkala fazaning molyar hajmlari.

Birinchi tur fazaviy o'tishlarda yangi faza birato'la butun hajmda paydo bo'lmaydi. Dastlab yangi fazaning markazlari hosil bo'lib so'ngra ular o'sib butun hajmga tarqaladi.

Markazlarning hosil bo'lish protsessi bilan suyuqlikning kondensatsiyasida duch kelgan edik. Kondensatsiya uchun chang zarralari, ionlar va hokazo ko'rinishida kondensatsiya markazlari bulishi zarur. Xuddi shuningdek, suyuqlikning qotishi uchun kristallanish markazlari bo'lishi zarur. Bunday markazlar bo'lmaganida bug' va suyuqlik o'ta sovigan holatda bo'lishi mumkin. Masalan, -10^0 S temperaturada ham, agar suv toza bo'lsa, uzoq muddat muzlamasligini kuzatish mumkin.

Biroq shunday fazaviy o'tishlar ham bo'ladiki, ularda aylanish butun hajmda kristall panjaranining uzluksiz o'zgarishi, ya'ni panjarada zarralarning o'zaro qayta joylashishi natijasida darhol ro'y beradi. Bu ma'lum temperaturada panjara simmetriyasining o'zgarishi, masalan, past simmetriyali panjaraning yuqori simmetriyali panjaraga aylanishiga olib kelishi mumkin. Bu temperaturada fazaviy o'tish ikkinchi tur fazaviy o'tish deb ataladi. Ikkinchi tur fazaviy o'tish sodir buladigan bu temperatura Kyuri nuktasi deb ataladi. Bu birinchi marta ferromagnetiklarda ikkinchi tur fazaviy o'tishlarini kashf qilgan olim Per Kyuri sharafiga shunday deb atalgan.

Holat bunday uzluksiz o'zgarganida o'tish nuqtasida ikki turli fazaning muvozanati bulmaydi, chunki o'tish butun hajmda birdaniga sodir buladi. Shuning uchun o'tish nuqtasida U ichki energiyaning sakrashi xam ro'y bermaydi. Demak, bunday o'tishda o'tish yashirin issikligining ajralishi xam, ro'y bermaydi. Birok o'tish nuqtasidan yuqori va past temperaturada modda turli kristall modifikatsiyali bo'lgani uchun ularning issiklik sig'imi turlicha bo'ladi. Demak, fazaviy o'tish nuqtasida issiklik sig'imi, ya'ni ichki energiyadan vaqt bo'yicha olingan hosilasi $\frac{dU}{dT}$ sakrashsimon o'zgaradi.

Garchi o'tish nuqtasida hajmning o'zi o'zgarmasa-da, hajmiy kengayish koeffitsenti $\frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ sakrash bilan o'zgaradi.

S'Hunday ikkinchi tur fazaviy o'tishlar xam borki, ularda holatning uzluksiz o'zgarishi kristall strukturasining o'zgarishini bildirmaydi, biroq bu o'tishlarda holat birdaniga butun hajmda uzgaradi. Bunday tur o'tishlarning eng mashhuri moddalarning ferromagnit holatdan ferromagnit

bo'lmagan holatga o'tishidir, bunday o'tish Kyuri nuktasi deb atalgan temperaturada sodir bo'ladi; ba'zi metallarning normal holatda o'ta o'tkazuvchan elektr karshiligi yo'qoladi. Ikkala holda ham o'tish uzluksiz va birdaniga butun hajmda o'zgaradi. Suyuk geliyning Ne I holatdan Ne II holatga o'tishi ham ikkinchi tur o'tishga misol bo'ladi. Bu barcha hollarda o'tish nuqtasida issiqlik sig'iminining sakrashi kuzatiladi. (S'hu munosabat bilan ikkinchi tur fazaviy o'tish temperaturasi ikkinchi nomga ega- uni - nuqta deb ataladi; bu nom shu nuqtadagi issiqlik sig'imi egri chizig'ining o'zgarish xarakteriga qarab berilgan; bu to'g'rida 118- da suyuq geliyga tegishli tekstda bayon qilingan edi.)

Fazaviy o'tishlarning qanday bo'lishini endi batafsilroq ko'raylik. Fazaviy aylanishlarda asosiy rolni fizikaviy kattaliklarning fluktuatsiyalari o'ynaydi. Biz fluktuatsiyalar bilan suyuqliklardagi muallak qattiq zarralarning Broun harakati to'g'risida gapirganimizda duch kelgan edik.

Fluktatsiyalar- energiyaning, zichlikning va u bilan bog'lik bo'lgan boshqa kattaliklarning tasodifiy o'zgarishlari – hamma vaqt mavjud bo'ladi. Biroq fazaviy o'tishda uzoqroqda ular juda kichik hajmlarda yuzaga keladi va shu zahotiyoq yo'qolib ketadi. Moddaning bosimi va temperaturasi kritik qiymatlarga yaqin bo'lganida esa fluktuatsiya bilan qamrab olingan hajmda yangi faza hosil bo'lishi mumkin. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar orasidagi farq shundan iboratki, o'tish nuqtasi yaqinida fluktuatsiyalar turlicha rivojlanishi mumkin.

Birinchi tur o'tishda yangi fazaning eski faza ichida markazlar tarzida yuzaga kelishini yuqorida gapirib o'tdik. Ularning paydo bulishiga sabab energiya va zichlikning tasodifiy fluktuatsiyalaridir. O'tish nuqtasiga yaqinlashgan sari yangi fazaga sabab bo'ladigan fluktuatsiyalar tez-tez bo'lib turadi, garchi har bir fluktuatsiya juda kichik hajmda ro'y bersa ham, ularning hammasi bir bo'lib, agar ularning hosil bo'lishi joylarida kondensatsiya markazi bo'lsa, yangi fazaning makroskopiya markazi paydo bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar holida vaziyat ancha murakkabroq bo'ladi. Yangi faza birdaniga butun hajmda paydo bo'lgani sababli odatda mikroskopik fluktuatsiyalar o'z-o'zicha fazaviy o'tishga olib kela olmaydi. Ularning xarakteri ancha o'zgaradi. Kritik temperaturaga yaqinlashgani sari yangi fazaga o'tishni «tayyorlayotgan» fluktuatsiyalar tobora moddaning katta qismini qamrab oladi va nihoyat, o'tish nuqtasida cheksiz bo'lib qoladi, ya'ni butun hajmda ro'y beradi. O'tish nuqtasidan pastda, yangi faza qaror topganidan so'ng ular yana qaytadan so'na boshlaydi va yana asta-sekin qisqa ta'sirli hamda qisqa muddatli bo'lib qoladi.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishi hamma vaqt sistemaning simmetriyasi o'zgarishi bilan bog'liq bo'ladi: yangi fazada yo dastlab bo'lmagan tartib yuzaga keladi (masalan, ferromagnit holatga o'tishda alohida zarralarning magnit momenti tartibga tushadi), yo avval mavjud bo'lgan tartib o'zgaradi (kristall strukturaning o'zgarishi tufayli bo'ladigan o'tishlarda). Bunday yangi tartib fazaviy o'tish yaqinidagi fluktuatsiyalarda mavjud bo'ladi.

O'tishning bayon qilingan mexanizmini hammaga ma'lum bo'lgan «baqrayib qolgan bir tuda odamlar effekti» yordamida ayoniy tushuntirish mumkin. Trotuardan o'tib ketayotgan va turli tasodifiy yo'nalishlarga ko'z tikib ketayotgan odamlarni ko'z oldimizga keltiraylik. Bu ko'chada ketayotgan odamlar tudasini «normal» holati bulib, unda tartiblashish yo'q. Endi shu odamlardan biri ikkinchi kavatdagi kimsasiz derazaga hech qanday jalb etuvchi sababsiz tikilib qoladi deylik («tasodifiy fluktatsiya»). Shundan so'ng tobora ko'proq odamlar shu derazaga qaray boshlaydi va oxir nihoyasiga hammaning nigohi bir nuqtaga yo'nalgan bo'ladi. Garchi tartibning qaror topishiga yordam beruvchi hech qanday tashqi kuch bo'lmasada (chunki ikkinchi qavatdagi deraza orqasida hech narsa bo'layotgan yo'q!), «tartiblashgan» faza yuzaga keladi.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar juda murakkab va qiziq hodisa. Bevosita o'tish nuqtasi atrofida bo'layotgan hodisalar, jarayonlar hali oxirigacha o'rganilgan emas va cheksiz fluktuatsiyalar sharoitida fizikaviy kattaliklarning tabiati haqidagi to'la manzara endigina yaratilmoqda.

Qattiq geliy.

Barcha moddalar ichida geliyning mustasnoligi shundaki, u absolyut nolda xam qotmaydigan yagona moddadir.

Biz suyuq geliyning ikki modifikatsiyada ma'lum ekanini va bu modifikatsiyalar o'zlarining to'yingan bug'lari bosimi ostida bulganida 219 K da (λ -nuqta) bir-biriga o'tib turishini bilamiz. Bunday o'tish ikkinchi tur fazaviy o'tishdir. Xususan, He I - He II o'tishda o'tish yashirin issiqligi bo'lmaydi.

Geliyning holat diagrammasi uning suyuq holatining yuqorida eslatib o'tilgan xususiyatlari munosabati bilan o'ziga xos ko'rinishga ega bo'lib, xiliga ko'ra yagonadir. Bu diagramma 25.1-rasmda tasvirlangan (bu rasmda masshtabga aniq rioya qilingan emas) I egri chiziq bug' hosil bo'lish egri chizig'idir. 2 egri chizig' esa λ -nuqtalar chizig'idir. Bu chiziq He I-He II o'tishda bosim ortganida temperaturaning qanday o'zgarishini kursatadi. Nihoyat 3 egri chiziq- erish egri chizig'idir. Bu barcha egri chiziqlar diagrammani to'rt qismga : gazsimon geliyning mavjudlik sohasi, suyuq He I sohasi, suyuq He II va nihoyat geliy sohalariga bo'ladi. Diagrammadan suyuq He II ning sohasi absolyut nolgacha borishi ko'rinib turibdi. Bu absolyut nolda geliyning barqaror holati suyuq holat ekanini kursatadi. Kattik geliy esa, diagrammadan ko'rinib turganidek, faqat katta bosim ostida hosil qilinishi mumkin, hatto absolyut nolda ham bu bosim 25 atm dan kam bo'lmasligi kerak. Bunda temperatura qancha yuqori bo'lsa, geliyning kristallanish uchun shuncha katta bosim kerak bo'ladi. Masalan, 50 K da geliy 7000 atm da.

Erish egri chizig'i qattik geliyning suyuq He I (λ -nuqtalar chizig'idan o'ngda) va suyuq He II (chiziqdan chapda) bilan muvozanat egri chizig'idir. Bug' hosil bo'lish egri chizig'i ham gazsimon geliyning bu chiziqdan chap va o'ng tomondagi suyuq geliyning mos fazalari bilan muvozanat egri chizig'idir. Biroq λ -nuqtalar egri chizig'i har ikkala suyuq faza uchun muvozanat egri chizig'i bo'la olmaydi.

Geliy holat diagrammasining eng qiziq xususiyati qattik va gazsimon fazalar orasida muvozanat chizig'ini yo'qligidir. Bundan har qanday sharoitda ham qattiq geliy o'zining bug'lari bilan muvozanat bo'la olmaydi degan ma'no kelib chiqadi. Qattik geliy ustida faqat suyuq He I va He II bo'lishi kerak, biroq gazsimon geliy bo'la olmaydi. Demak geliy haydash mumkin bo'lmagan modda ekan.

Geliyning bu barcha xususiyatlari, jumladan uning absolyut nolda ham suyuq holda qolishi, faqat kvant nazariyasi asosida tushuntirilishi mumkin; geliy kvant mexanikasi nazariyasidan kelib chiqadigan effektlar makroskopik xossalarda namoyon bo'ladigan tabiatdagi yagona moddadir.

Gap shundaki, kvant nazariyasiga ko'ra absolyut nolda zarralarning energiyasi nolga teng emas, xolbuki moddaning klassik kinetik nazariyasiga ko'ra u nolga teng. Absolyut nolda zarralar nolnchi energiyaga ega bo'ladi, bu energiya atomlarning massasi qancha kichik bulsa, shuncha kichik buladi. Shuning uchun nolnchi energiyaga ega buladi. Ikkinchi tomondan, geliy atomlarining tuzilish xususiyatlariga ko'ra geliy atomlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari (boshka inert gazlardagi singari) juda kichik. Shuning uchun atomlar orasidagi kichik o'zaro ta'sir kuchlarida nolnchi energiya geliy atomlarining muntazam tartibda joylashishiga, ya'ni kristall panjara hosil qilishiga to'sqinlik qilish uchun yetarli bo'ladi. Faqat tashqi bosim ta'siridagina atomlarni ular kristall hosil qiladigan darajada yaqinlashtirish mumkin bo'ladi.

Geliyning o'ziga xos xususiyati shundaki, past temperaturalarda uning tabiatini issiqlik harakatlari energiyasi emas, balki nolnchi energiya belgilaydi.

Erish va eritmadan kristallanish.

Vodorod atomining massasi yana ham kichik bo'lgani uchun unda nolnchi energiya yana ham katta rol uynashi kerak. Haqiqatdan ham, vodorod atomlarining nolnchi energiyasi geliynikidan katta. Biroq hozirgina ko'rganimizdek, nolnchi energiya bilan zarralarning o'zaro ta'sir energiyasi orasidagi nisbat hal qiluvchi rol uynaydi. Zarralarning o'zaro ta'sir energiyasi esa vodorod atomlarida geliy atomlaridan ko'ra ko'prok bo'ladi. Mikdoriy baholash shuni ko'rsatadiki, qattik vodorodda nolnchi energiya to'la energiyaning yarmiga teng, geliyda esa uning ulushi 80 % ga yetadi. Geliyning suyulish temperaturasining past bo'lishi va odatdagi sharoitlarda uning kristallanmasligining sababi shu hol bilan tushuntiriladi. Nolnchi energiya

geliyning yengil He^3 izotopida yana ham katta rol uynaydi. Unda nolinchi energiya tula energiyaning 95 % ini tashkil qiladi. Shuning uchun He^3 ning suyuqlash temperaturasi (normal bosimda) yana past bo'ladi (u 3,2 K ga teng, odatdagi geliyda esa 4,2 K ga teng zid). He^3 ning kristallanishi uchun He^4 ga qaraganda yana ham katta bosim kerak bo'ladi, absolyut nolda bu bosim 29 atm dan ortiq bo'ladi.

IV. Tayanch tushunchalar.

Qattiq holatga o'tish, Holat diagrammasi, uchlanma nuqta. Birinchi va ikkinchi tur fazoviy o'tishlar. Qattiq geliy. Erish va kristallanish.

V. Mavzu yuzasidan savollar.

1. Qattiq holatga o'tishni tushuntiring.
2. Holat diagrammasi qanday tuziladi va undagi uchlanma nuqta nimani ifodalaydi.
3. Birinchi va ikkinchi tur fazoviy o'tishlar deb nimaga aytiladi..
4. Qattiq geliy to'g'risida nima bilasiz.
5. Erish va kristallanish nima.

VI. Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.K.Kikoin., I.K.Kikoin. «Molekulyar fizika» T. «O'qituvchi» 1978, 459-467bet.
2. S.E.Frish va A.V.Timorova «Umumiy fizika kursi» I tom T. «O'qituvchi» 1965, 403-419 bet.
3. R.V.Telesnin «Molekulyar fizika» Iz-vo. «Vsshaya shkola» M. 1973, s. 277-283.
4. O'.B.Jo'rayev «Molekulyar fizika» Samarqand 1993, 182-189 bet.
5. O.D.S'Hebalin «Molekulyar fizika» M. «Vsshaya shkola» 1978 s.154-164.

MOLEKULYAR FIZIKA KURSIDAN AMALIY MASHG'ULOTLAR ISHLANMALARI

5.1. 2 g azot 2 amm bosim ostida 820sm ² hajmni egallasa, uning temperaturasi qanday bo'ladi?		
Berilgan	Formula	Hisoblash
$m = 2\text{gr} = 10^{-3}\text{kg}$	$PV = \frac{m}{M}RT;$	$T = \frac{PVM}{mR} = 280\text{K} = 7^{\circ}\text{C}$
$P = 2\text{atm} = 2 \cdot 10^5\text{pa}$	$PVM = mRT;$	
$V = 820\text{sm}^3 = 8,2 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$		
$M_n = 28\text{kg/k.mol}$		
$R = 83,1 \cdot 10^3\text{kg/k.mol}$		
$T - ?$		
5.5. 6,4 kG kislorod sig'adigan ballon devori 20 ⁰ S temperaturada 160 kG/sm ² bosimga chidasa, uning eng kichik hajmi qanday bo'ladi?		
Berilgan	Formula	Hisoblash
$m = 6,4\text{kG} = 64\text{kg}$	$PV = \frac{m}{M}RT;$	$V = \frac{MRT}{P\mu} = 0,31\text{m}^3$
$T = 293\text{K}$		
$R = 160\text{ kG/sm}^2$		
$V - ?$		
5.8. Balandligi 5 m va polining yuzi 200 m ² bo'lgan auditoriyadagi havoning massasi topilsin. Binoning temperaturasi 17 ⁰ S, bosimi 750mm. Sim. Ust. Ga teng. (Bir kilomol havoning massasi 2,9kg/mol deb olinsin.)		
Berilgan	Formula	Hisoblash
$h = 5\text{m}$	$PV = \frac{m}{M}RT;$	$M = \frac{PV\mu}{RT} = 1200\text{kg}$
$S = 200\text{m}^2$		
$t = 17^{\circ}\text{C}$		
$P = 10^5\text{pa}$		
$\mu_x = 29\text{kg/kmol}$		
$R = 83,1 \cdot 10^3\text{kg/kmol}$		
$T - ?$		
5.13. 4 l hajmli yopiq idishdagi 20 ⁰ S temperaturali 5 g azot 40 ⁰ S temperaturagacha isitilgan. Gazning isitilishdan oldingi va keyingi bosimi topilsin.		
Berilgan	Formula	Hisoblash
$V = 4\text{e}$	$P_1 = \frac{mRT_1}{\mu V}$	$P_1 = \frac{mRT_1}{\mu V} = 1,08 \cdot 10^5\text{pa};$
$t_1 = 20^{\circ}\text{C}$	$P_2 = \frac{mRT_2}{\mu V}$	$P_2 = \frac{mRT_2}{\mu V} = 1,16 \cdot 10^5\text{pa};$
$m = 5\text{g} = 5 \cdot 10^{-3}\text{kg}$		
$\mu_{m^2} = 28\text{kg/kmol}$		
$t_2 = 40^{\circ}\text{C}$		
$P_1 - ?$		
$P_2 - ?$		
5.14. Havosi so'rib olingan, ikki uchi kavsharlab qo'yilgan gorizontal kapillyarning o'rtasi $l = 20\text{cm}$ uzunligidagi simob ustuni bor. Agar kapillyarni vertikal qilib quyilsa, simob ustuni $\Delta l = 10\text{cm}$ siljiydi. Kapillyardagi havo qancha bosimgacha so'rib olingan? Kapillyarning uzunligi $L = 1\text{m}$.		

Berilgan	Formula	Hisoblash
$l = 20\text{sm}$	$P_0 V_0 = P_1 V_1$	
$\Delta l = 10\text{sm}$	$V_1 = S(h_0 + \Delta l)$	$p_2 = \frac{p_0 h_0}{h_0 - \Delta l}$
$\langle = 1\text{m}$	$V_0 = s \cdot h_0$	$\frac{p_0 h_0}{h_0 - \Delta l} = \frac{p_0 h_0}{h_0 + \Delta l} + p_3$
$P_0 - ?$	$p_0 v_0 = p_1 s(h_0 + \Delta l)$	
	$p_0 h_0 = p_2(h_0 - \Delta l)$	
	$p_1 = \frac{p_0 h_0}{h_0 + \Delta l}$	$p_0 = \frac{P_3[(h_0 - \Delta l)(h_0 + \Delta c)]}{2h_0 \Delta l} = 375\text{mm.sn.ust}$
	$p_0 s h_0 = p_1 s(h_0 + \Delta l)$	
	$p_0 h_0 = p_1(h_0 + \Delta l)$	

5.17. 50°S temperaturada to'yingan suv bug'ining elastiklikligi 92,5 mm sim. Ust.ga teng bo'lsa bu bug'ning zichligi nimaga teng?

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t = 50^\circ\text{C}$	$\rho = \frac{s}{m} RT$	$\rho = \frac{pM}{RT} = 0.083\text{kg/m}^3$
$p = 0.25\text{m} \cdot \text{sn} \cdot \text{ust}$		
$M = 18\text{kg/k.mol}$		
$\rho - ?$		

5.75. Agar azot uchun $\frac{C_p}{C_v}$ nisbatning 1,47 ga tengligi ma'lum bo'lsa, uning dissotsiatsiya darajasi nimaga tengligi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$\frac{C_p}{C_v} = 1.47$	$C_p = 2\alpha C_p^1 + (1 + \alpha \int C_p^{11})$	$\frac{C_p}{C_v} = \frac{2\alpha C_p^1 + (1 - \alpha \int C_p^{11})}{2\alpha C_v + (1 - \alpha \int C_v^{11})};$
$M_{n_2} = 28\text{kg/k.mol}$	$C_v = 2\alpha C_v^1 + (1 - \alpha \int C_v^{11});$	$2,612 = 0,61$
$\alpha - ?$		$\alpha = 23\% = 0,23.$

5.77. 8 g geliy va 16g kisloroddan iborat bo'lgan gaz aralashmasi uchun $\frac{C_p}{C_v}$ nisbat topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$m_1 = 8\text{g} = 8 \cdot 10^{-3}\text{kg}$	$C_p = \frac{C_{p_1} m_1 + C_{p_2} m_2}{m_1 + m_2};$	$\frac{C_p}{C_v} = \frac{C_{p_1} m_1 + C_{p_2} m_2}{C_{v_1} m_1 + C_{v_2} m_2} = 1,59$
$\mu_1 = 4\text{kg/k.mol}$		
$m_2 = 16\text{g} = 16 \cdot 10^{-3}\text{kg}$	$C_v = \frac{C_{v_1} m_1 + C_{v_2} m_2}{m_1 + m_2}$	
$\mu_2 = 32\text{g} = 32 \cdot 10^{-3}\text{kg}$		
$\frac{C_p}{C_v} = ?$		

5.88. 3 l hajmli yopiq idishda 3 ammm bosimda 27°S temperaturali azot bor. Isitilgandan keyin idishdagi bosim 25amm gacha ko'tarilgan. 1) Isitilgan keyingi azotning temperaturasi 2) azotga berilgan issiqlik miqdori topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$\frac{C_p}{C_v} = 1.47$	$C_p = 2\alpha C_p^1 + (1 + \alpha \int C_p^{11})$	$\frac{C_p}{C_v} = \frac{2\alpha C_p^1 + (1 - \alpha \int C_p^{11})}{2\alpha C_v + (1 - \alpha \int C_v^{11})};$
$M_{n_2} = 28\text{kg/k.mol}$	$C_v = 2\alpha C_v^1 + (1 - \alpha \int C_v^{11});$	$2,612 = 0,61$

$$\frac{C_p}{C_v} = ?$$

5.120. 17°S temperatura va 10^4 n/m^2 bosimda azot molekulalarning o'rtacha erkin yugurish yo'li topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t = 17^\circ\text{S}$	$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2T^2T^2n}}$	$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2\pi T^2 p}} = 0,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
$p = 10^4 \text{ pa}$	$p = nkT$	
$\mu_{N_2} = 28 \text{ kg/k.mol}$		
$T = 3,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	$n = \frac{p}{kT}$	
$\lambda_N - ?$		

5.122. $t = 50^\circ\text{C}$ temperatura va $P = 10^{-3}$ mmsim.ust. bosimda vodorod molekulalarining o'rtacha erkin yugurish yo'li topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t = 50^\circ\text{S}$	$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2\pi T^2 p}}$	$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2\pi T^2 p}} = 0,142 \text{ m}$
$p = 10^{-3} \text{ mm.sn.ust.}$		
$T = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$		
$\lambda_N - ?$		

5.141. Agar 0°S temperaturada kislorodning ichki ishqalanish koeffitsiyenti $\eta = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{cek} / \text{M}^2$ ga teng bo'lsa, kislorod molekulasining diametri topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t = 0^\circ\text{S}$	$h = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda} p$	$(3) \text{ va } (2) \text{ ni } (1) \rightarrow$
$h = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ N.s / m}^2$	$\bar{g} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} (1)$	$T^2 = \frac{2k}{2\pi h} \sqrt{\frac{MT}{R\pi}} = 0,10^{-20} \text{ M}^2 \Rightarrow$
$T - ?$	$\lambda = \frac{RT}{\sqrt{2\pi T^2 p}} (2);$	$T = 3 \cdot 10^{-10} \text{ M}$
	$\rho = \frac{\rho\mu}{RT} (3)$	

5.159. $3 \cdot 10^5 \text{ H / M}^2$ bosimda bo'lgan 10°S temperaturali 10 g kislorodni o'zgarmas bosimda isitish natijasida u kengayib 10 l hajmni egallagan. 1) Gazning olgan issiqlik miqdor, 2) Gaz ichki energiyasining o'zgarishi. 3) Gazga berilgan issiqlik miqdori topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$p = 3 \cdot 10^5 \text{ pa}$	$Q = \frac{M}{M} C_p \Delta T$	1) $Q = \frac{M}{M} C_p \Delta T = 1890 \text{ kal}$
$t = 10^\circ\text{S}$	$\Delta V = \frac{i}{2} p \Delta V$	2) $\Delta V = \frac{i}{2} p \Delta V = 1350 \text{ kal}$
$m = 10 \text{ gr}$	$A = p \Delta V$	3) $A = p \Delta V = 540 \text{ kal}$
$M_0 = 32 \text{ kg / kmol}$		
$V = 10 \text{ l}$		
$\Delta Q - ?$		
$\Delta H - ?$		
$A - ?$		

5.201. Teskari Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasi, har bir siklda $3,7 \cdot 10^4 \text{ J}$ ga teng ish bajaradi. Bunda mashina $+17^\circ\text{S}$ temperaturali jismga issiqlik beradi. 1) Siklning f.i.k., 2) bir siklda sovuq jismdan olingan issiqlik miqdori, 3) bir siklda issiq jismga berilgan issiqlik miqdori topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$A = 3,17 \cdot 10^4 \text{ J}$	1) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0,093;$	$Q_2 = \frac{1 - \eta}{\eta} A = 360 \text{ J};$
$T_1 = -10^\circ\text{S}$		
$T_2 = 10^\circ\text{C}$	2) $Q_2 = Q_1 - A = \frac{A}{\eta} - A = \frac{1 - \eta}{\eta} A;$	$Q_1 = Q_2 + A = 397 \text{ J};$
$\eta - ?$		
$Q_1 - ?$	$A = 37000 \text{ J} = 37 \text{ kJ};$	
$Q_2 - ?$		

5.202. Ideal sovutish mashinasi temkari Karno sikli bo'yicha issiqlik nasosidek ishlaydi. Bunda mashina 2°S temperaturali suvdan issiqlik oladi va uni 27°S temperaturali havoga beradi. 1) Biror vaqt oralig'ida havoga berilgan issiqlik miqdorini shuncha vaqtda suvdan olingan issiqlik miqdorini shuncha vaqt oralig'ida mashinaning ishlashi uchun sarflangan energiyaga bo'lgan nisbatidan iborat η_2 ko'effitsiyent (η_2 mashinaning sovutish ko'effitsiyenti deyiladi) 3) biror vaqt oralig'idan mashinaning ishlashi uchun sarflangan energiyani shuncha vaqtda havoga berilgan issiqlik miqdoriga bo'lgan nisbatidan iborat. η_3 ko'effitsiyent (η_3 siklning foydali ish ko'effitsiyenti) topilsin. η_1 , η_2 va η_3 ko'effitsiyentlarning o'zaro bog'lanishi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t_1 = 2^\circ\text{S}$	$\eta_1 = \frac{1}{1 - \eta_3};$	$\eta_1 = 1,09;$
$t_2 = 27^\circ\text{S}$		$\eta_2 = 11,0;$
	$\eta_2 = \frac{1 - \eta_3}{\eta_3};$	$\eta_3 = 0,083;$
$\eta_1 - ?$		
$\eta_2 - ?$		
$\eta_3 - ?$		

5.218. 0°S dagi 1 kg muz erigandagi entropiyaning o'zgarishi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$t = 0^\circ\text{S}$	$\Delta S = S_1^2 \frac{\Delta Q}{T};$	$\Delta S = S_1^2 \frac{\Delta Q}{T} = 1230 \text{ J / grad}$
$m = 1 \text{ kg}$		
$\Delta S - ?$		

6.3. 2 amm bosimda 820 sm^3 hajmdagi 2 g azotning temperaturasi qanday bo'ladi? Gazni: 1) ideal va 2) real deb qaralsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$p = 32, \text{ atm}$	$T_{id} = \frac{\mu p T}{MR};$	$T_{id} = \frac{\mu p T}{MR} = 280 \text{ K};$
$V = 820 \text{ sm}^3$		
$m = 2 \text{ g}$		$T_{real} = T = \frac{\mu}{MR} \left[p + \frac{a m^2}{\mu^2 v^2} \right] \left(v - \frac{m}{\mu} \epsilon \right) = 280 \text{ K};$
$M = 28 \text{ kg / kmol}$		
$T_{id} - ?$		
$T_{real} - ?$		

6.5. 10^8 n/m^2 bosimda 10 g gely 100 sm^3 hajmni egallaydi. Gazni: 1) ideal va 2) real deb hisoblab, uning temperaturasi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
----------	---------	-----------

$$p = 10^8 \text{ pa}$$

$$m = 10 \text{ gr}$$

$$V = 100 \text{ sm}^2$$

$$T_{id} - ?$$

$$T_{200l} - ?$$

$$T_{id} = \frac{\mu p T}{m R} = 482 \text{ K};$$

$$T_{real} = T = \frac{\mu}{m R} \left[p + \frac{a m^2}{\mu^2 v^2} \right] \left(v - \frac{m}{\mu} b \right) = 204 \text{ K};$$

**«MOLEKULAR FIZIKA» KURSI BUYICHA MUSTAKIL
TA'LIM MAVZULARI**

№	Molekulyar fizika kursi buyicha bulimlar nomi	Mustakil ishlar uchun muljallangan mavzular	Mus.ta'-m soatlari	Tavsiya kilinadigan adabi
1	Statistik usul	Urtacha kiymat. Fluktuatsiyalar. Muvozanatli va muvozanatsiz jarayonlar. Kaytuvchan va kaytmas jarayonlar.	4s	1.Kikoin A.K, Kikoin I.K «Ukituvchi».1978. 2.Xayriddinov B.E, Xolmirzayev N.S «Mole Karshi 2005. 3.Jurayev. U. «Molekulya Samarkand 2003. 4.. Sivuxin D.V. «Umumi va molekulyar fizika» T. «Ukituvchi». 1984 5. Teleskin R.V. «Moleku 1965.
2.	Ideal gazlarning kinetik nazariyasi	Gaz molekulalarining tezliklarini aniklash. Broun xarakati. Perren tajribasi. Gaz molekulalarining urtacha arifmetik , urtacha kvadratik va eng katta extimolli tezliklari. Maksvell taksimoti tajribada tekshirish	8s	Frish.S.E. Timirova A.V « 2. Kikoin A.K., Kikoin I.K 3.D.V.Sivuxin «Umumiy molekulyar fizika» «Ukitu 4.Jurayev U. «Molekulyar Samarkand-2003
3.	Кучиш жараёнлари	Statsionar va nostatsionar issiklik utkazuvchanlik. Kuchish koeffitsientlari orasidagi boglanish.	4s	1.Kikoin A.K, Kikoin I.K 2. Sivuxin .D.V. «Umumiy fizika kursi» T fizika . Ukituvchi. T.-198
4.	Termodinamika elementlari.	Ideal gaz jarayonlarida entropiya u4zgarishini xisoblash. Temperaturaning termodinamik shkalasi. Termodinamikaning III-bet. konuni.	4c	1.A.K.Kikoin, I.K.Kikoin kursi».Ukituvchi. T.1978 2..Sivuxin D.V «Umumiy molekulyar fizika . Ukitu
5.	Real gazlar	Van-der-Valsning keltirilgan tenglamasi. Real gazning ichki energiyasi. Gax xolatdan suyuq xolatga utish. Gazlarni suyuqltirish usullari.	8s	1..Kikoin A.K.,Kikoin I.K kursi».Ukituvchi. T.1978 2..Frish S.E. Timirova A. 3..Sivuxin D.V «Umumiy molekulyar fizika . «Ukitu
6.	Suyukliklarning	Suyuklikning xajmiy xossalari. Suyukliklarning	8s	1..Kikoin A.K.,Kikoin I.K kursi».»Ukituvchi». T.197

	xossalari	issiklik sigimlari va suyukliklarda kuchish xodisalari. Buglanish va kaynash.		2Frish . S.E... Timirova A. 3. Sivuxin D.V. «Umumiy molekulyar fizika . «Ukitu
7.	Kattik jism	Kristallarning simmetriyasi va simmetriya elementlari.Kristallardagi nuksonlar. Kristallarning erish va sublimatsiyasi.	4s	1..Kikoin A.K Kikoin I.K kursi».Ukituvchi. T.1978 2. Frish S.E.. Timirova A. 3. Sivuxin D.V. «Umumiy molekulyar fizika . «Ukitu
Жами:		40с		

Umumiy va eksperimental fizika kafedrasining 2005 yil.5-sentyabr №1 karori bilan tasdiklangan.

Tuzuvchi:

prof. B.E.Xayriddinov

«Тасдиклайман»

Умумий ва экспериментал физика

кафедраси мудири -----доц.Г.Узокова

«5» сентябрь 2005 йил.

**«Куёш энергиясидан фойдаланишнинг физик асослари» (Махсус курс) буйича
мустакил таълим
иш режаси ва мавзулари**

№	«Куёш энергиясидан фойдаланишнинг физик асослари» фани буйича булимлар номи	Мустиқил ишлар учун мулжалланган мавзулар	Мустиқил таълим соатлари	Т
1	Ноанъанавий ва қайта тикланадиган энергия манбалари.	Қайта тикланадиган энергия манбаларидан халқ хужалигида ва саноатда фойдаланиш.	4с	1 м р х ж и э

				6 2 Н с э с 3 с . У э ф
2	Энергия танқислиги ва унинг олдини олиш йуллари.	Иқтисодий курсаткичларни мувофиқлаштиришда ноанъанавий ва қайта тикланадиган энергетика қурилмаларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш.	8с	1 6 Т 2 в И П П
3	Ўзбекистон Республикасининг ёқилғи-энергетик ресурслари.	Гелиоқурилмаларда органик ёқилғилардан самарали фойдаланиш ва уларни иқтисод қилиш.	4с	. и ч Т 2 Р Т с 3 Р в э 8
4.	Қуёш энергияси в экология масалалари.	Органик ёнув ашёлари уларнинг физик энергетик хоссалари ва Экологик масалалар.	4с	1 Х Х 6 т У 2 « 3 э а э С 4 ч в 6 5

5	Иссиклик алмашинувининг физикавий жараёнлардаги хоссалари.	Иссиклик алмашинуви жараёнида тажриба натижаларидан олинган тенгламаларини ухшашлик критериялари оркали хисоблаш.	8с	1 « Э 2 М 3 4 с
6	Ностационар Иссиклик утказувчанлик жараёнидаги физикавий ва энергетик қонуниятлар	Ностационар иссиклик утказувчанлик учун Фурье қонунининг моҳияти	8с	1 М 2 Н с В п Т
7	Термодинамик Системаларининг узаро таъсиридаги теплофизик жараёнлар	Термодинамик системаларнинг узаро таъсирида энергиянинг сақланиш қонуни.		1 « 2 к 3 П т П
8	Конвектив иссиклик алмашинувининг дифференциал тенгламасидан Қуёш сув иситкичларида қулланилиши.	Қуёш сув иситкичида Конвектив Иссиклик алмашинувда иссиклик физик жараёнларни текшириш.	8с	1 у 2 « « 3 и Р
9	Мураккаб иссиклик алмашиши.	Гелиоқурилмаларнинг икки қувватли тиник юзалари орасида нурланиш йули билан иссиклик алмашинуви.	8с	1 « М 2 Т и э
10	Иссиклик ақуумляторларидаги теплофизик жараёнлар	Гелиотеплица қуруткичларида Иссиклик ақкумуляторларидан фойдаланишда Теплофизик жараёнларни текшириш.		1 А у Р 2 Х п 3 « а

**5440100 – Fizika mutaxassisligi 1-kurs talabalari uchun
“Molekulyar fizika” fanidan oraliq va joriy nazorat savollari.**

1. Molekulyar fizika predmeti nimani o'rganadi.
2. Modda tuzilishi haqida molekulyar kinetik tasavvurlarning rivojlanishi.
3. Moddiy nuqta modeli. Modda tuzilishi haqidagi mumtoz va kvant modellar hamda mumtoz fizikaning statistik va termodinamik usullari.
4. Statistik usul. Asosiy matematik tushunchalar.
5. Tasodifiy hodisalar. Tasodifiy kattaliklar. Ehtimollik.
6. Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti. Tizimning makroskopik va mikroskopik holati.
7. Ehtimollar nazariyasining asosiy tushunchalari. Binominal taqsimot. O'rtacha qiymat.
8. Spinlar tizimining o'rtacha qiymati. Puasson taqsimoti.
9. Fluktatsiyalar. Jarayonlar. Qaytuvchan va qaytmas jarayonlar.
10. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimoti.
11. Mumtoz fizikaning qo'lanilish chegaralari.
12. Tezliklarning maksvell taqsimoti. Maksvell taqsimotning xossalari.
13. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn taqsimoti. Maksvell-Boltsman taqsimoti.
14. Energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha taqsimoti va Broun harakati.
15. Makroskopik nazariya va makroskopik o'lchov.
16. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.
17. Bosim. Ko'taruvchi kuch.
18. Issiqlik va harorat. Munloq haroratni aniqlash. Yuqori va past harorat.
19. Ish, ichki energiya va issiqlik miqdori.
20. Issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imi nazariyasining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.
21. Entropiya. Entropiyaning fizik ma'nosi. Ideal gaz jarayonlarida entropiya o'zgarishini hisoblash.
22. Termodinamikaning II qonuni.
23. Siklik jarayonlar. Siklda ish. FIK. Karno sikli va uning FIKi. Karno teoremlari.
24. Klauzis tengsizligi.
25. Termodinamikaning II qonuni entropiya orqali ta'riflash.
26. Termodinamikaning II qonuni uchun Kelvin va Klauzis ta'riflari va ularning ekvivalentligi.
27. Ideal gazlarda jarayonlar. Politropik jarayon. Politropa tenglamasi. Adiabatik jarayon.
28. Molekulalararo ta'sirlar mavjud bo'lgan gazlar va suyuqliklar.
29. Real gazlar. Real gaz holat tenglamasi.
30. Eksperimental izotermalar. Metastabil holatlar. Kritik holatlar, ularning xossalari.
31. Van-Der-Vaals gazining ichki energiyasi. Joul-Tomson effekti.
32. Suyuqlik chegarasida bo'ladigan hodisalar. Sirt taranglik.

33. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari.
34. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar. Kapillyar hodisalar.
35. Suyuqliklarning xossalari. Suyuqlik strukturasi. Kristall suyuqliklar. Suyuq kristallarning xossalari va ularning qo'llanilishi.
36. Suyuq metallar va yarimmetallar. Suyuq eritmalar.
37. Ideal eritmalar. Raul qonuni. Genri qonuni.
38. Osmotik bosim, uning yuzaga kelish mexanizmi. Osmotik bosim qonuniyatlari.
39. Qattiq jism. Qattiq jism simmetriyasi.
40. Kristall panjara. Panjara simmetriyasi elementlari. Kristallografik koordinata tizimi. Atom tekisliklarining belgilari. Kristallanish.
41. Erish va sublimatsiya. I va II tur o'tishlar. Nokristall moddalar.
42. Ko'chish jarayonlarining elementar kinetik nazariyasi. Ko'ndalang kesim. Erkin yugurish yo'li.
43. Qovushqoqlik va impuls ko'chishi. Issiqlik o'tkazuvchanlik va zaryad ko'chishi.

Tuzuvchi:

prof. B. E. Xayriddinov

**5540300 – Astronomiya mutaxassisligi 1-kurs talabalari uchun
“Molekulyar fizika” fanidan oraliq va joriy nazorat savollari.**

1. Molekulyar fizika predmeti nimani o'rganadi.
2. Modda tuzilishi haqida molekulyar kinetik tasavvurlarning rivojlanishi.
3. Moddiy nuqta modeli. Modda tuzilishi haqidagi mumtoz va kvant modellar.
4. Mumtoz fizikaning statistik va termodinamik usullari.
5. Tasodifiy hodisalar. Tasodifiy kattaliklar. Ehtimollik.
6. Taqsimot funksiyasi. Gauss taqsimoti.
7. Ehtimollar nazariyasining asosiy tushunchalari. Binominal taqsimot. O'rtacha qiymat.
8. Spinlar tizimining o'rtacha qiymati.
9. Fluktatsiyalar. Jarayonlar. Qaytuvchan va qaytmas jarayonlar.
10. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimoti.
11. Mumtoz fizikaning qo'lanilish chegaralari.
12. Tezliklarning maksvell taqsimoti. Maksvell taqsimotning xossalari.
13. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn taqsimoti.
14. Energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha taqsimoti va Broun harakati.
15. Makroskopik nazariya va makroskopik o'lchov.
16. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.
17. Bosim. Ko'taruvchi kuch.
18. Issiqlik va harorat. Munloq haroratni aniqlash. Yuqori va past harorat.
19. Ish, ichki energiya va issiqlik miqdori.
20. Issiqlik sig'imi. Ideal gazlar issiqlik sig'imi nazariyasining tajriba ma'lumotlaridan chetlashishi.
21. Entropiya. Entropiyaning fizik ma'nosi. Ideal gaz jarayonlarida entropiya o'zgarishini hisoblash.
22. Termodinamikaning II qonuni.
23. Siklik jarayonlar. Siklda ish. FIK. Karno sikli va uning FIKi. Karno teoremlari.
24. Klauzis tengsizligi.
25. Termodinamikaning II qonuni entropiya orqali ta'riflash.
26. Termodinamikaning II qonuni uchun Kelvin va Klauzis ta'riflari va ularning ekvivalentligi.
27. Ideal gazlarda jarayonlar. Politropik jarayon. Politropa tenglamasi. Adiabatik jarayon.
28. Molekulalararo ta'sirlar mavjud bo'lgan gazlar va suyuqliklar.
29. Real gazlar. Real gaz holat tenglamasi.

30. Eksperimental izotermalar. Metastabil holatlar. Kritik holatlar.
31. Van-Der-Vaals gazining ichki energiyasi. Joul-Tomson effekti.
32. Suyuqlik chegarasida bo'ladigan hodisalar. Sirt taranglik.
33. Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari.
34. Suyuqlikning egri sirtida yuzaga keluvchi kuchlar.
35. Kapillyar hodisalar.
36. Suyuqliklarning xossalari. Suyuqlik strukturasi.
37. Kristall suyuqliklar. Suyuq kristallarning xossalari va ularning qo'llanilishi.
38. Suyuq metallar va yarimmetallar. Suyuq eritmalar.
39. Ideal eritmalar. Raul qonuni. Genri qonuni.
40. Osmotik bosim, uning yuzaga kelish mexanizmi. Osmotik bosim qonuniyatlari.
41. Qattiq jism. Qattiq jism simmetriyasi.
42. Kristall panjara. Panjara simmetriyasi elementlari.
43. Kristallografik koordinata tizimi. Atom tekisliklarining belgilari. Kristallanish.
44. Erish va sublimatsiya.
45. I va II tur o'tishlar. Nokristall moddalar.
46. Ko'chish jarayonlarining elementar kinetik nazariyasi. Ko'ndalang kesim. Erkin yugurish yo'li.
47. Qovushqoqlik va impuls ko'chishi. Issiqlik o'tkazuvchanlik va zaryad ko'chishi.

Tuzuvchi:

prof. B. E. Xayriddinov

**MOLEKULAR FIZIKADAN FIZIKA YO'NALISHI TALABALARI
UCHUN TEST SAVOLLARI.**

1. Molyar massa deb nimaga aytiladi va u qanday belgilanadi.

- a) * Moddaning bir molining massasi uning molyar massasi deyiladi va μ bilan belgilanadi.
- b) Bir gramm moddaning massasi molyar massa deyiladi va μ bilan belgilanadi.
- v) Moddaning bir molining massasi uning molyar massasi deyiladi va m bilan belgilanadi.
- g) Moddaning bir molining 1/12 qismiga molyar massa deyiladi va μ bilan belgilanadi.

2. Hajm birligidagi molekulalarning soni qaysi ifodalanadi?

- a) * $N = \frac{M}{\mu} \cdot N_A$
- b) $M = m \cdot N$
- v) $N = \frac{M}{\mu} \cdot N_A$
- g) $n = \frac{N}{V}$

3. Vodorod atomining massasi topilsin.

- a) * $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- b) 1 gramm
- b) 10^{-27} kg
- r) $3,3 \cdot 10^{-33} \text{ kg}$

4. 1 g suv bug'ida qancha molekula bo'ladi?

- a) * $3,3 \cdot 10^{22} \text{ ta}$
- b) $3,3 \cdot 10^{27} \text{ ta}$
- b) $33 \cdot 10^{20} \text{ ta}$
- r) 10^{27} ta

5. Avogadro sonining mazmuni va qiymatini toping.

($N_A = 6,0223 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

- a) * Gazning turiga bogliq bo'lmagan holda 1 mol gazdagi molekulalar soni, $N_A = 6,0223 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- b) 1 m^3 gazdagi molekulalar soni, $N_A = 6,0223 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$
- v) 1 g gazdagi molekulalar soni, $N_A = 6,0223 \cdot 10^{23} \text{ g}^{-1}$
- g) 1 g suv bug'idagi molekulalar soni, $N_A = 3,3 \cdot 10^{22} \text{ g}^{-1}$

6. Og'zi mahkam berkitilgan shishadagi havoning 70° S temperaturada bosimi 1 atm. Shisha isitilganda havo bosimi 1,3 atm ga yetganda tiqin otilgan. Shisha qanday temperaturagacha isitilganligi topilsin.

- a) * 364 K
- b) 264 K
- v) 100° S
- g) 364 K

7. 6,4 kg kislorod sig'adigan ballon devori 200° S temperaturada 160 kg/sm^2 bosimga chidasa, uning eng kichik hajmi qanday bo'ladi?

- a) * $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
- b) $3,1 \cdot 10^2 \text{ m}^3$
- v) $6,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
- g) $1,55 \cdot 10^2 \text{ m}^3$

8. 270° S temperaturada 760 mm sim.ust. bosimli 25 l oltingugurt gazi (SO₂) ning massasi topilsin.

- a) * 0,064 kg.
- b) 0,64 kg
- v) 0,0064 kg
- g) 6,4 kg

9. Binoni to'ldirib turgan qishdagi (7°S) havoning og'irligi yozdagi (37°S) havoning og'irligidan necha marta katta? Bosim bir xil deb olinsin.

- a) * 1,1 marta
- b) 2 marta
- v) ikkalasi teng
- g) 2,2 marta

10. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasini toping.

a) * $P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}$

b) $n = \frac{N}{V}$

v) $V = V_0(1 + dT)$

g) $P = P_0(1 + LT)$

11. Gey-Lyussak qonuni qanday ifodalanadi.

a) * $V = V_0(1 + dT)$

b) $\alpha = \varphi = \frac{1}{273,15} = \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1}$

v) $P = P_0(1 + LT)$

g) $V = \text{const}$

12. 4 l hajmli yopik idishdagi 200°S temperaturali 5 g azot 400°S temperaturagacha isitilgan. Gazning isitilishdan oldingi bosimi topilsin.

a) * $P_1 = 1,08 \cdot 10^5 \text{ na}$

b) $P_1 = 1,8 \cdot 10^5 \text{ na}$

v) $P_1 = 10,8 \cdot 10^5 \text{ na}$

g) $P_1 = 108 \cdot 10^5 \text{ na}$

13. 150°S temperatura va 730 mm sim. ust. bosimidagi vodorodning zichligi topilsin.

a) * $\rho = 0,081 \text{ kg} / \text{m}^3$

b) $\rho = 0,81 \text{ kg} / \text{m}^3$

v) $\rho = 81 \text{ kg} / \text{m}^3$

g) $\rho = 8,1 \text{ kg} / \text{m}^3$

14. Kavsharlangan idish hajmining yarmigacha suv to'ldirilgan. 400° S temperaturada suvning to'liq bug'ga aylanishi ma'lum bo'lsa, bu temperaturada suv bug'ining bosimi topilsin.

a) * $P = 1,55 \cdot 10^8 \text{ N} / \text{m}^2$

b) $P = 15,5 \cdot 10^8 \text{ N} / \text{m}^2$

v) $P = 3 \cdot 10^8 \text{ N} / \text{m}^2$

g) $P = 3,1 \cdot 10^8 \text{ N} / \text{m}^2$

15. Sigimi 1 m^3 bo'lgan berk idishda $0,9 \text{ kg}$ suv va 1.6 kg kislorod bor. 500°S temperaturada suvning to'lik bug'ga aylanishi ma'lum bo'lsa, bu temperaturada idishdagi bosim topilsin.

a) $P = 6,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

b) $P = 3,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

v) $P = 64 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

g) $P = 32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

16. Temperatura deganda nimani tushunasiz.

a) $*$ Temperatura (harorat)-jism issiqlik muvozanati holatini xarakterlovchi kattalik.

b) Jismning issiqligi.

v) Hajmga bogliq kattalik.

g) Jism issiqlik muvozanatini o'zgartiruvchi kattalik.

17. Gaz bosimi deb nimaga aytiladi.

a) $*$ Gazlarni tashkil etuvchi atom va molekulalarning idish devoriga beradigan bosimi

b) Gazni idishdan siqib siqaruvchi kuch

v) Jism issiqlik muvozanati holatini xarakterlovchi kattalik

g) Hajm ortishi bilan ortadigan kattalik.

18. Gaz molekulalari tezligi qanday aniqlanadi.

a) $*$ $\bar{v} = \sqrt{\frac{3k_0T}{M}}$

b) $P = P_0(1 + LT)$

v) $V = S/t$

g) $U = \frac{im}{2M} RT$

19. Ideal gazning holat tenglamasi deb nimaga aytiladi.

a) $*$ Bir vaqtning o'zida gazning ham hajmi, ham bosimi, ham temperaturasi orasidagi bog'lanishni tasvirlovchi tenglamaga ideal gazning holat tenglamasi yoki Mendeleev-Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi

b) Gazni ichki energiyasini ifodalovchi tenglamaga holat tenglama deyiladi.

v) Bir vaqtning o'zida gazning ham hajmi, ham bosimi, orasidagi bog'lanishni tasvirlovchi tenglamaga ideal gazning holat tenglamasi yoki Mendeleev-Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi

g) Bir vaqtning o'zida gazning ham hajmi, ham temperaturasi orasidagi bog'lanishni tasvirlovchi tenglamaga ideal gazning holat tenglamasi yoki Mendeleev-Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi

20. Sigimi 1 m^2 bulgan berk idishda $0,9 \text{ kg}$ suv va 1.6 kg kislorod bor. 500°S temperaturada suvning tulik bugga aylanishi ma'lum balsa, bu temperaturada idishdagi bosim topilsin.

a) $*$ $P = 6,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

b) $P = 64 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

v) $P = 6,4 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$

g) $P = 3,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

21. Idishda 10°S temperaturada va 10^6 n/m^2 bosimda 14 g azot va 9 g vodorod bor. Aralashma bir kilomolining massasi topilsin

a) $*$ $\mu = 4,6 \text{ kg/kmol}$

- b) $\mu = 4,6 \text{ kg / mol}$
- v) $\mu = 46 \text{ kg / kmol}$
- g) $\mu = 23 \text{ kg / kmol}$

22. Boyle-Mariott qonuni qanday ifodalanadi.

- a) $PV = \text{const}$
- b) $V/T = \text{const}$
- v) $P/T = \text{const}$
- g) $PV = RT$

23. Gay-Lyussak qonuni qanday ifodalanadi.

- a) $V/T = \text{const}$
- b) $PV = \text{const}$
- v) $P/T = \text{const}$
- g) $PV = RT$

24. Sharl qonuni qanday ifodalanadi

- a) $P/T = \text{const}$
- b) $PV = \text{const}$
- v) $V/T = \text{const}$
- g) $PV = RT$

25. Barometrik formula deb nimaga aytiladi.

- a) Molekulalarning balandlik bo'yicha taqsimlanishida, gaz bosimini balandlikka bog'liq holda o'zgarish qonunini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.
- b) Molekulalarning balandlikda tekis taqsimlanish qonunini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.
- v) Bosimga bogliq formulagi barometrik formula deyiladi.
- g) Ideal gaz parametrlarini o'zaro bog'lanishini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.

26. Barometrik formula qanday ifodalanadi.

- a) $P = P_0 e^{-\frac{mg}{R\tau} \cdot h}$
- b) $P = P_0 (1 + LT)$
- v) $PV = \text{const}$
- g) $P = 1 \text{ atm}$

27. Qanday balandlikda havoning bosimi dengiz satxidagi bosimning 75% ini tashkil kiladi? Temperatura uzgarmas va 0°S ga teng deb hisoblansin.

- a) $h = 2,3 \text{ km}$
- b) $h = 4,6 \text{ km}$
- v) $h = 23 \text{ km}$
- g) $h = 46 \text{ km}$

28. Qanday balandlikda gaz dengiz sathidagi zichligining 50% zichligidek zichlikka ega buladi? Temperaturant ozgarmas va 0° S ga teng deb hisoblansin. Masalani havo uchun yeching.

- a) $h = 5,5 \text{ km}$
- b) $h = 55 \text{ km}$
- v) $h = 22 \text{ km}$
- g) $h = 2,2 \text{ km}$

29. Dalton qonunini tushuntiring.

- a) * Gaz aralashmasining bosimi bu aralashmaga kiruvchi gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng.
- b) Gazlarning bosimi o'zgarmasdir.
- v) Molekulalarning balanlik bo'yicha taqsimlanishida, gaz bosimini balandlikka bog'liq holda o'zgarish qonuni.
- g) Gazlarning idish devoriga beradigan bosimini ifodalovchi qonun.

30. Qaysi bandda Maksvell-Bolsman taqsimoti to'g'ri ifodalangan.

a) * $dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n e^{-\left(v^2 + \frac{E_p}{kT}\right)} v^2 dv$

b) $f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} v^2$

v) $f(v) = \frac{dn}{ndn}$

g) $P = P_0(1 + LT)$

31. Qaysi bandda Bolsman taqsimoti (qonuni) to'g'ri ifodalangan.

a) * $n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}}$

b) $P = n k T$

v) $P = P_0 e^{-\frac{mg \cdot h}{R T}}$

g) $f(v) = \frac{dn}{ndn}$

32. Yarmisi dissosiasiyalangan 16 g kislorodda qancha zarracha bo'ladi?

a) * $4,5 \cdot 10^{23}$

b) $45 \cdot 10^{23}$

v) $4,5 \cdot 10^{22}$

g) $25 \cdot 10^{23}$

33. Bir xil temperaturadagi geliy va azot molekulalari ortacha kvadratik tezliklarining nisbati topilsin.

a) * 2,65

b) 26,5

v) 2

g) 26,5

34. Normal sharoitda havo molekulasining o'rtacha erkin yugurish yo'li topilsin. Havo molekulasining diametrini shartli xolda $3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ ga teng deb topilsin.

a) * $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

b) $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

v) $93 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

g) $30 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

35. Gazlarning ichki ehergiyasi deb nimaga aytiladi.

a) * Gazlarda ichki energiya uning kinetik energiyasi bilan belgilanadi.

b) Bitta molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasiga aytiladi

v) Gazni ichidagi energiyasiga aytiladi.

g) Gazlarningg potentsial energiyasiga aytiladi.

36. Bolsman doimiysi qiymati nimaga teng.

a) $K = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

b) $K = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{K \cdot kmol}$

v) $N = 6,02 \cdot 10^{26} kmol^{-1}$

g) $E_k = \frac{3R}{2N} T = \frac{3}{2} KT$

36. Universal gaz doimiysi qiymati nimaga teng.

a) $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{K \cdot kmol}$

b) $K = \frac{R}{N} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

v) $N = 6,02 \cdot 10^{26} kmol^{-1}$

g) $E_k = \frac{3R}{2N} T = \frac{3}{2} KT$

37. Gazlarning ichki energiyasi qanday ifodalanadi.

a) $U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$

b) $E_k = \frac{3R}{2N} T = \frac{3}{2} KT$

v) $P = P_0(1 + LT)$

g) $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{J}{K \cdot kmol}$

38. 7⁰S temperaturada 1 kg azot molekulalarining aylanma harakat kinetik energiyasi nimaga teng?

a) $8,31 \cdot 10^4 j$

b) $83,1 \cdot 10^3 j$

v) $8,31 \cdot 10^{23} j$

g) $831 \cdot 10^4 j$

39. $1,5 \cdot 10^5 H/m^2$ bosimda bulgan 2 l xajmli idishdagi ikki atomli gaz molekulalari issiklik xarakatining energiyasi nimaga teng?

a) $750 j$

b) $100 j$

v) $7,5 j$

g) $10 j$

40. Issiqlik miqdori deb nimaga aytiladi.

a) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiyaga iissiqlik miqdori deyiladi

b) Issiqlikning miqdoriga aytiladi.

v) Moddaning ichki energiyasiga aytiladi.

g) Energiya o'loviga aytiladi.

41. Energiya deb nimaga aytiladi.

a) Jismni ish bajara olish qobiliyatiga

b) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiyaga

v) Moddaning ichki energiyasiga

g) Temperaturaga

42. Issiqlik uzatish nima?

a) Bir jismdan ikkinchisiga ish bajarmasdan energiya o'tishiga

b) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiyaga

- v) Jismni ish bajara olish qobiliyatiga
- g) Temperaturaga

43. Конвекция нима

- a)* Suyuqlik va gazlarda notekis isitilgan qatlamlarda oqim vujudga kelishi sababli issiqlik almashinish.
- b) Bir jismdan ikkinchisiga ish bajarmasdan energiya o'tishi
- v) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiya
- g) Konvektiv boglanish

44. 10^0 S temperaturada 20 g kislorodning issiqlik parakat energiyasi nimaga teng.

- a)* $3,7 \cdot 10^3$ j
- b) $3,7 \cdot 10^8$ j
- v) $37 \cdot 10^3$ j
- g) $37 \cdot 10^8$ j

45. 15^0 S temperaturadagi havoning 1g dagi molekulari issiqlik harakat kinetik energiyasi topilsin.

- a)* 210 j
- b) 21 j
- v) 2,1 j
- g) 4,2 j

46. Termodinamikaning birinchi qonunini ta'riflang.

- a)* Sistema bir holatdan ikkinchisiga o'tganda, energiya o'zgarishi tashqi kuchlarning bajargan ishi va sistemaga berilgan issiqlik miqdorining yig'indisiga teng.
- b) Energiya bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan yuor bo'lmaydi, bir turdan ikkinchisiga o'tadi xolos.
- v) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiya o'zgarmaydi
- g) Bir jismdan ikkinchisiga ish bajarmasdan energiya uzatish mumkin emas.

47. Termodinamikaning birinchi qonunini qanday ifodalanadi.

- a)* $dU = A + Q$
- b) $dQ = dU + dA$
- v) $U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$
- g) $E_K = \frac{3R}{2N} T = \frac{3}{2} KT$

48. Issiqlik sigimi deb nimaga aytiladi.

- a)* Issiqlik sigimi deb, jismning haroratini bir gradusga kutarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori bilan o'lganadigan kattalikka aytiladi.
- b) Issiqlik almashinish tufayli jismga berilgan energiyaga aytiladi.
- v) Jismning issiqlik hajmiga aytiladi.
- g) Sistema bir holatdan ikkinchisiga o'tganda, energiya o'zgarishiga aytiladi.

49. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish nimaga teng.

- a)* $A = P\Delta V$
- b) $A = RT$
- v) $A = \Delta U - Q$
- g) $A = FS$

50. $V = \text{const}$ bo'lganda kislorodning solishtirma issiqlik sigimi topilsin

- a) ^{*} $650 \text{ J/kg} \cdot K$
- b) $65 \text{ J/kg} \cdot K$
- v) $6,5 \text{ J/kg} \cdot K$
- g) 650 J/kg

51. O'zgarmas bosimda kislorod uchun solishtirma issiqlik sigimining o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sigimiga nisbati topilsin.

- a) ^{*} 1,4
- b) 14
- v) 2,8
- g) 28

52. Puasson tenglamasini ko'rsating.

- a) ^{*} $PV^\gamma = \text{const}$
- b) $PV = RT$
- v) $C_v dT + PdV = 0$
- g) $PdV + VdP = RdT$

53. Issiqlik miqdori qanday ifodalanadi.

- a) ^{*} $Q = cm(t_2 - t_1)$
- b) $Q = km(t_2 - t_1)$
- v) $C_v dT + PdV = 0$
- g) $PV^\gamma = \text{const}$

54. Molekulalar erkin yo'lining o'rtacha uzunligi qanday aniqlanadi

- a) ^{*} $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 n_0}$
- b) $\bar{\lambda} = \frac{\bar{g}}{Z}$
- v) $\sigma = 2r$
- g) $Q = cm(t_2 - t_1)$

55. 17 S temperatura va 10^4 N/m^2 bosimda azot molekulalarining o'rtacha erkin yugurish yo'li topilsin.

- a) ^{*} 10^{-6} m
- b) 10^{-3} m
- v) $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- g) $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

56. Geliy zichligi $p = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ bo'lganda geliy atomlarining o'rtacha erkin yugurish yo'li topilsin.

- a) ^{*} $1,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- b) $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- v) $3,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- g) $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

57. Diffuziya nima?

- a) ^{*} Bir-biriga tegib turgan ikki yoki bir necha moddaning bir-birining ichiga singib o'tish hodisasi

- b) Bir jinsli gaz aralshmasini qisman ajralib, bir jinsli bo'lmagan aralashmaga aylanishi
- v) Bir jinsli gaz aralashmasidagi temperatura farqi temperaturaning pasayishi
- g) Gazlarning ko'chishi

58. Termodiffuziya nima?

- a) ^{*} Bir jinsli gaz aralshmasini qisman ajralib, bir jinsli bo'lmagan aralashmaga aylanishi
- b) Bir-biriga tegib turgan ikki yoki bir necha moddaning bir-birining ichiga singib o'tish hodisasi
- v) Bir jinsli gaz aralashmasidagi temperatura farqi temperaturaning pasayishi
- g) Bir jinsli gaz aralshmasini qisman ajralib, bir jinsli bo'lmagan aralashmaga aylanishi

59. Normal sharoitda havo molekulasiining ortacha erkin yugurish yoli topilsin. Havo molekulasiining diametrini shartli holda $3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ ga teng deb topilsin.

- a) ^{*} $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- b) $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- v) $93 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- g) $25 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

60. Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsiyenti qanday ifodalanadi.

- a) ^{*} $\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0}$
- b) $A = Q_0 - Q_1 = \eta Q_0$
- v) $Q_1 = Q_0 - A = (1 - \eta) Q_0$
- g) $Q_1 = Q_0 - A$

61. Karno sikli nimadan iborat.

- a) ^{*} Ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan qaytuvchan aylanma prosessdir
- b) Bir-biriga tegib turgan ikki yoki bir necha moddaning bir-birining ichiga singib o'tish hodisasi
- v) Ikkita izobara va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan qaytuvchan aylanma prosessdir
- g) Karno issiqlik almashinishidan iborat

63. $V = \text{const}$ bo'lganda kislorodning solishtirma issiqlik sigimi topilsin

- a) ^{*} $650 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
- b) $65 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
- v) $6,5 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
- g) 650 J/kg

64. Issiqlik mashinasi bir siklda isitkichdan 600 kkal issiqlik oladi. Isitkichning temperaturasi 400 K, sovutkichning temperaturasi 300 K. Mashinaning bir siklda bajargan ishi topilsin.

- a) ^{*} 150 kkal
- b) 400 kkal
- v) 100 j
- g) 150 j

65. Entropiya qanday ifodalanadi.

- a) ^{*} $dS = \frac{dQ}{T}$
- b) $A = Q_0 - Q_1 = \eta Q_0$

$$v) Q_1 = Q_0 - A = (1 - \eta) Q_0$$

$$g) Q_1 = Q_0 - A$$

66. 100 g suv $t_1=15^\circ\text{C}$ dan $t_2=0^\circ\text{C}$ gacha sovitilganda entropiya o'zgarishi topilsin.

- a) * 5,1 kall/grad
- b) 12,4 kall/grad
- v) 124 kall/grad
- g) 51 kall/grad

67. Idishda 10 S temperaturada va 10^6 n/m^2 bosimda 14 g azot va 9 g vodorod bor.

Aralashma bir kilomolining massasi topilsin

- a) * 4,6 kg/kmol
- b) 2,3 kg/kmol
- v) 23 kg/kmol
- g) 46 kg/kmol

68. Bug'lanish nima?

- a)* Moddaning suyuq holatdan gaz holatga o'tishi
- b) Bug'ning suyuqlikka aylanishi
- v) O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lishi
- g) Suyuqlik molekulalarining uchishi

69. Kondensasiya nima?

- a) * Bug'ning suyuqlikka aylanishi
- b) Moddaning suyuq holatdan gaz holatga o'tishi
- v) O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lishi
- g) Suyuqlikning kondensasiyalanishi

70. To'yingan bug' nima?

- a)* O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lgan bug'
- b) Suyuqlikka aylangan bug'
- v) Suyuq holatdan gaz holatga o'tgan bug'
- g) Kondensasiyalan bug'.

71. Qaynash nima?

- a)* O'zgaras temperaturada suyuqlikning ham sirtida, ham butun hajmida bug' hosil bo'lishi
- b) Moddaning suyuq holatdan gaz holatga o'tishi
- v) Bug'ning suyuqlikka aylanishi
- g) Suyuqlik molekulalarining uchishi

72. Kritik temperatura deb nimaga aytiladi?

- a)* Suyuqlik bilan uning to'yingan bug'i orasidagi farq yo'qoladigshapn temperaturaga
- b) O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lish temperaturasi
- v) Bug'lanish boshlanadigan temperatura
- g) Suyuqlik qaynaydigan temperatura

73. Absalyut namlik nima?

- a)* 1 m^3 havodagi suv bug'larining miqdori
- b) Havo tarkibidagi barcha namlik
- v) To'la bug'lanish holati
- g) O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lish temperaturasi

74. Нисбий namlik nima?

- a)* Havodagi suv bug‘lari bosimining shu temperaturadagi to‘yingan bug‘ bosimiga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalikka .
- b) 1m^3 havodagi suv bug‘larining miqdori
- v) Nisbatan olinadigan namlik.
- g) Havo tarkibidagi barcha namlik

75. Shudring nuqta deb nimaga aytiladi.

- a)* Havo suv bug‘lariga to‘yinadigan temperaturaga
- b) Havo suv bug‘lariga to‘yinadigan namlikka
- v) Havo suv bug‘lariga to‘yinadigan bosimga
- g) To‘g‘ri javob berilmagan

76. Havo namligi qanday asboblarda o‘lchanadi

- a)* gigrometr, psixrometr
- b) psixrometr, termograf
- v) gigrometr, areometr
- g) psixrometr, manometr

77. Sirt taranglik kuchi deb nimaga aytiladi.

- a)* Suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqqa qo‘yilgan, sirt yuzasi bo‘ylab perpendikulyar yo‘nalgan va yuzani minimal holatgacha kichraytirishga intiladigan kuchga
- b) Suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqqa qo‘yilgan, sirt yuzasi bo‘ylab perpendikulyar yo‘nalgan va yuzani maksimal holatgacha kenraytirishga intiladigan kuchga
- v) Suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqqa
- g) Sirtni kengaytiruvchi kuchga

78. Sirt taranglik kuchi qanday ifodalanadi.

- a)* $F = \sigma \cdot l$
- b) $\sigma = \frac{F}{l}$
- v) $F = mg$
- g) $\sigma = Fl$

79. Real gaz uchun Van-Der-Vaals tenglamasini ko‘rsating.

- a)* $\left(P + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - e) = RT$
- b) $P(V_0 - e) = RT$
- v) $S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$
- g) $PV = RT$

80. 2 atm bosim va 820 sm^3 hajmdagi 2 g azotning temperat urasi kanday buladi. Gazni real deb qaralsin.

- a)* 280 K.
- b) 100 K
- v) 28 K
- g) 300 K

81. 2 atm bosim va 820 sm^3 hajmdagi 2 g azotning temperat urasi qanday buladi. Gazni ideal deb qaralsin

- a)* 280 K.
- b) 28 K

- v) 140 K
- g) 300 K

82. 28 atm bosimda 90 sm^3 hajmdagi 3,5 g kislorodning temperaturasi qanday buladi. Gazni real deb qarang.

- a)* 281 K.
- b) 290 K
- v) 140 K
- g) 300 K

83. 28 atm bosimda 90 sm^3 hajmdagi 3,5 g kislorodning temperaturasi qanday buladi. Gazni ideal deb qarang.

- a)* 289 K.
- b) 281 K
- v) 140 K
- g) 300 K

84. 10^8 pa bosimda 10 g geliy 100 sm^3 hajmni egallaydi. Gazni real deb hisoblab, uning temperaturasi toping.

- a)* 482 K.
- b) 390 K
- v) 140 K
- g) 300 K

85. 10^8 pa bosimda 10 g geliy 100 sm^3 hajmni egallaydi. Gazni ideal deb hisoblab, uning temperaturasi toping.

- a)* 204 K.
- b) 190 K
- v) 140 K
- g) 300 K

86. Yoz kunida nisbiy namligi 75% va temperaturasi 30 C bulgan 1 m^3 xavodagi suv bugining ogirligi qancha.

- a)* $22,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
- b) $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
- v) $22,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
- g) $225 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

87. Qanday balandlikda gaz dengiz sathidagi zichligining 50% zichligidek zichlikka ega buladi? Temperaturani ozgarmas va 0° ga teng deb xisoblansin. Masalani havo uchun yeching.

- a)* 2,3 km
- b) 1 km
- v) 12 km
- g) 1,2 km

88. 2 kmol muz eriganda entropiyaning uzgarishi $22,2 \text{ j/gradga}$ teng. Tashqi bosim 105 paga kutarilsa, muz erish temperaturasi qanchaga uzgarishi topilsin.

- a)* 0,009 grad
- b) 1,2 grad
- v) 90 grad
- g) 12 grad

89. Bir xil temperaturadagi geliy va azot molekulari ortacha kvadratik tezliklarining nisbati topilsin.

- a)* 2,65
- b) 26,5
- v) 265
- g) 26

90. Erish deb nimaga aytiladi.

- a)* Moddalarning qattiq holatidan suyuq holatiga o'tishiga
- b) Moddalarning suyuq holatidan qattiq holatiga o'tishiga
- v) Moddalarning shaklini yo'qotishiga
- g) Moddalarning suyulishiga

91. Erish temperaturasi deb nimaga aytiladi

- a)* Modda qattiq holatdan suyuq holatga o'tayotganda, o'zgarmas saqlanib turadigan temperaturaga
- b) Moddalarning suyuq holatidan qattiq holatiga o'tishiga
- v) Moddani eritadigan temperaturaga
- g) Moddalarning suyulishiga

92. Karno sikli nimadan iborat.

- a)* Ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan qaytuvchan aylanma prosessdir
- b) Bir-biriga tegib turgan ikki yoki bir necha moddaning bir-birining ichiga singib o'tish hodisasi
- v) Ikkita izobara va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan qaytuvchan aylanma prosessdir
- g) Karno issiqlik almashinishidan iborat

93. Normal sharoitda havo molekulasiining ortacha erkin yugurish yoli topilsin. Havo molekulasiining diametrini shartli holda $3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ ga teng deb topilsin.

- a)* $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- b) $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- v) $93 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
- g) $25 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

94. Термометр турларини сананг.

- a)* Spirtli, yarim o'tkazuvchanli, bimetall, simobli
- b) Spirtli, yarim o'tkazuvchanli, bimetall, suvli
- v) Simobli, yarim o'tkazuvchanli, bimetall, suvli
- g) Spirtli, bimetall,

95. Kavsharlangan idish hajmining yarmigacha suv to'ldirilgan. 400° S temperaturada suvning to'liq bug'ga aylanishi ma'lum bo'lsa, bu temperaturada suv bug'ining bosimi topilsin.

- a)* $P = 1,55 \cdot 10^8 \text{ N / m}^2$
- b) $P = 15,5 \cdot 10^8 \text{ N / m}^2$
- v) $P = 3 \cdot 10^8 \text{ N / m}^2$
- g) $P = 3,1 \cdot 10^8 \text{ N / m}^2$

96. Barometrik formula deb nimaga aytiladi.

- a)* Molekularning balanlik bo'yicha taqsimlanishida, gaz bosimini balandlikka bog'liq holda o'zgarish qonunini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.

- b) Molekulalarning balanlikda tekis taqsimlanish qonunini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.
- v) Bosimga bogliq formulagi barometrik formula deyiladi.
- g) Ideal gaz parametrlarini o'zaro bog'lanishini ifodalovchi formulaga barometrik formula deyiladi.

97. Gazlarning ichki ehergiyasi deb nimaga aytiladi.

- a)* Gazlarda ichki energiya uning kinetik energiyasi bilan belgilanadi.
- b) Bitta molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasiga aytiladi
- v) Gazni ichidagi energiyasiga aytiladi.
- g) Gazlarningg potentsial energiyasiga aytiladi.

98. Issiqlik miqdori qanday ifodalanadi.

- a)* $Q = cm(t_2 - t_1)$
- b) $Q = km(t_2 - t_1)$
- v) $C_v dT + PdV = 0$
- g) $PV^\gamma = const$

99. Erish issiqligi deb nimaga aytiladi

- a)* Erish temperaturasiidagi moddani qattiq holatdan suyuq holatga o'tkazish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga
- b) Modda qattiq holatdan suyuq holatga o'tayotganda, o'zgarmas saqlanib turadigan temperaturaga
- v) Moddalarning suyuq holatidan qattiq holatiga o'tishiga
- g) Moddani eritadigan temperaturaga

100. Kristall jism deb nimaga aytiladi.

- a)* Atomlari, molekulalari, ionlari qat'iy tartib bilan fazoda joylashgan qattiq jismlarga
- b) Yaltiroq jismlarga
- v) Kristallanuvchi metallarga
- g) Geometrik figuralarga ega jasmlarga

