



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI XALQ TA'LIMI VAZIRLIGI
ABDULLA QODIRIY NOMLI JIZZAX DAVLAT
PEDAGOGIKA INSTITUTI**

“Himoya qilishga ruxsat beraman”
Fizika-matematika fakulteti dekani
_____ dots. E.Qurbonov
“ _____ ” _____ 2018 y.

“FIZIKA-ASTRONOMIYA O'QITISH METODIKASI KAFEDRASI”
“FERMI-DIRAK TAQSIMOTI VA UNING MOLEKULYAR KINETIK TALQINI”
mavzusida bajarilgan

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Bajaruvchi: Hayitboev A
Ilmiy rahbar: k. o'q. Taylanov Nizomiddin

Ishni himoyaga tavsiya etaman:
Ilmiy rahbar: _____ k.o'q. Taylanov N.A.
Taqrizchilar: _____

BMI “Fizika-astronomiya o'qitish metodikasi” kafedrası yig'ilishi qarori bilan (Qaror №
_____ 2017 y) himoyaga tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri: _____ Prof. Bekmirzaev R.N.

JIZZAX – 2018

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I BOB FERMI-DIRAK TAQSIMOTI VA UNING MOLEKULYAR KINETIK TALQINI	
1. Molekulyar - kinetik nazariya asoslari va uni tajribalarda tasdiqlanishi.....	8
2. Taqsimot qonunlari va ularning molekulyar kinetik talqinisimoti.....	20
3. Shtern tajribasi.....	26
4. Fermi-Dirak taqsimoti.....	31
I I-BOB. FERMI-DIRAK TAQSIMOTI VA UNING MOLEKULYAR KINETIK TALQINI MAVZUSINI O'QITISHDA INTERFAOL USULLARNI QO'LLASH.	
1. Ilg'or pedagogik texnologiyalar va ularning turlari.....	39
2. Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini mavzusi bo'yicha bir soatlik dars ishlanmasi.....	40
XULOSA	
ADABIYOTLAR	

KIRISH

Fizika ta'limiga pedagogik texnologiyalarning jalb etilishi bugungi kunning eng dolzarb vazifalaridan biri bo'lib, har bir o'qituvchi buni o'z darsiga muvofiq holda tashkil etib bormog'i lozim. Yangi pedagogik texnologiyalar ham muayyan tashkiliy shakllarda amalga oshiriladiki, biz ularni dars o'tish, ekskursiya, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlari, leksiya, seminar, diktant, nazorat testi va boshqalar tarzida tushunamiz. Fizika darslari jarayonida yangi pedagogik texnologiyaning bir qator tamoyillari mavjud bo'lib, darsning umumiy maqsadidan kelib chiqqan holda qiziqarli dars tashkil etish, test savollari asosida o'quvchining bilimini sinab ko'rish, muammoli vaziyatlar asosida savol-javoblar tariqasida dars o'tish va boshqalardan iborat. Dars jarayonida bolani zo'riqtirmaslik, uning yoshini hisobga olgan holda turli usullardan foydalanish o'qituvchi-pedagogning bilishi zarur bo'lgan xususiyatdir. Shu o'rinda men pedagogika va ta'lim texnologiyasiga chuqurroq to'xtalmoqchiman. Pedagogik texnologiya tushunchasining qo'llanilishi bu asosiy e'tiborni faqat ta'lim jarayonini samarali tashkil etishgagina qaratilmay, balki ham ta'lim, ham tarbiya jarayonining samaradorligini ta'minlashga birdek xizmat qiladi.

Bugungi kunda bir qator rivojlangan mamlakatlarda o'quvchilarning o'quv va ijodiy faolliklarini oshiruvchi hamda ta'lim – tarbiya jarayonning samaradorligini kafolatlovchi pedagogik texnologiyalarni qo'llash borasida katta tajriba asoslarini tashkil etuvchi metodlar interfaol metodlar nomi bilan yuritilmoqda. Interfaol metodlar va ularning tavsifi borasida quyidagi fikrlarni keltirish mumkin. Hammamizga ma'lumki, jamiyatimiz doimo taraqqiyot etadi. Buning uchun esa yangicha bilim berish, o'zgarib boruvchi mehnat va hayot sharoitlariga muvofiq, tanqidiy ijodiy faoliyat bilan shug'ullana olish ko'nikmalari tarkib topgan bo'lishi lozim. Demak, tarbiya yosh avlodni hayotga, mehnatga tayyorlashda, u mavjud jamiyat imkoniyatlarini shakllantirish, yanada rivojlantirish

maqsadida keksa avlod tomonidan orttirilgan tarixiy tajribani to'ldirilgan, yanada mukammallashtirilgan holda yosh avlodga singdiradi. Insonning faoliyati psixolog nuqtai nazaridan uchta turlaridan iborat bo'lib (o'yin, o'qish va mehnat) muloqotda asoslanadi. Pedagog o'z faoliyati hamda o'qituvchilar faoliyatini faqat muloqot orqali tashkil qilishi mumkin. Shunday qilib, biz pedagogik jarayonga turli xil nazardan qarab, quyidagicha xulosa chiqarishimiz mumkin: pedagogik jarayonga kompleksli yondashuv texnologiya yordamida ta'lim-tarbiya maqsadi, ya'ni vazifalarni belgilab olishdan boshlanib, bu jarayonning bir butun yaxlitlikka yo'nalishini nazarda tutadi. Yangilanayotgan ta'lim tizimida yakuniy natija xoxlaymizmi, xoxlamaymizmi, bevosita ta'lim-tarbiya jarayonini amalga oshiradigan o'qituvchi mehnatining qanday tashkil etilishiga borib taqalaveradi. Yangi texnologiyalarni loyixalash va ulardan ta'lim-tarbiya jarayonida foydalanish ma'lum qonuniyatlarga asoslanadi. Bu asoslar pedagogik texnologiya (PT) ning o'ziga xos jihatlarini ifoda etadi va metodikadan farqli tomonlarini ko'rsatib beradi. Boshqacha aytganda, ularni PT prinsiplari deb atash mumkin. Biz pedagogik texnologiya prinsiplari deganda loyixalangan o'quv-tarbiyaviy jarayonni amalga oshirishga yuqori natijalarga erishish uchun rioya qilinadigan umumiy me'yorlar, qoidalar va talablarni tushunamiz. Demak, u yoki bu pedagogik xodisa prinsip bo'lishi mumkin, qachonki uni o'quv jarayonida hisobga olish (rioya qilish) zarur bo'lsa, ya'ni unga tayanilsa.

Ta'lim-tarbiya mohiyati saqlanayotgan holda o'qituvchi o'z ish faoliyatida usullar, vositalar va shakllarni o'zgargan sharoitlarda yangilashga majburdir, chunki yangi davr unga doimo yangi talab qo'yadi. Zamonaviy ta'limni tashkil etishga qo'yiladigan muhim talablardan biri ortiqcha ruhiy va jismoniy kuch sarf etmay, qisqa vaqt ichida yuksak natijalarga erishishdir. Qisqa vaqt orasida muayyan nazariy bilimlarni o'quvchilarga etkazib berish, ularda ma'lum faoliyat yuzasidan ko'nikma va malakalarni hosil qilish, shuningdek, o'quvchilar faoliyatini nazorat qilish, ular tomonidan egallangan bilim, ko'nikma hamda malakalar darajasini baholash o'qituvchidan yuksak pedagogik mahorat hamda ta'lim jarayoniga nisbatan yangicha yondashuvlarni talab etadi.

Malakaviy bitiruv ishining asosiy maqsadi: Fermi-Dirak taqsimoti mavzusini va uning ilmiy ahamiyatini o'qitilishida pedagogik texnologiyaning o'rnini aniqlash, ilg'or pedagogik texnologiyalarni loyihalash, fizika kursida olamning zamonaviy ilmiy manzarasini shakllantirishida muhim ahamiyat kasb etuvchi Fermi-Dirak taqsimoti va uning ilmiy ahamiyatini o'rganish, ularning sifat jihatdan tahlilini hamda bu qonuniyatlarini tadbiqini dars jarayonida zamonaviy pedagogik texnologiyalar yordamida o'zlashtirib borishni ko'zda tutadi.

Malakaviy bitiruv ishining dolzarbligi: XXI asrning fan va texnika tez sur'atlarda rivojlanib borayotgan bir davrda kompyuterlar hayotimizning barcha sohalariga jadallik bilan kirib bormoqda. Shu sababli, ushbu malakaviy bitiruv ishining dolzarbligi ham fizika o'qitishda jumladan Fermi-Dirak taqsimoti va uning ilmiy ahamiyatiga oid mavzularni o'qitishda yangi axborot texnologiyalaridan, kompyuterlardan foydalanishga qaratilgan. Bunday pedagogik texnologiya asosida o'qitish o'quv jarayonini jadallashtirish, o'quvchida ilmga qiziqishini oshirish, ular ijodiy faoliyatini o'stirish, bilim berishga differensial yondashish, olingan bilimlarni takrorlash, mustahkamlash va nazorat qilishni yengillashtirish kabi masalalarni hal etishga qaratilgan.. Bundan ko'rinadiki, hozirgi zamon talabiga javob bera oladigan o'quvchini tayyorlashda zamonaviy o'qituvchi ta'lim-tarbiya jarayonida innovatsion usullardan foydalana bilishi, innovatsion texnologiyalar tushunchasini, uning mazmun mohiyatini bilishi, innovatsion texnologiyalarni ta'lim maqsadini amalga oshirishdagi o'rnini va rolini, innovatsion texnologiyalarni fanlar bo'yicha qo'llash prinsiplarini, o'quvchilarning mustaqil faoliyatlarini tashkil qilish va ta'minlash yo'llarini bilishi lozim.

Malakaviy bitiruv ishining yangiligi: Fermi-Dirak taqsimoti mavzusi va uning molekulyar kinetic talqiniga oid asosiy tushunchalar hamda uning molekulyar kinetic talqinlari bayon etib berildi.

Malaraviy bitiruv ishida himoya qilinadi:

- Fermi-Dirak taqsimoti mavzusi va uning molekulyar kinetic talqiniga oid asosiy tushunchalar hamda uning molekulyar kinetic talqinlari bayon etib berildi;

- Fermi-Dirak taqsimoti mavzusi va uning molekulyar kinetic talqiniga oid mavzularni o'qitishda amaliy mashg'uloti uchun ta'lim texnologiyasi modeli va texnologik xaritasi tuzildi;
- Mavzular bo'yicha talabalar bilimini faollashtiruvchi savollar va uch darajali testlar va Fermi-Dirak taqsimoti mavzusi va uning ilmiy ahamiyatiga oid tegishli organayzerlar tayyorlandi.

Malaraviy bitiruv ishining strukturasi: Malaraviy bitiruv ishi kirish, 2 bob, xulosalar va adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

I BOB

FERMI-DIRAK TAQSIMOTI VA UNING MOLEKULAR KINETIK TALQINI

1. Molekulyar - kinetik nazariya asoslari va uni tajribalarda tasdiqlanishi

Jismlarni mayda zarrachalardan - atomlardan tashkil topganligi haqidagi tushuncha qadim zamonlarda paydo bo'lgan bo'lib, bu haqida grek faylasufi Demokrit aniq fikrlarni aytib o'tgan. Keyinchalik jismlarni atomlardan tuzilganligi haqidagi bunday ta'limot unutilib ketdi. Lekin u XVI asrda Gassendi, XVII asrda Boyl, XVIII va XIX asrlarda Lomonosov, Dalton, Klauzius, Boltsman, Maksvell va boshqa olimlar tomonidan klassik molekulyar - kinetik nazariya deb nom olgan ilmiy nazariya sifatida yaratildi.

Energiyaning saqlanish qonunini kashf etilishi molekulyar-kinetik nazariyaning yanada rivojlanishiga olib keladi. 1856 yilda Krenigning "Gazlar nazariyasi asoslari" kitobi bosilib chiqdi. 1857 yilda Klauzius (1822-1888) o'z risolasida gazlar kinetik nazariyasining ko'p masalalarini echilishini va bu nazariyaning asosiy tenglamasini kelib chiqishini ko'rsatib berdi. 1860 yilda Maksvellning "Gazlar dinamik nazariyasini tushuntirish" deb nomlangan klassik ishi bosilib chiqdi. U bu asarida birinchi marta statistik usul orqali molekulalarning tezliklari haqidagi masalani ochib berdi. *Molekulyar kinetik nazariya uchta muhim qoidani o'z ichiga oladi.*

1. Hamma moddalar malekula deb ataluvchi mayda zarrachalardan tashkil topgan.

Ma'lum bir modda bir xil molekulalar to'plamidan iborat. Tabiatda turli - tuman moddalar uchragani uchun ularning molekulalari ham har xil bo'ladi. Molekulalar o'z navbatida atom deb ataluvchi mayda zarrachalardan tashkil topgan. Tabiatdagi atomlar turi sanoqli, u Mendeleev elementlar davriy sistemasidagi elementlar va ularning izotoplari soniga teng.

Atom ham murakkab tuzilishga ega bo'lib, musbat zaryadli yadrodan va uni o'rab olgan manfiy zaryadli elektron qobiqlardan tashkil topgan. Ammo,

molekulyar - kinetik nazariyada atomni qanday tuzilganiga e'tibor bermay, uni qattiq elastik shar deb qaraladi.

Atom va molekulalarning diametri 10^{-8} - 10^{-7} sm atrofida bo'lib, 10 million molekulani yonma-yon qo'yib chiqilsa, 1-10 mm.li zanjir xosil bo'ladi. Lekin bir tomchi suvdagi molekulalardan shunday zanjir tuzilsa, 300 mln.km.li zanjir xosil bo'ladi. Bunday zanjir bilan Er va Quyoshni o'rab olsa bo'ladi.

2. Molekulalar orasida bir vaqtning o'zida o'zaro tortishish va itarishish kuchlari mavjud.

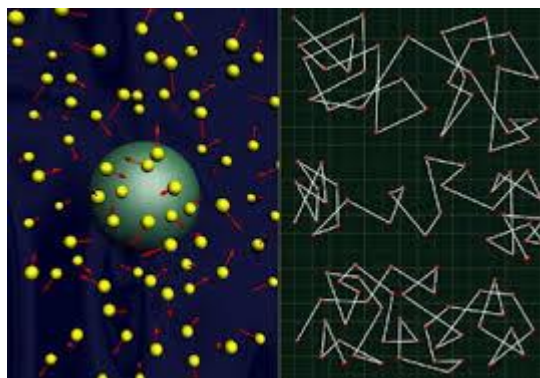
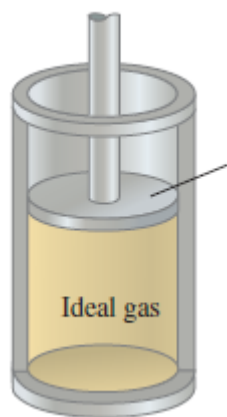
O'zaro ta'sir kuchlari molekulalar orasidagi masofaga kuchli darajada bog'liq bo'ladi. Molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari elektr tabiatga egadir. O'zaro itarishish kuchlarini musbat, o'zaro tortishish kuchlarini manfiy deb hisoblanadi. Molekulalar o'zaro ta'sirlashgani uchun kinetik energiyadan tashqari potensial energiyaga ham ega bo'ladi.

2. Moddani tashkil qilgan molekulalar to'xtovsiz betartib harakatda bo'ladi.

Ular bir-biri bilan to'qnashish natijasida tezligi va o'z yo'nalishlarini doimo o'zgartirib turadi. Temperatura ortishi bilan molekulalarning tartibsiz harakat tezligi ham ortadi. Molekulalarning harakat tezligi moddaning ichki energiyasini belgilaydi. *Molekulalarning tartibsiz harakatini issiqlik harakati deb ataladi.* Moddaning ichki energiyasi deganda molekulalarning kinetik va potensial energiyalarini yig'indisi tushuniladi.

Moddani temperaturasi ortishi bilan molekulalarning issiqlik harakati kuchayishi va molekulalar orasidagi masofa ortishi natijasida molekulalar orasidagi tortishish kuchi kamayib, modda suyuq holatga o'tadi. Temperatura yana ortirilsa, molekulalar orasidagi masofa ortib ($r > 1,5 \cdot 10^{-7}$ sm), molekulalar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari juda kamayib ketadi, natijada modda suyuq holatdan gaz holatga o'tadi. Shunday qilib moddani qattiq, suyuq yoki gaz holatda bo'lishi modda molekulalarini issiqlik harakat tezligiga va tashqi sharoitga bog'liq. Moddalarni molekulalardan tashkil topganligi, molekulyar-kinetik nazariyaning biz yuqorida ko'rib o'tgan uch qoidasi to'g'riligi ko'p tajribalarda uzil - kesil isbotlandi.

Moddalarning molekulalardan tuzilganligini oddiy koʻz yoki mikroskop bilan koʻrib boʻlmaydi. Elektron mikroskoplar bilan ulkan molekulalarni, masalan, oqsil molekulasini koʻrish mumkin. Lekin keyingi vaqtda elektron mikroskoplarni takomillashtirish natijasida ayrim atomlarni ham koʻrishga muvaffaq boʻlindi. Gazlarni siqilishi natijasida ularning xajmini kamayishi molekular orasida maʼlum masofa borligini koʻrsatadi. Gaz siqilganda molekular orasidagi masofa kichrayadi. Molekular orasida tortishish va itarishish kuchlari borligi qattiq jismning oʻz shaklini saqlashga intilishida koʻrinadi. Qattiq jismni ozgina deformatsiyalash uchun ham katta mexanik kuchlanish kerak. Ularning choʻzilishiga molekular orasidagi tortishish kuchlari, siqilishga esa molekular orasidagi itarishish kuchlari qarshilik qiladi. Qattiq jismni sindirib boʻlaklarga boʻlish uchun ham katta kuchlanish kerak. Maʼlumki, bu katta kuchlanish molekular orasidagi oʻzaro tortishish kuchini engish uchun sarflanadi. Singan qattiq jismni qayta butun qilib boʻlmaydi, chunki qattiq jismni singan parchalari bir-biriga jips yopishmaydi, bunga uni sirtidagi gʻadur-budurliklar toʻsqinlik qiladi. Agar bir-biriga biriktirilayotgan qattiq jismlarning sirti juda silliq qilinsa, qattiq jism sirtidagi koʻpchilik molekular bir-biriga juda yaqin kelishi natijasida molekular orasida oʻzaro tortishish kuchi hosil boʻlib, qattiq jism boʻlaklari yopishib qolishi mumkin. Masalan, sirti silliq qilib yopishtirilgan ikkita shisha plastinkani bir-biridan ajratish uchun $5 \cdot 10^5$ Pa chamasida kuchlanish kerak boʻladi. Qattiq jismlarni bir-biriga elimlab biriktirish, payvandlash, molekular orasida oʻzaro tortishish kuchlari borligiga asoslangan.



1-rasm

Molekulalarning tartibsiz harakatini diffuziya hodisasida va Broun harakatida ko‘rishimiz mumkin. Agar shisha idish tubiga bir tomchi brom tomizilsa, bir necha sekunddan so‘ng idish tubida to‘q jigarrang brom bug‘lari xosil bo‘ladi. Bu bug‘ tepaga ko‘tarilib, havo bilan aralasha boshlaydi, ya’ni diffuziya jarayoni kuzatiladi. Havo va brom molekulalarini diffuziyasi ularning molekulalarining betartib issiqlik harakati tufayli yuz beradi.

1827 yilda ingliz tabiatshunosi Broun molekulyar-kinetik nazariyani tasdiqlovchi muhim kashfiyot qildi. U tajribada suyuqlik ichida muallaq turgan gul changi zarrachalari doimo betartib harakat qilishi natijasida ularning ma’lum vaqt davomidagi vaziyatlari murakkab siniq chiziqlar shaklida bo‘lishini kuzatdi.

1-rasmda Broun zarrachasini 30 s davomidagi vaziyatlari ko‘rsatilgan. Suyuqlik ichidagi zarrachalarni bunday harakat qilishiga ularga suyuqlik molekulalarini turli tomonlardan kelib urilishi sabab bo‘ladi.

Bir vaqtning o‘zida zarrachaga suyuqlik molekulalarining bir nechta urilishi mumkin. Lekin unga qaysi tomondan ko‘proq molekulalar urilsa, zarracha o‘sha molekulalar yo‘nalishida siljiydi, keyin boshqa tomondan ko‘proq molekulalar urilishi natijasida yana harakat yo‘nalishi o‘zgaradi va bu jarayon uzluksiz davom etadi. *Suyuqlik ichidagi zarrachaning bunday murakkab harakati broun harakati deb ataladi.*

Broun harakatini gazlarda ham kuzatish mumkin (1-rasm). Agar Quyosh nurlari deraza oynasidan tushayotgan bo‘lsa, siz havodagi chang zarrachalarida broun harakatini kuzatishingiz mumkin. Broun harakatini kuzatib gaz va suyuqlik molekulalarining ham betartib harakat qilishi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariya bilan jismlarning ko‘p xossalari va ularda yuz beradigan ko‘p hodisalarning fizik mohiyatini tushunish mumkin. Masalan, bunday hodisalar qatoriga issiqlik o‘tkazuvchanlik, ichki ishqalanish, diffuziya, modda holatlarini o‘zgarishi va boshqalarni olish mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariyani gazlarga juda yaxshi qo‘llash mumkin. Lekin qattiq va suyuq holatdagi moddalarga qo‘llash bilan ham juda ko‘p muhim

qonuniyatlar aniqlangan. Biz quyida shu nazariyani oldin gazlarga qo‘llanishini ko‘rib chiqamiz. Biz oldin molekulyar fizika nimani o‘rganishiga to‘htalib o‘taylik. Molekulyar fizika makroskopik jismlarning (qattiq, suyuq va gaz xolatdagi) fizik xossalarini va ularni tashkil qilgan mikrozarhalarning (atomlar, molekulalar, ionlar) issiqlik harakati va o‘zaro ta’siri tufayli sodir bo‘luvchi fizik jarayonlarni o‘rganadi.

Makroskopik jismlarning (sistemalarining) xossalari ularni tashkil qilgan mikrozarhalarning betartib harakati natijasida sodir bo‘luvchi mikrojarayonlar bilan aniqlangani uchun shu mikrojarayonlarni ko‘rib o‘tish asosida ularning xossalarini tushuntirish va miqdoriy ifodalash mumkin. Masalan, jism (sistema) holatining makroskopik parametrlaridan biri bo‘lgan temperatura - shu jismni tashkil qilgan molekulalarning betartib harakati jadalligi bilan belgilangani uchun molekulalar tezligi orqali miqdoriy ifodalash mumkin. Lekin sistemani tashkil qilgan molekulalarning yagona harakat tezligi yo‘q, ularning tezligi har xil bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turadi. Shuning uchun jism temperaturasini molekulalarning o‘rtacha tezligi orqali ifodalash mumkin. Bosim ham sistemaning makroskopik parametrlaridan biridir. U ham sistemani tashkil qilgan molekulalar massasi, konsentratsiyasi, o‘rtacha tezligi orqali aniqlanadi. *Makroskopik sistema xossalarini, uni tashkil qilgan molekulalarning harakatini aniqlovchi kattaliklarning o‘rtacha qiymatlari orqali tavsiflashga, molekulyar-kinetik yoki statistik usul deyiladi.*

Ammo, makrosistemaning xossalarini uni ichki tuzilishiga va ichida sodir bo‘luvchi jarayonlarga eotibor bermasdan ham o‘rganish mumkin. Chunki, sistemaning ko‘p xossalari energiyaning bir turdan boshqa turga o‘tish jarayonlariga bog‘liq. Energiyaning bir turdan boshqa turga o‘tish qonunlarini molekulyar fizikaning termodinamika bo‘limi o‘rganadi. *Makroskopik sistema xossalarini sistemada sodir bo‘ladigan energiyaning o‘zgarish qonunlari orqali tasiflashga termodinamik usul deyiladi.* Bu usulda sistemaning xossalari uning ichida sodir bo‘luvchi molekulyar xodisalarni hisobga olmay o‘rganiladi. Ko‘p

kuzatishlar natijalarini umumlashtirish tufayli sistemadagi energiya o'zgarishlarini ifodalovchi asosiy qonunlar aniqlanib, termodinamika asoslari yaratildi.

Molekulyar fizikaga oid tadqiqotlarda statistik (molekulyar - kinetik) va termodinamik usullarning har ikkisidan ham foydalaniladi. Ko'p hollarda bu usullar bir-birini to'ldiradi. Masalan, entropiyani o'rganishda har ikki usul ham qo'llaniladi.

Endi sistema holatini belgilovchi parametrlarga to'xtalib o'taylik. Sistema hossalari tekshirish uchun tajribalarda bevosita o'lchanadigan kattaliklardan foydalanish lozim. Sistema holatini belgilaydigan bu kattaliklarni sistema parametrlari deb ataladi. Bu parametrlarga hajm, temperatura, bosim, modda miqdori kiradi.

1. Hajm. Suyuq holatdagi moddani tashkil qilgan molekulalar orasidagi tortishish kuchlari ancha katta bo'lgani uchun ular o'zlarini hajmini, qattiq jismlarda bu kuchlar yanada katta bo'lgani uchun o'z shaklini ham saqlaydi. Gazsimon holatdagi modda molekulalari orasida tortishish kuchlari zaif bo'lgani uchun gaz o'z xajmiga ega bo'lmay, o'zi qamalgan idishni to'liq egallaydi. Shuning uchun gazning xajmi sifatida doimo idishning xajmini olinadi.

Xajm xalqaro birliklar tizimi (SI) da metr kub (m^3) larda o'lchanadi. Xajmni o'lchashda litr deb ataluvchi birlik ham ishlatiladi.

$$1\text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^{-3}$$

Jismni (sistemani) zichligini topish uchun uning massasini hajmga nisbatini olish kerak:

$$\rho = m/V, \text{ kg/m}^3.$$

XVII asr oxirlarida va XIX asr boshlarida Boyle-Mariott, Gey-Lyussak, Dalton, Avagadro tomonidan eksperimental ravishda ochilgan gaz qonunlari modda tuzilishining molekulyar nazariyasiga qo'shilgan o'lkan hissa bo'ldi.

XVII asrning ikkinchi yarmiga kelib Joul, 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 molekulasi egallangan hajm ma’lum bo‘lsa, birlik hajmdagi molekulalar soni uning konsentratsiyasi deyiladi va bu kattalik $n = \frac{N}{V}$ orqali aniqlanadi.

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

1m^3 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 m^3 hajmdagi molekular 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 molekularning harakatidan iboratdir.

Molekularning bu harakati tartibsiz va hech qachon tuxtamaydi, bu harakat faqat modda temperaturasigagina bog'liqdir. Quyidagi tajriba yordamida moddalarni molekularini 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 molekular massasidan bir necha milliard marta katta, ularning tezliklari molekularning 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.

Shuning 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 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 atrofida 9 ta planetalar ellepsoid trayektoriya bo‘yicha harakatlanadi. Atomda esa markazda atom yadrosi joylashgan (bu planeta sistemasida quyosh), u musbat zaryadlangan, uning atrofida (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 atrofida 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.

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'zgarmaydi. 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'zgarasa 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. 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.

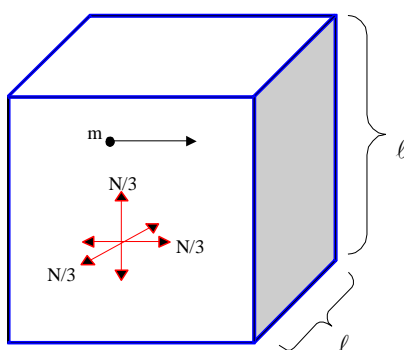
Termodinamikada makroskopik sistemalarning muvozanat holatlari ancha qo'pol, uncha ko'p bo'lmagan sondagi turli makroskopik parametrlar yordamida tavsiflanadi. Bu parametrlarga masalan, sistemaning bosimi, zichligi, temperaturasi, konsentratsiyasi, hajmi, elektr va magnit maydonlarining kuchlanganligi 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.

2. Taqsimot qonunlari va ularning molekulyar kinetik talqini

Molekulyar-kinetik nazariyaga ko'ra idishdagi gaz doimo tartibsiz harakat qiluvchi ko'plab molekulalardan iborat deb qaraladi. Molekulalar o'z harakati vaqtida idish devorlariga to'xtovsiz urilib turadi. Molekulaning idishga har bir urilishidagi kuch nisbatan kichik. Lekin molekulalar juda ko'p bo'lgani uchun idish devorlariga ta'sir etayotgan umumiy kuch ancha katta bo'ladi.

Idish devorining yuza birligiga to'g'ri keluvchi molekulalarining ta'sir kuchi gaz bosimini ifodalaydi. Molekulani idish devoriga urilish kuchi uni harakat tezligiga, qolaversa molekulalarning ilgariharakati kinetik energiyasiga bog'liq.



2-rasm

Asosiy tenglamani biz gaz kub shaklidagi idishda joylashgan hol uchun chiqaraylik. Tomonlari l bo'lgan kub shaklidagi idishda massalari m bo'lgan N ta molekula bo'lsin. Molekulalarning tartibsiz harakatini hisobga olib, ularning $1/3$ qismi kubning oldingi va orqa devori yo'nalishida, yana $1/3$ qismi kubning chap va o'ng devorlari yo'nalishida, va qolgan $1/3$ qismi kubning tepa va pastki devorlari yo'nalishida to'g'ri chiziqli harakatlanadi deyish mumkin. Har uch yo'nalishda harakatlanayotgan molekular umumiy molekulalarning $N' = N/3$ qismini tashkil qiladi. Biz fikran bitta molekulani idishning o'ng tomondagi devoriga v tezlik

bilan harakatlanayotganini kuzataylik (2-rasm). Molekula devorga urilib, undan qaytadi va chap devorga tomon harakatlanadi. Molekulaning urilish kuchini ΔF bilan, urilish vaqtini Δt bilan belgilasak, molekulaning devorga bergan impulsi $\Delta F \cdot \Delta t$ bo'ladi. Impulsning saqlanish qonuniga ko'ra kuch impulsi harakat impulsini o'zgarishiga teng:

$$\Delta F \cdot \Delta t = m_0 v - (-m_0 v) = 2m_0 v.$$

Bu ifodadagi minus ishora molekula idish devoriga urilgandan keyin o'z yo'nalishini o'zgartirib orqaga qaytishini ko'rsatadi.

Gazning o'rtacha bosim kuchini topish uchun molekulalarning bir sekund davomidagi urilishlarda berilgan impulslar yig'indisini hisoblash kerak.

Har bir molekula bir urilishdan keyingi urilishgacha v tezlik bilan 2ℓ masofani bosib o'tgani uchun ikkita ketma-ket urilishlar orasidagi vaqt $\Delta t = 2\ell/v$ bo'ladi. Vaqtning bu ifodasini hisobga olib, yuqoridagi ifodadan o'rtacha urilish kuchini topamiz.

$$\Delta F = m_0 v^2 / \ell \quad (1)$$

D. I. Mendeleev davriy sistemasida elementlar atom yadrolarining zaryadi ortib borish tartibida joylashtirilgan. Bu jadvalda elementning tartib nomeri Z atom yadrosining musbat zaryadi elektronning zaryadidan necha marta katta ekanligini ko'rsatuvchi sonidir. Yadro zaryadi absolyut kattaligi jihatidan Ze_0 ga teng, bu yerda e_0 - elektronning zaryadi. Demak, D.I.Mendeleev 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 hakoza usullar bilan ionlashtirish mumkin.

Biz ma'lum bir temperatura uchun molekulyar kinetik nazariya asosida gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini hisoblash formulasini ko'rib o'tdik. Aslida esa gazdagi har bir molekulaning tezligi bir-biridan farq qiladi. Ular doimo tartibsiz harakat qilganliklari uchun bir-birlari bilan to'xtovsiz to'qnashib turadilar. Bir sekundda bir molekula boshqa molekulalar bilan 10^9 marta to'qnashar ekan.

Har bir to‘qnashishdan keyin molekulani tezligi miqdor va yo‘nalish jihatdan o‘zgaradi. Lekin bu o‘zgarish ma’lum chekli miqdor oralig‘ida bo‘ladi. Molekulaning tezligi cheksiz katta yoki cheksiz kichik bo‘lib qolmaydi. Bunga ehtimollik harakterda bo‘lgan tasodifiy to‘qnashishlar yo‘l qo‘ymaydi.

Ma’lum vaqt momentida aniq bir ϑ tezlik bilan harakterlanuvchi molekulalar sonini topish mumkin emas. Lekin muvozanatli sistemada tezliklari ma’lum oralig‘ida bo‘lgan molekulalar sonini hisoblash mumkin. Tezligi ϑ , $\vartheta + d\vartheta$ oralig‘ida bo‘lgan molekulalar sonini $dN(\vartheta)$ deb belgilasak, mulohazalar asosida uni sistemadagi umumiy molekulalar soni N ga va tezlik oralig‘i $d\vartheta$ ga proporsional ekaniga ishonch hosil qilish mumkin, ya’ni

$$dN(\vartheta) \sim Nd\vartheta \quad (2)$$

Bizga ma’lumki, o‘zgarmas kattalik kiritish bilan proporsional likdan tenglikka o‘tish mumkin. Lekin bunday usul (2) ifodada o‘rinli bo‘lmaydi. Faqat kiritilgan kattalik tezlik funktsiyasi bo‘lsa, (2) ni tenglik ko‘rinishida yozish mumkin:

$$dN(\vartheta) = f(\vartheta)Nd\vartheta \quad (3)$$

(2) ifodadagi $f(\vartheta)$ funktsiyasini taqsimot funktsiyasi deb ataladi. Uning ma’nosini tushunib olish uchun quyidagi misolni ko‘rib o‘taylik. Toshkent shahar aholisining umumiy soni N ta, ular ichida yoshi 20-21 oralikda bo‘lganlarining soni dN ta bo‘lsin. Agar yosh oralig‘i $d\vartheta$ ni oshirsak, ya’ni 20-22 yosh oralig‘ini olsak, yoshi shu oralikdagi fuqarolar soni dN ham mos holda ortadi. Statistik ma’lumotni jumhuriyat miqyosida olsak, dN yanada ortadi. Lekin statistik ma’lumotlar yosh oralig‘i bir xil bo‘lgan 20-21 va 80-81 yosh oraliqlari uchun olinsa, yoshi bu oraliqdagi fuqarolar soni har xil bo‘lib chiqadi. Bundan yosh oralig‘i ma’lum qiymatga ega bo‘lgan fuqarolar soni, qaysi yoshga nisbatan olinishiga bog‘liq ekanligini ko‘rish mumkin. Keltirilgan misolni molekulalar tezligiga ko‘chirsak,

tezligi $d\vartheta$ oraliqda bo'lgan molekular soni tezlikni qaysi qiymatlari orasidan olinishiga, ya'ni $f(\vartheta)$ taqsimot funksiyasiga bog'liq bo'ladi.

Yuqoridagi (2) ifodani quyidagi

$$\frac{dN(\vartheta)}{N} = f(\vartheta)d\vartheta$$

ko'rinishga keltiraylik. Bunda $f(\vartheta)d\vartheta$ ifoda tezliklari ϑ , $\vartheta + d\vartheta$ oraliqda bo'lgan molekular, hamma molekularning qanday qismini tashkil etish ehtimoligini ko'rsatadi.

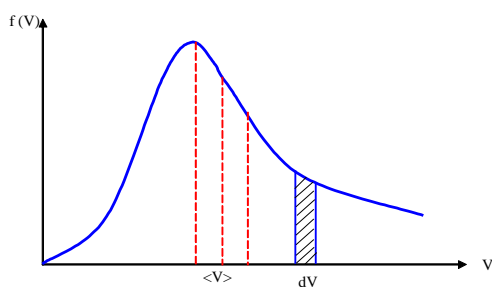
1860 yilda ingliz olimi K. Maksvell (1831-1879) ma'lum bir temperaturali gaz molekulari tezliklariga ehtimolliklar nazariyasini qo'llab, molekularning tezliklar bo'yicha taqsimot funksiyasining matematik ifodasini aniqladi:

$$f(\vartheta) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2kT} \right)^{3/2} \cdot e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \vartheta^2$$

Bunda m_0 -molekula massasi, T -gazning absolyut temperaturasi. Maksvell taqsimot funksiyasini grafigi 3-rasmda ko'rsatilgan. Tezliklari ϑ dan $\vartheta + d\vartheta$ orliqda bo'lgan molekularning nisbiy soni

$$\frac{dN}{N} = f(\vartheta)d\vartheta = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2kT} \right)^{3/2} \cdot e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \vartheta^2 d\vartheta \quad (4)$$

munosabatdan topiladi va u Maksvell egri chizig'i ostidagi shtrixlangan yuzachaga



3-rasm

teng. Maksvell egri chizig'i bilan chegaralangan yuza idishdagi molekular soniga teng. (4) munosabat gaz molekulari issiqlik harakat tezligining absolyut qiymatlari bo'yicha Maksvell taqsimot qonunining ifodasidir. Bir xil $d\vartheta$ tezlik oralig'idagi molekular nisbiy soni faqat $d\vartheta$ ga bog'liq bo'lmasdan, balki tezlik ϑ

ga ham bog'liq. Xaqiqatdan ham $\frac{dN}{N}$ ning eng katta qiymati $f(\vartheta)$ funktsiya maksimumga erishadigan tezlikka mos keladi. *Tezlikning bu qiymati eng katta ehtimol tezlik yoki qisqacha ehtimol tezlik deb ataladi va ϑ_e deb belgilanadi.*

Ehtimol tezlik shunday tezlikki, tezlikning bir birlik $d\vartheta$ oralig'iga eng ko'p sondagi molekula to'g'ri keladigan tezlikdir. Ehtimol tezlik qiymati hisoblanadigan ifodani topish uchun (3) funktsiyadan ϑ bo'yicha birinchi tartibli hosila olib, uni nolga tenglaymiz.

$$f'(\vartheta) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2kT} \right)^{3/2} \left[e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} 2\vartheta - \vartheta^2 e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \frac{2m_0 \vartheta}{2kT} \right] = 0$$

Bu tenglik qavs ichidagi ifoda nolga teng bo'lganda o'rinli bo'ladi. Shuning uchun qavs ichidagi ifodani nolga tenglab, ehtimol tezlik ifodasini topamiz:

$$\vartheta_e = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (5)$$

hosil bo'ladi.

Ehtimol tezlik ma'nosini va molekularning tezliklar bo'yicha taqsimlanishini yaxshi tushunib olish uchun aniq bir misolni ko'rib chiqaylik. Qandaydir sig'imli idishda 0°C temperaturada $\Delta\vartheta=100\text{m/s}$ tezlik oralig'iga mos kelgan molekular sonini taqsimot qonuni asosida hisoblab topilgan natijalari 2-jadvalda keltirilgan. Jadval juda katta bo'lib ketmasligi uchun $\Delta\vartheta$ tezlik oralig'i katta qilib olindi.

Gaz molekularining tezligi son jihatidan va yo'nalish bo'yicha ularning bir-biri bilan to'knashuvi natijasida, doimo o'zgarib turadi. Tezlikning barcha yo'nalishlari teng ehtimolli bo'lgani uchun, molekular har bir yo'nalish bo'yicha teng taqsimlanadi; har qanday orientirlangan $d\theta$ fazoviy burchak ichida har bir paytda o'rta hisobda bir xil dN sondagi molekularning harakat yo'nalishi yotadi. Tezliklarning son qiymatiga kelsak tezlikning 0 dan ∞ bo'lgan qiymatlari bir xil

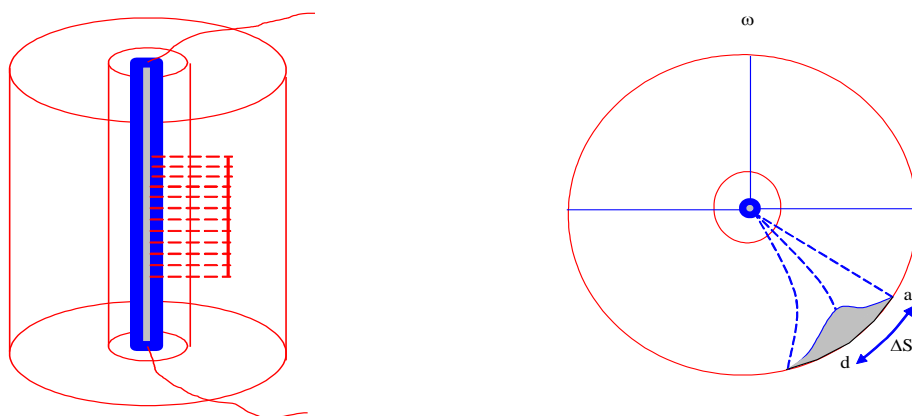
ehtimollik bilan uchramaydi. Chunki to'qnashuvlarda molekularning tezligi tasodifiy ravishda o'zgaradi. Agar hamma molekular bitta molekula bilan to'qnashib unga energiya bersalar ham, bu molekulaning tezligi chekli qiymatga ega bo'ladi (∞ bo'lmaydi).

Bu protsess ehtimolligi kichikdir, ya'ni *o'rtacha tezlikdan* katta bo'lgan tezliklar ehtimoli kichikdir. Agar to'qnashuvdagi 1 ta molekula to'xtab koladigan protsess bor desak, u protsess ehtimoli ham kichikdir, demak $v \gg 0$ bo'lganda ham, $v \gg \infty$ bo'lganda ham shunday tezlikli molekular uchrashish ehtimoli 0 ga intiladi.

3. Shtern tajribasi

Molekularning tezliklar bo'yicha Maksvell taqsimot qonunini 1920 yilda nemis olimi Shtern tajribada tekshirib ko'rdi. Molekular tezligini o'lchashga moslashtirilgan Shtern qurilmasi o'qlari ustma-ust tushadigan qilib, biri ikkinchisining ichiga joylashtirilgan ikki silindrdan iborat (4-rasm).

Silindrning o'qlari bo'ylab, kumush bilan qoplangan platina sim o'tkazilgan.



4-rasm

Platinadan elektr toki o'tkazilsa, u qizib sirtidan kumush atomlari bug'lanib chiqadi. Ichki tsindrda bo'ylanmasiga ketgan ensiz tirqishdan kumush atomlari dastasi chiqib, tashqi tsindrni ichki devoriga yopishib, unda ensiz vertikal tasma shaklida qatlam hosil qiladi.

Qurilma vakuumda joylashgani uchun kumush atomlari havo molekulari bilan to‘qnashmaydi.

Agar qurilma umumiy o‘q atrofida ω burchakli tezlik bilan aylanma harakatga keltirilsa, kumush atomlari tirqishdan chiqib, tashqi silindr devoriga etib kelguncha, devor ΔS masofaga siljib qoladi. Natijada kumush atomlari undan qandaydir masofaga siljib yopishadi.

Shuning uchun ingichka tasma shaklidagi kumush o‘rnida ancha enli ab kumush qatlami hosil bo‘ladi. Kumush qatlamining qalinligi ham turlicha bo‘lib, o‘rtasi qalinroq, ikki chekkasi yupqalashib boradi. Rasmda bu qatlamning kesimi ko‘rsatilgan. Qurilma aylanganda unga o‘tirgan kumush qatlamini eniga ikki tomonlama kengayishiga atomlar tezliklarining har xil bo‘lishi sabab bo‘ladi. Tezligi kattaroq atomlar qatlamning a chetiga yaqinroq nuqtalarga, kichikroq tezlikda harakatlanuvchi atomlar qatlamning b chetiga yaqinroq bo‘lgan nuqtalarga o‘tiradi. Qatlam qalinligini har xilligi turlicha tezlik bilan harakatlanuvchi atomlar soni bir xil emasligini ko‘rsatadi. Qatlamning yupqa ikki cheti tezligi katta yoki kichik bo‘lgan atomlar sonining kamligini ko‘rsatadi. Qatlamdagi har bir nuqta (masalan d nuqta) atomning aniq bir tezligiga mos keladi. Demak, qatlam kesimining shakli atomlarning tezliklar bo‘yicha taqsimlanishiga mos keladi. Shuning uchun ham qatlam kesimining shakli Maksvell funktsiyasi grafigiga o‘xshaydi. Bu esa Maksvell taqsimot qonunini Shtern tajribasida sifat jixatdan tasdiqlanganligini ko‘rsatadi.

Qurilmaning burchak teziligini ω , tashqi silindr radiusini R , atomni uchib o‘tish vaqtini Δt deb belgilasak, ΔS masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta S = \omega R \Delta t$$

Ichki silindrning radiusi tashqi silindr radiusi R ga nisbatan juda kichik bo‘lgani uchun kumush atomlarini uchib borib o‘tirish vaqti

$$\Delta t = R/v$$

bo‘ladi.

Bu ifodani hisobga olib, yuqoridagi ifodadan kumush atomlarining tezligini topamiz:

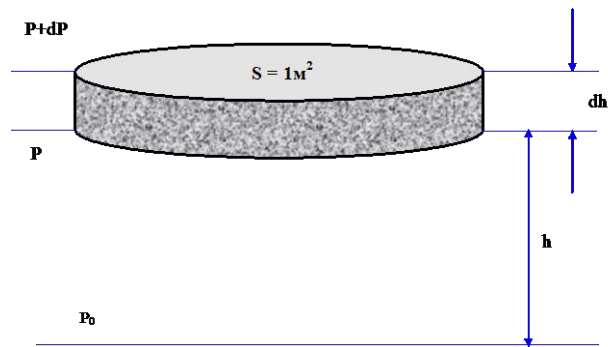
$$v = \omega R^2 / \Delta S \quad (6)$$

Shtern kumush atomlarini tezliklar bo'yicha taqsimlanishini baholash uchun ularning tezligini qatlamning qator nuqtalari uchun aniqlab, $\Delta N / \Delta v$ kattalikni ham hisoblab topdi.

Taqsimot qonuni boshqa olimlarning tajribalarida yanada aniqroq tekshirib ko'riladi. Masalan, bunday tajribani 1929 yilda Lammert va keyinchalik Eldrij o'tkazdi. Ularning tajribasida ham Maksvell taqsimot qonunining to'g'riligi tasdiqlangan.

Ma'lumki, tashqi ta'sirlar bo'lmasa biror idishdagi gaz muvozanat holatiga keladi. Uning hamma nuqtalaridagi temperatura va bosim bir xil bo'ladi. Idishda bir necha xil gaz aralashmasi (masalan, havo) bo'lsa ham idishning hamma nuqtalarida uning tarkibi bir xil bo'ladi. Lekin gazga tashqi potensial maydon ta'sir etayotgan bo'lsa, manzara o'zgaradi. Masalan, Erning atrofidagi havo qatlami (atmosfera) Erning tortish kuchi ta'sirida bo'ladi. Agar Erning tortish kuchi ta'sir etmaganda havo molekulalarining issiqlik harakati tufayli ular olam fazosiga tarqab ketgan bo'ladi. Agar tortish kuchi bo'lsa-yu, molekulalarning issiqlik harakati bo'lmasa, barcha molekulalar Er sirtida yupqa qatlam xosil qilib to'planib qolar edi. Erning tortish kuchi va molekulalarning issiqlik harakati borligi uchun Er atmosferasi (havo qatlami) hozirgi ko'rinishda mavjud. Havo molekulalarining balandlik bo'yicha taqsimlanishiga shu ikki sabab ta'sir ko'rsatadi.

Molekulalarning taqsimotini ifodalovchi statistik qonuniyatni aniqlaylik.



5-rasm

Er sirtining dengiz sathidan h_0 balandlikdagi sohasida atmosfera bosimi p_0 , birlik hajmdagi molekulalar soni n_0 bo'lsin. Er sirtidan h balandlikda birlik hajmda n molekula bor deb hisoblaylik. Atmosferaning h balandlikdagi sohada qalinligi dh , asos yuzi $S = 1\text{m}^2$ bo'lgan tsilindrsimon elementar qatlamni hayolan ajratamiz. Bu qatlamning quyi va yuqori asoslariga ta'sir etadigan atmosfera bosimining qiymatlarini mos ravishda p va $p + dp$ deb belgilaylik.

Atmosferaning h balandlikdagi bosimi p yuqoridagi qatlamlarning og'irligi tufayli vujudga keladi. Shuning uchun $h + dh$ balandlikdagi atmosfera bosimining qiymati ($p + dp$), undan dh qadar pastroq sohadagi bosimdan dp miqdorga kichikroq bo'ladi. Bundan dp manfiy ekanligi kelib chiqadi. dp bosim dh qalinlikdagi havo qatlamida mavjud bo'lgan barcha molekulalarning og'irligiga teng:

$$dp = -\rho g dh = -nm_0 g dh \quad (7)$$

Ikkinchi tomondan normal sharoitlarga yaqin bo'lgan hollarda atmosfera tarkibidagi gazlarga ham ideal gaz qonunlarini tadbiq etish mumkin. Shuning uchun h balandlikdagi bosim p bilan, molekulalar konsentratsiyasi n orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$p = nkT \quad (8)$$

(7) ni (8)ga nisbatini olamiz.

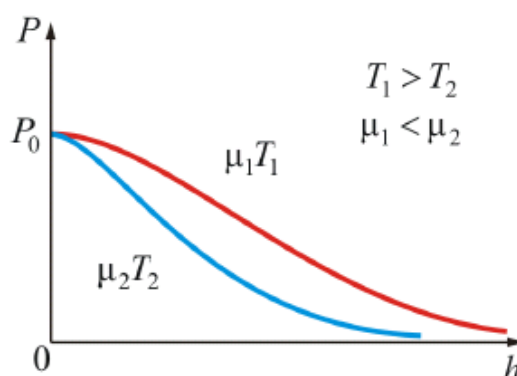
$$dp/p = (m_0 g / kT) dh$$

munosabatni hosil qilamiz va uni mos holda h_0 dan h gacha, p_0 dan p gacha bo'lgan chegarada integrallaymiz, bunda g va T ni o'zgarmas deb hisoblaymiz, ya'ni:

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = -\frac{m_0 g}{kT} \int_{h_0}^h dh$$

$$\ln p - \ln p_0 = -\frac{m_0 g}{kT} (h - h_0)$$

bundan tenglamani xosil qilamiz. Yuqoridagi ifodani potentsirlab



6-rasm

Boshlang'ich balandlik dengiz sathidan boshlanganligi uchun u $h_0 = 0$ ga teng ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi ifoda quyidagi ko'rinishni oladi.

$$p = p_m \mathbf{H}^{-\frac{Mgh}{RT}} \quad (9)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, balandlik ortgan sari atmosfera bosimi eksponentsial qonun bo'yicha kamayib boradi. Atmosfera havosi turli gazlardan tarkib topgani uchun bu formulani har bir gazning partsiyal bosimi uchun qo'llash mumkin. (9) formulaga asosan balandlik ortgan sari molyar massasi kattaroq gazlarni bosimi, molyar massasi kichikroq gazlarnikiga qaraganda tezroq kamayib boradi.

Bosim molekular kontsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ekanini hisobga olib barometrik formulada molekular kontsentratsiyasini balandlik bo'yicha taqsimlanish qonunini yozish mumkin, ya'ni

$$n = n_0 e^{-\frac{m_0 gh}{kT}} \quad (10)$$

bo'lad. Bu formula og'irlik kuchi maydonidagi gaz molekulalarini potensial energiyalari bo'yicha Boltsman taqsimot qonunini ifodalaydi. Boltsman taqsimot qonuni faqat og'irlik kuchi maydonidagi gaz molekulalari uchun taaluqli bo'lmay, balki har qanday potensial maydondagi zarrachalar uchun ham to'g'ridir. Masalan, suyuqlik ichidagi Broun zarrachalari ham shu taqsimot qonuniga bo'ysunadi. 1909 yilda Perren, Broun zarrachalariga Boltsman taqsimot qonunini qo'llab, Avogadro sonini tajribada aniqlashga muvaffaq bo'lgan.

4. Fermi-Dirak taqsimoti

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. Birinchi sinfda 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'laolmaydi. 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	
A	B	
B	A			.	.	.
	A	B
	B	A	:			
A		B		:		
B		A			:	
AB						
	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 bitta 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. Z-ta kvartira bor. Shu kvartiralarga N-ta 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 kvartiralari 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 $\frac{Z!}{N!(Z - N)}$ 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

$$\frac{(Z + N - 1)}{N!(Z - 1)} \quad (11)$$

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

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

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

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

Fermionlar uchun

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

Bozonlar uchun

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

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:

$$S_\phi = -k\Sigma[N_i \ln N_i + (Z_i - N_i) \ln(Z_i - N_i)] + const \quad (11)$$

$$S_B = k\Sigma[(Z_i + N_i - 1) \ln(Z_i + N_i - 1) - N \ln N_i] + const \quad (12)$$

Sistemadagi zarralar soni doimiylik shartini (11) va (12) formulalarga qo‘yamiz va nihoyat bir kvant holati to‘g‘ri keladigan zarralarning o‘rtacha soni

Fermionlar uchun

$$\bar{n}_i = \frac{1}{\frac{E_i - \mu}{e^{KT} + 1}} \quad (13)$$

Bozonlar uchun

$$\bar{n}_i = \frac{1}{\frac{E_i - \mu}{e^{KT} - 1}} \quad (14)$$

(13) ifoda mos ravishda Fermi-Dirak (14) ifoda esa Boze-Eynshteyn taqsimotidir. Agar $\bar{n}_i \ll 1$ bo'lsa, (13) va (14) ifodalar maxrajdagi birlarni inobatga olmaslik mumkin.

$$n_i = e^{\frac{E_i + M}{KT}} = e^{\frac{M}{KT}} e^{\frac{E_i}{KT}} = \text{conste}^{\frac{E_i}{KT}} \quad (15)$$

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

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.

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'ysunadi 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 1m^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 xossalarni 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.

II-BOB.

FERMI-DIRAK TAQSIMOTI VA UNING MOLEKULAR KINETIK TALQINI MAVZUSINI O'QITISHDA INTERFAOL USULLARNI QO'LLASH.

1. Ilg'or pedagogik texnologiyalar va ularning turlari.

Insoniyat sivilizatsiyasining quyi bosqichlarida shaxsni tarbiyalash, unga ta'lim berishga yo'naltirilgan faoliyat sodda, juda oddiy talablar asosida tashkil etilgan bo'lsa, bugungi kunga kelib ta'lim jarayonini o'ta qat'iy hamda murakkab talablar asosida yo'lga qo'yish zarurati kun tartibiga qo'yilmoqda. Chunonchi, murakkab texnika bilan ishlay oladigan, ishlab chiqarish jarayoni mohiyatini to'laqonli anglay olgan, favqulotda ro'y beruvchi vaziyatlarda ham yuzaga kelgan muammolarni ijobiy xal eta olish salohiyatiga ega bo'lgan malakali mutaxassisni tayyorlash zaruriyati ta'lim jarayonini ham texnologik yondashuv asosida tashkil etish lozimligini taqozo etmoqda.

Shu bois ijtimoiy taraqqiyot bilan uzviy aloqadorlikda rivojlanib borayotgan pedagogika fanining vazifalari doirasi kengayib bormoqda. Tabiiy ravishda zamonaviy fan texnika yutuqlaridan samarali va unumli foydalana olish vazifasi nomoyon bo'lmoqda.

Ayni vaqtda respublika ijtimoiy hayotiga keng ko'lamli va shiddatli tezlikdagi axborotlar oqimi kirib kelmoqda. Axborotlarni tezkor sur'atda qabul qilib olish, ularni tahlil etish, qayta ishlash, nazariy jihatdan umumlashtirish, xulosalash hamda o'quvchiga yetkazib berishni yo'lga qo'yish ta'lim tizimi oldida turgan dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Ta'lim-tarbiya jarayoniga pedagogik texnologiyani tadbiq etish yuqorida qayd etilgan dolzarb muammoni ijobiy xal etishga xizmat qiladi.

Ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyot jarayonida ro'y berayotgan o'zgarishlar natijasida halq xo'jaligining turli sohalari uchun malakali kadrlarni tayyorlab berish ehtiyoji yuzaga keldi.

Ushbu ehtiyojni qondirish ishlab chiqarish sohalari tomonidan turli mutaxassislik yoki iqtisoslik bo'yicha kasbiy ma'lumotga ega kadrlarni tayyorlash ishiga mas'ul sanalgan ta'lim muassasalariga ijtimoiy buyurtma berish hamda mazkur buyurtmaning sifatli bajari - lishi asosida xal etiladi. Ayni vaqtda O'zbekiston Respublikasida faoliyat yuritayotgan ta'lim muassasalari zimmasiga erkin, mustaqil fikr yurita oladigan tafakkuri va dunyo qarashi keng, bilimli, shuningdek, mutaxassisligi bo'yicha chuqur bilim, yo'qsak malakaga ega bo'lgan kadrlar (mutaxassislar) ni tayyorlab berishdek ma'suliyatli ijtimoiy vazifa yo'qlangan[8].

Ishlab chiqarish sohalari uchun malakali kadrlarni tayyorlab berish bora - sidagi ijtimoiy buyurtma mohiyati o'z-o'zidan ta'lim-tarbiya tizimiga taaluqli. Ushbu tizim doirasida faoliyat ko'rsatuvchi ta'lim muassasa - larining faoliyati mazmuni tubdan yoki qisman o'zgaradi. O'zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan ta'limiy islohotlar hamda kadrlar tayyorlash borasidagi ijtimoiy buyurtma mohiyatiga ko'ra, 1997 yil 29 avgustda oliy majlisning IX-sessiyasida qabul qilingan yangi taxrirdagi «Ta'lim to'g'risida» gi qonun va «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» asosida uzlo'qsiz ta'lim tizimi yaratilib, aniq vazifalarni bajaruvchi bosqichlar belgilandi. Shuningdek, yangi turdagi ta'lim muassasalari faoliyat yurita boshladi.

2. Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini mavzusi bo'yicha bir soatlik dars ishlanmasi

“**Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini**” mavzusi bo'yicha sinov darsini Jizzax shahar Xalq ta'limi bo'limiga qarashli 10 umumiy o'rta ta'limida pedagogik amaliyot o'tash davrida o'tkazish mo'ljallandi. Sinov tajribani amaliyot davrida 2 bosqichda olib borildi. Quyida ushbu sinov darsi xususida batafsil to'xtalamiz.

1-bosqich: O'tiladigan mavzuni mazmuni va darsni qanday tashkil etishni aniqlash

2-bosqich: umumlashtirilgan pedagogik mahoratni ko'rsatish o'quvchilarning o'zlashtirish darajasini aniqlash.

Sinov darsi quyidagi tartibda o'tkazildi.

Darsning mavzusi: "Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini"

Darsning maqsadi: O'quvchilarga Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini mavzusi mazmunini tushuntirish.

Darsning ta'limiy maqsadi: O'quvchilarga Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini mavzusi mazmuni haqida tasavvur hosil qilish.

Darsning tarbiyaviy maqsadi: O'quvchilarga tabiatdagi hodisalar orqali Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini va uning ilmiy ahamiyatini yetkazib berish.

Darsning rivojlantiruvchi maqsadi: O'quvchilarga Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini haqida bilim, ko'nikma va malakalarini shakllantirish.

Darsning jihozlash: Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini, uning ilmiy ahamiyatiga doir ko'rgazmali qurollar, tarqatma didaktik materiallar, kompyuter va namoyish etuvchi qurilmalar.

Darsda foydalaniladigan texnologiya: Klaster va aqliy hujum metodlari.

Darsning rejasi:

- 1)Tashkiliy qism-2 minut
- 2)Uy vazifasini tekshirish-10 minut
- 3)Yangi mavzuni bayoni-18 minut
- 4)Yangi mavzuni mustahkamlash-13 minut
- 5)Uy vazifasini berish-2 minut.

Darsning borishi:

Tashkiliy qism. Dars jihozlarini tayyorlash, Uy vazifalarini tekshirish maqsadida aqliy hujum va klaster metodlaridan foydalanishga hozirlik ko'rish.

Uy vazifasini tekshirish. O'qituvchi "Aqliy hujum" va "klaster" metodlaridan foydalanib uy vazifalarini tekshirish uchun o'quvchilarga quyidagi savol va topshiriqlar beriladi.

Ayrim o'quvchilarga didaktik tarqatma materiallar topshiriladi va tekshiriladi.

Yangi mavzu bayoni:

O'quvchilarga dastlab Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini va uning ilmiy ahamiyati haqida tushuncha va slaydlar ko'rsatiladi.

O'qituvchi faoliyatidagi asosiy jarayonlar quyidagilardir:

So'zlash va ko'rsatish (slaydlar asosida), vazifa topshirish, rahbarlik-nazorat qilish.

O'quvchi faoliyatidagi asosiy jarayonlar quyidagilardan iborat:

Tinglash-ko'rish-faollik-mashq bajarish-dars

Yangi mavzuni mustahkamlash. O'tilgan mavzu yuzasidan o'quvchilarga masalalar beriladi.

Uyga vazifa berish. O'tilgan mavzuni o'qib kelish. Mavzu oxirida keltirilgan savollarga javob topish va konspekt yozib kelish.

Konseptual asoslarda "Fizika" o'quv kursining dolzarbligi va o'qitish strukturasi, kursning mazmuni, o'quv kursi bo'yicha ma'ruza, laboratoriya ishlarini bajarish va amaliy mashg'ulotlarda o'qitish texnologiyalarini ishlab chiqishning konseptual asoslari yoritib berilgan. So'ngra loyihalashtirilgan ta'lim texnologiyasi keltirilgan. Ma'ruza mashg'ulotlarida 5 xil : kirish, tematik, ma'ruza-kuzatish, ma'ruza-muloqat va yakunlovchi ma'ruza.

Amaliy mashg'ulotlar fizikadan masalalar yechishda olingan bilimlarni iqtisodiy masalalarga qo'llash, kengaytirish, chuqurlashtirish va mustaqil ishlashni rivojlantirishga asoalangan.

Laboratoriya ishlari o'tkazish darsida fizika faniga doir bo'lgan o'zgarmas kattaliklar va qoida – qonunlarni talabalar o'zlari mustaqil bajarib, ularni isbotlashlariga asoslangan.

Keltirilgan ta'lim texnologiyasi "Fizika kursi" fani o'qitiladigan barcha oliy o'quv yurtlari, malaka oshirish kurslarida, akademik lisey va kasb-hunar kollejlarda o'qituvchi tomonidan qo'llanilishi mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tushunchasi.

Dars rejasi:

I. Darsning maqsadi:

A) **Ta'limiy:** Ideal gaz qounlari, universal gaz doimiysi, temperatura, bosim, erkinlik darajasi, ichki energiya, issiqlik sig'imi, erkin yugurish yo'li hamda o'quv kursa byicha umumiy tasavvurni berish.

B) **Tarbiyaviy:** Mavzuni tushuntirishda ko'rgazmali qurollardan foydalanish, mutaxassisliklarga bo'glab va mahalliy misollar yordamida tushuntirish, tarqatmali matyeriiallardan foydalanish, AT va pedagogik texnologiyalardan, didaktik myetodlardan foydalanish, darsni qiziqarli o'tishini ta'minlash, mavzu bo'yicha o'quvchilar bilim va ko'nikmalarini hosil qilish.

C) **Rivojlantiruvchi:** Fiika fanining turmushda tutgan o'rni va ahamiyati, kyeyingi mavzular va boshqa fanlar bilan byevosita va bilvosita bog'liqligi.

II. Dars turi: Nazariy

III. Dars jihozlari:

Ko'rgazmali qurollar, doska, plakatlar, davriy sistyema, kodoskop, proyeksion ko'rgazmali qurollar, tarqatmali matyeriiallar, laboratoriya jihozlari, informatsion tyexnologiyalar, hayotiy ko'rgazmali qurollar, myetodik qo'llanmalar, ilmiy adabiyotlar, tyexnologik chizma va makyetlar.

IV. Darsning mazmuni va mohiyati:

1. Tashkiliy qism – 5 *minut*:

- 1.1. Xonani darsga tayyorlash;
- 1.2. Davomatni aniqlash;
- 1.3. Jurnalni yuritish;

2. Mavzuni yoritish – 20 *minut*.

3. O'quvchilar bilan ommaviy va yakka tartibda shug'ullanish – 10 *minut*.

4. O'quvchilarni baholash – 5 *minut*.

5. Uyga vazifa byerish – 5 *minut*.

V. Foydalaniladigan adabiyot:

1. V A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. «Molekulyar fizika», T., «Ukituvchi», 1978.

2. A.N.Mateyev. «Molekulyarnaya fizika». Fizika. T-1., M., «Mir», 1991.

3. J.Kamolov va boshkalar. «Umumiy fizika kursi. (Molekulyar fizika va termodinamika asoslari)». T. «Ukituvchi», 1987 y.

4. M.X.Ulmasova va boshkalar. Fizika. Mexanika, molekulyar fizika va issiklik». T: «Ukituvchi», 1986 yil.

5. O.Axmadjonov. «Fizika kursi», 2 kism. T., «Ukituvchi», 1988

VI. Tavsiya etiladigan adabiyotlar:

1. V A.K.Kikoin, I.K.Kikoin. «Molekulyar fizika», T., «Ukituvchi», 1978.

2. A.N.Mateyev. «Molekulyarnaya fizika». Fizika. T-1., M., «Mir», 1991.

3. J.Kamolov va boshkalar. «Umumiy fizika kursi. (Molekulyar fizika va termodinamika asoslari)». T. «Ukituvchi», 1987 y.

VII. Darsning borishi:

1. Mavzu rejasi:

1. Muvozanat holatlar va jarayonlar.
2. Ideal holat tenglamasi.
3. Molekulyar – kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi.
4. Erkinlik darajalari bo'yicha energiyaning tekis taqsimlanishi.
5. Maksvell taqsimoti.
6. Gaz molekularining erkin yugurish yo'li.

2. Tayanch so'z va iboralar:

Muvozanat holatlar va jarayonlar. Ideal holat tenglamasi. Molekulyar – kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi. Erkinlik darajalari bo'yicha energiyaning tekis taqsimlanishi. Maksvell taqsimoti. Gaz molekularining erkin yugurish yo'li. Opkaning predmeti va vazifasi.

3. Mavzuni mustahkamlash uchun savol va topshiriqlar:

1. Temperatura, absolyut temperatura nima?
2. Gazlarning erkinlik darajalar qayeday aniqlanadi?
3. Issiqlik sig'imi, solishtirma issiqlik sig'imi nima?
4. S_r va S_v nima?
5. Maksvell taqsimotini nimani ifodalaydi?
6. Erkin yugurish yo'li yo'li nimalarga bog'liq?

XULOSA

Pedagogik texnologiyalar masalalari, muammolarini o'rganayotgan o'qituvchilar, ilmiy tadqiqotchilar, amaliyotchilarning fikricha pedagogik texnologiya-bu faqat axborot texnologiyasi bilan bog'liq, hamda o'qitish jarayonida qo'llanishi zarur bo'lgan kompyuter, masofali o'qish yoki turli xil texnikalardan foydalanish deb belgilanadi. Bizning fikrimizcha, pedagogik texnologiyaning eng asosiy negizi-bu o'qituvchi va talaba-talabaning belgilangan maqsaddan kafolatlangan natijaga hamkorlikda erishishlari uchun tanlagan texnologiyalariga bog'liq deb hisoblaymiz. Ya'ni o'qitish jarayonida maqsad bo'yicha kafolatlangan natijaga erishishda qo'llaniladigan har bir ta'lim texnologiyasi o'qituvchi va talaba o'rgasida hamkorlik faoliyatini tashkil eta olsa har ikkalasi ijobiy natijaga erisha olsa, o'quv jarayonida o'qituvchi-talabalar mustaqil fikrlay olsalar, ijoliy ishlay olsalar, izlansalar, tahlil eta olsalar, o'zlari hulosa qila olsalar, o'zlariga, guruhga, guruh esa ularga baho beriilsa o'qituvchi esa ularning bunday faolliklari uchun imkoniyat va sharoit yarata oladi.

O'qish jarayonining asosi xisoblanadi, Har bir dars, mavzu o'quv predmetining o'ziga xos texnologiyasi bor ya'ni o'quv jarayonidagi pedagogik texnologiya-bu yakka tartibdagi jarayon bo'lib, u talaba-talabaning ehtiyojidan kelib chiqqan holda yo'naltirilgan, oldindan loyihalashtirilgan va kafolatlangan natija berishiga qaratilgan pedagogik jarayondir.

Ta'lim jarayoni samaradorligini oshirish, ta'lim oluvchilarning mustaxkam nazariy bilim, faoliyat, ko'nikma va malakalarini shakllantirish, ularni kasbiy mahoratga aylanishini ta'minlash maqsadida o'qitish jarayonida yangi pedagogik texnologiyadan foydalanish davr taqozosi hamda ijtimoiy zaruriyat sifatida kun tartibiga qo'yilmoqda.

Yangi pedagogik texnologiya nazariyasi g'oyalaridan foydalanish asosida tashkil etilgan ta'lim jarayoni barkamol shaxs va malakali mutaxassisni tarbiyalash borasidagi ijtimoiy buyurtmaning bajarilish xolatining sifat ko'rsatkichiga ega bo'lishiga olib keladi.

Malakaviy bitiruv ishida bajarilgan ishlarni umumlashtirib quyidagicha xulosalar qilish mumkin:

Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini va uning ilmiy ahamiyatiga oid ma'ruza mashg'ulotining ta'lim texnologiyasi modeli va texnologik xaritasi tuzildi.

Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini va uning ilmiy ahamiyatiga doir ta'lim texnologiyasi modeli va texnologik xaritasi tuzildi.

Mavzular bo'yicha talabalar bilimini faollashtiruvchi savollar va uch darajali testlar tayorlandi.

Fermi-Dirak taqsimoti va uning molekulyar kinetik talqini va uning ilmiy ahamiyatiga tegishli organayzerlar tayorlandi.

Glossariy (lug'at) Atamalar sharxi

Absorbisiya	lotincha	Yutilish	Abconbrio
Agregat	Lotincha		
Adiabata	Grekcha		
Adopdasiya	lotincha	M oslashish	Adptasio
Adsorbsiya	lotincha		
Akkomadasiya	Lotincha	Moslashish	
Akkomyadasiya	lotincha	Moslashish	
Akkumulyator	Lotincha		
Aksilometr	yunoncha	Tezlanish ulchayman	
Akseptor		Qabul qiluvchi	
Akseptor	Lotincha		
Alkol	Arabcha	Elguli, dev	
Allotropiya	Yunoncha	Boshqa shakl	
Amorf	Yunoncha	Shaklsiz	
Amorf	Yunoncha	Shaklsiz	
Amplituda	Lotincha	Ko'lamdor	
Aneroid-barometr	grekcha	Suyuqliksiz barometr	
Anizotrop	Yunoncha	Tengmas yo'nalish	
Anizotropiya	Grekcha		
Anion	Grekcha		
Anniglyasiya	Lotincha		
Anod	Grekcha		
Antenna	Lotincha		
Anturansi	fransuzcha		Anturage
Areometr	Grekcha		
Astronomiya	Grekcha	Yoritgich yulduz	
Balans		Muvozanat	
Barion	Yunoncha	Og'ir	
Barometr	grekcha	Og'irlik o'lchayman	Boro metreo
Vakuum	Lotincha		
Vanansiya	Lotincha		

Gaz	Fransuzcha		
Gipoteza		Faraz	
Gisterizis	Grekcha		
Gradus		Daraja	
Diagramma	Grekcha		
Ziobar		Bosim teng	
Izo		Teng saklayman	
Izoterma	Grekcha		
Izotermik		Tempuratura teng	
Izotropiya	Grekcha		
Izoxora	Grekcha		
Izoxronizm	Yunoncha	O'zgarmas vaqt	
Kombinasiya	Lotincha	Birlashish	
Komponenta	lotincha	Kushaman	Compono
Konveksiya	Lotincha	Keltirish, olib kelish	
Konsator	lotincha	Kuyuklashish	Condensate
Konservativ	Lotincha		
Mikro	yunoncha	Kichik	Micros
Molekula	Lotincha		
Monokristall	lotincha	Bir butun .yagona	Monos
Monokristall	Grekcha		
Monometr	grekcha	Siyrak, zichmas	Monos
Monoxromatik	Grekcha		
Navigasiya	Lotincha	Kemalarni aniq boshqarib, manzilga xatarsiz yetkazish	
Osmos	yunoncha	Turtish	Osmos
Ossillogramma	Lotincha	Tebranish	
Paradoks		Oddiy tasavvurlarga mos kel- maydigan tasodifiy hodisa	
Parsial	lotincha	Kism kisman	Pars
Parsial	Lotincha		
Rezonans	Lotincha		
Rekombinasiya		Qayta birikish	
Rekombinasiya	Lotincha		
Relitiv		Nurlanish, qoldiq	

Temperatura	Lotincha		
termodinamika	yunoncha	Issiklik va ishlash ta'minoti	Therme- dynamic
Termodinamika	Grekcha	Teplota dlina	
Termometr		Termorezistor, tranzistor	
Turbulent	lotincha	Notinch	Trbulentus
To'siq		Baryer	
Ul'tra	lotincha	Uta yukori	
Faza	yunoncha	Kurinish namoyen bulish	Phases

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I.A. Barkamol avlod – O‘zbekiston taraqqiyotining poydevori. - Toshkent 1997.
2. Karimov I.A.. “Yuksak manaviyat yengilmas kuch” T.“Ma’naviyat”2008 yil.
3. Ishmuhamedov R.J.. Innovatsion texnologiyalar yordamida ta’lim samaradorligini oshirish yo’llari. – T.2004.3-bet
4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Umumiy o‘rta ta’limning DTS larini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. Xalq ta’limi j.1999. 5-soni.
5. Umumiy o‘rta ta’limning DTS va oliy dasturi. ta’lim taraqqiyoti. O‘z.Res.Xalq ta’limi vazirligining axborotnomasi. 4-maxsus son. -Toshkent: Sharq, 1999.
6. Saidahmedov N. Yangi pedagogik texnologiyalar. Toshkent 1981 yil
7. Tolipov O‘.Q. “Pedagogik texnologiyaning tatbiqiy asoslari”. “FAN” nashriyoti 2006.
8. Mavlonov H.,Uluqov N., Boynazarov F., “Pedagogik texnologiya asoslari”. Falsafa va huquq instituti nashriyoti. Toshkent-2007.
9. Yuldashev J.G‘. “ Pedagogik texnologiya asoslari”. 2007 yil
10. Sirojev N., “Ta’lim –tarbiya jarayonida zamonaviy yangi pedagogik texnologiya usullari”. Samarqand-2007.
11. A‘zamov A., Yusupov A., “O‘quvchilarga bilim berishda innovatsion usullardan foydalanish”. Toshkent-2002.
12. Ochilov M. “Yangi pedagogik texnologiyalar”. qo‘llanma. Qarshi: Nasaf, 2000.
13. Saidaxmadov N., Ochilov M. “Yangi pedagogik texnologiya mohiyati va zamonaviy loyixasi”. - T.: XTB RTM, 1999.
14. www.solaris.ru
15. <http://www.ziyonet.o‘z/o‘zc/library/libid/10103>
16. <http://www.o‘zbekistonovozi.o‘z/page>
17. <http://www.climate.o‘z/o‘z/section>