

MOLEKULYAR FIZIKA

Kamalova Dilnavoz Ixtiyorovna

NDU "Fizika va astronomiya" kafedrası professori

SHomurodova SHahzoda Akbar qizi

NDU "Fizika va astronomiya" yo'nalishi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada molekulalarning tartibsiz harakati, ularning kinetik energiyasi va harorat bilan bog'liqligi tahlil qilinadi. Molekulalarning harakatlanish xususiyatlari orqali moddalarning fizik holatlari, bosim va issiqlik hodisalari tushuntiriladi. Brown harakati va diffuziya kabi hodisalarga asoslangan holda molekulyar darajadagi jarayonlar yoritilgan.

Kalit so'zlar: Molekulalar harakati, tartibsiz harakat, kinetik energiya, harorat, bosim, Brown harakati, diffuziya, zarracha trayektoriyasi, gazlar nazariyasi.

Аннотация: В статье рассматривается хаотическое движение молекул, их кинетическая энергия и связь с температурой. Через характеристики движения молекул объясняются физические состояния вещества, давление и тепловые явления. На основе броуновского движения и диффузии раскрываются молекулярные процессы.

Ключевые слова: Движение молекул, хаотическое движение, кинетическая энергия, температура, давление, броуновское движение, диффузия, траектория частиц, теория газов.

Abstrakt : This article focuses on the random motion of molecules, their kinetic energy, and the relationship with temperature. The physical states of matter, pressure, and thermal phenomena are explained through molecular motion characteristics.

Keywords: Molecular motion, random motion, kinetic energy, temperature, pressure, Brownian motion, diffusion, particle trajectory, gas theory.

MOLEKULYAR-KINETIK NAZARIYA.

Har qanday moddaning ichki tuzilishi qanday? U yaxlit, uzluksizmi Yoki xuddi qum uyurmasiga o'xshash donador, diskret tuzilishga egami? Moddaning ichki tuzilishga egami degan savol Qadimgi Yunonistonda qo'yilgan bo'lib, ammo eksperimental m a'lumotlar bo'lmagani uchun bu savolga javob berish mumkin bo'lmagan. Qadimgi yunon mutafakkirlari Levkipp va Demokrit aytib o'tgan modda tuzilishi haqidagi atomizm g'oyasini ikki ming yildan ortiq vaqt ichida tekshirishning iloji bo'lmagan. Natijada vaqt o'tishi bilan ularning taTimoti esdan chiqa boshlaydi. O'ta asrlarga kelib modda tuzilishi uzluksiz xususiyatga ega degan farazlar o'rta tashlangan va moddalarning har bir holatida jismga kira oladigan va jismdan chiqa oladigan vaznsiz suyuqlik orqali tushuntirishga urinishlar bo'lgan. Masalan, jismning

isish yoki sovishini jismga teplorodning qo'shilishi natijasida jism isiydi va aksincha soviydi deb hisoblangan.

XVII asr o'rtalarida fransuz olimi Gessendi Demokrit qarashlariga qaytadi va shunday moddalar borki ularni yanada bo'laklarga bo'lish mumkin emas, har bir moddaning o'zining atomlari bor deya ta'kidlaydi.

XIX asr oxirlarida ingliz olimi Dalton atom va molekulalar to'g'risidagi tasavvurlardan foydalanib, tajribadan ma'lum bo'lgan formulani keltirib chiqarish mumkin ekanligini ko'rsatdi. Shu bilan moddaning molekulyar tuzilishini ilmiy asoslab berdi. Shundan so'ng ko'pchilik olimlar tomonidan atom va molekulalarning mavjudligi tan olindi.

Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy shartlari.

Molekulyar-kinetik nazariya quyidagi shartlarga tayanib ish ko'radi:

I. Barcha moddalar molekula va atomlardan tashkil topgan. Molekulalar o'lchamga va massaga ega;

II. Molekulalar orasida molekulalararo bo'shliq mavjud;

III. Molekulalar uzluksiz, betartib (xaotik) harakat qiladilar;

IV. Molekulalar orasida o'zaro tortishish va itarishish kuchlari mavjud;

V. To'qnashuv jarayoni absolyut elastik tarzda kechadi; Endi yuqoridagi shartlarga birma-bir to'xtalib o'tamiz.

I. Molekulalarning o'lchamga ekanligini isbotlash uchun quyidagicha tajriba o'tkazamiz. Hajmi 1 mm^3 bo'lgan zaytun moyi tomchisini suvga tomizilganda moy suv yuzasida 0.6 m^2 yuzaga ega bo'lgan moy parda hosil qiladi. Moy suv yuzasida bir molekula qalinligida yoyildi deb hisoblab, zaytun moyi molekulasiining diametrini hisoblaymiz.

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1 \text{ mm}^3}{0.6 \text{ m}^2} = \frac{10^{-9} \text{ m}^3}{0.6 \text{ m}^2} 16.7 A$$

Bu yerda A -Angstrom molekulalar o'lchamini baholashda ishlatiladigan uzunlik birligi.

$$1 A = 10^{-10} \text{ m}$$

Tajribalarning ko'rsatishichi vodorod (H) atomining diametri $1 A$, kislorod molekulasi (O_2) ning diametri $2,6 A$, suv molekulasi (H_2O)ning diametri $3 A$ va hokozo.

1 mm^3 hajmli suvda nechta molekula borligini hisoblashga harakat qilib ko'raylik.

$$d_{suv} = 3 * 10^{-10} \text{ m}, V_0 = d_{suv}^3 = 27 * 10^{-30} \text{ m}^3; N = \frac{V}{V_0} = \frac{1 \text{ m}^3}{27 * 10^{-30} \text{ m}^3} = 2,7 * 10^{-26} \text{ kg}$$

Demak, 1 mm^3 hajmli suvda $3.7 * 10^{22}$ molekula bo'lar ekan. Bitta molekulaning massasi esa quyidagicha bo'ladi:

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{1 \text{ gr}}{3,7 * 10^{22}} = 2,7 * 10^{-26} \text{ kg}$$

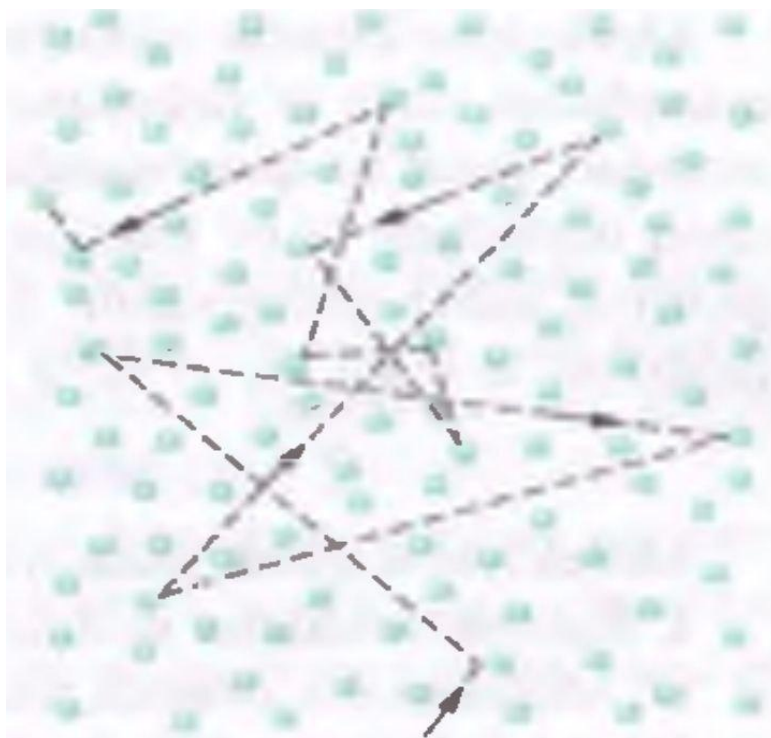
II. Porshen ostida turgan biror massali gazni siqqanimizda kichikroq hajmga ham o'sha massali gaz joylashadi. Bunda molekulalar bir-birini ezayotgani yo'q, balki molekulalararo masofa kiehraymoqda.

10 sm^3 suvga 10 sm^3 solinganda taxminan 19 sm^3 dan ko'proq aralashma (aroq) hosil bo'ladi. Bundan ham ko'rinib turibdiki, molekulalararo bo'shliq mavjud ekan.

Mustahkam metall idishda turgan suyuqlikga $p = 5000 \text{ MPa}$ bosim berilsa, suyuqlik molekulalari metall molekulalari orasiga singib kiradi. Yoki bosim asa, metallni qizdirganda hajmi kengayadi. Bunda ham molekula hajmi o'zgarmasdan, balki molekulalararo masofa kattalashadi.

III. Moleklular uzluksiz, betartib (xaotik) harakat qilishini Broun harakati va diffuziya hodisalari misollarida ko'rishimiz mumkin.

Broun harakati: Suyuqlik yoki gazda muallaq turgan zarrachaning qiladigan tinimsiz, betartib harakati Broun harakati deyiladi. 1927 yilda ingliz botanigi R. Broun gul changining suvda muallaq yurgan zarralarini mikroskop orqali kuzatdi. K.o'rgan narsasi uni hayron qoldirdi. Bu haqda u Shunday deb yozgan edi: «Oicham lari juda kichik, uzunligi dyuymning to'rt ming



biridan besh mingdan birigacha ulushicha kichik (ya'ni $5 - 6 \text{ mkm}$), suvga botirilgan zarralar Yoki donalar bilan ishlashda ularning ko'pchiligini harakatda. bo'lishini kuzatdim. Bu harakatlar shunday ediki, juda ko'p takroriy kuzatishlardan so'ng, men bu harakatlar suyuqlik oqimlaridan emas va uning doimiy bugianishidan emas, balki zarralarning o'ziga tegishli ekaniga ishonch hosil qildim». Broun, shuningdek, zarralarning juda xilma-xil traektoriyalar chizib harakatlanishini ta'kidladi; ular tartibsiz harakatlanar edilar. Broun harakatining sabablarini faqat 1850 yildan so'ng real tushuntirib berish mumkin bo'ldi. U vaqtlarda *atomlar* molekularlarning mavjudligiga ko'pchilik ishonmas edi, har holda to'g'ri eksperimental isbotlar yo'q edi. Shuning uchun av al zarrachalar o'zlariga xos «hayot kuchi» hisobiga harakatlanadi, deb faraz qilinardi, chunki ular organik kelib chiqishga ega edilar. Biroq Broun tajribalari ko'p marta va turli xil, shu jumladan noorganik, mayda zarrachalarda

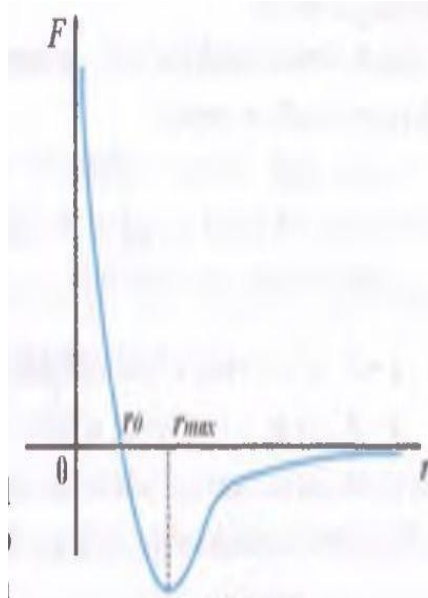
takrorlanganda, effekt universal ekanligi va u hech qanday tashqi omillarga (temperaturadan tashqari) bog'liq emasligi aniqlandi. Temperatura ortishi bilan broun zarrachalarining harakat intensivligi sezilarli darajada ortib bordi. 1870-yillari oxiriga kelibgina broun harakatining sabablarini suyuqlik molekulalarining shu suyuqlikda muallaq, yurgan zarralar sirtiga urilishi bilan bog'lay boshladilar. Agar zarra katta bo'lganda edi, molekulalar uni har tomondan bir tekis itargan bo'lar va muallaq zarra joyida qo'zg'almay turar edi. Biroq kichik zarraning sirti ham kichik bo'lgani uchun turtishlar qarama-qarshi tomondan turlicha bo'ladi va ular bir-birini muvozanatlamaydi. Teng ta'sir qiluvchi kuch nolga teng emas va bu teng ta'sir etuvchining kattaligi va yo'nalishi ham doim 164 tinimsiz o'zgarib turadi, natijada zarra suyuqlikda tasodifiy daydib yuradi. Broun harakati hech qachon to'xtamaydigan harakatdir.

Diffuziya hodisasi: Ikki modda molekulalarining bir-biriga aralashib ketish hodisasi diffuziya deyiladi. Boshqacha aytganda diffuziya-turli xil atomlar yoki molekulalar bir jinsli bo'lmagan konsentratsiyasining o'z-o'zidan baravarlashishidir. Agar idishga turli gazlar porsiyalarini kiritsak, birmuncha vaqt o'taganda so'ng barcha gazlar bir tekis aralashadi: idishning hajmi birligida har bir xil molekulalar soni o'zgarmay qoladi, konsentratsiya barvarlashadi.

Xona burchagida ochiq turgan atir hidini diffuziya tufayli sezamiz. Suvga tomizilgan margansovka biroz vaqtdan so'ng qizg'ish tusga kirishi ham diffuziya tufaylidir. Agar suv bilan siyohni ingichka (konveksiya bo'lmasligi uchun) probirkaga, kapillyarga ehtiyotkorlik bilan solinsa, avval aniq bo'lgan ajralish chegarasi yoyila boshlaydi va oxir oqibatda suyuqliklar aralashib ketadi. Agar qattiq jismlar birbirida erisa, ularning atomlari ham aralashadi. Faqat bu protsess ancha sekin kechadi, Shuning uchun qattiq jismlardagi diffuziya faqat XIX asming oxiridagina birincha marta kuzatiladi. 200° C gacha qizdirib, so'ng kattaroq kuch bilan bir-biriga jips yopishtirib qo'yilgan oltin va qo'rg'oshin molekulalari bir-biriga 1 cm chuqurlikkacha aralashib ketadi. Natijada ikkalasini bir-biridan ajratib bo'lmay qoladi. Bu hodisa ham diffuziya tufaylidir.

O'zaro aralashib ketish atomlar yoki molekulalar (yoki boshqa zarralar) ning tartibsiz daydishi natijasidir. Bu hodisa zarralarning issiqlik harakatlari tufayli amalga oshadi. Diffuziya vaqtida zarralarning harakati mutloq tasodifiydir: zarraning navbatdagi siljish yo'li ixtiyoriydir, siljishning barcha yo'nalishlari teng ehtimollidir.

IV. Molekulalar orasida har doim tortishish va itarishish kuchlari mavjud. Ular bir-biriga juda



yaqin kelganda itarishish kuchlari tortish kuchlaridan ustunlik qiladi. Biror kriik masofadan uzoqlasha boshlaganda esa totishish kuchlari ustunlik qila boshlaydi. Qattiq jismlar va suyuqliklarda har doim molekulalar qo'shni molekulalami masofada tutib turadi va molekulalar bir-biriga biror kritik masofa atrofida yaqinlashib va uzoqlashib turadi, ya'ni tebranib turadi. Gazlarda esa molekulalararo masofa ancha katta bo'lgani sababli ular bir-birlarini masofada tutib tura olmaydilar. Ideal gazlar esa birbirlarining borligini faqat to'qnashganda seza dilar.

- 1). $r < r_0$ da itarishish kuchlari keskin oshadi
- 2). $r = r_0$ da itarishish va tortishish kuchlari kompensatsiyalashadi.
- 3). $r = r_{max}$ da tortishish kuchi eng katta qiymatga erishadi.
- 4). $r > r_{max}$ da tortishish kuchi keskin kamayadi.
- 5). $r \gg r_{max}$ da tortish kuchi nolga teng bo'ladi. Bunga ideal gazlar misol bo'ladi.

V. Bir-biri bilan to'qnashuvchi ikki molekulani xuddi bilyard ** toshlari kabi shar shaklidagi absalyut qatiq jismlar deb hisoblanadi. Chunki molekulalar to'qnashganda energiya va impulsning saqlanish qonuni to'la bajariladi. Masalan idish devoriga urilgan molekula xuddi Shunday tezlik bilan undan sapchiydi. Shuni ham eslatib o'tish kerakki, ancha katta temperaturalarda harakatlanayotgan molekulalar to'qnashishi noelastik bo'lib, energiyaning bir qismi atomni uyg'onishiga sarf bo'ladi. Lekin bu haqda kvant fizikasida tanishiladi.

Molekula o'rtacha kvadratik tezligi.

Avvalgi mavzuda Broun harakatining hech qachon to'xtamasligini ko'rdik. Demak Broun harakatini yuzaga keltiruvchi molekulalar harakati ham tinimsiz va betartib bo'lar ekan, va bu harakat temperature ortishi bilan jadallashar ekan. Xo'sh bu molekulalar qanday telikda betartib harakatlanadilar?

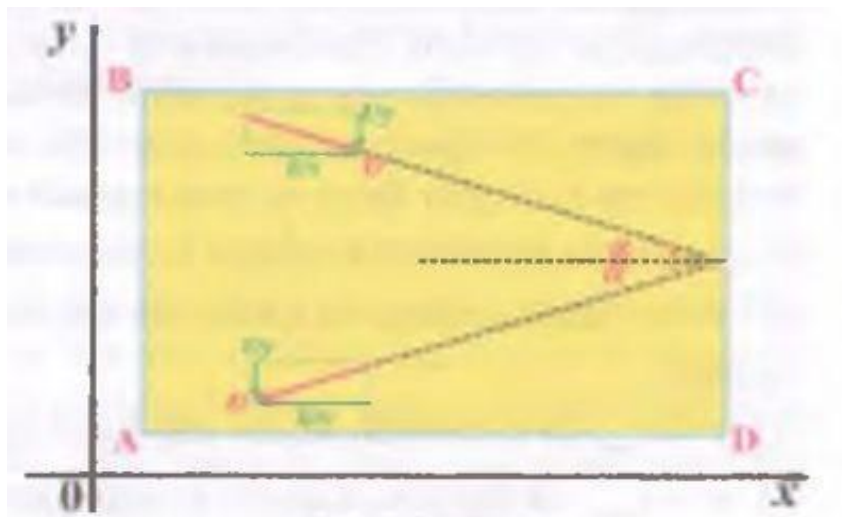
Idishdagi gaz molekulalarrining qanday tezlikda harakatlanayotganligini bilish uchun barcha molekulalar tezliklarining o'rtacha qiymati olinmaydi. Chunki o'rtacha qiymat olish skalyar kattaliklarga xos bo'lib, tezlik esa vektor kattalikdir. Molekulalar harakati turli tomonga yo'nalgan bo'lib, barcha molekulalar tezliklarining geometrik yig'indisi nolni berishi tayin. Vektor kattalikni avval skalyar kattalikka aylantirib olishimiz kerak. Buning uchun tezliklar kvadratlarining o'rtacha qiym atini olashimiz kerak.

$$\vec{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

Tezliklar kvadratining o'rtacha qiymatidan olingan kadratik ildiz **o'rtacha kvadratik tezlik** deyiladi.

$$\vec{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}}$$

Idishdagi barcha gaz molekullari o'rtacha kvadratik tezlikga teng tezlikda harakatlanadi degani emas, bu tezlikdan katta va kichik tezlikda harakatlanayotgan molekullar ham mavjud. Lekin molekullarning aksariyat qismi o'rtacha kvadratik tezlikka yaqin



tezlikda harakatlanishadi. Gaz molekullari tinimsiz, betartib (xaotik) harakat qilgani sababli ular idish devori bilan va o'zaro bir-biri bilan to'qnashib turadilar. Navbatdagi to'qnashuvdan keyin molekula qaysi yo'nalishni tanlashi barcha yo'nalishlar bo'yicha teng ehtimollidir. Biror bir yo'nalish alzallik, ustunlikka ega bo'lgani sababli barcha yo'nalishlar teng im tiyozga ega. Shuning uchun o'rtacha kvadratik tezlikning o'qlardagi proeksiyalari o'zaro tengdir.

$$\vec{v}_x = \vec{v}_y = \vec{v}_z = \frac{1}{\sqrt{3}} \vec{v}$$

Isboti:

$$\vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z = 3\vec{v}_x = 3\vec{v}_y = 3\vec{v}_z$$

$$\vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z = \frac{1}{3} \vec{v}$$

$$\vec{v}_x = \vec{v}_y = \vec{v}_z = \frac{1}{\sqrt{3}} \vec{v}$$

Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi.

$ABCD$ berk idishga gaz qamalgan bo'lsin. S yuzaga ega bo'lgan CD devorga gazning beradigan bosimini aniqlaylik.

$m_0 v_x$ -bitta molekula CD devorga urilganda devorga beradigan impuls.

$2m_0 v_x$ -bitta molekula CD devorga urilib qaytganda devorga beradigan impuls.

$2m_0 v_x$, z -agar 1s vaqt ichida CD devorga z dona molekula urilib undan qaytganda devorga beradigan impuls. z quyidagiiarga bog'liq bo'ladi:

$z \sim S$, ya'ni 1s vaqt ichida urilishlar soni CD devor yuzasiga proporsional.

$z \sim v_x$, ya'ni 1s vaqt ichida urilishlar soni tezlikning o'qdagi tashkil etuvchisiga proporsional.

$z \sim n$, ya'ni 1s vaqt ichida urilishlar soni molekullar konsentratsiyasiga bog'liq. Molekullar konsentratsiyasi molekullar zichligini bildirib quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{N}{V} [m^{-3}]$$

Demak, $z \sim S v_x n$ ekan. Proporsionallikdan tenglikka o'tish uchun $\frac{1}{2}$ koeffitsient kiritamiz. Chunki barcha molekulalar ing yarmi OX o'q yo'nalishida proeksiya bersa, qolgan yarmi bu o'qqa qarama-qarshi yo'nalishda proeksiya beradi. Y o'nalishlam ing barchasi teng ehtimolli bo'lib, biror bir yo'nalish afcallikka ega emas. Shuning uchun biror yo'nalishni boshqasidan ustun qo'ya olmaymiz. Shunday qilib, 1s vaqt ichida urilishlar soni $z = \frac{1}{2} S v_x n$ bo'lar ekan. 1s vaqt ichida CD devor olgan impuls esa $\frac{\Delta p}{1c} = 2m_0 v_x z = m_0 S v_x^2 n = \frac{1}{3} m_0 v^2 S n$ bo'lib, impulsning vaqt bo'yicha o'zgarishi CD devorga ta'sir qiluvchi kuchni beradi, ya'ni $F = \frac{1}{3} m_0 v^2 S n$ bo'ladi. Yuzaga ta'sir qiluvchi kuch esa bosimni beradi. $P = \frac{F}{S} = \frac{1}{3} m_0 v^2 n$ bo'ladi.

Molekulyar kinetic nazariyaning asosiy tenglamasi ushbu ko'rinishda bo'ladi:

$$P = \frac{1}{3} m_0 v^2 n$$

Idishdagi gaz bosimining zichlik orqali ifodalanishi quyidagicha bo'ladi:

$$P = \frac{1}{3} \rho \vec{v}^2$$

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. G'ulomov, A. M., Abduqodirov, M. M. Umumiy fizika kursi: Molekulyar fizika. – Toshkent: O'qituvchi, 2001.
2. Klementyev, L. M. Molekulyar fizika va termodinamika. – Toshkent: O'qituvchi, 1990.
3. Karimov, T. A., Nurmatov, D. I. Molekulyar fizika va issiqlik. – Toshkent: Fan, 2010.
4. Demidovich, B. P., Fizika darsliklari va masalalar to'plami (molekulyar fizika bo'yicha) – Moskva: Nauka, 1985.
5. Savelyev, I. V. Fizika kursi: Molekulyar fizika va termodinamika. – Moskva: Nauka, 1983.