

3-Ma`ruza

Ma`ruzaning rejasi:

Klassik mexanikada inqiroz.
Boltsman taqsimoti.
Harorat. Absoyut nol.
Termodinamika qonunlari.
Termodinamik jarayonlarda vaqtning yo`naltirilganligi.

MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

Hamma moddalar atom va molekulalardan tashkil topgan, bu atom molekulalar betartib issi`lik harakatida ishtirok etadi va o`zaro bir-biri bilan ta`sirlashadi. Biz molekulalar fizika bo`limida atom va molekulalarning harakat qonunlarini, hosil bo`luvchi fizik kattaliklarni va gaz jarayonlarini o`rganamiz. Berilgan modda massaga ega bo`lganligi uchun albatta u hajmga V , bosimga p va t^0 ga ega bo`ladi. Bu kattaliklar gaz holatining parametrlari deyiladi. Bu parametrlarning o`zaro bog`lanishiga gaz holati tenglamalari deyiladi.

Bu parametrlar o`zaro quyidagi funksiya $f(V, P, t^0) = 0$ ko`rinishida bo`ladi. Molekulyar fizika qonunlarini o`rganishda gazni ideal gaz deb qaraladi.

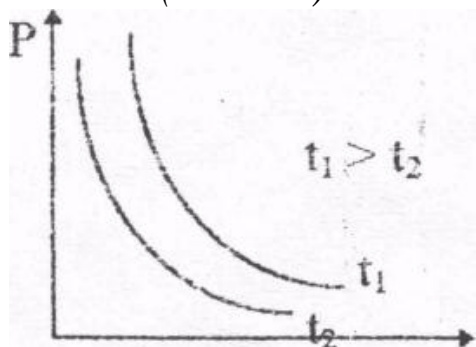
O`zaro bir-birlari bilan ta`sirlashmaydigan va gaz molekulalarining xususiy xajmi gaz turgan idishning xajmiga nisbatan hisobga olinmasa ham bo`ladigan darajada kichik bo`lgan gazlarga ideal gazlar deyiladi.

Berilgan gaz massasi uchun ideal gaz qonunlari tajribalar asosida aniqlangan.

- 1. Muayyan gaz massasi uchun gaz xarorati o`zgarmas bo`lganda ($t = \text{const}$) uning bosimi xajmiga teskari mutanosib bo`lishini Boyle Mariott topgan va shuning uchun ularni nomi bilan Boyle Mariott qonuni deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:*

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{yoki} \quad PV = \text{const}$$

Harorat o'zgarmas bo'lgani uchun bu holatga izotermik jarayon deyiladi. Koordinata uchlariga bosim va xajmning qiymatlarini qo'ysak, giperboladan iborat egri chiziq hosil bo'ladi (1-rasm).



1-rasm.

V

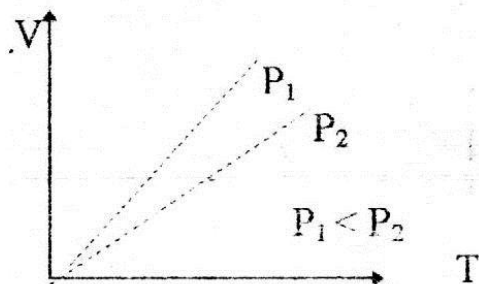
2. Muayyan gaz massasi uchun bosim o'zgarmas bo'lganda ($P = \text{const}$) gaz bosimining nisbiy o'zgarishi xarorat o'zgarishiga to'g'ri mutanosib ekanligini Gey-Lyussak aniqlagan. U quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t \quad \text{yoki} \quad V = V_0 (1 + \alpha t) \quad P = \text{const}$$

Bu jarayon izobarik jarayon deyiladi. Bu jarayonda muayyan gaz massasining xajmi absolyut xaroratga to'g'ri mutanosibdir.

$$V_1/V_2 = T_1/T_2$$

Uni grafik ravishda ifodalasak, koordinata boshidan boshlanuvchi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (2-rasm).



2-rasm

Xarorat absolyut nolga yaqinlashib borishi bilan gazlar ideal gaz qonunlaridan chetlasha boradi. Chunki xarorat pasaya borishi bilan gaz suyuq so`ngra qattiq xolatga o`tadi. U vaqtda bu modda albatta hajmga ega bo`ladi. Bu grafikdan punktir chiziq bilan ifodalangan. Demak, ideal gaz xarorati nolga intilganda bosim o`zgarmas bo`lganda hajmi nolga teng bo`lmas ekan.

2. Muayyan gaz massasi uchun hajm o`zgarmas bo`lganda ($V = \text{const}$) gaz bosimining nisbiy o`zgarishi xarorat o`zgarishiga to`g`ri mutanosib ekanligini Sharl aniqlagan.

$$\frac{P - P_0}{P} = \alpha^0$$

$$P = P_0(1 + \alpha t)$$

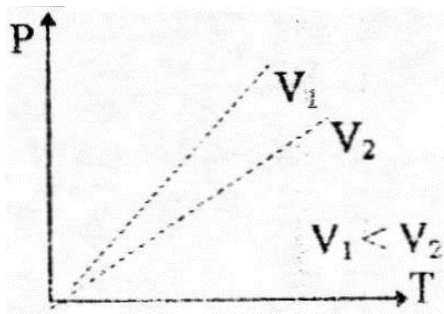
Absolyut xarorat orqali:

$$P_1/P_2 = T_1/T_2$$

$$V = \text{const}$$

Hajm o`zgarmas bo`lganda muayyan gaz massasining bosimi absolyut xaroratga to`g`ri mutanosibdir.

Boyl – Mariott va Gey – Lyussak tenglamalarini birlashtirib, ideal gaz xolatining tenglamasini topish mumkin:



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (1)$$

$$P_1/P_2 = T_1/T_2 \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalardan P_1 ni yo`qotib

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ ga teng bo`ladi.}$$

Bundan

$$\frac{PV}{T} = B = \text{const} \quad (3)$$

Avagadro kashf qilgan qonunga asosan, bir xil sharoitda barcha gazlarning kilogram – molekulalari bir xil hajmga ega bo`ladi. Jumladan normal sharoitda ($T = 273 \text{ k}$ va $P = 101325 \text{ Pa}$) har qanday gazning bir kilomolining hajmi $22,4 \text{ m}^3/\text{k mol}$ ga teng. Gaz miqdori bir kilomolga teng bo`lganda (3) formuladagi B kattalik barcha gazlar uchun bir xil bo`ladi:

$$\frac{PV}{T} = R \quad (4)$$

Bu tenglama Klapeyron tenglamasi deb ataladi. R – kattalik gazning universal doimiysi deb ataladi son jihatdan:

$$R = \frac{101325 * 22,4 \text{ n/m}^2 \text{m}^3}{273 \text{ K mol}} = 8,31 * 10^3 \text{ J/K mol}$$

(4) formuladan $v = m/M$ kilomol uchun yozsak:
 v – molar soni.

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad (4)$$

(4) tenglamaga Mendeleev Klapeyron tenglamasi deyiladi.

Bu yerda m – gaz kilomolining massasi. Bu tenglama har qanday m massali ideal gaz xolatining tenglamasidir. Hamma moddalarning bir molidagi molekular soni Avagadro soniga teng. Bunga Avagadro doimiysi deyiladi:

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Gaz doimiysi Avagadro doimiysiga nisbatiga Boltsman doimiysi deyiladi:

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/k} \quad (5)$$

(5) formulaga asosan gaz holat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$P = RT/V_m = kN_A T/V_m = k n T \quad (6)$$

Bu yerda $n = N_A/V_m = n$ molekularning konsentratsiyasi.

Shunday qilib, $P = nkT$ ga teng, ya'ni berilgan temperaturada ideal gaz bosimi uning molekularining konsentratsiyasiga proporsional ekan.

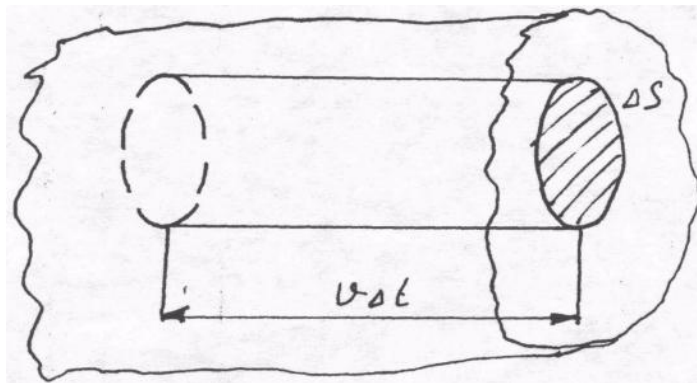
Normal sharoitdagi, 1 m^3 gazdagi molekular soniga Logimidt soni deyiladi:

$$N_L = \frac{P_0}{kT_0} = 2,68 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$$

Gazlar kinetik nazariyasining bosimga oid tenglamasi.

Molekulyar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi gaz bosimi va xajmi hamda molekulalarning ilgarilanma xarakat kinetik energiyasi orasidagi bogʻlanishni ifodalaydi. Bu tenglamani chiqarish uchun bir atomli ideal gazni koʻramiz.

Faraz qilaylik gaz molekulalari xaotik xarakatlanadi va ular oʻzaro bir – biri bilan toʻqnashmaydi, ular faqat idish devorlari bilan absolyut elastik toʻqnashadi. Idish devorida elementlar S yuzga ajratamiz (1-rasm), shu yuzaga gaz molekulalar tomonidan boʻlgan bosimni hisoblaymiz.



Har bir toʻqnashishda m_0 massali molekula devorga shunday impuls beradi.

$$m_0V - (-m_0v) = 2m_0V$$

Asosan S va balandligi V t boʻlgan silindr hajmi ichida joylashgan va devorning S elementi tomonga qarab xarakatlanayotgan barcha molekulalar devorining shu elementiga t vaqt ichida yetib boradi. Bu molekulalarning soni: $n \cdot SV$ t ga teng. Agar gazda N dona molekula boʻlsa, u holda bu yoʻnalishlarning har biri boʻylab istagan paytda $N/3$ dona molekula xarakat qiladi, shu bilan birga ularning yarmi (yaʼni $N/6$ qismi) bu yoʻnalish boʻylab bir tomonga, ikkinchi yarmi bunga qarama – qarshi tomonga xarakat qiladi). Demak S yuzga vaqt birligi ichida urilib impuls beradigan molekulalar soni:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1}{6} n V \Delta S$$

$$\Delta K = 2 m_0 V n \Delta S \quad \Delta t / 6 = n m_0 V^2 \Delta S \quad \Delta t / 3$$

Gazning idish devorlariga ko`rsatadigan bosimi

$$P = \frac{\Delta K}{\Delta S \Delta t} = \frac{1}{3} n m_0 V^2 \quad (1)$$

Agar V hajmdagi gaz N ta molekuladan iborat bo`lsa, ularning tezliklari $V_1, V_2 \dots V_N$ bo`ladi. Shuning uchun o`rtacha tezlikni ko`ramiz.

$$\langle V_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i^2} \quad (2)$$

(2) ni e`tiborga olgan holda (1) ni quyidagi ko`rinishda yozamiz.

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \langle V_{kv} \rangle^2 \quad (3)$$

$n = N/V$ ekanligini e`tiborga olib,

$$P = \frac{1}{3} N m_0 \langle V_k \rangle^2 \quad (3)$$

Yoki

$$PV = \frac{2}{3} N \left(\frac{m_0 \langle V_k \rangle^2}{2} \right) = \frac{2}{3} \langle E \rangle \cdot N$$

$$P = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle \quad (4)$$

E – hamma molekulalarning ilgarilanma harakat kinetik energiyasining yig`indisi.

Gazlarning kinetik nazariyasida (3) tenglama asosiy tenglama hisoblanadi. Bu tenglama asosan, bosim hajm birligidagi molekulalar ilgarilanma xarakati o`rtacha kinetik energiyasining uchdan ikki qismiga teng.

Gazning massasi $m = Nm_0$ ekanligini e`tiborga olib, (3) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$PV = \frac{1}{3} m \langle V_{kv} \rangle^2$$

Bir mol gaz uchun $m = M$

$$PV = \frac{1}{3} M \langle V_k \rangle^2$$

V_m - molyar hajm.

Mendeleyev – Klapeyron tenglamasi

$$RT = \frac{1}{3} M \langle V_{kv} \rangle^2 \quad \text{Bundan}$$

$$\langle V_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (5)$$

$M = m_0 N_A$ ni e`tiborga olib, (5) ni quyidagicha yozamiz:

$$\langle V_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{(m_0 N_A)}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (6)$$

(5) va (6) formulalar molekulalarning o`rtacha kvadratik tezligining formulasidir.

Ideal gaz bitta molekulasiining o`rtacha ilgarilanma harakat kinetik energiyasi termodinamik

$$\langle \epsilon_0 \rangle = \frac{E}{N} = \frac{m_0 \langle V_k \rangle^2}{N \cdot 2} = \frac{3}{2} kT$$

Temperaturaga proporsional ekan:

$$\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{3}{2} RT$$

Bu formuladan ko`rinadiki, $T = 0$ da $\langle \varepsilon_0 \rangle = 0$, ya'ni absolyut nolga teng bo`ladi. Demak, jismning xarorati uni tashkil qilgan molekulalarning issiqlik xarakat energiyasining miqdoriy o`lchovidir.

Energiyaning molekula erkinlik darajalari bo`yicha tekis taqsimlanishi.

Molekula o`rtacha energiyasining $E = 3R/2$ (1) ifodasi molekulaning ilgarilanma xarakati energiyasinigina hisobga oladi. Lekin molekula ilgarilanma xarakat qilishi bilan bir qatorda aylanishi va uning tarkibidagi atomlar tebranma xarakat qilishi mumkin. Xarakatning bu ikkala turiga energiyaning biror zapasi to`g`ri keladi. Bu energiya zapasi molekulaning erkinlik darajalari bo`yicha energiyaning tekis taqsimlanishi to`g`risidagi qonunga asosan aniqlanadi.

Mexanik sistemaning erkinlik darajalari soni deb, sistemaning vaziyatini ifodalay oladigan erkli kattaliklar soniga aytiladi. Masalan, moddiy nuqtaning fazodagi vaziyati uning uchta koordinatasining (masalan, x, y, z dekart koordinatalari yoki r, θ, ϕ sferik koordinatalar va hokazo) qiymatlari bilan to`liq aniqlanadi. Shunga muvofiq ravishda moddiy nuqtaning erkinlik darajalari soni uchga tengdir. Absolyut kattalik qattiq jism oltita erkinlik darajalariga ega, θ, ϕ va ψ burchaklar o`zgarmagan sharoitda inertsiya markazining koordinatalari qattiq jismning ilgarilanma xarakati tufayligina o`zgaradi (1-rasm). Inertsiya markazining vaziyati o`zgarmas bo`lganda, θ, ϕ, ψ burchaklardan istalgan bittasining o`zgarishiga jismning aylanishi sabab bo`ladi, shuning uchun bularga mos erkinlik darajalari aylanma erkinlik darajalari deb ataladi. Binobarin, absolyut qattiq jismning oltita erkinlik darajasidan uchitasi

ilgarilanma va uchtasi aylanma erkinlik darajalari ekan. Molekulalarning ilgarilanma erkinlik darajalaridan hech biri boshqalaridan afzal bo`lmagani uchun ularning har biriga o`rta hisobda (1) qiymatning uchdan bir qismiga teng bo`lgan, ya'ni $RT/2$ ga teng bo`lgan energiya to`g`ri kelishi kerak. Ilgarilanma, aylanma va tebranma erkinlik darajalaridan ixtiyoriy bittasiga o`rta hisobda bir xil va $RT/2$ ga teng energiya to`g`ri kelishi kerak.

Shunday qilib, molekulaning o`rtacha energiyasi quyidagiga teng bo`lishi kerak:

$$\langle E \rangle = \frac{1}{2} RT$$

Bu yerda i - molekulaning ilgarilanma, aylanma va ikkilangan tebranma erkinlik darajalari sonlarining yig`indisi:

$$I = n_{ilg} + n_{ayl} + n_{teb}$$

Atomlar orasidagi bog`lanishi qattiq bo`lgan molekulalarda ning qiymati molekulaning erkinlik darajalari soni bir xil bo`ladi.

Fluktuatsiya

Fluktatsiya (lotincha fluctuation degan so`zdan olingan bo`lib, tebranish yoki chetlanish degan mano`ni bildiradi) kattaliklar qiyamtlarining o`rtacha qiymatidan chetlanishdir.

Braun zarralarining xarakati, yoru`glikning bir jinsli bol`magan suyuqlik yokigalarda sichilishi, qisman osmonning xavo rangi, eritma vato`yingan bug`larda yangi kondensatsiya markazlari bo`lmasada, bir fazadan ikkinchi fazaga o`tishlar fluktuatsiya xodisasiga asoslangan.

Kattaliklarni o`rtacha qiymatdan cheklanishini miqdoriy tomondan xarakterlash uchun stasistik fizikada kvadratik fluktuatsiya yoki dispertsiya degan tushunchadan foydalaniladi.

Molekulalarning tezliklar bo`yicha (Maskvell) tasimoti

Gazlar molekulyar-ginetik nazariyasining asosiy tenglamasini qaraganimizda gaz molekulalarini kvadratik o`rtacha tezligi bilan tanishgan edik. Ammo gazmolekulalari xar xil tezliklar bilan xarakatlanishi mumkin. Chunki ular tartibsiz xarakatda bo`ladi. Shuning uchun aniq bir tezlik bilan xarakatlanuvchi molekulalar sonini aniqlab bo`lmaydi, balki ma`lum tezliklar oralig`ida (intervalda) xarakatlanuvchi molekulalar sonini aniqlash mumkin.

Bu masala bilan Maksvell shug`ullangan . Shuning uchun maksvellning tezliklar taqsimoti qonuni deyiladi.

Maksvell gaz molekulalarining xarakat tezliklarini o`rganib, Kvadratik o`rtacha tezlikdan tashqari ular o`rtacha arifmetik tezlik

$$\vec{v} = \sqrt{\frac{8kT}{m}} = \sqrt{\frac{8kT}{T}} \quad v_{ex} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{m}}$$

va eng katta extimolli tezlik bilan xarakatlanishini aniqlagan.

Maksvell extimollar nazariyasidan foydalanib ,V xamda $V + \Delta V$ tezliklar oralig`idagi tezlik bilan xarakatlanuvchi molekulalar soni ΔN ni xisoblaydi.

Nisbiy tezlik deb molekulaning xarakat tezligini eng katta extimolli tezlikka bo`lgan nisbatiga aytiladi.

$$U = \frac{v}{v_{ex}}$$

Bu vaqitda tezlik intervaali $v_1 \quad v + \Delta v$ nisbiy tezliklar intervali bilan almashib, bu intervalda xarakatlanuvchi molekulalar soni

$$dN = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot N v_0^2 e$$

orqali ifodalanadi, ($U \gg \Delta U$ bo'lishi kerak), abstsissa o'qiga nisbiy tezlik U ni ordinata o'qiga Maksvellning taqsimot funksiyasi

$\Delta N / N \Delta U$ U ni qo'yganimizda ular orasida girafik (1-rasm) xosil bo'ladi, Grafikning maksimum nuqtasi nisbiy tezlik birga teng bo'lgan xolda to'g'rikeladi.

Bu esa molekulalarni eng ko'p qismi eng katta extimolli tezlikka yaqin tezlik ($V = V$) bilan xarakatlanayotganligini ko'rsatadi. Bu yuqorida ko'rib o'tgan gaz molekulalarining

$$f(v) = \Delta N / N \Delta U$$

1) Eng katta ehtimoli tezlik

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{m}} \approx 1,73 \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

2) O'rtacha arifmetik tezlik

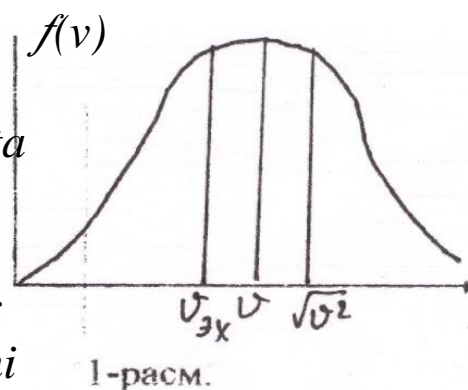
$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{m}} \approx 1,60 \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

3) O'rtacha kvadratik tezlik

$$\bar{v}_2 = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \approx 1,41 \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

Tezliklarni taqqoslaganimizda son qiymati jixatidan eng kattasi kvadratik o'rtachi tezlik, eng kichigi esa eng katta extimolli tezlik ekanligini ko'ramiz.

Uni grafikda ifodalasak 1-rasmdagi grafik xosil bo'ladi. Ammo bu tezliklar bilan bir xil intervalga xarakatlanuvchi

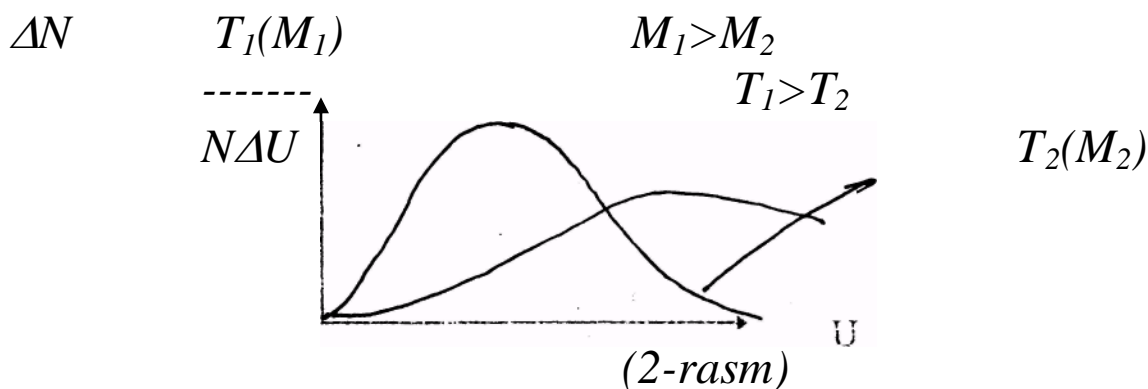


v

molekulalar sonini qaraganimizda eng ko'p molekulalar extimoli tezlikka yaqin tezlik bilan xarakatlanadi.

Gaz molekulalarning xamma tezliklari (nisbiy tezlikdan boshqa)

UT ga proporsional xolda ortadi. Shuning uchun xarorat ortishi bilan taqsimot egriligining maksymumi o'ng tomonga siljiydi



Barometrik formula

Biror h balandlikdagi atmosfera bosimi gazning sh balandlikdan yuqorida yotuvchi qatlamlarning og'irligi ta'sirida yuzaga keladi.

H balandlikdagi bosimni P xarfi bilan belgilaylik. U xolda $h + dh$

Balandlikda bosim $P + dP$ bo'ladi. P va $P + dP$ bosimlar orasidagi ayirma asosining yuzi birga teng va balandligi dh bo'lgan tsilindir (1-rasm).. xajmi ichidagi gaz og'irligiga teng.

$$P - (P + dP) = \rho g dh \quad (1)$$

Bu yerda ρ - h balandlikdagi gazning zichligi

Bundan $dP = -\rho g dh$ normal sharoitda atmosfera tarkibidagi Gazlarning xossalari ideal gaz xossasidan kam farq qiladi, Shuning uchun $PV = mRT/M$ dan foydalanamiz.



1-rasm

Zichlikni bu ifodasini (1) ga qo'yib dP ni topamiz:

$$dP = - \frac{\rho M g}{RT} dh$$

bundan $dP/P = - Mgdh/RT$ (2)

$T = \text{const}$ deb (2) ni integrallaymiz:

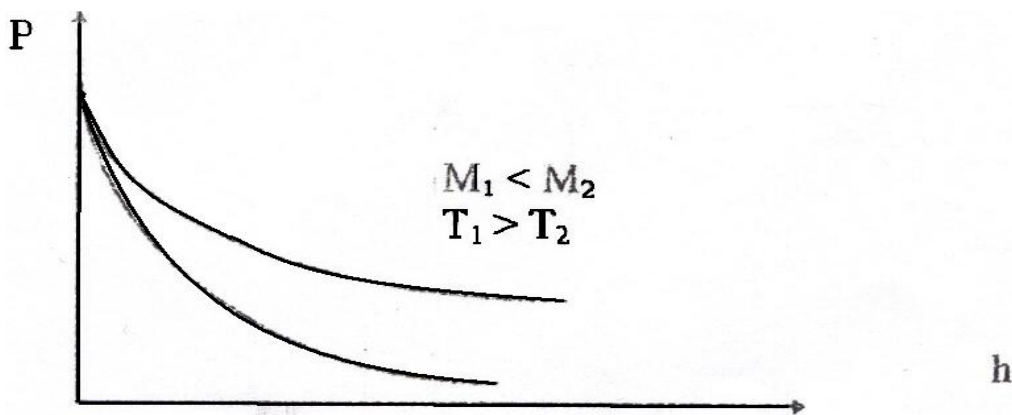
$$\ln P - \frac{Mgh}{RT} + C$$

Bunda $h=0$ ni qo`ysak $P_0 = C$ ekanini topamiz, bu yerda P_0 bosim $h=0$ balandlikdagi bosimni bildiradi.

Shunday qilib $P = P_0 e^{-Mgh/RT}$

Bu formula barometrik formula deb ataladi (1- rasm).

(3) formuladan gaz qancha og`ir va temperatura qancha past bo`lsa, balandlik ortishi bilan bosim shunchalik tez kamayadi degan xulosa chiqadi,



2-rasm

Boltsmon taqsimoti.

$P = P_0 e^{-mgh/RT}$ formuladagi P bosimni o`rniga $P = nkT$ ni qo`ysak Xajm birligidagi molekulalar sonining balandlikka qarab o`zgarishini topamiz:

$$n = n_0 e^{-mgh/kT} \quad (1)$$

Bu yerda n_0 – balandligi nolga teng bo`lgan joyda xajm birligidagi

molekulalar soni,

n - h – balandlikda xajm birligidagi molekulalar soni

$M/R = m/k$ ni etiborgaolib, (m - bitta molekulaning massasi)

$$n = n_0 e^{-mgh/kT} \quad (2)$$

K – bolstmon doimiysi .

(2) dan korinadiki , $T - 0$ da $n - 0$; aylanadi. Absolyut nol temperaturada barcha molekulalar E_r sirtiga tushib qolgan bular edi. Molekulalarning balandlik bo`yicha xar xil konsert taqsimoti

ikkita tendentsiya ta`siri natijasida qaror topadi:

1) molekulalarning mg kuch bilan xarakterlanadigan Erga tortilishi ularni E_r sirtiga tushirishga intiladi.

2) kT kattalik bilan xarakterlanuvchi issiqlik xarakati molekulalarni barcha balandliklar bo`ylab tekis sochib yuborishga intiladi.

Molekulalarni barcha balandliklar bo`ylab tekkis sochib yuborishga intiladi. Temperatura yuqori bo`lganda issiqlik xarakati ustunlik qiladi va molekulalarning zichligi baladlikka ko`tarilgan sari sekin kamaya boradi.

Xar xil balandlikda molekulaxar xil potentsial energiya zapasiga ega bo`ladi.

$$E_p = mgh$$

Buni e`tiborga olib (2) formulani quyidagicha yozish mumkin.

$$n = n_0 e^{-E/kT} \quad (3)$$

Bu yerda n_0 – molekulaning potentsial energiyasi nolga teng bo`lgan joyda olingan birlik xajmdagi molekulalar soni.

(3) formuladan chiqadiki potentsial energiyasi kam bo`lgan joyda molekulalar zichroq joylashadi va aksincha, potentsial energiyasi katta bo`lgan joyda molekulalar zichligi kamroq bo`ladi. (3) formulaga bolstmon taqsimoti deyiladi. Bu formula yer tortishishi kuchlarining potentsial maydonidagina emas, balki kuchlarning xar qanday potentsial maydonida xam to`g`ri ekan.

Jismlar majmuasidan tashkil topgan va tashqi ta`sirda bo`lishi mumkin bo`lgan sistema termodinamik sistema deb yuritiladi.

Sistemaning xolatini xarakterlovchi fizik kattaliklar, masalan bosim, xarorat xajm, zichlik va boshqalar termodinamik parametrlar deyiladi.

Sistemaning muvozanat xolati deb shunday xolatga aytiladiki, bu xolatda sistemaning barcha parametrlari tayin bir qiymatlarga ega bo`ladi va bu qiymatlar tashqi sharoit o`zgarmas ekan, istagancha uzoq vaqt davomida o`zgarmay qolaveradi.

Termodinamikning birinchi asosi.

Moddaning ichki energiyasi quyidagi energiyalarning yig`indisiga teng bo`ladi:

- a) molekulalar xaotik xarakatining ginetik energiyasi U_k .*
- b) molekulalarni o`zaro ta`sir potentsial energiyasi U_n .*
- c) molekula va atomlarning tebranma xarakatining ginetik va potentsial energiyasi U_t dan iborat bo`ladi:*

$$U = U_k + U_n + U_t$$

U – ichki energiya. Ichki energiya sistema xolatining funksiyasidir. Ichki energiya asosan turlicha bo`lgan ikki psotsess xisobiga, ya`ni jismustida A ish bajarish va jismga Q issiqlik miqdori berish xisobiga o`zgarishi mumkin. Shunday qilib, sistema ichki energiyasining orttirmasi sistemaustida bajarilgan A ish bilan sistemaga berilgan Q issiqlik miqdori yig`indisiga teng bo`lishi kerak:

$$U_2 - U_1 = Q + A$$

Bu yerda U_1 va U_2 – sistema ichki energiyasining oldingi va keyingi qiymatlari. Odatda tashqi jismlarning sistemaustida bajaradigan A ishi o`rniga sistemaning tashqi jismlarning sistema ustida bajaradigan A ishi (bu ish – A ga teng) tekshiriladi. (1) tenglamadagi A o`rniga – A qo`yib va uni Q ga nisbatan yechib, bu tenglamani quyidagi ko`rinishga keltirish mumkin:

$$Q = U_2 - U_1 + A \quad (2)$$

(2) tenglama energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi va termodinamikaning birinchi asosi deyiladi: sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini oshirishga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishiga sarflanadi.

Jismning xajmi o'zgarganda bajaradigan ishi.

Jips qilib ishlangan va oson sirpanadigan porshen bilan bekitilgan tsilindrik idish ichiga gaz qamalgan bo'lsin .

(1- rasm). Agar gaz kengaysa, porshen. Ustida ish bajaradi.

$$\Delta A = F \Delta h$$

bu yerda F – gazning porshenga ko'rsatadigan ta'sir kuchi. Bu kuchni gazni bosimi bilan almashtiramiz.

$$F = p \Delta S$$

$$\Delta A = p \Delta S \Delta h$$

$$\Delta S \Delta h = \Delta V \text{ ga teng}$$

Shunday qilib elementlar ish:

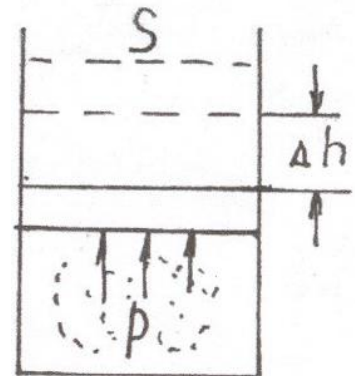
$$\Delta A = p \Delta V$$

qilomollar sonining ko'paytmasiga teng:

$$U = \frac{m}{M} U_{KM} = \frac{m_i}{2M} RT$$

Biror jismning issiqlik sigimi deb, shu jismning temperaturasini bir gradusga ko'tarish uchun shu jismga berilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng kattalikka aytiladi:

$$C = \frac{dQ}{dt} \quad \text{J/K da o'lchandi.}$$



Modda massasi birligining issiqlik sig'imi solishtirma issiqlik sig'imi deb ataladi. C bilan belgilaymiz. $J/K \cdot kg$ larda o'lchanadi.

Agar jism xajmi o'zgarmaydigan sharoitda isitilsa, , bu jism tashqi jismlar ustida ih bajarmaydi, ya'ni :

$$dQ_l = dU + PdV$$

dan

$$dV = 0 \cdot V = const$$

$$dQ_v = dU \quad (1)$$

$$C_p = C_v + P(dV_{KM}/Dt)_P \quad (2) \text{ ni}$$

yozamiz

$(dV_{KM}/dT)_p$ kattalik p bosim o'zgarmaganda. kilomolning temperaturasi bir gradusga ortganda uning xajmi olgan. Ortirmadan iborat, ya'ni PV_{KM}/RT dan $V_{KM} = RT/P$

nixoyat, bu natijani (2) ifodaga qo'yib, quyidagini topamiz:

$$C_p = C_v + R \quad (3)$$

Shunday qilib, bosim o'zgarmaganda birkilomol ideal gazning temperaturasi bir gradusga ortganda bajaradigan ish gaz doimiysiga teng bo'lar ekan.

$C_v = Ir/2$ ni e'tiborga olib (3) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz .

$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} \cdot R$$

C_p ni C_v ga nisbatini ko'raylik:

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

γ kattalik molekula erkinlik darajalarining soni va xarakteri bilan aniqlanar ekan.

*Termodinamikaning birinchi qonunining izojaraenlarga tatbiqi.
Izajarayonlarda gazning bajargan ishi.*

1. Izobarik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori.

$dQ = C_V dT + dA$ ga teng bo`ladi va bajarilgan ish quyidagiga teng:

$$A = P dV = P(V_2 - V_1)$$

$$A = P (V_2 - V_1) = R(T_2 - T_1)$$

Ixtiyoriy gaz massasi uchun esa

$$A = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$$

2. izoxorik jarayonda:

$dQ = dU + pdV$ dan

$dA = pdV = 0$ ga

u xolda temodinamikaning 1- qonuni $dQ = dU$ gat eng.

Demak, izoxorik jarayonda sistemaga (gazga) berilgan issiqlik miqdori, faqat uning ichki energiyasining oshishiga sarf bo`lar ekan.

3. izotermik jarayonda $T = \text{const}$

$C_V dU = dT = 0$ ga teng bo`ladi.

Termodinamikaning 1- qonunini izotermik jarayon uchun yozamiz

$dQ = dA = P dV$ bo`ladi.

Demak izotermik jarayonda sistemaga (gazga) berilgan issiqlik miqdori, tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarf bo`ladi.

Izotermik jarayonda bir mol ideal gazning V_1 xajmdan V_2 xajmgacha kengayishda bajargan ishi

$$A = \int_{V_1}^{V_2} RT \frac{dv}{V} = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

Ixtiyoriy gaz massasi uchun quyidagiga teng:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

Adabiatik jarayon. Puasson tenglamasi.

Tashqi muxit bilan issiqlik almashmasdan yuz beradigan jarayonlarga adabiatik jarayon deyiladi. Adabiatik jarayon uchun termodinamika birinchi asosini yozamiz.

$dQ = du + pdV$ tenglamasiga ideal gaz ichki energiyasining dU ifodasini qo`yamiz.

$$dQ = \frac{m}{M} C_V dT + P dV$$

adabiatik jarayon uchun $dQ=0$ bo`lgani uchun, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\frac{m}{M} C_V dT + P dV = 0$$

ideal gaz xolat tenglamasidan foydalanib p ni topamiz

$$P = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} \quad \text{va uni (1) tenglamaga qo'yamiz va } m/M \text{ ko'paytuvchiga qisqartiramiz}$$

$$C_V dT + RT \frac{dU}{V} = 0$$

Bu ifodani quyidagicha yozamiz:

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

Buni esa

$$d(\ln T + \frac{R}{C_V} \ln V) = 0$$

ko'rinishda yozish mumkin, bu ifodadan adiabatik jarayonda

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

Ekanligi kelib chiqadi. idealgaz uchun $C_P - C_V = R$ ekanligini xisobga olib, R/C_V nisbatini $\gamma - 1$ bilan almashtirib va chiqqan ifodani potentsirlab, quyidagini topamiz:

$$TV^{\gamma-1} \quad (2)$$

Yoki $PV^\gamma = \text{const} \quad (3)$

(3) tenglamaga Puasson tenglamasi deyiladi.

Issiqlik sig'imining klassik nazariyasi
 Issiqlik sig'imining klassik nazariyasi Bolzmon va Maksvel tomonidan ishlab chiqilgan. Bu nazariya quyidagi gipotezaga asoslangan: energiya – molekula xarakatining erkinlik darajalari bo'yicha teng taqsimlanadi. Bu nazariyaga asosan,

ixtiyoriy gaz molekulalarining xar bir erkinlik darajalariga tug`ri keladigan energiya $1 RT/2$ tengekan.. u vaqtda bir atomli ideal gaz molekulalarining o`rtacha energiyasi.

$$E = 3kT/2 \text{ ga teng}$$

Bir atomli gaz uchun ($i=3$), ikki atomli gaz uchun ($i=5$), uch atomli gaz uchun ($i=6$) gz. Issiqlik sig`imining klassik nazariyasiga asosan, gazning issiqlik sig`imi xaroratga bog`lik emas, lekin tajriba natijalari gazning issiqlik sig`imini xaroratga bog`liqligini ko`rsatadi. Demak, nazriya va tajriba natijalari bir-biriga mos kelmaydi.

Shunday qilib . molekulalarning issiqlik sig`imida namoyon bo`ladigan erkinlik darajalari soni temperturaga bog`liq ekan. Past temperaturalarda molekulalar faqat ilgarilanma xarakat qiladi.

Yuqoriroq temperaturalarda molekulalar ilgarilanma xarakat qilishi bilan birga aylanadi xamyana yuqoriroq temperaturaga tebranadi.

O`zgarmas xajm sharoitlash issiqlik quyidagiga teng:

$$C_V = \frac{dU}{dT} \quad U = \frac{i}{2} RT \quad \text{ni ifodasini qo`yib,}$$

Agar gazning bosimi doimiy qolsa, xajm V_1 - qiymatdan V_2 qiymatga o`zgarganda bajarilgan ish

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

Yoki $A_{12} = PdV$ bo`ladi.

U xolda termodinamikaning birinchi asosini quyidagicha yozish mumkin.

Ideal gazning energiyasi va issiqlik sig`imi.

Ideal gaz molekulalari bir- biri bilan olisdan o`zaro ta`sirlashmaganligi sababli bunday gazning ichki energiyasi ayrim molekulalar energiyalarining yig`indisiga teng bo`ladi. Bir kilomol ideal gazning ichki energiyasi Avogadro soni bilan bitta bitta molekulaning o`rtacha energiyasi ko`paytmasiga teng bo`ladi.

$$U_{KM} = NE = \frac{i}{2} N_A RT = \frac{i}{2} RT$$

Ixtiyoriy m massali gazning ichki energiyasi bir molning ichki energiyasi bilan m massadagi $C_v = i R / 2$ ni topamiz. Demak, o`zgarmas xajm sharoitdagi issiqlik sig`im gaz xolatining parametrlariga bog`liq bo`lmagan o`zgarmas kattalik ekan. Demak ideal gazning ichki energiyasi

$$U = C_v TG \text{ ga teng}$$

Agar gaz o`zgarmas bosim sharoitida isitilsa, u xolda gaz kengayib, tashqi jismlar ustida musbat ish bajaradi.

Bir kilomol gaz uchun termodinamikaning birinchi asosini tenglamasini yechamiz;

$$d Q_p = dU_{KM} + P d V_{km}$$

(1) formulani dT gab o`lib, gazning o`zgarmas sharoitidagi issiqlik sig`imini quyidagi ifodasini topamiz.

$$C_p = \frac{dU_{KM}}{dT} + P(dV_{KM}/dT)_p$$

$d U_{km} / dT = C_v$ ga teng ekanligini e`tiborga olib xarakat xosil bo`ladi. Kvant nazariyasining ko`rsatishicha, molekulalarning aylanma va tebranma xarakatlari energiyasi kvantlangan bo`ladi.

Agar termodinamik sistema biror jarayon natijasida bir xolatdan ikkinchi xolatga o`tsa, undan keyin sistema teskari jarayonda ikkinchi xolatdan o`sha oraliq xolatlari orqali o`zining boshlang`ich birinchi xolatiga qaytsa va sistemani o`rab olgan muxitda hech qanday o`zgarish bo`lmasa, bunday jarayonlar qaytar jarayonlar deyiladi.

Agar atrogdagi jismlarda yoki sistemada o`zgarish bo`lsa, bunday jarayon qaytmas jarayon deyiladi.