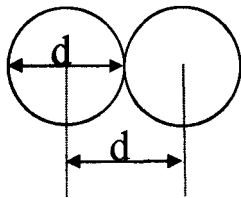


## Gazlarda ko'chish hodisalari O'ta siyraklashgan gazlar. Real gazning xolat tenglamasi. Kritik holat

Gaz molekulari issiqlik harakatida bir-biri bilan uzluksiz to'qnashib tura to'qnashganda ularning markazlari yaqinlashadigan minimal masofa molekular diametri  $d$ , deb ataladi.  $\sigma = \pi d^2$  kattalik molekulaning effektiv kesimi, deb ataladi. Ket keladigan 2 ta to'qnashish orasidagi vaqt ichida  $l$  yo'l bosib o'tadi, bu yo'lining uzunligi, deb ataladi.

1-chizma

Agar molekula bir sekund ichida o'rta hisobda  $\nu$  marta to'qnashsa, u holda yo'lining o'rtacha uzunligi:



$$\lambda = \frac{\bar{v}}{\nu}$$

bo'ladi.

Molekular nisbiy harakatining o'rtacha tezligi molekularning idish d harakatining  $\bar{v}$  tezligidan  $\sqrt{2}$  marta ortiq bo'ladi. Bir sekund ichida to'qnashish soni:

$$\nu = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n$$

bo'ladi.

(2) ni (1)ga qo'yib:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$$

hosil qilinadi.  $d$  effektiv diametr o'rniga molekulaning  $b$  effektiv kesimini q

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma \cdot n}$$

formula hosil qilamiz.

O'zgarmas temperaturada  $n$  son  $P$  bosimga proporsional o'zgargani uchun yo'lining o'rtacha uzunligi bosimga teskari proporsionaldir.

$$\lambda \approx \frac{1}{P}$$

Temperatura ko'tarilganda molekulaning effektiv diametri kamaya ko'tarilganda erkin yugurish yo'lining uzunligi ortadi.  $A$  va  $T$  orasidagi bog'lanis qo'yidagi formulasi bilan ifodalanadi:

$$\lambda = \lambda_{\infty} \frac{T}{T + C}$$

S - har bir gaz uchun o'zgarmas kattalik yoki Sezerlend doimiysi deb ataladi.

$\lambda_{\infty}$  - erkin yugurish yo'lining  $T = \infty$  bo'lgandagi o'rtacha uzunligi. (6)dan temperaturada  $\lambda$  ning qiymati  $0,5\lambda_{\infty}$  ga teng bo'ladi.

Molekulaning effektiv radiusini  $1\text{Å}$  ga, ya'ni:  $10^{10}\text{m}$  teng, deb olsak  $n=2,68 \times 10^{25}\text{m}^{-3}$  ga teng, u vaqtda (4) formuladan:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-20} \cdot 2,68 \cdot 10^{25}} \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Bosim  $10^{-3} \text{ mm. sim. ust. } (10^{-6} \text{ amm})$  bo'lganda,  $\lambda$  uzunligi  $10 \text{ sm}$  chizmasida bo'ladi.

Bosim kamayishi bilan to'qnashishlar soni R bosimga proporsional ravishda kamayadi.

### REAL GAZLAR.

Bosim uncha yuqori bo'lmagan temperatura yuqori bo'lgan hollarda:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

tenglama real gazlarni ancha yaxshi xarakterlaydi.

Bosim ortishi va temperatura kamayishi bilan bu tenglamada chetlanishlar gazlar tenglamasiga tuzatishlar kiritish yo'li bilan hosil qilinadi.

$$\left( P + \frac{a}{V^2_{KM}} \right) (V_{KM} - B) = RT$$

R - gazga tashqaridan ko'rsatilayogan bosim  $a$  va  $v$  - Van-Der-Vals doimiyligi gazlar uchun har hil qiymatga ega.

(2) tenglama bir kilomol uchun o'rinli, z kilomol gazga mos keluvchi ixtiyoriy hajm o'ldirish uchun z kilomol gaz, z marta ortiq hajm egallaydi, ya'ni:  $V = zV'$  hisobga olib (2) tenglamani quyidagicha yozamiz:

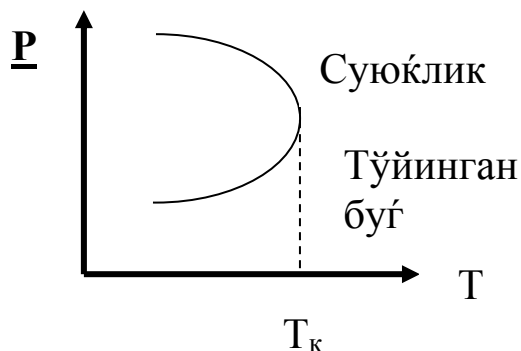
$$\left( P + \frac{Z^2 \cdot a}{V^2} \right) \left( \frac{V}{Z} - B \right) = RT \quad (3)$$

(3) da  $Z^2 a = a'$ ,  $ZB = b'$  deb belgilab:

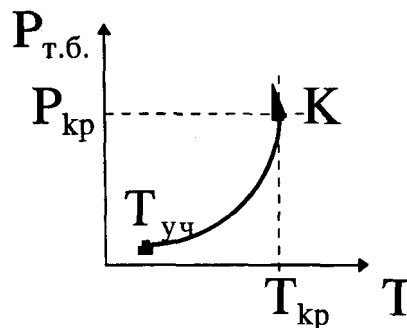
$$\left( P + \frac{a'}{V^2} \right) (V - b') = zRT \quad (4)$$

$$z = m / \mu$$

Van-Der-Valsning z kilomolga oid ma'lumotlari  $a'$  va  $b'$  harflari bilan belgilanadi:



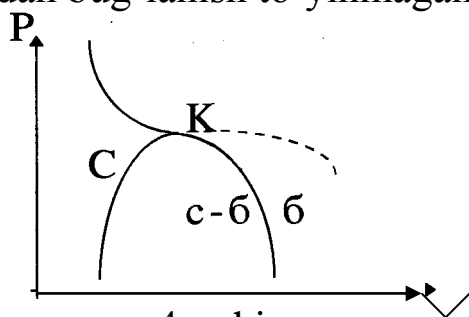
2 - chizma



3 - chizma

Bu 2 va 3 chizmada suyuqlik va to'yingan bug' zichligining temperaturaga bog'lanish egri chizig'i ko'rsatilgan hamda  $R_{T,b}$  ning temperatura bog'lanishi egri chizig'i ko'rsatilgan. Egri chiziq, kritik nuqtada tugaydi. Shuningdek  $T_{kr}$  dan yuqori temperaturada to'yingan bug' tushunchasining ma'nosi yo'q. Egri chiziq uchlangan nuqta, deb ataluvchi  $T_{uch}$  nuqtadan boshlanadi. Uchlangan nuqta moddaning uchala (qattiq, suyuq va gaz) fazasi bir vaqtda muvozanatda bo'ladigan sharoitni temperatura tushunchasini birinchi D. I. Mendeleev 1860 yilda kiritgan.

Mendeleev bu tenglamani suyuqlikning qaynash temperaturasi, deb atagan, keyin u bug'ga aylanadi. Bu  $P, V$  diagrammada moddaning uch bo'lishini ko'rishimiz mumkin (4-chizma). O'zining suyuqligi bilan muvozanatda turgan gaz (yoki bug') to'yingan bug', deb ataladi. Ochiq idishdan bug'lanish to'yinmagan bug', deb ataladi.

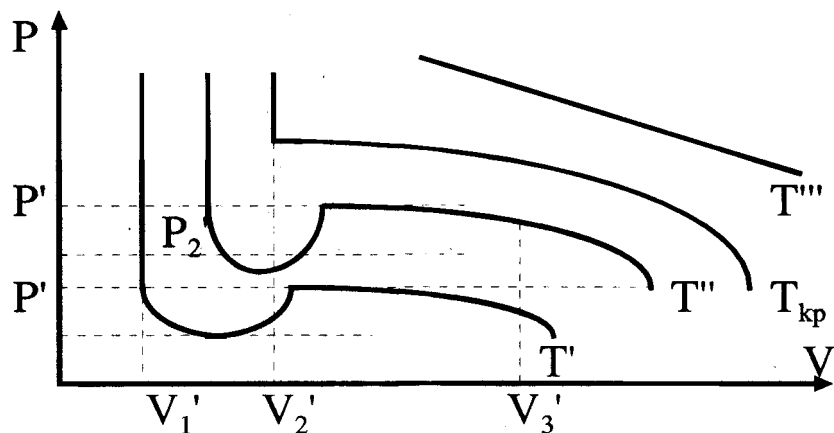


4 - chizma

O'ta to'yingan bug' hosil qilish uchun to'yinmagan bug' keskin kengaytiriladi. Bug' tez kengayganda tashqi muhit bilan issiqlik almashinmaydi va natijada soviydi. Agarda suyuqlik qattiq begona aralashmalardan va o'zida erigan gazdan yaxshilab tozalansa, suyuqlikni isitish yo'li bilan  $R_{t,b}$  bosimdan kichik bosimga o'tkazmasdan qaynatib yubormaslik kerak. Bu holat o'ta isitilgan suyuqlik holati deyiladi.

Zichligi kamayganda, barcha real gazlarning hossalari ideal gaz hossaloriga yaqinlashganda, hajm cheksizlikka intilgandagi, limitda Van-Der-Vals tenglamasi (1) tenglamaga aylanadi.

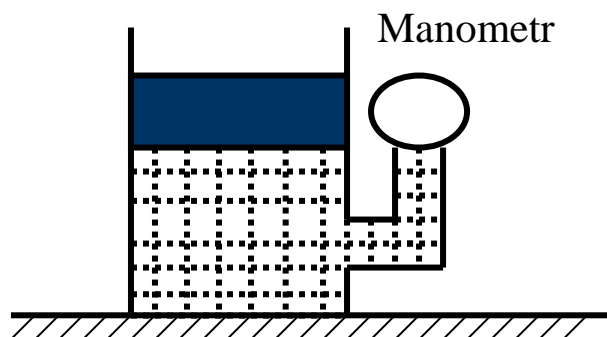
Quyidagi rasmda temperaturaning bir qancha qiymatlariga oid Van-Der-Vals izotermalari tasvirlangan (5-chizma):



5 - chizma

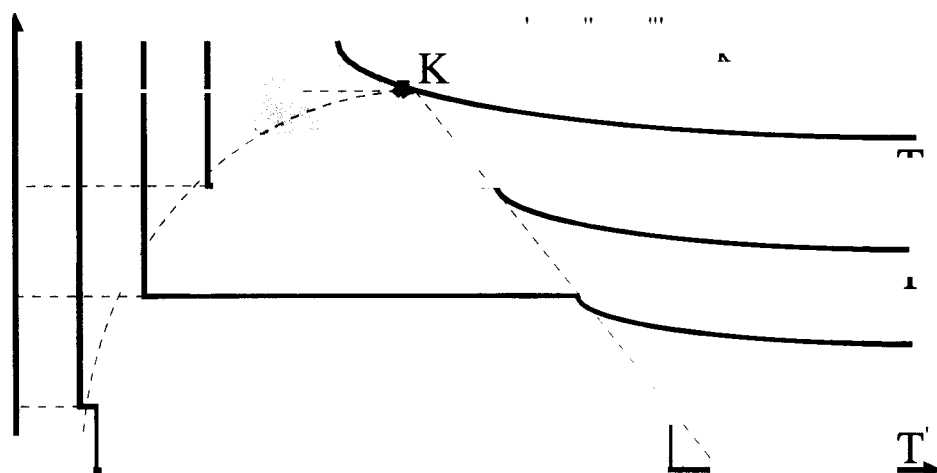
Agar temperatura orta borsada  $V_1'$ ,  $V_2'$ ,  $V_3'$  nuqtalar bir-biriga yaqinlashib, kritik nuqtada ustma-ust tushadi. K nuqta kritik nuqta yoki  $T$  kritik temperatura deb ataladi.  $T'$ ,  $T''$ ,  $T'''$  izotermalar.

Izotermanni tajriba yuli bilan topish uchun gaz holatidagi modda olib, uni suriladigan porshenli idish ichiga solish va sekin siqqa boshlash kerak (6-chizma).



6 - chizma

Van-Der-Vals tenglamasi moddaning gaz holatini emas, balki moddaning suyuq holatga o'tish jarayonini va suyuqlikning siqilishi jarayonini xarakterlaydi.



Bu 7-chizmadan ko'rinadiki, temperatura ko'tarilishi bilan izotermanning gorizontall qismi qisqaradi va  $T_K$  da bu qism nuqtaga aylanadi. Suyuqlik va to'yingan bug'ning solishtirma hajmlarining farqi kamayadi.  $T_{KR}$  da bu farq butunlay yo'qoladi.

## REAL GAZNING ICHKI ENERGIYASI

Real gazning ichki energiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U = K + P \quad (1)$$

Bir kilomol gazdagi molekullarning kinetik energiyasi:

$$K = C_v \cdot T \quad (2)$$

Gaz kengayayotganda molekullar orasidagi tortishish kuchlarini yengish uchun ish bajarish kerak (tashqi kuch ta'sirida):

$$d'A = P dV \quad (3)$$

Ichki kuchlarga karshi bajarilgan ish:

$$d'A = P_i dV_{km} \quad (4)$$

Bu yerda  $P_i$  - Van - Der - Vals tenglamasiga bo'ysinadigan gaz uchun  $a/V_{km}^2$  ga teng ichki bosim.

$$d'A = dE_p = dP \quad (5)$$

potensial energiya orttirmasiga teng.

$$\Pi = P_i dV_{km} - \frac{a}{V_{km}^2} dV_{km} \quad (6)$$

(6) ni integrallab:  $\Pi = -\frac{a}{V_{km}^2} + const \quad (7)$

$const=0$  da (1), (2) va (7) dan real gazning ichki energiyasi:

$$U_{km} = C_v T - \frac{a}{V_{km}^2} \quad (8)$$

teng bo'ladi.

(8) dan ko'rinadiki, temperatura ko'tarilganda, hajm ortganda ichki energiya ortadi.

Agar gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan va tashqi ish bajarmasdan kengaysa yoki siqilsa, termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra, gazning ichki energiyasi o'zgarmay qoladi.

(9)

Bunday sharoitlarda gaz hajmi kengayganda sovishi, siqilganda esa isishi kerak.

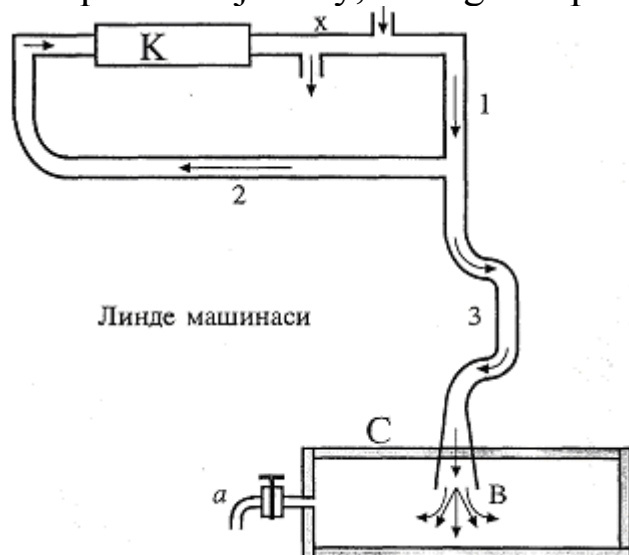
## GAZLARNI SUYULTIRISH

Kritik temperatura tushunchasi past temperaturalar fizikasi va gazlarni suyultirish texnikasida katta rol o'ynaydi.

Kritik temperatura tufayli har qanday gazni dastlab kritik temperaturadan past temperaturaga sovitib, siqish yo'li bilan suyuqlikka aylantirish mumkin.

Texnikada gazlarni suyultirish uchun nemis injener—fizigi Linde 1895 yilda ixtiro qilgan mashinasi keng ishlatiladi.

Ingliz fiziklari Joule va Thomson real gazning bo'shliqda kengayishida tashqi ish bajarmay, uning temperaturasi o'zgarishini aniqlaydi. 2-xol:



### 11 – chizma

1. Past boshlang'ich temperaturada barcha gazlar kengayishida soviydi. (Joule-tomson (+) effekti)

2. Yuqori boshlang'ich temperatura barcha gazlar kengayishida qiziydi (Joule-Tomson (-) effekti).

Gazlarni suyultirish Joule-Tomsonning musbat effektiga asoslangan.

Gaz, havo K-kompressorda 200 atm bosimgacha siqiladi.

S-sovitgichda oqar suv bilan sovitiladi. Joule-Tomson (+) effektiga asosan gaz siqilishida qiziydi. Siqilgan havo 3-ilon nay, 1-ichki naychadan o'tadi. V uchidagi S-kondensatorda 1 atm bosimga kengayadi, havo ilon nayning 2-tashqi nayi orqali kompressorga suriladi. Gazning 2-porsiyasi 20°S gacha soviydi.