

Gāzu likumi

Molekulārfizika ir fizikas nozare, kas pētī ķermeņa īpašību atkarību no vielas molekulārās uzbūves, molekulu mijiedarbības spēkiem un molekulu kustības (kinētikas) rakstura.

Molekulāri kinētiskās teorijas (MKT) pamatpieņēmumi:

1. Vielas sastāv no ļoti sīkām daļiņām - atomiem un molekulām.

Atoms - ķīmiskā elementa sīkākā daļiņa, kurai ir visas tās īpašības.

Molekula - vielas vissīkākā daļiņa, kas saglabā visas vielas ķīmiskās īpašības.

Ja vielas molekula sastāv no viena atoma, sakām, ka viela sastāv no atomiem (dzelzs, varš, neons u.c.), bet, ja molekulā ir divi vai vairāk atomi, sakām, ka viela sastāv no molekulām (skābeklis, ūdens u.c.).

2. Starp vielas daļiņām vienlaikus darbojas **pievilkšanās** un **atgrūšanās** spēki.

3. Molekulas un atomi atrodas **nepārtrauktā haotiskā kustībā**.

Difūzija jeb vielu sajaukšanās bez ārējas iedarbības vai arī vienas vielas dažādu koncentrāciju izlīdzināšanās. Difūzija notiek jebkurā vielas stāvoklī. Visstraujāk tā norisinās gāzēs, lēnāk šķīdumos un ļoti lēni cietās vielās.



Osmoze - īpašs difūzijas veids caur puscaurlaidīgu membrānu. Difūzija notiek tikai vienā virzienā un notiek koncentrāciju izlīdzināšanās.

Brauna kustība - zinātnieka R. Brauna novērotā parādība (šķīdumā vai gāzē ievietotu sīku vielas daļiņu nepārtraukta, haotiska kustība, piemēram, ūdenī ievietotu ziedputekšņu kustība), kuru tagad sauc par Brauna kustību. Šī kustība notiek neierobežoti ilgi un haotiski. Brauna daļiņas kustības trajektorija - lauza līnija.

Paaugstinoties temperatūrai, vielas daļiņu kustības intensitāte pieaug, un tādēļ šo kustību nosauca par **siltumkustību**.

Molekulas galvenie raksturlielumi ir:
molekulas diametrs d ,
molekulas masa m .

Lai eksperimentāli novērtētu šķidruma molekulas diametru, izmanto mēģinājumu ar šķidruma pilināšanu uz ļoti gludas virsmas, pieņemot, ka šķidrums izplūst pa virsmu slānī, kura augstums ir vienāds ar vienas molekulas diametru.

$$d = \frac{V_p}{S}$$

Molekulas masu m_0 , izmantojot ķīmijas zināšanas un ķīmisko elementu periodisko tabulu, var aprēķināt visām vielām!

Izmantojot ķīmisko elementu tabulu, noskaidrojam vielas molmasu M , un, zinot Avogadro skaitli N_A , kas norāda, ka vienā molā vielas ir $6,0 \cdot 10^{23}$ molekulu, aprēķinām vielas vienas molekulas masu m_0 !

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

Ūdens ķīmiskā formula H_2O .

Izmantojam ķīmisko elementu tabulu un aprēķinām ūdens molekulas molmasu:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18 \text{ g/mol}$$

Molekulas masa būs:

$$m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{18}{6,0 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{-23} \text{ g} = 3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

Ideāla gāze

Ideālās gāzes modelī pieņem, ka vielas daļiņas (molekulas un atomi) ir masas punkti, starp kuriem nav mijiedarbības un kuru sadursmes ir absolūti elastīgas (izpildās enerģijas nezūdamības likums).

Aptuveni masas punktu vietā molekulas varam iedomāties kā sīkas lodītes, kurām ir masa, bet šo lodīšu kopējais tilpums ir ļoti mazs, salīdzinājumā ar trauka tilpumu, kur atrodas gāze. Tad ideālās gāzes modelim gandrīz pilnībā atbilst gaisā esošās gāzes, ūdens tvaiks utt.

Izmantojot ideālās gāzes modeli, var iegūt sakarības, kas saista mikropasaules lielumus (molekulas masu, ātrumu) ar gāzes makroskopiskajiem raksturlielumiem (spiedienu, tilpumu, temperatūru).

Ar gāzēm notiekošie procesi parasti ir saistīti ar siltuma parādībām, ar kuru pētīšanu nodarbojas termodinamika.

Termodinamiska sistēma - jebkurš ķermenis vai ķermeņu kopa, kuru iespējams atdalīt no apkārtējās vides.

Termodinamiskā sistēma ar apkārtējo vidi var apmainīties ar enerģiju un vielu. Termodinamiskās sistēmas ir gāzes, šķidrumi, cieti ķermeņi kā arī visi dzīvie organismi.

Ideālas gāzes raksturošanai var izmantot šādus termodinamiskos parametrus:

gāzes masu

tilpumu

spiedienu

temperatūru

Gāzes masa m ir visu gāzes molekulu kopējā masa.

Ja traukā atrodas N gāzes molekulas, tad, zinot Avogadro skaitli $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$, varam aprēķināt vielas daudzumu (molos):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

Zinot gāzes molmasu M un molu skaitu n , varam atrast gāzes kopējo masu m :

$$m = nM = \frac{N}{N_A} \cdot M.$$

Šīs sakarības ļauj arī aprēķināt molekulu skaitu N , ja zināma vielas masa m .

Gāzes tilpums. Tā kā gāzes, pateicoties mazajam molekulu mijiedarbības spēkam un lielajam kustības ātrumam, aizņem visu iespējamo telpu, tad gāzes tilpums vienmēr ir vienāds ar tā trauka tilpumu, kurā tā atrodas.

Gāzes spiediens. Gāzu molekulas, haotiski kustoties, saduras arī ar trauka sienām, radot uz tām spiedienu p . Matemātiski izsecinot spiediena aprēķināšanas formulu, iegūst šādu sakarību:

$$p = \frac{1}{3} m_0 \frac{N}{V} v^2$$

p - gāzes radītais spiediens, Pa,

m_0 - molekulas masa, kg,

$\frac{N}{V}$ - gāzes koncentrācija, $\frac{1}{\text{m}^3} = \text{m}^{-3}$,

v - molekulu kustības vidējais kvadrātiskais ātrums, m/s.

Šo sakarību sauc par **gāzu molekulāri kinētiskās teorijas pamatvienādojumu**.

Šis vienādojums sasaista makropasaules raksturlielumu spiedienu p ar mikropasaules raksturlielumiem

Gāzes radīto spiedienu ietekmē arī gāzes **blīvums** ρ . MKT pamatvienādojumu var pārveidot tā, lai izmantotu šo fizikālo lielumu.

$$p = \frac{1}{3} m_0 \frac{N}{V} v^2 = \frac{1}{3} \rho v^2$$

MKT pamatvienādojumu var pārveidot formā, kurā izmantojam vienas molekulas virzes haotiskās kustības **vidējo kinētisko enerģiju**:

$$p = \frac{2}{3} \frac{\bar{N}}{V} W_{vid}$$

$$W_{vid} = \frac{m_0 v^2}{2}$$

Gāzes temperatūra

Zinātnieki (Žaks Šarls) eksperimentos ir noskaidrojuši, ka, palielinoties temperatūrai par vienu grādu, **spiediens palielinās par 1 / 273**. Līdzīgi, temperatūrai pazeminoties par vienu grādu, **spiediens samazinās par 1 / 273**.

Temperatūrai pazeminoties tālāk, spiediens var kļūt tuvs nullei - kas nozīmētu, ka būtu jāapstājas molekulu kustībai. Izmantojot šo faktu, angļu fiziķis V. Tomsons izveidoja temperatūras skalu, kurai zemākā iespējamā temperatūra ir tā saucamā absolūtās nulles temperatūra. Šai skalai nav negatīvu temperatūru, un to sauc par Kelvina vai termodinamiskās temperatūras skalu.

Starp absolūto temperatūru T un Celsija skalas temperatūru t pastāv sakarība: **$T = t + 273$**

Fiziķi ir atraduši sakarību, kura saista vienatoma gāzes molekulas kustības vidējo kinētisko enerģiju ar temperatūru

$$W_{vid} = \frac{3}{2}kT, \text{ kur } k \text{ ir Bolcmaņa konstante } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$p = \frac{N}{V}kT$$

Spiedienu SI sistēmā mēra paskālos Pa. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

lieto arī citas mērvienības:

1 bārs (bar) = 100000 Pa,

1 atmosfēra (atm) = 101325 Pa,

1 dzīvsudraba milimetrs (mmHg) = 133,322 Pa

Temperatūru mēra ar termometru, kā skala var būt graduēta dažādi – atbilstoši mērīšanas skalai. Visplašāk izmanto

Celsija $^{\circ}\text{C}$, Fārenheita $^{\circ}\text{F}$, Kelvina K un arī Reomīra $^{\circ}\text{R}$ skalu

Galvenās sakarības starp Celsija skalu un pārējām:

a) Kelvina skalu

$$T_K = t^{\circ}\text{C} + 273$$
$$t^{\circ}\text{C} = T_K - 273$$

b) Fārenheita skalu

$$t^{\circ}\text{F} = 1,8t^{\circ}\text{C} + 32$$
$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

c) Reomīra skalu

$$t^{\circ}\text{R} = 0,8t^{\circ}\text{C}$$
$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4}t^{\circ}\text{R}$$

Temperatūru mēra ar termometru. Termometra galvenā sastāvdaļa ir kāda viela, kuras fizikālo īpašību maiņu, mainoties temperatūrai, lieto temperatūras reģistrēšanai.

Atkarībā no termometriskās vielas izšķir vairāku veidu termometrus

Gāzes un kondensācijas termometri. Mēra gāzes spiedienu (noslēgtā tilpumā), mainoties temperatūrai. Šos termometrus sauc arī par manometriskajiem termometriem, jo temperatūru nolasa no manometra.

Kondensācijas termometrs no gāzes termometra atšķiras ar to, ka tajā atrodas gaistošs šķidrums līdzsvarā ar savu tvaiku, un, mainoties temperatūrai, tas iztvaiko un kondensējas, mainot savu tilpumu.

Bimetāliskais termometrs. Sastāv no divu dažādu metālu vienāda garuma plāksnītēm, kas savienotas kopā. Tā kā dažādiem metāliem termiskās izplešanās koeficients ir dažāds, mainoties temperatūrai, plāksnītes izliecas. Izliekums ir atkarīgs no temperatūras un to var viegli mērīt.

Šķidruma termometrs. Tas ir visizplatītākais termometrs. Šķidruma termometra darbības pamatojas uz to, ka šķidrumi sasilstot izplešas un tādējādi to tilpums mainās atkarībā no temperatūras. Vienkāršākais šķidruma termometrs ir dzīvsudraba termometrs.

Pretestības termometrs mēra kāda materiāla elektriskās pretestības izmaiņas. Materiāls parasti ir kāds metāls (varš vai platīns) vai pusvadītājs.

Termoelements (termopāris) mēra divu sametinātu metālu termoelektriskā EDS maiņu. Var mērīt augstākas temperatūras nekā ar pretestības termometriem.

Pirometrs mēra siltumstarojumu (un gaismas starojumu), kas nāk no mērāmā ķermeņa. Par termometrisko vielu iespējams lietot arī pašu mērāmo vielu, tikai jāzina tās melnuma pakāpe (melnuma pakāpe 1 nozīmē, ka ķermenis 100% absorbē infrasarkanā starojumu).

Galvenie gāzes stāvokļa parametri ir spiediens p , temperatūra T un tilpums V . Šo parametru skaitliskās vērtības ir atkarīgas arī no gāzes masas m . Eksperimenti rāda, ka šie parametri ir savstarpēji saistīti — mainot kādu no tiem, mainās arī pārējie.

Ideālās gāzes spiedienu nosaka pēc formulas:

$$p = \frac{N}{V} kT,$$

p — gāzes spiediens, Pa,
 $\frac{N}{V}$ — gāzes molekulu koncentrācija, m^{-3} ,
 k — Bolcmaņa konstante, $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$,
 T — gāzes termodinamiskā temperatūra, K .

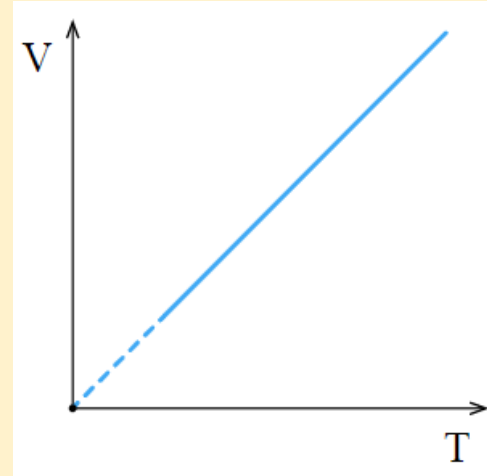
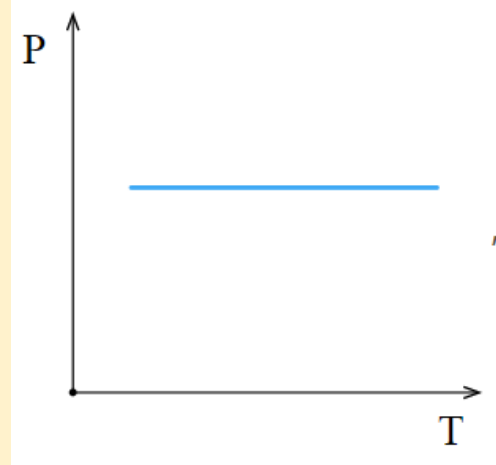
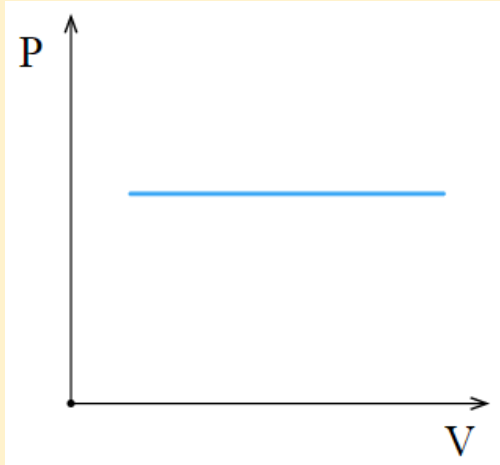
Tehnikā ar gāzēm bieži notiek procesi, kuros viens no termodinamiskajiem parametriem paliek nemainīgs. Šādus procesus sauc **par izoparametriskiem**.

Izobārisks process ir process, kurā **gāzes spiediens nemainās**.

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1}.$$

tilpums mainās proporcionāli absolūtās temperatūras relatīvai izmaiņai.



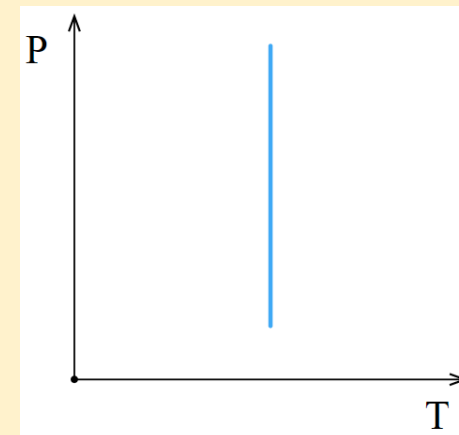
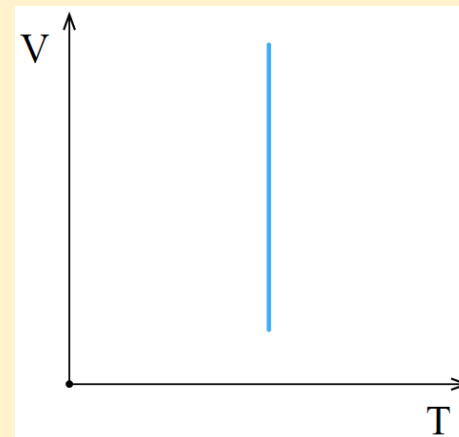
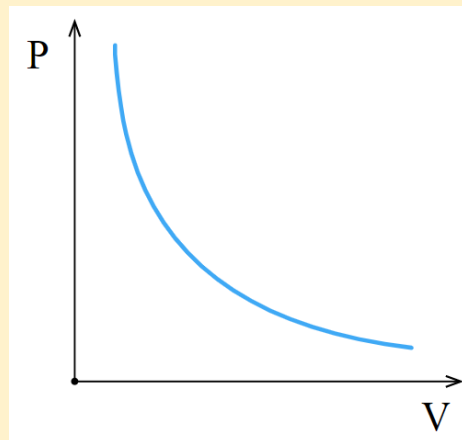
No grafika ļoti labi redzams, ka spiediens paliek nemainīgs. Iegūto līniju sauc par **izobāru**. Šeit jāievēro, ka ne spiediens, ne tilpums, nekad nebūs 0, jo dabā nevar būt gāze, kurai nebūtu spiediena vai tilpuma.

Izotermisks process ir process, kurā vielas temperatūra nemainās.

Pirmie neatkarīgi viens no otra šo procesu izpētīja Roberts Boils un Edms Mariots. Viņi konstatēja, ka izotermiskā procesā izpildās sakarība:

$$p \cdot V = \text{const.}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$$



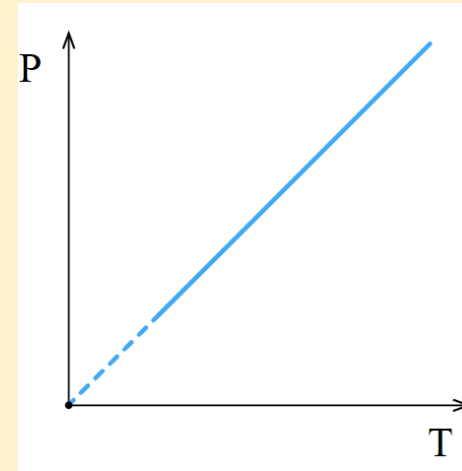
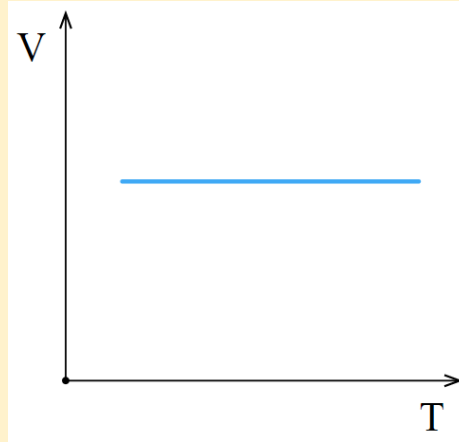
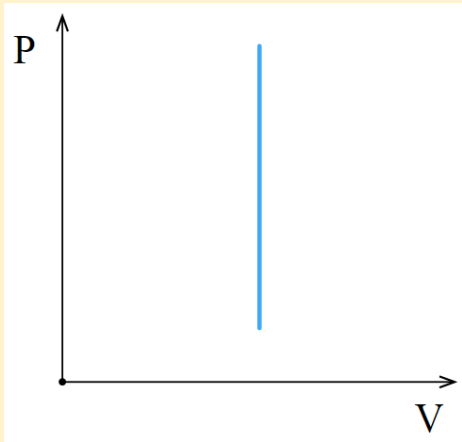
No grafika ļoti labi redzama **spiediena un tilpuma** sakarība. Šo līkni sauc par **izotermu**. Šeit jāievēro, ka ne spiediens, ne tilpums, nekad nebūs 0, jo dabā nevar būt gāze, kurai nebūtu spiediena vai tilpuma.

Izohorisks process ir process, kurā gāzes **tilpums** nemainās.

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1}$$

spiediens mainās proporcionāli absolūtās temperatūras relatīvajai izmaiņai



No grafika ļoti labi redzama, ka tilpums paliek nemainīgs. Iegūto līniju sauc par **izohoru**. Šeit jāievēro, ka ne spiediens, ne tilpums, nekad nebūs 0, jo dabā nevar būt gāze, kurai nebūtu spiediena vai tilpuma.