

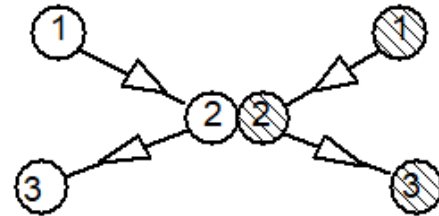
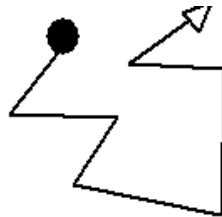
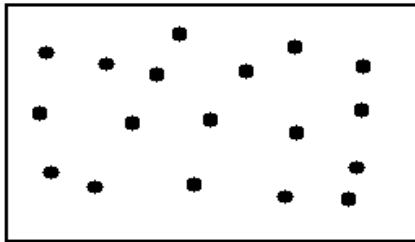
ТЕРМОЕНЕРГЕТИКА

Jednačina stanja idealnog gasa

Idealan gas

Pod pojmom **idealni gas** se podrazumeva takav gas čija su svojstva:

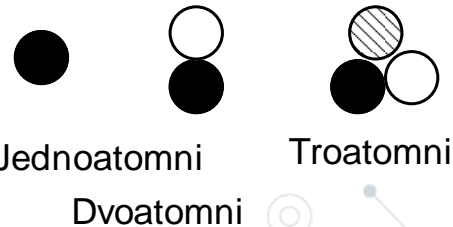
1. Molekuli toga gasa su materijalne tačke beskonačno malog prečnika i konačne mase;
2. Kretanje molekula je po pravolinijskim putanjama;
3. Sudar između molekula je elastičan i centričan;
4. Međumolekulske privlačne sile su zanemarljive;



Idealan gas

Jasno je da takav gas ne postoji u prirodi, međutim pojedini gasovi na vanredno niskim pritiscima i veoma visokim temperaturama približno se ponašaju kao idealni gasovi:

- Svi jednoatomni gasovi: He, Ar, Kr, Xe, Ne i drugi;
- Dvoatomni gasovi: O₂, N₂, H₂, CO itd.
- Troatomni i višeatomni gasovi: CH₄, CH₂ i drugi;
- Smeše gasova: vazduh, produkti sagorevanja u ložištima i motorima SUS I drugi;



Realni gasovi

Realni gasovi su oni gasovi kod kojih molekuli imaju konačne dimenzije, a međumolekulske sile se ne mogu zanemariti.

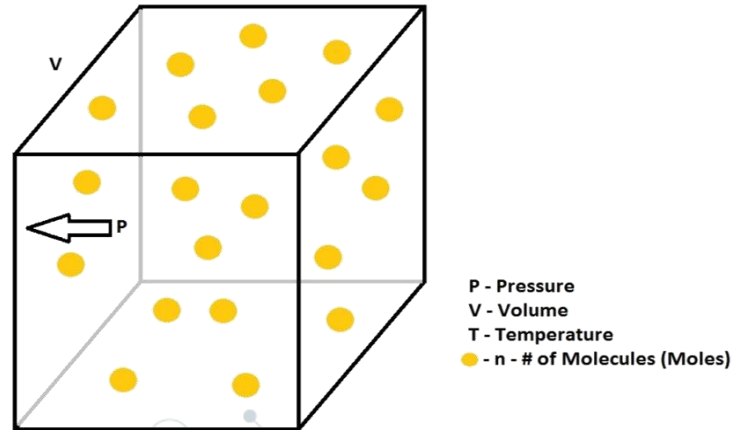
Mnogi gasovi koji imaju veliku primenu u industriji, kao što su vodena para, amonijačne pare, živine pare i drugi ponašaju se kao realni gasovi.



Jednačina stanja idealnog gasa

Jednačina stanja idealnog gasa predstavlja međusobnu zavisnost termodinamičkih, odnosno osnovnih veličina stanja.

Ona je najpre izvedena eksperimentalno, a kasnije na osnovu kinetičke teorije.



Jednačina stanja idealnog gasa

Osnovne veličine stanja, p , T i v su međusobno povezane tzv. jednačinom stanja.

$$f(p, v, T) = 0$$

Da bi došli do jednačine stanja idealnog gasa potrebno je poznavati sledeće zakone idealnih gasova:

- Bojl-Mariotov zakon
- Gejl-Lisakov zakon
- Šarlov zakon

Bojl-Mariotov zakon

Ako se temperatura održava na stalnoj vrednosti, **T=const** i klip pomera tako da se smanji zapremina, pritisak će se povećati tako da su nove veličine stanja p_2, T_2 i V_2 .

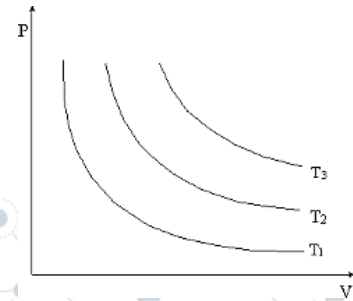
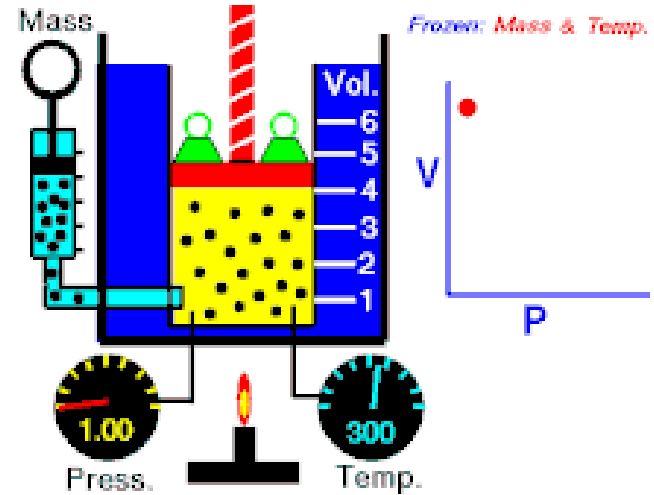
Ova konstatacija može se zapisati u obliku:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

ili $p_1 V_1 = p_2 V_2 = \dots = p_n V_n = const$

Pri konstantnoj temperaturi proizvod pritiska i odgovarajuće zapremine odnosno specifične zapremine je konstantan.

Za određenu količinu gasa pri konstantnoj temperaturi, zapremina gasa obrnuto srazmerna pritisku.



Gejl-Lisakov zakon

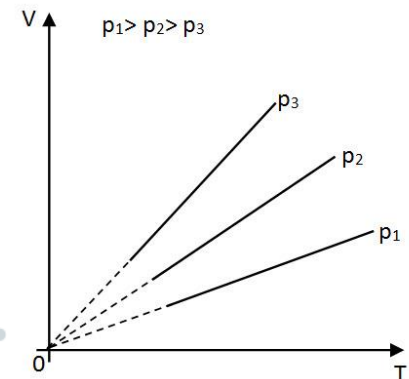
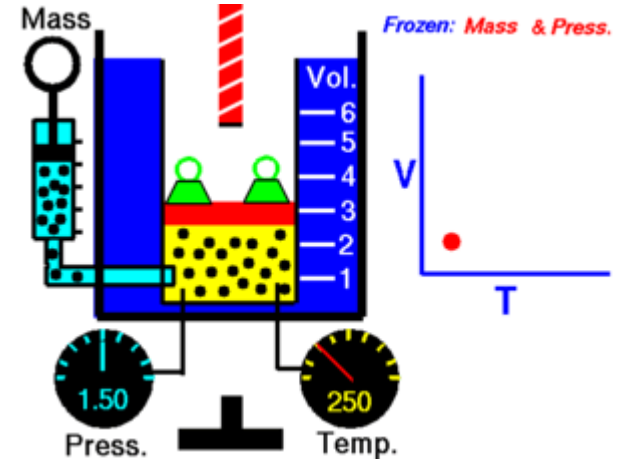
Ovaj zakon pokazuje vezu između zapremine, odnosno specifične zapremine i temperature pri konstantnom pritisku **p=const** u matematičkom obliku kao:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ili
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots = \frac{V_n}{T_n} = \text{const}$$

Pri konstantnom pritisku zapremine, odnosno specifične zapremine su upravo srazmerne odgovarajućim apsolutnim temperaturama.

Da bi pritisak bio konstantan pri porastu temperature mora rasti zapremina suda u kome se gas nalazi.



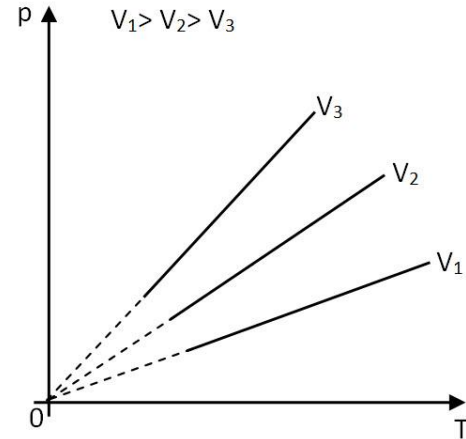
Šarlov zakon

Ovaj zakon daje vezu između pritiska i temperature idealnog gasa pri konstantnoj specifičnoj zapremini **v=const** u matematičkom obliku kao:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ili

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \dots = \frac{p_n}{T_n} = \text{const}$$

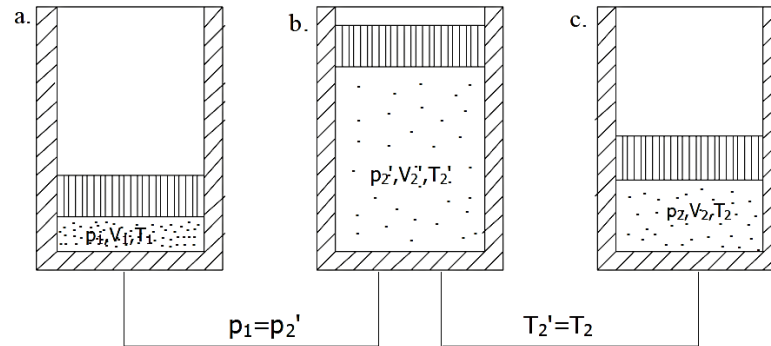


Pri konstantnoj zapremini, odnosno specifičnoj zapremini, pritisci su upravo srazmerni odgovarajućim apsolutnim temperaturama.

Što je temperatura veća za gas u sudu konstantne zapremine, to je srednja brzina molekula veća pa je i broj sudara kao i sila kojom molekuli udaraju u zid suda veća, pa je veći i pritisak.

Jednačina stanja idealnog gasa

Pri određivanju jednačine stanja idealnog gasa, koristiće se cilindar sa pokretnim klipom u kome se nalazi idealan gas čije je stanje određeno veličinama stanja p_1, V_1, T_1 .



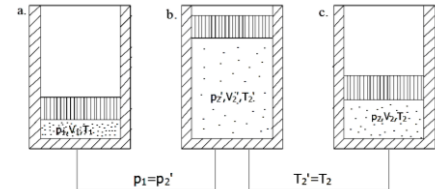
Kada se dovodi toplota a pri tom ne menja pritisak $p_1 = p_2'$ tada će sa porastom temperature od T_1 do T_2' zapremina linearno rasti od V_1 do V_2' po Gejl-Lisakovom zakonu. Na osnovu ovog zakona može se pisati da je:

$$\frac{v_2'}{v_1} = \frac{T_2'}{T_1}$$

Jednačina stanja idealnog gasa

Kada iz ovog međustanja određenog sa indeksom '1', promenom veličine stanja pri konstantnoj temperaturi $T'_2 = T_2$ dobiće se novo stanje sa veličinama p_2, v_2, T_2 koje će prema Boj – Mariotovom zakonu stajati u odnosu:

$$\frac{p'_2}{p_2} = \frac{v_2}{v'_2}$$



Izjednačavanjem ovih jednačina i uz korišćenje predhodno zadatih uslova dobija se Klapejronova jednačina u sledećem obliku:

$$\frac{p_1 \cdot v_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot v_2}{T_2}$$

Pošto je početno i krajnje stanje proizvoljno izabrano to možemo napisati:

$$\frac{p \cdot v}{T} = \text{const} = R$$

Oblici jednačine stanja idealnog gasa

$$p \cdot V = n \cdot R_u \cdot T$$

n predstavlja količinu supstance idealnog gasa [kmol],

R_u predstavlja univerzalnu gasnu konstantu, koja iznosi 8315 J/kmolK,

p predstavlja apsolutni pritisak [Pa]

V predstavlja zapreminu idealnog gasa [m³]

T predstavlja apsolutnu temperaturu idealnog gasa [K]

Izraz se može napisati i kao:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

m predstavlja masu idealnog gasa [kg],

R predstavlja gasnu konstantu [J/kgK] koja je jednaka:

$$R = R_u / M_r$$

M_r predstavlja molarnu masu idealnog gasa [kg/kmol].

Jednačina stanja idealnog gasa

GAS	M	R	c_p	c_v
	$\frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$	$\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	
Acetilen (C_2H_2)	26	320	1.44	1.12
Amonijak (NH_3)	17	489	2.20	1.71
Argon (Ar)	40	208	0.52	0.31
Azot (N_2)	28	297	1.04	0.74
Benzol (C_6H_6)	78	107	0.48	0.37
Butan (C_4H_{10})	58	143	0.64	0.50
Etan (C_2H_6)	30	277	1.25	0.97
Etilen (C_2H_4)	28	297	1.34	1.04
Helijum (He)	4	2078	5.20	3.12
Kiseonik (O_2)	32	260	0.91	0.65
Metan (CH_4)	16	520	2.34	1.82
Neon (Ne)	20	416	1.04	0.62
Ozon (O_3)	48	173	0.78	0.61
Pentan (C_5H_{12})	72	115	0.52	0.40
Propan (C_3H_8)	44	189	0.85	0.66
Sumpordioksid (SO_2)	64	130	0.58	0.45
Sumporvodonik (H_2S)	34	244	1.10	0.86
Ugljendioksid (CO_2)	44	189	0.85	0.66
Ugljenmonoksid (CO)	28	297	1.04	0.74
Vazduh -	29	287	1.00	0.72
Vodonik (H_2)	2	4157	14.55	10.40

Oblici jednačine stanja idealnog gasa

Za 1 kg idealnog gasa:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

Za 1 m³ idealnog gasa:

$$p = \rho \cdot R \cdot T$$

Avogadrov zakon

Razni idealni gasovi koji se nalaze u jednakim zapreminama, na istoj temperaturi i pri istom pritisku, imaju isti broj molekula.

$$N_1 = N_2$$

gde je N – broj molekula

Na osnovu Avogadrovog zakona, mase raznih idealnih gasova, koji se nalaze u istim uslovima T i p imaju iste odnose i molekulskih težina:

$$m_1/m_2 = M_1/M_2$$

Prema Avogadrovom zakonu zapremina mola (Mv) za sve idealne gasove mora biti ista (u istim uslovima)

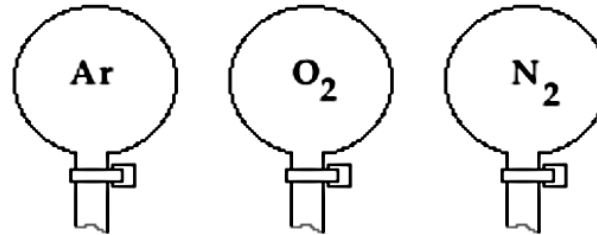
$$Mv = 22,4 \text{ m}^3/\text{mol}$$

Avogadrov zakon

Jednake zapremine svih gasova na istoj temperaturi i istom pritisku imaju jednak broj molekula.

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

gde je N_A – avogadrov broj



Zapremina:	22.4 L	22.4 L	22.4 L
Masa:	40 g	32 g	28 g
Količina:	1 mol	1 mol	1 mol
Pritisak:	1 atm	1 atm	1 atm
Temperatura:	273 K	273 K	273 K

Normalni uslovi gasa

Normalni uslovi gasa podrazumevaju:

$$p = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$T = 273 \text{ K}$$



Primeri

Molarna masa nekog idealnog gasa iznosi 45 kg/kmol . Kolika je specifična zapremina i gustina tog gasa na pritisku $1,5 \text{ bar}$ i temperaturi 75 °C ?

U nekom sudu nalazi se 5 kg kiseonika (idealni gas) na temperaturi 15 °C i pritisku $9,81 \text{ bar}$. Odrediti pritisak u sudu ako temperatura poraste za 200 °C .