

Idealno gasno stanje-čisti gasovi

Parametri P , V , T i n nisu nezavisni.

Odnos između njih eksperimentalno je utvrđeni izražava se kroz gasne zakone.

Gasni zakoni:

1. **Bojl-Maritov**: $PV = \text{const.}$ pri konstantnim T i n
2. **Gej-Lisakov**: $V \propto T$ pri konstantnim P i n
3. **Šarlov**: $P \propto T$ pri konstantnim V i n
4. **Avogadrov**: $V \propto n$ pri konstantnim P i T

Jednačina idealnog gasnog stanja:

$$PV = nRT \quad R \text{ je molarna gasna konstanta}$$

Idealno gasno stanje-smeše gasova

Ako gasni zakoni i jednačina idealnog gasnog stanja važi za čiste gasove, važiće i za smešu gasova.

Gasni zakoni za smešu gasova:

1. **Daltonov:** $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_i$ pri konstantnoj T

$$P_i = n_i RT / V = x_i P$$

2. **Amagaov:** $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_i$ pri konstantnim P i T

$$V_i = n_i RT / P = x_i V$$

Srednja molarna masa:

$$\bar{M} = \frac{\sum_1^n m_i}{\sum_1^n n_i} = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2 + \dots n_n M_n}{n} = x_1 M_1 + x_2 M_2 + \dots x_n M_n$$

Jedinice pritiska

Ime	Simbol	Vrednost
paskal	1 Pa	1 N m ⁻² , 1 kg m ⁻¹ s ⁻²
bar	1 bar	10 ⁵ Pa
atmosfera	1 atm	101 325 Pa
Torr	1 Torr	133,322 Pa
mm živinog stuba	1 mmHg	133,322 Pa
funta po kvadratnom inču	1 psi	6,894757 kPa

Vežba 1.1

1.a. Pretvoriti 723 torr u kilopaskale (kPa).

Rešenje: $(723 \text{ torr}) \times (101,325 \text{ kPa}/760 \text{ torr})$
 $= 96,39 \text{ kPa}$

1.b. Atmosferski pritisak na Marsu iznosi 0,71 kPa. Koliko iznosi ovaj pritisak u torima?

Rešenje: $710:133,322=5,32 \text{ Torr}$

Vežba 1.2

- Koliko atoma Xe ima u uzorku koji sadrži 2,8 mol Xe?

Rešenje: $(2,8 \text{ mol}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})$
 $= 1,69 \times 10^{24} \text{ molekula}$

Vežba 1.3

- (a) Koju količinu H₂O ima 100 g vode?
- (b) Koliko molekula H₂O ima u 200 g vode?
- (a) $100 \text{ g} \times (1 \text{ mol}/18,015 \text{ g}) = \mathbf{5,55 \text{ mol}}$
- (b) $200 \text{ g} \times (1 \text{ mol}/18,015 \text{ g}) \times (6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = \mathbf{6,68 \times 10^{24} \text{ molekula}}$

Vežba 1.4.

- Propan se koristi kao gas u spreju za osvežavanje vazduha. Koja je zapremina propana ako se 1 dm^3 sa pritiska od 1 atm komprimuje do $2,5 \text{ atm}$ na konstantnoj temperaturi. Rezultat izraziti u jedinici SI sistema.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{2,5 \cdot 101325 \text{ Pa}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Vežba 1.5.

U industrijskom procesu azot se zagreva do 500 K u sudu konstantne zapremine. Ako je na 300K pritisak gasa 100 atm, koliki pritisak (u Pa) će gas pokazivati na 500 K?

	n	p	V	T
Početno	Isto	100	Isto	300
Krajnje	Isto	?	Isto	500

2

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1$$

$$P_2 = \frac{500K}{300K} \cdot 100atm$$

$$= 166,67atm$$

$$= 16,9MPa$$

Primedba: Eksperiment pokazuje da je stvarni pritisak 183 atm pod ovim uslovima, tako da pretpostavka idealnog gasnog stanja dovodi do greške od oko 10%

Vežba 1.6.

Uzorak kiseonika zapremine 0,332 L je skupljen pri pritisku od 545 mmHg i na 14°C. Gas će na 0°C i istom pritisku zauzimati zapreminu (m³) od:

a) 0,421

b) 0,316

c) 0,316·10⁻³

d) 0,336·10⁻³

e) 0,407

f) ne znam

Vežba 1.7.

- Koja je krajnja zapremina gasa u SI koji se greje od 25°C do 1000°C čiji pritisak raste od 10,0 kPa do 150,0 kPa, ako je početna zapremina 15 mL?

Rešenje:

$$\text{Rešenje: } V_2 = (p_1 V_1 / T_1)(T_2 / p_2)$$

$$V_2 = (10,0 \text{ kPa} \times 15 \text{ mL} / 298,15 \text{ K})(1273,15 \text{ K} / 150,0 \text{ kPa}) = 4,27 \text{ mL} = 4,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

PITANJA

1. Šta je pogrešno za gasove:

- a) oni su veoma kompresibilni
- b) oni su malo kompresibilni
- c) termalna energija je veća od međumol. privlačenja
- d) pokazuju pritisak na zid suda

2. U kom stanju se nalazi 99% svemira

- a) čvrstom
- b) tečnom
- c) plazmi
- d) gasovitom

3. Šta je pogrešno

- a) molekuli gasa imaju najmanju energiju
- b) molekuli u čvrstom imaju najmanju energiju
- c) molekuli u tečnosti se sporo kreću
- d) međumol. sile su najveće u čvrstom

4. Šta je ispravno

- a) K.E. molekula je najveća u čvrstom
- b) P.E. je najmanja u čvrstom
- c) K.E. molekula je najveća u gasu
- d) tor je jedinica za temperaturu

5. Jedinica za PV je ista kao za

- a) entropiju
- b) količinu kretanja
- c) silu
- d) rad ili energiju

6. Koja zavisnost odgovara ravnostranoj hiperboli

- a) PV od P
- b) P od V
- c) P od V^{-1}
- d) PV od P^{-1}

Vežba 1.8.

Sud zapremine 15 L ispunjen je gasom pod pritiskom od 0,6 MPa. U drugom sudu zapremine 4 L je vakuum. Koliki će biti pritisak gasa ako se sudovi spoje tankom cevčicom, kada je temperatura konstantna.

$$V_1 P_1 = nRT$$

$$(V_1 + V_2)P = nRT$$

$$P = \frac{15L \cdot 0,6MPa}{19L} = 0,47MPa$$

Vežba 1.9.

- Izračunati pritisak 2,22 g ugljendioksida zatvorenog u balon zapremine od 1 L na 57°C.

• Rešenje: $p = \frac{nRT}{V} = \frac{(m/M)RT}{V}$

• $p = (2,22 \text{ g}/44,01 \text{ g mol}^{-1}) \times (8,3145 \text{ kPa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (330,15 \text{ K}/1 \text{ L}) = \mathbf{138,47 \text{ kPa}}$

Vežba 1.10.

- Balon zapremine 10 dm^3 sadrži 4 g gasa molarne mase 40 g/mol na pritisku P i temperaturi T . Ako se ispusti $0,8 \text{ g}$ gasa iz balona koji je potopljen u termostat temperature $(T+125)\text{K}$, pritisak u balonu se vrati na početnu vrednost. Izračunati P i T (u atm i K respektivno).

Rešenje:

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad PV = \frac{m_1}{M} R(T + 125)$$

$$T = \frac{125 \frac{m_1}{m}}{1 - \frac{m_1}{m}} = 500K$$

$$P = \frac{m}{MV} RT = \frac{4g}{40g / mol \cdot 10^{-2} m^3} 8,314 J / K mol \cdot 500K = 41570 Pa = 0,41 atm$$

Vežba 1.11

- Izračunati molsku frakciju N_2 , O_2 , i Ar u suvom vazduhu na nivou mora ako se 100 g vazduha sastoji od 75,5 g N_2 , 23,2 g O_2 i 1,3 g Ar.

Rešenje: $75,5 \text{ (g } N_2) / 28 \text{ (g/mol)} = 2,70 \text{ mol } N_2$;

$1,3 \text{ (g Ar)} / 40 \text{ (g/mol)} = 0,0325 \text{ mol Ar}$;

$23,2 \text{ (g } O_2) / 32 \text{ (g/mol)} = 0,725 \text{ mol } O_2$;

Ukupno = 3,46 mol

$x_{N_2} = 0,781$; $x_{O_2} = 0,210$; $x_{Ar} = 0,009$

Domaći!

1. Izračunati srednju molarnu masu vazduha.

Vežba 1.12

Vazduh približno sadrži 80% azota i 20% kiseonika (molarnih). Ako se 6 g vodonika doda u balon zapremine 22,414 L na 0°C i prvobitno napunjenog vazduhom pri pritisku od 1 atm, kolika će biti srednja molarna masa smeše vazduha i vodonika.

Rešenje

Zapremina od 22,4 L pri STP sadži 1 mol.

$$\overline{M} = \frac{0,8 \cdot 28 + 0,2 \cdot 32 + 6}{1 + 3} = 8,7 \text{ g / mol}$$

Vežba 1.13

- **Smeša vodonika i helijuma sadrži 25.0 masenih % vodonika. Koliki je parcijalni pritisak (mmHg) vodonika u smeši pri STP?
(Relativne atomske mase: H = 1,008, He = 4,00).**

Rešenje:

$$n_{H_2} = \frac{25}{2,016} = 12,4008 \quad n_{He} = \frac{75}{4} = 18,75 \quad n_{tot} = 31,1508$$

$$x_{H_2} = \frac{12,4008}{31,1508} = 0,398 \quad p_{H_2} = x_{H_2} \cdot P = 0,398 \cdot 1bar = 0,398bar$$

$$p_{H_2} = \frac{0,398bar}{1,013 \frac{bar}{atm}} \cdot 760mmHg / atm = 298,6mmHg$$

Domaći

- **Smeša kiseonika i ugljendioksida sadrži 2,5 g kiseonika i 6,43g ugljendioksida pri pritisku od 88kPa. Koliki su parcijalni pritisci kiseonika i ugljendioksida?**

Rešenje

$$n_{O_2} = \frac{2,5g}{32g/mol} = 0,078mol \quad n_{CO_2} = \frac{6,43g}{44g/mol} = 0,146mol \quad n_{tot} = 0,2241$$

$$x_{CO_2} = \frac{0,078112,4008}{0,2241} = 0,3485 \quad p_{O_2} = x_{O_2} \cdot P = 0,3485 \cdot 88kPa = 30,668kPa$$

$$p_{CO_2} = 0,651 \cdot 88kPa = 57,288kPa$$

Vežba 1.14

- Koliki je parcijalni pritisak He (u atm) u smeši 1,0g g H₂ i 5,0 g He u cilindru zapremine 5,0 L na 20,0°C?
(Relativne atomske mase: H = 1,008, He = 4,00).

Rešenje

$$n_{H_2} = \frac{1}{2.016} = 0,496 \quad n_{He} = \frac{5}{4} = 1,25 \quad n_{tot} = 1,746$$

$$x_{H_2} = \frac{0,496}{1,746} = 0,284 \quad x_{He} = \frac{1,25}{1,746} = 0,716$$

$$P = 1,746 \frac{8,314 \cdot 293,15}{5 \cdot 10^{-3}} = 8,51 \cdot 10^5 Pa = 8,4 atm$$

$$p_{He} = x_{He} \cdot P = 0,716 \cdot 8,4 atm = 6 atm$$

Vežba 1.15

- Dva odvojena balona sadrže gasove A i B. Gustina gasa A je tri puta veća od gustine gasa B, a molarna masa gasa A je jednaka četvrtini molarne mase gasa B. Ako su gasovi na istoj temperaturi i u idealnom gasnom stanju, odnos pritisaka gasova A i B je:

a) 1

b) 12

c) 13

d) 4

e) 5

f) ne znam

Rešenje

$$P = \rho \frac{RT}{M} \quad \frac{P_A}{P_B} = \frac{\rho_A M_B}{\rho_B M_A} = \frac{3\rho_B M_B}{\rho_B \frac{M_B}{4}} = 12$$

Pitanja

1. Kada se gas zagreva od 25 do 50°C na konstantnom pritisku od 1 bar njegova zapremina
 - a) raste od V do 2V
 - b) raste od V do 1,5V
 - c) raste od V do 1,084V
 - d) raste od V do 1,84V

2. Koja od sledećih zavisnosti će biti prava sa nultim nagibom

a) V od T pri $P = \text{const.}$

b) V/T od T pri $P = \text{const.}$

c) $\log P$ od $\log V$ pri $T = \text{const.}$

d) P od T pri $V = \text{const.}$

3. Na P , $T = \text{const.}$ koji odnos je konstantan

a) V/n

b) n/V

c) N/V

d) sva tri

4. Koji od donjih odnosa daje zavisnost gustine od temperature i pritiska

a) $(\rho_2 / \rho_1) = (P_2 T_1 / P_1 T_2)$

b) $(\rho_2) = (\rho_1 T_1 / T_2)$

c) $(\rho_2 / \rho_1) = (T_2 / T_1)$

d) $(\rho_2) = (\rho_1 P_2 T_2 / P_1 T_1)$

5. Koji sistem od sledećih će imati Avogadrov broj atoma

a) 22,4L CO₂ na 27°C i 1atm

b) 44g CO₂ na 27°C i 1atm

c) 22,4L CO₂ na 273°C i 2atm

d) 11,2L CO₂ na 273K i 2atm

6. Isti gas ispunjava sudove A i B. Pritisak, zapremina i temperatura (u K) gasa u sudu A su tri puta veći nego u sudu B. Ako je masa gasa $m(g)$ u sudu A onda je masa gasa u B

a) $m g$ b) $0,3m g$ c) $0,5m g$ d) $(m/3) g$

7. Koji od sledećih izraza izražava Gej-Lisakov zakon

a) $(dV/dT)_p = k$ b) $(dV/dT)_p = -k$
c) $(dV/dT)_p = -k/T$ d) ni jedno

8. Ako je V_0 zapremina izvesne količine gasa na 273K i 1bar, tada prema Gej-Lisakovom zakonu zapremina na 20°C i 1 bar je

a) $20V_0$

b) $(V_0+20)/273$

c) $V_0+(20/273)$

d) $293V_0/273$

9. Koji od sledećih izraza izražava Bojl- Mariotov zakon

a) $(dP/dV)_T = k/V$

b) $(dP/dV)_T = -k/V^2$

c) $(dP/dV)_T = -k/V$

d) $(dP/dV)_T = k$

Vežba 1.16

■ Vodonik će disosovati u atome na dovoljno visokoj temperaturi. Kolika će biti gustina vodonika na 2000°C ako 33% disosuje u atome a pritisak je 1 bar?

- a) 1 g/cm^3 b) $7,95 \text{ g/L}$ c) $7,95 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
d) $7,95 \text{ kg/m}^2$ e) $1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ f) ne znam

Rešenje

$$\overline{M} = \frac{0,67}{1,33} \cdot 2 + \frac{0,66}{1,33} \cdot 1 = 1,504 \cdot 10^{-3} \text{ kg / mol}$$

$$\rho = \frac{P\overline{M}}{RT} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1,504 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 2273,15} = 7,95 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}^3$$

Vežba 1.17

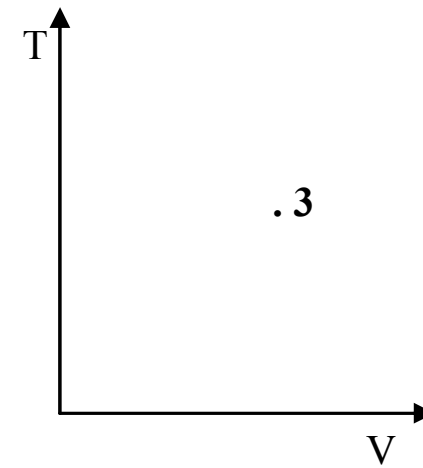
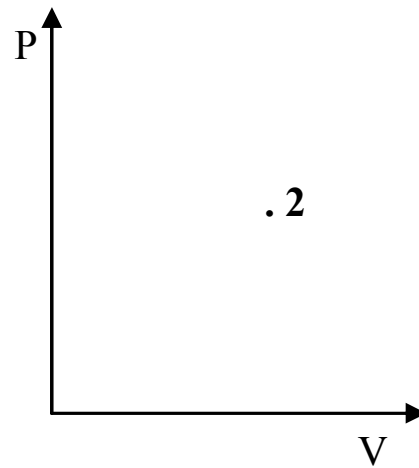
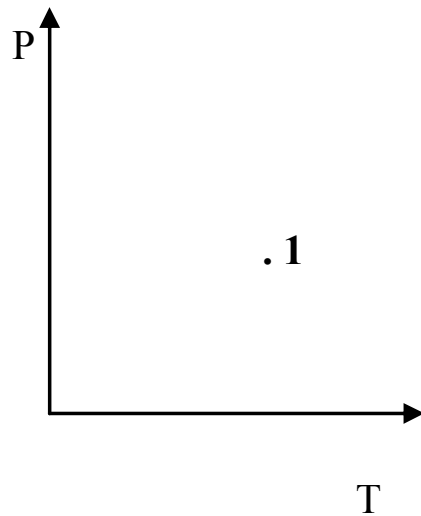
- Sud je podeljen u dva dela. Deo A sadrži gas A na 400K i 5 atm. Deo B sadrži gas B na 400 K i 8 atm. Pregrada između delova je uklonjena. Molska frakcija gasa A u smeši je $x_A = 0,581395$. Krajnja zapremina je 29 l. Odrediti početnu zapreminu delova A i B.

Rešenje:

$$P_A V_A = n_A RT \quad P_B V_B = n_B RT \quad \frac{x_A}{x_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A V_A}{P_B V_B}$$
$$\frac{0,581395}{1 - 0,581395} = \frac{5 \text{ atm} \cdot V_A}{8 \text{ atm} \cdot (29 - V_A)} \quad 322,22 - 11,11 V_A = 5 V_A \quad V_A = 20 \ell \quad V_B = 9 \ell$$

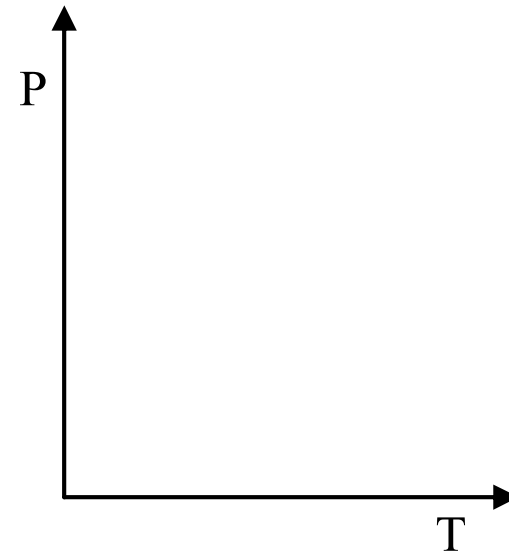
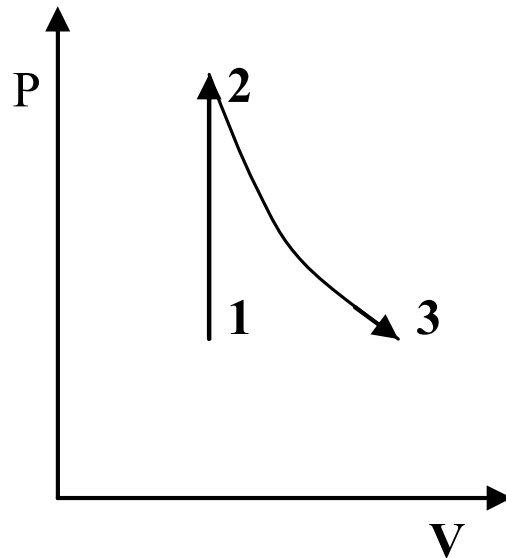
Vežba 1.19

Na datim dijagramima nacrtati izoterme koje prolaze kroz tačke 1, 2 i 3:



Vežba 1.20

Proces $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ prikazan na dijagramu a) prikazati na dijagramu b):



Vežba 1.21

- Sud sadrži jednake mase gasova A, B i C na pritisku od 3,5bar i temperaturi od 25°C. Molarna masa A je polovima molarne mase B a molarna masa C je dva puta veća od molarne mase B. Parcijalni pritisak B u sudu je:
 - A) 1 bar b) 2 bar c) 1,5 bar d) 2,5 bar

Rešenje

$$p_B = x_B P \quad x_B = \frac{n_B}{n} \quad M_A = \frac{M_B}{2} \quad M_C = 2M_B = 4M_A$$

$$n_A = \frac{m}{M_A} \quad n_B = \frac{m}{M_B} \quad n_C = \frac{m}{M_C}$$

$$n = \frac{m}{M_A} + \frac{m}{2M_A} + \frac{m}{4M_A} = \frac{7m}{4M_A} \quad x_B = \frac{\frac{m}{2M_A}}{\frac{7m}{4M_A}} = \frac{2}{7}$$

$$p_B = x_B P = \frac{2}{7} \cdot 3,5 \text{ bar} = 1 \text{ bar}$$

Vežba 1.22

■ Koji od sledećih gasova će imati gustinu 1,8 g/L na 760 mmHg i 27°C:

■ A) O₂

b) CO₂

c) NH₃

d) SO₂

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{1,8 \text{ g/L} \cdot 0,082 \text{ Latm/step.mol} \cdot 300,15 \text{ step}}{1 \text{ atm}} = 44,84 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{1,8 \text{ kg/m}^3 \cdot 8,314 \text{ J/Kmol} \cdot 300 \text{ K}}{101325 \text{ Pa}} = 0,044 \text{ kg/mol} = 44 \text{ g/mol}$$

Vežba 1.23

- Gasna smeša sadrži 320mg metana, 175mg argona i 225mg neona. Parcijalni pritisak neona na 300K je 8,87kPa. a) Izračunati zapreminu i b) ukupni pritisak gasne smeše.

■ A)

$$n_{Ne} = \frac{0,225g}{20,18g/mol} = 1,115 \cdot 10^{-2} mol$$

$$V = \frac{n_{Ne}RT}{p_{Ne}} = \frac{1,115 \cdot 10^{-2} mol \cdot 8,314 J / K mol \cdot 300K}{8,87 \cdot 10^3 Pa} = 3,137 \cdot 10^{-3} m^3$$

■ B)

$$n_{CH_4} = \frac{0,32g}{16,04g/mol} = 1,995 \cdot 10^{-2} mol$$

$$n_{Ar} = \frac{0,175g}{39,95g/mol} = 4,38 \cdot 10^{-3} mol$$

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{3,548 \cdot 10^{-2} \cdot 8,314 \cdot 300}{3,137} = 28,2 kPa$$

Pitanja

Koji zakoni važe za idealno gasno stanje?

Nula idealno gasne skale temperatura iznosi u celzijusovim stepenima:

Pri kojim uslovima se gas približava idealnom gasnom stanju?

Vrednost molarne gasne konstante R u SI sistemu jedinica iznosi:

Šta je Avogardova konstanta i koliko iznosi?

Šta je parcijalni pritisak gasa i u kakvom odnosu je sa ukupnim pritiskom gasne smeše?