

Jednačina stanja idealnog gasa

1. U čeličnoj boci nalazi se 25 l ugljendioksida (idealni gas) na temperaturi 20 °C i pritisku 100 bar. Koliku bi zapreminu zauzela ista količina kiseonika pod pritiskom 1,013 bar i na temperaturi 0 °C (normalni uslovi)?

$$V_1 = 2.297 \text{ m}^3$$

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

$$p_2 = 16,6 \text{ bar}$$

3. U posudi se nalazi 1,2 kg amonijaka pri temperaturi od -15 °C, pritiska 6 bara. Kolika je zapremina i gustina tog gasa?

$$\rho = 4,75 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 0,25 \text{ m}^3$$

4. Odrediti gustinu acetilena na temperaturi od 60 °C i pritisku 15 bar.

$$\rho = 14,09 \text{ kg/m}^3$$

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

$$v = 0,429 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho = 2,33 \text{ kg/m}^3$$

Smeše idealnih gasova

6. Odrediti gasnu konstantu smeše, koja sadrži 0,8 m³ ugljenmonoksida i 1,2 m³ vazduha.

$$R_{sm} = 290,7 \text{ J/kgK}$$

7. Odrediti masene udele komponenata smeše (kiseonika i azota), ako gasna konstanta smeše iznosi $R_{sm}=2050 \text{ J/kgK}$.

$$g_{H_2} = 45,4\%$$

$$g_{N_2} = 54,5\%$$

8. Odrediti temperaturu 1,5 kg gasne smeše zapreminskog sastava $r_{O_2}=0,25$, $r_{CO_2}=0,15$ i $r_{N_2}=0,60$, koja se nalazi u sudu zapremine 4 m³ na pritisku 2 bara.

$$T = 2014,1 \text{ K}$$

9. Suv vazduh sadrži 23,2 % kiseonika i 76,8 % azota u masenim udelima. Odrediti gasnu konstantu smeše, molarnu masu i zapreminske udele.

$$R_{sm} = 288,4 \text{ J/kgK}$$

$$M_{sm} = 28,8 \text{ kg/kmol}$$

$$r_{N_2} = 0,8$$

$$r_{O_2} = 0,2$$

10. U rezervoaru zapremine 10 m^3 se nalazi smeša idealnih gasova na pritisku od $0,16 \text{ MPa}$. Smeša se sastoji od 8 kg azota, 6 kg kiseonika i $7,4 \text{ kg}$ ugljendioksida. Temperatura smeše iznosi $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Odrediti parcijalne pritiske pojedinih komponenata u smeši.

$$p_{\text{O}_2} = 0,043 \text{ bar}$$

$$p_{\text{N}_2} = 0,05 \text{ bar}$$

11. Za smešu koja se sastoji od 20 kg azota i 5 kg ugljendioksida odrediti gasnu konstantu smeše.

$$R_{sm} = 274,55 \text{ J/kgK}$$

Promene stanja idealnog gasa

12. Pri izobarskoj promeni stanja kiseonik (idealni gas) prelazi iz stanja 1 ($p_1 = 8 \text{ bar}$, $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$), u stanje 2 ($t_2 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$). Odrediti veličine stanja u karakterističnim tačkama, prikazati promenu stanja u p-v dijagramu i izračunati razmenjenu količinu toplote.

$$v_1 = 0,09685 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = 0,154 \text{ m}^3/\text{kg}$$

13. Pri izohorskoj promeni stanja azot (idealni gas) iz stanja 1 ($p_1 = 1,2 \text{ bar}$, $v_1 = 0,4 \text{ m}^3/\text{kg}$) u stanje 2 ($p_2 = 5 \text{ bar}$). Odrediti veličine stanja u karakterističnim tačkama, prikazati promenu stanja u p-v dijagramu i izračunati razmenjenu količinu toplote

$$T_1 = 161,62 \text{ K}$$

$$T_2 = 673,4 \text{ K}$$

$$q_{12} = 378,72 \text{ kJ/kg}$$

14. U jednom cilindru zapremine 10 l nalazi se vazduh pritiska 10 bara i temperature $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Kolika je krajnja zapremina, krajnja temperatura, rad i odvedena toplota pri ekspanziji do 1 bara po izentropskom procesu? Predstaviti proces u p-V dijagramu

$$V_2 = 0,0518 \text{ m}^3$$

$$T_2 = 154,2 \text{ K}$$

$$\Delta U = 12,1 \text{ kJ}$$

15. U jednom cilindru zapremine 20 l nalazi se kiseonik pritiska 8 bara i temperature $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Kolika je krajnja zapremina, krajnja temperatura, rad i odvedena toplota pri ekspanziji do 1 bara po izentropskom procesu? Predstaviti proces u p-V dijagramu

$$V_2 = 0,088 \text{ m}^3$$

$$T_2 = 164 \text{ K}$$

$$Q_{12} = 0$$

$$W_{12} = -18 \text{ kJ}$$

16. Dva kilograma kiseonika (idealni gas) početnog stanja ($p=1$ bar, $t=100^\circ\text{C}$) menja stanje izentropski ($k=1,4$) dok mu se zapremina ne smanji dva puta. Odrediti veličine stanja u karakterističnim tačkama, prikazati promenu stanja u p - v dijagramu. Izračunati razmenjenu količinu toplote

$$\begin{aligned}V_1 &= 1,94 \text{ m}^3 \\p_2 &= 2,64 \text{ bar} \\T_2 &= 492,18 \text{ K}\end{aligned}$$

I princip termodinamike

17. Tokom politropske ekspanzije $m = 3$ kg idealnog gasa, temperatura gasa opadne sa $T_1 = 550$ K na $T_2 = 300$ K i izvrši se zapreminski rad 120 kJ, tom prilikom, idealnom gasu se dovodi 20 kJ toplote. Odrediti specifični toplotni kapacitet c_v datog gasa.

$$c_v = 0,133 \text{ kJ/kgK}$$

18. Količini ugljendioksida od 5 kg dovodi se 350 kJ toplote, pri čemu se temperatura ugljendioksida poveća od 300 K na 350 K. Koliki se apsolutni rad pri tome odvodi?

$$W_{12} = 185 \text{ kJ}$$

19. Količini od 0,8 m³ vazduha pri pritisku od 4 bar i temperaturi od 30 °C pri konstantnom pritisku dovodi se toplota tako da zapremina poraste na 1,5 m³. Kolika se temperatura postiže i koliku količinu toplote treba dovesti?

$$\begin{aligned}T_2 &= 568 \text{ K} \\Q_{12} &= 975,5 \text{ kJ}\end{aligned}$$

20. Vazduh mase 2,33 kg i zapremine 1 m³ i temperature 15 °C širi se izobarski do zapremine 1,5 m³. Odrediti temperaturu vazduha nakon širenja, promenu unutrašnje energije i izvršen rad ako je dovedena količina toplote od 335 kJ.

$$\begin{aligned}T_2 &= 432 \text{ K} \\ \Delta U &= 238,7 \text{ kJ} \\ W_{12} &= 96,3 \text{ kJ}\end{aligned}$$

21. Nekom gasu se u jednom cilindru pri konstantnom pritisku dovodi toplota tako da se zapremina gasa utrostruči. Na koju temperaturu treba gas zagrejati i koju količinu toplote po jedinici mase treba dovesti ako je početna temperatura 293 K? Specifična toplota pri konstantnom pritisku gasa je 0,9148 kJ/kgK.

$$\begin{aligned}T_2 &= 879 \text{ K} \\ q_{12} &= 536 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Kružni ciklusi

1. Za Otto-ov kružni proces odrediti veličine stanja u karakterističkim tačkama, dovedenu i odvedenu količinu toplote, koristan rad i termodinamički stepen korisnosti ako je: $p_1=1$ bar, $t_1=100^\circ\text{C}$, $\epsilon=6$, $p_3/p_2=1,6$. Predstaviti ciklus u p - V dijagramu.

Tačka	p [bar]	v [m ³ /kg]	T [K]
1	1	1,07	373
2	12,33	0,178	765
3	19,73	0,178	1224
4	1,6	1,07	598

$$\eta=0,51$$

$$w=168,5 \text{ kJ/kg}$$

2. Za Deisel-ov kružni proces odrediti veličine stanja u karakterističnim tačkama, dovedenu i odvedenu količinu toplote, koristan rad i termodinamički stepen korisnosti ako je: $p_1=1 \text{ bar}$, $t_1=20^\circ\text{C}$, $\varepsilon=12,7$, $v_3/v_2=2$. Radna materija je vazduh (idealni gas). Predstaviti ciklus u p-V dijagramu.

Tačka	p [bar]	v [m ³ /kg]	T [K]
1	1	0,841	293
2	35,1	0,066	807,2
3	35,1	0,132	1614
4	2,63	0,841	772

$$\eta=0,573$$

$$w=461,9 \text{ kJ/kg}$$

3. Karnoov kružni ciklus odvija se na sledeći način: vazduh zapremine $1,45 \text{ m}^3$, pritiska 1 bar i temperature 21°C , komprimuje se izotermски do pritiska od 4 bara , a zatim izentropski (eksponent izentrope iznosi 1.4) do pritiska od 35 bara . Predstaviti ciklus u p-V dijagramu, odrediti veličine stanja u karakterističnim tačkama i termodinamički stepen korisnosti.

Tačka	p [bar]	V [m ³]	T [K]
1	1	1,45	294
2	4	0,3625	294
3	35	0,077	546,5
4	8,75	0,308	546,5

$$\eta=0,462$$

4. U motoru sa unutrašnjim sagorevanjem, vazduh ostvaruje teorijski Sabateov ciklus sa stepenom kompresije 10 pri čemu se pri izobarskom i izohorskom zagrevanju dovodi ista količina toplote. Na početku kompresije je pritisak 1 bar i temperature 60°C , a maksimalni

pritisak u ciklusu iznosi 31 bar. Odrediti veličine stanja u karakterističkim tačkama, koristan rad i termodinamički stepen korisnosti.

Tačka	p [bar]	v [m ³ /kg]	T [K]
1	1	0,956	333
2	25,11	0,096	840
3	31	0,096	1037
4	31	0,121	1311
5	1,72	0,956	572

$\eta=0,563$
 $w=222 \text{ kJ/kg}$

IDEALNI GAS

$$p \cdot v = R \cdot T \quad \text{- za 1 kg}$$

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \quad \text{- za n kg}$$

$$v = \frac{V}{m}; R = \frac{R_u}{M_s}$$

$$P \cdot V = k \cdot R_u \cdot T$$

$$k = \frac{m}{M};$$

$$V'_{\text{mol}} = V \cdot M$$

$$P \cdot V'_{\text{mol}} = R_u \cdot T$$

$$p - \text{pritisak (1bar)} = 10^5 \text{N/m}^2 = 10^5 \text{J/m}^2$$

T – temperatura (K)

v – specifična zapremina (m³/kg)

V – zapremina (m³)

R - gasna konst. vezana za radno telo (J/kgK)

R_u – 8315 (kJ/kmolK) – univerzalna gasna konst.

M – molska masa (kg/Kmol)

K – broj kilomolova (Kmol)

SMEŠE IDEALNIH GASOVA

$$g_k = \frac{m_k}{m_{\text{sm}}}; \sum g_k = 1; m_{\text{sm}} = \sum m_k; g_k = r_k \frac{M_k}{M_{\text{sm}}} = r_k \frac{R_{\text{sm}}}{R_k} = \frac{r_k \cdot M_k}{\sum r_k \cdot M_k}; \text{g-relativni maseni udeo}$$

$$r_k = \frac{V_k}{V_s}; \sum r_k = 1; r_k = \frac{g_k / M_k}{\sum (g_k / M_k)} = g_k \frac{M_{\text{sm}}}{M_k} = g_k \frac{R_k}{R_{\text{sm}}}; V_{\text{sm}} = \sum V_k; \text{r - relat. zapreminski udeo}$$

$$x_k = \frac{K_k}{K_{\text{sm}}}; \sum x_k = 1; x_k \equiv r_k; K_{\text{sm}} = \sum K_k; K_k = \frac{m_k}{M_k} \quad \text{x - relativni molski udeo}$$

$$M_{\text{sm}} = \frac{1}{\sum g_k / M_k}; M_{\text{sm}} = \sum r_k \cdot M_k; M_{\text{sm}} = \sum x_k \cdot M_k \quad \text{M-molska masa (kg/Kmol)}$$

$$R_{\text{sm}} = \frac{R_u}{M_{\text{sm}}} = \sum g_k \cdot R_k; R_{\text{sm}} = \frac{1}{\sum r_k / R_k}; R_k = \frac{R_u}{M_k} \quad \text{R-gasna konstanta; } R_u = 8,315 [\text{kJ/kmolK}]; \text{N=14; C=12; O=16; H=1}$$

PRVI PRINCIP TERMODINAMIKE

	Politropa	Izobara	Izoterma	Izohora	Izentropa (idealna adijabata)
Količina toplote (kJ/kg)	$q_{1,2} = c_v \frac{n-\chi}{n-1} (T_2 - T_1)$	$q_{1,2} = c_p (T_2 - T_1)$	$W'_{1,2} = R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$	$q_{1,2} = c_v (T_2 - T_1)$	$q_{1,2} = 0$
Specifični zapreminski rad (kJ/kg)	$W'_{1,2} = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2)$	$W'_{1,2} = p(v_2 - v_1)$	$W'_{1,2} = R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = R \cdot T \cdot \frac{p_1}{p_2}$	$W'_{1,2} = 0$	$W'_{1,2} = \frac{R}{\chi-1} (T_1 - T_2)$