Zadatak 521 (Iva, medicinska škola)

U zatvorenoj posudi, volumena 10 litara, nalazi se 0.5 mola vodika. Koliki će biti izvršeni rad ako plin zagrijemo od 0 ºC do 100 ºC?

$$A.\ 0\ J \qquad B.\ 415.7\ J \qquad C.\ 506.5\ J \qquad D.\ 50650\ J$$

Rješenje 521

V == 10 L stalan volumen, n = 0.5 mola, t_1 = 0 ºC, t_2 = 100 ºC, W = ?

Kad plinu dovodimo toplinu uz stalan tlak (izobarna promjena), plin se rasteže i obavlja rad koji je jednak

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; W = p \cdot \left(V_2 - V_1\right).$$

$$W = p \cdot \Delta V \;\Rightarrow\; \begin{bmatrix} V \text{ je stalan} \\ \Delta V = 0 \end{bmatrix} \;\Rightarrow\; W = p \cdot 0 \;\Rightarrow\; W = 0\ J.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 521

U zatvorenoj posudi, volumena 20 litara, nalazi se 0.3 mola vodika. Koliki će biti izvršeni rad ako plin zagrijemo od 0 ºC do 100 ºC?

$$A.\ 0\ J \qquad B.\ 415.7\ J \qquad C.\ 506.5\ J \qquad D.\ 50650\ J$$

Rezultat: A.

Zadatak 522 (Klara, srednja škola)

Djelomično napuhan balon sadrži 500 m^3 helija na temperaturi 27 ºC i tlaku 10^5 Pa. Nađite volumen balona na visini 6000 m, gdje je tlak $0.5 \cdot 10^5$ Pa, a temperatura – 3 ºC.

$$A.\ 500\ m^3 \qquad B.\ 900\ m^3 \qquad C.\ 800\ m^3 \qquad D.\ 700\ m^3$$

Rješenje 522

$V_1 = 500\ m^3$, t_1 = 27 °C => $T_1 = 273 + t_1 = (273 + 27)$ K = 300 K, $p_1 = 10^5$ Pa, h = 6000 m, $p_2 = 0.5 \cdot 10^5$ Pa $= 5 \cdot 10^4$ Pa, t_2 = – 3 °C => $T_2 = 273 + t_2 = (273 – 3)$ K = = 270 K, V_2 = ?

Općenitu ovisnost između tri parametra idealnog plina – obujma, tlaka i temperature – možemo izraziti zakonom koji sadrži sva tri plinska zakona:

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

što vrijedi za određenu masu plina.

Jednadžba stanja plina, ako je zadana masa plina m i molna masa M, glasi:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T,$$

gdje je p tlak, V obujam plina, R plinska konstanta, T termodinamička temperatura plina.

1.inačica

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

$$= \frac{10^5\ Pa \cdot 500\ m^3 \cdot 270\ K}{300\ K \cdot 5 \cdot 10^4\ Pa} = 900\ m^3.$$

Odgovor je pod B.

2.inačica

$$\left.\begin{array}{l} p_1 \cdot V_1 = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_1 \\ p_2 \cdot V_2 = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T_2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array}\right] \Rightarrow \frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \frac{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T_2}{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T_1} \Rightarrow \frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \frac{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T_2}{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T_1} \Rightarrow$$

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

$$= \frac{270 \ K \cdot 10^5 \ Pa \cdot 500 \ m^3}{300 \ K \cdot 5 \cdot 10^4 \ Pa} = 900 \ m^3.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 522

Djelomično napuhan balon sadrži 500 m^3 helija na temperaturi 27 ºC i tlaku 100 kPa. Nađite volumen balona na visini 4000 m, gdje je tlak $0.5 \cdot 10^5$ Pa, a temperatura – 3 ºC.

$A. \ 500 \ m^3 \qquad B. \ 900 \ m^3 \qquad C. \ 800 \ m^3 \qquad D. \ 700 \ m^3$

Rezultat: B.

Zadatak 523 (Željka , medicinska škola)

U metalnome spremniku s pomičnim klipom nalazi se 1 L idealnoga plina pod tlakom $2 \cdot 10^5$ Pa. Za koliko se promijeni unutarnja energija idealnoga plina ako se pri stalnome tlaku volumen plina smanji na 0.6 L?

Rješenje 523

$V_1 = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $p = 2 \cdot 10^5$ Pa, $V_2 = 0.6 \text{ L} = 0.6 \text{ dm}^3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$, $\Delta U = ?$

Za jednoatomne plinove možemo za unutarnju energiju napisati jednadžbu

$$U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot V,$$

gdje je p tlak, V obujam plina.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot V_2 - \frac{3}{2} \cdot p \cdot V_1 \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \left(V_2 - V_1\right) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^5 \ Pa \cdot \left(6 \cdot 10^{-4} \ m^3 - 1 \cdot 10^{-3} \ m^3\right) = -120 \ J.$$

Vježba 523

U metalnome spremniku s pomičnim klipom nalazi se 1.1 L idealnoga plina pod tlakom $2 \cdot 10^5$ Pa. Za koliko se promijeni unutarnja energija idealnoga plina ako se pri stalnome tlaku volumen plina smanji na 0.7 L?

Rezultat: – 120 J.

Zadatak 524 (Dea , tehnička škola)

Pri temperaturi 0 ºC na metalnom štapu su urezane dvije tanke crte. Razmak između crta iznosio je 100.00 cm. Kada se štap zagrije do 100 ºC, razmak između crta iznosi 100.18 cm. Koliki je koeficijent linearnog rastezanja metala od kojeg je štap napravljen?

Rješenje 524

$l_0 = 100.00$ cm, $t = 100$ ºC, $l_t = 100.18$ cm, $\beta = ?$

Kad štapu nekog čvrstog tijela, koji prema dogovoru pri 0 °C ima duljinu l_0, povisimo temperaturu za t (od 0 °C do t), on će se produljiti za:

$$\Delta l = \beta \cdot l_\circ \cdot t,$$

gdje je β koeficijent linearnog rastezanja koji se definira izrazom:

$$\beta = \frac{l_t - l_\circ}{l_\circ \cdot t}.$$

Iz izraza za β slijedi da će nakon zagrijavanja duljina štapa biti jednaka:

$$l_t = l_\circ \cdot (1 + \beta \cdot t).$$

Taj izraz vrijedi i za kubično rastezanje tekućine, kao i za šuplja čvrsta tijela.
Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T\ (K) = \Delta t\ \left({}^\circ C\right).$$

$$\beta = \frac{l_t - l_\circ}{l_\circ \cdot t} = \frac{100.18\ cm - 100.00\ cm}{100.00\ cm \cdot 100\ {}^\circ C} = 1.8 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{{}^\circ C} = 1.8 \cdot 10^{-5}\ \frac{1}{K}.$$

Vježba 524

Pri temperaturi 0 ºC na metalnom štapu su urezane dvije tanke crte. Razmak između crta iznosio je 200.00 cm. Kada se štap zagrije do 100 ºC, razmak između crta iznosi 200.38 cm. Koliki je koeficijent linearnog rastezanja metala od kojeg je štap napravljen?

Rezultat: $1.8 \cdot 10^{-5}\ K^{-1}$.

Zadatak 525 (Ivana, medicinska škola)

Koliko atoma sadrži 1 g željeza? (molna masa željeza M = 55.847 g / mol, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$)

Rješenje 525

$m = 1\ g = 10^{-3}\ kg$, $M = 55.847\ g / mol = 55.847 \cdot 10^{-3}\ kg / mol$, $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$, $n = ?$

Broj atoma i molekula u makroskopskim tijelima vrlo je velik i obično se ne izražava brojnošću, već veličinom množina, tj. količina tvari (znak: n). Jedinica za količinu tvari je mol (znak: mol). Mol je osnovna jedinica.
Jedan mol bilo koje tvari sadrži jednak broj jedinki (molekula, atoma i sl.) i to $6.022 \cdot 10^{23}$, što je brojčana vrijednost Avogadrove konstante $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.
Relativna molekularna masa M_r neke molekule jest broj koji govori koliko je puta masa molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg.$$

Molna masa M jest

$$M = \frac{m}{n},$$

gdje je m masa tvari, n množina ili količina tvari.
Ako je n broj čestica u masi m tvari tada je

$$n : N_A = m : M.$$

Ako su a i b brojevi, kažemo da je količnik a : b, b ≠ 0 omjer brojeva a i b.
Razmjer ili proporcija je jednakost dvaju jednakih omjera. Ako je

$$a : b = k \quad i \quad c : d = k,$$

tada je razmjer ili proporcija

$$a : b = c : d.$$

Umnožak vanjskih članova razmjera a i d jednak je umnošku unutarnjih članova razmjera b i c.

$$a : b = c : d \Rightarrow a \cdot d = b \cdot c.$$

$$n : N_A = m : M \Rightarrow n \cdot M = m \cdot N_A \Rightarrow n \cdot M = m \cdot N_A \;/ \cdot \frac{1}{M} \Rightarrow n = \frac{m \cdot N_A}{M} =$$

$$= \frac{10^{-3}\ kg \cdot 6.022 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{mol}}{55.847 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}} = 1.08 \cdot 10^{22} \text{ atoma}.$$

Vježba 525

Koliko atoma sadrži 10 g željeza? (relativna molekularna masa željeza M = 55.847 g / mol, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})

Rezultat: $1.08 \cdot 10^{23}$ atoma.

Zadatak 526 (Ivana, medicinska škola)

Koliko atoma sadrži 1 cm^3 žive? (molna masa žive M = 200.59 g / mol, gustoća žive ρ = 13.6 g / cm^3, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})

Rješenje 526

$V = 1\ cm^3 = 10^{-6}\ m^3$, $M = 200.59\ g / mol = 200.50 \cdot 10^{-3}\ kg / mol$, $\rho = 13.6\ g / cm^3 = 13600\ kg / m^3$, $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$, n = ?

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V.$$

Broj atoma i molekula u makroskopskim tijelima vrlo je velik i obično se ne izražava brojnošću, već veličinom množina, tj. količina tvari (znak: n). Jedinica za količinu tvari je mol (znak: mol). Mol je osnovna jedinica.
Jedan mol bilo koje tvari sadrži jednak broj jedinki (molekula, atoma i sl.) i to $6.022 \cdot 10^{23}$, što je brojčana vrijednost Avogadrove konstante $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.
Relativna molekularna masa M_r neke molekule jest broj koji govori koliko je puta masa molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg.$$

Molna masa M jest

$$M = \frac{m}{n},$$

gdje je m masa tvari, n množina ili količina tvari.
Ako je n broj čestica u masi m tvari tada je

$$n : N_A = m : M.$$

Ako su a i b brojevi, kažemo da je količnik a : b, b ≠ 0 omjer brojeva a i b.
Razmjer ili proporcija je jednakost dvaju jednakih omjera. Ako je

$$a : b = k \quad i \quad c : d = k,$$

tada je razmjer ili proporcija

$$a : b = c : d.$$

Umnožak vanjskih članova razmjera a i d jednak je umnošku unutarnjih članova razmjera b i c.

$$a : b = c : d \Rightarrow a \cdot d = b \cdot c.$$

$$n : N_A = m : M \Rightarrow n \cdot M = m \cdot N_A \Rightarrow [\, m = \rho \cdot V \,] \Rightarrow n \cdot M = \rho \cdot V \cdot N_A \;/ \cdot \frac{1}{M} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{M} = \frac{13600 \frac{kg}{m^3} \cdot 10^{-6}\ m^3 \cdot 6.022 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{mol}}{200.59 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}} = 4.08 \cdot 10^{22} \text{ atoma}.$$

Vježba 526

Koliko atoma sadrži 10 cm^3 žive? (molna masa žive M = 200.59 g / mol, gustoća žive ρ = 13.6 g / cm^3, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})

Rezultat: $4.08 \cdot 10^{23}$ atoma.

Zadatak 527 (Ivana, medicinska škola)

Kolika je masa 10^{10} atoma srebra? (molna masa srebra M = 107.87 g / mol, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})

Rješenje 527

$n = 10^{10}$, $M = 107.87$ g / mol = $107.87 \cdot 10^{-3}$ kg / mol, $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}, m = ?

Broj atoma i molekula u makroskopskim tijelima vrlo je velik i obično se ne izražava brojnošću, već veličinom množina, tj. količina tvari (znak: n). Jedinica za količinu tvari je mol (znak: mol). Mol je osnovna jedinica.
Jedan mol bilo koje tvari sadrži jednak broj jedinki (molekula, atoma i sl.) i to $6.022 \cdot 10^{23}$, što je brojčana vrijednost Avogadrove konstante $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.
Relativna molekularna masa M_r neke molekule jest broj koji govori koliko je puta masa molekule veća od $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ${}^{12}_{6}C$. Masa $\frac{1}{12}$ mase atoma izotopa ugljika ${}^{12}_{6}C$ jest atomska jedinica mase (znak: u). Izražena u kilogramima ta masa iznosi

$$u = 1.66 \cdot 10^{-27}\ kg.$$

Molna masa M jest

$$M = \frac{m}{n},$$

gdje je m masa tvari, n množina ili količina tvari.
Ako je n broj čestica u masi m tvari tada je

$$n : N_A = m : M.$$

Ako su a i b brojevi, kažemo da je količnik a : b, b ≠ 0 omjer brojeva a i b.
Razmjer ili proporcija je jednakost dvaju jednakih omjera. Ako je

$$a : b = k \quad i \quad c : d = k,$$

tada je razmjer ili proporcija

$$a : b = c : d.$$

Umnožak vanjskih članova razmjera a i d jednak je umnošku unutarnjih članova razmjera b i c.

$$a : b = c : d \Rightarrow a \cdot d = b \cdot c.$$

$$n : N_A = m : M \Rightarrow m \cdot N_A = n \cdot M \Rightarrow m \cdot N_A = n \cdot M \; / \cdot \frac{1}{N_A} \Rightarrow m = \frac{n \cdot M}{N_A} =$$

$$= \frac{10^{10} \cdot 107.87 \cdot 10^{-3} \, \frac{kg}{mol}}{6.022 \cdot 10^{23} \, \frac{1}{mol}} = 1.79 \cdot 10^{-15} \; kg = 1.79 \cdot 10^{-12} \; g.$$

Vježba 527

Kolika je masa 10^{11} atoma srebra? (molna masa srebra M = 107.87 g / mol, Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1})

Rezultat: $1.79 \cdot 10^{-14}$ kg.

Zadatak 528 (Asterix, gimnazija)

Komad bakra mase 0.5 kg bačen je u 1 litru vode temperature 15 ºC. Nakon uspostavljanja toplinske ravnoteže temperatura vode iznosi 18 ºC. Specifični toplinski kapacitet bakra iznosi 400 J / (kg · K), a vode 4200 J / (kg · K). Odredite početnu temperaturu bakra.

Rješenje 528

$m_1 = 0.5$ kg, V = 1 L => $m_2 = 1$ kg, $t_2 = 15$ ºC, t = 18 ºC, $c_1 = 400$ J / (kg · K), $c_2 = 4200$ J / (kg · K), $t_1 = ?$

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T \; (K) = \Delta t \; \left({}^\circ C \right).$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplina koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1 \right),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature.

Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.

Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Richmannovo pravilo**:** pravilo iz kojega se određuje temperatura smjese dviju ili više tvari različitih masa, temperatura i specifičnih toplinskih kapaciteta.

Kad su u međusobnom dodiru dva tijela različitih temperatura, onda je, prema zakonu o očuvanju energije, povećanje unutrašnje energije tijela koje se grije jednako smanjenju unutrašnje energije tijela koje se hladi, tj.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1 \right) = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t_2 - t \right),$$

gdje je t konačna temperatura, tj. temperatura pri kojoj oba tijela postižu toplinsku ravnotežu.

Toplina koju je primila voda jednaka je toplini koju je predao bakar.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t_1 - t \right) = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 - m_1 \cdot c_1 \cdot t = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) + m_1 \cdot c_1 \cdot t \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) + m_1 \cdot c_1 \cdot t \; / \cdot \frac{1}{m_1 \cdot c_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) + m_1 \cdot c_1 \cdot t}{m_1 \cdot c_1} =$$

$$\frac{1\ kg\cdot 4200\ \frac{J}{kg\cdot K}\cdot(18-15)\ K+0.5\ kg\cdot 400\ \frac{J}{kg\cdot {}^{\circ}C}\cdot 18\ {}^{\circ}C}{0.5\ kg\cdot 400\ \frac{J}{kg\cdot K}}=81\ {}^{\circ}C.$$

Vježba 528

Komad bakra mase 500 g bačen je u 10 dl vode temperature 15 ºC. Nakon uspostavljanja toplinske ravnoteže temperatura vode iznosi 18 ºC. Specifični toplinski kapacitet bakra iznosi 400 J / (kg · K), a vode 4200 J / (kg · K). Odredite početnu temperaturu bakra.

Rezultat: 81 ºC.

Zadatak 529 (Ivana, medicinska škola)

Gustoća od 3 g / cm^3 jednaka je kao gustoća iskazana sa:

$$A.\ 0.003\ \frac{kg}{m^3}\qquad B.\ 3\ \frac{kg}{m^3}\qquad C.\ 3000\ \frac{kg}{m^3}\qquad D.\ 30\ \frac{kg}{m^3}$$

Rješenje 529

ρ = 3 g / cm^3

$$1000=10^3\quad,\quad 1\ kg=10^3\ g\quad,\quad 1\ g=10^{-3}\ kg\quad,\quad 1\ m=10^2\ cm.$$

$$1\ m^3=10^6\ cm^3\quad,\quad 1\ cm^3=10^{-6}\ m^3.$$

$$3\ \frac{g}{cm^3}=3\ \frac{10^{-3}\ kg}{10^{-6}\ m^3}=\left[a^{-n}=\frac{1}{a^n}\ ,\ \frac{1}{a^{-n}}=a^n\right]=3\cdot 10^{-3}\cdot 10^{6}\ \frac{kg}{m^3}=$$

$$=\left[a^n\cdot a^m=a^{n+m}\right]=3\cdot 10^{-3+6}\ \frac{kg}{m^3}=3\cdot 10^3\ \frac{kg}{m^3}=3000\ \frac{kg}{m^3}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 529

Gustoća od 0.03 g / cm^3 jednaka je kao gustoća iskazana sa:

$$A.\ 0.003\ \frac{kg}{m^3}\qquad B.\ 3\ \frac{kg}{m^3}\qquad C.\ 3000\ \frac{kg}{m^3}\qquad D.\ 30\ \frac{kg}{m^3}$$

Rezultat: D.

Zadatak 530 (Igor, gimnazija)

Kolika je kinetička energija translatornoga gibanja ($N\cdot\overline{E_k}$) molekula amonijaka (NH_3) mase 10 g pri 20 ºC? (molna masa amonijaka M = 17.031 g / mol, plinska konstanta R = 8.314 J / (K · mol))

Rješenje 530

m = 10 g = 0.01 kg, t = 20 ºC => T = 273.15 + t = (273.15 + 20) K = 293.15 K,
M = 17.031 g / mol = 1.7031 · 10^{-2} kg / mol, R = 8.314 J / (K · mol), $N\cdot\overline{E_k}=?$

Kinetička teorija plina pretpostavlja da su molekule materijalne točke bez međusobnih privlačnih i odbojnih sila. Tlak plina proporcionalan je srednjoj vrijednosti kinetičke energije $\overline{E_k}$ molekula

$$p=\frac{2}{3}\cdot\frac{N}{V}\cdot\overline{E_k},$$

gdje je N broj molekula u volumenu V.
Jedan od oblika jednadžbe stanja plina glasi:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T,$$

gdje je p tlak plina, V obujam plina, m masa plina, M molna masa, R plinska konstanta, T termodinamička temperatura plina.

$$\left.\begin{array}{l} p = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \overline{E_k} \\ p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \end{array}\right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{metoda} \\ \text{zamjene} \end{array}\right] \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \overline{E_k} \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \overline{E_k} \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot N \cdot \overline{E_k} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot N \cdot \overline{E_k} = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \;/\cdot \frac{3}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N \cdot \overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} \cdot \frac{0.01\ kg}{1.7031 \cdot 10^{-2}\ \frac{kg}{m^3}} \cdot 8.314\ \frac{J}{K \cdot mol} \cdot 293.15\ K = 2146.60\ J.$$

Vježba 530

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 531 (Kristina, medicinska škola)

Koliki obujam, izražen u litrama, ima spremnik u koji stane 2 t maslinova ulja? Gustoća maslinova ulja je 920 kg / m^3.

Rješenje 531

m = 2 t = 2000 kg, ρ = 920 kg / m^3, V = ?

$$1\ t = 1000\ kg \quad , \quad 1\ m^3 = 1000\ dm^3 \quad , \quad 1\ dm^3 = 1\ L.$$

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \;/\cdot \frac{V}{\rho} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{2\,000\ kg}{920\ \frac{kg}{m^3}} = 2.174\ m^3 = 2174\ dm^3 = 2174\ L.$$

Vježba 531

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 532 (Maturantica, gimnazija)

Nacrtaj grafički prikaz izotermne, izobarne i izohorne promjene stanja plina u koordinatnim sustavima p – V, p – T, V – T.

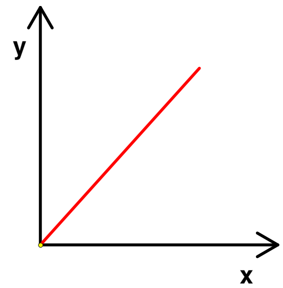
Rješenje 532

p – V, p – T, V – T

Kažemo da su veličine x i y upravno razmjerne (upravno proporcionalne) s koeficijentom upravne razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$\frac{y}{x} = k \quad , \quad y = k \cdot x.$$

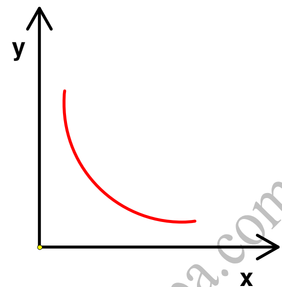
Dvije veličine su upravno razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva porast (pad) druge veličine.
Količnik upravno razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf upravno razmjernih veličina je **pravac kroz ishodište**.



Kažemo da su veličine x i y obrnuto razmjerne (obrnuto proporcionalne) s koeficijentom obrnute razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$x \cdot y = k \quad , \quad y = \frac{k}{x}.$$

Dvije veličine su obrnuto razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva pad (porast) druge veličine.
Umnožak obrnuto razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf obrnuto razmjernih veličina je **istostrana hiperbola**.



Općenitu ovisnost između tri parametra idealnog plina – obujma, tlaka i temperature – možemo izraziti zakonom koji sadrži sva tri plinska zakona:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad , \quad \frac{p \cdot V}{T} = konst.$$

što vrijedi za određenu masu plina.
Zapamtimo!
IZOTERMA– krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s volumenom uz stalnu temperaturu (izoterma – temperatura se ne mijenja)
IZOBARA – krivulja koja prikazuje promjenu volumena s temperaturom uz stalan tlak (izobara – tlak se ne mijenja)
IZOHORA – krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s temperaturom uz stalan volumen (izohora – volumen se ne mijenja)
Krenimo na posao!

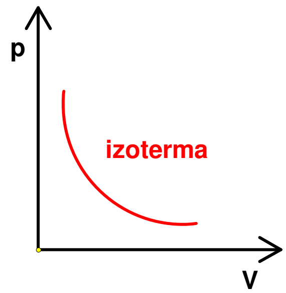
p – V dijagram

U p – V dijagramu prikazujemo izotermne, izobarne i izohorne promjene stanja plina.

- izotermna promjena => T = konst.

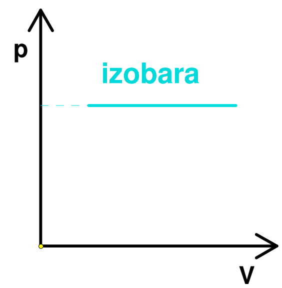
$$\frac{p \cdot V}{T} = k \;\Rightarrow\; \frac{p \cdot V}{T} = k \;/\cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = k \cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = konst. \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; p \text{ i } V \text{ su obrnuto razmjerne veličine} \;\Rightarrow\; \text{graf je istostrana hiperbola}$$



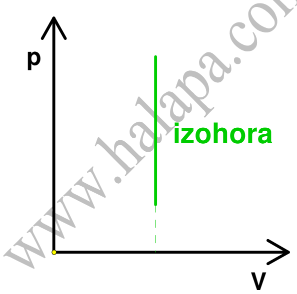
- izobarna promjena => p = konst.

Veličina p se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (p os).



- izohorna promjena => V = konst.

Veličina V se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (V os).

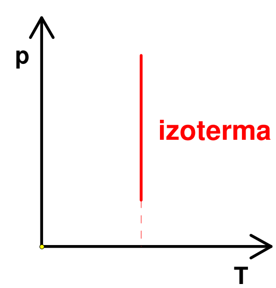


p – T dijagram

U p – T dijagramu prikazujemo izotermne, izobarne i izohorne promjene stanja plina.

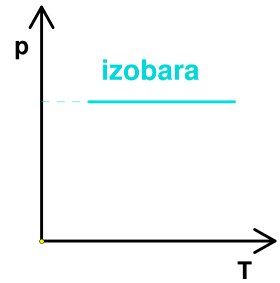
- izotermna promjena => T = konst.

Veličina T se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (T os).



- izobarna promjena => p = konst.

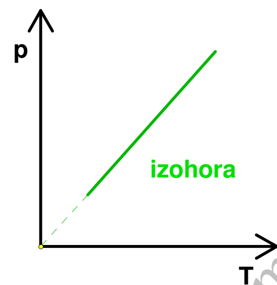
Veličina p se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (p os).



- izohorna promjena => V = konst.

$$\frac{p \cdot V}{T} = k \;\Rightarrow\; \frac{p \cdot V}{T} = k \; / \cdot \frac{1}{V} \;\Rightarrow\; \frac{p}{T} = \frac{k}{V} \;\Rightarrow\; \frac{p}{T} = konst. \;\Rightarrow$$

$\Rightarrow$ p i T su upravno razmjerne veličine $\Rightarrow$ graf je pravac

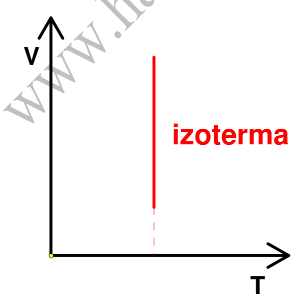


V – T dijagram

U V – T dijagramu prikazujemo izotermne, izobarne i izohorne promjene stanja plina.

- izotermna promjena => T = konst.

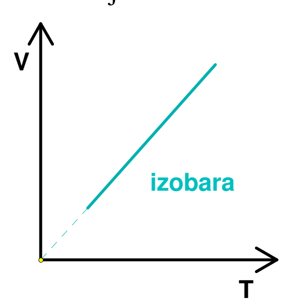
Veličina T se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (T os).



- izobarna promjena => p = konst.

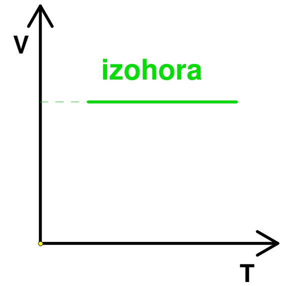
$$\frac{p \cdot V}{T} = k \;\Rightarrow\; \frac{p \cdot V}{T} = k \; / \cdot \frac{1}{p} \;\Rightarrow\; \frac{V}{T} = \frac{k}{p} \;\Rightarrow\; \frac{V}{T} = konst. \;\Rightarrow$$

$\Rightarrow$ V i T su upravno razmjerne veličine $\Rightarrow$ graf je pravac



- izohorna promjena => V = konst.

Veličina V se ne mijenja pa ona u dijagramu izgleda kao crta okomita na svoju os (V os).



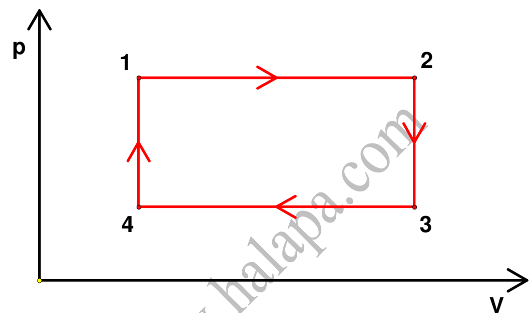
Vježba 532

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 533 (Maturantica, gimnazija)

Na slici prikazan je grafikon promjene stanja idealnog plina u koordinatnom sustavu p – V. Prikaži taj kružni proces u koordinatnom sustavu p – T. (Zadatak je iz žute zbirke. Molim Vas cijeli postupak. Hvala!)



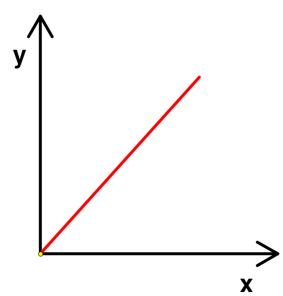
Rješenje 533

p – V, p – T, cijeli postupak

Kažemo da su veličine x i y upravno razmjerne (upravno proporcionalne) s koeficijentom upravne razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$\frac{y}{x} = k \quad , \quad y = k \cdot x.$$

Dvije veličine su upravno razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva porast (pad) druge veličine. Količnik upravno razmjernih veličina je uvijek konstantan. Graf upravno razmjernih veličina je **pravac kroz ishodište**.

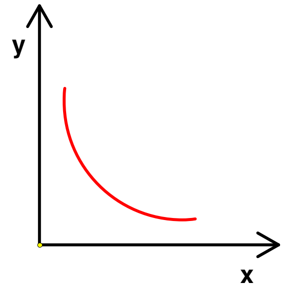


Kažemo da su veličine x i y obrnuto razmjerne (obrnuto proporcionalne) s koeficijentom obrnute razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$x \cdot y = k \quad , \quad y = \frac{k}{x}.$$

Dvije veličine su obrnuto razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva pad (porast) druge veličine.

Umnožak obrnuto razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf obrnuto razmjernih veličina je **istostrana hiperbola**.



Općenitu ovisnost između tri parametra idealnog plina – obujma, tlaka i temperature – možemo izraziti zakonom koji sadrži sva tri plinska zakona:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad , \quad \frac{p \cdot V}{T} = konst.$$

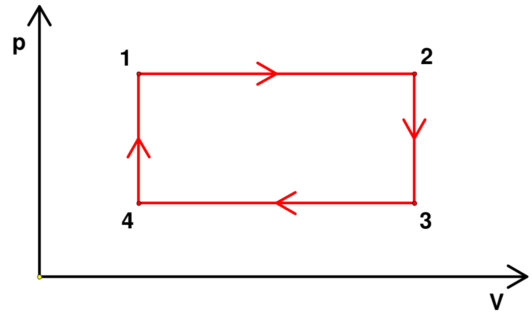
što vrijedi za određenu masu plina.
Zapamtimo!
IZOTERMA– krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s volumenom uz stalnu temperaturu
(izoterma – temperatura se ne mijenja)
IZOBARA – krivulja koja prikazuje promjenu volumena s temperaturom uz stalan tlak
(izobara – tlak se ne mijenja)
IZOHORA – krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s temperaturom uz stalan volumen
(izohora – volumen se ne mijenja)
Krenimo na posao!
Za p – V grafikon napravimo tablicu zbog lakšeg crtanja p – T grafikona.
U prvi stupac unosimo od koje do koje točke crtamo graf (**od – do**).
U drugi stupac unosimo vrste promjene stanja plina (**promjena stanja**).
U treći stupac unosimo tlak p (**tlak**).
U četvrti stupac unosimo volumen V (**volumen**).
U peti stupac unosimo temperaturu T (**temperatura**).
Napomena.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) raste (povećava se) upisujemo ↑.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) pada (smanjuje se) upisujemo ↓.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) ostaje ista (ne mijenja se) upisujemo **=**.
Primijetimo!
Za izobaru vrijedi:

$$\frac{p \cdot V}{T} = k \; \Rightarrow \; \frac{p \cdot V}{T} = k \;/\cdot \frac{1}{p} \; \Rightarrow \; \frac{V}{T} = \frac{k}{p} \; \Rightarrow \; \frac{V}{T} = konst.$$

V i T su upravno razmjerne veličine.
Volumen V raste ↑**,** temperatura T raste ↑. Volumen V pada ↓**,** temperatura T pada ↓.
Za izohoru vrijedi:

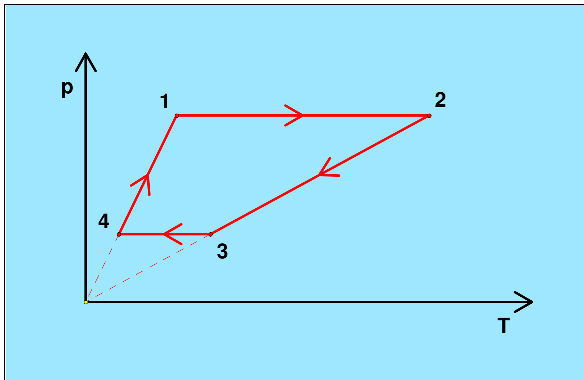
$$\frac{p \cdot V}{T} = k \; \Rightarrow \; \frac{p \cdot V}{T} = k \;/\cdot \frac{1}{V} \; \Rightarrow \; \frac{p}{T} = \frac{k}{V} \; \Rightarrow \; \frac{p}{T} = konst.$$

p i T su upravno razmjerne veličine.
Tlak p raste ↑**,** temperatura T raste ↑. Tlak p pada ↓**,** temperatura T pada ↓.
Gledamo zadani grafikon i popunjavamo tablicu.



od – do	promjena stanja	tlak	volumen	temperatura
1 – 2	izobara	=	↑	↑
2 – 3	izohora	↓	=	↓
3 – 4	izobara	=	↓	↓
4 – 1	izohora	↑	=	↑

Sada samo pratimo strjelice i crtamo u odgovarajućim smjerovima.



1 – 2
p je stalan, pravac je okomit na p os i orijentiran od nje jer T raste
2 – 3
V je stalan, pravac ide kroz ishodište i orijentiran je prema njemu jer p i T padaju
3 – 4
p je stalan, pravac je okomit na p os i orijentiran prema njoj jer T pada
4 – 1
V je stalan, pravac ide kroz ishodište i orijentiran je od njega jer p i T rastu

Vježba 533

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 534 (Maturantica, gimnazija)

Pod klipom cilindra nalazi se zrak. Njegovo se stanje postupno mijenja na ovaj način: 1. pri stalnom obujmu poveća se tlak, 2. pri stalnom tlaku poveća se obujam, 3. pri stalnoj temperaturi poveća se obujam, 4. pri stalnom tlaku zrak se vraća u početno stanje. Nacrtaj grafički prikaz promjena stanja zraka u koordinatnom sustavu p – V.

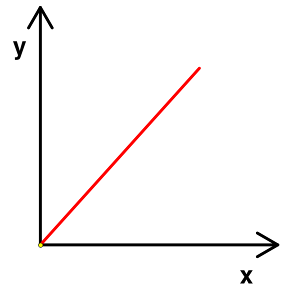
Rješenje 534

p – V

Kažemo da su veličine x i y upravno razmjerne (upravno proporcionalne) s koeficijentom upravne razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$\frac{y}{x} = k \quad , \quad y = k \cdot x.$$

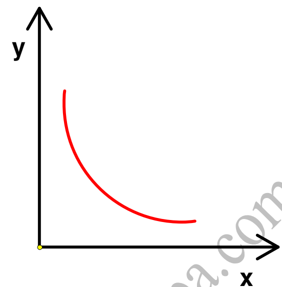
Dvije veličine su upravno razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva porast (pad) druge veličine.
Količnik upravno razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf upravno razmjernih veličina je **pravac kroz ishodište**.



Kažemo da su veličine x i y obrnuto razmjerne (obrnuto proporcionalne) s koeficijentom obrnute razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$x \cdot y = k \quad , \quad y = \frac{k}{x}.$$

Dvije veličine su obrnuto razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva pad (porast) druge veličine.
Umnožak obrnuto razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf obrnuto razmjernih veličina je **istostrana hiperbola**.



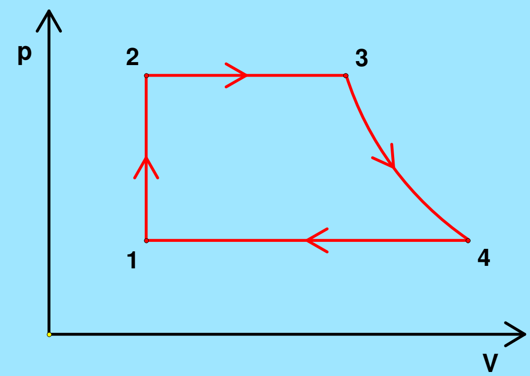
Općenitu ovisnost između tri parametra idealnog plina – obujma, tlaka i temperature – možemo izraziti zakonom koji sadrži sva tri plinska zakona:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad , \quad \frac{p \cdot V}{T} = konst.$$

što vrijedi za određenu masu plina.
Zapamtimo!
IZOTERMA– krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s volumenom uz stalnu temperaturu (izoterma – temperatura se ne mijenja)
IZOBARA – krivulja koja prikazuje promjenu volumena s temperaturom uz stalan tlak (izobara – tlak se ne mijenja)
IZOHORA – krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s temperaturom uz stalan volumen (izohora – volumen se ne mijenja)
Primijetimo!
Za izotermu vrijedi:

$$\frac{p \cdot V}{T} = k \;\Rightarrow\; \frac{p \cdot V}{T} = k \;/\cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = k \cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = konst.$$

p i V su obrnuto razmjerne veličine. Graf u p – V dijagramu je istostrana hiperbola.
Tlak p raste, volumen V pada. Tlak p pada, volumen V raste.
Crtamo grafički prikaz promjena stanja zraka u koordinatnom sustavu p – V.

	1. pri stalnom obujmu poveća se tlak **1 – 2** V je stalan, pravac je okomit na V os i orijentiran od nje jer p raste 2. pri stalnom tlaku poveća se obujam **2 – 3** p je stalan, pravac je okomit na p os i orijentiran od nje jer V raste 3. pri stalnoj temperaturi poveća se obujam **3 – 4** T je stalna, p i V su obrnuto razmjerne veličine, graf je istostrana hiperbola orijentirana prema dolje jer V raste, a p pada 4. pri stalnom tlaku zrak se vraća u početno stanje, volumen se smanjuje **4 – 1** p je stalan, pravac je okomit na p os i orijentiran prema njoj jer V pada

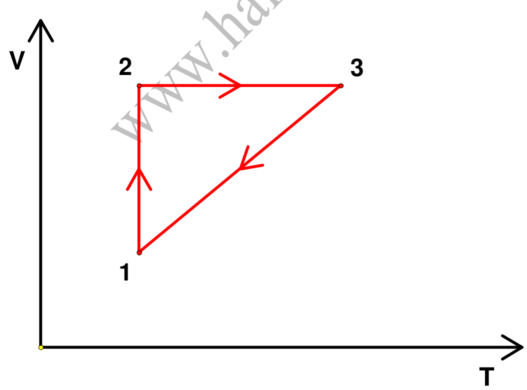
Vježba 534

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 535 (Maturantica, gimnazija)

U cilindru zatvorenome pomičnim klipom nalazi se plin kojemu se može mijenjati obujam, temperatura i tlak. Promjena stanja plina pri nekome kružnom procesu predočena je na grafičkom prikazu ovisnosti obujma plina o temperaturi. Prikaži tu promjenu stanja plina u koordinatnom sustavu p – V.



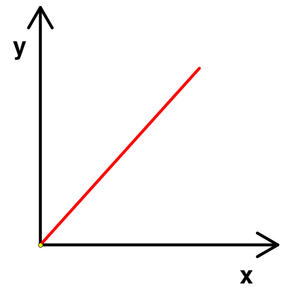
Rješenje 535

V – T, p – V

Kažemo da su veličine x i y upravno razmjerne (upravno proporcionalne) s koeficijentom upravne razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$\frac{y}{x} = k \quad , \quad y = k \cdot x.$$

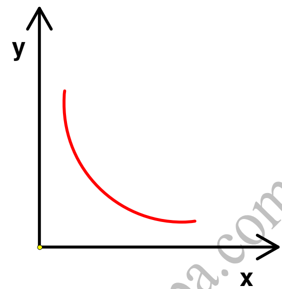
Dvije veličine su upravno razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva porast (pad) druge veličine.
Količnik upravno razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf upravno razmjernih veličina je **pravac kroz ishodište**.



Kažemo da su veličine x i y obrnuto razmjerne (obrnuto proporcionalne) s koeficijentom obrnute razmjernosti k, k ≠ 0 ako je

$$x \cdot y = k \quad , \quad y = \frac{k}{x}.$$

Dvije veličine su obrnuto razmjerne ako porast (pad) jedne izaziva pad (porast) druge veličine.
Umnožak obrnuto razmjernih veličina je uvijek konstantan.
Graf obrnuto razmjernih veličina je **istostrana hiperbola**.



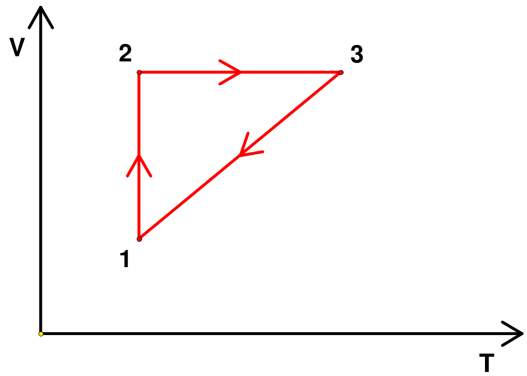
Općenitu ovisnost između tri parametra idealnog plina – obujma, tlaka i temperature – možemo izraziti zakonom koji sadrži sva tri plinska zakona:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad , \quad \frac{p \cdot V}{T} = konst.$$

što vrijedi za određenu masu plina.
Zapamtimo!
IZOTERMA– krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s volumenom uz stalnu temperaturu (izoterma – temperatura se ne mijenja)
IZOBARA – krivulja koja prikazuje promjenu volumena s temperaturom uz stalan tlak (izobara – tlak se ne mijenja)
IZOHORA – krivulja koja prikazuje promjenu tlaka s temperaturom uz stalan volumen (izohora – volumen se ne mijenja)
Krenimo na posao!
Za V – T grafikon napravimo tablicu zbog lakšeg crtanja p – V grafikona.
U prvi stupac unosimo od koje do koje točke crtamo graf (**od – do**).
U drugi stupac unosimo vrste promjene stanja plina (**promjena stanja**).
U treći stupac unosimo tlak p (**tlak**).
U četvrti stupac unosimo volumen V (**volumen**).
U peti stupac unosimo temperaturu T (**temperatura**).
Napomena.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) raste (povećava se) upisujemo ↑.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) pada (smanjuje se) upisujemo ↓.
Ako fizikalna veličina (tlak, volumen, temperatura) ostaje ista (ne mijenja se) upisujemo **=**.
Primijetimo!
Za izotermu vrijedi:

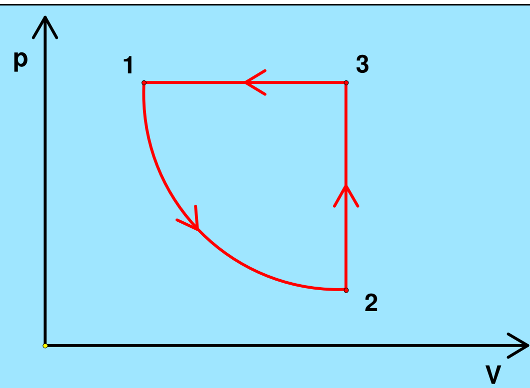
$$\frac{p \cdot V}{T} = k \;\Rightarrow\; \frac{p \cdot V}{T} = k \;\; / \cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = k \cdot T \;\Rightarrow\; p \cdot V = konst.$$

p i V su obrnuto razmjerne veličine.
Tlak p raste ↑, volumen V pada ↓. Tlak p pada ↓, volumen V raste ↑.
Gledamo zadani grafikon i popunjavamo tablicu.



od – do	promjena stanja	tlak	volumen	temperatura
1 – 2	izoterma	↓	↑	=
2 – 3	izohora	↑	=	↑
3 – 1	izobara	=	↓	↓

Sada samo pratimo strjelice i crtamo u odgovarajućim smjerovima.



1 – 2
T je stalna, p i V su obrnuto razmjerne veličine, graf je istostrana hiperbola orijentirana prema dolje jer V raste, a p pada
2 – 3
V je stalan, pravac je okomit na V os i orijentiran od nje jer p raste
3 – 1
p je stalan, pravac je okomit na p os i orijentiran prema njoj jer V pada

Vježba 535

Odmor!

Rezultat: …

Zadatak 536 (Bez nadimka ☺, gimnazija)

Kalorimetar sadrži 400 grama vode temperature 80 ºC. Zanemarimo specifični toplinski kapacitet kalorimetra. Koliko leda temperature – 20 ºC treba staviti u vodu da bismo u ravnotežnom stanju dobili vodu temperature 40 ºC? (specifični toplinski kapacitet leda $c_l = 2.1 \cdot 10^3$ J / (kg · K), specifični toplinski kapacitet vode $c_v = 4.18 \cdot 10^3$ J / (kg · K), specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5$ J / kg)

$A.\ 124\ g \qquad B.\ 250\ g \qquad C.\ 320\ g \qquad D.\ 8.1\ kg \qquad E.\ 3.2\ kg$

Rješenje 536

$m_1 = 400$ g = 0.4 kg, $t_1 = 80$ ºC, $t_2 = -20$ ºC, $t_3 = 0$ ºC ledište vode, $t = 40$ ºC temperatura smjese, $c_l = 2.1 \cdot 10^3$ J / (kg · K), $c_v = 4.18 \cdot 10^3$ J / (kg · K), $\lambda = 3.3 \cdot 10^5$ J / kg, $m_2 = ?$

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T\ (K) = \Delta t\ \left({}^{\circ}C\right).$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplina koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \;\Rightarrow\; Q = m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature.
Toplinu koju moramo predati čvrstom tijelu mase m da bi se ono rastalilo možemo izračunati iz izraza

$$Q_t = m \cdot \lambda,$$

gdje je λ specifična toplina taljenja.
Kad su u međusobnom dodiru dva tijela različitih temperatura, onda je, prema zakonu o očuvanju energije, povećanje unutrašnje energije tijela koje se grije jednako smanjenju unutrašnje energije tijela koje se hladi, tj.

$$Q_1 = Q_2 \;\Rightarrow\; m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1\right) = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t_2 - t\right), \qquad \text{Richmannovo pravilo}$$

gdje je t konačna temperatura, tj. temperatura pri kojoj oba tijela postižu toplinsku ravnotežu.
Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Toplina koju voda mase m_1 i temperature t_1 preda ledu mase m_2 iznosi:

$$Q = m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right).$$

Proces taljenja leda sastoji se od tri koraka. Navedimo ih redom: zagrijavanje leda do 0 ºC, taljenje leda, zagrijavanje nastale vode do temperature smjese t.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = m_2 \cdot c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c_v \cdot \left(t - t_3\right).$$

Prema zakonu očuvanja energije količina topline koju je topla voda predala jednaka je količini topline koju su primili led i nastala voda (Richmannov zakon smjese):

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \;\Rightarrow\; m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right) = m_2 \cdot c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c_v \cdot \left(t - t_3\right) \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right) = m_2 \cdot \left[c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + \lambda + c_v \cdot \left(t - t_3\right)\right] \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; m_2 \cdot \left[c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + \lambda + c_v \cdot \left(t - t_3\right)\right] = m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right) \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; m_2 \cdot \left[c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + \lambda + c_v \cdot \left(t - t_3\right)\right] = m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right) \;/\cdot \frac{1}{c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + \lambda + c_v \cdot \left(t - t_3\right)} \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; m_2 = \frac{m_1 \cdot c_v \cdot \left(t_1 - t\right)}{c_l \cdot \left(t_3 - t_2\right) + \lambda + c_v \cdot \left(t - t_3\right)} =$$

$$= \frac{0.4\ kg \cdot 4.18 \cdot 10^3\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (80 - 40)\ K}{2.1 \cdot 10^3\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (0 - (-20))\ K + 3.3 \cdot 10^5\ \frac{J}{kg} + 4.18 \cdot 10^3\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (40 - 0)\ K} = 0.124\ kg = 124\ g.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 536

Kalorimetar sadrži 40 dag vode temperature 80 ºC. Zanemarimo specifični toplinski kapacitet kalorimetra. Koliko leda temperature – 20 ºC treba staviti u vodu da bismo u ravnotežnom stanju dobili vodu temperature 40 ºC? (specifični toplinski kapacitet leda $c_l = 2.1 \cdot 10^3$ J / (kg · K), specifični toplinski kapacitet vode $c_v = 4.18 \cdot 10^3$ J / (kg · K), specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5$ J / kg)

$A.\ 124\ g \qquad B.\ 250\ g \qquad C.\ 320\ g \qquad D.\ 8.1\ kg \qquad E.\ 3.2\ kg$

Rezultat: A.

Zadatak 537 (Bez nadimka, gimnazija)

Kolika se masa pare temperature 130 ºC mora kondenzirati da se 200 g vode koja se nalazi u staklenoj čaši mase 100 g zagrije od 20 ºC do 50 ºC? (specifični toplinski kapacitet vode $c_v = 4190$ J / (kg · K), specifična toplina isparavanja vode $r = 2.26 \cdot 10^6$ J / kg, specifični toplinski kapacitet pare $c_p = 2010$ J / (kg · K), specifični toplinski kapacitet stakla $c_s = 837$ J / (kg · K))

Rješenje 537

$t_1 = 130$ ºC, $m_2 = 200$ g = 0.2 kg, $m_3 = 100$ g = 0.1 kg, $t_2 = 20$ ºC, $t = 50$ ºC temperatura smjese, $t_3 = 100$ ºC vrelište vode, $c_v = 4190$ J / (kg · K), $r = 2.26 \cdot 10^6$ J / kg, $c_p = 2010$ J / (kg · K), $c_s = 837$ J / (kg · K), $m_1 = ?$

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T\ (K) = \Delta t\ (^\circ C).$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplina koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \;\Rightarrow\; Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature.
Tekućina prelazi u paru pri svakoj temperaturi. Temperatura iznad koje pri određenom tlaku tekućina više ne može postojati u tekućem agregatnom stanju naziva se vrelištem. Temperatura vrelišta ostaje nepromijenjena sve dok sva tekućina vrenjem ne prijeđe u paru. Toplinu koja je potrebna da tekućina mase m prijeđe u paru iste temperature možemo izračunati iz izraza

$$Q = m \cdot r,$$

gdje je r specifična toplina isparavanja.
Kad su u međusobnom dodiru dva tijela različitih temperatura, onda je, prema zakonu o očuvanju energije, povećanje unutrašnje energije tijela koje se grije jednako smanjenju unutrašnje energije tijela koje se hladi, tj.

$$Q_1 = Q_2 \;\Rightarrow\; m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t), \quad \text{Richmannovo pravilo}$$

gdje je t konačna temperatura, tj. temperatura pri kojoj oba tijela postižu toplinsku ravnotežu.
Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Proces će se sastojati od tri koraka. Navedimo ih redom: hlađenje vodene pare do 100 ºC, kondenzacija i hlađenje vode do temperature smjese 50 ºC. Vodena para:

- ohladit će se do temperature t_3 (vrelišta vode) i predati količinu topline

$$Q_1 = m_1 \cdot c_p \cdot (t_1 - t_3)$$

- kondenzirati i predati količinu topline

$$Q_2 = m_1 \cdot r$$

- nastala voda ohladit će se do temperature smjese t uz oslobađanje količine topline

$$Q_3 = m_1 \cdot c_v \cdot (t_3 - t).$$

Prema zakonu očuvanja energije količina topline koju je para predala jednaka je količini topline koju su primili staklena čaša

$$Q_4 = m_3 \cdot c_s \cdot (t - t_2)$$

i voda u njoj

$$Q_5 = m_2 \cdot c_v \cdot (t - t_2).$$

Vrijedi:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c_p \cdot (t_1 - t_3) + m_1 \cdot r + m_1 \cdot c_v \cdot (t_3 - t) = m_3 \cdot c_s \cdot (t - t_2) + m_2 \cdot c_v \cdot (t - t_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot \left[c_p \cdot (t_1 - t_3) + r + c_v \cdot (t_3 - t)\right] = \left[m_3 \cdot c_s + m_2 \cdot c_v\right] \cdot (t - t_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot \left[c_p \cdot (t_1 - t_3) + r + c_v \cdot (t_3 - t)\right] = \left[m_3 \cdot c_s + m_2 \cdot c_v\right] \cdot (t - t_2) \; / \cdot \frac{1}{c_p \cdot (t_1 - t_3) + r + c_v \cdot (t_3 - t)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{\left[m_3 \cdot c_s + m_2 \cdot c_v\right] \cdot (t - t_2)}{c_p \cdot (t_1 - t_3) + r + c_v \cdot (t_3 - t)} =$$

$$= \frac{\left[0.1\ kg \cdot 837\ \frac{J}{kg \cdot K} + 0.2\ kg \cdot 4190\ \frac{J}{kg \cdot K}\right] \cdot (50 - 20)\ K}{2010\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (130 - 100)\ K + 2.26 \cdot 10^6\ \frac{J}{kg} + 4190\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (100 - 50)\ K} = 0.0109\ kg = 10.9\ g.$$

Vježba 537

Kolika se masa pare temperature 130 ºC mora kondenzirati da se 20 dag vode koja se nalazi u staklenoj čaši mase 10 dag zagrije od 20 ºC do 50 ºC? (specifični toplinski kapacitet vode c_v = 4190 J / (kg · K), specifična toplina isparavanja vode r = 2.26 · 10^6 J / kg, specifični toplinski kapacitet pare c_p = 2010 J / (kg · K), specifični toplinski kapacitet stakla c_s = 837 J / (kg · K))

Rezultat: 10.9 g.

Zadatak 538 (Bez nadimka ☺, gimnazija)

Helij ima nisko vrelište 4.2 K i specifičnu toplinu isparavanja 2.09 · 10^4 J / kg. Ako u 1 kg tekućeg helija na temperaturi vrelišta uronimo električni grijač snage 10 W koliko je vremena potrebno da sav helij ispari pod pretpostavkom da se sva energija grijača potroši na isparavanje helija?

Rješenje 538

T = 4.2 K, r = 2.09 · 10^4 J / kg, m = 1 kg, P = 10 W, t = ?

Tekućina prelazi u paru pri svakoj temperaturi. Temperatura iznad koje pri određenom tlaku tekućina više ne može postojati u tekućem agregatnom stanju naziva se vrelištem. Temperatura vrelišta ostaje nepromijenjena sve dok sva tekućina vrenjem ne prijeđe u paru. Toplinu koja je potrebna da tekućina mase m prijeđe u paru iste temperature možemo izračunati iz izraza

$$Q = m \cdot r,$$

gdje je r specifična toplina isparavanja.

Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen ili snaga je promjena energije u jedinici vremena.

$$P = \frac{\Delta E}{t} \Rightarrow \Delta E = P \cdot t.$$

U vremenu t sav helij isparit će jer se energija grijača potroši na isparavanje helija.

$$\left.\begin{matrix} \Delta E = Q \\ Q = m \cdot r \end{matrix}\right\} \Rightarrow \Delta E = m \cdot r \Rightarrow P \cdot t = m \cdot r \Rightarrow P \cdot t = m \cdot r \; / \cdot \frac{1}{P} \Rightarrow t = \frac{m \cdot r}{P} =$$

$$= \frac{1\ kg \cdot 2.09 \cdot 10^4 \ \frac{J}{kg}}{10\ W} = 2.09 \cdot 10^3\ s = \left[2.09 \cdot 10^3 : 60 \right] \approx 35\ \min.$$

Vježba 538

Helij ima nisko vrelište 4.2 K i specifičnu toplinu isparavanja $2.09 \cdot 10^4$ J / kg. Ako u 2 kg tekućeg helija na temperaturi vrelišta uronimo električni grijač snage 20 W koliko je vremena potrebno da sav helij ispari pod pretpostavkom da se sva energija grijača potroši na isparavanje helija?

Rezultat: 35 min.

Zadatak 539 (Ana, gimnazija)

Odredi ravnotežnu temperaturu koja nastaje miješanjem triju tekućina masa m_1 = 100 g, m_2 = 200 g, m_3 = 300 g, specifičnih toplina c_1 = 4 kJ / (kg · K), c_2 = 1.5 kJ / (kg · K), c_3 = 0.5 kJ / (kg · K) i početnih temperatura t_1 = 10 ºC, t_2 = 20 ºC i t_3 = 30 ºC.

Rješenje 539

m_1 = 100 g = 0.1 kg, m_2 = 200 g = 0.2 kg, m_3 = 300 g = 0.3 kg,
c_1 = 4 kJ / (kg · K) = 4000 J / (kg · K), c_2 = 1.5 kJ / (kg · K) = 1500 J / (kg · K),
c_3 = 0.5 kJ / (kg · K) = 500 J / (kg · K), t_1 = 10 ºC, t_2 = 20 ºC, t_3 = 30 ºC, t = ?

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T\ (K) = \Delta t\ \left({}^\circ C \right).$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplina koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1 \right),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature.
Kad su u međusobnom dodiru dva tijela različitih temperatura, onda je, prema zakonu o očuvanju energije, povećanje unutrašnje energije tijela koje se grije jednako smanjenju unutrašnje energije tijela koje se hladi, tj.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1 \right) = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t_2 - t \right), \quad \text{Richmannovo pravilo}$$

gdje je t konačna temperatura, tj. temperatura pri kojoj oba tijela postižu toplinsku ravnotežu.
Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Količina topline koju hladnija tekućina primi jednaka je količini topline koju toplija tekućina predaje pa je ukupno razmijenjena količina topline jednaka nuli.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1 \right) + m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_2 \right) + m_3 \cdot c_3 \cdot \left(t - t_3 \right) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot t - m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t - m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t - m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot t + m_2 \cdot c_2 \cdot t + m_3 \cdot c_3 \cdot t = m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t \cdot \left(m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3\right) = m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t \cdot \left(m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3\right) = m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3 \; / \cdot \frac{1}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot c_3 \cdot t_3}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3} =$$

$$= \frac{0.1\ kg \cdot 4000\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 10\ ^\circ C + 0.2\ kg \cdot 1500\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 20\ ^\circ C + 0.3\ kg \cdot 500\ \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 30\ ^\circ C}{0.1\ kg \cdot 4000\ \frac{J}{kg \cdot K} + 0.2\ kg \cdot 1500\ \frac{J}{kg \cdot K} + 0.3\ kg \cdot 500\ \frac{J}{kg \cdot K}} = 17.06\ ^\circ C.$$

Vježba 539

Odredi ravnotežnu temperaturu koja nastaje miješanjem triju tekućina masa m_1 = 200 g, m_2 = 400 g, m_3 = 600 g, specifičnih toplina c_1 = 4 kJ / (kg · K), c_2 = 1.5 kJ / (kg · K), c_3 = 0.5 kJ / (kg · K) i početnih temperatura t_1 = 10 ºC, t_2 = 20 ºC i t_3 = 30 ºC.

Rezultat: 17.06 ºC.

Zadatak 540 (Božidar, gimnazija)

U aluminijsku posudu mase 1.37 kg toplinskog kapaciteta 220 J / (kg · K) koja sadrži 1.5 L vode temperature 18 ºC ubačena je olovna cijev mase 1400 g, temperature 100 ºC. Ravnotežna temperatura iznosi 20.2 ºC. Koliki je specifični toplinski kapacitet olova? (specifični toplinski kapacitet vode c_2 = 4190 J / (kg · K))

Rješenje 540

m_1 = 1.37 kg, c_1 = 220 J / (kg · K), V = 1.5 L => m_2 = 1.5 kg vode, $t_1 = t_2$ = 18 ºC temperatura posude i vode u njoj, m_3 = 1400 g = 1.4 kg, t_3 = 100 ºC, t = 20.2 ºC, c_2 = 4190 J / (kg · K), c_3 = ?

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 °C, što izražavamo jednadžbom:

$$\Delta T\ (K) = \Delta t\ \left(^\circ C\right).$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplina koju neko tijelo zagrijavanjem primi odnosno hlađenjem izgubi jednaka je

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot \left(t_2 - t_1\right),$$

gdje je m masa tijela, c specifični toplinski kapacitet, a Δt promjena temperature.
Kad su u međusobnom dodiru dva tijela različitih temperatura, onda je, prema zakonu o očuvanju energije, povećanje unutrašnje energije tijela koje se grije jednako smanjenju unutrašnje energije tijela koje se hladi, tj.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1\right) = m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t_2 - t\right), \quad \text{Richmannovo pravilo}$$

gdje je t konačna temperatura, tj. temperatura pri kojoj oba tijela postižu toplinsku ravnotežu.
Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Količina topline Q_3 koju preda vruća olovna cijev jednaka je zbroju količine topline Q_2 koju primi aluminijska posuda i količine topline Q_2 vode u njoj.

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow m_3 \cdot c_3 \cdot \left(t_3 - t\right) = m_1 \cdot c_1 \cdot \left(t - t_1\right) + m_2 \cdot c_2 \cdot \left(t - t_1\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_3 \cdot c_3 \cdot (t_3 - t) = (m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2) \cdot (t - t_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_3 \cdot c_3 \cdot (t_3 - t) = (m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2) \cdot (t - t_1) \; / \cdot \frac{1}{m_3 \cdot (t_3 - t)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_3 = \frac{(m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2) \cdot (t - t_1)}{m_3 \cdot (t_3 - t)} =$$

$$= \frac{\left(1.37\ kg \cdot 220\ \frac{J}{kg \cdot K} + 1.5\ kg \cdot 4190\ \frac{J}{kg \cdot K}\right) \cdot (20.2 - 18)\ K}{1.4\ kg \cdot (100 - 20.2)\ K} = 129.70\ \frac{J}{kg \cdot K} \approx 0.13\ \frac{kJ}{kg \cdot K}.$$

Vježba 540

U aluminijsku posudu mase 1370 g toplinskog kapaciteta 220 J / (kg · K) koja sadrži 15 dl vode temperature 18 ºC ubačena je olovna cijev mase 140 dag, temperature 100 ºC. Ravnotežna temperatura iznosi 20.2 ºC. Koliki je specifični toplinski kapacitet olova? (specifični toplinski kapacitet vode c_2 = 4190 J / (kg · K))

Rezultat: 0.13 J / (kg · K).