

Zadatak 421 (Lussy, gimnazija)

Dvije posude jednakog obujma sadrže različite količine idealnog plina. Prva posuda sadrži 3 puta više molova plina od druge posude. Usporedite tlakove u posudama, ako je temperatura konstantna.

- A. Veći tlak je u prvoj posudi. B. Veći tlak je u drugoj posudi.
C. Tlakovi u posudama su jednaki. D. Odgovor na pitanje ovisi o veličini temperature plina.

Rješenje 421

$$V_1 = V_2 = V, \quad n_1 = 3 \cdot n_2, \quad T_1 = T_2 = T, \quad \frac{p_1}{p_2} = ?$$

Jednadžba stanja plina, ako je zadana množina n idealnog plina, glasi:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

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

$$\left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T_1 \\ p_2 \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V = 3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T \\ p_2 \cdot V = n_2 \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{p_1 \cdot V}{p_2 \cdot V} = \frac{3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T}{n_2 \cdot R \cdot T} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{p_1 \cdot V}{p_2 \cdot V} = \frac{3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T}{n_2 \cdot R \cdot T} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = 3 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = 3 / p_2 \Rightarrow p_1 = 3 \cdot p_2.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 421

Dvije posude jednakog obujma sadrže različite količine idealnog plina. Prva posuda sadrži 2 puta više molova plina od druge posude. Usporedite tlakove u posudama, ako je temperatura konstantna.

- A. Veći tlak je u prvoj posudi. B. Veći tlak je u drugoj posudi.
C. Tlakovi u posudama su jednaki. D. Odgovor na pitanje ovisi o veličini temperature plina.

Rezultat: A.

Zadatak 422 (Lussy, gimnazija)

Dvije posude jednakog obujma sadrže različite količine idealnog plina. Prva posuda sadrži 3 puta više molova plina od druge posude. Usporedite temperature u posudama, ako je tlak u obje posude jednak.

- A. Temperatura u prvoj posudi je veća. B. Temperatura u drugoj posudi je veća.
C. Temperature su u obje posude jednake.

Rješenje 422

$$V_1 = V_2 = V, \quad n_1 = 3 \cdot n_2, \quad p_1 = p_2 = p, \quad \frac{T_2}{T_1} = ?$$

Jednadžba stanja plina, ako je zadana množina n idealnog plina, glasi:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

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

$$\left. \begin{array}{l} p_1 \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T_1 \\ p_2 \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} p \cdot V = 3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T_1 \\ p \cdot V = n_2 \cdot R \cdot T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T_1 = p \cdot V \\ n_2 \cdot R \cdot T_2 = p \cdot V \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{n_2 \cdot R \cdot T_2}{3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T_1} = \frac{p \cdot V}{p \cdot V} \Rightarrow \frac{n_2 \cdot R \cdot T_2}{3 \cdot n_2 \cdot R \cdot T_1} = \frac{p \cdot V}{p \cdot V} \Rightarrow \frac{T_2}{3 \cdot T_1} = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{3 \cdot T_1} = 1 / 3 \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = 3 \cdot T_1.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 422

Dvije posude jednakog obujma sadrže različite količine idealnog plina. Prva posuda sadrži 5 puta više molova plina od druge posude. Usporedite temperature u posudama, ako je tlak u obje posude jednak.

- A. Temperatura u prvoj posudi je veća. B. Temperatura u drugoj posudi je veća.
C. Temperature su u obje posude jednake.

Rezultat: B.

Zadatak 423 (Barbara, medicinska škola)

Barbara ☺ je sa balkona ispustila olovnu kuglu koja je u slobodnom padu udarila o čvrstu podlogu,. Izračunati povećanje temperature kugle, pretpostavljajući da se cjelokupni rad pri njezinom padu utrošio na zagrijavanje. Visina balkona je 30 m, specifični toplinski kapacitet olova je $130 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$. (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m / s}^2$)

Rješenje 423

$$h = 30 \text{ m}, \quad c = 130 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad g = 9.81 \text{ m / s}^2, \quad \Delta t = ?$$

Potencijalna energija je energija međudjelovanja tijela. Ona ovisi o međusobnom položaju tijela ili o međusobnom položaju dijelova tijela. U polju sile teže tijelo mase m ima gravitacijsku potencijalnu energiju

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h.$$

gdje je g akceleracija slobodnog pada, a h vertikalna udaljenost tijela od mjesta gdje bi prema dogovoru tijelo imalo energiju nula.

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

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.

Toplina koju je primila olovna kugla jednaka je promjeni gravitacijske potencijalne energije kugle. Gravitacijska potencijalna energija kugle na visini h je $m \cdot g \cdot h$, a pri dnu jednaka je nuli.

$$\left. \begin{array}{l} Q = W \\ W = \Delta E_{gp} \end{array} \right\} \Rightarrow Q = \Delta E_{gp} \Rightarrow m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot g \cdot h - 0 \Rightarrow m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot g \cdot h / \frac{1}{m \cdot c} \Rightarrow \Delta t = \frac{g \cdot h}{c} = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 30 \text{ m}}{130 \frac{J}{kg \cdot K}} = 2.26 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Vježba 423

Dječak je sa balkona ispustio olovnu kuglu koja je u slobodnom padu udarila o čvrstu podlogu,. Izračunati povećanje temperature kugle, pretpostavljajući da se cjelokupni rad pri njezinom padu utrošio na zagrijavanje. Visina balkona je 60 m, specifični toplinski kapacitet olova je $130 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$. (ubrzanje slobodnog pada $g = 9.81 \text{ m / s}^2$)

Rezultat: 4.53 °C.

Zadatak 424 (Zejneb, maturant)

Na temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tanki listić cinka ima dimenzije $110 \times 160\text{ mm}^2$. Odredite ploštinu tog listića na temperaturi $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koeficijent linearnog rastezanja cinka je $2.9 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

Rješenje 424

$$S_0 = 110 \cdot 160\text{ mm}^2 = 0.0176\text{ m}^2, \quad t = 700\text{ }^{\circ}\text{C}, \quad \alpha = 2.9 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}, \quad S_t = ?$$

Ako je S_0 ploština pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperaturi t ploština će se povećati za ΔS :

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot t$$

pa će iznositi

$$S_t = S_0 \cdot (1 + \beta \cdot t),$$

pri čemu je

$$\beta = 2 \cdot \alpha.$$

Koeficijent plošnog rastezanja

$$\beta = \frac{S_t - S_0}{S_0 \cdot t}$$

znači relativno povećanje ploštine pri zagrijavanju za $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\begin{aligned} S_t = S_0 \cdot (1 + \beta \cdot t) &\Rightarrow \left[\begin{array}{l} t = 700 \\ \beta = 2 \cdot \alpha \end{array} \right] \Rightarrow S_{700} = S_0 \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot t) = \\ &= 0.0176\text{ m}^2 \cdot \left(1 + 2 \cdot 2.9 \cdot 10^{-5} \cdot 700 \right) = 0.0183\text{ m}^2. \end{aligned}$$

Vježba 424

Na temperaturi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tanki listić cinka ima dimenzije $11 \times 16\text{ cm}^2$. Odredite ploštinu tog listića na temperaturi $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koeficijent linearnog rastezanja cinka je $2.9 \cdot 10^{-5}\text{ 1/K}$.

Rezultat: 0.0183 m^2 .

Zadatak 425 (Mira, gimnazija)

Plak plina u zatvorenoj posudi povećava se za 2% , ako se temperatura povećava za 6 K . Kolika je temperatura plina u posudi?

Rješenje 425

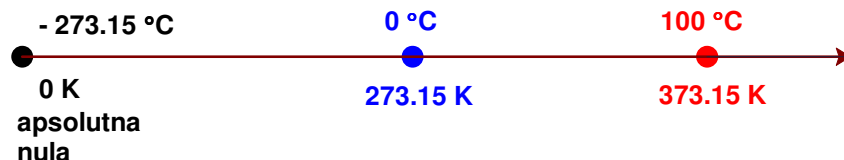
$$p_1, \quad p_2 = p_1 + \frac{2}{100} \cdot p_1 = p_1 + 0.02 \cdot p_1 = 1.02 \cdot p_1, \quad \Delta T = 6\text{ K}, \quad T_2 = T_1 + \Delta T,$$

$t_1 = ?$

Međunarodni sustav mjernih jedinica (SI) za temperaturu propisuje jedinicu kelvin (K). Tu temperaturu zovemo termodinamička temperatura (T).

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, što izražavamo jednadžbom:

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



Kelvinova i Celzijusova ljestvica podijeljene su na jednake dijelove i vrijedi:

$$T (\text{K}) = 273 + t (^{\circ}\text{C}), \quad t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273.$$

Mijenja li se temperatura nekoj masi plina stalnog obujma (izohorna promjena), mijenjat će se tlak

plina prema Charlesovu zakonu:

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

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100. Postotak p je broj jedinica koji se uzima od 100 jedinica neke veličine.

Na primjer,

$$9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 547\% = \frac{547}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Kako zapisati da se x poveća za p% ?

$$x + \frac{p}{100} \cdot x.$$

Plin se nalazi u zatvorenoj posudi pa je volumen stalan, promjena je izohorna.

$$\begin{aligned} \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} &\Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \cdot T_1 \cdot T_2 \Rightarrow p_1 \cdot T_2 = p_2 \cdot T_1 \Rightarrow p_2 \cdot T_1 = p_1 \cdot T_2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[\begin{array}{l} p_2 = 1.02 \cdot p_1 \\ T_2 = T_1 + \Delta T \end{array} \right] \Rightarrow 1.02 \cdot p_1 \cdot T_1 = p_1 \cdot (T_1 + \Delta T) \Rightarrow 1.02 \cdot p_1 \cdot T_1 = p_1 \cdot (T_1 + \Delta T) \quad /: p_1 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 1.02 \cdot T_1 = T_1 + \Delta T \Rightarrow 1.02 \cdot T_1 - T_1 = \Delta T \Rightarrow 0.02 \cdot T_1 = \Delta T \Rightarrow 0.02 \cdot T_1 = \Delta T \quad /: 0.02 \Rightarrow \\ &\Rightarrow T_1 = \frac{\Delta T}{0.02} = \frac{6 \text{ K}}{0.02} = 300 \text{ K} \Rightarrow t_1 = T_1 - 273 = (300 - 273) \text{ }^\circ\text{C} = 27 \text{ }^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Vježba 425

Tlak plina u zatvorenoj posudi poveća se za 4%, ako se temperatura poveća za 12 K. Kolika je temperatura plina u posudi?

Rezultat: 27 °C.

Zadatak 426 (Amra, gimnazija)

U izobarnom procesu volumen plina se poveća dva puta. Ako je konačna temperatura 400 K izračunajte početnu temperaturu.

Rješenje 426

$$p = konst., \quad V_2 = 2 \cdot V_1, \quad T_2 = 400 \text{ K}, \quad T_1 = ?$$

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} &\Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \cdot V_1 \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{V_2} \cdot V_1 = \\ &= \frac{400 \text{ K}}{2 \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{400 \text{ K}}{2 \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{400 \text{ K}}{2} = 200 \text{ K}. \end{aligned}$$

Vježba 426

U izobarnom procesu volumen plina se poveća dva puta. Ako je konačna temperatura 600 K izračunajte početnu temperaturu.

Rezultat: 300 K.

Zadatak 427 (Tihomir, srednja škola)

Motor, snage 14.7 kW, ima stupanj korisnog djelovanja 0.60. Polovicu gubitka snage čine toplinski gubici. Hladnjak motora sadrži 10 litara vode. Za koje će se vrijeme povećati temperatura vode za 60 °C. Pretpostavite da je voda toplinski izolirana od okoline. (gustoća vode $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$, specifični toplinski kapacitet vode $c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$)

Rješenje 427

$$P = 14.7 \text{ kW} = 14700 \text{ W}, \quad \eta = 0.60, \quad V = 10 \text{ l} = 10 \text{ dm}^3 = 0.01 \text{ m}^3, \quad \Delta t = 60 \text{ }^\circ\text{C}, \\ \rho = 1000 \text{ kg / m}^3, \quad c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad t = ?$$

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz kvocijenta mase m tijela i njegova obujma V :

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

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.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

Stupanj korisnog djelovanja motora je 0.60 pa na gubitke otpada 0.40.

$$1 - 0.60 = 0.40.$$

Polovicu gubitka snage čine toplinski gubici što iznosi 0.20.

$$\eta_1 = \frac{1}{2} \cdot 0.40 = 0.20.$$

Za vrijeme t rada motora oslobodi se količina topline Q .

$$\left. \begin{array}{l} W = P \cdot t \\ Q = \eta_1 \cdot W \end{array} \right\} \Rightarrow Q = \eta_1 \cdot P \cdot t.$$

Budući da se ovom količinom topline zagrije voda mase m , vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} Q = \eta_1 \cdot P \cdot t \\ Q = m \cdot c \cdot \Delta t \end{array} \right\} \Rightarrow \eta_1 \cdot P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow \eta_1 \cdot P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta t \cdot \frac{1}{\eta_1 \cdot P} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{\eta_1 \cdot P} \Rightarrow t = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta t}{\eta_1 \cdot P} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.01 \text{ m}^3 \cdot 4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 60 \text{ }^\circ\text{C}}{0.2 \cdot 14700 \text{ W}} = 855.1 \text{ s.}$$

Vježba 427

Motor, snage 29.4 kW, ima stupanj korisnog djelovanja 0.60. Polovicu gubitka snage čine toplinski gubici. Hladnjak motora sadrži 20 litara vode. Za koje će se vrijeme povećati temperatura vode za 60 °C. Pretpostavite da je voda toplinski izolirana od okoline. (gustoća vode $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$, specifični toplinski kapacitet vode $c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$)

Rezultat: 855.1 s.

Zadatak 428 (Tonka, gimnazija)

Može li se napisati $\Delta t = 3 \text{ }^\circ\text{C} = 3 \text{ K}$, tj. ako se temperatura tijela poveća za 3 °C, poveća li se ona i za 3 K?

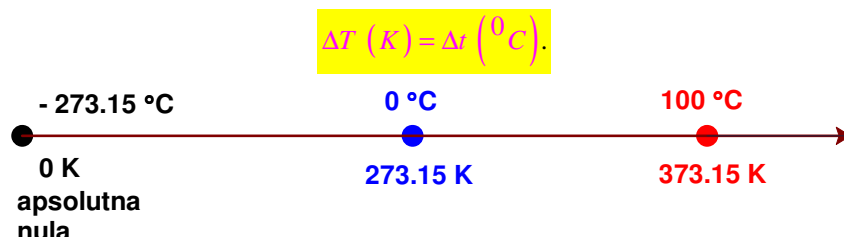
a) Može li se napisati $\frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{J}{\text{kg} \cdot \text{K}}$?

Rješenje 428

$$\Delta t = 3 \text{ } ^\circ\text{C} = 3 \text{ K}$$

Međunarodni sustav mjernih jedinica (SI) za temperaturu propisuje jedinicu kelvin (K). Tu temperaturu zovemo termodinamička temperatura (T).

Temperaturna razlika od 1 K jednaka je temperaturnoj razlici od 1 $^\circ\text{C}$, što izražavamo jednadžbom:



Kelvinova i Celzijusova ljestvica podijeljene su na jednake dijelove i vrijedi:

$$T \text{ (K)} = 273 + t \text{ (} ^\circ\text{C)} \quad , \quad t \text{ (} ^\circ\text{C)} = T \text{ (K)} - 273.$$

$$\Delta t = 3 \text{ } ^\circ\text{C} = 3 \text{ K}.$$

Može se napisati jer je $\Delta t = \Delta T$.

a)

Može se napisati

$$\frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{J}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Vježba 428

Može li se napisati $\Delta t = 5 \text{ } ^\circ\text{C} = 5 \text{ K}$, tj. ako se temperatura tijela poveća za 5 $^\circ\text{C}$, poveća li se ona i za 5 K?

Rezultat: Može.

Zadatak 429 (Tonka, gimnazija)

U staklenoj kalorimetroj posudi mase 80 g nalazi se 420 g vode i bakrena mješalica mase 20 g. Koliki je toplinski kapacitet ovog sustava, ako je specifični toplinski kapacitet stakla 840 J / (kg · K), vode 4190 J / (kg · K) i bakra 380 J / (kg · K)?

Rješenje 429

$$m_1 = 80 \text{ g} = 0.08 \text{ kg}, \quad m_2 = 420 \text{ g} = 0.42 \text{ kg}, \quad m_3 = 20 \text{ g} = 0.02 \text{ kg},$$

$$c_1 = 840 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad c_2 = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad c_3 = 380 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad C = ?$$

Toplinski kapacitet tijela jednak je umnošku specifičnog toplinskog kapaciteta c tijela i mase m tijela.

$$C = m \cdot c.$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \Rightarrow C = m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m_3 \cdot c_3 =$$

$$= 0.08 \text{ kg} \cdot 840 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 0.42 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 0.02 \text{ kg} \cdot 380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 1834.6 \frac{\text{J}}{\text{K}}.$$

Vježba 429

U staklenoj kalorimetroj posudi mase 8 dag nalazi se 42 dag vode i bakrena mješalica mase 2 dag. Koliki je toplinski kapacitet ovog sustava, ako je specifični toplinski kapacitete stakla 840 J / (kg · K), vode 4190 J / (kg · K) i bakra 380 J / (kg · K)?

Rezultat: $1834.6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

Zadatak 430 (Tonka, gimnazija)

Mramorni blok u obliku kocke stranice 0.4 m ima toplinski kapacitet 145 kJ / K. Koliki je specifični toplinski kapacitet mramora ako je njegova gustoća 2700 kg / m³?

Rješenje 430

$$a = 0.4 \text{ m}, \quad C = 145 \text{ kJ / K} = 145000 \text{ J / K}, \quad \rho = 2700 \text{ kg / m}^3, \quad c = ?$$

Toplinski kapacitet tijela jednak je umnošku specifičnog toplinskog kapaciteta c tijela i mase m tijela.

$$C = m \cdot c.$$

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz kvocijenta mase m tijela i njegova obujma V:

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

Kocka (heksaedar) spada u pravilne poliedre. Omeđena je sa šest sukladnih strana koje su kvadrati, ima 8 vrhova i 12 bridova. Ako kocka ima brid a, tada je obujam:

$$V = a^3.$$

$$\left. \begin{array}{l} V = a^3 \\ m = \rho \cdot V \\ C = m \cdot c \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot a^3 \\ C = m \cdot c \end{array} \right\} \Rightarrow C = \rho \cdot a^3 \cdot c \Rightarrow \rho \cdot a^3 \cdot c = C \Rightarrow \rho \cdot a^3 \cdot c = C / \frac{1}{\rho \cdot a^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c = \frac{C}{\rho \cdot a^3} = \frac{145000 \frac{\text{J}}{\text{K}}}{2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0.4 \text{ m})^3} = 839.12 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \approx 0.84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Vježba 430

Mramorni blok u obliku kocke stranice 4 dm ima toplinski kapacitet 145 kJ / K. Koliki je specifični toplinski kapacitet mramora ako je njegova gustoća 2700 kg / m³?

Rezultat: $0.84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$

Zadatak 431 (Matija, tehnička škola)

Kolika je promjena unutarnje energije sustava kojemu predamo 1676 J topline i istodobno obavimo na njemu rad 838 J?

Rješenje 431

$$Q = 1676 \text{ J}, \quad -W = 838 \text{ J rad obavlja vanjska sila}, \quad \Delta U = ?$$

Unutarnju energiju tijela možemo promijeniti na dva načina: međusobnim dodiranjem dvaju tijela različitih temperatura i mehaničkim radom. Općenito to možemo izraziti ovako:

$$\Delta U = Q - W,$$

gdje je ΔU promjena unutarnje energije tijela, Q toplina, a W mehanički rad. Rad W može biti pozitivan ili negativan. Rad W je pozitivna veličina ako sustav obavlja rad, a negativna ako ga obavljaju vanjske sile. Veličinu Q smatramo pozitivnom ako toplinu dovodimo sustavu, a negativnom ako je odvodimo od sustava.

$$\Delta U = Q - (-W) \Rightarrow \Delta U = Q + W = 1676 \text{ J} + 838 \text{ J} = 2514 \text{ J} = 25.14 \cdot 10^2 \text{ J}.$$

Vježba 431

Kolika je promjena unutarnje energije sustava kojemu predamo 1682 J topline i istodobno obavimo na njemu rad 832 J?

Rezultat: $25.14 \cdot 10^2 \text{ J}.$

Zadatak 432 (Matija, tehnička škola)

Vlak mase $2 \cdot 10^6$ kg vozi brzinom 54 km/h i zaustavi se kočnicama. Kolika je promjena unutarnje energije kočnica i kotača?

Rješenje 432

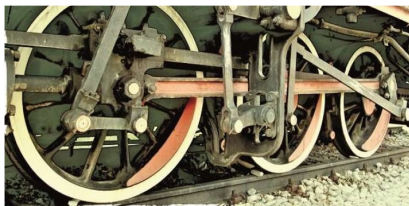
$$m = 2 \cdot 10^6 \text{ kg}, \quad v_1 = 54 \text{ km/h} = [54 : 3.6] = 15 \text{ m/s}, \quad v_2 = 0 \text{ m/s}, \quad \Delta U = ?$$

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Promjena unutarnje energije kočnica i kotača jednaka je promjeni kinetičke energije.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta E_k = E_{k1} - E_{k2} \\ \Delta U = \Delta E_k \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta U = E_{k1} - E_{k2} \Rightarrow \Delta U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 =$$
$$= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \left(15 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 2.25 \cdot 10^8 \text{ J}.$$



Vježba 432

Vlak mase $2 \cdot 10^3$ t vozi brzinom 54 km/h i zaustavi se kočnicama. Kolika je promjena unutarnje energije kočnica i kotača?

Rezultat: $2.25 \cdot 10^8 \text{ J}$.

Zadatak 433 (Matija, tehnička škola)

Kolikoj je toplini ekvivalentan rad što ga u jednom satu obavi dizalica koja ima snagu 735 W?

Rješenje 433

$$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}, \quad P = 735 \text{ W}, \quad Q = ?$$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

$$\left. \begin{array}{l} W = P \cdot t \\ Q = W \end{array} \right\} \Rightarrow Q = P \cdot t = 735 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 2.646 \cdot 10^6 \text{ J} = 2646 \text{ kJ}.$$

Vježba 433

Kolikoj je toplini ekvivalentan rad što ga u pola sata obavi dizalica koja ima snagu 1470 W?

Rezultat: $2.646 \cdot 10^6 \text{ J} = 2646 \text{ kJ}$.

Zadatak 434 (Matea, srednja škola)

U kalorimetar nalijemo 0.5 kg vode temperature 20°C , dodamo komad leda mase 0.1 kg i temperature 0°C te uvedemo 0.1 kg vodene pare od 100°C . Kolika je temperatura smjese nakon uspostavljanja toplinske ravnoteže? Zanimarite gubitke (zagrijavanje kalorimetra i sl.) (specifični toplinski kapacitet vode $c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$, specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$, specifična toplina isparavanja vode $r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$)

Rješenje 434

$$m_1 = 0.5 \text{ kg}, \quad t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad m_2 = 0.1 \text{ kg}, \quad t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad m_3 = 0.1 \text{ kg}, \quad t_3 = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \\ c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad \lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}, \quad r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}, \quad t = ?$$

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.

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.

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.

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.

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

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

Neka je t temperatura smjese koja se dobije miješanjem vode, leda i vodene pare. Količina topline koju pritom primi voda je

$$Q_1 = m_1 \cdot c \cdot (t - t_1).$$

Ukupna količina topline koju primi led kada se najprije rastopi, a zatim prijeđe u vodu, koja se zagrije do temperature smjese, iznosi:

$$Q_2 = m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot (t - t_2).$$

Ukupna količina topline koju vodena para predaje ledu i vodi iznosi

$$Q_3 = m_3 \cdot r + m_3 \cdot c \cdot (t_3 - t)$$

jer se para najprije kondenzira, a zatim se nastala voda ohladi do temperature smjese t .

Prema zakonu očuvanja energije količina topline koju je vodena para predala jednaka je količini topline koju su primili led i voda.

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot (t - t_1) + m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot (t - t_2) = m_3 \cdot r + m_3 \cdot c \cdot (t_3 - t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c \cdot t - m_1 \cdot c \cdot t_1 + m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot t - m_2 \cdot c \cdot t_2 = m_3 \cdot r + m_3 \cdot c \cdot t_3 - m_3 \cdot c \cdot t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot c \cdot t + m_2 \cdot c \cdot t + m_3 \cdot c \cdot t = m_3 \cdot r + m_3 \cdot c \cdot t_3 + m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot t_2 \Rightarrow$$

$$\begin{aligned}
&\Rightarrow c \cdot t \cdot (m_1 + m_2 + m_3) = m_3 \cdot r + m_3 \cdot c \cdot t_3 + m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot t_2 \Rightarrow \\
&\Rightarrow c \cdot t \cdot (m_1 + m_2 + m_3) = m_3 \cdot r - m_2 \cdot \lambda + m_1 \cdot c \cdot t_1 + m_2 \cdot c \cdot t_2 + m_3 \cdot c \cdot t_3 \Rightarrow \\
&\quad \Rightarrow c \cdot t \cdot (m_1 + m_2 + m_3) = m_3 \cdot r - m_2 \cdot \lambda + c \cdot (m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot t_3) \Rightarrow \\
&\Rightarrow c \cdot t \cdot (m_1 + m_2 + m_3) = m_3 \cdot r - m_2 \cdot \lambda + c \cdot (m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot t_3) \cdot \frac{1}{(m_1 + m_2 + m_3) \cdot c} \Rightarrow \\
&\quad \Rightarrow t = \frac{m_3 \cdot r - m_2 \cdot \lambda + c \cdot (m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot t_3)}{(m_1 + m_2 + m_3) \cdot c} \Rightarrow \\
&\quad \Rightarrow t = \frac{m_3 \cdot r - m_2 \cdot \lambda}{(m_1 + m_2 + m_3) \cdot c} + \frac{c \cdot (m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 + m_3 \cdot t_3)}{(m_1 + m_2 + m_3) \cdot c} = \\
&\quad = \frac{0.1 \text{ kg} \cdot 22.6 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} - 0.1 \text{ kg} \cdot 3.3 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{(0.5 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg}) \cdot 4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} + \\
&\quad + \frac{4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (0.5 \text{ kg} \cdot 20^\circ \text{C} + 0.1 \text{ kg} \cdot 0^\circ \text{C} + 0.1 \text{ kg} \cdot 100^\circ \text{C})}{(0.5 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg}) \cdot 4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 94.37^\circ \text{C}.
\end{aligned}$$

Vježba 434

U kalorimetar nalijemo 50 dag vode temperature 20°C , dodamo komad leda mase 10 dag i temperature 0°C te uvedemo 10 dag vodene pare od 100°C . Kolika je temperatura smjese nakon uspostavljanja toplinske ravnoteže? Zanimarite gubitke (zagrijavanje kalorimetra i sl.) (specifični toplinski kapacitet vode $c = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$, specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$, specifična toplina isparavanja vode $r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$)

Rezultat: 94.37°C .

Zadatak 435 (Matea, srednja škola)

Promatramo zagrijavanje 1 kg leda temperature -10°C . Kolika je potrebna toplina da voda nastala iz tog leda potpuno ispari? (specifični toplinski kapacitet leda $c_1 = 2.1 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$, specifični toplinski kapacitet vode $c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$, specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$, specifična toplina isparavanja vode $r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$)

Rješenje 435

$$m = 1 \text{ kg}, \quad t_1 = -10^\circ \text{C}, \quad t_2 = 0^\circ \text{C} \text{ ledište vode}, \quad t_3 = 100^\circ \text{C} \text{ vrelište vode}, \\
c_1 = 2.1 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad \lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}, \quad r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}, \\
Q = ?$$

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.

Toplinu koju moramo predati čvrstom tijelu mase m da bi se ono rastalilo možemo izračunati iz izraza

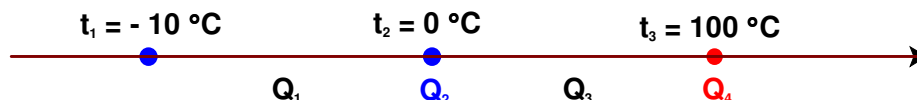
$$Q_t = m \cdot \lambda,$$

gdje je λ specifična toplina taljenja.

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. Toplino 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.



Ukupna potrebna količina topline Q jednaka je zbroju:

- topline potrebne za zagrijavanje leda od $t_1 = -10 \text{ °C}$ do $t_2 = 0 \text{ °C}$

$$Q_1 = m \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

- topline potrebne za otapanje leda

$$Q_2 = m \cdot \lambda$$

- topline potrebne za zagrijavanje vode od $t_2 = 0 \text{ °C}$ do $t_3 = 100 \text{ °C}$

$$Q_3 = m \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_2)$$

- topline potrebne za isparavanje vode

$$Q_4 = m \cdot r.$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \Rightarrow Q = m \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) + m \cdot \lambda + m \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_2) + m \cdot r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = m \cdot [c_1 \cdot (t_2 - t_1) + \lambda + c_2 \cdot (t_3 - t_2) + r] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = m \cdot [c_1 \cdot (t_2 - t_1) + \lambda] + m \cdot [c_2 \cdot (t_3 - t_2) + r] =$$

$$= 1 \text{ kg} \cdot \left[2.1 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (0 \text{ °C} - (-10 \text{ °C})) + 3.3 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] +$$

$$+ 1 \text{ kg} \cdot \left[4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 \text{ °C} - 0 \text{ °C}) + 22.6 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] = 3.03 \cdot 10^6 \text{ J} = 3.03 \text{ MJ}.$$

Vježba 435

Promatramo zagrijavanje 100 dag leda temperature -10 °C . Kolika je potrebna toplina da voda nastala iz tog leda potpuno ispari? (specifični toplinski kapacitet leda $c_1 = 2.1 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$), specifični toplinski kapacitet vode $c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$, specifična toplina taljenja leda $\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$, specifična toplina isparavanja vode $r = 22.6 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$)

Rezultat: 3.03 MJ.

Zadatak 436 (Rex, gimnazija)

Da bi se određena masa neke tvari zagrijala od 20 °C do 80 °C potrebno je četiri puta manje energije nego za zagrijavanje jednake mase vode od 20 °C do vrenja. Koliki je specifični toplinski kapacitet te tvari? (specifični toplinski kapacitet vode $c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$)

Rješenje 436

$$m_1 = m, \quad t_1 = 20 \text{ °C}, \quad t_2 = 80 \text{ °C}, \quad m_2 = m, \quad t_3 = 100 \text{ °C} \text{ vrelište vode,}$$

$$c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad c_1 = ?$$

Toplina Q je onaj dio unutarnje energije tijela koji prelazi s jednog tijela na drugo zbog razlike temperatura tih tijela. Toplino 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.

nepoznata tvar	voda
$m_1 = m$	$m_2 = m$
c_1	$c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$
$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
$t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$	$t_3 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
Q_1	Q_2

Prema uvjetu zadatka energija Q_1 potrebna za zagrijavanje tvari četiri puta je manja od energije Q_2 potrošene za zagrijavanje vode.

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{1}{4} \cdot Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) = \frac{1}{4} \cdot m_2 \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow m \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) = \frac{1}{4} \cdot m \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow m \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) = \frac{1}{4} \cdot m \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_1) \cdot \frac{1}{m \cdot (t_2 - t_1)} \Rightarrow c_1 = \frac{c_2 \cdot (t_3 - t_1)}{4 \cdot (t_2 - t_1)} = \\ &= \frac{4.19 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C})}{4 \cdot (80 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C})} = 1396.67 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \approx 1397 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}. \end{aligned}$$

Vježba 436

Da bi se određena masa neke tvari zagrijala od $20 \text{ }^\circ\text{C}$ do $80 \text{ }^\circ\text{C}$ potrebno je tri puta manje energije nego za zagrijavanje jednake mase vode od $20 \text{ }^\circ\text{C}$ do vrenja. Koliki je specifični toplinski kapacitet te tvari? (specifični toplinski kapacitet vode $c_2 = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$)

Rezultat: $1862 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$.

Zadatak 437 (Anna, gimnazija)

Koliki rad utroši plin početnog obujma 3 L kad mu se uz stalni tlak $2.026 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ povisi temperatura od $27 \text{ }^\circ\text{C}$ na $227 \text{ }^\circ\text{C}$?

Rješenje 437

$$V_1 = 3 \text{ L} = 3 \text{ dm}^3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad p = 2.026 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \quad t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}, \quad t_2 = 227 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = (273 + 227) \text{ K} = 500 \text{ K}, \quad W = ?$$

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

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

Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

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

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \\ W = p \cdot (V_2 - V_1) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \\ W = p \cdot (V_2 - V_1) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \cdot T_2 \\ W = p \cdot (V_2 - V_1) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \\ W = p \cdot (V_2 - V_1) \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W = p \cdot \left(V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_1 \right) \Rightarrow W = p \cdot V_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) =$$

$$= 2.026 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \left(\frac{500 \text{ K}}{300 \text{ K}} - 1 \right) = 405.2 \text{ J}.$$

Vježba 437

Koliki rad utroši plin početnog obujma 3 L kad mu se uz stalni tlak 202.6 kPa povisi temperatura od 27 °C na 227 °C?

Rezultat: 405.2 J.

Zadatak 438 (Luka, gimnazija)

U posudi s pokretnim klipom površine presjeka 100 cm² nalazi se plin temperature 20 °C, volumena 0.4 litre. Za koliko će se pomaknuti klip ako se plin zagrije do 100 °C? Pretpostavite da je navedeni proces zagrijavanja plina **izobaran**.

Rješenje 438

$$S = 100 \text{ cm}^2 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2, \quad t_1 = 20 \text{ °C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = (273 + 20) \text{ K} = 293 \text{ K},$$

$$V_1 = 0.4 \text{ L} = 0.4 \text{ dm}^3 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, \quad t_2 = 100 \text{ °C} \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = (273 + 100) \text{ K} = 373 \text{ K},$$

$$\Delta h = ?$$

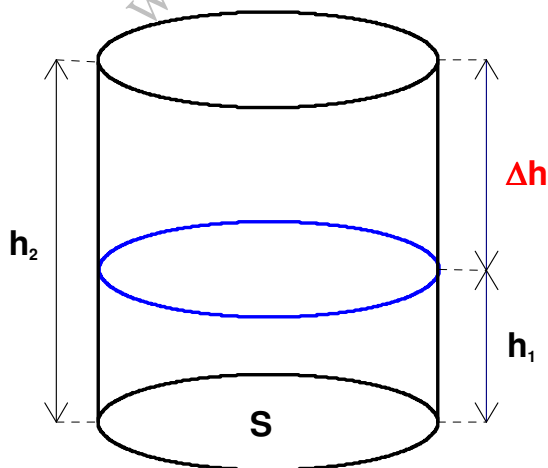
Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

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

Obujam valjka

Uspravni i kosi valjak polumjera osnovke (baze) r i visine v imaju jednake obujmove. Taj obujam iznosi:

$$V = S \cdot v \Rightarrow V = r^2 \cdot \pi \cdot v.$$



Visine klipa prije i nakon zagrijavanja plina dane su formulama:

$$\left. \begin{array}{l} V_1 = S \cdot h_1 \\ V_2 = S \cdot h_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} S \cdot h_1 = V_1 \\ S \cdot h_2 = V_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} S \cdot h_1 = V_1 /: S \\ S \cdot h_2 = V_2 /: S \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} h_1 = \frac{V_1}{S} \\ h_2 = \frac{V_2}{S} \end{array} \right\}.$$

Budući da je proces izobaran, vrijedi plinska jednadžba:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{S \cdot h_1}{T_1} = \frac{S \cdot h_2}{T_2} \Rightarrow \frac{S \cdot h_1}{T_1} = \frac{S \cdot h_2}{T_2} / \frac{1}{S} \Rightarrow \frac{h_1}{T_1} = \frac{h_2}{T_2} \Rightarrow \frac{h_2}{T_2} = \frac{h_1}{T_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{h_2}{T_2} = \frac{h_1}{T_1} / T_2 \Rightarrow h_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot h_1.$$

Zagrijavanjem plina klip će se pomaknuti za Δh .

$$\Delta h = h_2 - h_1 \Rightarrow \Delta h = \frac{T_2}{T_1} \cdot h_1 - h_1 \Rightarrow \Delta h = h_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \Rightarrow \left[h_1 = \frac{V_1}{S} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{V_1}{S} \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = \frac{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} \cdot \left(\frac{373 \text{ K}}{293 \text{ K}} - 1 \right) = 0.011 \text{ m} = 1.1 \text{ cm}.$$

Vježba 438

U posudi s pokretnim klipom površine presjeka 1 dm^2 nalazi se plin temperature $20 \text{ }^\circ\text{C}$, volumena 4 dl . Za koliko će se pomaknuti klip ako se plin zagrije do $100 \text{ }^\circ\text{C}$? Pretpostavite da je navedeni proces zagrijavanja plina **izobaran**.

Rezultat: 1.1 cm.

Zadatak 439 (Nikola, Ivana, srednja škola)

Koliki je brid drvene kocke, mase 2 kg , ako je gustoća drveta 850 kg / m^3 ?

Rješenje 439

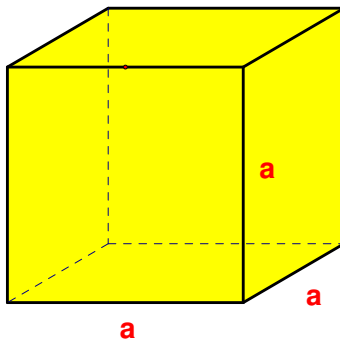
$$m = 2 \text{ kg}, \quad \rho = 850 \text{ kg / m}^3, \quad a = ?$$

Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz kvocijenta mase m tijela i njegova obujma V :

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

Kocka (heksaedar) pravilan je poliedar. Omeđena je sa šest sukladnih strana koje su kvadrati. Obujam kocke brida a iznosi

$$V = a^3.$$



Računamo brid kocke.

$$\left. \begin{array}{l} V = a^3 \\ V = \frac{m}{\rho} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow a^3 = \frac{m}{\rho} \Rightarrow a^3 = \frac{m}{\rho} / \sqrt[3]{} \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2 \text{ kg}}{850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} = 0.133 \text{ m} = 13.3 \text{ cm}.$$

Vježba 439

Koliki je brid drvene kocke, mase 200 dag, ako je gustoća drveta 850 kg / m^3 ?

Rezultat: 13.3 cm.

Zadatak 440 (Nikola, Ivana, srednja škola)

Kolika je površina aluminijskog lima, debljine 1 mm, ako je njegova masa 1 kg? Gustoća aluminijskog lima je 2700 kg / m^3 .

Rješenje 440

$$d = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m}, \quad m = 1 \text{ kg}, \quad \rho = 2700 \text{ kg / m}^3, \quad S = ?$$

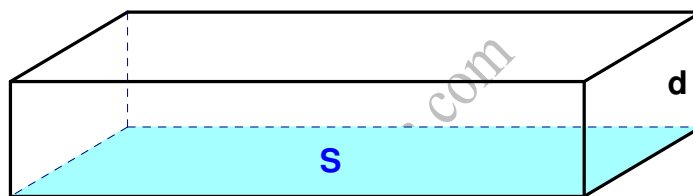
Gustoću ρ neke tvari možemo naći iz kvocijenta mase m tijela i njegova obujma V :

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

Prizma je geometrijsko tijelo omeđeno dvama sukladnim poligonima (mnogokutima) i paralelogramima. Osnovke (baze) prizme su poligoni, a paralelogrami čine pobočje. Ako je osnovka pravilan poligon i ako je prizma uspravna, ona je pravilna. Prizma kojoj je pobočni brid okomit na osnovku zove se uspravna. Duljina visine prizme jednaka je udaljenosti između ravnina u kojima leže osnovke.

Obujam (volumen) prizme s bazom (osnovkom) ploštine S i visinom v iznosi:

$$V = S \cdot v.$$



Računamo površinu S lima. Lim ima oblik pravilne uspravne prizme pa vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} V = S \cdot d \\ V = \frac{m}{\rho} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow S \cdot d = \frac{m}{\rho} \Rightarrow S \cdot d = \frac{m}{\rho} / \cdot \frac{1}{d} \Rightarrow S = \frac{m}{\rho \cdot d} =$$
$$= \frac{1 \text{ kg}}{2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.001 \text{ m}} = 0.37 \text{ m}^2.$$

Vježba 440

Kolika je površina aluminijskog lima, debljine 0.1 cm, ako je njegova masa 100 dag? Gustoća aluminijskog lima je 2700 kg / m^3 .

Rezultat: 0.37 m^2 .