

### Zadatak 221 (Marko, gimnazija)

U zatvorenoj posudi obujma  $1 \text{ m}^3$  nalazi se  $0.5 \text{ kg}$  vode i  $1.6 \text{ kg}$  kisika. Odredi tlak u posudi pri  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  ako znamo da pri toj temperaturi sva voda prijeđe u paru. (plinska konstanta  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

### Rješenje 221

$$V = 1 \text{ m}^3, \quad m_1 = 0.5 \text{ kg}, \quad m_2 = 1.6 \text{ kg}, \quad t = 500 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + t = 273 + 500 = 773 \text{ K}, \quad R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}), \quad p = ?$$

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

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

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

U smjesi nekoliko plinova ukupni će tlak biti jednak zbroju parcijalnih tlakova pomiješanih plinova. Tlak smjese je

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n,$$

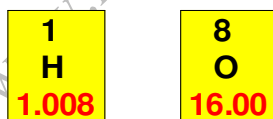
gdje su  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  tlakovi pojedinih plinova.

Relativna atomska masa  $A_r$ , nekog atoma, odnosno molekule  $M_r$ , jest broj koji govori koliko je puta masa atoma ili molekule veća od  $\frac{1}{12}$  mase atoma izotopa  $^{12}_6\text{C}$ . Masa  $\frac{1}{12}$  mase atoma izotopa ugljika  $^{12}_6\text{C}$  jest atomska jedinica mase (znak:  $u$ ). Izražena u kilogramima, ta masa iznosi

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

- Računamo parcijalni tlak vode

Molnu masu  $M$  vode (vodene pare) odredit ćemo tako da najprije odredimo relativnu molekulsku masu  $M_r$ . Ona je jednaka zbroju relativnih atomskih masa dva atoma vodika i jednog atoma kisika čije su vrijednosti naznačene u periodnom sustavu elemenata.



$$M_r = 2 \cdot 1.008 + 16.00 = 18.016.$$

Molna masa vode iznosi:

$$M = 18.016 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18.016 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}.$$

Parcijalni tlak vode je:

$$\begin{aligned} p_1 \cdot V &= \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p_1 \cdot V = \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T \cdot \frac{1}{V} \Rightarrow p_1 = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{M \cdot V} = \\ &= \frac{0.5 \text{ kg} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 773 \text{ K}}{18.016 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 1 \text{ m}^3} = 178361.51 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

- Računamo parcijalni tlak kisika

Molnu masu  $M$  kisika odredit ćemo tako da najprije odredimo relativnu molekulsku masu  $M_r$ . Ona je jednaka zbroju relativnih atomskih masa dva atoma kisika čija je vrijednost naznačena u periodnom sustavu elemenata.



$$M_r = 2 \cdot 16.00 = 32.00.$$

Molna masa kisika iznosi:

$$M = 32.00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 32.00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}.$$

Parcijalni tlak kisika je:

$$\begin{aligned} p_2 \cdot V &= \frac{m_2}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p_2 \cdot V = \frac{m_2}{M} \cdot R \cdot T \cdot \frac{1}{V} \Rightarrow p_2 = \frac{m_2 \cdot R \cdot T}{M \cdot V} = \\ &= \frac{1.6 \text{ kg} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 773 \text{ K}}{32.00 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 1 \text{ m}^3} = 321336.1 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

Tlak u posudi iznosi:

$$p = p_1 + p_2 = 178361.51 \text{ Pa} + 321336.1 \text{ Pa} = 499697.61 \text{ Pa} = 4.997 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

### Vježba 221

U zatvorenoj posudi obujma  $1000 \text{ dm}^3$  nalazi se 50 dag vode i 160 dag kisika. Odredi tlak u posudi pri  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  ako znamo da pri toj temperaturi sva voda prijeđe u paru. (plinska konstanta  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

**Rezultat:**  $4.997 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

### Zadatak 222 (Marko, gimnazija)

Smjesa plinova sadrži pri normiranom tlaku 65.0 % dušika, 15.0 % kisika i 20.0 % ugljičnog dioksida. Koliki je parcijalni tlak svakog plina? (normirani tlak  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ )

#### Rješenje 222

$p_1 = 65.0 \% = 0.65$  dušik,  $p_2 = 15.0 \% = 0.15$  kisik,  $p_3 = 20.0 \% = 0.20$  ugljični dioksid,  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ ,  $p_1 = ?$ ,  $p_2 = ?$ ,  $p_3 = ?$

U smjesi nekoliko plinova ukupni će tlak biti jednak zbroju parcijalnih tlakova pomiješanih plinova. Tlak smjese je

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n,$$

gdje su  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  tlakovi pojedinih plinova.

Kako se računa  $p\%$  od  $x$ ?

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

Računamo parcijalni tlak svakog plina u smjesi.

- Dušik

$$p_1 = p(N_2) = \frac{65}{100} \cdot p_0 = 0.65 \cdot 101325 \text{ Pa} = 65861.25 \text{ Pa}$$

- Kisik

$$p_2 = p(O_2) = \frac{15}{100} \cdot p_0 = 0.15 \cdot 101325 \text{ Pa} = 15198.75 \text{ Pa}$$

- Ugljični dioksid

$$p_3 = p(CO_2) = \frac{20}{100} \cdot p_0 = 0.20 \cdot 101325 \text{ Pa} = 20265 \text{ Pa}$$

### Vježba 222

Smjesa plinova sadrži pri normiranom tlaku 75.0 % dušika, 25.0 % kisika. Koliki je parcijalni tlak svakog plina? (normirani tlak  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ )

**Rezultat:**  $N_2 - 75993.75 \text{ Pa}$  ,  $O_2 - 25331.25 \text{ Pa}$ .

### Zadatak 223 (Sonja, gimnazija)

U cilindru poprečnog presjeka  $10^{-2} \text{ m}^2$  nalazi se zrak čija je temperatura  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  pod tlakom  $1.014 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Na visini  $0.6 \text{ m}$  od dna nalazi se klip. Za koliko se klip spusti ako na njega stavimo uteg težine  $981 \text{ N}$ , a zrak se u cilindru pritom zagrije na  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Zanimajte trenje klipa o zidove i njegovu težinu.

### Rješenje 223

$$S = 10^{-2} \text{ m}^2, \quad t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = 273 + 12 = 285 \text{ K}, \quad p_1 = 1.014 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \\ h_1 = 0.6 \text{ m}, \quad G = 981 \text{ N}, \quad t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad \Delta h = ?$$

Tlak je omjer sile što jednoliko raspoređena djeluje okomito na neku površinu i te površine

$$p = \frac{F}{S}.$$

Obujam valjka, površine baze (osnovke)  $S$  i visine  $h$ , glasi

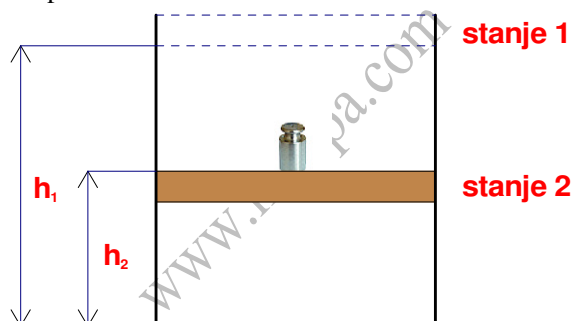
$$V = S \cdot h.$$

Jednadžba stanja plina

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

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

što vrijedi za određenu masu plina.



Kada je klip cilindra na visini  $h_1$  (stanje 1) tlak zraka u njemu je  $p_1$ . Stavimo li na klip uteg težine  $G$  klip će se spustiti na visinu  $h_2$  (stanje 2), a tlak zraka porasti na

$$p_2 = p_1 + \frac{G}{S},$$

gdje je  $G$  težina utega,  $S$  površina baze klipa.

Obujam zraka koji se nalazi ispod klipa mijenjat će se zbog povećanja tlaka i temperature. Zato stanje 1 i stanje 2 zraka u cilindru možemo opisati jednadžbom

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

Pomoću te formule dobije se visina  $h_2$ .

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = p_2 \cdot V_2 \cdot T_1 \Rightarrow p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = p_2 \cdot V_2 \cdot T_1 \cdot \frac{1}{p_2 \cdot V_1 \cdot T_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \Rightarrow \frac{S \cdot h_2}{S \cdot h_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \Rightarrow \frac{S \cdot h_2}{S \cdot h_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \cdot \frac{1}{h_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow h_2 = h_1 \cdot \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1}.$$

Razlika visina  $h_1$  i  $h_2$  je odgovor na pitanje za koliko se spusti klip.

$$\Delta h = h_1 - h_2 \Rightarrow \Delta h = h_1 - h_1 \cdot \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \Rightarrow \Delta h = h_1 \cdot \left( 1 - \frac{p_1 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_1} \right) \Rightarrow h_1 \cdot \left( 1 - \frac{p_1 \cdot T_2}{\left( p_1 + \frac{G}{S} \right) \cdot T_1} \right) =$$

$$= 0.6 \text{ m} \cdot \left( 1 - \frac{1.014 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 300 \text{ K}}{\left( 1.014 \cdot 10^5 \text{ Pa} + \frac{981 \text{ N}}{10^{-2} \text{ m}^2} \right) \cdot 285 \text{ K}} \right) = 0.279 \text{ m} = 279 \text{ mm}.$$

### Vježba 223

U cilindru poprečnog presjeka  $1 \text{ dm}^2$  nalazi se zrak čija je temperatura  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  pod tlakom  $1.014 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Na visini  $6 \text{ dm}$  od dna nalazi se klip. Za koliko se klip spusti ako na njega stavimo uteg težine  $981 \text{ N}$ , a zrak se u cilindru pritom zagrije na  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Zanimajte trenje klipa o zidove i njegovu težinu.

**Rezultat:** 279 mm.

### Zadatak 224 (Mira, gimnazija)

Otvorena staklena boca obujma  $500 \text{ cm}^3$  ispunjena je zrakom. Boca zagrijemo do  $227 \text{ }^\circ\text{C}$  i zatim je grlom prema dolje uronimo u vodu. Koja će masa vode ući u bocu kad se temperatura zraka u njoj snizi na  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Gustoća vode kod  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  je  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Rješenje 224

$$V_1 = 500 \text{ cm}^3 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, \quad t_1 = 227 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = 273 + 227 = 500 \text{ K},$$

$$t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3, \quad m = ?$$

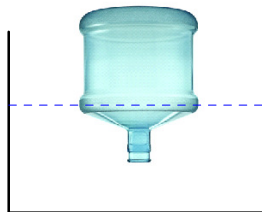
Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay-Lussacovu zakonu:

$$p = \text{konst.} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad \frac{V}{T} = \text{konst.}$$

što znači da za različita stanja iste mase nekog plina, uz stalan tlak, omjer  $\frac{V}{T}$  ostaje uvijek isti.

Gustoću  $\rho$  neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

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



Neka je  $V_1$  obujam zraka na temperaturi  $T_1$ , a  $V_2$  obujam zraka nakon hlađenja. Budući da je tlak stalan (izobarna promjena!), slijedi

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

Obujam vode koja je ušla u posudu jednaka je razlici obujmova zraka  $V_1$  i  $V_2$ .

$$\Delta V = V_1 - V_2 \Rightarrow \Delta V = V_1 - V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta V = V_1 \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right).$$

Masa vode koja će ući u bocu iznosi:

$$m = \rho \cdot \Delta V \Rightarrow m = \rho \cdot V_1 \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \left(1 - \frac{300 \text{ K}}{500 \text{ K}}\right) = 0.2 \text{ kg} = 200 \text{ g}.$$

### Vježba 224

Otvorena staklena boca obujma  $0.5 \text{ dm}^3$  ispunjena je zrakom. Bocu zagrijemo do  $227^\circ\text{C}$  i zatim je grlom prema dolje uronimo u vodu. Koja će masa vode ući u bocu kad se temperatura zraka u njoj snizi na  $27^\circ\text{C}$ ? Gustoća vode kod  $27^\circ\text{C}$  je  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

**Rezultat:** 200 g.

### Zadatak 225 (Ella, gimnazija)

Plin mase  $16 \text{ g}$  zauzima obujam  $1600 \text{ cm}^3$  pri tlaku  $10^6 \text{ Pa}$  i temperaturi  $112^\circ\text{C}$ . Odredite koji je to plin. (plinska konstanta  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

### Rješenje 225

$$m = 16 \text{ g} = 0.016 \text{ kg}, \quad V = 1600 \text{ cm}^3 = 0.0016 \text{ m}^3, \quad p = 10^6 \text{ Pa}, \\ t = 112^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + t = 273 + 112 = 385 \text{ K}, \quad R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}), \quad M = ?$$

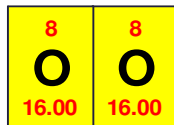
Jednadžba plinskog stanja idealnog plina glasi:

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

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

Molna masa  $M$  plina iznosi:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \quad | \cdot \frac{M}{p \cdot V} \Rightarrow M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} = \\ = \frac{0.016 \text{ kg} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 385 \text{ K}}{10^6 \text{ Pa} \cdot 0.0016 \text{ m}^3} = 0.032 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$



To je molna masa kisika,  $\text{O}_2$ .

### Vježba 225

Plin mase  $1.6 \text{ dag}$  zauzima obujam  $1.6 \text{ dm}^3$  pri tlaku  $10^6 \text{ Pa}$  i temperaturi  $112^\circ\text{C}$ . Odredite koji je to plin. (plinska konstanta  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

**Rezultat:** Plin je kisik.

### Zadatak 226 (Mira, gimnazija)

Kolika je toplinska snaga kroz prozorsko staklo površine  $1.5 \text{ m}^2$  i debljine  $3 \text{ mm}$  ako su temperature vanjske i unutarnje stijenke  $10^\circ\text{C}$ , odnosno  $15^\circ\text{C}$ ? (koeficijent toplinske vodljivosti stakla  $\lambda = 0.8 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )

### Rješenje 226

$$S = 1.5 \text{ m}^2, \quad d = 3 \text{ mm} = 0.003 \text{ m}, \quad \Delta T = (15 - 10) \text{ K} = 5 \text{ K}, \quad \lambda = 0.8 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), \\ q = ?$$

Fourierov zakon vođenja topline:

Toplinski tok, tj. omjer provedene topline i vremena vođenja je zadan formulom

$$q = \lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{d},$$

gdje je  $\lambda$  koeficijent toplinske vodljivosti materijala,  $S$  ploština površine kroz koju prolazi toplina (površina okomita na smjer toplinskog toka),  $\Delta T = T_1 - T_2$  razlika temperatura na krajevima ploče,  $d$  debljina ploče kroz koju promatramo vođenje topline.

Toplinski tok iznosi:

$$q = \lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{d} = 0.8 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 1.5 m^2 \cdot \frac{5 K}{0.003 m} = 2000 W = 2 kW.$$

### Vježba 226

Kolika je toplinska snaga kroz prozorsko staklo površine  $1.5 m^2$  i debljine  $3 mm$  ako su temperature vanjske i unutarnje stijenke  $10^\circ C$ , odnosno  $25^\circ C$ ? (koeficijent toplinske vodljivosti stakla  $\lambda = 0.8 W/(m \cdot K)$ )

**Rezultat:** 6 kW.

### Zadatak 227 (Sanja, gimnazija)

U čeličnoj se boci nalazi određena masa idealnog plina pri nekoj temperaturi  $T$ . Masa se plina udvostruči uz istodobno udvostručenje temperature izražene u kelvinima. Koliko se puta pritom poveća tlak plina u boci?

### Rješenje 227

$$V_1 = V, \quad m_1 = 2 \cdot m, \quad T_1 = 2 \cdot T, \quad \frac{p_1}{p} = ?$$

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 plina,  $R$  plinska konstanta,  $T$  temperatura plina izražena u kelvinima.

1. inačica

Zbog uvjeta zadatka jednadžba stanja plina

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \quad (1)$$

postaje

$$p_1 \cdot V_1 = \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T_1.$$

Tada je

$$\begin{aligned} p_1 \cdot V_1 = \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T_1 &\Rightarrow p_1 \cdot V = \frac{2 \cdot m}{M} \cdot R \cdot 2 \cdot T \Rightarrow p_1 \cdot V = 4 \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{zbog} \\ (1) \end{array} \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow p_1 \cdot V = 4 \cdot p \cdot V \Rightarrow p_1 \cdot V = 4 \cdot p \cdot V \quad /: V \Rightarrow p_1 = 4 \cdot p. \end{aligned}$$

Tlak plina poveća se 4 puta.

2. inačica

Iz sustava jednadžbi dobije se omjer tlakova plina.

$$\left. \begin{array}{l} p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \\ p_1 \cdot V_1 = \frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{p_1 \cdot V_1}{p \cdot V} = \frac{\frac{m_1}{M} \cdot R \cdot T_1}{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T} \Rightarrow \frac{p_1 \cdot V}{p \cdot V} = \frac{\frac{2 \cdot m}{M} \cdot R \cdot 2 \cdot T}{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_1 \cdot V}{p \cdot V} = \frac{\frac{2 \cdot m}{M} \cdot R \cdot 2 \cdot T}{\frac{m}{M} \cdot R \cdot T} \Rightarrow \frac{p_1}{p} = 4 \Rightarrow \frac{p_1}{p} = 4 \cdot 1 \cdot p \Rightarrow p_1 = 4 \cdot p.$$

Tlak plina poveća se 4 puta.

3. inačica

Iz jednadžbe stanja plina

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \frac{T}{1}$$

vidi se da je tlak p razmjernan sa masom m i temperaturom T. Znači, ako se masa poveća 2 puta, a temperatura 2 puta, tada će se tlak plina povećati

$$2 \cdot 2 = 4$$

puta.



### Vježba 227

U čeličnoj se boci nalazi određena masa idealnog plina pri nekoj temperaturi T. Masa se plina utrostruči uz istodobno udvostručenje temperature izražene u kelvinima. Koliko se puta pritom poveća tlak plina u boci?

**Rezultat:** 6 puta.

### Zadatak 228 (Malena, kemijska škola)

Srednja kinetička energija čestica plina pri temperaturi T iznosi  $\overline{E_k}$ . Pri kojoj će temperaturi srednja kinetička energija čestica plina biti dvostruko veća?

A)  $\frac{1}{2} \cdot T$       B)  $\frac{2}{3} \cdot T$       C)  $\frac{3}{2} \cdot T$       D)  $2 \cdot T$

### Rješenje 228

Pri određenoj temperaturi srednja kinetička energija molekula svih plinova jednaka je i ovisi samo o temperaturi T plina

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T,$$

gdje je  $k_B$  Boltzmanova konstanta, T temperatura plina izražena u kelvinima.

1. inačica

Budući da su srednja kinetička energija čestica plina i temperatura plina upravno razmjerne veličine, srednja kinetička energija čestica plina bit će dvostruko veća, ako je i temperatura dvostruko veća.

Odgovor je pod D.

2. inačica

Iz sustava jednadžbi dobije se omjer temperatura plina.

$$\left. \begin{array}{l} \overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T \\ \overline{E_k}' = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T' \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{uvjet} \\ \overline{E_k}' = 2 \cdot \overline{E_k} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T' = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T' = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T \cdot \frac{2}{3 \cdot k_B} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T' = 2 \cdot T.$$

Odgovor je pod D.

### Vježba 228

Srednja kinetička energija čestica plina pri temperaturi  $T$  iznosi  $\overline{E_k}$ . Pri kojoj će temperaturi srednja kinetička energija čestica plina biti trostruko veća?

A)  $\frac{1}{3} \cdot T$       B)  $\frac{2}{3} \cdot T$       C)  $\frac{3}{2} \cdot T$       D)  $3 \cdot T$

**Rezultat:**      Odgovor je pod D.

### Zadatak 229 (Branka, srednja škola)

Temperatura od  $37^\circ\text{C}$  iznosi \_\_\_ K. Ako se temperatura tijela povisi od  $37^\circ\text{C}$  na  $39^\circ\text{C}$ , povisila se za \_\_\_ K.

### Rješenje 229

Temperatura se obično mjeri i iskazuje Celzijevim stupnjem. Celzijev stupanj,  $^\circ\text{C}$ , određen je kao stoti dio temperaturnog intervala od ledišta vode ( $0^\circ\text{C}$ ) do vrelišta vode ( $100^\circ\text{C}$ ) pri normiranom tlaku od 101325 Pa. U fizici se često koristi i termodinamička temperaturna ljestvica. U toj ljestvici temperaturu označujemo slovom  $T$  i izražavamo jedinicom kelvin (znak K). Veza termodinamičke (apsolutne, Kelvinove) temperature  $T$  i Celzijeve temperature  $t$  jest

$$T = 273.15 + t \text{ ili } T = 273 + t,$$

gdje se  $T$  izražava u kelvinima, a  $t$  u Celzijevim stupnjevima.

Temperaturni interval izražen kelvinima jednak je temperaturnom intervalu izraženom Celzijevim stupnjevima, tj.

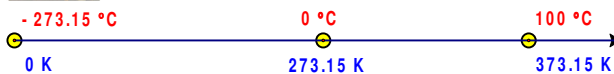
$$\Delta t = \Delta T.$$

Zato se može, na primjer, napisati da je

$$\Delta t = 5^\circ\text{C} = 5\text{ K},$$

tj. ako se temperatura tijela povisi za  $5^\circ\text{C}$ , tada se ona povisi i za 5 K. Također se može napisati da je

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



Temperatura od  $37^\circ\text{C}$  iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} T = 273 + t \\ t = 37 \end{array} \right\} \Rightarrow T = 273 + 37 \Rightarrow T = 310\text{ K}.$$

Ako se temperatura tijela povisila od  $37^\circ\text{C}$  na  $39^\circ\text{C}$  povisila se za

$$\Delta t = 39^\circ\text{C} - 37^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta t = 2^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 2\text{ K}.$$

### Vježba 229

Temperatura od  $27^\circ\text{C}$  iznosi \_\_\_ K. Ako se temperatura tijela povisi od  $25^\circ\text{C}$  na  $29^\circ\text{C}$ , povisila se za \_\_\_ K.

**Rezultat:**      300 K , 4 K.

### Zadatak 230 (Biba, srednja škola)

Imamo dva uzorka iste vrste ulja. Prvom, čija je masa 50 g, temperatura poraste za  $18^\circ\text{C}$  kad primi neku toplinu  $Q$ . Ako drugi uzorak, mase 150 g, primi upola manje topline, za koliko će stupnjeva porasti njegova temperatura?



### Rješenje 230

$$m = 50 \text{ g}, \quad \Delta t = 18 \text{ }^\circ\text{C}, \quad Q, \quad m_1 = 150 \text{ g}, \quad Q_1 = \frac{1}{2} \cdot Q, \quad c, \quad \Delta t_1 = ?$$

Toplina  $Q$  je onaj dio unutrašnje 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

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t,$$

gdje je  $m$  masa tijela,  $c$  specifični toplinski kapacitet, a  $\Delta t$  promjena temperature tijela.

1. inačica

$$\left. \begin{array}{l} Q = m \cdot c \cdot \Delta t \\ Q_1 = m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{Q_1}{Q} = \frac{m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1}{m \cdot c \cdot \Delta t} \Rightarrow \frac{\frac{1}{2} \cdot Q}{Q} = \frac{m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1}{m \cdot c \cdot \Delta t} \Rightarrow \frac{\frac{1}{2} \cdot Q}{Q} = \frac{m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1}{m \cdot c \cdot \Delta t} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{m_1 \cdot \Delta t_1}{m \cdot \Delta t} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{m_1 \cdot \Delta t_1}{m \cdot \Delta t} / \cdot \frac{m \cdot \Delta t}{m_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot \Delta t}{m_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{50 \text{ g} \cdot 18 \text{ }^\circ\text{C}}{150 \text{ g}} = 3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2. inačica

$$\left. \begin{array}{l} Q = m \cdot c \cdot \Delta t \\ Q_1 = m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} Q = m \cdot c \cdot \Delta t \\ \frac{1}{2} \cdot Q = m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot c \cdot \Delta t = m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot c \cdot \Delta t = m_1 \cdot c \cdot \Delta t_1 / \cdot \frac{1}{m_1 \cdot c} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot \Delta t}{m_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{50 \text{ g} \cdot 18 \text{ }^\circ\text{C}}{150 \text{ g}} = 3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

### Vježba 230

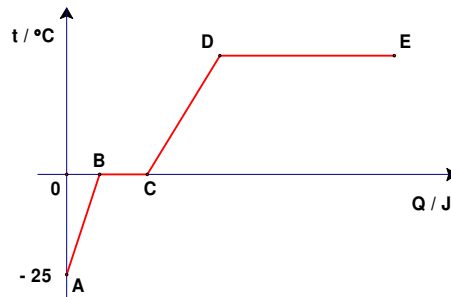
Imamo dva uzorka iste vrste ulja. Prvomu, čija je masa 100 g, temperatura poraste za 18 °C kad primi neku toplinu  $Q$ . Ako drugi uzorak, mase 300 g, primi upola manje topline, za koliko će stupnjeva porasti njegova temperatura?

**Rezultat:** 3 °C.

### Zadatak 231 (Matija, tehnička škola)

Led temperature  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$  stavi se u zatvorenu posudu koja se potom zagrijava. Na slici je prikazan graf koji pokazuje ovisnost temperature unutar posude o količini dovedene topline. Koji se dio grafa odnosi na taljenje leda?

- A) AB      B) BC      C) CD      D) DE



### Rješenje 231

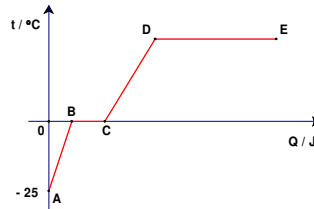
Taljenje je proces prijelaza tvari iz čvrstog agregatnog stanja u tekuće agregatno stanje. Talište je temperatura pri kojoj se čvrsto tijelo tali (odnosno očvršćuje) pri normiranom tlaku. **Ta temperatura ostaje nepromijenjena sve dok se tvar ne rastali, odnosno očvrstne.** Talište leda je na  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Odgovor je pod B.

### Vježba 231

Led temperature  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  stavi se u zatvorenu posudu koja se potom zagrijava. Na slici je prikazan graf koji pokazuje ovisnost temperature unutar posude o količini dovedene topline. Koji se dio grafa odnosi na zagrijavanje leda do tališta?

- A) AB      B) BC      C) CD      D) DE



**Rezultat:** A.

### Zadatak 232 (Nena, maturantica gimnazije)

Grijača ploča na štednjaku je kružnog oblika polumjera 10 cm. U ploču je ugrađen grijač snage 1.2 kW. Kolika je temperatura površine uključene grijaće ploče ako ploča zrači kao crno tijelo? (Stefan – Boltzmannova konstanta  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ )

### Rješenje 232

$$r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, \quad P = 1.2 \text{ kW} = 1200 \text{ W}, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4), \quad T = ?$$

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Stefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, S površina tijela,  $\sigma$  Stefan – Boltzmannova konstanta.



Temperatura površine uključene grijaće ploče, ako ploča zrači kao crno tijelo, iznosi:

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \Rightarrow P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot S} \Rightarrow T^4 = \frac{P}{\sigma \cdot S} \Rightarrow T^4 = \frac{P}{\sigma \cdot S} \cdot \sqrt[4]{\quad} \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma \cdot S}}$$
$$\Rightarrow \left[ S = r^2 \cdot \pi \right] \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma \cdot r^2 \cdot \pi}} = \sqrt[4]{\frac{1200 \text{ W}}{5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \cdot (0.1 \text{ m})^2 \cdot \pi}} = 906 \text{ K.}$$

### Vježba 232

Grijača ploča na štednjaku je kružnog oblika polumjera 1 dm. U ploču je ugrađen grijač snage 1.2 kW. Kolika je temperatura površine uključene grijaće ploče ako ploča zrači kao crno tijelo? (Stefan – Boltzmannova konstanta  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ )

**Rezultat:** 906 K.

### Zadatak 233 (Katarina, gimnazija)

Određenoj količini plina izobarnim procesom pri tlaku od 5 bar poveća se obujam od 1 litre do 3 litre. Koliki je rad plina?

### Rješenje 233

$$p = 5 \text{ bar} = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \quad V_1 = 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad V_2 = 3 \text{ l} = 3 \text{ dm}^3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \\ W = ?$$

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

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

1. inačica

Rad plina iznosi:

$$W = p \cdot (V_2 - V_1) = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}.$$

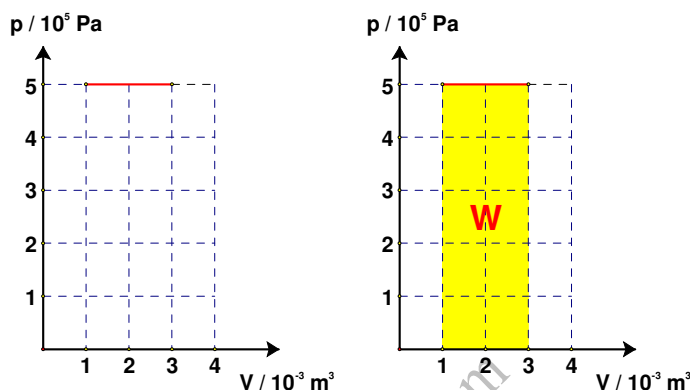
2. inačica

Zadatak rješavamo grafički.

Ploština pravokutnika, duljina stranica a i b, izračunava se po formuli

$$P = a \cdot b.$$

Nacrtamo p, V – dijagram.



U p, V – dijagramu rad je proporcionalan ploštini ispod krivulje. Budući da je rad W proporcionalan ploštini ispod krivulje (ploštini pravokutnika), slijedi:

$$W = (3-1) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}.$$

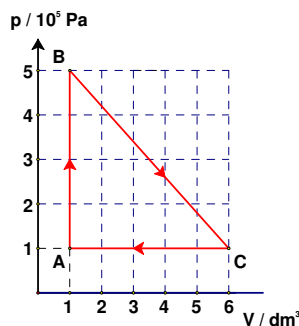
### Vježba 233

Određenoj količini plina izobarnim procesom pri tlaku od 5 bar poveća se obujam od 2 litre do 4 litre. Koliki je rad plina?

**Rezultat:** 1 kJ.

### Zadatak 234 (Katarina, gimnazija)

Idealni plin prolazi kružni proces (A → B → C → A) prikazan na slici. Izračunajte obavljeni rad.



### Rješenje 234

W = ?

#### Kružni proces

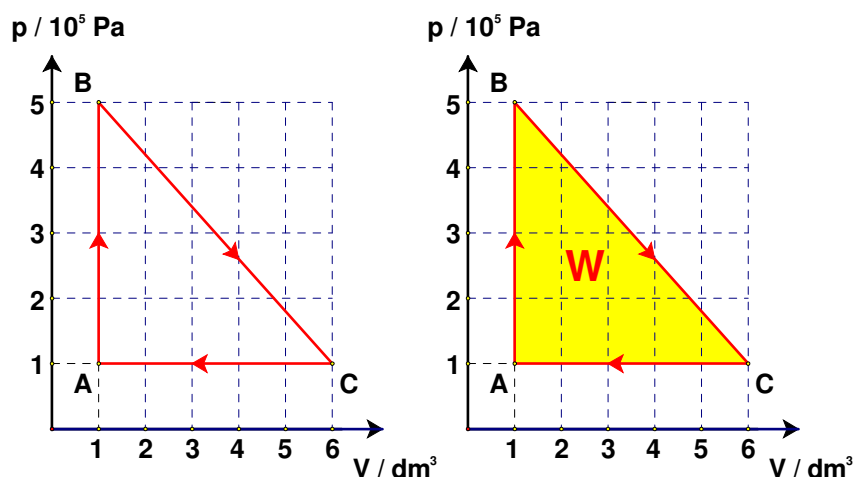
Ako je konačno stanje plina jednako početnom, imamo kružni proces. Rad u kružnom procesu brojčano je jednak ploštini koju zatvara pripadna krivulja. Rad u kružnom procesu je pozitivan ako se u p, V – dijagramu stanje plina mijenja u smjeru gibanja kazaljke na satu, a negativan je ako se stanje plina mijenja u smjeru suprotnom od gibanja kazaljke na satu.

Ploština pravokutnog trokuta, duljina kateta a i b, izračunava se po formuli

$$P = \frac{a \cdot b}{2}.$$

Sa slika vidi se:

$$p_A = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa} , p_B = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} , V_A = 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 , V_C = 6 \text{ dm}^3 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 .$$

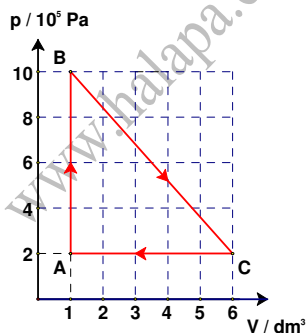


U zadanom kružnom procesu rad je brojčano jednak plošтини pravokutnog trokuta ABC.

$$W = \frac{(p_B - p_A) \cdot (V_C - V_A)}{2} = \frac{(5 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}) \cdot (6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{2} = 1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ} .$$

### Vježba 234

Idealni plin prolazi kružni proces (A → B → C → A) prikazan na slici. Izračunajte obavljeni rad.



**Rezultat:** 2 kJ.

### Zadatak 235 (Viktor, srednja škola)

Bazen za kupanje dimenzija 75 m x 10 m x 2 m ispunjen je vodom iz vodovoda temperature 17 °C. Da bi voda bila ugodnija za kupanje u bazen su ugrađeni električni grijači. Kolika treba biti snaga grijača da se voda u bazenu zagrije na ugodnih 25 °C za 5 sati? (specifični toplinski kapacitet vode  $c = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ )

### Rješenje 235

$$x = 75 \text{ m}, \quad y = 10 \text{ m}, \quad z = 2 \text{ m}, \quad t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t = 5 \text{ h} = [5 \cdot 3600] = 18000 \text{ s}, \quad c = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}), \quad \rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3, \quad P = ?$$

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  $\Delta t$  promjena temperature tijela.

Gustoću  $\rho$  neke tvari možemo naći iz omjera mase tijela i njegova obujma:

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

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

$$P = \frac{W}{t}$$

**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.

Budući da bazen ima oblik kvadra, njegov je obujam

$$V = x \cdot y \cdot z$$

pa masa vode u bazenu iznosi

$$m = \rho \cdot V \Rightarrow m = \rho \cdot x \cdot y \cdot z.$$

Toplina koju primi voda u bazenu ekvivalentna je radu električnog grijača.

$$Q = W.$$

Snaga grijača iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} Q = W \\ Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \\ m = \rho \cdot x \cdot y \cdot z \\ P = \frac{W}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} W = \rho \cdot x \cdot y \cdot z \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \\ P = \frac{W}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{\rho \cdot x \cdot y \cdot z \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{t} =$$

$$= \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 75 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (25 - 17) \text{ K}}{18000 \text{ s}} = 2800000 \text{ W} = 2800 \text{ kW} = 2.8 \cdot 10^6 \text{ W}.$$

### Vježba 235

Bazen za kupanje dimenzija 75 m x 10 m x 2 m ispunjen je vodom iz vodovoda temperature 16 °C. Da bi voda bila ugodnija za kupanje u bazen su ugrađeni električni grijači. Kolika treba biti snaga grijača da se voda u bazenu zagrije na ugodnih 24 °C za 5 sati? (specifični toplinski kapacitet vode c = 4200 J/(kg · K), gustoća vode ρ = 1000 kg/m<sup>3</sup>)

**Rezultat:** 2800 kW.

### Zadatak 236 (Goga, gimnazija)

Dvije kugle jednakih masa – olovna i čelična – pale su s iste visine u pijesak. Koja se od njih više zagrijala? (specifični toplinski kapacitet olova c<sub>1</sub> = 130 J/(kg · K), specifični toplinski kapacitet čelika c<sub>2</sub> = 460 J/(kg · K))

### Rješenje 236

$$m_1 = m_2 = m, \quad c_1 = 130 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}, \quad c_2 = 460 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}, \quad \Delta t_1 : \Delta t_2 = ?$$

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju

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

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu. Da bi se tijelu povećala kinetička energija, mora okolica na njemu obaviti rad. Ako se tijelu smanjuje kinetička energija, tijelo obavlja rad.

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.

**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 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  $\Delta t$  promjena temperature tijela.

Budući da se kugle, jednakih masa, nalaze na istoj visini, imaju jednaku gravitacijsku potencijalnu energiju. Pri udaru u zemlju sva se gravitacijska potencijalna energija pretvorila u kinetičku energiju. Zbog zakona o očuvanju energije kinetičke energije kugala jednake su. Ta energija prelazi u toplinsku energiju koja će više zagrijati olovnu kuglu jer je njezin specifični toplinski kapacitet manji od specifičnog toplinskog kapaciteta čelične kugle.

$$\left. \begin{array}{l} Q_1 = m \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 \\ Q_2 = m \cdot c_2 \cdot \Delta t_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{zakon o očuvanju energije} \\ Q_1 = Q_2 \end{array} \right] \Rightarrow m \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 = m \cdot c_2 \cdot \Delta t_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot c_1 \cdot \Delta t_1 = m \cdot c_2 \cdot \Delta t_2 \quad / \cdot \frac{1}{m \cdot c_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{c_2}{c_1} \cdot \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{460 \frac{J}{kg \cdot K}}{130 \frac{J}{kg \cdot K}} \cdot \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_1 = 3.5 \cdot \Delta t_2.$$

### Vježba 236

Dvije kugle jednakih masa – olovna i aluminijska – pale su s iste visine u pijesak. Koja se od njih više zagrijala? (specifični toplinski kapacitet olova  $c_1 = 130 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , specifični toplinski kapacitet aluminijska  $c_2 = 920 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ )

**Rezultat:** Olovna kugla.

### Zadatak 237 (Nena, srednja škola)

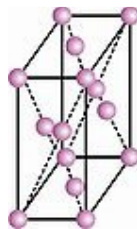
Kad se komad aluminijska zagrijava, njegove se dimenzije povećavaju jer se povećava:

- veličina atoma aluminijska
- razmak između atoma aluminijska
- broj čestica u komadu aluminijska
- veličina molekula aluminijska

### Rješenje 237

Čvrsta tijela javljaju se u karakterističnim stanjima: kristalnom i amorfnom. Kod kristalnog stanja čestice (atomi i molekule) smještene su u određenom poretku i to u čitavom obujmu tijela, tj. razmještene su u pravilnom poretku. **Zagrijavanjem čvrstog tijela molekule ili atomi se sve više razmiču.** Makroskopski se to očituje kao povećanje obujma tijela.

Odgovor je pod B.



### Vježba 237

Kad se komad bakra zagrijava, njegove se dimenzije povećavaju jer se povećava:

- A. veličina atoma bakra
- B. razmak između atoma bakra
- C. broj čestica u komadu bakra
- D. veličina molekula bakra

**Rezultat:** B.

### Zadatak 238 (Nena, srednja škola)

Poznato je da se atmosferski tlak mijenja od dana do dana. Što će se dogoditi s brodićem koji pluta na vodi kad se atmosferski tlak poveća? Brodić će:

- A. više uroniti u more
- B. manje uroniti u more
- C. jednako uroniti u more
- D. potonuti

### Rješenje 238

Zrak je smjesa plinova koju Zemlja oko sebe drži silom težom. Zemljin zračni plašt zove se Zemljina atmosfera. Unutar atmosfere javlja se tlak koji nastaje zbog težine plinova. To je atmosferski tlak. **Atmosferski tlak djeluje svuda na površini Zemlje.** Njega moramo uzeti u obzir kod tlakova u tekućini jer on kao vanjski tlak djeluje na sve slobodne površine tekućine i u njoj se širi na sve strane jednako. U stvarnosti, tlak zraka se na nekom mjestu stalno mijenja. Osnovni uzročnik promjena tlaka zraka, kako na nekoj mikrolokaciji tako i u globalnim razmjerima je razlika u temperaturi zraka.



Budući da atmosferski tlak djeluje i na brodić i na vodu, brodić će jednako uroniti u more. Odgovor je pod C.

### Vježba 238

Poznato je da se atmosferski tlak mijenja od dana do dana. Što će se dogoditi s brodićem koji pluta na vodi kad se atmosferski tlak smanji? Brodić će:

- A. više uroniti u more
- B. manje uroniti u more
- C. jednako uroniti u more
- D. potonuti

**Rezultat:** C.

### Zadatak 239 (Neca, gimnazija)

Mjehurić zraka povećava svoj obujam dva puta kada s dna jezera dođe do površine. Kolika je dubina jezera pod pretpostavkom da je temperatura vode jednaka na svim dubinama? Atmosferski tlak je  $10^5$  Pa, a gustoća vode  $10^3$  kg/m<sup>3</sup>, ubrzanje sile teže  $10$  m/s<sup>2</sup>.

### Rješenje 239

$$V_2 = 2 \cdot V_1, \quad T = \text{konst.}, \quad p_0 = 10^5 \text{ Pa}, \quad \rho = 10^3 \text{ kg/m}^3, \quad g = 10 \text{ m/s}^2, \quad h = ?$$

Ako pri promjeni stanja dane mase plina, temperatura ostaje stalna (izotermno stanje), promjene obujma i tlaka plina možemo opisati Boyle-Mariotteovim zakonom:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

Hidrostatski tlak u tekućini nastaje zbog njezine težine. On djeluje na sve strane jednako, a ovisi o visini stupca  $h$  tekućine iznad mjesta na kojemu mjerimo tlak i o gustoći tekućine  $\rho$ :

$$p = \rho \cdot g \cdot h.$$

**Tlak  $p$  povećava se linearno s dubinom tekućine, a ovisi još o gustoći tekućine  $\rho$ .**

Na dubini  $h$  jezera na mjehurić zraka djeluju atmosferski tlak i hidrostatski tlak pa je ukupni tlak:

$$p_1 = p_0 + \rho \cdot g \cdot h.$$

Na površini jezera na mjehurić zraka djeluje samo atmosferski tlak:

$$p_2 = p_0.$$

Budući da je temperatura vode jednaka na svim dubinama, riječ je o izotermnom stanju te vrijedi Boyle-Mariotteov zakon:

$$\begin{aligned} p_1 \cdot V_1 &= p_2 \cdot V_2 \Rightarrow (p_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot V_1 = p_0 \cdot 2 \cdot V_1 \Rightarrow (p_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot V_1 = p_0 \cdot 2 \cdot V_1 \quad /: V_1 \Rightarrow \\ \Rightarrow p_0 + \rho \cdot g \cdot h &= 2 \cdot p_0 \Rightarrow \rho \cdot g \cdot h = 2 \cdot p_0 - p_0 \Rightarrow \rho \cdot g \cdot h = p_0 \Rightarrow \rho \cdot g \cdot h = p_0 \quad /: \frac{1}{\rho \cdot g} \Rightarrow \\ \Rightarrow h &= \frac{p_0}{\rho \cdot g} = \frac{10^5 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10 \text{ m}. \end{aligned}$$

### Vježba 239

Mjehurić zraka poveća svoj obujam tri puta kada s dna jezera dođe do površine. Kolika je dubina jezera pod pretpostavkom da je temperatura vode jednaka na svim dubinama? Atmosferski tlak je  $10^5 \text{ Pa}$ , a gustoća vode  $10^3 \text{ kg/m}^3$ , ubrzanje sile teže  $10 \text{ m/s}^2$ .

**Rezultat:** 20 m.

### Zadatak 240 (Valentina, gimnazija)

Mjehurić zraka volumena  $1 \text{ cm}^3$  nalazi se na dubini 10 m. Temperatura vode na toj dubini je  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koliki će biti volumen mjehurića pri površini vode ako je tamo temperatura  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Atmosferski tlak je  $10^5 \text{ Pa}$ , a gustoća vode  $10^3 \text{ kg/m}^3$ . ( $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ )

### Rješenje 240

$$\begin{aligned} V_1 &= 1 \text{ cm}^3, \quad h = 10 \text{ m}, \quad t_1 = 4 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = 273 + 4 = 277 \text{ K}, \\ t_2 &= 23 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = 273 + 23 = 296 \text{ K}, \quad p_0 = 10^5 \text{ Pa}, \quad \rho = 10^3 \text{ kg/m}^3, \\ g &\approx 10 \text{ m/s}^2, \quad V_2 = ? \end{aligned}$$

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

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

Hidrostatski tlak u tekućini nastaje zbog njezine težine. On djeluje na sve strane jednako, a ovisi o visini stupca  $h$  tekućine iznad mjesta na kojemu mjerimo tlak i o gustoći tekućine  $\rho$ :

$$p = \rho \cdot g \cdot h.$$

**Tlak  $p$  povećava se linearno s dubinom tekućine, a ovisi još o gustoći tekućine  $\rho$ .**

Na dubini  $h$  jezera na mjehurić zraka djeluju atmosferski tlak  $p_0$  i hidrostatski tlak  $p_a$  je ukupni tlak:

$$p_1 = p_0 + \rho \cdot g \cdot h.$$

Na površini jezera na mjehurić zraka djeluje samo atmosferski tlak:

$$p_2 = p_0.$$

Računamo volumen zraka  $V_2$  pri površini vode.

$$\begin{aligned} \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} &= \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad /: \frac{T_2}{p_2} \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_2} \Rightarrow V_2 = \frac{(p_0 + \rho \cdot g \cdot h) \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_0} = \\ &= \frac{\left(10^5 \text{ Pa} + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m}\right) \cdot 1 \text{ cm}^3 \cdot 296 \text{ K}}{277 \text{ K} \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 2.137 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$



**Vježba 240**

Mjehurić zraka volumena  $2 \text{ cm}^3$  nalazi se na dubini 10 m. Temperatura vode na toj dubini je  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Koliki će biti volumen mjehurića pri površini vode ako je tamo temperatura  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Atmosferski tlak je  $10^5 \text{ Pa}$ , a gustoća vode  $10^3 \text{ kg/m}^3$ . ( $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ )

**Rezultat:**  $4.274 \text{ cm}^3$ .

[www.halapa.com](http://www.halapa.com)