

### Zadatak 561 (Lana, maturantica)

Za koliko će se povećati volumen željezne kocke ako joj dovedemo toplinu od 296.4 kJ? (specifični toplinski kapacitet željeza  $c = 460 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ , gustoća željeza  $\rho = 7800 \text{ kg / m}^3$ , linearni koeficijent toplinskog rastezanja željeza  $\beta = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )

$$A. 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad B. 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad C. 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad D. 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

### Rješenje 561

$$Q = 296.4 \text{ kJ} = 296400 \text{ J}, \quad c = 460 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad \rho = 7800 \text{ kg / m}^3, \quad \beta = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \\ \Delta V = ?$$

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

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

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  $\Delta t$  promjena temperature.

Ako su sve dimenzije čvrstog tijela podjednako izražene, riječ je o kubičnom rastezanju. Neka tijelo pri  $0^\circ\text{C}$  ima obujam  $V_0$ . Povećamo li tijelu temperaturu za  $t$  (od  $0^\circ\text{C}$  do  $t$ ), njegov će se obujam povećati za

$$\Delta V = 3 \cdot \beta \cdot t \cdot V_0,$$

gdje je  $\beta$  koeficijent linearnog rastezanja.

$$\left. \begin{array}{l} \rho = \frac{m}{V_0} \\ Q = m \cdot c \cdot \Delta t \\ \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot V_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot V_0 \\ \Delta t = \frac{Q}{m \cdot c} \\ \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot V_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \Delta t = \frac{Q}{\rho \cdot V_0 \cdot c} \\ \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot V_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \frac{Q}{\rho \cdot V_0 \cdot c} \cdot V_0 \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \frac{Q}{\rho \cdot V_0 \cdot c} \cdot V_0 \Rightarrow \Delta V = 3 \cdot \beta \cdot \frac{Q}{\rho \cdot c} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \cdot \frac{296400 \text{ J}}{7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = \\ = 2.97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 561

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 562 (Lily, gimnazija)

Masa molekule dušika 14 je puta veća od mase molekule vodika. Odredite temperaturu uzorka vodika ako je srednja kinetička energija kaotičnog gibanja molekule vodika jednaka srednjoj kinetičkoj energiji molekule dušika kada je temperatura dušika 300 K.

$$A. 14 \text{ K} \quad B. 196 \text{ K} \quad C. 300 \text{ K} \quad D. 4200 \text{ K}$$

### Rješenje 562

Dogovor: 1 – dušik, 2 – vodik

$$m_1 = 14 \cdot m_2, \quad \overline{E_{k1}} = \overline{E_{k2}}, \quad T_1 = 300 \text{ K}, \quad T_2 = ?$$

Kod modela idealnog plina zanemarujemo dimenzije čestica te njihovo međusobno privlačenje ili odbijanje. Srednja kinetička energija jedne čestice proporcionalna je apsolutnoj temperaturi T:

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

gdje je k Boltzmannova konstanta. Ovaj izraz pokazuje da je pri određenoj temperaturi srednja kinetička energija molekule **svih plinova jednaka**. Ona ovisi samo o temperaturi T plina.

$$\overline{E_{k1}} = \overline{E_{k2}} \Rightarrow T_2 = T_1 = 300 \text{ K}.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 562

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 563 (Vinko, srednja škola)

Neka količina zraka ima kod 24 °C obujam 1 dm<sup>3</sup>. Koji bi obujam imala uz jednak tlak kod 0 °C?

### Rješenje 563

$$t_1 = 24 \text{ °C} \Rightarrow T_1 = 273.15 + t_1 = (273.15 + 24) \text{ K} = 297.15 \text{ K}, \quad V_1 = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3, \quad t_2 = 0 \text{ °C} \Rightarrow T_2 = 273.15 + t_2 = (273.15 + 0) \text{ K} = 273.15 \text{ K}, \quad V_2 = ?$$

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

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t),$$

gdje je V<sub>0</sub> obujam pri 0 °C, a α termički koeficijent promjene obujma plina.

$$\alpha = 0.00366 \text{ K}^{-1}.$$

Ako uvedemo termodinamičku temperaturu dobivamo taj zakon izražen u obliku

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

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

1. inačica

$$V_1 = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \Rightarrow V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) = V_1 \Rightarrow V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) = V_1 \cdot \frac{1}{1 + \alpha \cdot t} \Rightarrow \\ \Rightarrow V_0 = \frac{V_1}{1 + \alpha \cdot t} = \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{1 + 0.00366 \cdot \frac{1}{\text{°C}} \cdot 24 \text{ °C}} = 9.193 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 919.3 \text{ cm}^3.$$

2. inačica

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \cdot T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1 = \\ = \frac{273.15 \text{ K}}{297.15 \text{ K}} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 9.192 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 919.2 \text{ cm}^3.$$

### Vježba 563

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 564 (Venio, gimnazija)

Koliki će volumen zauzeti vodena para (pri normalnom tlaku i temperaturi od 100 °C dobivena iz 1 L kipuće vode? Molarna masa vode je 18 g / mol. (gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ )

#### Rješenje 564

$p = 101325 \text{ Pa}$ ,  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273.15 + t = (273.15 + 100) \text{ K} = 373.15 \text{ K}$ ,  
 $V_1 = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $M = 18 \text{ g / mol} = 0.018 \text{ kg / mol}$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ ,  $V = ?$

$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3, \quad 1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}.$$

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

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

Jednadžba stanja idealnog plina, ako je zadana masa plina  $m$  i molarna 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.

Plinska konstanta:

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}.$$

Masa kipuće vode je

$$m = \rho \cdot V_1.$$

Volumen vodene pare iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot V_1 \\ p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow p \cdot V = \frac{\rho \cdot V_1}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{\rho \cdot V_1}{M} \cdot R \cdot T \cdot \frac{1}{p} \Rightarrow V = \frac{\rho \cdot V_1 \cdot R \cdot T}{M \cdot p} =$$
$$= \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 373.15 \text{ K}}{0.018 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 101325 \text{ Pa}} = 1.701 \text{ m}^3 = 1701 \text{ dm}^3 = 1701 \text{ L}.$$

### Vježba 564

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 565 (Venio, gimnazija)

Plivački bazen dugačak je 25 m, širok 16.7 m i dubok 2 m. Temperatura vode u njemu je 26 °C. Bazen se puni vodom iz gradskog vodovoda temperature 15 °C. Ako bismo bazen grijali na najskuplji moguć način (električnim grijačem) tada bi cijena 1 kWh električne energije pretvorena u toplinu bila 1 kn. Koliko bi koštalo grijanje vode u bazenu? (gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ , specifični toplinski kapacitet vode  $c_v = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ )

#### Rješenje 565

$a = 25 \text{ m}$ ,  $b = 16.7 \text{ m}$ ,  $c = 2 \text{ m}$ ,  $t_1 = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ ,  
 $c_v = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ , cijena = ?

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

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

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  $\Delta t$  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.

Kvadar je uspravna četverostrana prizma kojoj je baza pravokutnik. Neka su a, b i c duljine bridova kvadra.

Obujam kvadra izračunava se po formuli:

$$V = a \cdot b \cdot c.$$

SI – jedinica za električnu energiju je džul (J). Električnu energiju često izražavamo vatsekundom (Ws) ili vatsatom (Wh).

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \cdot 3600 \text{ Ws} = [ \text{Ws} = \text{J} ] = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Izračunamo koliko topline treba uložiti da se bazen zagrije.

$$\left. \begin{array}{l} V = a \cdot b \cdot c \\ m = \rho \cdot V \\ Q = m \cdot c_v \cdot (t_1 - t_2) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot a \cdot b \cdot c \\ Q = m \cdot c_v \cdot (t_1 - t_2) \end{array} \right\} \Rightarrow Q = \rho \cdot a \cdot b \cdot c \cdot c_v \cdot (t_1 - t_2) =$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 25 \text{ m} \cdot 16.7 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (26 - 15) \text{ K} = 3.85 \cdot 10^{10} \text{ J}.$$

Računamo koliko je električne energije izražene u kWh pretvoreno u tu toplinu.

$$3.85 \cdot 10^{10} \text{ J} = \left[ 1 \text{ kWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ J} \right] = \frac{3.85 \cdot 10^{10} \text{ J}}{3.6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 10694 \text{ kWh}.$$

Budući da je cijena 1 kWh električne energije 1 kn, grijanje bazena koštalo bi 10694 kn.

### Vježba 565

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 566 (Plavi leptir, gimnazija)

Količina plina od 4.5 mola pri normiranom atmosferskom tlaku zauzima volumen od 143 L. Kolika je temperatura plina?

#### Rješenje 566

$$n = 4.5 \text{ mol}, \quad p = 101325 \text{ Pa normirani atmosferski tlak}, \quad V = 143 \text{ L} = 143 \text{ dm}^3 =$$

$$= 143 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1.43 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3, \quad T = ?$$

Stanje plina određeno je tlakom p, volumenom V i temperaturom T. Ove su veličine povezane relacijom:

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

gdje je n množina idealnog plina, R = 8.314 J / (mol · K) plinska konstanta.

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

$$= \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 1.43 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3}{4.5 \text{ mol} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 387.28 \text{ K}.$$

### Vježba 566

Količina plina od 9 mola pri normiranom atmosferskom tlaku zauzima volumen od 286 L. Kolika je temperatura plina?

**Rezultat:** 387.28 K.

### Zadatak 567 (Plavi leptir, gimnazija)

Pri 27 °C volumen plina je V. Do koje ga je temperature potrebno izobarno hladiti da mu se volumen smanji 20 %?

### Rješenje 567

$$t_1 = 27 \text{ °C} \Rightarrow T_1 = 273.15 + t_1 = (273.15 + 27) \text{ K} = 300.15 \text{ K}, \quad V_1 = V,$$

$$V_2 = V - \frac{20}{100} \cdot V = \frac{80}{100} \cdot V = 0.80 \cdot V, \quad t_2 = ?$$

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 se računa "... p% od x...?"

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

Kako zapisati da se x smanji za p% ?

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

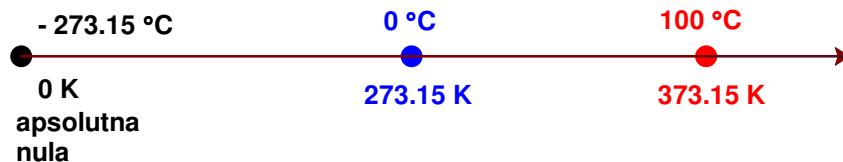
Kad je tlak plina stalan, a mijenja se temperatura (izobarna promjena), obujam dane mase plina mijenjat će se prema Gay – Lussacovu [Gej – Lisak] zakonu. Jednadžba u termodinamičkoj ljestvici temperature glasi:

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

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 °C, što izražavamo jednadžbom:

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



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

$$T (\text{K}) = 273.15 + t (\text{°C}), \quad t (\text{°C}) = T (\text{K}) - 273.15.$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \cdot \frac{T_2 \cdot T_1}{V_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} = 300.15 \text{ K} \cdot \frac{0.80 \cdot V}{V} = 300.15 \text{ K} \cdot \frac{0.80 \cdot V}{V} = 240.12 \text{ K}.$$

Temperatura u °C iznosi:

$$t = T - 273.15 = (240.12 - 273.15) \text{ } ^\circ\text{C} = -33.03 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### Vježba 567

Pri  $27 \text{ } ^\circ\text{C}$  volumen plina je  $V$ . Do koje ga je temperature potrebno izobarno zagrijavati da mu se volumen poveća 20 %?

**Rezultat:**  $87.03 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### Zadatak 568 (Plavi leptir, gimnazija)

Plinska boca napunjena je plinom temperature  $15 \text{ } ^\circ\text{C}$  pod tlakom upola manjim od tlaka pri kojem dolazi do rasprnuća boce. Pri kojoj temperaturi bi se boca rasprsnula?

#### Rješenje 568

$$t_1 = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273.15 + t_1 = (273.15 + 15) \text{ K} = 288.15 \text{ K}, \quad p_1 = 0.5 \cdot p, \quad p_2 = p, \\ t_2 = ?$$

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

$$p_t = p_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t), \text{ pri } V = \text{konst.},$$

gdje je  $p_0$  tlak plina pri  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , a  $\alpha$  termički koeficijent promjene tlaka plina koji ima za sve plinove istu vrijednost

$$\alpha = \frac{1}{273.15} \text{ K}^{-1}.$$

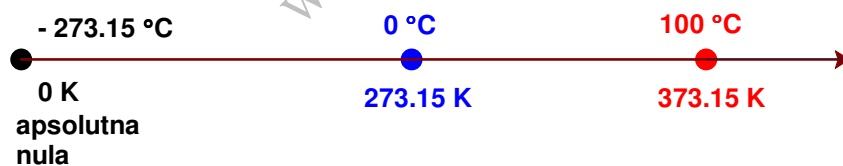
U apsolutnoj ljestvici temperature taj zakon za različita stanja možemo pisati

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

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 Celzijeva ljestvica podijeljene su na jednake dijelove i vrijedi:

$$T (\text{K}) = 273.15 + t (^\circ\text{C}), \quad t (^\circ\text{C}) = T (\text{K}) - 273.15.$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{p_1} \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 \cdot T_1}{p_1} = \frac{p \cdot 288.15 \text{ K}}{0.5 \cdot p} = \\ = \frac{p \cdot 288.15 \text{ K}}{0.5 \cdot p} = \frac{288.15 \text{ K}}{0.5} = 576.3 \text{ K}.$$

Temperatura u  $^\circ\text{C}$  iznosi:

$$t_2 = T_2 - 273.15 = (576.3 - 273.15) \text{ } ^\circ\text{C} = 303.15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$



### Vježba 568

Plinska boca napunjena je plinom temperature 15 °C pod tlakom 50 % manjim od tlaka pri kojem dolazi do rasprsnuća boce. Pri kojoj temperaturi bi se boca rasprsnula?

**Rezultat:** 303.15 °C.

### Zadatak 569 (Plavi leptir, gimnazija)

Izračunaj gustoću zraka u boci za ronjenje pri temperaturi od 0 °C. Tlak u boci je 30 MPa, a molarna masa zraka je 29 g / mol.

#### Rješenje 569

$t = 0\text{ °C} \Rightarrow T = 273.15 + t = (273.15 + 0)\text{ K} = 273.15\text{ K}$ ,  $p = 30\text{ MPa} = 3 \cdot 10^7\text{ Pa}$ ,  
 $M = 29\text{ g/mol} = 0.029\text{ kg/mol}$ ,  $\rho = ?$

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

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

Jednadžba stanja idealnog plina, ako je zadana masa plina  $m$  i molarna 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.

Plinska konstanta:

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}.$$

Iz plinske jednadžbe dobivamo

$$\begin{aligned} p \cdot V &= \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \cdot \frac{M}{M} \Rightarrow p \cdot V \cdot M = m \cdot R \cdot T \Rightarrow \\ \Rightarrow p \cdot V \cdot M &= m \cdot R \cdot T \quad / \cdot \frac{1}{V \cdot R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} \Rightarrow \left[ \rho = \frac{m}{V} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho &= \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{3 \cdot 10^7\text{ Pa} \cdot 0.029\text{ kg/mol}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273.15\text{ K}} = 383.09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \end{aligned}$$

Ili ovako:

$$\begin{aligned} p \cdot V &= \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \quad / \cdot \frac{M}{V} \Rightarrow p \cdot M = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T \Rightarrow \left[ \rho = \frac{m}{V} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow p \cdot M &= \rho \cdot R \cdot T \Rightarrow \rho \cdot R \cdot T = p \cdot M \Rightarrow \rho \cdot R \cdot T = p \cdot M \quad / \cdot \frac{1}{R \cdot T} \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho &= \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{3 \cdot 10^7\text{ Pa} \cdot 0.029\text{ kg/mol}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273.15\text{ K}} = 383.09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \end{aligned}$$

### Vježba 569

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 570 (Plavi leptir, gimnazija)

Koliko molekula ima u 1 L zraka pri standardnim uvjetima i temperaturi od 0 °C?

#### Rješenje 570

$$V = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3, \quad p = 101325 \text{ Pa} \text{ normirani atmosferski tlak,}$$

$$t = 0 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273.15 + t = (273.15 + 0) \text{ K} = 273.15 \text{ K}, \quad N = ?$$

Stanje plina određeno je tlakom  $p$ , volumenom  $V$  i temperaturom  $T$ . Ove su veličine povezane relacijom:

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

gdje je  $n$  množina idealnog plina,  $R = 8.314 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K})$  plinska konstanta.

Za idealne plinove pri standardnim uvjetima vrijedi relacija

$$n = \frac{N}{N_A},$$

gdje je  $N$  broj molekula plina,  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  Avogadrova konstanta (broj molekula plina  $N$  koje se pri temperaturi  $T$  i tlaku  $p$  nalaze u obujmu  $V$  neovisan je o vrsti plina).

$$\left. \begin{array}{l} n = \frac{N}{N_A} \\ p \cdot V = n \cdot R \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow p \cdot V = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T = p \cdot V \Rightarrow \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T = p \cdot V \cdot \frac{N_A}{R \cdot T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = p \cdot V \cdot \frac{N_A}{R \cdot T} = 101325 \text{ Pa} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \frac{6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273.15 \text{ K}} = 2.69 \cdot 10^{22}.$$

### Vježba 570

Koliko molekula ima u 10 dL zraka pri standardnim uvjetima i temperaturi od  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

**Rezultat:**  $2.69 \cdot 10^{22}$ .

### Zadatak 571 (Plavi leptir, gimnazija)

Električnim grijačem snage  $1.2 \text{ kW}$  grijemo pola litre vode za čaj. Za koliko će vremena voda proključati ako je njezina početna temperatura bila  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ? (specifični toplinski kapacitet vode  $c = 4190 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ , gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ )

#### Rješenje 571

$$P = 1.2 \text{ kW} = 1200 \text{ W}, \quad V = 0.5 \text{ L} = 0.5 \text{ dm}^3 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, \quad t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

vrelište vode,  $c = 4190 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ ,  $t = ?$

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

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

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  $\Delta t$  promjena temperature.

Električna energija kojom izvor opskrbljuje strujni krug i koja se pretvara u druge oblike energije u nekom trošilu za vrijeme  $t$  jednaka je

$$E = P \cdot t,$$

gdje je  $P$  snaga kojom se u trošilu električna energija pretvara u druge oblike energije,  $t$  vrijeme.

Toplinska energija električnoga grijača utrošit će se na grijanje vode.

$$E = Q \Rightarrow P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta t \cdot \frac{1}{P} \Rightarrow t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{P} \Rightarrow [m = \rho \cdot V] \Rightarrow$$



$$\Rightarrow t = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta t}{P} \Rightarrow t = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{P} =$$

$$= \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 - 200) \text{ K}}{1200 \text{ W}} = 139.67 \text{ s.}$$

### Vježba 571

Električnim grijačem snage 1.2 kW grijemo 5 dL vode za čaj. Za koliko će vremena voda proključati ako je njezina početna temperatura bila 20 °C? (specifični toplinski kapacitet vode  $c = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ , gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ )

**Rezultat:** 139.67 s.

### Zadatak 572 (Fizić, gimnazija)

Ako pola litre kipuće vode pomiješamo s 2 L hladne vode temperature 20 °C dobit ćemo 2.5 L mlake vode. Kolika je njezina temperatura? ( $c$  specifični toplinski kapacitet vode,  $\rho$  gustoća vode)

### Rješenje 572

$$V_1 = 0.5 \text{ L} = 0.5 \text{ dm}^3 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, \quad t_1 = 100 \text{ °C vrelite vode}, \quad V_2 = 2 \text{ L} = 2 \text{ dm}^3 =$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad t_2 = 20 \text{ °C}, \quad c, \quad \rho, \quad t = ?$$

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

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

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  $\Delta t$  promjena temperature.

Količina topline koju je predala kipuća voda jednaka je količini topline koju je primila hladnija voda.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c \cdot (t - t_2) \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c \cdot (t - t_2) \quad /: c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot (t - t_2) \Rightarrow m_1 \cdot t_1 - m_1 \cdot t = m_2 \cdot t - m_2 \cdot t_2 \Rightarrow m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 = m_2 \cdot t + m_1 \cdot t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 = (m_2 + m_1) \cdot t \Rightarrow (m_1 + m_2) \cdot t = m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (m_1 + m_2) \cdot t = m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2 \quad /: \frac{1}{m_1 + m_2} \Rightarrow t = \frac{m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{\rho \cdot V_1 \cdot t_1 + \rho \cdot V_2 \cdot t_2}{\rho \cdot V_1 + \rho \cdot V_2} \Rightarrow t = \frac{\rho \cdot (V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2)}{\rho \cdot (V_1 + V_2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 \cdot t_2}{V_1 + V_2} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 100 \text{ °C} + 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 20 \text{ °C}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 + 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 36 \text{ °C.}$$

### Vježba 572

Odredi temperaturu koja nastaje miješanjem 10 L vode temperature 15 °C i 6 L vode temperature 80 °C (ne računajući zagrijavanje posude i gubitke).

**Rezultat:** 39.4 °C.

### Zadatak 573 (Fizić, gimnazija)

Želimo ohladiti 2 dL limunade temperature 18 °C pa u limunadu stavimo kocku leda mase 10 g i temperature 0 °C. Kolika je konačna temperatura limunade? (specifična toplina taljenja leda  $\lambda = 3.35 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$ , gustoća vode  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ , specifični toplinski kapacitet vode  $c = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ )

### Rješenje 573

$V_1 = 2 \text{ dL} = 2 \text{ dm}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $t_1 = 18 \text{ °C}$ ,  $m_2 = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$ ,  $t_2 = 0 \text{ °C}$ ,  
 $\lambda = 3.35 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ ,  $c = 4190 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ ,  $t = ?$

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

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

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  $\Delta t$  promjena temperature.

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

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

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

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

gdje je  $\lambda$  specifična toplina taljenja.



Toplina limunade utrošit će se na rastapanje leda te grijanje nastale vode.

$$\begin{aligned} m_1 \cdot c \cdot (t_1 - t) &= m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot (t - t_2) \Rightarrow [t_2 = 0] \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot t \Rightarrow \\ &\Rightarrow m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_1 \cdot c \cdot t = m_2 \cdot \lambda + m_2 \cdot c \cdot t \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda = m_2 \cdot c \cdot t + m_1 \cdot c \cdot t \Rightarrow \\ &\Rightarrow m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda = (m_2 + m_1) \cdot c \cdot t \Rightarrow (m_1 + m_2) \cdot c \cdot t = m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda \Rightarrow \\ &\Rightarrow (m_1 + m_2) \cdot c \cdot t = m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda \cdot \frac{1}{(m_1 + m_2) \cdot c} \Rightarrow t = \frac{m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda}{(m_1 + m_2) \cdot c} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow [m_1 = \rho \cdot V_1] \Rightarrow t = \frac{\rho \cdot V_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot \lambda}{(\rho \cdot V_1 + m_2) \cdot c} =$$

$$= \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 18 \text{ K} - 0.01 \text{ kg} \cdot 3.35 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 + 0.01 \text{ kg}\right) \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 17.5 \text{ °C}.$$

### Vježba 573

Odmor!

Rezultat: ...

### Zadatak 574 (Max, gimnazija)

Koliko se poveća unutarnja energija vodika mase 4 g pri izohornom zagrijavanju od 0 °C do 100 °C. Kolika je pritom dovedena količina topline? (specifični toplinski kapacitet vodika pri stalnom volumenu  $c = 10100 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ )

#### Rješenje 574

$$m = 4 \text{ g} = 0.004 \text{ kg}, \quad t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \quad c = 10100 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}, \quad \Delta U = ?, \quad Q = ?$$

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

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

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  $\Delta t$  promjena temperature.

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

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

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  $\Delta U$  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 dovedimo sustavu, a negativnom ako je odvodimo od sustava.

Promjena unutarnje energije je

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

Stanje je izohorno, plin se zagrijava pri stalnom volumenu pa je rad W nula.

$$\Delta V = 0 \Rightarrow W = p \cdot \Delta V = 0 \text{ J}.$$

Sva se dovedena količina topline utroši na povećanje unutarnje energije.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = Q \\ Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta U = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0.004 \text{ kg} \cdot 10100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 - 0) \text{ K} = 4040 \text{ J}.$$

#### Vježba 574

Koliko se poveća unutarnja energija vodika mase 2 g pri izohornom zagrijavanju od 0 °C do 200 °C. Kolika je pritom dovedena količina topline? (specifični toplinski kapacitet vodika pri stalnom volumenu  $c = 10100 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ )

**Rezultat:** 4040 J.

### Zadatak 575 (Max, gimnazija)

Tijelu koje je na temperaturi  $t_1$  predana je toplina Q. Ako je masa tijela m i specifični toplinski kapacitet c, koja jednakost izražava konačnu temperaturu tijela  $t_2$ ?

$$A. t_2 = Q + t_1 \quad B. t_2 = \frac{Q}{m} \cdot c \quad C. t_2 = Q - t_1 \quad D. t_2 = t_1 + \frac{Q}{m \cdot c}$$

#### Rješenje 575

$$t_1, \quad Q, \quad c, \quad t_2 = ?$$

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  $\Delta t$  promjena temperature.

$$\begin{aligned} Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) &\Rightarrow m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = Q \Rightarrow m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = Q \cdot \frac{1}{m \cdot c} \Rightarrow \\ &\Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{Q}{m \cdot c} \Rightarrow t_2 = t_1 + \frac{Q}{m \cdot c}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

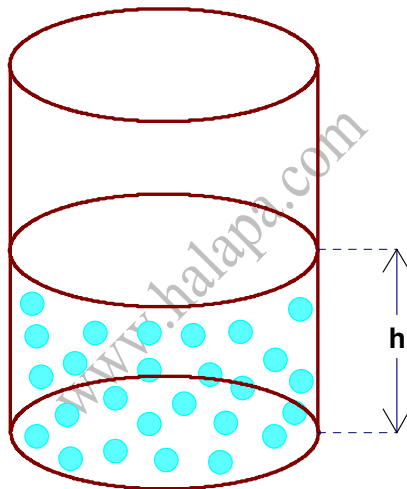
### Vježba 575

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 576 (Max, gimnazija)

Plin se nalazi u cilindru zatvorenom pomičnim klipom koji može kliziti bez trenja. Kada je temperatura plina  $27^\circ\text{C}$  klip se nalazi u ravnotežnom položaju na visini  $h$  (crtež). Kolika će biti temperatura plina kad je klip u ravnotežnom položaju na visini  $2 \cdot h$ ?



- A.  $54^\circ\text{C}$     B.  $108^\circ\text{C}$     C.  $300^\circ\text{C}$     D.  $327^\circ\text{C}$

### Rješenje 576

$$t_1 = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}, \quad h, \quad 2 \cdot h, \quad t_2 = ?$$

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:

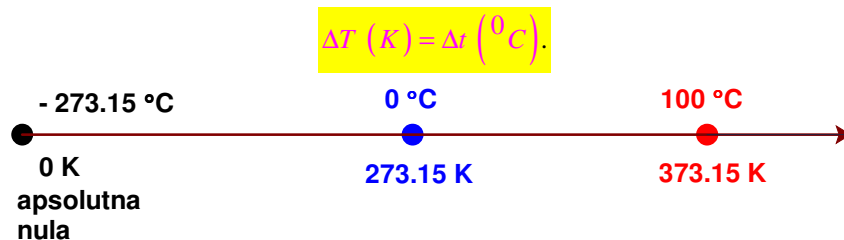
$$V = S \cdot v.$$

gdje je  $S$  ploština baze,  $v$  visina valjka.

Kelvinova i Celzijeva ljestvica su dvije različite temperaturne ljestvice.

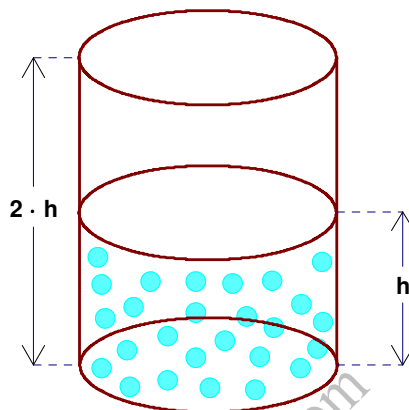
Međunarodni sustav mjernih jedinica (SI) za temperaturu propisuje jedinicu kelvin (K). Tu temperaturu zovemo termodinamička temperatura (T).

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



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

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



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \cdot \frac{T_2 \cdot T_1}{V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{S \cdot 2 \cdot h}{S \cdot h} \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{S \cdot 2 \cdot h}{S \cdot h} \cdot T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = 2 \cdot T_1 = 2 \cdot 300 \text{ K} = 600 \text{ K}.$$

Temperatura izražena u °C iznosi:

$$T_2 = 273 + t_2 \Rightarrow 273 + t_2 = T_2 \Rightarrow t_2 = T_2 - 273 = (600 - 273) ^{\circ}C = 327 ^{\circ}C.$$

Odgovor je pod D.

### Vježba 576

Odmor!

**Rezultat:** ...

### Zadatak 577 (Anamarija, maturantica)

Na temperaturi 300 K kinetička energija translatornog gibanja određene količine kisika je 7.5 kJ. Odredite masu tog plina. (molna masa kisika, dvoatomne molekule O<sub>2</sub>, M = 0.032 kg / mol)

- A. 64 g      B. 45 g      C. 30 g      D. 85 g

### Rješenje 577

$$T = 300 \text{ K}, \quad E_k = 7.5 \text{ kJ} = 7500 \text{ J}, \quad M = 0.032 \text{ kg / mol}, \quad m = ?$$

Kinetička energija translatornog gibanja čestica plina dana je formulom

$$E_k = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T,$$

gdje je m masa plina, M molna masa, R = 8.314 J / (mol · K) plinska konstanta, T termodinamička temperatura.

$$E_k = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = E_k \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = E_k \cdot \frac{2 \cdot M}{3 \cdot R \cdot T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{2 \cdot M \cdot E_k}{3 \cdot R \cdot T} = \frac{2 \cdot 0.032 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 7500 \text{ J}}{3 \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 0.064 \text{ kg} = 64 \text{ g}.$$

Odgovor je pod A.

### Vježba 577

Na temperaturi 600 K kinetička energija translatornog gibanja određene količine kisika je 15 kJ. Odredite masu tog plina. (molna masa kisika, dvoatomne molekule O<sub>2</sub>, M = 0.032 kg / mol)

- A. 64 g      B. 45 g      C. 30 g      D. 85 g

**Rezultat:** A.

### Zadatak 578 (Anamarija, maturantica)

Pri izobarnom procesu kod tlaka 10<sup>5</sup> Pa plinu dovedemo toplinu od 150 J, dok se obujam plina poveća sa 12 litara na 13 litara. Kolika je promjena unutarnje energije plina?

- A. 100 J      B. 0 J      C. 50 J      D. 140 J

### Rješenje 578

$$p = 10^5 \text{ Pa}, \quad Q = 150 \text{ J}, \quad V_1 = 12 \text{ L} = 12 \text{ dm}^3 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad V_2 = 13 \text{ L} = 13 \text{ dm}^3 = 13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad \Delta U = ?$$

Rad plina pri izobarnom procesu jednak je umnošku tlaka p i promjene obujma ΔV.

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

Fizikalni sustav može na dva načina mijenjati svoju unutarnju energiju U: radom W i toplinom Q. Sustav može s okolinom izmjenjivati rad i toplinu bilo da ih okolina prima ili ih okolini predaje. Promjena unutarnje energije ΔU fizikalnog sustava pri nekom procesu je, zbog međudjelovanja s okolinom, jednaka razlici topline Q primljene iz okoline i rada W što ga obavi sustav na okolini.

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

$$\left. \begin{array}{l} W = p \cdot (V_2 - V_1) \\ \Delta U = Q - W \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta U = Q - p \cdot (V_2 - V_1) = 150 \text{ J} - 10^5 \text{ Pa} \cdot (13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 50 \text{ J}.$$

Odgovor je pod C.

### Vježba 578

Pri izobarnom procesu kod tlaka 10<sup>5</sup> Pa plinu dovedemo toplinu od 200 J, dok se obujam plina poveća sa 14 litara na 15 litara. Kolika je promjena unutarnje energije plina?

- A. 100 J      B. 0 J      C. 50 J      D. 140 J

**Rezultat:** A.

### Zadatak 579 (Anamarija, maturantica)

Kolika je unutarnja energija jednog mola idealnog plina na temperaturi 300 K?

- A. 3741 J      B. 3486 J      C. 6350 J      D. 2346 J

### Rješenje 579

$$n = 1 \text{ mol}, \quad T = 300 \text{ K}, \quad U = ?$$

Unutarnja energija idealnog plina ovisi samo o njegovoj temperaturi, a **ne ovisi** o vrsti plina. Za jednoatomne plinove za unutarnju energiju U vrijedi jednačica:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T,$$

gdje je n količina tvari i iskazuje se jedinicom mol, R = 8.314 J / (mol · K) plinska konstanta, T termodinamička temperatura.

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ mol} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K} = 3741 \text{ J}.$$

Odgovor je pod A.

### Vježba 579

Kolika je unutarnja energija dva mola idealnog plina na temperaturi 150 K?

- A. 3741 J      B. 3486 J      C. 6350 J      D. 2346 J

**Rezultat:** A.

### Zadatak 580 (Sanja, medicinska škola)

Odredite obujam 12 g dušika pri tlaku  $15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  i temperaturi  $0^\circ\text{C}$ . (molna masa dušika, dvoatomne molekule  $\text{N}_2$ ,  $M = 0.028 \text{ kg/mol}$ )

### Rješenje 580

$m = 12 \text{ g} = 0.012 \text{ kg}$ ,       $p = 15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,       $t = 0^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + t = (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}$ ,  
 $M = 0.028 \text{ kg/mol}$ ,       $V = ?$

Jednadžba stanja idealnog plina, ako je zadana masa plina  $m$  i molarna 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.

Plinska konstanta:

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}.$$

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

$$= \frac{0.012 \text{ kg} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273 \text{ K}}{15 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.028 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 6.48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 6.48 \cdot 10^{-1} \text{ dm}^3 = 0.648 \text{ dm}^3.$$

### Vježba 580

Odredite obujam 24 g dušika pri tlaku  $3 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  i temperaturi  $0^\circ\text{C}$ . (molna masa dušika, dvoatomne molekule  $\text{N}_2$ ,  $M = 0.028 \text{ kg/mol}$ )

**Rezultat:**  $0.648 \text{ dm}^3$ .