Posledná aktualizácia: 11. mája 2012. Čo bolo aktualizované (oproti predošlej verzii zo 14. apríla 2012): Pomerne rozsiahle zmeny, napr. niekoľko nových príkladov a oprava nekorektnej formulácie pr. 8.20 (v novom číslovaní) a súvisiace zmeny v pr. 8.22. Oprava preklepu (Bolzman → Boltzmann).
Písmená **A**, **B**, **C**, **D** vyjadrujú obtiažnosť príkladu. **D** je najnižšia.

8 TERMIKA A TEPELNÝ POHYB

Avogadrova konštanta	N_A	=	$6{,}02214179 \,.\, 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$
Mólová plynová konštanta	R	=	$8{,}314472\,\mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$
Boltzmannova konštanta	k	=	$R/N_A = 1{,}3806504 \,.\, 10^{-23}\,\mathrm{J\,K^{-1}}$
Atómová hmotnostná jednotka	m_u	=	$1{,}660538782 \,.\, 10^{-27}\,\mathrm{kg}$

Platí $\boxed{m_u N_A = 1\mathrm{g/mol}}$ (presne).

Upozornenie: Pokiaľ nie je povedané inak, plyny v príkladoch považujte za ideálne.

PRÍKLAD 8.1 ☆☆☆★ (D)

Ideálny plyn uzatvorený v nádobe s objemom $V = 2{,}5\,\ell$ má teplotu $t = -13\,^\circ\mathrm{C}$.
a) Aké je látkové množstvo n plynu, ak sa v plyne nachádza $N = 10^{24}$ molekúl?
b) Aký je tlak plynu pri týchto podmienkach?

$$\left[\ \textbf{a)}\ n = N/N_A = 1{,}66\,\mathrm{mol};\quad \textbf{b)}\ p = \frac{NRT}{VN_A} = 1{,}437 \,.\, 10^6\,\mathrm{Pa}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.2 ☆☆☆★ (D)

V guľovej nádobe s vnútorným polomerom $r = 5\,\mathrm{cm}$ sa nachádza kyslík. Jeho teplota $t = 37\,^\circ\mathrm{C}$ a tlak $p = 2{,}3 \,.\, 10^{-2}\,\mathrm{Pa}$. Vypočítajte počet molekúl N kyslíka v nádobe a jeho látkové množstvo n.

$$\left[\ N = \frac{pVN_A}{RT} = N_A\frac{4}{3}\pi r^3\frac{p}{RT} = 2{,}81 \,.\, 10^{15},\quad n = \frac{N}{N_A} = 4{,}67 \,.\, 10^{-9}\,\mathrm{mol}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.3 ☆☆☆★ (D)

Žiarovka s objemom $V = 150\,\mathrm{cm}^3$ je naplnená argónom. Tlak v žiarovke je $p = 0{,}1\,\mathrm{MPa}$ a náplň argónu má hmotnosť $m = 1{,}42 . 10^{-4}\,\mathrm{kg}$. Aká je teplota argónu? Mólová hmotnosť argónu je $M = 40 \,.\, 10^{-3}\,\mathrm{kg \,.\, mol^{-1}}$.

$$\left[\ T = \frac{pVM}{mR} = 508\,\mathrm{K}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.4 ☆☆☆★ (D)

Vypočítajte hustotu vodíka H_2 pri atmosférickom tlaku $p = 1{,}01\,.\,10^5\,\mathrm{Pa}$ a pri teplote $t = 27\,^\circ\mathrm{C}$. Mólová hmotnosť H_2 je $M = 2\,.\,10^{-3}\,\mathrm{kg\,mol^{-1}}$.

$$\left[\ \rho = \frac{pM}{RT} = 0{,}081\,\mathrm{kg\,m^{-3}}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.5 ☆☆☆★ (D)

Nádoba obsahuje $m = 1\,\mathrm{g}$ hélia pri tlaku $p = 150\,\mathrm{kPa}$ a teplote $t = 27\,^\circ\mathrm{C}$. Aký je objem nádoby? ($M = 4\,.\,10^{-3}\,\mathrm{kg/mol}$).

$$\left[\ V = \frac{mRT}{Mp} = 4{,}16\,.\,10^{-3}\,\mathrm{m^3} = 4{,}16\,\ell\ \right]$$

PRÍKLAD 8.6 ☆★★★ (B)

V balóne s objemom $V = 60\,\ell$ je plyn molekúl vodíka H_2 pri teplote $T = 300\,\mathrm{K}$ a tlaku $p = 101\,000$ Pa.

a) Aká je hmotnosť tohto plynu?

b) Aká je stredná kinetická energia $\langle K\rangle$ každej z jeho molekúl?

Návod: Pri výpočte hmotnosti využite znalosť Avogadrovej konštanty a uvedomte si, že hmotnosť *jedného atómu* vodíka je približne rovná atómovej hmotnostnej jednotke, zvyčajne značenej m_u.

$$\left[\ \textbf{a)}\ m = \frac{pV}{kT}\frac{M}{N_\mathrm{A}} = 4{,}85\,\mathrm{g};\quad \textbf{b)}\ \langle K\rangle = \frac{5}{2}kT = 1{,}035\,.\,10^{-20}\,\mathrm{J}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.7 ☆★★★ (B)

V uzavretej nádobe objemu $V = 100\,\ell$ sa nachádza plynný oxid uhličitý (CO_2) pri teplote $T = 295\,\mathrm{K}$ a tlaku $p = 230\,\mathrm{kPa}$. Určte hmotnosť CO_2 v nádobe a vypočítajte jeho celkovú kinetickú energiu K_celk. Relatívne atómové hmotnosti uhlíka a kyslíka sú $\mu_\mathrm{C} = 12{,}0107$, $\mu_\mathrm{O} = 15{,}9994$. Avogadrovu konštantu tiež považujte za známu. Pomôcka: molekula CO_2 má 6 stupňov voľnosti.

$$\left[\ m = \frac{pV}{kT}(\mu_\mathrm{C} + 2\mu_\mathrm{O})m_\mathrm{u} = 0{,}41\,\mathrm{kg},\quad K_\mathrm{celk} = 3pV = 69\,\mathrm{kJ}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.8 ☆☆☆★ (D)

Koncentrácia molekúl plynu je $n_\mathrm{k} = 10^{15}\,\mathrm{cm^{-3}}$. Nájdite tlak plynu p pri teplote $T = 1\,000\,\mathrm{K}$.

$$[\ p = n_\mathrm{k}kT = 13{,}8\,\mathrm{Pa}\ ]$$

PRÍKLAD 8.9

☆☆☆★ (D)

Pri akej teplote t_2 sa stredná kvadratická rýchlosť molekúl oxidu uhličitého CO_2 rovná strednej kvadratickej rýchlosti molekúl dusíka N_2 pri teplote $t_1 = 0\,°C$? Mólová hmotnosť N_2 je $M_1 = 28\,g/mol$, pre CO_2 je $M_2 = 44\,g/mol$.

$$\left[\ T_2 = \frac{M_2}{M_1} T_1 = 429\,\mathrm{K} \implies t_2 = 156\,°\mathrm{C}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.10

☆☆★★ (C)

Máme $n = 5$ mólov argónu, ktorému dodáme teplo $Q = 3\,516\,\mathrm{J}$, pričom zabezpečíme, aby sa jeho objem nemenil.
a) Vypočítajte, ako sa zmení stredná hodnota kinetickej energie každej z jeho molekúl.
b) Ako by sa zmenil výsledok, keby sme miesto argónu uvažovali 5 mólov dusíka N_2? Zdôvodnite.

[**a)** $\Delta\langle K\rangle = \dfrac{Q}{nN_\mathrm{A}} = 1{,}168\,.\,10^{-21}\,\mathrm{J}$
b) V priblížení ideálneho plynu by sa výsledok nezmenil.]

PRÍKLAD 8.11

☆☆☆★ (D)

Továreň vyrobí 1 000 lokomotív. Koľko je to mólov?

$$\left[\ n = 1{,}660538782\,.\,10^{-21}\,\mathrm{mol}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.12

☆☆☆★ (D)

Plazma zložená z elektrónov a protónov má teplotu $T = 10^5\,\mathrm{K}$. Akou strednou kvadratickou rýchlosťou sa tieto častice pohybujú?
(Hmotnosť elektrónu $m_\mathrm{e} = 9{,}11\,.\,10^{-31}\,\mathrm{kg}$, hmotnosť protónu $m_\mathrm{p} = 1{,}67\,.\,10^{-27}\,\mathrm{kg}$)

$$\left[\ \langle v^2\rangle = \frac{3kT}{m},\quad \sqrt{\langle v_\mathrm{e}^2\rangle} = 2{,}13\,.\,10^6\,\mathrm{m/s},\quad \sqrt{\langle v_\mathrm{p}^2\rangle} = 4{,}98\,.\,10^4\,\mathrm{m/s}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.13

☆☆☆★ (D)

Stredná kvadratická rýchlosť plynu je $v_\mathrm{str} = 1\,200\,\mathrm{m/s}$. Akým tlakom pôsobí tento plyn na steny nádoby, keď jeho hustota je $\rho = 0{,}03\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$?

$$\left[\ p = \frac{1}{3}\rho v_\mathrm{str}^2 = 14\,400\,\mathrm{Pa}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.14 ☆☆★★ (C)

Akú hustotu má vzduch pri tlaku $p = 10^5$ Pa a teplote $t = 13$ °C, keď predpokladáme, že sa skladá z objemových podielov 21,2% kyslíka O_2 a 78,8% dusíka N_2? Mólová hmotnosť O_2 je $M_1 = 32$ g/mol, mólová hmotnosť N_2 je $M_2 = 28$ g/mol.

$$\left[\ \rho = \frac{p}{N_\mathrm{A} kT}\left(M_1 \mathcal{V}_1 + M_2 \mathcal{V}_2\right) = 1{,}21\,\mathrm{kg\,m^{-3}}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.15 ☆☆★★ (C)

Aká časť kinetickej energie vzduchu pripadá na rotačný pohyb molekúl? Pre jednoduchosť predpokladajte, že vzduch obsahuje objemový podiel $\mathcal{V}_{O_2} = 21{,}2\%$ kyslíka O_2 a $\mathcal{V}_{N_2} = 78{,}8\%$ dusíka N_2. Zanedbajte vibračný pohyb molekúl. Zmení sa výsledok, keď kyslíka pribudne a dusíka ubudne? (Zdôvodnite.)
Pomôcka: Pri porozumení zadania môže pomôcť prepočítať si pr. 8.10 a pozrieť si „ďalšie súvislosti“ na konci jeho riešenia a aj pr. 8.14.

[2/5; Nezmení.]

PRÍKLAD 8.16 ☆★★★ (B)

Uvažujte spresnený model zloženia atmosféry, taký, kde sa uvádza aj zastúpenie vodných pár a navyše aj argónu. Nech objemové podiely jednotlivých zložiek sú $\mathcal{V}_{N_2} = 0{,}7499$, $\mathcal{V}_{O_2} = 0{,}2011$, $\mathcal{V}_\mathrm{Ar} = 0{,}0090$, $\mathcal{V}_\mathrm{voda} = 0{,}04$. (Zastúpenie vodných pár je premenlivé a pri zemskom povrchu môže dosahovať až 4%.) Aká časť kinetickej energie takejto atmosférickej zmesi pripadá na rotačný pohyb molekúl? Zmení sa výsledok, keď vodných pár ubudne a ostatných zložiek pribudne? (Zdôvodnite nielen formálne matematicky.)

$$\left[\ \frac{E_\mathrm{k}^\mathrm{rot}}{E_\mathrm{k}^\mathrm{celk}} = \frac{2\mathcal{V}_{N_2} + 2\mathcal{V}_{O_2} + 3\mathcal{V}_\mathrm{voda}}{5\mathcal{V}_{N_2} + 5\mathcal{V}_{O_2} + 3\mathcal{V}_\mathrm{Ar} + 6\mathcal{V}_\mathrm{voda}} = 0{,}4026 = 40{,}26\%; \quad \text{Zmení.}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.17 ☆☆☆★ (D)

Dĺžka medeného drôtu sa zväčší pri zohriatí z teploty $t_1 = 70$ °C na teplotu $t_2 = 100$ °C o hodnotu $\Delta\ell = 49{,}5$ mm. Vypočítajte koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti medi pri teplote t_1, keď pôvodná dĺžka drôtu je $l_1 = 100$ m.

$$\left[\ \alpha = \frac{\Delta\ell}{\ell_1(t_2 - t_1)} = 1{,}65\,.\,10^{-5}\,\mathrm{K^{-1}}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.18 ☆☆☆★ (D)

Hliníková a mosadzná tyč majú pri teplote $t_1 = -20\,^\circ\mathrm{C}$ rovnaké dĺžky $\ell_1 = 1\,\mathrm{m}$. Aký bude rozdiel ich dĺžok, keď obidve tyče zohrejeme na teplotu $t_2 = 60\,^\circ\mathrm{C}$? Teplotný koeficient dĺžkovej rozťažnosti hliníka je $\alpha_\mathrm{H} = 23\,.\,10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$, mosadze $\alpha_\mathrm{M} = 19\,.\,10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$.

$$\left[\ \ell_\mathrm{H} - \ell_\mathrm{M} = \ell_0(\alpha_\mathrm{H} - \alpha_\mathrm{M})(t_2 - t_1) = 3{,}2\,.\,10^{-4}\mathrm{m}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.19 ☆☆☆★ (D)

Vypočítajte hmotnosť medenej súčiastky, ktorá má pri teplote $T = 373\,\mathrm{K}$ objem $V_T = 1\,\mathrm{dm}^3$. Hustota medi pri teplote $T_0 = 273\,\mathrm{K}$ je $\rho_0 = 8900\,\mathrm{kg\,m}^{-3}$, teplotný koeficient dĺžkovej rozťažnosti medi je $\alpha = 17\,.\,10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$.

$$\left[\ m = \frac{V_T\rho_0}{1 + 3\alpha(T - T_0)} = 8{,}855\,\mathrm{kg}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.20 ☆★★★ (B)

Ukážte, že koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti musí vo všeobecnosti byť vztiahnutý k nejakej referenčnej teplote a že je teda funkciou referenčnej teploty, a to napr. aj v prípade, keď by bola rozťažnosť presne lineárna v ľubovoľne veľkom rozsahu teplôt. Úlohu riešte preskúmaním vzájomne protirečivých dôsledkov štandardného vzťahu $\ell_2 = \ell_1[1+\alpha(T_2-T_1)]$ pre rozťažnosť v prípade, ak by sme koeficient α pokladali za nezávislý od referenčnej teploty.

[ ]

PRÍKLAD 8.21 ☆★★★ (B)

Ako musí dĺžka tyče závisieť od teploty, aby koefiecient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti nezávisel od referenčnej teploty?

$$\left[\ \ell(T) = \ell_0 e^{\alpha T}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.22 ★★★★ (A)

Sklenený pyknometer s objemom $V_0 = 15\,\mathrm{cm}^3$ je pri teplote $t_0 = 0\,^\circ\mathrm{C}$ naplnený ortuťou. Keď teplotu ortuti zvýšime na $t_1 = 100\,^\circ\mathrm{C}$, z pyknometra vytečie isté množstvo ortuti, ktorého objem zmeraný (pomocou tenkej skúmavky) pri teplote $t_2 = 26\,^\circ\mathrm{C}$ je $\Delta V_2 =$

$0{,}2694\,\mathrm{cm}^3$. Vypočítajte teplotný koeficient objemovej rozťažnosti β ortuti pri teplote $t_0 = 0\,°\mathrm{C}$.

$$\left[\begin{array}{l} \beta = \dfrac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ \text{kde} \\ a = (t_1 - t_0)(t_2 - t_0), \quad b = (t_1 - t_0)(1 - \Delta V_2/V_0), \quad c = -\Delta V_2/V_0. \\ \text{Číselne } \ \beta = 1{,}82\,.\,10^{-4}\,\mathrm{K}^{-1}\ . \end{array}\right]$$

PRÍKLAD 8.23 ☆★★★ (B)

Koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti ortuti pri teplote $t_0 = 0\,°\mathrm{C}$ je $\beta_0 = 1{,}82\,.\,10^{-4}\,\mathrm{K}^{-1}$. Predpokladajte, že objem ortuti sa s teplotou mení linárne. Určte koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti ortuti pri teplote $t_1 = 36\,°\mathrm{C}$.
Návod: Preštudujte si najprv príklad 8.20. Je síce o dĺžkovej rozťažnosti, ale pri objemovej je situácia úplne obdobná.

$$\left[\ \beta_1 = \frac{\beta_0}{1 + \beta_0(t_1 - t_0)} = 1{,}808\,.\,10^{-4}\,\mathrm{K}^{-1}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.24 ☆☆☆★ (D)

Cisterna naberie v Slovnafte pri teplote $20\,°\mathrm{C}$ $10\,000\ \ell$ benzínu a vezie ho na Oravu, kde je teplota $0\,°\mathrm{C}$.
a) Koľko litrov benzínu bude na Orave chýbať?
b) Kto to zaplatí?
Objemová teplotná rozťažnosť benzínu je $950\,.\,10^{-6}/°\mathrm{C}$.

[**a)** $190\,\ell$; **b)** Nikto; benzín si predajú na kilá, nie na litre.]

PRÍKLAD 8.25 ☆☆☆★ (D)

Aké teplo Q musí prijať medený valec, ktorého prierez má obsah $S = 50\,\mathrm{mm}^2$, aby sa predĺžil o $\Delta\ell = 0{,}2\,\mathrm{mm}$? Hmotnostná tepelná kapacita medi je $c = 383\ \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$, hustota $\rho = 8\,930\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$ a koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti je $\alpha = 17\,.\,10^{-6}\,\mathrm{K}^{-1}$.

$$\left[\ Q = \frac{\rho S c \Delta\ell}{\alpha} = 2\,012\,\mathrm{J}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.26 ☆★★★ (B)

Dĺžková teplotná rozťažnosť vo všeobecnosti závisí od teploty a táto vlastnosť sa prejaví najmä pri väčších teplotných zmenách, kedy rozťažnosť už nemôžeme pokladať za konštantu, ale musíme ju uvažovať ako nejakú funkciu teploty $\alpha(t)$. Predpokladajte teda, že táto funkcia v istom intervale teplôt lineárne rastie podľa vzťahu $\alpha(t) = \alpha_0 + \kappa t$, kde $\alpha_0 = \alpha(0)$ je hodnota rozťažnosti pri teplote 0 °C a κ je tiež zadaná konštanta popisujúca lineárnu zmenu rozťažnosti s teplotou. Uvažujte tyč, ktorá má pri teplote t_1 dĺžku ℓ_1. Akú dĺžku bude mať pri teplote t_2?

$$\left[\ \ell_2 = \ell_1 \exp\left[\alpha_0(t_2 - t_1) + \frac{\kappa}{2}(t_2^2 - t_1^2)\right]\ \right]$$

PRÍKLAD 8.27 ☆☆★★ (C)

Olovená guľôčka s hmotnosťou $m = 30\,\mathrm{g}$ a teplotou $T_1 = 395\,\mathrm{K}$ narazí na železný terč rýchlosťou $v = 75\,\mathrm{m/s}$ a zastaví sa. Vypočítajte:

a) Aké teplo Q vznikne pri tomto zabrzdení?

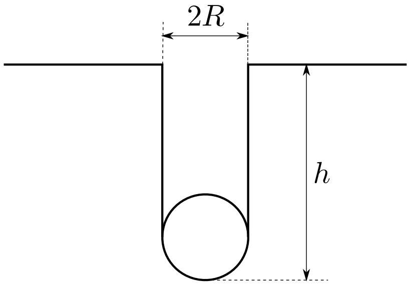
b) Aká je teplota guľky T_2, ak predpokladáme, že 1/3 vzniknutého tepla sa v nej absorbuje?

Hmotnostná tepelná kapacita olova je $c = 134\ \mathrm{J/(kg\,.\,K)}$.

$$\left[\ \mathbf{a)}\ Q = \frac{1}{2}mv^2 = 84{,}4\,\mathrm{J};\quad \mathbf{b)}\ T_2 = T_1 + \frac{1}{3}\frac{Q}{cm} = T_1 + \frac{v^2}{6c} = 402\,\mathrm{K}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.28 ☆★★★ (B)

Rozpálenú kovovú guľku s polomerom R položíme na ľad s teplotou $t_0 = 0$ °C. Guľka sa ponorila do ľadu do hĺbky h, pričom jej teplota klesla na hodnotu t_2. Vypočítajte teplotu t_1 rozpálenej guľky, keď sú zadané: hustota guľky ρ_g, hmotnostná tepelná kapacita guľky c, hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu ℓ a hustota ľadu ρ_L. Predpokladáme, že roztopený ľad sa už nezohrieva a ako voda si zachováva teplotu 0 °C.



$$\left[\ t_1 = t_0 + \frac{3h - R}{4R}\,\frac{\ell\rho_\mathrm{L}}{c\,\rho_\mathrm{g}}\ \right]$$

PRÍKLAD 8.29

☆☆☆★ (D)

Vypočítajte hmotnosť m_0 ľadu s teplotou $t_0 = 0\,°\mathrm{C}$, ktorý musíme vložiť do vody s hmotnosťou $m_1 = 20\,\mathrm{kg}$, aby sa voda ochladila z teploty $t_1 = 35\,°\mathrm{C}$ na teplotu $t_2 = 20\,°\mathrm{C}$. Hmotnostné skupenské teplo topenia ľadu je $\ell = 334\,.\,10^3\,\mathrm{J/kg}$, hmotnostná tepelná kapacita vody $c = 4\,180\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$.

$$\left[\; m_0 = \frac{c(t_1 - t_2)}{\ell + c(t_2 - t_0)}\, m_1 = 3{,}003\,\mathrm{kg} \;\right]$$

PRÍKLAD 8.30

☆☆★★ (C)

Teplomer ponorený do vody s hmotnosťou $m = 6{,}7\,\mathrm{g}$ zvýšil svoju teplotu o $\Delta t = 14{,}6\,°\mathrm{C}$ a ukazuje teplotu $t_1 = 32{,}4\,°\mathrm{C}$. Aká bola teplota vody t pred meraním, ak vodná hodnota teplomeru (jeho tepelná kapacita) je $C = 1{,}92\,\mathrm{J/K}$, hmotnostná tepelná kapacita vody $c = 4\,180\,\mathrm{J\,kg^{-1}K^{-1}}$?

$$\left[\; t = t_1 + \frac{C}{cm}\Delta t = 33{,}4\,°\mathrm{C} \;\right]$$

PRÍKLAD 8.31

☆☆☆★ (D)

Aká musí byť rýchlosť v olovenej gule, aby sa pri náraze na oceľovú dosku roztopila? Teplota gule pred nárazom je $t_0 = 27\,°\mathrm{C}$, bod topenia olova je $t_1 = 327{,}5\,°\mathrm{C}$, hmotnostné skupenské teplo topenia olova je $\ell = 24\,\mathrm{kJ/kg}$, hmotnostná tepelná kapacita olova je $c = 129\,\mathrm{J\,kg^{-1}K^{-1}}$. Predpokladajte, že teplo uvoľnené pri náraze sa spotrebuje len na ohriatie gule. Zanedbajte závislosť tepelnej kapacity of teploty.

$$\left[\; v = \sqrt{2[\ell + c(t_1 - t_0)]} = 354\,\mathrm{m/s} \;\right]$$

PRÍKLAD 8.32

☆★★★ (B)

Vypočítajte, koľko tepla treba dodať kúsku hliníka o hmotnosti $0{,}008\,\mathrm{kg}$, keď máme zvýšiť jeho teplotu z $18\,\mathrm{K}$ na $28\,\mathrm{K}$.

Návod a ďalšie údaje: Tepelná kapacita pevnej látky pri nízkych teplotách silne závisí od teploty, a to tak, že rastie s treťou mocninou teploty podľa vzťahu $C = C(T) = (12\pi^4/5)Nk\,(T/T_\mathrm{D})^3$, kde T_D je konštanta (tzv. Debyeova teplota, čo je materiálový parameter, ktorý zaviedol Peter Debye) charakteristická pre daný materiál. Napr. pre hliník $T_\mathrm{D} = 428\,\mathrm{K}$. Uvedená závislosť kapacity C od teploty približne platí pre $T \ll T_\mathrm{D}$ a za predpokladu, že objem vzorky udržujeme konštantný. Mólová hmotnosť hliníka je $26{,}98\,\mathrm{g/mol}$.

$$\left[\; Q = \frac{12\pi^4}{5}\frac{mR}{MT_\mathrm{D}^3}(T_2^4 - T_1^4) = 3{,}75\ \mathrm{J} \;\right]$$

PRÍKLAD 8.33 ☆★★★ (B)

Horolezkyňa nájde šperk s diamantom o hmotnosti 10 g, ktorý prenesie z vonkajška (teplota −32 °C) do horskej chaty (teplota +22 °C). O koľko sa tým zvýši tepelná energia diamantu, ak zanedbáme nepatrnú zmenu jeho objemu? O koľko by sme sa pomýlili, keby sme toto teplo počítali jednoduchým vzťahom $Q' = C_{20}\Delta T$, kde za C_{20} by sme zobrali tepelnú kapacitu diamantu pri 20 °C ?

Návod a ďalšie údaje: Prakticky všetky atómy v diamante sú bežné uhlíkové atómy, čiže majú relatívnu atómovú hmotnosť $\mu = 12$. Debyeova teplota diamantu je 2 230 K. Pre tepelnú kapacitu ako funkciu teploty použite vzťah podľa návodu predošlého príkladu.

$$\left[\; Q = \frac{3\pi^4}{5}\frac{mR}{N_\mathrm{A} m_\mathrm{u} \mu T_\mathrm{D}^3}(T_2^4 - T_1^4) = 153{,}6\ \mathrm{J}, \quad Q' - Q = 45{,}1\ \mathrm{J} \;\right]$$