

Úloha I.5 ... Luborovi není zima

7 bodů; průměr 5,47; řešilo 30 studentů

Luborovi byla poté, co vylezl z bazénu, trochu zima, i přestože měla voda přijatelnou teplotu, a tak se rozhodl, že se trochu ohřeje na slunci. Aby se nenudil, začal počítat, jak rychle se bude ohřívat.

1. Ihned si uvědomil, že ze všeho nejdříve bude muset spočítat intenzitu záření ve $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, která na povrch Země, a tedy i na jeho tělo, dopadá. K jaké hodnotě by měl dojít? Zářivý výkon Slunce a další potřebné hodnoty si vyhledejte, výsledek uveďte s přesností na tři platné cifry.
2. Poté si ale uvědomil, že aby byl schopný dojít k nějakému výsledku, bude muset provést několik aproximací. Rozhodl se, že by své tělo mohl aproximovat jako kvádr o rozměrech $175 \times 30,0 \times 13,0 \text{ cm}$, na jehož největší stěně leží a na protilehlou stěnu tak dopadá sluneční záření. Za jak dlouho se jeho tělo ohřeje o $\Delta T = 1,00 \text{ K}$, pokud uvažujeme, že má hustotu i měrnou tepelnou kapacitu stejnou jako voda a že se bude ohřívat najednou a nebude ztrácet teplo do okolí? Také předpokládejte, že sluneční paprsky na Luborovo tělo dopadají kolmo.
3. Za jak dlouhou dobu by se tělo takto ohřálo na bod varu, pokud by mělo na počátku normální teplotu lidského těla, tedy $36,5^\circ\text{C}$? Naplnily by se v tu chvíli Luborovy obavy, že mu v žilách začne vřít krev?

Intenzitu záření I_e spočítáme jako podíl celkového zářivého výkonu Slunce $L_\odot$ a povrchu koule S , skrz kterou toto záření na úrovni Země rovnoměrně prochází. Za poloměr koule dosadíme vzdálenost Země od Slunce.

$$I_e = \frac{L_\odot}{4\pi r^2} = \frac{3,827 \cdot 10^{26} \text{ W}}{4 \cdot \pi \cdot (1,496 \cdot 10^{11} \text{ m})^2} \doteq 1\,361 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Samozřejmě se jedná o přibližnou hodnotu – určitá část výkonu se ztratí po cestě (například v atmosféře).

Abychom spočítali čas t_0 , za který se Luborovo tělo ohřeje o $\Delta T = 1^\circ\text{C}$, musíme vydělit celkové množství potřebného tepla Q výkonem dopadajícího slunečního záření P . Teplo Q spočítáme jako $Q = mc\Delta T$, kde $m = \rho V = \rho xyz$, c je tepelná kapacita vody a ΔT známý rozdíl teplot. Luborovo tělo samozřejmě kromě jednotkového objemu nemá ani jednotkový povrch, a proto musí být P spočítáno jako $P = I_e xy$. Dodejme jen, že kdyby nebyl v zadání zjednodušující předpoklad, že záření dopadá kolmo na Lubora, museli bychom počítat s kolmou částí výkonu k Luborovu tělu.

Neznámé x , y a z po řadě označují jednotlivé rozměry aproximace Luborova těla tak, jak jdou po řadě v zadání.

$$\begin{aligned} t_0 &= \frac{Q}{P} = \frac{mc\Delta T}{P} \\ t_0 &= \frac{xyz\rho c\Delta T}{I_e xy} = \frac{z\rho c\Delta T}{I_e} \\ t_0 &= \frac{0,130 \text{ m} \cdot 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 4\,200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1^\circ\text{C}}{1\,361 \text{ W}} \doteq 401 \text{ s} . \end{aligned}$$

Výsledek předposledního kroku lze interpretovat například i tak, že se Luborovo tělo ohřívá o přibližně $1/401\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$. Pokud chceme spočítat, za jak dlouho se ohřeje o $\Delta T' = 100 - 36,5 = 63,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, musíme výsledný rozdíl teplot vydělit rychlostí ohřevu.

$$t_1 = \frac{63,5\text{ }^{\circ}\text{C}}{\frac{1}{401}\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}} \doteq 25\,500\text{ s}.$$

To je více než sedm hodin. Pokud navíc vezmeme v úvahu značné tepelné ztráty a schopnost těla aktivně kontrolovat svou teplotu, je jasné, že Luborovi v žilách krev vřít určitě nezačne.

Viktor Materna
materna@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.