

Úloha IV.4 ... Žhavá lavička

6 bodů; průměr 5,65; řešilo 17 studentů

Lukáš seděl při parném letním odpoledni v parku a čekal na kamarády. Bylo takové vedro, až se Lukáš podivil, že se lavička, na kterou již od rána svítilo slunce, ještě neroztavila. Hned si však uvědomil, že lavička teplo nejen přijímá, ale také odevzdává. Lukáše tato úvaha zaujala, a tak se rozhodl spočítat, na jaké hodnotě by se teplota lavičky měla ustálit. Ví, že ze Slunce dopadá na jeden metr čtvereční výkon 1360 W, a také ví, že intenzitu tepelného záření, které vyzařuje lavička, může vypočítat pomocí Stefanova-Boltzmannova zákona

$$I = \sigma T^4,$$

kde $\sigma \doteq 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ je Stefanova-Boltzmannova konstanta a T je teplota v kelvinech. Dále Lukáš odhadl, že sluneční záření dopadá na polovinu povrchu lavičky a že přenos tepla mezi lavičkou a vzduchem odebere lavičce čtvrtinu¹ dopadajícího výkonu. K jaké teplotě by měl Lukáš výpočtem dojít?

Označme si povrch lavičky S . Má-li dojít k její tepelné rovnováze, musí se vyrovnat výkon odevzdaného a přijatého tepla lavičky a okolí. Pro získání celkového dopadajícího výkonu na lavičku vynásobíme jednotkový plošný výkon P_0 plochou její osvětlené části. To samé platí i u výpočtu výkonu z intenzity tepelného záření. Využijeme ještě faktu, že osvětlená je jen polovina povrchu lavičky a že vzduch odebere čtvrtinu přijaté energie. Získáme rovnici

$$\begin{aligned} P_{\text{in}} &= P_{\text{out}}, \\ P_0 \frac{S}{2} &= \frac{1}{4} P_0 \frac{S}{2} + IS, \\ \frac{P_0}{2} &= \frac{P_0}{8} + \sigma T^4, \\ T &= \sqrt[4]{\frac{3}{8} \frac{P_0}{\sigma}}. \end{aligned}$$

Po dosažení nesmíme zapomenout, že jsme získali termodynamickou teplotu, tudíž od výsledku musíme odečíst cca 273 stupňů.

$$t \doteq T - 273^\circ = 308 - 272^\circ \text{C} = 35^\circ \text{C}.$$

Patrik Kašpárek
patrik@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/>.

¹To zhruba platí v určitých případech pro okolní teplotu 20°C.