

**18. ročník, úloha III. 1 ... teplota na Zemi** (4 body; průměr 2,62; řešilo 53 studentů)

Průměrná teplota na povrchu Země je  $T = 287\text{ K}$ . Jaká bude nová průměrná teplota  $T'$ , pokud se střední vzdálenost mezi Zemí a Sluncem zkrátí o 1 %?

*Část úlohy z 28. MFO v Kanadě.*

Předpokládejme, že Slunce izotropně vyzářuje energii, což způsobuje, že na Zemi je větší teplota, než je teplota vakua (asi 2,7 K). Má-li Slunce celkový zářivý výkon  $Q$ , je ve vzdálenosti  $r$  příslušná intenzita

$$E = \frac{Q}{4\pi r^2}.$$

Výkon připadající na povrch Země je potom  $P = ES$ , kde  $S$  je plošný obsah řezu Zemí. Pokud se vzdálenost mezi Zemí a Sluncem zmenší o 1 %, zvětší se příslušný výkon

$$P' = E'S = \frac{Q}{4\pi r'^2} S = \frac{Q}{4\pi (0,99r)^2} S \doteq 1,02P.$$

Abychom zjistili, jak se změní teplota na Zemi, musíme znát vztah mezi zářivým výkonem a teplotou. Ve stacionárním stavu (teplota na Zemi se nemění) se musí přijatá energie od Slunce rovnat vyzářené energii. Pro zjednodušení předpokládejme, že se Země chová jako černé těleso. Pro zářivý výkon potom platí Stefanův-Boltzmannův vztah  $P = \sigma T^4$ , kde  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$  je Stefanova-Boltzmannova konstanta. Z toho již snadno dopočteme novou teplotu  $T'$

$$\frac{P'}{P} = \frac{T'^4}{T^4} \doteq 1,02 \quad \Rightarrow \quad T' \doteq \sqrt[4]{1,02} T \doteq 1,005T.$$

Po dosazení dostaneme  $T' = 288,4\text{ K}$ , což je změna asi o 1,4 K.

Velká část řešitelů si neuvědomila, že vztah mezi výkonem a teplotou udává právě Stefanův-Boltzmannův vztah, a počítala s přímou úměrností  $P \sim T$ . Našlo se i pár řešitelů, kterým nová teplota vyšla nižší než ta původní.

*Jarda Trnka*

[jarda@fykos.mff.cuni.cz](mailto:jarda@fykos.mff.cuni.cz)