

Úloha III.3 ... Sluníčko

2 body; průměr 1,16; řešilo 57 studentů

Odhadněte, kolik hmoty ztratí Slunce za jeden den tím, že září energií. Potřebné údaje hledejte na internetu.

Očekává se alespoň nějaká úvaha a výpočet, najít přímo tuto hodnotu nestačí. Nezapomeňte uvést své zdroje.

K úbytku hmotnosti Slunce dochází zejména¹ dvěma způsoby. Prvním z nich je uvolňování samotné sluneční plazmy, tedy zejména elektronů a iontů, které je nejintenzivnější během slunečních erupcí. Ze zadání však plyne, že v této úloze nás zajímá druhý způsob ztráty hmoty – elektromagnetické záření, jehož podstatná část je ve viditelné části spektra (světlo).

Veličina, již je možno poměrně rozumně měřit v pozemských podmínkách, je intenzita dopadajícího záření, tedy výkon dopadajícího záření na jednotku plochy (kolmé na dopadající paprsky). Dá se nalézt,² že tato hodnota činí ve vzdálenosti, kde se nachází Země (tj. $r = 1 \text{ AU} \doteq 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$), zhruba $I = 1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Veškeré sluneční záření projde pomyslnou kulovou plochou, která jej uzavírá. Vezměme si takovou kulovou plochu o poloměru $r = 1 \text{ AU}$. Slunce září do všech směrů zhruba stejně, takže všude na povrchu této sféry dopadá záření o výše uvedené intenzitě I . Povrch kulové plochy je $4\pi r^2$, takže celkový výkon záření je

$$P = 4\pi r^2 I.$$

Jak souvisí tento výkon s úbytkem hmotnosti? Použijeme známý vzoreček pro ekvivalenci hmoty m a energie E , $E = mc^2$, kde $c \doteq 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je rychlost světla.

Úbytek hmotnosti v časovém úseku Δt označme Δm , podobně vyzářenou energii ΔE . Tato vyzářená energie je rovna součinu vyzářovaného výkonu a příslušného časového úseku, tedy

$$\begin{aligned} \Delta E &= P \Delta t, \\ \Delta m c^2 &= 4\pi r^2 I \Delta t, \end{aligned}$$

kde jsme dosadili za výkon a úbytek energie výše. Když rovnici vydělíme c^2 a dosadíme číselné hodnoty, dostáváme

$$\Delta m = \frac{4\pi r^2 I \Delta t}{c^2} = \frac{4\pi \cdot (1,5 \cdot 10^{11} \text{ m})^2 \cdot 1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 86400 \text{ s}}{(3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2} \approx 3,7 \cdot 10^{14} \text{ kg},$$

kde jsme dle zadání dosadili $\Delta t = 1 \text{ den} = 86400 \text{ s}$.

Za den tedy ve formě elektromagnetického záření ztratí asi $3,7 \cdot 10^{14} \text{ kg}$ své hmoty.

Poznámky k došlým řešením

Většina z vás nezačala od intenzity záření, ale našla si rovnou celkový výkon slunečního záření $P \approx 4 \cdot 10^{26} \text{ W}$. Takové řešení, bylo-li bez nedostatků, bylo oceněno plným počtem (2) bodů. Poněvadž v takovém případě byla úloha velice jednoduchá a většina dospěla ke správnému číselnému výsledku, hodnotili jsme především úroveň zpracování, za kterou obvykle příliš bodů

¹Kromě uvedených iontů, elektronů a elektromagnetického záření (fotonů) vysílá Slunce i další subatomární částice, například neutrina.

²http://cs.wikipedia.org/wiki/Sluneční_konstanta

nestrháváme, nicméně chceme, abyste na ni dbali³, a to (ve vašem vlastním zájmu) nejlépe nejen při řešení Výfuku.

Nejčastější prohřešky byly trojího druhu.

Prvním z nich bylo neúplné uvádění nebo neuvádění zdrojů údajů, které jste si vyhledali. Pakliže citujete webovou stránku, je nutno uvádět celou adresu stránky (tak, jak to můžete vidět zde v brožurce pod čarou). Pouhé jméno webového serveru (např. cs.wikipedia.org) nestačí, informace jako zdroj: *internet* už vůbec ne.

Druhým byla nedbalá práce s fyzikálními jednotkami. Je nutné, abyste psali *všude* správné jednotky, v každém kroku výpočtu. Není možné, aby za jedním rovnítkem jednotky zmizely a na konci výpočtu se opět zázračně zjevily – fyzikální veličiny mají svůj rozměr pořad. Možná to někteří učitelé tolerují nebo to sami dělají špatně. To však nic nemění na tom, že je to špatně. Těm z vás, kterým to není zcela jasné, doporučujeme přečíst si studijní text z první série.⁴

Do třetice upozorňuji na nedostatečné slovní komentáře k řešením. Řešení pište tak, aby je mohl pochopit i ten, kdo si úlohu sám předtím nevyřešil, což řešení, v němž je jen řada vzorců a čísel, bez vysvětlení, které veličiny symboly ve vzorcích představují, rozhodně nesplňuje.

K těmto třem typickým chybám je asi vhodné zmínit ještě jeden obvyklý nedostatek, jímž je nezaokrouhlování. Zaokrouhľujte výsledek nejlépe na takový počet platných číslic, kolik má nejméně přesný zadaný údaj. Pokud si naleznete, že Slunce má zářivý výkon $4 \cdot 10^{26}$ W (tedy údaj s přesností na jednu platnou číslici), nepište, že za den Slunce ztratí 384 000 000 004 800 kg. To by totiž odpovídalo tomu, že výsledný údaj má přesnost na 15 platných číslic, což je evidentní nesmysl. Místo toho napište, že ztratí $4 \cdot 10^{14}$ kg, což odpovídá přesnosti dosazené hodnoty (1 platná číslice).

Marek Nečada
marekn@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

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

³<http://vyfuk.fykos.cz/jak-psat-reseni/zasady>

⁴<http://vyfuk.fykos.cz/vyfuk/rocnik2/serie1.pdf>