

Rozhledy matematicko-fyzikální

Věra Krajčová

Objemový výkon aneb když pojem výkon nestačí

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 100 (2025), No. 4, 63–64

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/153279>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2025

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Objemový výkon aneb když pojem výkon nestačí

Věra Krajčová, FJFI ČVUT v Praze

Pokud pořizujeme jakýkoli elektrospotřebič do své domácnosti, jako první nás zajímá jeho výkon. Určitě si radši pořídíme výkonnější rychlovarnou konvici (mikrovlnnou troubu, páječku, ...), která nám uvaří ranní čaj (ohřeje jídlo, roztaví pájku, ...) za kratší dobu než konvici sice levnější, ale s výkonem menším (a tím i delší dobou ohřevu). Ovšem co kdybychom při stejném výkonu ohřívali mnohem větší objem vody? Pro porovnání výkonu různých tepelných zdrojů je vhodné zavést novou fyzikální veličinu *objemový výkon*. Níže si ukážeme proč.

Začneme pro nás tepelným zdrojem největším – Sluncem. Jeho zářivý výkon se dá poměrně snadno vypočítat. Stačí si uvědomit, že Slunce překvapivě můžeme považovat za absolutně černé těleso (ano, naše „bílé“ Slunce), a to proto, že množství fotonů vylétajících přímo z nitra Slunce je zanedbatelné oproti počtu fotonů vylétajících z jeho povrchu.

Při této představě použijeme k výpočtu intenzity vyzařování Stefanův–Boltzmannův zákon, který říká, že výkon P vyzařovaný z povrchu S je úměrný čtvrté mocnině teploty T :

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

kde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ je Stefanova–Boltzmannova konstanta.

Když vezmeme v úvahu, že povrch Slunce je cca $6 \cdot 10^{18} \text{ m}^2$ a jeho teplota cca 5780 K, pak dostaneme

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot 10^{18} \cdot 5780^4 \text{ W} \doteq 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}.$$

Výkon Slunce je tedy zaokrouhleně $4 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

Objemový výkon získáme vydělením tohoto výsledku objemem zdroje záření. Mohli bychom si myslet, že zdrojem je celé Slunce, ale není tomu tak. Běžně používaný model Slunce říká, že podmínky dovolující uvolňování fúzní energie, tj. dostatečný tlak, teplota a hustota plazmatu směrem do středu Slunce, panují jen zhruba do 20 % jeho poloměru, tedy do vzdálenosti 139 000 km od středu Slunce (poloměr Slunce je $R_S = 696\,340 \text{ km}$).

$$P_V = \frac{P}{V} = \frac{P}{\frac{4}{3}\pi r^3}.$$

$$P_{V,\text{Slunce}} = \frac{4 \cdot 10^{26}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 139000000^3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \doteq 36 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}.$$

Jde o průměrný výkon reaktoru Slunce, tedy jádra Slunce, na jednotku objemu. Přičemž ale poblíž centra, kde je hodnota maximální, je objemový výkon přibližně $276 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$, a dále od centra exponenciálně klesá.

Po výletu do vesmíru se ale vraťme zpět do kuchyně. Jaký je objemový výkon rychlovarné konvice? Pro konvici o průměrném výkonu 2000 W , která zahřívá objem cca $1,5$ litru, dostaneme hodnotu

$$P_{V,\text{konvice}} = \frac{2000}{0,0015} \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \doteq 1\,300\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}.$$

Pokud toto číslo porovnáme s průměrným objemovým výkonem reaktoru Slunce, zjistíme, že konvice má objemový výkon $36\,000$ krát větší!

Protože člověk je také tepelný stroj, můžeme pro něho objemový výkon vypočítat obdobně. Průměrný doporučený denní příjem pro dospělou osobu je cca $9\,000 \text{ kJ}$, což odpovídá příjmu v průměru 104 J za každou sekundu. Tedy příkon člověka je cca 104 W . Pokud vezmeme v úvahu, že námi vybraná osoba má 80 kg , a přihlídneme k tomu, že z velké části je člověk „složen“ z vody, pak je jeho objem cca 80 litrů a objemový výkon člověka nám vyjde

$$P_{V,\text{člověk}} = \frac{104}{0,08} \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \doteq 1\,300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3},$$

což je sice tisíckrát méně než u konvice, ale skoro čtyřicetkrát více než v reaktoru Slunce. Nicméně toto číslo je spíše objemovým příkonem než výkonem. Na rozdíl od předchozích dvou „topných těles“, člověk poměrně velkou část svého příkonu „vyzář“ ve formě vykonané práce, svého pohybu apod., tedy objemový výkon člověka bude menší než jeho objemový příkon.

Až vám zase někdo poví, že úplně záříte, nepřekvapí vás to. Budete totiž vědět, že záříte jako pět Sluncí (přepočteno na objem), a to musí být přece vidět! Jen to, prosím, nezačněte dotyčnému přepočítávat.