

Úloha IV.3 ... Orient expres

6 bodů; průměr 5,87; řešilo 30 studentů

Parní vlak si s sebou veze 10 t černého uhlí. Výhřevnost černého uhlí je 20 MJ/kg, parní stroj ovšem dosahuje ve spalování účinnosti jen 8 %. Aby náš vlak překonal veškerý odpor, musí vykonávat sílu 100 kN (pro jednoduchost je tento odpor konstantní, nezávislý na hmotnosti uhlí). Jak daleko dokáže tento vlak na 10 t černého uhlí dojet? Kolik uhlí by bylo třeba, aby dojel z Prahy do Brna, tedy ujet vzdálenost 257 km?



Na začátku si musíme uvědomit, jakou veličinu vlastně potřebujeme zjistit. Potřebujeme si vypočítat práci, jakou dokáže vlak vykonat při spalování 10 t uhlí v parním stroji s účinností 8 %, jestliže je výhřevnost uhlí 20 MJ·kg⁻¹. Tuto práci W zjistíme jednoduše tak, že si vypočítáme 8 % z maximální energie uvolněné při spalování 10 t uhlí.

$$10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg}$$

$$20 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} = 20\,000\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$W = 20\,000\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10\,000 \text{ kg} \cdot 0,08$$

Práce, jakou vlak může vykonat spaláním 10 t uhlí, činí 16 GJ, tedy 16·10⁹ J. Z jiného vzorce pro práci víme, že vykonaná práce je rovna součinu vykonávané síly a uražené dráhy:

$$W = F \cdot s.$$

Náš vlak neustále působí silou F , která činí 100 kN, tedy 100 000 N. Pro zjištění dráhy, kterou může díky 10 t uhlí ujet, nám tedy stačí vydělit práci W silou F .

$$s = \frac{W}{F}$$

$$s = \frac{16 \text{ GJ}}{100 \text{ kN}}$$

$$s = 160\,000 \text{ m}.$$

Vlak je schopen na 10 t uhlí ujet 160 000 m, tedy 160 km.

U druhé otázky použijeme stejné vzorce, jen máme jiné vstupní údaje. Opět začneme výpočtem práce W , ale tentokrát ji nazveme třeba W_1 (neměli bychom používat stejná označení pro různé údaje). Práci W_1 získáme jednoduše ze základního vztahu $W = F \cdot s$ vynásobením dráhy 257 000 m silou $F = 100 \text{ kN}$.

$$W_1 = 257 \text{ km} \cdot 100 \text{ kN} = 25,7 \text{ GJ}.$$

Tuto práci W_1 nám už jen stačí vydělit výhřevností uhlí a účinností parního stroje, abychom zjistili hmotnost nutného množství uhlí m .

$$m = \frac{25,7 \text{ GJ}}{20 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 0,08} \doteq 16\,000 \text{ kg}$$

Aby vlak dojel z Prahy do Brna, stačilo by mu vést si něco málo přes 16 t uhlí.

Adam Bretšnajder
adam.bret@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/>.