

Úloha IV.3 ... Lásky hory přenáší...

5 bodů; průměr 4,36; řešilo 45 studentů

Mocný faraon Ráchef se z rozmařilosti rozhodl, že přestěhuje pyramidu svého děda. Přemístit ji hodlá po písku o celý jeden kilometr a vašim úkolem je vypočítat, kolik otroků má najmout, jestliže jeden otrok dokáže vyvinout sílu $F = 500 \text{ N}$. Podstava pyramidy je čtverec se stranou dlouhou $a = 20 \text{ m}$, její výška je $h = 24 \text{ m}$. Další potřebné informace k výpočtu (např. hustotu kamene, koeficient tření, ...) si vyhledejte, případně je rozumně odhadněte.

Abychom věděli, kolik otroků musí faraon Ráchef najmout, musíme zjistit, jakou sílu F_x musí překonat. Mezi pyramidou a pískem vzniká tření, které brzdí její pohyb. Toto tření závisí na tíhové síle působící na pyramidu $F_G = mg$ a drsnosti stykových ploch, kterou popisuje koeficient tření f . Odhadněme, že mezi pískem a kamenem je tento koeficient¹ asi $f = 0,5$.

Působící síla tedy musí být alespoň rovna

$$F_x = F_G f = mgf.$$

K výpočtu hmotnosti pyramidy $m = \rho V$ potřebujeme znát hustotu kamene. Pyramidy se stavěly z vápence, jenž má hustotu² $\rho = 2500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Objem pyramidy vypočítáme pomocí vzorce pro objem jehlanu s čtvercovou podstavou $V = a^2 h / 3$. Tedy

$$F_x = fmg = f\rho Vg = f\rho \frac{1}{3}a^2hg.$$

Do tohoto vztahu dosadíme zadané hodnoty ze zadání a hodnoty, které jsme zjistili sami. Dostáváme

$$F_x = 0,5 \cdot 2500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \frac{1}{3} (20 \text{ m})^2 \cdot 24 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 39\,240\,000 \text{ N}.$$

Nyní už musíme pouze zjistit, kolik otroků N by překonalo tuto sílu

$$N = \frac{F_x}{F} = \frac{39\,240\,000 \text{ N}}{500 \text{ N}} \doteq 78\,480.$$

K posunutí pyramidy bude faraon potřebovat asi 78 480 otroků.

Petra Štefaníková
petras@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími 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/>.

¹Hodnotu koeficientu tření můžeme odhadnout z hodnot koeficientů pro podobné materiály například na <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>.

²<http://www.converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>