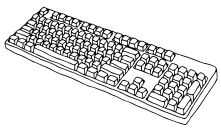
Úloha IX.2 ... Kliky versus kliky

10 bodů



Viktor se chtěl na léto dostat do formy, a tak ho zajímalo, jaký je nejlepší způsob jak zhubnout. Při svém rozhodování zvažoval dvě možnosti – buď začne cvičit, a protože kliky jsou jeho nejoblíbenější cvik, bude dělat jen ty, nebo bude psát na klávesnici. Odhadněte, jakou práci by Viktor v obou případech vykonal a při jaké z těchto dvou činností více zhubne, pokud by je dělal po dobu jednoho měsíce.

Uvažujte, že spínače v klávesnici jsou lineární pružiny s tuhostí $k = 250\,\mathrm{N{\cdot}m^{-1}}$ *a zdvihem* $h = 0{,}5\,\mathrm{cm}$. *Všechny ostatní potřebné údaje buď odhadněte, nebo si je dohledejte – v druhém případě nezapomeňte uvést své zdroje.*

Nápověda: *Práci potřebnou na stlačení pružiny s tuhostí* k *o délce* x *lze vypočítat jako*

$$W = \frac{1}{2}kx^2\,.$$

Nejprve odhadněme, kolik práce Viktor vykoná cvičením. Klik rozdělíme na dvě fáze a to na pohyb dolů a pohyb nahoru. V první fázi cvičící sníží výšku svého těžiště o Δh. Klesá-li rovnoměrně (bez zrychlení), musí po celou dobu vyrovnávat tíhovou sílu F_G. Na dráze Δh takto vykoná práci

$$W_1 = F_\mathrm{G}\Delta h = mg\Delta h\,,$$

kde $g = 9{,}81\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$ je tíhové zrychlení na Zemi a $m = 80\,\mathrm{kg}$ považujme za Viktorovu hmotnost.

Ve druhé fázi cvičící zvedá své těžiště. Koná práci a ta se přeměňuje na jeho potenciální energii. Na zvýšení těžiště o Δh se spotřebuje práce, která je rovna přírůstku[1] potenciální energie

$$W_2 = \Delta E_\mathrm{p} = mg\Delta h\,.$$

Odhadněme výšku Δh. Uvažujme, že ve vzporu (horní pozici kliku) se cvičící opírá vertikálně vedenými napjatými pažemi a chodidly. Následně paže pokrčí tak, aby byl ve vodorovné poloze – úplně rovnoběžný se zemí. Dostane se tím do kliku (dolní pozice). Zbytek těla přitom drží rovně (bez prohnutí). Délky jednotlivých částí těla odhadněme jako $l_\mathrm{c} = 28\,\mathrm{cm}$ (chodidlo), $l_\mathrm{p} = 80\,\mathrm{cm}$ (paže, včetně ruky) a $l_\mathrm{r} = 23\,\mathrm{cm}$ (ruka). Těžiště předpokládejme v polovině převislého těla, jeho výška pak bude odpovídat aritmetickému průměru výšek obou podpěr (natažených paží a chodidel).

$$h_\mathrm{v} = \frac{l_\mathrm{c} + (l_\mathrm{p} - l_\mathrm{r})}{2} \doteq 43\,\mathrm{cm}$$

V dolní poloze kliku bude výška těžiště jednoduše rovná délce chodidel, protože je cvičící v horizontální poloze rovnoběžný se zemí, a tak je délka jeho pokrčených paží stejná jako délka jeho chodidel.

$$h_\mathrm{k} = l_\mathrm{c} = 28\,\mathrm{cm}$$

Z toho již rozdílem dojdeme k výsledku

$$\Delta h = h_\mathrm{v} - h_\mathrm{k} \doteq 15\,\mathrm{cm}\,.$$

[1] Ve fyzice se změna veličin označuje velkým písmenem Delta (Δ) řecké abecedy.

Nutno dodat, že během obou fází se mění podíl hmotnosti, kterou nesou svaly člověka (tedy ne kosti, klouby), a plynule kolísá mezi 69 % v horní pozici (vzporu) a 75 % v dolní pozici (kliku).[2] V průměru tedy cvičící zvedá

$$\frac{(69+75)\,\%}{2} = 72\,\%$$

své hmotnosti.

Na celý jeden úkon spotřebuje Viktor zhruba

$$W = 0{,}72(W_1 + W_2) = 2 \cdot 0{,}72mg\Delta h \doteq 170\,\mathrm{J}\,.$$

Řekněme, že v průběhu července bude Viktor dělat každý den 20 kliků. Taková snaha jej ve výsledku bude stát

$$W_{20} = 31 \cdot 20 \cdot W \doteq 105\,\mathrm{kJ}\,.$$

Nyní z hlediska energetické náročnosti (a tedy vhodnosti k rychlému hubnutí) prozkoumejme Viktorovu druhou možnost: kliky na počítači. Stisk jedné klávesy na klávesnici vyžaduje práci

$$W_1' = \frac{1}{2}kh^2\,,$$

kde k je tuhost pružiny spínače a h je zdvih.

Po dosazení získáváme hodnotu pro práci potřebnou na jediný klik na klávesnici

$$W_1' = \frac{1}{2} \cdot 250\,\mathrm{N{\cdot}m^{-1}} \cdot (0{,}5\,\mathrm{cm})^2 \doteq 3{,}1 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{J}\,.$$

Předpokládejme velmi dobrou schopnost psaní na počítači umožňující zaznamenávat rychlostí 200 úhozů za minutu.[3] Odhadněme, že touto rychlostí bude Viktor psát 5 h = 300 min každý pracovní den (těch je v červenci 23). Vykoná při tom práci

$$W' = 300\,\mathrm{min} \cdot 200\,\mathrm{min}^{-1} \cdot 23 \cdot W_1' = 4{,}3\,\mathrm{kJ}\,.$$

Z výsledků vyplývá, že se Viktorovi vyplatí vsadit spíše na první možnost a namísto klikání na počítači „klikovat“ v posilovně. Pro zajímavost dodejme, že na jeden „fyzický klik“ by Viktor musel provést více než 54 tisíc úhozů na klávesnici, aby vydal stejné množství energie, což by mu zabralo asi 4,5 h.

Michaela Urbanová
michaela.urbanova@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/.

[2] Zdroj: https://www.cooperinstitute.org/blog/how-much-weight-is-really-lifted-during-a-push-up

[3] https://www.nuov.cz/statni-tesnopisny-ustav/psani-na-klavesnici