Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Alois Peřina

Poznámka k výkladům o práci a pracovní výkonnosti

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 69 (1940), No. Suppl., D94--D96

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/120972

Poznámka k výkladům o práci a pracovní výkonnosti.

Alois Peřina, Mor. Ostrava.

Některé učebnice fysiky (na př. Mašek-Wangler, Fysika, díl I) po výkladu pojmu práce a jejího počítání uvádějí, že posunutím těžkého tělesa ve vodorovném směru se práce nezískává ani nespotřebuje, protože těleso se ani nezdvihá, ani neklesá, předpokládáme-li, že není překážek jako tření nebo odpor prostředí.

Zde by bylo třeba podrobnějšího vysvětlení, neboť pouhé zařazení tohoto tvrzení do textu, který jinak vše odůvodňuje a vysvětluje, uvádí soudného čtenáře v rozpaky. Je totiž pravděpodobno, že si žák zmíněný děj představuje tak, že těleso bylo původně v klidu a k jeho uvedení v pohyb že je potřebí síly působící ve směru pohybu, jak vyplývá z pohybových zákonů Newtonových, jimž se učil dříve. Nějaká práce se zde tedy určitě koná! Bylo by proto dobře věnovati výkladům o práci více pozornosti, tím spíše, že ještě nebyl probrán pojem energie a zvláště princip o zachování práce a energie. Je nutno pohybový děj přesně popsati, neboť na jeho průběhu závisí, koná-li se práce nebo ne.

Zkušenosti a středoškolským požadavkům nejlépe odpovídá předpoklad, že se při posunování tělesa hmoty m po vodorovné podložce bez překážek pohybových (tření, odpor prostředí) uvede těleso z klidu v pohyb zrychlením a_1, až nabude rychlosti v, s níž se dále pohybuje rovnoměrně, aby ve třetí části pohybu se zastavilo zpožděním a_2 v úhrnné vzdálenosti s. V první části pohybu se práce koná, v druhé části se ovšem těleso pohybuje za daných předpokladů setrvačnosti bez práce, kdežto ve třetí části se práce spotřebuje. Jednoduchý výpočet žáka přesvědčí, že obě práce se až na znaménko sobě rovnají, tedy ruší a úhrnná práce je skutečně rovna nule. Teprve nyní jsme oprávněni tvrditi, že se při posunutí tělesa ve vodorovném směru bez překážek pohybu práce nekonala. Je ovšem lépe, řekneme-li, že úhrnná práce je nulová, než, že se práce vůbec nekonala*). Vyučujícímu jest ovšem samozřejmo, že se pohyb za předpokladu vodorovné dráhy a bez pohybových překážek mohl díti jakkoliv jinak a že úhrnná práce by byla opět nulová, jen když pohyb z klidu počatý také klidem skončil, neboť to plyne z principu o zachování energie, na což může při jeho probírání upozorniti. V žádné části pohybu se práce nekoná jen tehdy, předpokládáme-li pohyb takový jako v druhé části popsaného pohybu, totiž rovnoměrný pohyb s letmým startem a průběh cílem stálou rychlostí.

---

*) Ve větě uvedené v 1. odst. „posunutím těžkého tělesa ve vodorovném směru se práce nezískává ani nespotřebuje“ není vysloveno, že se práce vůbec nekonala; věta vyjadřuje totéž, co autor článku slovy „úhrnná práce je nulová“. *(Poznámka redakce.)*

Nesouhlasím také s tím, že o práci vynaložené na zvednutí tělesa váhy G do výše s se v učebnicích bez jakéhokoliv vysvětlení (o energii nebyla ještě řeč) praví, že je rovna $G \, . \, s$. Tato hodnota je samozřejmá jen pro práci gravitační při volném pádu bez překážek pohybových, neboť síla pohyb působící G se tu projevuje plně očekávaným účinkem, totiž způsobením pohybu rovnoměrně zrychleného — volného pádu.

Při zvedání tělesa svisle vzhůru jsou však poměry naprosto jiné, a předpokládáme-li, že zvedání se koná tak, aby co nejlépe odpovídalo zkušenosti a chápavosti žákově, je těleso z klidu uvedeno v pohyb se stálým zrychlením a_1, až nabude rychlosti v, jíž se pohybuje dále rovnoměrně, aby ve třetí části pohybu se zastavilo zpožděním a_2 v konečné výšce s, takže tu působí síla proměnná. V prvé části pohybu nutno zvedati silou $m \, . \, (g + a_1)$, neboť složka $mg = G$ překonává nezbytnou překážku pohybu, jíž jest váha tělesa, kdežto složka ma_1 udílí potřebné zrychlení. V druhé části pohybu působí jen síla mg, ve třetí $m \, . \, (g - a_2)$. Jednoduchý výpočet (viz úlohu v Rozhledech) žáky přesvědčí, že součet prací těchto tří sil jest $mgs = Gs$. Samozřejmým je tento součin jen pro případ, že těleso je zvedáno s letmým startem i cílem rovnoměrně stálou rychlostí. Jednodušeji a pro jakýkoliv způsob zvedání počínající a končící klidem (obecněji počínající a končící stejnou rychlostí) bez překážek pohybových vyplývá hodnota Gs až z principu o zachování energie.

Také při výkladu o výpočtu pracovní výkon musíme výklady učebnic prohloubiti, nemá-li dojíti k pochybnostem. V učebnici Maškově-Wanglerově se praví: „... vypočítáme jej (výkon) ze vztahů $N = \frac{L}{t} = \frac{Ps}{t} = Pv$, při tom předpokládáme, že se konala stále stejná práce; jinak poměr L/t udává výkon průměrný.“ V učebnici Heroltově-Ryšavého čteme týž vzorec s vysvětlením: „Poslední dva výrazy platí jen tehdy, je-li síla stále stejná a chod stroje rovnoměrný.“

Vidíme, že předpoklady jsou vysloveny příliš stručně a proto nejasně a částečně nesprávné, takže rovnice

$$\frac{Ps}{t} = Pv \tag{1}$$

vzniklá spojením posledních dvou výrazů pro výkon zůstane záhadnou studentovi, který uvažuje v učebnicích obvyklý případ tělesa pohybujícího se na vodorovné podložce bez překážek pohybu, o nichž se v předpokladech ostatně nemluví, za působení stálé hnací síly P působící rovnoběžně s podložkou. Student, znající od dřívějška pohybové zákony Newtonovy, správně usuzuje, že za těchto podmínek se těleso pohybuje nutně rovnoměrně zrychleně a že vztah $s/t = v$, vyplývající z rovnice (1) a platný jen pro pohyb rovnoměrný, tu neplatí. Důsledkem jest, že žák učebnici nerozumí.

Chceme-li užíti všech tří výrazů v učebnicích uvedených pro výpočet výkon — ukážeme dále, že je účelnější na tom netrvati —, musíme, chceme-li se vyvarovati nepřesnosti, uvažovati tři odlišné případy.

a) Síla na těleso působící i rychlost pohybu jsou proměnné. Příkladem jest obecné zvedání s počátečným zrychlením a konečným zpožděním uvažované výše. V tomto případě bychom počítali jen výkon průměrnou ze vztahu

$$N = \frac{L}{t}.$$

b) Síla na těleso působící je stálá a působí pohyb rovnoměrně zrychlený (zpožděný). I v tomto případě bychom počítali jen výkonnost průměrnou ze vztahů

$$N = \frac{L}{t} = \frac{Ps}{t}.$$

c) Síla na těleso působící je stálá, ale pohyb tělesa je rovnoměrný s letmým startem i cílem o rychlosti v, při čemž se ovšem překonávají pohybové překážky rovné co do velikosti síle P, ale opačného směru, jak to bývá při pohybech s třením, odporem prostředí, jinak by pohyb nemohl býti rovnoměrný, a při rovnoměrném chodu již rozběhnutých a pracujících strojů, jak to mají autoři učebnic většinou na mysli. Můžeme použíti kteréhokoliv ze vztahů

$$N = \frac{L}{t} = \frac{Ps}{t} = Pv$$

a vypočtená výkon jest současně průměrná i okamžitá, neboť jest po celý děj stálá.

Po těchto úvahách je patrno, že je účelno, spokojiti se s vysvětlením, proč v případech a) a b) vychází výkonnost průměrná, a používati k výpočtu výkonnosti jediného vzorce $N = L/t$. Docílí se tím podstatného zjednodušení učiva, aniž by se něco podstatného vynechalo, což může býti jen vítáno.

Tohoto jediného vzorce užívá učebnice Devoreckého-Šmokova, aniž však upozorňuje, kdy tento vzorec dává výkonnost jen průměrnou.

D 96