

## Postrecenze učebnice

### „Fyzika pro gymnázia – Mechanika”

*Jana Musilová, Přírodovědecká fakulta MU, Brno*

Mechanika bývá zcela přirozeně vstupní disciplinou fyzikálních kursů na všech úrovních. Tato role je jí přisouzena historicky i pro její názornost a přístupnost lidskému smyslovému vnímání. V tom je její prezentace ve srovnání s ostatními předměty fyzikálních kursů snazší. Prostřednictvím mechaniky se adeпти fyzikálního vzdělání poprvé důkladněji seznamují se strukturou fyzikální disciplíny, s metodami fyziky i stylem fyzikálního myšlení, bez něhož je neschůdné proniknout do ostatních oblastí fyziky, většinou mnohem abstraktnějších. To zvyšuje nároky na kvalitu a promyšlenost jejího podání.

Je poněkud překvapivou skutečností, že klasická mechanika, předmět, jehož rozvoj, plné pochopení i interpretační vrcholy spadají do období před dvěma až třemi sty let, má ještě v dnešní době tolik špatných vykladačů, především jde-li o výklad elementarizovaný. Proto je přirozené otvírat každou její novou učebnici, a zejména středoškolskou, s předpokladem, že se konečně objeví takové pojetí mechaniky, které skutečně odpovídá její roli ve fyzikálním kursu. Toto očekávání, posílené u posuzované knihy [1] jmény zkušených autorů, však zůstává bohužel nenaplněno.

Již při běžném pročtení textu, s pozorností zaměřenou jednak na pojetí struktury mechaniky jako fyzikální disciplíny, jednak na tradičně problematická místa (definice rychlosti a zrychlení, výklad Newtonových zákonů, mechanika kapalin), je zřejmé, že autoři sice odstranili nejkřiklavější chyby vyskytující se v části věnované mechanice v předchůdkyni [2] recenzované učebnice, od zaběhnutého stylu se však neodchýlili a při výkladu některých klíčových pojmů (např. rychlost, zrychlení) se naopak dopustili nesrovnalostí nových.

Zaměříme se na posouzení učebnice pouze podle dvou kritérií, jejichž splnění je pro rozvoj fyzikálního myšlení rozhodující:

- ◆ Informační hodnota textu z hlediska seznámení studentů s typickou strukturou fyzikální disciplíny a fyzikální metodikou.
- ◆ Odborná a didaktická úroveň výkladu klíčových pojmů a stěžejních zákonů mechaniky.

Z nezbytného požadavku, aby z výkladu byla zřejmá metodika fyzikálního zkoumání světa a patrná struktura mechaniky jako fyzikální disciplíny, vyplývá nutnost rozlišení definic fyzikálních pojmů, hypotéz, základních principů a odvozených tvrzení. Tento aspekt autoři zcela pomíjejí. Formulace odpovídající zmíněným kategoriím nejsou ve smyslu uvedené klasifikace komentovány. Jsou sázeny stejným typem písma a odlišeny od doprovodného textu shodným orámováním. Pro studenta tím nabývá například konstatování o rozdělení pohybů na přímočaré a křivočaré stejné důležitosti jako kterýkoli z Newtonových zákonů.

Pro přemíru zarámovaných formulací a vzorců (na 240 stranách základního textu je jich stovka!) nemůže student nenabýt přesvědčení, že fyzika je souborem množství faktografických údajů (koneckonců to v předmluvě tvrdí sami autoři), jejichž souvislosti mu velmi snadno uniknou. Autoři ani nejsou při zvýrazňování jednotlivých faktů

rámováním důslední. Příklad za mnohé další: vztah  $F_t = f \cdot F_n$  pro velikost vlečné třecí síly (strana 96/řádek 18) není zarámován, zatímco vztah  $F_v = \xi \cdot \frac{F_n}{R}$  (98/2) pro velikost síly charakterizující valivý odpor, psaný petitem jako méně důležitý, rámečkem opatřen je.

Pokud si položíme otázku, od kterých pojmů a představ nelze při výkladu upustit ani při nejhrubší minimalizaci požadavků na znalosti adeptů fyzikálního vzdělání, má-li být zachováno povědomí o struktuře fyzikální disciplíny, jejích metodách a klíčových výsledcích, dospějeme k nutnosti pochopení pojmu časové či prostorové změny fyzikálních veličin důležitých pro danou disciplínu a pochopení problému časového vývoje zkoumaného fyzikálního systému. V mechanice jde o pojem rychlosti a zrychlení a o Newtonovy pohybové zákony. Všechno ostatní je záležitostí aplikací případně definic dalších, pro tyto aplikace relevantních, pojmů.

S rychlostí a zrychlením se autoři doslova potýkají na pětadvaceti stranách (strany 33–50, 63–69), přičemž jim střídavě přisuzují vektorový a skalární charakter. Definice a tvrzení týkající se pojmů souvisejících s rychlostí a zrychlením jsou rozlišovány buď chybně nebo vůbec:

*Okamžitá rychlost  $\vec{v}$  hmotného bodu v čase  $t$ , kdy je hmotný bod v bodě  $A$ , je dána podílem  $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ , přičemž předpokládáme, že  $\Delta t$  je velmi malé.* (33/10)

Jde zřejmě o definici. Snaha o náznak limitního přechodu slovy ...  $\Delta t$  je velmi malé... je bez konkrétní číselné ukázky chování podílu typu  $\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$  odsouzena k nezdaru a definice rychlosti k formálnímu memorování.

*Průměrná rychlost  $v_p$  je skalární fyzikální veličina, která je dána podílem dráhy  $s$  a doby  $t$ , za kterou hmotný bod urazí tuto dráhu,  $v_p = \frac{s}{t}$ .* (34/16)

*Průměrná rychlost na daném úseku trajektorie je dána vztahem  $v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ .* (35/12)

Definice průměrné rychlosti jako skalární veličiny je nesprávná. Rychlost s jakýmkoli přívlastkem je vektorovou veličinou. Průměrná rychlost například v časovém intervalu  $(t_0, t_0 + \Delta t)$  je definována jako podíl vektoru posunutí  $\vec{d} = \vec{r}(t_0 + \Delta t) - \vec{r}(t_0)$  v tomto intervalu a hodnoty  $\Delta t$ . Okamžitá rychlost v čase  $t_0$  je její limitou pro  $\Delta t \rightarrow 0$ . Veličina  $v_p = \frac{s}{t}$  je střední hodnotou velikosti rychlosti v témže intervalu, pokud v něm hmotný bod urazil celkovou dráhu  $s$ . Uvádění dvou různých způsobů zápisu téže veličiny  $v_p$  ((34/18) a (35/14)) bez specifikace časového intervalu, k němuž se zápis vztahuje, je matoucí.

*Velikost okamžité rychlosti v daném bodě trajektorie a v daném čase je definována jako průměrná rychlost ve velmi malém časovém intervalu na velmi malém úseku trajektorie. (36/5)*

Tato formulace je chybně uváděna jako definice. Okamžitá rychlost jako vektorová veličina byla definována již dříve (viz (33/10)) a její velikost tedy nemůže být definována znovu.

*Hmotný bod koná rovnoměrný křivočarý pohyb. Mění se jeho rychlost? (43/5)*  
Studentovi zcela jistě nebude jasné, na kterou z „rychlostí“ definovaných v předchozím textu se má zaměřit.

*Úhlová rychlost je podíl velikosti úhlu  $\Delta\varphi$ , který opiše polohový vektor za dobu  $\Delta t$ , a této doby. Platí tedy vztah  $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ . (65/3)*

*Úhlová rychlost je vektorová fyzikální veličina. (65/8)*  
Úhlová rychlost je zde definována jednou jako skalár, podruhé jako vektor.

Stejné nedostatky najdeme i v odstavcích o zrychlení. V kontextu předchozích ukázek působí striktní dodržování slovního spojení *velikost okamžité rychlosti, velikost okamžitého zrychlení* poněkud zbytečně a formulace *Tečné zrychlení ... vyjadřuje změnu velikosti rychlosti...* (46/4), resp. *Normálové zrychlení ... vyjadřuje změnu směru rychlosti...* (46/7) jsou bezobsažné.

Z Newtonových zákonů je nejobtížnější zákon druhý. Při jeho výkladu je totiž třeba souběžně budovat pojem síly, veličiny vyjadřující interakci objektů kvantitativně, prostřednictvím silových zákonů. Tomuto problému se autoři prakticky zcela vyhýbají a samotný pojem síly jako fyzikální veličiny odbývají formulací:

*Síla  $\vec{F}$  je vektorová fyzikální veličina. Účinek síly na těleso závisí na velikosti síly, na jejím směru a také na poloze jejího působíště... Pojem síly znáte ze základní školy. Víte také, že jednotkou síly je newton (N). (75/8).*

Jedinými reprezentanty silových zákonů v kapitole 3, uvedenými ovšem bez explicitního komentáře, že se o silové zákony jedná, jsou vztah pro tíhovou sílu  $\vec{F}_G$  (83/19) a vztahy pro síly charakterizující vlečné a valivé tření (96/18 a 98/2). Silový zákon popisující jednu ze čtyř fundamentálních interakcí v přírodě – gravitační zákon – je uveden až později, zcela odděleně od zákonů pohybových. Tento nedostatek se odráží i v ostatních, v podstatě již aplikačních, kapitolách. Například v kapitole 7 se studenti přímo nedovědí, že tlaková síla, resp. tlak, charakterizují vzájemné působení částí kapaliny.

Zcela zavádějící je komentář k pokusu na straně 80, který má podpořit platnost druhého Newtonova zákona a odvolává se na přesné měření zrychlení vozíku experimentální soupravy a síly  $\vec{F}$ , již na vozík působí lanko vedené přes kladku a zatížené závažím (80/24 a 80/29). Měření, zejména přímé stanovení velikosti síly  $\vec{F}$ , by v navrhovaném uspořádání zcela jistě nebylo možno realizovat s potřebnou přesností.

Kapitolu 3 korunuje formulace druhého Newtonova zákona:

*Druhý pohybový zákon můžeme vyjádřit vztahem  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ . Podle tohoto vztahu je*

*výsledná síla působící na hmotný bod rovna podílu změny hybnosti hmotného bodu a doby, po kterou síla působila. (86/1)*

Student nabývá dojmu, že druhý Newtonův zákon slouží hlavně k výpočtu výsledné síly. Otázka časového vývoje systému zůstává nejen nevyřešena, ale dokonce nevy-slovena.

Pojetím výkladu, založeným na prezentaci řady fyzikálních pojmů a výsledků jako souboru faktů v podstatě srovnatelné důležitosti, bez důrazu na jejich logické souvis-losti, následně trpí i další, v podstatě již aplikační, kapitoly (pohyb těles v homog-ením tíhovém poli Země, zákonitosti pohybu planet, zákon zachování mechanické energie v tíhovém poli Země, podmínky pro statickou rovnováhu tuhých těles, resp. kapalin, apod.). Neodpustitelným nedostatkem, projevujícím se v aplikačních kapitolách na mnoha místech, je prezentace závěrů vyplývajících z podmínek rovno-váhy, aniž je tato skutečnost explicitně uvedena. Jedná se např. o vztah pro hydrosta-tickou tlakovou sílu a hydrostatický tlak (215/27, 217/4), řešení Příkladu na stra-ně 190 (190/5) či Příkladu 1 na straně 262. Chybné jsou formulace doprovázející po-četně správné řešení některých úloh o statické rovnováze těles: Příklad 2 na straně 264 (265/16), Příklad 1 na straně 273, Příklad 1 na straně 294 (295/5), Příklad 2 na stra-ně 296 (296/18), kde se místo důsledného uplatnění podmínek silové a momentové rovnováhy nesprávně operuje nerovnostmi.

Řešené příklady a úlohy k řešení v kapitole Teoretická cvičení představují školský standard bez snahy o formulaci úloh netradičních, zajímavých a vyžadujících vtíp.

Nepříliš sympatickým rysem učebnice je její nezáživný jazyk. Snaha o preciznost formulací, namnoze se míjející účinkem, i jejich opakování v několikerých obměnách často ohrožují srozumitelnost výkladu, zamlžují podstatu problému a činí výklad málo čtivým.

Výjimečné nejsou ani formulace bezobsažné, nesmyslné, či formulace v kruhu. Bez komentáře jen několik příkladů za všechny ostatní:

*Tíhové zrychlení  $\vec{g}$  směřuje vždy svisle dolů. Směrem tíhového zrychlení je určen svislý směr... (57/32)*

*Mírou procesu přeměny energie i mírou přenosu energie z jednoho tělesa na druhé je práce. (129/8)*

*Tíhová síla působící na těleso vyvolává tíhu tělesa. Tíha  $\vec{G}$  má stejný směr a veli-kost jako tíhová síla, ... (172/9)*

*Tlak v kapalinách a plynech může být vyvolán dvojím způsobem: 1. vnější silou prostřednictvím tělesa, které je s tekutým tělesem v přímém styku, 2. tíhovou silou, ... (212/1)*

*V blízkosti otvoru v hloubce  $h$  pod volným povrchem kapaliny se mění tlaková po-tenciální energie  $\frac{E_p}{V}$  o jednotkovém objemu, která, jak již víme, představuje tlak*

*$p = \rho \cdot g \cdot h$ , v kinetickou energii  $\frac{E_k}{V}$  o jednotkovém objemu, který se rovná  $\frac{1}{2} \rho \cdot v^2$ . (233/7)*

*Velikosti sil působících na písty jsou ve stejném poměru jako obsahy jejich průřezů. To znamená, že na širší píst působí kapalina tolikrát větší silou, než je síla působící na užší píst, kolikrát je obsah průřezu širšího pístu větší, než je obsah průřezu pístu užšího. (214/13).*

Za nejen matoucí, ale principiálně chybné, je třeba považovat všechny obrázky, doprovázející zejména řešení úloh, v nichž jsou znázorněny jen některé síly působící na studovaný objekt, zatímco zbývající síly jsou opomenuty. Zjednodušení nákresu nemůže vyvážit tento nedostatek. Takových obrázků je v učebnici celá dvacítká.

Závěr této recenze je velmi jednoduchý: Knihu nelze bez požadavku významného přepracování doporučit nejen k samostatnému studiu, ale ani k opakování a prohloubení znalostí, které studenti získají na základě výkladu učitele (když už bychom pominuli nezanedbatelnou skutečnost, že právě učebnice bývá často jediným zdrojem učitelovy přípravy). Řešením je zvýšení nároků na odbornou a didaktickou úroveň vyžadovanou pro udělení tzv. ministerské doložky, odstranění monopolu jednoho, byť početného, autorského kolektivu a podpora tvorby alternativních učebnic.

### **Literatura**

- [1] Bednařík M., Šíroká M., Bujok P.: *Fyzika pro gymnázia, Mechanika*. Prometheus, Praha 1993.
- [2] Vachek J. a kol.: *Fyzika pro I. ročník gymnázií*. SPN, Praha 1984.