

Postrecenze učebnice

„Fyzika pro gymnázia – Speciální teorie relativity“

Jan Novotný, Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Z nové řady učebnic pro gymnázia je kniha Karla Bartušky [1] patrně nejstručnější. I to je jedna z jejích předností. Autor využil své mnohaleté zkušenosti s pedagogickým zpracováním speciální teorie relativity a podal jasný a výstižný přehled jejích základních výsledků. Podstatným rysem Bartuškovy postupu je, že se obejde bez Lorentzových transformací pro souřadnice a čas, které by patrně byly pro většinu středoškoláků příliš abstraktní. Rozsahem probrané látky se posuzovaný text v hlavních rysech shoduje s předešlou učebnicí [2], která se však ve výkladu speciální teorie relativity rovněž opírá o Bartuškovu knihu [3]. Některé věci jsou ovšem vysvětleny podrobněji a žákům je tak umožněno poněkud více nahlédnout do světa relativistické fyziky.

Text se soustřeďuje na základní relativistické jevy: relativitu současnosti, dilataci času, kontrakci délek, skládání rychlostí (ve stejném směru) a na změny, jimž podléhá oproti nerelativistické fyzice hmotnost, hybnost a energie. Kinematické jevy odvozuje Bartuška velmi prostým a průhledným způsobem z principů teorie relativity, až na skládání rychlostí, kde pouze ukazuje, že je v souladu s konstantní rychlostí světla. Dynamické jevy spojené s energií a s hybností naproti tomu uvádí bez důkazů a dokládá je pouze experimentálně. Fyzikální část je doplněna Einsteinovým životopisem a výběrem z jeho výroků.

Výklad kinematických jevů se už sotva dá závažněji zlepšit. Také relativistická dynamika je dobře vyložena na úrovni základní informace. Vzniká ovšem určitá disproporce mezi hloubkou a provázaností „kinematické“ a „dynamické“ části. Radit zde ke změně je ovšem problematické – nevznikla by tak disproporce v obtížnosti a rozsahu příslušných partií? Snad by stálo za zkoušku pokusit se o určitý kompromis: teoretické „ospravedlnění“ dynamických vzorců ukázkou, jak fungují v některém zvláště důležitém případě srážky částic. Tím by se zároveň využilo zákona pro skládání rychlostí a text by se tak více provázal; více by také vysvětlila souvislost relativistické hmotnosti se zákony zachování hybnosti a energie, které jsou teoreticky i experimentálně primární (takže někteří autoři navrhnou relativistickou hmotnost vůbec nezavádět [4]). V rámci dynamiky by snad ještě mohla být učiněna zmínka o fotonu jakožto o částici s nulovou klidovou hmotností, již proto, že o fotonu a jeho energii a hybnosti se v souvislosti s kvantovou teorií hovoří v jiné učebnici daného souboru [5].

V dalším uvedu připomínky k detailům. Připouštím, že v některých případech mohou být pokládány z hlediska potřeb výuky za přílišný pedantismus, i tak však mohou být zajímavé pro učitele.

- Strana 12, řádek 12 shora: Fizeauův pokus byl proveden již roku 1849 (přehozené číslice).
- Strana 12, rámeček: Před výrazem *stejně fyzikální zákony* bych dal přednost formulaci „fyzikální zákony ve stejném tvaru“. O fyzikálních zákonech lze

mluvit nezávisle na vztažné soustavě; jedny a tytéž – v tomto smyslu „stejně“ – zákony však mohou být v různých soustavách různě vyjádřeny. Tento můj návrh je jistě diskutabilní: za přesnější formulaci použít slovo „tvar“, jehož význam nemusí být středoškolákovi jasný.

- Strana 13, rámeček: Uvádět, že princip konstantní rychlosti světla platí *ve všech vztažných soustavách a nezávisle na vzájemném pohybu světelného zdroje a pozorovatele* mi připadá částečně nadbytečné. Je-li rychlost světla měřena v dané vztažné soustavě, znamená to, že pozorovatel je v klidu; určuje-li rychlost pohybující se pozorovatel, měří ji ve své klidové soustavě. Stačilo by „ve všech vztažných soustavách a to nezávisle na pohybu světelného zdroje“, čímž by formulace principu získala na přehlednosti.
- Strana 14, úloha 2: Kvasary jsou v kosmologických vzdálenostech, kde je již nutno počítat se zakřivením prostoročasu. Rychlost jimi vysílaného vlnění stejně jako rychlost samotných kvasarů vzhledem k pozemské vztažné soustavě nelze proto definovat v rámci speciální teorie relativity, bez přihlídnutí k obecné teorii relativity. Doporučoval bych nahradit jinou úlohou.
- Strana 16, poznámka pod čarou: Doslova vzato je poznámka mylná, současnost nesusmírných událostí není nikdy absolutní. Autor měl zřejmě na mysli, že události jsou současné ve všech soustavách pohybujících se ve směru osy x . Poznámku je možno bez újmy vynechat.
- Strana 22, poznámka: Hodiny pohybující se v letadle kolem Země nejsou v klidu v inerciální soustavě. To by se asi mělo konstatovat a při této příležitosti by se mohl vysvětlit „paradox hodin“, se kterým se asi většina žáků v knihách či ve filmech setkává.
- Strana 24, obrázek: I když je to vidět z obrázku, mělo by být i v textu někde řečeno, že osa x je volena ve směru pohybu soustavy K' .
- Strana 27, poznámka: Druhá věta poznámky *Rozměry tělesa pohybujícího se ve směru osy x , kolmé k vektoru jeho rychlosti, se tedy nezkracují* je špatně srozumitelná, což se dá napravit vynecháním nadbytečných slov *pohybujícího se ve směru osy x* . Celá poznámka budí dojem, že nezkracování tyče ve směru kolmém na pohyb zcela vyplyne ze současnosti záznamu poloh v K i v K' . Tak tomu však není, protože ani podélná kontrakce neplyne pouze z relativity současnosti, v níž byl učiněn záznam. Teoreticky by se dalo připustit, že tělesa se pohybem vůči „éteru“ příčně zkracují. Zkracování v příčném směru je ve skutečnosti vyloučeno až principem relativity; pokud by nastalo, nemohlo by být relativní. Jde sice o jemnost, kterou naprostá většina žáků nepostřehne, ale přesto bych ji doporučoval opravit.
- Strana 30, 31, vzorce pro složky rychlosti: V těchto vzorcích písmena běžně označují složky vektorů, které mohou mít kladné i záporné hodnoty. Výklad je však veden tak, aby je bylo možno chápat jako kladné velikosti vektorů,

pročež se uvažuje jen o takových pohybech, při nichž jsou kladné i složky vektorů. Tím je však podle mého názoru oblast platnosti vzorců nepřírozně zúžena (např. auta jezdí po silnici a vysílají zvukové i světelné signály v obou směrech). Bylo by proto vhodné říci, že písmeny u , u' se tu míní složky vektorů, a ilustrovat třeba tím, že invariance rychlosti světla se ukáže pro oba směry šíření $u = c$ i $u = -c$. V některých nerovnostech by se muselo užít absolutních hodnot, což by vhodně připomnělo jejich význam a užitečnost.

- Strana 32, řádek 8 shora: Slova *Einstein ... předpokládal* mi připadají málo vhodná, protože zde nejde o nezávislý předpoklad, ale o nezbytný důsledek teorie relativity.
- Strana 32, řádek 4 zdola: Argumentace působí dojmem, že i v teorii relativity platí druhý Newtonův zákon ve tvaru $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, kde pouze m je relativistická hmotnost. Pokud student nabude takového dojmu a umí vyřešit diferenciální rovnici, zjistí, že těleso dosáhne rychlosti c v konečném čase. (Byl jsem tím sám překvapen.) Z faktu, že zrychlení klesá k nule, tedy ještě nedosažitelnost rychlosti světla neplyne. Asi by bylo na místě zmínit se i o relativistické podobě druhého Newtonova zákona a co se týče nedosažitelnosti rychlosti světla, užít obratu „lze ukázat“.

Závěrem lze říci, že posuzovaná učebnice bude učitelům dobrou oporou při výkladu speciální teorie relativity. Mohla by být používána po dlouhou dobu s tím, že v budoucích vydáních by měly být provedeny menší doplnění a úpravy, které odstraní některé nepřesnosti a učiní výklad několika pasáží úplnějším.

Literatura:

- [1] Bartuška K.: *Fyzika pro gymnázia, Speciální teorie relativity*. Prometheus, Praha 1993.
- [2] Pišút J. a kol.: *Fyzika pro IV. ročník gymnázií*. SPN, Praha 1987.
- [3] Bartuška K.: *Deset kapitol ze speciální teorie relativity*. SPN, Praha 1980.
- [4] Okuň J. B.: *Poňatije massy*. Uspěchi fizičeskich nauk 3 (1989), str. 511.
The Concept of Mass. Physics Today, June 1989, str. 31 a následná diskuse ve Physics Today, May 1990, str. 13, 115.
- [5] Štoll I.: *Fyzika pro gymnázia, Fyzika mikrosvěta*. Galaxie, Praha 1993.