

Jak (ne)učit o silách je trochu složitější problém

Krátký komentář k článku L. Převrátila „O gravitaci, která není fyzikální silou“

Leoš Dvořák, Praha

Články, které jsou neotřelé a trochu kontroverzní, podle mého názoru do Pokroků patří. Proto vítám i otištění článku Leoše Převrátila. Musím však hned úvodem konstatovat, že bych považoval za dost nešťastné, kdyby jeho text byl brán jako „jedině správný“ návod, jak se má o gravitaci učit.

Samozřejmě, pád malého tělesa v gravitačním poli nebo pohyb družice kolem Země je nejpřirozenějším pohybem v zakřiveném prostoročase. Srdci a mysli relativistického fyzika bude takovýto pohled vždy blízký. Ale obávám se, že prosazovat tento přístup do úvodních partií fyzikálního vzdělávání na školách by bylo spíše kontraproduktivní a přineslo by to víc škody než užítku.

Nejde jen o to, že jednoduše formulovat základní zákony mechaniky může být dosti obtížné. Svědčí o tom už formulace, kterou autor navrhuje v části VIII: „...dokonale volné těleso, se vůči ostatním tělesům pohybuje se zrychlením...“. Student se totiž může právem zeptat vůči kterým tělesům (je jich víc a jejich vzájemná zrychlení jsou různá) a ihned zkonstruovat protipříklad, který bude v rozporu s autorovým textem: Mějme například dvě malá tělesa (hmotné body) 1, 2 o stejných hmotnostech m , jejichž vzdálenost je r . Z autorova vztahu pro g_1 vyplývá pro zrychlení každého tělesa samozřejmě $g = \kappa m / r^2$. Protože obě tělesa padají k sobě se stejným zrychlením, je jejich vzájemné zrychlení dvojnásobné. Zrychlení volného tělesa 1 proti druhému volnému tělesu 2 (žádná jiná tam nejsou, takže za „ostatní tělesa“ musíme brát právě jen těleso 2) je tedy nikoli $\kappa m / r^2$, ale $2 \kappa m / r^2$.

Podstatnější je, že žijeme na Zemi a žáci a studenti mají každodenní zkušenost s tím, jak na ně a na předměty kolem nich Země působí. Natáhnu-li před sebe ruku, jasně cítím jak ji „něco“ táhne dolů. A je docela přirozené, alespoň než se dostaneme k obecné relativitě, chápat toto „něco“ jako sílu. Jistě, mohli bychom říkat, že ve skutečnosti svými svaly musím vychylovat ruku z jejího přirozeného pohybu, ale mám obavu, že v hlavách většiny žáků a studentů by to místo jasnějšího pochopení fyziky mohlo vyvolat spíš větší zmatek.

Navíc: zkusme si představit jiné případy, kdy se v tradičním pojetí při výkladu a diskusi vcelku úspěšně používá pojem gravitační síla. Například hydrostatický tlak nebo odvození Archimedova zákona. Obávám se, že pokud bychom dle autorova návrhu gravitaci nebrali jako sílu, byl by výklad daných partií značně „krkolomnější“ než dnes. Nebo – aby šlo o experiment typický pro gravitaci – co například Cavendishův pokus? I Misner, Thorne a Wheeler ve své klasické učebnici (kde se přitom geometrický pohled na věc velmi zdůrazňuje) mluví u tohoto experimentu zcela samozřejmě o síle, kterou se tělesa přitahují. Možná jsem až příliš konzervativní, ale musím přiznat, že si jen obtížně dovedu představit rozbor tohoto pokusu stylem „vahadlo vychyluje malé kuličky z jejich přirozeného pohybu, jímž je pád v gravitačním poli Země a velkých olověných koulí...“ V každém případě by mi takovýto rozbor přišel komplikovanější, než ten tradiční.

Nechci přitom tvrdit, že „klasický a věky osvědčený“ školský výklad mechaniky musí být nutně ten nejlepší. Ovšem problémy, spojené s pochopením či nepochopením sil a toho, jak ovlivňují pohyb těles, jsou téměř jistě někde jinde než v oblasti, na niž se soustředil autor článku. Alespoň to tak vychází z mnoha mezinárodních výzkumů v oblasti fyzikálního vzdělávání. Ale to by bylo téma na samostatný článek či možná sérii článků. (Pro představu si čtenář může zkusit najít Googlem například odkazy na „Force Concept Inventory“.) Opravdu to vypadá, že pro většinu žáků a studentů je obtížné přejít již od „aristotelovského“ pohledu na mechaniku k tomu newtonovskému, a že ve výuce není lehké tento přechod usnadnit.

K článku L. Převrátila by se dalo diskutovat ještě dlouho, a nebylo by to nezajímavé, ale to už bychom příliš přesáhli krátký komentář. A tak jen uzavřu, že nezávisle na tom, že geometrický pohled z mnoha hledisek gravitaci vystihuje elegantněji a přesněji (a že Newtonova teorie gravitace je vlastně jen limitou obecné teorie relativity pro slabá a pomalu se měnící gravitační pole), bych právě z didaktických důvodů alespoň při úvodním seznamování s mechanikou přece jen raději zůstal u popisu gravitace pomocí síly.