

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Martin Černohorský

Antropomorfismus ve fyzikálním vzdělávání

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 21 (1976), No. 3, 169--174

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139707>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1976

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Antropomorfismus ve fyzikálním vzdělávání

Martin Černohorský, Brno

1. Úvod

Účinnost didaktické struktury fyziky na základní škole je dána mj. tím, jak respektuje zvláštnosti spjaté se skutečností, že kolem 11–12 let věku dochází u člověka k přechodu od myšlení konkrétního k myšlení formálnímu [1]. Snaha připisovat mimolidské skutečnosti lidské znaky – antropomorfismus – je po tomto přelomu nežádoucí složkou vzdělávacího procesu. Pro dosažení cílů vzdělávání ve fyzice jsou na obtíž i takové antropomorfní prvky, které byly do fyziky zavedeny v průběhu jejího historického vývoje na základě představ o přírodě, vycházejících z promítání lidských měřítek a lidské smyslové zkušenosti do přírodních jevů. Některé z těchto prvků už byly zcela potlačeny jak ve fyzice, tak v didaktice fyziky, jiné setrvávají přímo nebo zprostředkovaně v didaktických strukturách fyziky, i když fyzika samotná už s nimi neoperuje. Jde o jev, který se neprojevuje jen v učebnicích fyziky pro základní devítiletou školu [2], [3], [4], ale i v učebnicích pro školy II. cyklu a v učebnicích vysokoškolských. Je přirozené, že se týká v různé míře i učebnic zahraničních. K objasnění problematiky na příkladech použijeme z praktických důvodů jen našich učebnic fyziky pro základní devítiletou školu.

Pro přetváření didaktické struktury fyziky mohou být užitečné poukazy na existující problémy bez ohledu na to, je-li v současné době možné předložit řešení úplně uspokojivé pro práci na základní

škole. Podobně má jistě smysl zmínit se o problémech, na které se v souvislosti s tématem narazí, i když se samy o sobě pod dané téma už zařadit nemohou. Nebudeme se také zabývat podrobnostmi vazby problémů na antropomorfismus. V některých případech má tato vazba kořeny až v antropocentrismu. Tak tomu je například u široké kategorie procesů, které jsme zvyklí popisovat prostě jako chování jednoho objektu, zatímco je třeba si všimnout celé soustavy. Do této kategorie můžeme zařadit i tak běžné příklady jako volný pád tělesa, pohyb kyvadla nebo kmity tělesa na pružině.

Zdůrazněme, že na rozdíl od dezantropocentrizace, která se prosadila v přírodních vědách na základě koperníkovských principů ([5], [6], [7]) zcela jednoznačně, je dezantropomorfizace nejen v didaktice fyziky, ale i ve fyzice procesem dosud neukončeným.

2. Fyzikální jednotky

Za příklad úspěšné dezantropomorfizace můžeme považovat vývoj soustavy jednotek až do stadia daného současným stavem mezinárodní soustavy jednotek SI [8]. U jednotek délky a času jsou jediným pozůstatkem někdejšího antropomorfního přístupu k vytváření jednotek délky a času (loket, palec, stopa, výška člověka, krok; časový interval blízký svou délkou periodám životních funkcí člověka – tep, dech) číselné hodnoty, které se objevují v dnešních definicích metru a sekundy. Jednotky hmotnosti, elektrického proudu, svítivosti a látkového množství byly zavedeny, resp. nyní jsou uvedeny způsobem, v němž se objevuje i jednotka délky. Jsou proto svou velikostí historicky podmíněny. Bez nutnosti vazby na minulost bychom například

jednotku látkového množství volili jistě jinak než pomocí Avogadrovy konstanty. Naše didaktická úloha by pak byla stejně snadná jako při vysvětlování toho, co je pár, mandel, kopa nebo tucet, zatímco s dnešním molem se v základní škole raději nechceme setkat.

3. Práce

Ve snaze odlišit pojem práce ve smyslu fyzikálním od jiných významů téhož termínu se v učebnici zavádí práce mechanická ([3], s. 29) a práce elektrická ([4], s. 53). Důvodem pro zavedení této terminologie by mohla být také jen snaha rozlišit dva druhy práce jako fyzikálního pojmu. Chceme-li podrobně vysvětlit, jaký druh práce máme na mysli, musíme mluvit o práci sil určitého druhu, tedy o interakci určitého druhu. Pak by však dvojice (práce mechanická – práce elektrická) měla být nahrazena dvojicí (práce gravitační – práce elektrická). Nynější učebnicová terminologie odpovídá dobře situaci, v níž bychom se chtěli spokojit konkrétním myšlením a poznávacím stadiem znalosti a neměli na mysli rozvoj schopnosti formálního myšlení a směřování k poznávacímu stadiu porozumění. Bylo správné upustit od antropomorfní frazeologie typu „použijeme-li páky, neušetříme práci“ ([3], s. 39), „použijeme-li kladky pevné nebo kladkostroje, neušetříme práci“ ([3], s. 51), „použijeme-li nakloněné roviny, neušetříme práci“ ([3], s. 57). Celá učebnicová pasáž až k završujícímu „Při zvedání tělesa rovnoměrným pohybem bez tření na jednoduchém stroji neušetříme práci“ ([3], s. 57) je dobře propracovanou indukci. Tím, že se mluví o ušetření práce, se však poutá pozornost žáka na práci ve významu ekonomickém, ne fyzikálním.

Přítom tento pohled právě proto, že je antropomorfní, je žákovi blízký. A tak je vznik správné představy o fyzikální práci, o pojmu potřebném pro formální myšlení, znesnadněn. Podobně bylo správné, i když z jiného důvodu, přestat mluvit o zachování mechanické práce na jednoduchém stroji ([3], s. 57). Jde o problematiku spjatou s kategorizací pojmů práce, teplo, záření, energie. Zákony zachování představují totiž kategorii zákonů, které se týkají srovnávání stavů, a nikoliv sledování procesů. Pojem práce se týká procesu. Termín zachování, použitý v obou případech, by ztratil didakticky žádoucí specifický význam a stal by se didakticky bezcenný. V 10. vydání učebnice [3] z roku 1973 [3a] se už ani o zachování práce, ani o ušetření práce nemluví.

4. Energie

Klasifikací dějů opřenou o lidské smysly se historicky vyvinulo dělení fyziky na mechaniku, termiku, nauku o elektřině a magnetismu, optiku a atomistiku. Při personifikaci vývoje fyziky odpovídá dělení tohoto typu údobí konkrétního myšlení a nástup tzv. moderní fyziky odpovídá začátku formálního myšlení. V základní škole lze jistě i dnes oprávněně používat uvedeného dělení fyziky, odpovídající jejímu dětství a dospívání (tj. „dětství“ a „dospívání“ fyziky).

Zavádění prvků současné fyziky do základního fyzikálního vzdělávání by se mělo projevovat jistě ve změně skladby faktologie, ale především ve vytváření struktury školské fyziky odpovídající současné fyzice, a tím v kladení základů k pochopení i takových fyzikálních zákonitostí, s nimiž se žák ve škole faktologicky neseťká. A z tohoto hlediska, bez ohledu na

formální dělení fyziky, jistě bude mít každý didaktik zájem oprostít didaktickou strukturu od pojmů sice funkčních v době jejich vzniku, ale dnešní fyzikou již překonaných. Příležitost k tomu dává dříve funkční soustava s pojmy energie mechanická, energie elektrická, energie chemická atd. Strukturu současné fyziky je už tato pojmová soustava cizí. Stala se soustavou už jen historickou. Její používání rozhodně nemůže napomáhat pochopení zákona o zachování energie, a to zejména proto, že kinetická energie je v této soustavě buď jen složkou, nebo jen formou energie mechanické a nikoliv jedním ze dvou hlavních svébytných typů energie. Mechanickou energií se totiž v takové pojmové soustavě rozumí energie polohová tíhová, energie pružná a energie kinetická. Má-li soustava jen mechanickou energii, představuje tedy tato energie celkovou energii soustavy, danou – jako u každé soustavy – součtem energie kinetické a energie potenciální. V daném případě jde jen o dva druhy potenciální energie: o potenciální energii gravitační a o potenciální energii pružnou. Je třeba znovu připomenout a zdůraznit, že zde nejde o záležitost formální, resp. terminologickou, ale o vystižení struktury fyziky.

Používá-li se stále ještě termín mechanická energie, je to přetrvávání stavu, kdy se člověk setkával s makroskopickými projevy gravitační interakce, zatímco o elektromagnetické interakci nevěděl, a pojmenoval jev spjaté s makroskopickým přemísťováním těles mechanické jevy. Podstatě gravitační interakce nerozumíme o nic více než podstatě interakce elektromagnetické. Dosavadní jednostrannost didaktické struktury mechaniky, tj. orientace jen na gravitační interakci a neuvažování o elektrické, resp. elektromagnetické interakci je hluboce vžitá. Jde však o anachro-

nismus, jehož obecné překonání by znamenalo výrazný pokrok ve fyzikálním vzdělávání zejména v jeho počátečním stadiu.

Je prostě třeba mluvit o energii kinetické a o energii potenciální s jejími různými druhy.

5. Zákony zachování

Pro snažší objasnění problematiky zákonů zachování v nadcházejícím pohledu vyjdeme za hranice dosavadního učiva základní školy, i když už učebnice pro sedmý ročník ([2], s. 58) svým obrázkem s pružinou mezi dvěma kuličkami naznačuje všechno, co je zapotřebí k porozumění fyzikálního obsahu tří příkladů, které uvedu. Jde o volný pád, kmitavý pohyb tělesa na pružině a kmitavý pohyb torzního kyvadla.

Co mám na mysli, naznačím s použitím jen druhého příkladu. Formálně se dá řešit pohyb tělesa na pružině i tak, že se považuje těleso s pružinou za soustavu, v níž platí zákon zachování energie. Energie pružná a energie kinetická se vzájemně přeměňují, jejich součet zůstává stálý. Potíž nastane v okamžiku, kdy chceme na takto vymezenou soustavu aplikovat zákon zachování hybnosti. Jednoduchá úvaha ukazuje, že hybnost soustavy se mění. Podobně říkáme, že součet pohybové a polohové energie padajícího kamene je stálý; avšak jeho hybnost se mění. Konečně součet pohybové energie tělesa otáčejícího se kolem osy pružného vlákna a pružné energie vlákna je stálý; točivost této soustavy se však mění. Myslím, že by tyto příklady nemusely zůstávat vyhrazeny až vysokoškolské fyzice. Zejména je-li potřebný aparát ve skutečnosti už k dispozici ([2], s. 58; [3], s. 13), mohlo by se s jeho využi-

tím udělat mnoho pro porozumění zákonů zachování obecně.

Z hlediska zákonů zachování jsou naše učebnice [2], [3], [4] velice chudé, pravděpodobně proto, že i na naše poměry se vztahuje tvrzení INHELDEROVÉ, uváděné BRUNEREM [9], že pochopení pojmu stálosti fyzikální veličiny je spjato u žáka s obtížemi, o nichž učitelé často nemají tušení. Na základní škole by mělo být dost příležitosti vytvářet předpoklady pro pozdější pochopení stálosti fyzikálních veličin i takových, kde se může jen stěží uplatnit bezprostřední názor (například vnitřní energie komplikovanější soustavy). I ve vyšších třídách základní školy je jistě účelné vracet se k zákonu zachování množství látky stanoveného počtem kusů, stanoveného hmotností, posuzovaného tíží, popř. u kapalin stanoveného objemem v nádobách různého tvaru.

Na základní školu jistě nepatří obecná formulace zákona setrvačnosti ve znění odpovídajícím původní formulaci Newtonově [10]. Zákon setrvačnosti však patří na základní školu jako jev jak ve své formě pro translační pohyb, tak ve své formě pro pohyb rotační. Nebudeme jistě mluvit o točivosti jako fyzikálně definované veličině, ale rozhodně využijeme setrvačnosti i při rotaci k lepšímu budoucímu porozumění principu zachování, který se uplatňuje u celé řady fyzikálních veličin.

Ani zákon zachování elektrického náboje se nevymyká možnosti explicitního zařazení. Jde jen o vhodný výklad při větvení proudu ([4], s. 47) a zejména o využití výkladu o jaderných přeměnách, kde si stěží některý učitel nechá ujít příležitost zabývat se zákony zachování na učivu, které patří mezi nejpřitažlivější.

V každém případě je postavení zákonů zachování ve fyzikálním vzdělávání tak důležité, že bychom měli být ochotni

obětovat mu např. dokonalé porozumění vztahu mezi hmotností a tíhou už v prvním roce fyziky jako samostatného předmětu na základní škole. Vůbec bychom si měli asi trochu více všimnout toho, co zvyšuje oblibu fyziky a co způsobuje nechut k nově zaváděnému předmětu. (Výrazným dokladem nepochopení smyslu fyziky jako předmětu a smyslu fyzikálního vzdělávání ze strany učitele by byl například žákovský sešit učně, jehož poznámky by začínaly úplnou definicí metru a sekundy.)

Pokud jde o zákon zachování energie, měl by se usazovat nejprve jen kvalitativním výkladem o kinetické energii soustavy a potenciální energii soustavy (pohybová energie kuliček spjatých pružinou, pružná energie této soustavy). Zdůrazňujeme tu vazbu energie na soustavu, ne na jeden její prvek.

Jestliže v tomto výčtu nemluvíme o teple, resp. o tepelné energii, není to opomenutí. Nepatří sem, nechceme-li setrávat v podstatě na fluidové teorii včetně pojmu skrytého tepla a chceme-li rozlišovat energii jako charakteristiku stavu na straně jedné a změnu energie, resp. frazeologicky opět jen energii, jako charakteristiku procesu na straně druhé. V tomto smyslu došlo už v učebnici pro 8. ročník [3a] k úpravě.

6. Energie, práce, teplo, záření

Teplo je zvláště výrazným příkladem, jak těžko se vymaňujeme ze zakořeněných představ vzniklých v dobách rozhodujícího vlivu lidských smyslových orgánů pro posuzování jevů a pro jejich jazykový popis. Jasná fyzikální terminologie v oblastech spjatých s teplem na sebe ještě čeká. Bude pravděpodobně vycházet z klasifi-

kace, která je bez podrobného propracování a jen neúplně naznačena v učebnici [11]:

Kinetická energie a různé druhy potenciální energie jsou pojmy jedné kategorie a jsou spjaty se stavem soustavy. Práce, teplo a záření jsou pojmy druhé kategorie a jsou spjaty s procesem, kterým soustava přechází z jednoho stavu do druhého.

Didaktiku fyziky čeká v této oblasti úkol zřejmě značně obtížný. Formulace typu „Slunce je zdroj tepla“ ([2], s. 113), „vzájemná přeměna energie mechanické a tepelné“ ([3], s. 76), „přeměna elektrické energie v tepelnou“ ([4], s. 55), „při výbuchu se uvolní velké množství tepla“ ([4], s. 207) patří mezi doklady, že didaktika fyziky není zatím schopna vyrovnávat se se svým zpožděním za fyzikou samotnou. Oblast spjatá s termínem teplo je přitom zvláště výrazným a srozumitelným příkladem, jak antropomorfismus, často nepoznaně, může nepříznivě ovlivňovat fyzikální vzdělávání.

7. Závěrečné teze

Teze, do nichž můžeme většinu uvedených námětů shrnout, mohou být vysloveny takto:

1. Je účelné využít nynějšího učiva sedmé třídy základní devítileté školy ([2], s. 58) k přípravě na to, aby mohly být jevy popisovány co nejdříve pomocí pojmu interakce.

Není vhodné nahrazovat popis chování soustavy popisem chování jednotlivých objektů. Není to vhodné nejen proto, že se tím nerespektuje dostatečně souvislost jevů a že se tím potlačuje závažnost interakce jako neoddelitelné složky soustavy, ale např. i proto, že se

tak může uvádět v pochybnost platnost zákonů zachování jako obecných principů. Zákony zachování by se totiž mohly žákovi jevit jen jako pravidla platná pro zvláštní případy.

2. Je účelné objasňovat obsah zákona setrvačnosti nejen zákonem zachování hybnosti, ale i zákonem zachování točivosti.

Není vhodné omezovat zákon setrvačnosti jen na translační pohyb.

3. Je namístě výrazně odlišit energii soustavy jako charakteristiku jejího stavu a velikost změny energie soustavy při procesu. Podle charakteru procesu říkáme, že soustava spotřebuje nebo koná práci, přijímá nebo vydává teplo, absorbuje nebo emituje záření.

Není vhodné mluvit o teple jako o energii, resp. o tepelné energii a jejich přeměnách.

4. Je namístě mluvit o dvou základních typech energie, energii kinetické (energie spjatá s pohybem těles, energie pohybová) a energii potenciální (energie konfigurační, energie spjatá se vzájemnou polohou těles, energie polohová). Potenciální energie je různého druhu podle typu interakce.

Není vhodné mluvit o energii mechanické a označovat za její složky, resp. formy, energii gravitační, energii pružnou a energii pohybovou.

Z hlediska didaktiky fyziky na základní škole jde vesměs o otevřené problémy. Některé z nich jsou didakticky řešeny v rámci vysokoškolské fyziky [12]. Řešení pro základní školu je samozřejmě z hlediska teorie vyučování a zejména z hlediska teorie učení problémem zcela samostatným. Zatímco vysokoškolská pedagogika se obrací k člověku až v době, kdy vývoj

jeho myšlení je v podstatě ukončen a schopnost formálních operací se předpokládá, zastihuje fyzika jako samostatný předmět na základní škole člověka v údobí, kdy teprve přechází od myšlení konkrétního k myšlení formálnímu. Zdá se, že pro fyzikální vzdělávání obecně můžeme očekávat v nadcházející době značný pokrok jako důsledek současných intenzivních snah v celosvětovém měřítku [13]. Tyto snahy jsou charakterizovány rostoucím podílem psychologie a pedagogiky v koncepcích fyzikálního vzdělávání. Je zřejmé, že je to právě základní škola, pro kterou je spolupráce didaktiků fyziky s psychology a pedagogy obecného i speciálního zaměření nejžádoucnější.

Literatura

- [1] PIAGET J.: *Psychologie inteligence*, Praha, KPÚ, 1964. 128 s.
- [2] VACHEK J., ŠPAČEK M.: *Fyzika pro 7. ročník základní devítileté školy*, 2. vyd. Praha, SPN, 1963.
- [3] CHYTILOVÁ M., LEHAR F., TRUKSA F.: *Fyzika pro 8. ročník základní devítileté školy*, 2. vyd. Praha, SPN, 1963.
- [3a] Učebnice [3], 10. vyd. 1973.
- [4] FUKA J., VORÁČEK M.: *Fyzika pro 9. ročník základní devítileté školy*, 8. vyd. Praha, SPN, 1972.
- [5] PACZYNSKI B.: *The influence of Copernicus on physics*, *Europhysics News* (Geneva), 4, 2 (1973), 6.
- [6] HORSKÝ Z.: *Na okraj Kopernikova výročí*, *Čs. čas. fys.*, A 23 (1973), 300–305 a 308.
- [7] HORSKÝ Z.: *O Kopernikově heliocentrismu*, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 18 (1973), 3–8.
- [8] *Le Système International d'Unités (SI)*, Publikace Mezinárodního úřadu pro míry a váhy (1971). Komentovaný překlad: *Mezinárodní soustava jednotek SI*, Praha, vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 50 s.
- [9] BRUNER J. S.: *The Process of Education*, New York, Vintage Books, 1963.
- [10] ČERNOHORSKÝ M.: *Newtonova formulace prvního pohybového zákona*, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 20 (1975), 344–349.
- [11] ALONSO M., FINN E. J.: *Fundamental University Physics, Vol. 1. Mechanics*, Reading (USA, Mass.), Addison-Wesley, 1967, 264 s..
- [12] ČERNOHORSKÝ M.: *Úvod do fyziky pro studenty učitelství fyziky a pro studenty fyziky*. Přednášky na přírodovědecké fakultě UJEP v Brně, 1974/75. Nepublikováno.
- [13] *Mezinárodní konference o fyzikální pedagogice IUPAP/Unesco*, Edinburgh 1975. Předkonferenční materiály. (Distribuce omezená.)

Současná doba je jednou z mála příležitostí v historii vyučování matematice, kdy probíhá revoluce zasahující nejen vyšší, ale i elementární partie školské matematiky. Dříve bylo sotva možné provést závažné změny najednou na všech úrovních tak, jak se to děje dnes. Elementární základy matematiky se změnily; zatímco

dříve se týkaly, a musely týkat, jen čísel, nyní jde o struktury. Číslo je stále důležité, protože číselné obory tvoří zajímavé struktury, a lze jich využít k popisu rozmanitých struktur ve světě, který nás obklopuje. Ale číslo už není vším, a není už tím, čím by mělo vyučování matematice začínat.

T. J. Fletcher
