INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jak používat explanační modely ve výuce fyziky?

Josef Trna
Pedagogická fakulta MU
trna@ped.muni.cz

1 Úvod

Jako jednu z hlavních příčin obtížnosti a neoblíbenosti fyziky žáci uvádějí skutečnost, že fyzice **nerozumí.** Obdobně se učitelé fyziky na základních, středních, ale i vysokých školách ptají **jak fyziku učit,** aby žák či student učivo **pochopil**. Co to ale znamená, že rozumím nebo naopak nerozumím fyzice? Součástí odpovědi na tuto složitou otázku je zřejmě vyjmenování řady faktorů a podmínek výuky jako jsou: dispozice a motivace žáka, dovednosti učitele, vhodná technologie výuky, klima školy, rodinné zázemí atd. Dále pak je nutná komplexní systémová součinnost těchto faktorů a podmínek ve vlastní výuce a celém vzdělávání.

Vytvoření takové komplexní výukové technologie je podle našeho názoru jedním z hlavních úkolů didaktiky fyziky. Zaměříme se na jeden prvek technologie výuky fyziky, který ale může výrazně napomoci porozumění fyzikálním jevům, pojmům, zákonům a teoriím. Tímto prvkem je didaktická **teorie explanačních modelů**, kterou se pokusíme v základních rysech prezentovat.

2 Zapamatování a porozumění

Dítě i dospělý člověk se denně setkává s různými předměty a jevy, které vnímá svými smysly, myšlením je zpracovává a pomocí paměti uchovává. Tak vznikají v jeho mozku určité struktury, kterým říkáme vědomosti. Podle klasifikace B. Niemierka [4] je můžeme dělitel dvou skupin:

1. **Vědomosti – zapamatování**: Jde o jednoduché informace (fakta), která si ukládáme do paměti. Podle J. S. Brunera [3] jsou ukládány v určitých systémech, avšak jsou to většinou pouhá data, mající statický charakter. Jsou spjaty zejména s počitky a vjemy.
2. **Vědomosti – porozumění**: Jedná se o složité komplexy informací, které jsou produktem myšlení a mají tak dynamický charakter. Můžeme si je z paměti vyvolat jedině jako struktury. Mají vazbu na určité představy o podstatě funkce určitých objektů a jevů.

Jestliže učitel chce, aby žáci učivo chápali, musí vyučovat tak, aby docházelo ke vzniku vědomostí-porozumění. Ve výuce by se proto měly objevovat nejen otázky typu:"Co?", ale především otázky typu: "Proč?" Aktuální vzdělávací cíle výuky fyziky jsou směrovány zejména na řešení problémů, praktické aplikace, tedy na vznik dovedností a kompetencí žáků užívat vědomosti v typových a problémových situacích a při vytváření klíčových žákovských kompetencí. Je zřejmé, že ve fyzice žáci nemohou vystačit jen s pamětními vědomostmi. Měli by opouštět školu s vytvořeným pružným systémem vědomostí-porozumění, které budou přiměřeny jejich věku a úrovni budoucích problémů.

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

3 Explanační model

Modely a modelování patří nedílně do technologie výuky fyziky [7]. Využíváme různé druhy modelů materiální (fyzické), ideální (abstraktní), smíšené, simulační aj. Slouží jako demonstrační učební pomůcky, obrazy, schémata, grafy matematické zápisy zákonů atd. Třebaže jsou aplikovány v různých fázích a metodách výuky, považujeme je především za didaktický prostředek vysvětlování (explanace) v expoziční fázi výuky. Důvodem je základní vlastnost modelu, kterou je **zjednodušení** objektu či jevu, zdůrazněním jeho **systémových prvků a vazeb**. Významná je též možnost provádění **simulací** ve vztahu k originálnímu fyzikálnímu objektu či jevu.

Fyzikální model má z výukového hlediska žádoucí vlastnosti, aby se stal **základem vědomosti-porozumění**. Tento model vytvářený v expoziční fázi výuky nazýváme **explanační model** (dál jen EM) fyzikálního objektu nebo jevu. Těmto EM se budeme dále podrobněji věnovat.

4 Klasifikace fyzikálních explanačních modelů

Fyzikální EM modelují fyzikální objekty a jevy. Podle způsobu vzniku a aplikace je můžeme rozdělit do tří základních skupin [6] :

(a) **vědecké**: Jejich autorem je fyzik-vědec a hlavní funkcí je usnadnění bádání nebo prostředek komunikace s jinými vědci.

(b) **výukové**: (vzdělávací): Jejich autorem je fyzik-učitel (didaktik fyziky) a hlavní funkcí je výuka (vzdělávání) neodborníků ve fyzice, tedy převážně žáků ve školách.

(c) **žákovské**: Jejich autorem je sám žák, vznikají nejdříve jako prekoncepce před výukou na základě vlastní zkušenosti s pomocí intuice a jejich hlavní funkcí je žákova odpověď na vlastní otázky typu: "Proč?". Později během výuky se tyto prekoncepční EM mění v žákovské koncepční EM (žákovo pojetí učiva).

Pro konkrétní představu uvádíme příklad všech tří druhů EM fyzikálního jevu:

Rovnováha tuhého tělesa otáčivého kolem vodorovné osy:

(a) ***vědecký EM****: (abstraktní matematický model):*

momentová věta: $\sum_{i=1}^{n} \vec{M}_i = \vec{0}$

rovnost momentů sil: $\vec{M}_1 = \vec{M}_2$

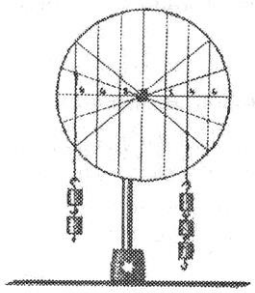
podmínka rovnováhy na páce: $\vec{r}_1 \times \vec{F}_1 = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2$

($\vec{M}$ *- moment síly,* $\vec{F}$ *- síla,* $\vec{r}$ *- rameno síly)*

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

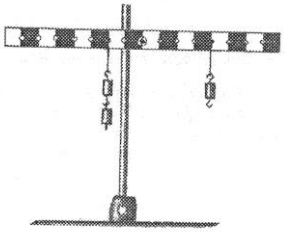
Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

(b) ***výukový EM****: (simulační model - učební pomůcka):*



momentový kotouč

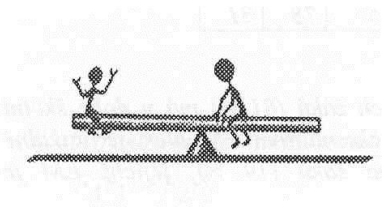
(střední škola)



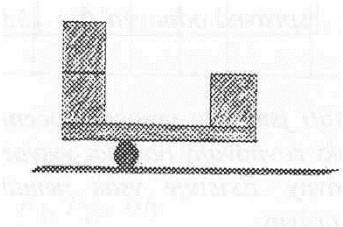
vodorovná páka

(základní škola)

(c) ***žákovský EM****: (prekoncepční model - obrazová představa):*



houpačka



stavebnicová konstrukce

Vědecké EM mají nejčastěji podobu abstraktních matematických modelů (rovnic). Výukové EM bývají obvykle reálné modely (např. demonstrační pomůcky), graficko-verbální modely (schémata,

obrazy, grafy) a též abstraktní modely (myšlenkové pokusy, rovnice). Žákovy prekoncepční EM mají převážně formu jednoduchých abstraktních modelů (názorných představ).

5. Explanační modely ve výuce fyziky

Většinu vědeckých EM můžeme použít jako i jako výukové EM. Jejich aplikace je limitována úrovní abstrakce daného EM, tedy především náročností užitého matematického aparátu.

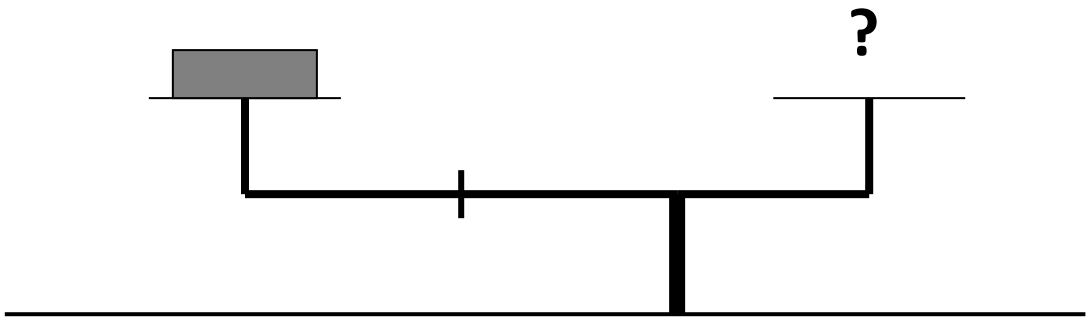
Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Složitější je vztah výukového a žákovského EM. Nejdříve je totiž třeba zjistit, jestli je či není žákovský EM fyzikálně správný. Tuto diagnózu můžeme získat například zadáním vhodné úlohy.

V našem případě ***rovnováhy tělesa*** by taková diagnostická úloha mohla vypadat takto:

Na jedné sedačce houpačky leží cihla. Kolik cihel musí dát Aleš na druhou sedačku, která je na kratší (poloviční) straně houpačky, aby nastala rovnováha?



(A) : jednu cihlu

(B) : dvě cihly

(C) : tři cihly

Správnou odpověď (B) uvedly při našem výzkumu dvě stě členné skupiny dětí ve věku 5, 7, 9, 11 a 13 let takto:

věk dětí (roky)	5	7	9	11	13
správná odpověď (%)	53	59	67	78	81

Zjistili jsme, že vysoké procento 13-letých žáků (81 %) má v době školní výuky rovnováhy na páce vytvořen prekoncepční EM, který je fyzikálně správný. Existuje však nemalá skupina žáků (19 %), jejichž EM je nesprávný nebo není vytvořen. Po takovém zjištění vzniká otázka, jak postupovat při tvorbě či výběru vhodného výukového EM. V případě fyzikálně správného žákovského EM je třeba na tuto prekoncepční představu navázat a žákovské EM zabudovat do skupiny výukových EM.

V našem příkladě by výukové EM mohly mít například tuto podobu (základní škola a nižší stupeň gymnázia):

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

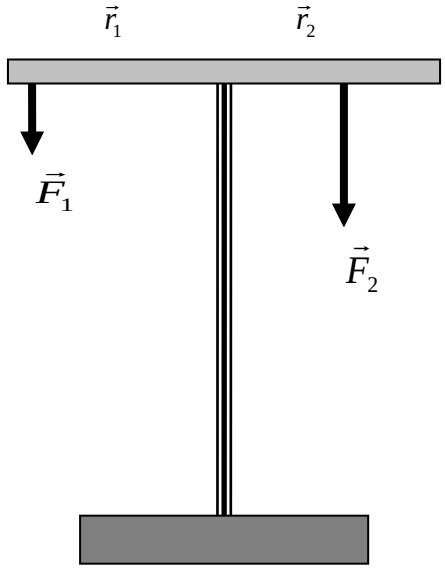
(1) ***reálný model*** *(experimentální zařízení v problémové úloze):*

Dřevěný laťkový metr (nebo tyč opatřenou metrovou škálou) podložíme ležatým trojbokým hranolkem. Na konce takto improvizované "houpačky" postavíme závaží s poměry hmotností např.: 1:2, 1:3, 2:3 atd. Otázka zní: Kam posunout hranolek, aby vznikla rovnováha?

Řešení: Po provedení žákovských empiricko-intuitivních odhadů (zde je vazba na žákovské EM) provést experimentální zjištění délek ramen "houpačky".

(2) ***simulační model*** *(učební pomůcka pro frontální experiment):*

Experimentální sestavu tvoří stojan s držákem, ve kterém je nasazena vodorovná tyč s hrotem. Na tomto hrotu je umístěna vodorovná tyč (páka), opatřená dílky a otvory pro zavěšení závaží. Do těchto otvorů jsou na obě strany od osy zavěšována závaží až do dosažení rovnováhy. Do tabulky jsou zapisovány hodnoty vzdáleností od osy a tíhy závaží. Následně je vypočten součin příslušné délky a síly.



n	F_1	r_1	F_2	r_2	$F_1 r_1$	$F_2 r_2$
	N	m	N	m	$N.m$	$N.m$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

(3) ***abstraktní model*** *(matematický zápis - rovnice):*

$F_1 r_1 = F_2 r_2$

F_1, F_2 - síly

r_1, r_2 - ramena sil

Touto nebo obdobnou volbou výukových EM využijeme žákův EM a dotvoříme jeho vědomost-porozumění. Jelikož nám ve fyzice jde především o tvorbu žákových dovedností (řešit problémy, experimentovat aj.), je třeba tyto výukové EM zasadit do celé didaktické struktury. Ta by měla zahrnovat především aplikaci - řešení typových a především problémových úloh a projektů - při nichž se žádoucí dovednosti rozvíjejí.

V našem příkladě by nemělo chybět srovnání naměřených hodnot rovnováhy "houpačky" z (1) pomocí rovnice, vyjadřující podmínku rovnováhy na páce (3).

Složitější situace nastává v druhém případě, jestliže je žákův prekoncepční EM fyzikálně nesprávný. Na rozdíl od předchozí situace, kdy jsme žákův EM rozvíjeli, zde jej musíme přebudovat. Volbou vhodné úlohy je nutno žáku ukázat, v čem je jeho EM špatný a nabídnout mu místo něj vhodný výukový EM.

Psychologové upozorňují na nebezpečí, jež spočívá v bezkonfliktní paralelní existenci dvou protichůdných vědomostí, které by vznikly, kdybychom žákův chybný prekoncepční EM ignorovali. Bezkonfliktnost existence těchto dvou vědomostní spočívá v tom, že vědomost vytvořenou pomocí výukového EM by měl žák formálně bez porozumění jen pro školu (zkoušení), při řešení skutečných problémů by se však opíral o vědomost založenou na vlastním chybném prekoncepční EM. Proto je nutné takové dvě protichůdné vědomosti o jednom objektu či jevu nevytvářet. Když už vzniknou, pak je třeba uvést je do konfliktu a vytvořit jedinou vědomost-porozumění, fyzikálně správnou. Tak dosáhneme stavu, kdy žák učivo pochopí a jeho učení nebude formální.

6 Závěr

Myšlenky o užití EM ve výuce fyziky jsou založeny na současných objevech kognitivní psychologie ([1], [2], [5] aj.). Je třeba je doplnit o další didaktické zásady, ke kterým musíme zařadit především aktivní účast žáka na tvorbě i restrukturalizaci jeho vědomostí. Žák by měl být co nejvíce zapojován do tvorby svých EM, ale též výukových EM, např. pomocí učiteli při demonstrování. Další možností je, aby žák sám vytvářel alternativní výukové EM (tam kde to lze) a předváděl je spolužákům ("učení se vyučováním"). Tyto žákovy aktivity však musí být spontánní, žák musí být dostatečně kladně motivován. Další podmínkou je kladně emotivní prostředí ve třídě. Kombinace těchto faktorů je předpokladem pro vznik žádoucích vědomostí, dovedností a postojů a též k tomu, aby si žáci a studenti přestali stěžovat na to, že fyzice nerozumí.

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Reference

[1] ARENDS, R. I.: *Learning to Teach*. New York: Mc Graw-Hill, 1991.

[2] BERTRAND, Z. *Soudobé teorie vzdělávání*. Praha: Portál, 1998.

[3] BRUNER, J. S. *Vzdělávací proces*. Praha:SPN, 1965.

[4] NIEMIERKO, B.: *Taxonomia celów wychowania*. Kvartalnik pedagogiczny, Vol. 24, 1979, No. 2, Warszawa, 1979, pp. 67-78.

[5] RUISEL, J., RUISELOVÁ, Z.: *Vybrané problémy psychologie poznávania*. Bratislava: VEDA, 1990.

[6] TRNA, J. *Explanační modely ve výuce fyziky.* In: Fyzika a didaktika fyziky 2. Brno: PdF MU, 1996. s. 68-74.

[7] VACHEK, J., LEPIL, O. *Modelování a modely ve vyučování fyzice.* Praha: SPN, 1980.

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.