

Představy žáků o elektrickém proudu a napětí

DANA MANDÍKOVÁ – MARIE KELNAROVÁ

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Úvod

To, že žáci nepřicházejí do výuky jako nepopsané bílé listy, na které by bylo možné systematicky a bez větších potíží zapisovat školní fyzikální poznatky, je dávno známá věc. Než žák přijde do školy, má už vytvořenou řadu subjektivních, intuitivních představ (prekonceptů) o tom, jak se svět kolem nás chová a funguje. Tyto představy bývají často v rozporu s vědeckými poznatky, znesnadňují jejich správné pochopení a mohou vést k povrchnímu, formálnímu a zkreslenému osvojování fyzikálních pojmů [4].

Problematika intuitivních představ byla velmi aktuální v 80. letech minulého století, ale žáci si své intuitivní představy přinášejí do výuky stále a vzhledem k tomu, že se dosud nenašel žádný spolehlivě účinný recept na jejich překonávání, zdá se nám aktuální i dnes. V následujícím článku bychom to chtěli dokumentovat na výsledcích průzkumu, který se týkal představ 15-letých žáků o vlastnostech elektrického proudu a napětí [1].

Průzkum jsme provedli na přelomu roku 2004 a 2005. Teoretická část průzkumu měla formu testu, který obsahoval 9 úloh. Test řešilo 179 žáků devátých tříd ze tří základních škol a odpovídajících ročníků dvou víceletých gymnázií (v odkazech ZŠ).

Zadání úloh a jejich výsledky

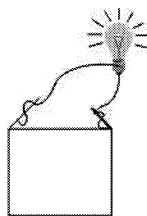
V úvodu testu měli žáci napsáno, že odpory spojovacích vodičů mají považovat za zanedbatelné. Místo terminologicky přesného rezistor o odporu R píšeme zkráceně odpor R .

Úloha č. 1

Na obrázku 1 jsou vzájemně propojeny žárovka a baterie. Žárovka svítí.

Zakroužkuj tvrzení, které považuješ za správné:

1. Proud z baterie prochází jen do žárovky, kde je zcela spotřebován.
2. Proud prochází z baterie do žárovky, kde je částečně spotřebován, částečně se vrací zpět do baterie.
3. Proud v obvodu prochází přes žárovku zpět do baterie.

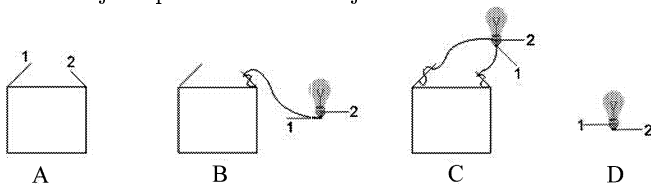


Obr. 1

První úloha zkoumala představu spotřeby elektrického proudu žárovkou v elektrickém obvodu. Správnou odpověď uvedlo 39 % řešitelů. 40 % žáků je přesvědčeno o částečné spotřebě elektrického proudu v žárovce a 20 % žáků si myslí, že elektrický proud je v žárovce zcela spotřebován. 2 % žáků úlohu neřešila.

Úloha č. 2

Označ křížkem, pro které z případů A, B, C, D na následujícím obrázku 2 jsou pravdivá následující tvrzení.



Obr. 2

	A	B	C	D
1. Žárovka svítí v případě				
2. Elektrický proud prochází v případě				
3. Mezi místy 1 a 2 je elektrické napětí v případě				

První tvrzení nečinilo žákům velké obtíže, 88 % vybralo správnou odpověď. Zajímavé je, že tři dívky vybraly jako správnou odpověď možnost D.

U druhého tvrzení úspěšnost sice poklesla, ale stále je vysoká – 76 %. 6 % řešitelů uvedlo, že elektrický proud prochází v případě B a 4 % v případě D.

Třetí tvrzení činilo největší obtíže. Úspěšnost řešení klesla na 11 %, neboť si většina žáků neuvědomuje, že na samotné baterii je elektrické napětí. 54 % žáků uvedlo možnost C, 8 % žáků možnost A, 5 % možnost D a 4 % možnost B. Třetí tvrzení neřešilo 7 % řešitelů.

Celou úlohu správně vyřešily 2 dívky a 16 chlapců, takže celková úspěšnost celé úlohy je jen 10 %.

Úloha č. 3

Přečti si následující tvrzení a zakroužkuj ta, která považuješ za správná.

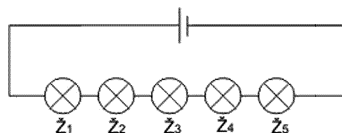
1. Elektrický proud a elektrické napětí existují pouze společně.
2. Elektrické napětí může existovat i bez současného průchodu elektrického proudu.
3. Elektrický proud je totéž jako energie.

Ve třetí úloze byly zjišťovány představy o vztazích mezi elektrickým proudem a napětím a mezi elektrickým proudem a energií. 36 % žáků si myslí, že elektrický proud a napětí existují pouze společně. Že elektrický proud je totéž jako energie se domnívá 13 % žáků. Správnou odpověď vybralo 33 % žáků.

Úloha č. 4

V obvodu je 5 stejných žárovek zapojeno v sérii (obr. 3). Zakroužkuj výroky, o kterých si myslíš, že jsou pravdivé.

1. První žárovka svítí více než pátá.
2. První i pátá žárovka svítí stejně.
3. Pátá žárovka svítí více než první.
4. Všech pět žárovek svítí stejně.



Obr. 3

Tato úloha byla opět zaměřena na představu o spotřebě elektrického proudu ve spotřebiči. Zcela správnou odpověď (tvrzení 2 i 4) u této úlohy

označilo 40 % žáků, 42 % žáků uvedlo, že všechny žárovky svítí stejně jasně, 4,5 % žáků označilo, že první a pátá žárovka svítí stejně. 9 % žáků si myslí, že první žárovka, u kladného pólu zdroje, svítí více než pátá. A 4,5 % uvádí jako více svítící pátou žárovku.

Úloha č. 5

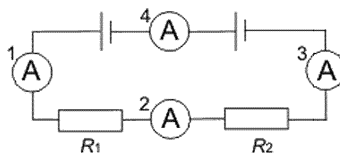
V obvodu na obrázku 4 jsou zapojeny dva stejné odpory ($R_1 = R_2$). Ampérmetr A číslo 1 ukazuje proud $I_1 = 2$ A. Jaké proudy ukazují zbývající ampérmetry?

Ampérmetr:

A č. 2 ukazuje proud $I_2 =$

A č. 3 ukazuje proud $I_3 =$

A č. 4 ukazuje proud $I_4 =$



Obr. 4

Správné hodnoty pro všechny tři ampérmetry uvedlo 53 % žáků. 8 % žáků mělo dvě správné hodnoty, 21 % jen jednu správnou hodnotu. 9 % žáků úlohu neřešilo. Hodnoty proudů uváděné v chybných odpovědích byly natolik různorodé, že se v nich těžko hledaly nějaké společné rysy.

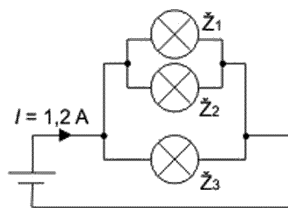
Úloha č. 6

Všechny žárovky v obvodu na obrázku 5 jsou stejné. Proud $I = 1,2$ A. Urči, jaké proudy procházejí jednotlivými žárovkami.

Žárovkou: $\mathcal{Z}_1$ prochází proud $I_1 =$

$\mathcal{Z}_2$ prochází proud $I_2 =$

$\mathcal{Z}_3$ prochází proud $I_3 =$



Obr. 5

Tato úloha byla málo úspěšná, jen 6 % žáků uvedlo správnou odpověď. 50 % uvádí hodnoty proudů $I_1 = I_2 = 0,3$ A a $I_3 = 0,6$ A a vychází zřejmě z představy, že elektrický proud v paralelním zapojení se v uzlech rozdělí tak, jakoby „nevěděl“, co se při jeho dalším průběhu v elektrickém

obvodu stane“. 18 % žáků si myslí, že v jednotlivých větvích elektrického obvodu mají elektrické proudy stejnou hodnotu, jako má celkový proud procházející elektrickým obvodem, tedy 1,2 A. 7 % žáků úlohu neřešilo.

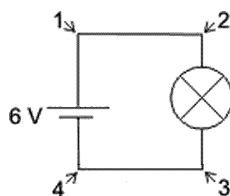
Úloha č. 7

a) Jaké je napětí mezi jednotlivými body v obvodu zakresleném na obr. 6a?

mezi body 1 a 2 je napětí $U =$

mezi body 2 a 3 je napětí $U =$

mezi body 3 a 4 je napětí $U =$



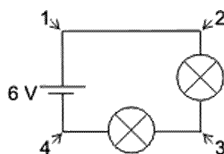
Obr. 6a

b) Jaké bude napětí mezi jednotlivými body po zapojení další stejné žárovky mezi body 3 a 4 (obr. 6b)?

mezi body 1 a 2 bude napětí $U =$

mezi body 2 a 3 bude napětí $U =$

mezi body 3 a 4 bude napětí $U =$

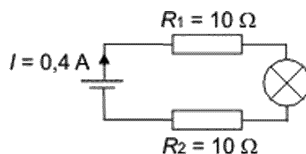


Obr. 6b

Sedmá úloha měla testovat představu o napětí mezi dvěma různými body v elektrickém obvodu. V části a) odpověděla správně jen 3 % řešitelů, 59 % uvádí, že napětí mezi všemi body v obvodu má hodnotu 6 V. 8 % žáků uvádí, že mezi body 1 a 2, 3 a 4 je napětí 6 V a mezi body 2 a 3 napětí 3 V. 14 % žáků úlohu neřešilo. V části b) je správných odpovědí ještě 1 % méně. 52 % žáků uvádí, že napětí mezi všemi body v obvodu má hodnotu 6 V. 11 % žáků uvedlo, že hodnota napětí mezi body 1 a 2 je 6 V, mezi body 2 a 3 a 3 a 4 je napětí 3 V. 17 % žáků úlohu neřešilo.

Úloha č. 8

V obvodu na obr. 7a jsou oba odpory stejné ($R_1 = R_2 = 10 \Omega$). V tomto případě obvodem prochází proud $I = 0,4 \text{ A}$.

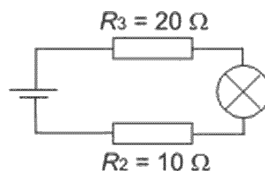


Obr. 7a

a) Zaměníme-li odpor R_1 odporem $R_3 = 20 \Omega$ (obr. 7b), elektrický proud bude:

1. menší než 0,4 A
2. roven 0,4 A
3. větší než 0,4 A

Správné tvrzení zakroužkuj.

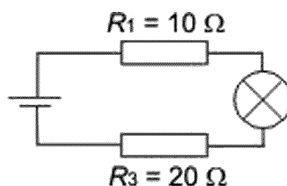


Obr. 7b

b) Zaměníme-li v původním obvodu odpor R_2 odporem $R_3 = 20 \Omega$ (obr. 7c), elektrický proud bude:

1. menší než 0,4 A
2. roven 0,4 A
3. větší než 0,4 A

Správné tvrzení zakroužkuj.



Obr. 7c

V části a) vybralo správnou odpověď 61 % žáků, 12 % označilo odpověď druhou a 25 % odpověď třetí. Část a) neřešila 2 % řešitelů. V části b) odpovědělo správně 61 % žáků. 12 % opět vybralo odpověď druhou a 24 % odpověď třetí. 3 % žáků řešení neuvedla. Obě části správně vyřešilo 51 % řešitelů.

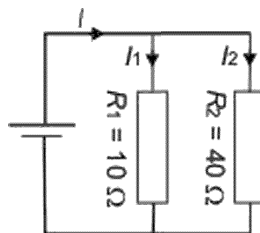
V řešení osmé úlohy se objevila u 25 % žáků představa, že zvýšením odporu v elektrickém obvodu dojde ke zvýšení elektrického proudu. 12 % žáků vycházelo z představy, že změna odporu v elektrickém obvodu neovlivní velikost elektrického proudu, který obvodem prochází. Další představa, která se v řešení objevila je, že velikost elektrického proudu v elektrickém obvodu je závislá nejen na velikosti odporu, ale také na jeho postavení vůči zdroji. Tuto představu má 16 % žáků.

Úloha č. 9

Nahradíme-li odpor $R_2 = 40 \, \Omega$ v obvodu na obrázku 8 odporem $R_3 = 50 \, \Omega$, pak:

- a) proud I se 1. zvětší
2. nezmění
3. zmenší
- b) proud I_1 se 1. zvětší
2. nezmění
3. zmenší
- c) proud I_2 se 1. zvětší
2. nezmění
3. zmenší

Správná tvrzení zakroužkuj.



Obr. 8

V části a) správnou odpověď označilo 30 % žáků, 49 % uvedlo, že se proud nezmění. 17 % se domnívá, že se proud zvětší. 4 % řešitelů neuvedla řešení. Část b) správně vyřešilo 62 % řešitelů. 20 % žáků označilo odpověď první a 13 % žáků odpověď třetí. Tuto část neřešilo 5 % řešitelů. V poslední části c) označilo 60 % žáků správnou odpověď. 18 % vybralo odpověď první a 17 % odpověď druhou. 5 % žáků opět neuvedlo řešení. Celou úlohu správně vyřešilo 19 % řešitelů.

V poslední deváté úloze se objevilo rovněž několik chybných představ. První z nich, již zmíněná, je, že zvýšením odporu v jedné z větví elektrického obvodu v ní dojde ke zvýšení elektrického proudu (18 % žáků). Další představou je, že při zvýšení odporu v jedné větvi elektrického obvodu proudy zůstanou nezměněny (9 % žáků). 49 % žáků si myslí, že změna odporu nemá vliv na celkový elektrický proud procházející obvodem. Představa je založena na tom, že si žáci myslí, že baterie dodává do elektrického obvodu konstantní proud.

Shrnutí chybných představ

Následující tabulka shrnuje chybné představy, které se objevily u žáků při řešení úloh testu. Vzhledem k tomu, že úlohy z teoretické části řešilo v dřívějších letech v rámci obdobných průzkumů i 226 našich studentů

středních škol před probráním učiva z elektřiny na střední škole a 206 studentů po probrání učiva z elektřiny na střední škole ([2], zkratka SŠ) a 414 šestnáctiletých švédských, francouzských a německých žáků ([3], zkratka N), uvádíme pro srovnání i jejich výsledky.

Tabulka: Shrnutí chybných představ

číslo úl.	představa představa	%			
		ZŠ	SŠ		N
			před	po	
1	Žárovka spotřebovává úplně elektrický proud.	20	35	11	27
1	Žárovka spotřebovává částečně elektrický proud.	40	44	55	51
2	V nezapojené baterii a vodičích existuje „klidový“ proud.	12	12	7	20
2	Na nezapojené baterii není napětí.	75	–	–	–
3	Elektrický proud a napětí existují pouze společně.	36	44	26	41
3	Elektrický proud je totéž jako energie.	13	39	28	78
4	Jas žárovek závisí na jejich postavení v sériovém obvodu.	13	20	14	20
5	Hodnota proudu naměřeného v sériovém obvodu závisí na tom, v kterém místě ho měříme.	29	28	13	53
6	„Proud se v uzlu rozdělí tak, jakoby nevěděl, co bude dál.“	50	33	50	60
6	Hodnota proudu v jednotlivých větvích je stejná a je rovna celkovému proudu v obvodu.	18	22	10	10
7	Napětí mezi všemi body elektrického obvodu je stejné.	56	53	57	45
8	Zvýšením odporu v sériovém elektrickém obvodu dojde ke zvýšení elektrického proudu.	25	11	4	–
8	Změna odporu v sériovém elektrickém obvodu neovlivní velikost elektrického proudu.	12	5	15	12
8	Velikost elektrického proudu je závislá na postavení odporu vůči zdroji.	16	23	9	30
9	Zvýšení odporu v jedné větvi paralelního obvodu vede ke zvýšení elektrického proudu v této větvi.	18	18	10	14
9	Při zvýšení odporu v jedné větvi paralelního obvodu se proudy nezmění.	9	–	–	9
9	Změna odporu v jedné větvi paralelního obvodu nemá vliv na celkový elektrický proud.	49	43	48	22

Z tabulky je vidět, že některé chybné představy přetrvávají i přes výuku příslušného učiva ve fyzice na základní i střední škole. Po probrání učiva na základní škole se navíc někteří žáci zřejmě vrací ke svým původním představám, neboť procento zastoupení některých představ před probíráním látky na střední škole vzrůstá. Celkově lepšího průměrného výsledku v řešení testu dosáhli žáci základních škol a nižších ročníků gymnázií s úspěšností 45 %. Nepříliš povzbudivé je, že středoškoláci měli před probíráním látky na střední škole úspěšnost 22 % a po probrání látky úspěšnost 32 %.

Představy uvedené v tabulce spolu určitě vzájemně souvisí. Mezi klíčové patří podle našeho názoru ztotožňování elektrického proudu s energií. Děti často slyší, že mají zhasínat a šetřit energii. Z toho snadno usoudí, že energie a tedy i proud se v žárovce musí spotřebovávat. Ostatně slovo spotřebič k tomu přímo navádí. Děti rovněž nerozlišují mezi elektrickým proudem a napětím. Pojem napětí je pro ně zvláště obtížný. Slyší-li pak žáci, že v sériovém obvodu je všude stejný proud, snadno usoudí, že bude všude stejné i napětí. Je-li na baterii stálé napětí, pak by zase měla dodávat pořád stejný proud. Žáci také neuvažují o obvodu jako celku. Představují si, že proud protéká postupně jednotlivými prvky obvodu a jeho velikost ovlivňuje jen to, kudy už prošel.

Součástí průzkumu byla i praktická část provedená na užším vzorku (41 žáků), o které nebudeme v tomto článku podrobněji mluvit. Za zmínku stojí snad jen to, že téměř polovina žáků nedokázala rozsvítit žárovku, která nebyla přichycena na „panýlku“. Přibližně pětina žáků nedokázala změřit napětí na ploché baterii, změřit elektrický proud v jednoduchém elektrickém obvodu a změřit napětí na žárovce v sériovém elektrickém obvodu.

Závěr

V článku jsme na základě výsledků průzkumu shrnuli některé chybné představy žáků o elektrickém proudu a napětí. Zmapování intuitivních představ je prvním krokem na cestě k jejich překonávání. Důležité je, aby učitel o nich věděl a vedl žáky k tomu, aby si je sami uvědomili a poznali rozpor mezi nimi a tím, co se učí ve škole. K odhacení uvedených představ mohou učitelé sloužit třeba úlohy použité v testu.

Literatura

- [1] *Kelnarová, M. (2005): Představy žáků o základních vlastnostech elektrického proudu a napětí. Diplomová práce. Praha, MFF UK.*

- [2] *Jirošová Š. (1991):* Představy žáků středních škol o základních vlastnostech elektrického proudu a elektrického napětí. Diplomová práce. Praha, MFF UK.
- [3] *Rhōneck Ch. (1986):* Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/ Chemie 34, č. 13.
- [4] *Mandíková D. (1993):* Intuitivní představy ve fyzice. MFI, 3, č. 2.

Chyby studentů při práci s grafy

MARTINA GRONDILOVÁ

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Úvod

Měli by studenti umět pracovat s grafy? A umí to? Na první otázku asi všichni odpovíme kladně. Práci s grafy budou potřebovat např. při studiu, ale i v dalším životě a ve svém zaměstnání. V médiích (tisk, televize) i jinde se prezentace dat pomocí grafů využívá stále častěji. Základní důvody, proč tomu tak je, jsou zřejmé:

1. graf umožňuje získat rychle přehled o pozorovaných datech, trendu jejich vývoje, apod., což z tabulky tak snadno vidět nelze;
2. vytvoření grafu ze zadaných dat již dnes není pracné a náročné, a to především díky stále se zlepšujícímu a dostupnějšímu uživatelskému softwaru.

Je tedy třeba, aby naši studenti ve svém životě a ve své profesi zvládali vyčíst informace z grafů, se kterými se budou setkávat. Avšak ve stále větší míře budou muset grafy i tvořit, a to tak, aby pomocí nich sdělili či názorně prezentovali potřebné informace. Komunikace pomocí grafů tedy patří a zřejmě čím dál více bude patřit k nezbytné gramotnosti člověka. To platí i pro studenty, kteří se v budoucnosti chtějí věnovat hlavně humanitním oborům.

Jestliže se shodneme, že práce s grafy je pro člověka důležitou dovedností, je jasné, že bychom ji ve škole měli rozvíjet. Práce s grafy a především s grafy funkcí patří na střední škole hlavně do učiva matematiky. Avšak příklady z fyziky, ale i biologie či chemie mohou velmi dobře posloužit jako ukázky aplikací matematických poznatků. A zcela jistě patří

grafy do výuky fyziky, chce-li učitel poskytnout žákům základní představy o práci přírodních věd. Grafy totiž hrají důležitou roli při vyhodnocování dat nejrůznějších experimentů.

Odpovědět na druhou otázku z úvodu – tedy jak studenti opravdu umí pracovat s grafy – je složitější. Zahraniční studie ([2], [3], [4], [5]) ukazují na problémy studentů s porozuměním grafům. Přírozenou otázkou je, jak jsou na tom studenti škol v České republice. Tato otázka byla jednou z motivací pro menší výzkum, který jsem v letech 2003 – 04 provedla v rámci své diplomové práce [1] pod vedením *doc. RNDr. Leoše Dvořáka, CSc.* Výzkum byl zaměřen především na zjištění typických chyb studentů při práci s grafy. Týkal se studentů středních škol a obsahoval jak úlohy s fyzikální tematikou, tak úlohy obecnější. Cílem výzkumu nebylo prokázat či zjistit, zda jsou na tom čeští studenti lépe či hůře ve srovnání se studenty jiných zemí, ale zjistit, jaké typické chyby při práci s grafy dělají – aby je bylo možno ve výuce korigovat.

V tomto článku chci stručně informovat o některých výsledcích výzkumu, protože mohou být zajímavé pro učitele matematiky a fyziky. Nebudu se věnovat soupisu dovedností, které by měli studenti mít při práci s grafy. (Lze je najít např. ve studiích [4], [7], [6], podrobnější rozčleněný popis, který sloužil pro tvorbu úloh popisovaného výzkumu, je uveden v [1].) Místo obecného popisu se zde soustředím na konkrétní vybrané úlohy a typické odpovědi, které ukazují, jaké problémy mohou studenti s porozuměním grafům a jejich tvorbou mít.

Nejprve zmíním metodu a rozsah výzkumu, pak postupně uvedu nejčastější chyby a budu je ilustrovat na řešení vybraných úloh.

Metoda a rozsah výzkumu

Vytvořila jsem 4 soubory úloh po 7 – 9 úlohách. Úlohy byly vybrány a vytvořeny tak, aby se pokud možno daly vysledovat určité myšlenkové stupně použití vybraných dovedností studentů. Soubory obsahovaly úlohy jak uzavřené, tak otevřené (se širokou odpovědí) zaměřené na učivo mechaniky a molekulové fyziky; byly určeny k řešení studenty 2. – 4. ročníků čtyřletých středních škol (příp. odpovídajících ročníků víceletých gymnázií). Na základě položkové analýzy jednotlivých úloh jsem vytipovala nejčastější chyby.

Výzkumu se účastnilo 483 studentů z 8 středních škol (převážně gymnázií) z Brna, Náchoda, Olomouce, Prahy, Prostějova a Trhových Svin.

Každá úloha byla zadána (v závislosti na rozdělení souborů úloh) 111 – 133 žákům. Úlohy byly pilotovány v červenci 2003 na letním M-F soustředění pro středoškoláky, vlastní výzkum využívající již upravených úloh probíhal v říjnu a listopadu téhož roku.

Nejčastější chyby

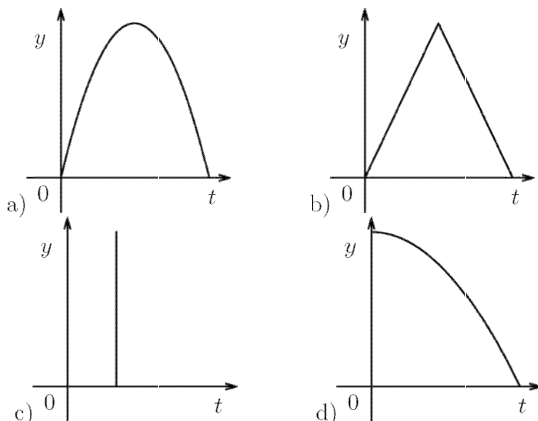
• Studenti často vnímají graf jako náčrt reálné situace

Dobře je tato chyba vidět v řešení následujících úloh:

Úloha A: Který graf z níže uvedených možností charakterizuje

- I. vrh míče svisle vzhůru (Vyberte jednu z nabízených možností.)
- II. vodorovný vrh míče z rozhledny (Vyberte jednu z nabízených možností.)
- III. vrh míče šikmo vzhůru (Vyberte jednu z nabízených možností.)

Pozn.: y -ová souřadnice míří svisle vzhůru.



Obr. 1

Relativní četnosti volby alternativ (v %) uvádějí následující tabulky. (Správná odpověď je označena *.):

I.

a^*	b
31,8	14,4
c	d
53,8	0,0

II.

a	b
0,8	6,8
c	d^*
3,0	88,6

III.

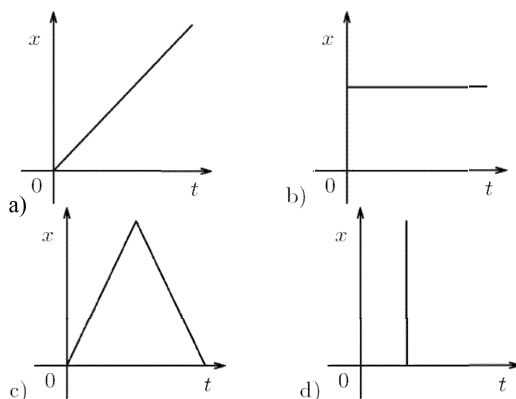
a^*	b
86,4	9,9
c	d
3,0	0,8

V této úloze mají studenti vybrat, který z nabízených grafů $y(t)$ charakterizuje vrhy míče. U vodorovného vrhu (případ II) je úspěšnost velmi vysoká, taktéž u vrhu míče šikmo vzhůru (případ III). Mnohem méně úspěšní byli studenti u svislého vrhu vzhůru (případ I). Zde odpověděla správně pouze třetina z nich. Více než polovina studentů vybrala graf, jehož křivka se velmi podobá trajektorii vrhu svisle vzhůru. Vzhledem k tomu, že graf $y(x)$ pro vodorovný vrh a vrh šikmo vzhůru vypadá kvalitativně stejně jako závislost $y(t)$, je možné se domnívat, že část studentů, kteří v případě II a III volili správnou odpověď, uvažovala špatně. Ještě výrazněji můžeme tuto chybu pozorovat při řešení následující úlohy.

Úloha B: Který graf z níže uvedených možností charakterizuje

- I. vrh míče svisle vzhůru (Vyberte jednu z nabízených možností.)
- II. vodorovný vrh míče z rozhledny (Vyberte jednu z nabízených možností.)
- III. vrh míče šikmo vzhůru (Vyberte jednu z nabízených možností.)

Pozn.: x -ová souřadnice míří vodorovně doprava.



Obr. 2

Relativní četnosti volby alternativ (v %) uvádějí následující tabulky (Správná odpověď je opět označena *.):

I.	a	b*	II.	a*	b	III.	a*	b
	13,5	38,7		39,6	39,6		50,0	3,6
	c	d		c	d		c	d
	18,0	26,1		4,5	7,2		31,5	5,4

V této úloze měli žáci charakterizovat již zmíněné vrhy míče pomocí závislosti $x(t)$. Úspěšnost se pohybovala mezi 40–50 %, přičemž nejvíce nesprávných odpovědí (30–40 %) uvádělo graf, jehož křivka se opět podobala trajektorii. V případě vodorovného vrhu (případ II) jako chybnou odpověď volili žáci z nabízených možností vodorovnou čáru, která jim zřejmě nejvíce připomínala již zmíněný vrh.

Výskyt této chyby lze zaznamenat i v následující úloze, i když s poměrně menší četností.

Úloha C: Známý výrostek Hugo vyjel z domu tropit lumpárnu tentokrát na kole. Na přehledné rovné silnici rovnoměrně zrychloval. Najednou míjí hospodu a vzpomene si, že si doma zapomněl láhev s pitím ostřejšího kalibru. Prudce zabrzdí, otočí kolo a jak přijel, stejně se vrací domů, tady už však brzdí mnohem mírněji. Jde domů pro tekutinu, nasedá na kolo a jede zase vpřed po té samé trase.

a) Načrtněte graf závislosti souřadnice Hugova kola na čase.

b) Načrtněte graf závislosti dráhy, kterou ujelo Hugovo kolo, na čase.

V této úloze zakreslilo uspokojivé řešení pouze 10 % studentů. Jedním z velkých problémů bylo pro studenty načrtnutí zpomaleného pohybu tj. brzdění Hugova kola. Nejčastěji nesprávně (12 %) zakreslili (do grafu závislosti souřadnice na čase) tento zpomalený pohyb lineární *klesající* funkcí. V případě závislosti dráhy na čase tak učinilo 9 % studentů.

Tento typ chyby zmiňují také předchozí studie, a dále uvádějí, že s ní souvisí chybná představa studentů, kdy vnímají graf jako obrázek.

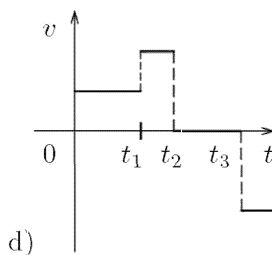
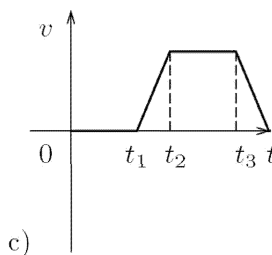
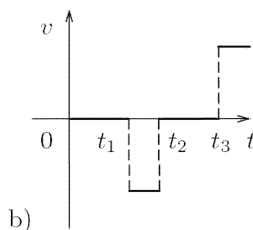
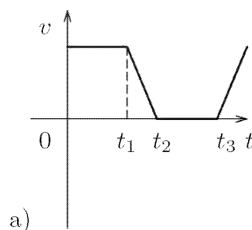
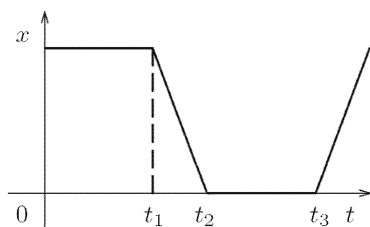
• Studenti často vnímají graf pouze jako obrázek

Nejvíce se tato chyba projevila při převádění jednoho grafu zobrazující daný děj na graf zobrazující tentýž děj pomocí jiných veličin. V následující

úloze měli studenti vybrat, který z grafů $v(t)$ představuje tentýž pohyb jako daný graf $x(t)$.

Úloha D:

Na obrázku je graf závislosti souřadnice na čase. Která z následujících závislostí rychlosti na čase $v(t)$ popisuje tentýž pohyb? (v je rychlost ve směru osy x .)



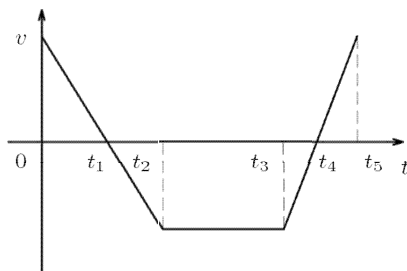
Následující tabulka uvádí četnost volby alternativ (v %) (správná odpověď je označena *):

a	b*
35,6	34,1
c	d
16,7	3,0

Úlohu neřešilo 10,6 % studentů.

Nejenže zde byla úspěšnost poměrně nízká – necelých 40 %, ale dokonce ještě o něco více studentů vybralo graf, jehož křivka je totožná s křivkou zadaného grafu. Také druhá nejčtenější chybná odpověď (téměř 20 %) vybírá graf s křivkou velmi podobnou té zadané.

- **Studenti nerozlišují mezi souřadnicí a velikostí vektorové veličiny**



Úloha E: V grafu je vynesena závislost rychlosti (ve směru vozovky) auta jedoucího po rovné silnici na čase.

- Určete, ve kterých časových intervalech **velikost** rychlosti auta
 - byla konstantní
 - stoupala
 - klesala
- Ve kterém časovém intervalu auto couvalo?

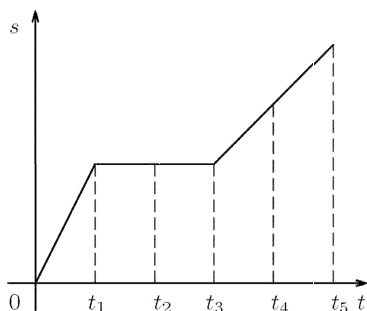
Tato úloha zjišťuje, zda studenti dovedou určit, ve kterých intervalech roste, klesá nebo je konstantní velikost vektorové veličiny, pokud je na svislé ose grafu vynesena souřadnice vektorové veličiny.

Určit, ve kterých intervalech byla velikost rychlosti konstantní, nedělalo žákům potíže (úspěšnost 91 %). Ovšem určit intervaly, ve kterých

klesala či stoupala, už bylo pro žáky mnohem těžší (úspěšnost pouze mezi 11-14 %). Nejčtenější odpovědi uvádějí intervaly, na kterých klesala či stoupala funkce grafu, tj. souřadnice rychlosti. Domnívám se, že takto nízká úspěšnost je způsobena především tím, že s takovou úlohou se studenti středních škol příliš nesetkávají.

• **Studenti mají potíže při určování průměrné a okamžité rychlosti změny veličiny y v závislosti na x**

Průměrnou či okamžitou rychlost změny veličiny měli studenti určit především z grafů závislosti dráhy s na čase t . Tvar závislosti byl podobný závislosti uvedené v ilustračním grafu. Úkolem studentů bylo určit průměrné, resp. okamžité rychlosti v různých časových intervalech, resp. okamžicích.



Úspěšnosti řešení jednotlivých typů úloh uvádí následující přehled. Vzhledem k tomu, že se jednalo o otevřené úlohy se širokou odpovědí, část (5 – 9 %) studentů uvedla správný numerický výsledek, ovšem bez odpovídající jednotky. Tyto výsledky nejsou započítány do správných řešení.

Určení průměrné rychlosti: úspěšnost(v %)

1. v intervalu $(0, t_1)$: 78
2. v intervalu (t_3, t_5) : 69
3. v intervalu $(0, t_5)$: 57
4. v intervalu (t_1, t_3) : 47
5. v intervalu (t_2, t_4) : 35

Určení okamžité rychlosti:

6. v okamžiku t_4 : 33

Pozn. Pravděpodobně proto, že se jednalo o otevřené úlohy, neřešilo je větší procento studentů – konkrétně okolo 10 % (úlohy 1,2,3,4) a necelých 20 % (úlohy 5,6).

Nejčtenějšími nesprávnými řešeními (pomineme-li neuvedení správné jednotky ve výsledku) bylo užití vztahu $v = \frac{s}{t}$, kde t je koncový čas intervalu a s příslušná dráha. Proto je také největší úspěšnost úloh, v nichž zadáný časový interval začíná v čase $t = 0$. Někteří studenti sice znají vztah $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, ale dovedou ho aplikovat pouze pokud je k tomu vybízí křivka grafu. Viz celkem velká úspěšnost úlohy 2 a podstatně menší u úloh 4 a 5. Dále je možné tuto skutečnost sledovat u nejčtenějších chyb těchto dvou úloh. V úloze 4 (kromě použití vztahu $v = \frac{s}{t}$) byla požadovaná rychlost často počítána podle vztahu $v = \frac{s}{\Delta t}$, v úloze 5 byly nejprve spočítány průměrné rychlosti pro intervaly (t_2, t_3) a (t_3, t_4) a následně zprůměrovány.

Dalším úkolem bylo spočítat průměrnou rychlost pro nelineární závislost $s(t)$. Konkrétně graf zobrazoval rovnoměrně zrychlený (přímočarý) pohyb, kde křivka grafu procházela počátkem souřadné. Úspěšnost řešení této úlohy byla přibližně 65 %, tedy poměrně velká ve srovnání s úspěšností určení průměrných rychlostí v ostatních případech. Avšak předchozí studie [2], [4] uvádějí, že studentům působilo největší potíže spočítat průměrnou rychlost z nelineární závislosti $s(t)$. Na základě výše uvedeného rozboru se domnívám, že na úspěšnost řešení úloh má především vliv to, zda zadaná závislost prochází počátkem souřadné, zda daný časový interval začíná v čase $t = 0$, či jak si odpovídají zadaný interval a výrazné body – zlomy na křivce. Vzhledem k tomu, že články [2] a [4] obsahují v příloze i zadávaný test včetně relativních četností odpovědí u jednotlivých otázek, je možné zjistit, že ve všech grafech (v úlohách zaměřených na zjišťování rychlosti) zobrazujících nelineární závislost tato závislost neprochází počátkem.

Příklady s nefyzikální tematikou ukazují na jiné chyby. V úloze, jejíž graf byl převzat z internetu [8], byly po studentech vyžadovány stejné dovednosti (určení rychlosti změny), ale pro závislost jiných veličin. Konkrétně šlo o závislost vykáčené plochy deštných pralesů na čas a studenti měli za úkol spočítat, kolik km^2 plochy deštných pralesů se průměrně vykácelo za rok. Křivkou grafu byla lomená čára (jako v případě závislosti v předcho-

zím případě), ale nejčtenější chybné postupy řešení jsou v tomto případě zcela jiné. Nejčastěji studenti chybné uváděli výpočet aritmetického průměru z hodnot příslušejících krajním hodnotám časového intervalu, případně pouze od sebe tyto hodnoty odečetli.

Tato chyba – tedy pouhé odečtení od sebe hodnot příslušejících krajním hodnotám časového intervalu – se jako nejčtenější projevila v další úloze. Graf byl také převzat z internetu [9]. Jednalo se o závislost počtu obyvatel v rozvojových a vyspělých zemích na čase. Úkolem studentů bylo spočítat průměrný přírůstek obyvatel za rok ve 20. století v rozvojových zemích.

Závěr

Průzkum ukázal, že typické chyby českých studentů jsou podobné, jako to ve většině případů naznačovaly zahraniční studie:

- Studenti často vnímají graf jako náčrt reálné situace
- Studenti často vnímají graf jako obrázek
- Studenti mají potíže při určování okamžité a průměrné rychlosti změny veličiny y v závislosti na x
- Studenti nerozlišují mezi souřadnicí a velikostí vektorové veličiny

Bylo by zajímavé rozlišovat, které typy chyb souvisejí spíše s neporozuměním fyzikální stráni problému (to může být případ rozlišení souřadnice a velikosti rychlosti) a které jsou obecnějšího charakteru. Jak ukazuje příklad určení rychlosti kácení pralesů, mohou být výsledky v případě „nefyzikální“ úlohy ještě horší. To může ukazovat na problém s přenosem dovedností z jedné oblasti (kde jsou studenti „natrénovanější“ řešit určité problémy) do jiného kontextu. Naopak v dalších úlohách, zaměřených na určení plochy pod grafem, se ukázalo, že význam plochy pod grafem neznají a nepoužijí studenti ani při řešení úloh s fyzikální tematikou. Typické chyby pak byly v případě obecnější úlohy stejné s typickými chybami řešení fyzikálních úloh.

Nicméně uvědomit si, jakým typům neporozumění studenti podléhají a jakých chyb se při práci s grafy dopouštějí, může být užitečné jak pro učitele, tak pro samotné studenty.

Poděkování:

Děkuji vyučujícím Mgr. Miroslavu Burdovi, Mgr. Tomáši Kekulemu, Mgr. Jaromírovi Kekulemu, Mgr. Ivetě Krahulcové, Mgr. Haně Kunzové, Mgr. Jiřímu Kvapilovi, Mgr. Zdeňku Polákovi a Mgr. Jaroslavu Reichlovi za zadání úloh svým studentům.

Literatura

- [1] *Gřondilová, M. (2004)*: Práce s grafy ve výuce fyziky. Diplomová práce. Matematicko – fyzikální fakulta Univerzity Karlovy.
 - [2] *Beichner, R. (1994)*: Testing student interpretation of kinematics graphs, Am. J. Phys. 62 (8), 750 – 762.
 - [3] *McDermott, L.C. – Rosenquist, M.L. – van Zee, E.H. (1987)*: Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, Am. J. Phys. 55 (6), 503 – 513.
 - [4] *Ješková, Z. (2000)*: Testovanie schopností žiakov interpretovať grafy kinematických funkcií (závislostí), Obzory matematiky, fyziky a informatiky 3, 44 – 55.
 - [5] *Ješková, Z. (2000/2001)*: Testovanie znalostí študentov pri interpretácii grafov fyzikálnych závislostí z elektriny, Matematika – fyzika – informatika 10, 482 – 488.
 - [6] *Rakovská, M. – Koubek, V. (1975/76)*: Žiacke predstavy o grafoch fyzikálnych funkcií, Matematika a fyzika ve škole 5, 687 – 694.
 - [7] *Rakovská, M. – Koubek, V. (1978/79)*: Rozvíjanie žiackych schopností používať súradnicový graf na základnej škole, Matematika a fyzika ve škole 9, 54 – 61.
 - [8] http://www.grida.no/db/maps/prod/level3/id_1240.htm 1.6.2003
 - [9] http://www.grida.no/db/maps/prod/level3/id_1250.htm 1.6.2003
-

(Dokončení ze s. 384)

Vedle finančního ocenění dostali tito studenti také medaili B. Jana Horáčka – podle dosaženého úspěchu byla zlatá, stříbrná nebo bronzová. Mezi oceněnými byly jen tři dívky – dvě chemičky a jedna bioložka. Přitom však chemička *Eva Pluhařová* z G. v Ostrově nad Ohří byla absolutně nejúspěšnější českou soutěžící nejen v letošním roce, nýbrž za celou historii udělování cen Praemium Bohemiae, neboť postupně obdržela čtyři tyto ceny: dvě za zlaté medaile, za stříbrnou i za bronzovou medaili.

Vedle těchto „malých cen“ byla letos udělena jedna velká cena (500 000 Kč) vědci – historikovi *prof. PhDr. Františku Šmahelovi, DrSc.* „za mimořádný tvůrčí přínos ve studiu českých dějin v evropském kontextu, zejména pak doby pozdního středověku a husitské epochy“. Je jen

škoda, že v důsledku náhlého úmrtí Bohuslava Jana Horáčka v roce 2002 (a dosud nevyřešených dědických záležitostí) se oceňování za rozvoj vědy zatím nemůže uskutečňovat ve větší míře, jak se původně plánovalo.

Udílení cen Praemium Bohemiae představuje kvalitativní změnu v přístupu společnosti zejména k oceňování mladých přírodovědných talentů za jejich osobní úsilí i za reprezentaci. Ceny pro studenty znamenají stimul nejen morální, ale i materiální. Pro nás všechny ostatní obdiv nad šlechetným činem zakladatele Nadace mecenáše Bohuslava Jana Horáčka, který svým životem ukázal, že pevný postoj, tvrdá práce a překonávání překážek má smysl.

Prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc.,
garant udílení cen studentům