



Elektrické obvody – příklad zpracování tematického celku s prvky vícenásobné reprezentace jevů

Irena Dvořáková¹, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Tematický celek *Jednoduché elektrické obvody* bývá ve školách zařazen ve druhém pololetí 6. ročníku. Popsaná metodika vychází z dlouholetých zkušeností získaných v projektu Heuréka. Žáci při tomto způsobu výuky kromě standardního zapojování elektrických obvodů podle schématu také vyplňují tabulku, popisující chování žárovek v závislosti na poloze spínačů. Řeší tři typy úloh, které se daného tématu týkají – vždy je zadán jeden druh reprezentace obvodu (schéma, tabulka nebo reálný obvod) a žáci doplňují zbývající dva druhy.

Tento metodický materiál ukazuje postupný proces, který žákům umožňuje skutečně porozumět učivu o elektrických obvodech a rozvíjí jejich dovednost řešit různé problémy, které se elektrických obvodů týkají. Převažující metodou práce je práce ve skupinách. Žáci diskutují, navzájem si vysvětlují svá řešení, učí se navzájem.

Metodický postup je rozdělen do pěti kroků:

1. Zjištění prekonceptů,
2. Ověření představ a jejich oprava (pokud je to potřeba),
3. Zkoumání vlastností elektrického obvodu,
4. Popis vlastností uzavřeného elektrického obvodu, interpretace schématu,
5. Řešení tří typů úloh s elektrickými obvody.

Z časového hlediska je tématu věnováno nejméně 5 vyučovacích hodin.

Scénář jednotlivých hodin:

1. hodina

Probírané fyzikální jevy: základní elektrický obvod

Použité pomůcky: pro každého žáka: plochá baterie, žárovka, pracovní list (je uveden v příloze na adrese http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_03_6_Elektricke-obvody-PL.pdf)

První krok – Zjištění prekonceptů

Pracovní list:

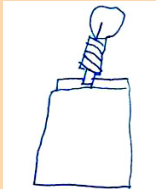
1. Nakresli, jak vypadá baterie a žárovka.
2. Nakresli, jak si myslíš, že se to musí udělat, aby žárovka svítila (máš jenom žárovku a baterii, avšak nic jiného).

Nejdříve rozdejte všem žákům pracovní list a každému žákovi nebo alespoň do každé lavice plochou baterii a malou žárovku (bez objímky). Žáci dostanou pokyn, aby žárovku zatím nerozsvěceli (můžou si ji však vzít do ruky a prohlédnout) a nejdříve vyplnili první dvě úlohy v pracovním listu.

Uvádím zde výsledky žáků jedné své šesté třídy (ve třídě bylo přítomno 25 žáků). Žákovská řešení druhé úlohy z pracovního listu lze rozdělit do čtyř skupin:

Skupina	Typ odpovědi	Počet odpovědí	%	Příklad
A	Správně	9	36 %	

¹ irena.dvorakova@mff.cuni.cz

B	Žárovka se dotýká pouze jednoho pólu baterie	6	24 %	
C	Spodní část žárovky se dotýká obou pólů baterie	4	16 %	
D	Boční část žárovky se dotýká obou pólů baterie	3	12 %	
E	Neřešeno nebo nesmyslné řešení	3	12 %	

Tab. 1 – žákovské prekoncepce o funkci baterie a žárovky

Druhý krok – Ověření představ a jejich oprava (pokud je to potřeba)

Pracovní list:

3. Vyzkoušej svůj nápad. Měl/měla jsi pravdu? Napiš, jestli žárovka svítí.
4. Pokud nesvítí, zkus si se žárovkou chvíli hrát a rozsvítit ji. Až se ti to povede, nakresli, jak musí být žárovka připojena, aby svítila.

Žáci pokračují s úkoly 3 a 4, ve kterých svoji hypotézu ověří.

Důležité je, že správnost svých představ ověřují sami žáci pomocí experimentu. Není to tak, že by učitel rozhodoval, zda je jejich řešení správné či nesprávné. Téměř všichni žáci, jejichž první řešení nebylo dobře, byli schopni správné řešení experimentálně najít a nakreslit ho. Pouze tři žáci ze skupiny E tento úkol nezvládli (těmto žákům pak spolužáci řešení ukázali). Správné řešení pak žáci opět nakreslí do pracovního listu.

Společně pak udělejte závěr, že po elektrické stránce má žárovka dva kontakty a baterie dva výstupy.



Obr. 1 – Bude svítit?

Třetí krok – Zkoumání vlastností elektrického obvodu

Pracovní list:

5. Soutěž pro dvojice: Zkuste zapojit žárovku tak, aby byla připojena (a svítila) přes co nejvíc předmětů současně. Zapiš váš rekord: Rozsvítili jsme žárovku přes předmětů současně. Zapiš také rekord třídy:

Pak vyhlase soutěž (viz úkol č. 5). Děti pracují ve dvojicích a cílem soutěže je, aby žárovka byla připojena přes co nejvíc předmětů. Žáci mohou vyndat věci z kapes, penálů a aktovek a zapojují je – mince, klíče, nůžky atd. Pokud některá skupina hlásí úspěch, zkontrolujte, zda jim žárovka skutečně svítí a pište rekord na tabuli. Ostatní skupiny mají možnost rekord třídy zlepšovat. Na závěr si děti do pracovního listu zapiší rekord třídy a rekord svůj. Aktivita je mezi dětmi velmi oblíbená, běžně jsou schopny zapojit žárovku přes 20–30 předmětů. Pozn.: Pokud žáci v zápalu soutěžení rozebírají klíče ze svazku, upozorněte je na nebezpečí, že si pak klíče nepoznají a vzájemně mezi sebou vymění. Můžete jim nabídnout samolepky, aby si klíče označili.

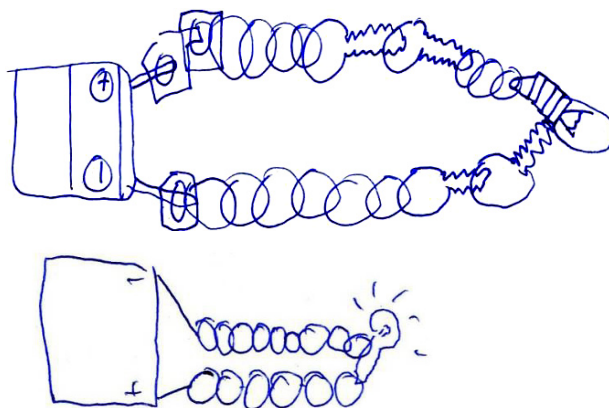
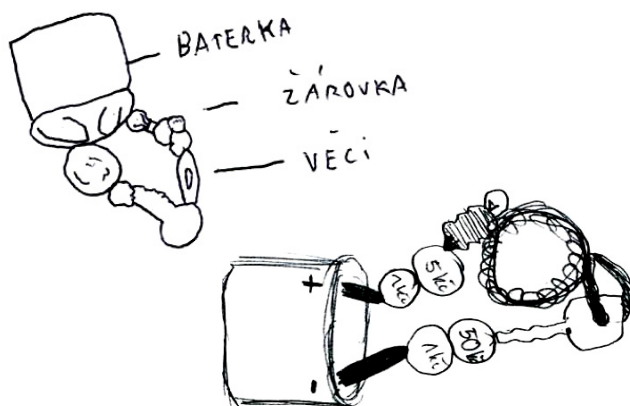


Obr. 2 a 3 – soutěž

Pracovní list:

6. Nakresli, jak to vypadalo, když jste měli zapojenou žárovku přes několik věcí (aspoň 4–5 předmětů).
7. Obrázek asi nebyl moc přehledný, třeba do knížky by se špatně tiskl. Zkus navrhnout, jak to nakreslit jednodušeji, aby bylo zachováno to důležité, jak žárovka funguje, a přitom se to snadno nakreslilo.

Po skončení soutěže a uklizení všech předmětů zpět do penálů, peněženek a kapes nechte žáky nakreslit úkoly 6 a 7 v pracovním listu, a pracovní listy vyberte. S úkolem číslo 6 žáci nemívají velké problémy. Ukázka výsledků:



Obr. 4 až 7 – jednoduchý elektrický obvod vytvořený z běžných předmětů

Úkol 7 bez nějaké nápovědy zvládá málokterý žák, vůbec to však nevádí, je to jen informace pro učitele, zda se žáci již se schématem elektrického obvodu setkali a jsou schopni ho použít.

Čtvrtý krok – Popis vlastností uzavřeného elektrického obvodu, interpretace schématu

Pokračujte dále. Zeptejte se žáků, co muselo být splněno, aby žárovka svítila. Žáci odpovídají a po diskuzi společně dojdete k těmto závěrům: musely tam být zapojené předměty z látek, které vedou proud, předměty se musely dobře dotýkat, musela tam být správně zapojená baterie i žárovka a baterie i žárovka musely fungovat. Tyto závěry pište na tabuli jako základní vlastnosti elektrického obvodu. Zachovávejte přitom takové formulace, jaké vám říkají žáci, nepřevádějte zatím jejich jazyk do odborného jazyka. Na této úrovni poznání je důležité, aby se žáci učili popisovat svá pozorování svými slovy, třeba i méně odbornými termíny; ke správným odborným výrazům se žáky dojdete později.

V další části hodiny nakreslete na tabuli obrázek toho, co měli žáci před chvílí na lavici (můžete samozřejmě také nechat některého žáka nakreslit to, co měl v pracovním listu). Ptejte se dětí, zda by bylo šikovné kreslit pokaždé takto složitý obrázek, zda by to nešlo nakreslit jednodušeji. Vzhledem k tomu, že se schematickými značkami se alespoň někteří žáci obvykle setkali, napovědíte vám, jak to můžete jednoduše nakreslit. Pak pojmenujte to, s čím jste pracovali – elektrický obvod, popište jednotlivé jeho části a nakreslete schéma jednoduchého elektrického obvodu. Zápisy z tabule (nakreslený obrázek, schéma a základní vlastnosti elektrického obvodu) si žáci zapíšou do sešitu.

Zeptejte se pak žáků, zda jsou schopni popsat nějaký rozdíl (podstatný rozdíl) mezi schématem elektrického obvodu a sepsanými vlastnostmi. Tato otázka je velmi těžká, žáci obvykle vůbec netuší, kam míříte. Navrhují například – jedno je nakreslené, to druhé napsané slovy, apod. Mají samozřejmě pravdu, avšak rozdíl je ještě jeden, a ten jim budete muset vysvětlit. To, jak nakreslíme schematický obrázek, je naše **domluva**, kdežto zápis vlastností elektrického obvodu (uzavřený obvod z vodičů, fungující baterie a žárovka, ...) je zápis **vlastností** přírody. Můžeme se domluvit, že budeme žárovku kreslit jiným symbolem (ostatně v různých zemích se některé používané schematické značky liší). Ale nemůžeme se domluvit, že žárovka bude svítit, když místo vodiče do obvodu zapojíme plastové brčko (přesněji – mezi sebou se domluvit můžeme, ale žárovka nás poslouchat nebude). Ve fyzice je spousta věcí jen domluvou, ale stejně tak je spousta věcí, které jsou vyjádřením či zobrazením reality, zákonitostí přírody. A je důležité se naučit je rozlišovat.

Domácí úkol: Na příští hodinu si s sebou přineste fungující baterku (kapesní svítilnu na plochou baterii).

2. hodina

Probírané fyzikální jevy: princip baterky, model jednoduchého elektrického obvodu, sériový a paralelní elektrický obvod, zkrat na žárovce

Použité pomůcky: do každé skupiny alespoň tři žárovky s objímkami, plochá baterie, 2 krokosvorky, dva spínače, 10 vodičů

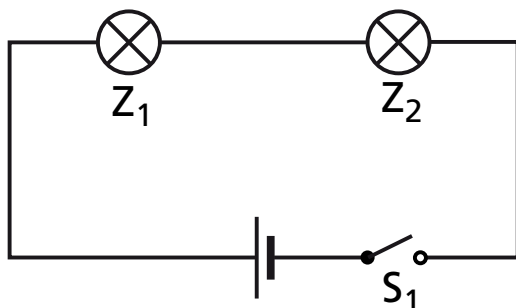
Pátý krok – Řešení tří typů úloh s elektrickými obvody

Nejdříve nechte žáky prozkoumat jejich baterku, popsat a nakreslit, jak je propojená baterie se žárovkou a vypínačem. Je možné, že některé moderní svítilny již vůbec rozebrat nepůjdou. V tom případě můžete tento úkol vynechat, aby žáci baterku nezničili.

1. typ úlohy – Od schématu k tabulce a reálnému obvodu

Nakreslete na tabuli schéma elektrického obvodu s baterií, jednou žárovkou a jedním spínačem, a příslušnou (nevyplněnou) tabulku pro vyjádření, zda žárovka svítí či nesvítí. Zopakujte s dětmi význam značek a nechte je vymyslet, jak lze pomocí nul a jedniček do tabulky znázorňovat stav spínače a žárovky.

Nakreslete schéma sériového zapojení dvou žárovek s jedním spínačem, nechte děti, aby si ho nakreslily do sešitu a samostatně vyplnily tabulku. Pojmenujte a napište název tohoto zapojení (českým i cizím názvem). Žáci si vytvoří skupiny (podle počtu dostupných pomůcek, ve skupině by pokud možno měli být maximálně 4 žáci), vezmou si pomůcky, obvod zapojí a ověří správnost vyplnění tabulky.



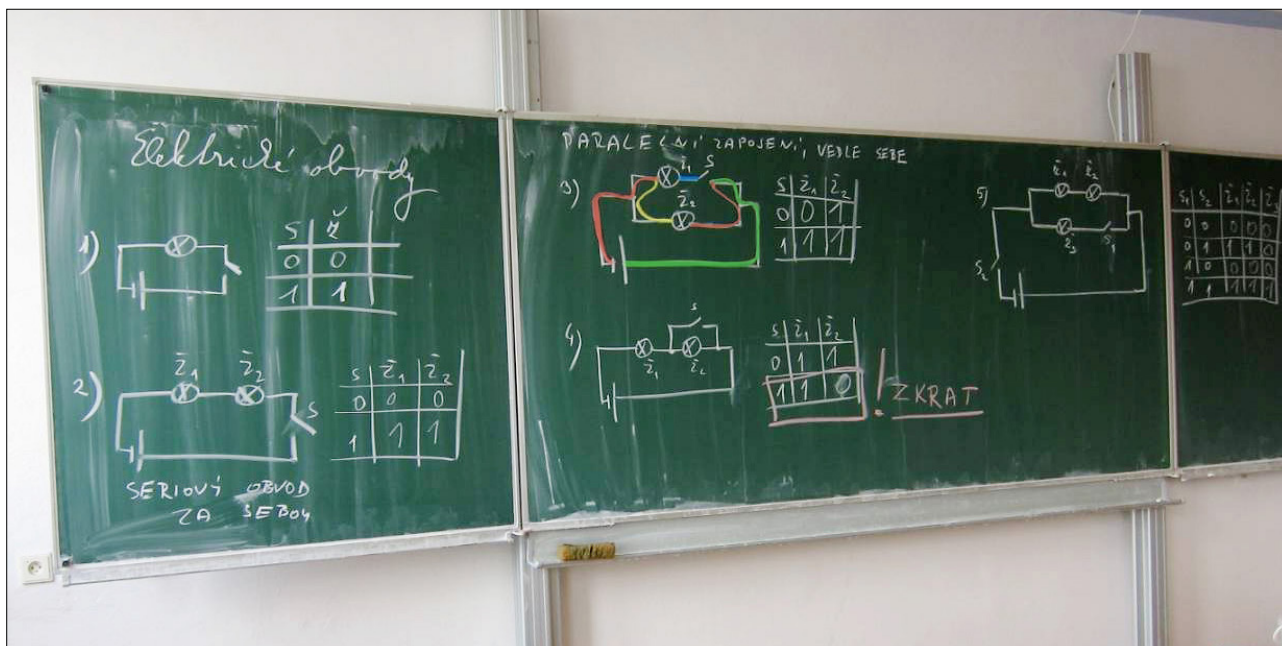
S1	Z1	Z2
0	0	0
1	1	1

Obr. 8 – sériový elektrický obvod a jeho vyplněná tabulka

Metodická poznámka – je důležité, aby všechny žárovky v sériovém zapojení měly stejné parametry. Jinak se snadno může stát, že v sérii jedna žárovka svítí a druhá ne, což budete dětem na této úrovni znalostí obtížně vysvětlovat.

Pokračujte podobně s paralelním zapojením dvou žárovek, spínač je v jedné z větví. Žáci opět nejdříve nakreslí schéma a vyplní tabulku, pak ověřují svoji hypotézu pomocí zapojení. Opět pojmenujte a napište název tohoto zapojení (českým i cizím názvem).

Pozn.: Paralelní zapojení je pro děti někdy náročnější na sestavení, vytvářejí „volné uzly“ – podobně jako je to jako nakreslené ve schématu. Tento způsob zapojení není fakticky špatně, ale je lépe se mu vyhnout, aby se například takovéto „volné uzly“ nedotkly a nenastal zkrat. Žákům lze pomoci tak, že učitel kreslí barevnými křídami do schématu, odkud kam zapojit vodič, aby nevznikl volný uzel. Na fotografii (obr. 9) je vidět, jak jsem to dělala – červený vodič jde z baterie do horní žárovky, modrý z druhého kontaktu této žárovky do spínače, zelený ze spínače do baterie. Druhá žárovka se pak připojí na ten kontakt první žárovky, kam přišel červený vodič, a na spínač.



Obr. 9 – schémata prvních pěti elektrických obvodů

Jako třetí typ obvodu doporučuji zařadit sériový obvod se dvěma žárovkami a spínačem. Spínač je připojen paralelně k jedné žárovce. Děti při zapojování zjistí, že spínač tuto žárovku zhasíná. Učitel pak dětem na jednoduché úrovni vysvětlí princip zkratu na žárovce. Můžete děti upozornit na nebezpečí požáru při zkratu v elektrickém vedení, a třeba i pustit Elektrický valčík – viz např. <http://www.youtube.com/watch?v=2W1L2hc1sUM>.

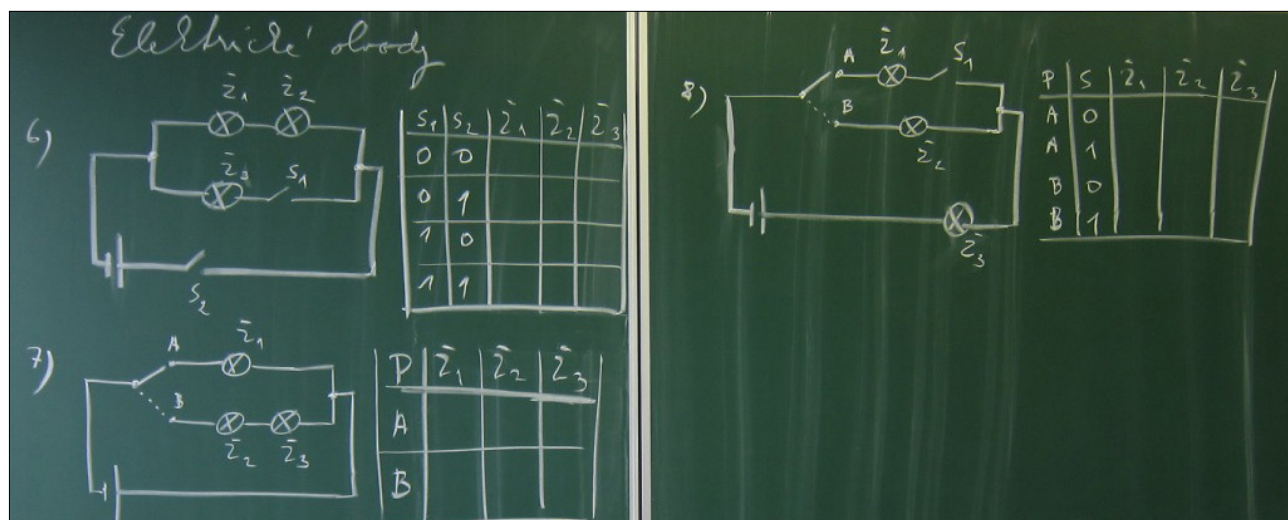
Skupiny, které pracují rychleji, pak mohou dostat již poměrně složité zadání – viz například obvod č. 5 na fotografii (obr. 9).

3. hodina

Probírané fyzikální jevy: zapojování složitějších elektrických obvodů, princip přepínače

Použité pomůcky: do každé skupiny alespoň čtyři žárovky s objímkami, plochá baterie, 2 krokosvorky, dva spínače, dva přepínače, 10 vodičů

V této hodině žáci zapojují již poměrně složitá zapojení (některé skupiny obvykle ještě dokončují úkol z předchozí hodiny), zkoumají princip přepínače – viz fotografie tabule (obr. 10). Učitel prochází po třídě, pomáhá jednotlivým skupinám, kontroluje správnost zapojení. Často jsou však žáci schopni si pomoci i navzájem.



Obr. 10 – náročnější úlohy typu „Od schématu k tabulce a zapojení“, princip přepínače



Obr. 11 a 12 – zapojování obvodů ve třídě

Máte-li ve škole osvětlení na chodbách ovládané pomocí schodišťového zapojení, ukažte dětem, že je možné z libovolného konce chodby světla rozsvítit nebo zhasnout. Pokud toto zapojení ve škole nemáte, tak jim ho pouze popište, mnozí žáci mají podobně řešené osvětlení někde doma. Pak zadejte domácí úkol. Při zadávání úkolu však **nepoužíjte** pojem *schodišťové zapojení*, aby žáci neměli tendenci hledat řešení na internetu jen podle názvu.

Dobrovolný domácí úkol: Navrhněte, jak musí být zapojené osvětlení, když kterýmkoliv ze dvou vypínačů můžete kdykoliv změnit stav žárovky. *V jiné formulaci* – Jak ovládat žárovku ze dvou různých míst? *Pozn.: Pokud chcete dětem úkol usnadnit, řekněte jim, že jim k tomu nebudou stačit obyčejné spínače.*

Metodický komentář: Podle mých zkušeností je tato úloha stejně náročná pro žáky dvanáctileté, jako pro středoškoláky, vysokoškoláky i učitele, pokud se s ní předtím nesetkali. V některých letech úlohu zadávám přímo ve třídě a obvykle zhruba 5–10 žáků ji během několika minut vyřeší. Pokud je úloha zadána jako dobrovolný domácí úkol (který děti v mých třídách mohou řešit i s rodiči, musí však potom ve třídě svoje řešení vysvětlit a okomentovat), může se vám také stát, že dítě řeší problém s dědečkem elektrikářem a přinese vám na dřevěné desce velmi pěkné schodišťové zapojení (já ho dodnes používám jako učební pomůcku).

4. hodina

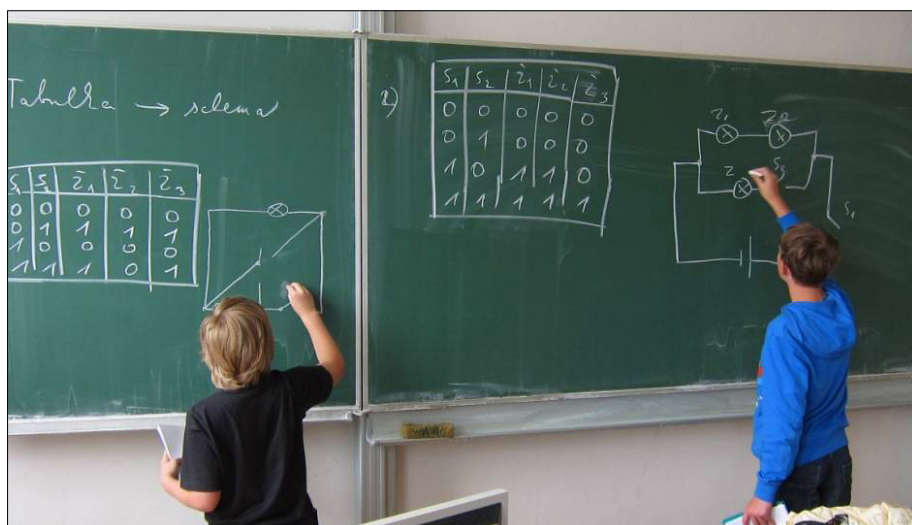
Probírané fyzikální jevy: schodišťové zapojení, řešení úloh 2. typu: **Od tabulky ke schématu a zapojení**

Použité pomůcky: do každé skupiny pomůcky dle zadání úloh

V této vyučovací hodině nejdříve zkontrolujte žákovská řešení domácího úkolu, pochvalte děti, které úkol správně vyřešily, nechte správné řešení nakreslit na tabuli a zapojení třídě ukažte.

Pak zadejte dětem 2–3 vyplněné tabulky „svítí–nesvítí“. Úkolem je nejdříve nakreslit schéma příslušného elektrického obvodu a pak obvod zapojit.

Pozn.: Žákovská řešení nemůžete kontrolovat jen podle svého „vzorového“ řešení. Řešení této úlohy nemusí být jednoznačné! Upozorňuji, že tento typ úloh je pro některé žáky poměrně náročný. Je potřeba jim nechat dostatek času na přemýšlení, nekommentovat, že jim to dlouho trvá, apod., ale naopak ocenit, že to zvládli.



Obr. 13 – od tabulky ke schématu

5. hodina

Probírané fyzikální jevy: řešení úloh 3. typu: **Od zapojení ke schématu a tabulce**

Použité pomůcky: do každé skupiny pomůcky dle zadání úlohy

V této vyučovací hodině zase žáci pracují ve skupinách. Určete jednoho žáka v každé skupině, o kterém předpokládáte, že by mohl úkol zvládnout, a nechte ho navrhnout jeho vlastní elektrický obvod (doporučuji povolit

použití maximálně 3 žárovek a dvou spínačů nebo 1 spínače a jednoho přepínače). Daný žák si nakreslí schéma a obvod zapojí. Ostatní žáci ve skupině zatím řeší (jen teoreticky) úlohy 1. nebo 2. typu. Poté, co je reálný obvod sestaven, ho autor dá spolužákům, aby nakreslili schéma tohoto obvodu (svoje schéma jim pochopitelně neukazuje) a vyplnili tabulku „svítí–nesvítí“. Jejich řešení pak zkontroluje. Máte-li dost času, je možné nechat žáky ve skupinách rotovat – řešit během hodiny víc úloh.

Tento typ úloh je také náročný – jak pro autora, tak pro ty, kteří provádějí analýzu reálného elektrického obvodu. Diskuze, které probíhají ve skupinách, bývají často dost bouřlivé.

Co dál?

V šestém ročníku již obvykle na této úrovni končíme, se složitějšími elektrickými obvody, měřením elektrických veličin a výpočetními úlohami se žáci znovu setkávají až v 8. ročníku.

Co se žáci naučili (kromě samotného učiva)

Budeme-li uvažovat, jaké dovednosti žáci během uvedených pěti vyučovacích hodin získali (či přesněji získávali), jaké kompetence rozvíjeli, dojdeme k seznamu, který může vypadat zhruba takto:

- zapojovat součástky – zde jde o manuální dovednosti
- popsat reálnou situaci obrázkem – jde o dovednost modelovat realitu
- vymyslet hypotézu, formulovat ji a vyjádřit (slovy, obrázkem, schématem)
- vymyslet řešení úlohy a ověřit svoji myšlenku, svůj nápad experimentem (dovednost řešit problémy)
- „digitálně“ zaznamenat chování elektrického obvodu (dovednost matematicky modelovat)
- domluvit se ve skupině (dovednosti spojené s kooperací)
- nenechat se odradit prvním neúspěchem, pěstovat vůli překonávat překážky
- uvědomit si, že chyba je normální, že se nikdo za chybu neposmívá, neironizuje (pochopení metody pokus–omyl)

To vše vede k rozvoji kompetence řešit problémy a kompetence k učení.

Domníváme se, že uvedený postup výuky přispívá k rozvoji vědeckého myšlení žáků, které by podle našeho názoru mělo být cílem veškeré výuky fyziky, a věříme, že i vaše žáky bude takto vedená výuka bavit stejně, jako baví žáky v Heuréce (<http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>).

