

Elektrické obvody – 2. část

Obsah

Úvod	1
Pomůcky	2
1. Opakování.....	3
2. Vodní model elektrického obvodu	3
3. Vodní model elektrického odporu, proudu a napětí.....	4
4. Měření odporu. Výsledný odpor při sériovém a paralelním zapojení rezistorů	8
5. Napětí a proud v jednoduchém elektrického obvodu	10
6. Odvození Ohmova zákona.....	11
7. Voltampérová charakteristika rezistoru; určení neznámého odporu; výpočty pomocí Ohmova zákona.....	12
8. Napětí a proud v sériovém a paralelním elektrickém obvodu.....	13
9. Měření napětí a proudu v obvodech.....	15
10. Výpočet výsledného odporu v sériovém a paralelním zapojení rezistorů.....	16
11. Další elektronické součástky	16
12. Zahřívání vodiče s proudem, elektrický výkon, elektrická práce	17

Úvod

Metodika *Elektrické obvody – 2. část* navazuje na metodický materiál *Elektrické obvody – příklad zpracování tematického celku s prvky vícenásobné reprezentace jevů*, který je určen pro výuku v šesté třídě. Pokud váš školní vzdělávací program neumožňuje zařadit elektrické obvody do šesté třídy, je nutné tyto základní znalosti a dovednosti naučit žáky v 8. ročníku dříve, než budete pokračovat s touto metodikou.

V tomto textu budu předpokládat, že se žáci se zapojováním elektrických obvodů již setkali a nyní, v osmé třídě, je potřeba to jen zopakovat. Stejně tak předpokládám, že žáci znají základní poznatky z elektrostatiky. Vzhledem k tomu, že budeme používat vodní model elektrického obvodu, je potřeba, aby žáci měli také představu o hydrostatickém tlaku a věděli, na čem tlak závisí.

Jenom na vašem rozhodnutí je, do jaké hloubky budete látku probírat. V současném RVP ZV se tohoto tématu týká jediný výstup:

F-9-6-04 využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů¹

¹ Zdroj: <http://www.msmt.cz/file/43792/>

V tabulkách, ve kterých postupně rozpracováváme jednotlivé výstupy z RVP², je téma Elektřina³ rozdělena do tří úrovní – minimální, optimální a excelentní. V tomto textu je výklad veden na excelentní úrovni. Pokud se rozhodnete pro nižší úroveň, vyberte si jen ty kapitoly, které vám budou vyhovovat.

Časové rozvržení je zhruba takové, že na tento tematický celek (v maximální verzi) je celkem potřeba přibližně 14 vyučovacích hodin (plus zhruba 2-3 hodiny na písemné práce).

Na opakování je potřeba jedna vyučovací hodina, na odvození vodního modelu elektrického odporu, proudu a napětí, a odvození Ohmova zákona včetně úvodní úlohy (tedy kapitoly 2 a 3), jsou třeba jedna až dvě hodiny. Měření odporu a výsledného odporu (kap. 4) zabere v závislosti na množství dostupných pomůcek jednu až dvě hodiny. Na kapitoly 5 a 6 obvykle jedna hodina stačí. V 7. kapitole žáci opět měří, takže potřebujete opět jednu až dvě hodiny (podle vybavenosti kabinetu). Kapitoly 8 a 9 zaberou dvě až tři hodiny – záleží na tom, zda necháte žáky měřit napětí a proud v různých obvodech nebo budete téma probírat pouze teoreticky. Na každou ze zbývajících kapitol jedna vyučovací hodina podle mého názoru stačí.

Žáci si do sešitu dělají poznámky, kreslí všechny obrázky, které jsou na tabuli a píší si k tomu komentáře a závěry.

Pomůcky

Na tento tematický celek budete potřebovat žárovky, ploché baterie (nebo jiný zdroj stejnosměrného proudu cca 5 V), vodiče, měřáky (měření $V=$ do 20 V, $A=$ od 10 A do cca 200 μA , měření odporu), rezistory s barevným kódem (s odporem stovky až tisíce ohmů pro žáky; jednotky až desetiny ohmů pro demonstraci), další elektronické součástky, které můžete sehnat (LED různých druhů – svítivá, infračervená, ultrafialová; kondenzátor; termistor; fotorezistor). Pro některé experimenty je vhodné použít ampérmetr a voltmetr připojitelný k počítači. Máte-li možnost získat nějaké finanční zdroje, doporučuji je koupit.

² Odkaz na web s tabulkami: <https://kdf.mff.cuni.cz/RVPfyzika/doku.php>

³ Přímý odkaz na tabulku Elektřina: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DBune-E8ZBEsCU8U-HLK96QitfMni-zJPe3yj9CA-P0/edit#gid=880995334>

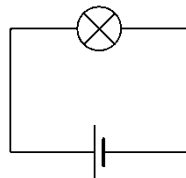
1. Opakování

Pokud jste elektrostatiku a zapojování obvodů v šesté třídě dostatečně procvičili a v sedmé třídě probírali hydrostatický tlak, nemělo by opakování žákům dělat obtíže. Zde uvádím minimální úroveň poznatků, které je třeba společně se žáky zopakovat:

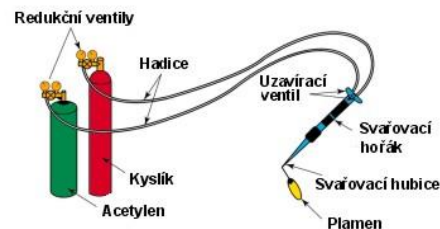
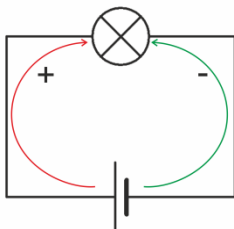
- nabíjení plechovky plastovou tyčí a kožešinou
- přenos náboje „po mostě“ mezi plechovkami, dobré a špatné vodiče
- zapojování elektrických obvodů podle schématu
- pojmenování sériový a paralelní obvod

2. Vodní model elektrického obvodu

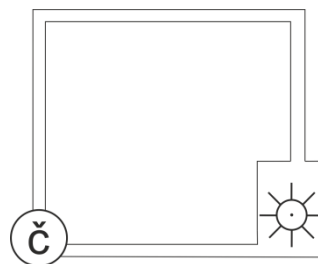
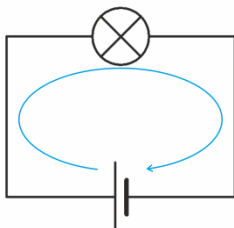
Nakreslete na tabuli jednoduchý elektrický obvod pouze se žárovkou a baterií. Řekněte žákům, že tento obvod může fungovat dvěma způsoby, můžeme popsat dva modely chování základního elektrického obvodu.



1. V prvním modelu jdou z baterie z jedné strany „plus“ a z druhé strany „mínus“ a tam, kde se setkají, tam žárovka svítí. Podobně se chová svářečská souprava, ve které jde z jedné bomby kyslík, z druhé bomby acetylén, v trysce se setkají a hoří⁴.



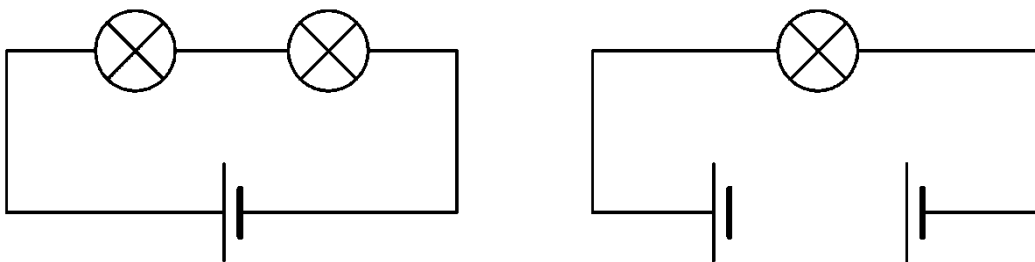
2. Ve druhém modelu si můžeme představit, že žárovka svítí proto, že v drátech „něco“ běhá dokola a rozsvítí ji. Tedy podobně, jako když máme čerpadlo s trubkami a vodním mlýnkem, kde teče voda stále dokola a pohání mlýnek.



⁴ Zdroj obrázku: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007010802>

Po tomto úvodu se jenom pro informaci zeptejte žáků, jak si kdo představuje chování elektrického obvodu (podle mých zkušeností si častěji žáci představují první model). Potom jim zadejte úlohu „na jedničku“: „*Navrhni experiment, kterým rozhodneš, jestli se jednoduchý elektrický obvod chová jako čerpadlo s trubkami a vodním mlýnkem, nebo jako svářečská souprava. K řešení můžeš použít pouze baterie, žárovky, vodiče. Jsou minimálně dvě principiálně odlišná řešení, zkus najít aspoň jedno.*“ Nechte žákům dost času na vymýšlení, (zhruba 5-7 minut), úloha vůbec není jednoduchá. Během práce procházejte třídou, sledujte, jak žáci pracují. Pokud někdo objeví řešení, pochvalte ho, napište mu jedničku, a požádejte ho, ať své řešení zakryje a přemýšlí nad druhým řešením. Obvykle tak čtvrtina až třetina třídy objeví aspoň jedno řešení.

Po chvíli ukončete práci a požádejte dva žáky, kteří mají správná (a odlišná) řešení, ať je nakreslí na tabuli, vysvětlí a také zapojí. Jedno řešení je takové, že do obvodu sériově zapojíme dvě žárovky a zjistíme, že svítí obě. To ukazuje správnost vodního modelu a nesprávnost modelu svařování – na potoce mohou být dva mlýnky za sebou, avšak při svařování není možné svařovat na dvou místech současně. Ve druhém řešení vezmeme žárovku se dvěma vodiči a dvě baterky. Jednu zapojíme z plus pólu, druhou z mínus pólu. Zjistíme, že žárovka nesvítí. Model sváření tedy není správný.



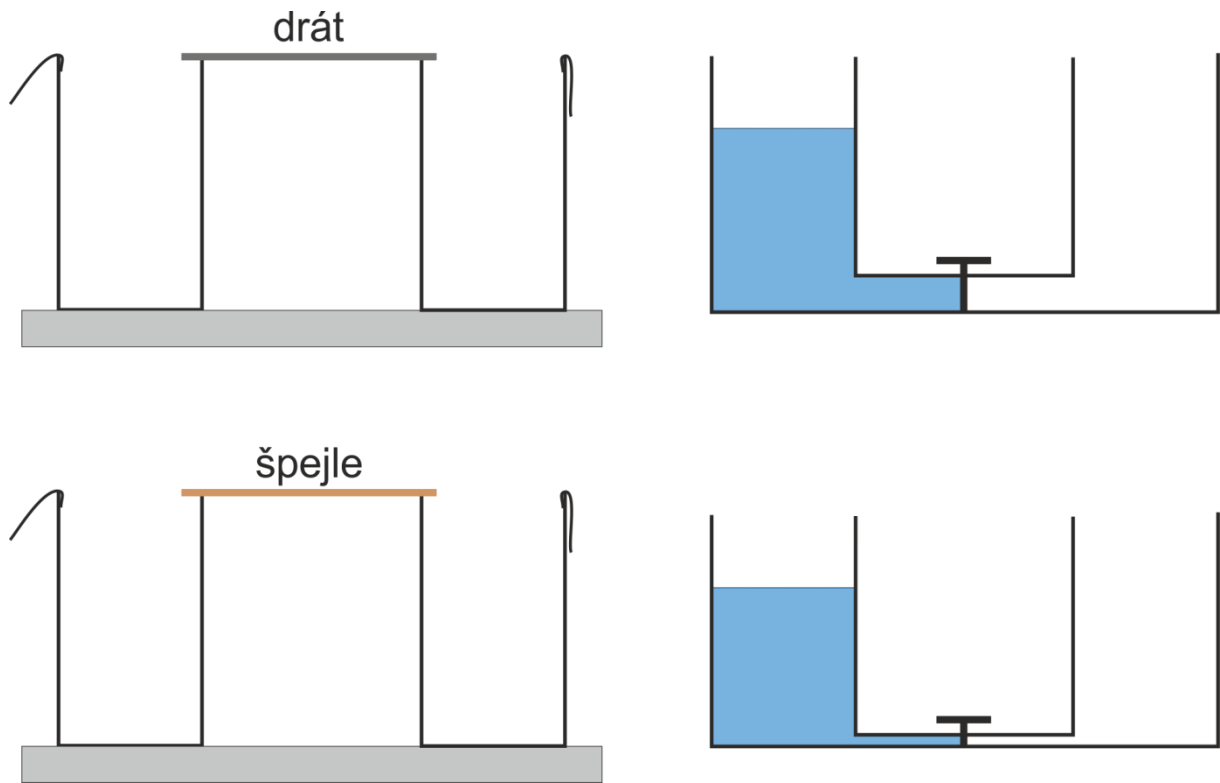
Udělejte společně se žáky závěr, že tedy můžeme používat vodní model elektrického obvodu. Poznámka – doporučuji vodní model žákům nabízet jako pomůcku při řešení úloh, nikoliv jako požadovaný postup řešení (a takto to také žákům říci). Je možné, že budete mít ve třídě žáky, kterým vodní model vůbec nevyhovuje, raději zůstanou pouze u elektrických představ. To je zcela v pořádku.

3. Vodní model elektrického odporu, proudu a napětí

Společně se žáky se vraťte k pokusům z elektrostatiky. Nakreslete na tabuli pod sebe dva obrázky 2 plechovky na izolační podložce, levá plechovka je vždy nabitá (to je znázorněno zvednutým lístkem alobalu). Plechovky nyní spojíme jednou drátem, jednou velmi lehce navlhčenou špejlí (pokud to považujete za nutné, můžete zopakovat i reálné experimenty).

Zeptejte se žáků, co budeme pozorovat v obou případech. Žáci asi bez větších problémů popíší, že se náboje budou částečně přesouvat do druhé plechovky. Lístek alobalu na levé plechovce poklesne, na druhé se zvedne. V případě drátu v podstatě hned, v případě špejle pomaleji, děj bude chvíli trvat. Pak požádejte žáky, aby si vedle obrázku plechovek zkusili do

sešitu nakreslit vodní model této situace. Pokud budou potřebovat nápovědu, zeptejte se jich, co bude místo plechovky (nádrže), místo drátu a špejle (spojovací trubky, jedna tlustší, jedna tenká) a místo nábojů (voda). Doporučuji do obrázků vodního modelu ještě nakreslit ventily na trubkách, abychom mohli (myšlenkově) spustit průtok vody (to odpovídá tomu, že plechovky propojíme). Na obrázcích vodního modelu je v levé nádobě voda (v obou obrázcích pod sebou je stejné množství vody), v pravé nic.



Další otázky můžete klást následujícím způsobem (předpokládané správné odpovědi žáků jsou označeny Ž, rozhovor musíte samozřejmě vést podle reálných odpovědí žáků, a k těm správným je případně postupně dovést ☺):

U: Popište, co budeme pozorovat, když otevřeme ventily.

Ž: Poteče voda do druhé prázdné nádoby.

U: V obou trubkách poteče voda, čím se ale liší první a druhá situace?

Ž: Když je trubka silnější, tak v ní poteče víc vody, než v té druhé, tenčí.

U: Jakými slovy popisujeme, že třeba v řece teče víc vody než v potoce?

Ž: Říkáme, že je tam větší proud vody.

U: A stejným slovem popisujeme pohyb nábojů v drátu – je tam větší proud, než ve špejli. Upozorňuji, že slovo proud se používá ve dvou odlišných významech – jednak jako jev, který označuje usměrněný proud nábojů, jednak jako fyzikální veličina, kterou můžeme měřit. Z kontextu by mělo být zřejmé, v jakém významu je slovo použito, ale dávejte si na to pozor.

U: Jak byste nazvali vlastnost trubky, která dovoluje, aby v ní tekla větší proud?

Ž: Má větší průřez.

U: Souhlasím, zkuste ale navrhnout jiné slovo, které bude souviset s elektřinou. Zná někdo, jak se tato vlastnost nazývá?

Ž: *Vodivost.* (Pozn.: Pokud žáci začnou mluvit rovnou o odporu, můžete a nemusíte elektrickou vodivost zmiňovat.)

U: *Přesně tak. Silná trubka nebo drát má větší vodivost, tedy menší...?*

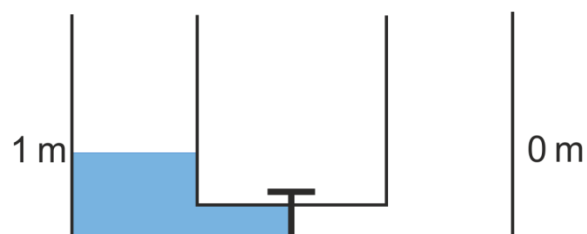
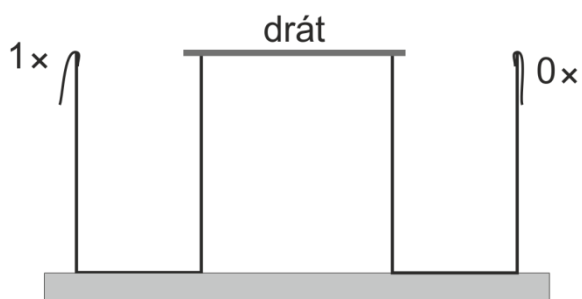
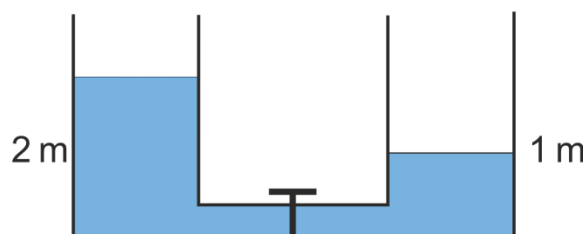
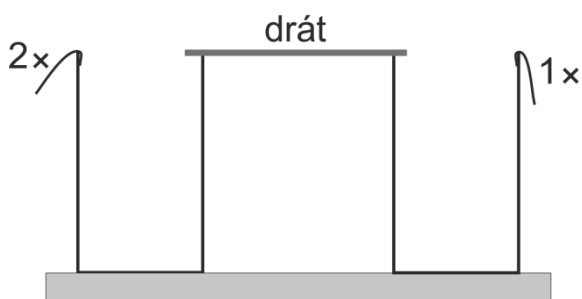
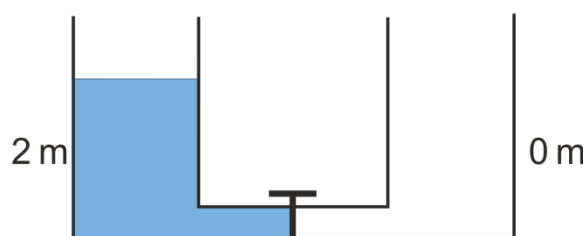
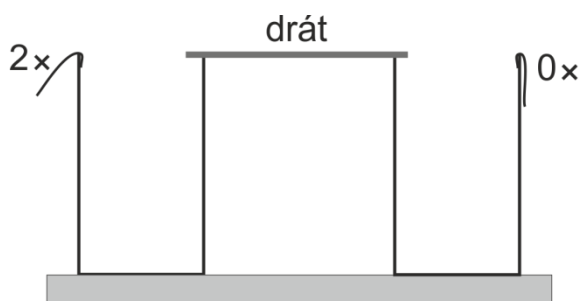
Ž: *Odpor.*

U: *Ano. Máme tedy další veličinu týkající se elektřiny, veličinu charakterizující vlastnosti vodičů – elektrický odpor. Jak spolu souvisí vodivost a odpor?*

Ž: *Když je větší vodivost, je menší odpor a obráceně.*

U: *Je to tak. Vodivost je tedy převrácená hodnota odporu, my ji ve fyzice používat nepotřebujeme, v technické praxi se však používá.*

U: *Nyní si nakreslete tři obrázky dvojic plechovek s alobalovými lístky, tentokrát je budeme vždy spojovat drátem. Obrázky označíme a), b) c). Vedle si nakreslete tři dvojice spojených nádob, spojovací trubky budou stejně tlusté, bude na nich ventil. Počkám na vás, až si to nakreslíte. (Učitel kreslí na tabuli, zde je výsledný obrázek, označení a), b), c), shora.)*



U: *Ted' si představte, že v první situaci nabijeme levou plechovku tak, že o ni otřeme nabitou trubku dvakrát, můžeme si představit, že tam dáme dvě „porce“ nábojů. Druhá plechovka zůstane nenabitá. V situaci b) také nabijeme levou plechovku dvakrát, ale druhou plechovku*

nabijeme jednou. Ve třetí situaci bude levá plechovka nabitá jednou, druhá vůbec ne. Znázorníme to větším či menším zvednutím lístků alobalu. Nakreslete analogii této situace do vodního modelu. Jak to bude vypadat?

Ž: V obrázku a) bude v levé nádrži třeba dva metry vody, v pravé nic. Ve druhé situaci bude vlevo dva metry vody, vpravo jeden metr. Ve třetí situaci bude vlevo metr, vpravo nic.

U: Přesně tak. Vaším úkolem je teď vymyslet, ve které situaci poteče trubkou největší a ve které nejmenší proud vody. Přemýšlejte každý sám, do sešitu si napište svůj názor.

... (cca 1 minuta)

U: Nyní se otočte k sousedovi a řekněte si, co si myslíte a domluvte se. Pokud svůj názor po diskuzi změníte, opravte si to i v sešitě.

... (cca 1 minuta)

U: K čemu jste došli?

Ž: Největší proud bude v situaci a); b) a c) budou stejné.

U: Zdůvodni, proč si to myslíš.

Ž: V a) je vlevo nejvíc vody a na druhé straně není nic, v b) a c) je vždycky rozdíl hladin metr.

U: Ano. Záleží tedy na rozdílu hladin vody.

U: A teď se vraťme k nabitým plechovkám. Jak to bude s elektrickým proudem v jednotlivých situacích?

Ž: Stejně, největší proud bude v a), v b) a c) bude proud stejný.

U: U vody jsme zjistili, že hraje roli rozdíl výšek hladin vody. V elektřině mluvíme o rozdílu potenciálů, to je však pojem, který neznáte a nebudeme se ho učit. Můžeme si ho tak trochu představit jako rozdíl „nacpanosti“ nábojů, přesné to ale není. Důležité pro nás, je, že tento rozdíl nazýváme elektrické napětí.

U: Pojďme si to nyní shrnout a zapsat si nové fyzikální veličiny.

Elektrický proud značíme I . Jak bychom ho mohli měřit? Jak bychom měřili pohyb vody v trubce?

Ž: Třeba v litrech za sekundu.

U: Ano, jak bychom tedy mohli měřit pohyb nábojů ve vodiči?

Ž: Počet nábojů za sekundu.

U: Přesně tak se proud může skutečně měřit, jen ten počet nábojů je strašně veliký. Používá se jednotka ampér. Jeho definice je dnes jiná, ale pro představu 1 A znamená, že za sekundu proteče průřezem vodiče 6,24 miliard miliard ($6,24 \cdot 10^{18}$) elektronů. Proud se měří ampérmetrem.

Elektrický odpor se značí R , jeho jednotkou je ohm (1Ω), v příští hodině se elektrickým odporem budeme zabývat podrobněji. Jak už jsme si řekli, je to vlastnost vodiče. Když má vodič velký odpor, tak jím proud prochází hůř. Můžeme si to představit například, jako když poběžíte orienták, tak po louce se poběží dobře (má „malý odpor“), ale při prodírání se houštinou se vám bude běžet špatně (houština má „velký odpor“). Součástka s daným odporem se jmenuje rezistor, odpor se měří ohmmetrem.

Ukažte žákům několik rezistorů a ohmmetr.

U: Elektrické napětí se značí U , jeho jednotkou je volt (1 V). Už víme, že si napětí můžeme představit jako rozdíl výšek hladin vody. Napětí se měří voltmetrem. Už jste se setkali s tím, že plochá baterie dává napětí 4,5 V, autobaterie má napětí přibližně 12 V, v zásuvce je napětí 230 V⁵, ve vedení vysokého napětí jsou řádově stovky kilovoltů.

4. Měření odporu. Výsledný odpor při sériovém a paralelním zapojení rezistorů

U: Dnes budeme hodně experimentovat. V minulé hodině jsem vám ukazovala ohmmetr, dnes se s ním naučíme měřit odpor. Dalším naším úkolem bude vyřešit, jaký bude celkový odpor při sériovém a paralelním zapojení rezistorů.

V následujících experimentech je lepší použít rezistory ze školních sbírek, na kterých je odpor napsaný. Pokud je nemáte, tak klidně vezměte běžné malé rezistory s odpory řádově stovky ohmů. Nemáte-li dostatek měřáků, aby mohla celá třída pracovat ve dvojicích, dejte polovině třídy jinou práci a po měření se žáci vymění. Nejdříve ale ukažte všem žákům, jak pomocí ohmmetru měřit odpor (to musíte udělat podle toho, jaké máte měřáky). Předem si (pokud možno) v Excelu v počítači nebo na tabuli připravte níže uvedenou tabulku.

U: Budete pracovat ve dvojicích, každá skupina dostane jeden měřák a dva rezistory. (Pozn. některé dvojice rezistorů by měly být stejné, některé ne, lépe se vám s výsledky bude pracovat.) Každá skupina má rezistory různé, výsledky ale budeme dávat dohromady. Záleží tedy na kvalitě práce každého z vás. Budete měřit nejdříve odpor každého rezistoru zvlášť, potom jejich výsledný odpor při sériovém zapojení. Nakonec oba odpory zapojíte paralelně a opět určíte výsledný odpor. Svoje výsledky si samozřejmě zapíšete do sešitu, ale zapíšete je i do tabulky v počítači či na tabuli:

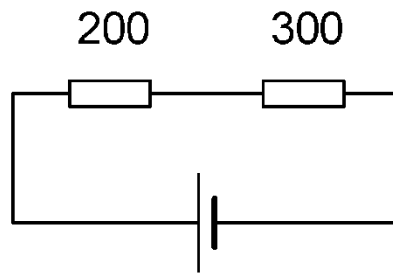
R_1	R_2	R_{VS} – sériové zapojení	R_{VP} – paralelní zapojení

Po skončení práce všech žáků a doplnění tabulky nechte žáky udělat závěry. Výsledný odpor při sériovém zapojení daný jako součet obou odporů bude z tabulky vidět. Avšak to, že výsledný odpor při paralelním zapojení je menší, než každý z původních odporů, bude pro žáky jistě překvapivé. Možná si všimnou toho, že pokud oba původní odpory byly stejné, tak jejich výsledný odpor je při paralelním zapojení přibližně poloviční.

U: Pojdme nyní nad tím, co jsme naměřili, přemýšlet teoreticky.

Začneme sériovým zapojením. Nakreslete si obvod, ve kterém budou sériově zapojené dva rezistory, třeba 200 Ω a 300 Ω .

⁵ To, že je v zásuvce střídavé napětí a pouze jeho efektivní hodnota je 230 V, na této úrovni se žáky řešit nemusíte.



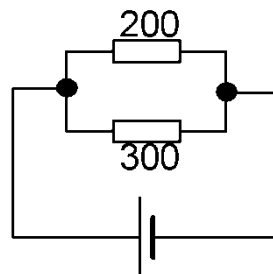
Hledáme celkový odpor, tedy takový odpor, kterým můžeme nahradit tyto dva odpory, aby se v obvodu nic dalšího nezměnilo. Už víme, že si odpor můžeme představit jako houštinu, něco, co brání průchodu proudu. Můžeme si to také představit tak, že je spousta lidí v sále, kteří odcházejí chodbou (1 rezistor), a my bychom tu chodbu prodloužili (přidali druhý rezistor) a sledovali, kolik lidí za minutu dokáže odejít. Určete, jaký tedy bude celkový odpor, když jsou rezistory za sebou.

Ž: Když jsou dvě houštiny za sebou, nebo když je chodba dlouhá, tak je to horší, takže se odpory budou sčítat. Výsledný odpor bude 500Ω . To jsme i naměřili.

U: Souhlasím, запиšte si do sešitu $R_{VS} = R_1 + R_2$.

Pokud chcete a považujete to za nutné, odvoďte tento vzorec „učebnicovým postupem“ z rovnice pro napětí v sériovém obvodu později, po probrání kapitoly 8. Já to ale považuji za zbytečné.

U: Teď si nakreslete paralelní obvod se stejnými rezistory jako předtím. Už víme, že výsledný odpor bude menší než 200Ω . Proč to tak ale je?



Podle mých zkušeností žáci netuší, čím je to způsobeno. Zkuste jim nabídnout představu, že je opět stejný sál, lidé odcházejí jednou chodbou a nechte je vymyslet, co to v tomto modelu bude znamenat, že jsme přidali jeden odpor paralelně. Obvykle alespoň pár žáků ve třídě vymyslí, že je to stejné, jako když otevřeme druhý východ z místnosti, lidé budou odcházet rychleji (odejde jich za minutu víc). Při paralelním zapojení rezistorů je tedy výsledný odpor menší, než odpor každého z nich. Opět můžete vztah později odvozovat, nyní ho žákům prostě sdělte. Doporučuji žákům napsat oba vzorce. A to jak vzorec pro převrácenou hodnotu celkového odporu $\frac{1}{R_{VP}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, tak přímo pro výsledný odpor $R_{VP} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$. Pro žáky může být dobrým cvičením, když je necháte druhý výraz odvodit úpravou prvního výrazu. Ale počítejte s tím (a nedbejte na to), že se žáci i v osmé třídě tváří, že je zlomek strašný nepřítel, který je vzápětí „sežere“. První výraz je sice zdánlivě složitější (je potřeba na

závěr nezapomenout udělat převrácenou hodnotu výsledku), avšak je vhodnější při řešení úloh s více paralelně zapojenými rezistory. Doporučuji ho tedy používat.

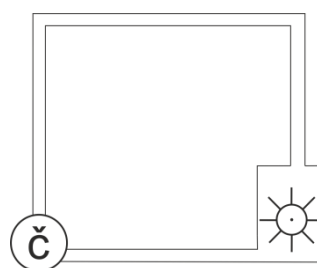
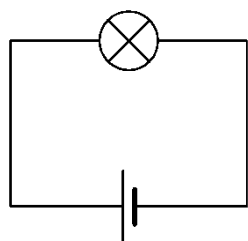
Po odvození vzorců žáci dosadí svoje hodnoty R_1 a R_2 získané měřením, vypočítají výsledný odpor v obou případech a porovnají s naměřenými hodnotami. Máte-li tabulku v počítači, můžete mezitím pomocí vzorců dopočítat výsledné odpory v tabulce, žáci si své výpočty zkontrolují. Na závěr je možné se žáky diskutovat, proč nejsou naměřené hodnoty totožné s vypočtenými, a věnovat se tak nepřesnosti měření.

5. Napětí a proud v jednoduchém elektrickém obvodu

U: Vraťme se nyní k jednoduchému elektrickému obvodu a jeho vodnímu modelu. Co bude ve vodním modelu plnit funkci baterie, vodičů a žárovky?

Ž: Čerpadlo, trubky, vodní mlýnek.

U: Tak si to pojdme nakreslit.



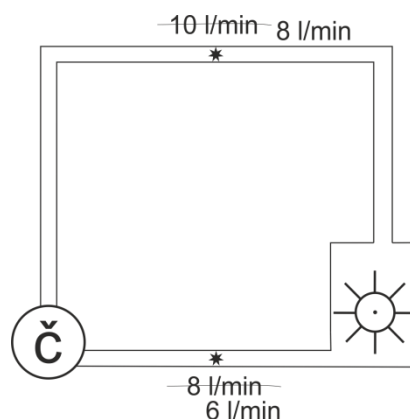
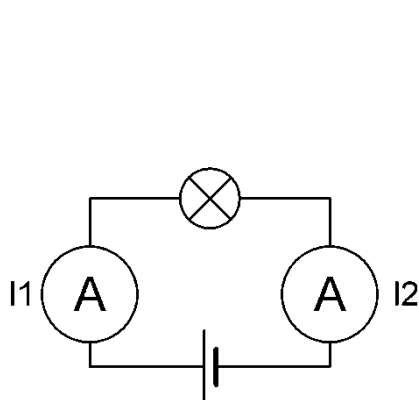
U: Upozorňuji vás na změnu pohledu v obrázcích. Elektrický obvod máme jakoby položený na stole, ten „vodní obvod“ je postavený. Čerpadlo tlačí vodu do výšky, voda teče trubkou a padá na vodní kolo. Proto také máme vodní kolo co nejnižší, abychom využili všechnu energii padající vody.

U: Nyní bychom chtěli změřit proud, který teče horní trubkou. Jak bychom to museli udělat?

Tady to možná bude trvat déle, než žáci vymyslí, že musí dovnitř trubky dát nějakou vrtulku, která se bude otáčet a měřit proud vody⁶. Dokreslete malou vrtulku do trubky.

U: Měřák proudu tedy musíme zapojit tak, aby jím proud protékal, tedy do obvodu. Sériově k baterii a žárovce.

Upravte původní obrázek, umažte kus vodiče a místo něj nakreslete ampérmetr.



⁶ Toto zařízení se v praxi skutečně používá, říká se mu průtokoměr.

U: Dejme tomu, že v horní trubce teče 10 l vody za minutu. Kolik vody poteče v dolní trubce?

Velmi často se ve třídě objeví názor, že v dolní trubce poteče méně vody, dejme tomu 8 l za minutu. Bez dalšího komentáře napište toto číslo k dolní trubce a pokračujte zase k horní trubce, tam opravte desítku také na osmičku, dole škrtněte osmičku a napište 6 l za minutu. V tu chvíli už se budou žáci asi pochechtávat a ptát se, kam se voda ztratila. I když se jednalo o chybnou myšlenku, je pochopitelná – běžně používáme slovo spotřebič, které evokuje představu, že žárovka, mixér, vysavač atd. spotřebovávají proud.

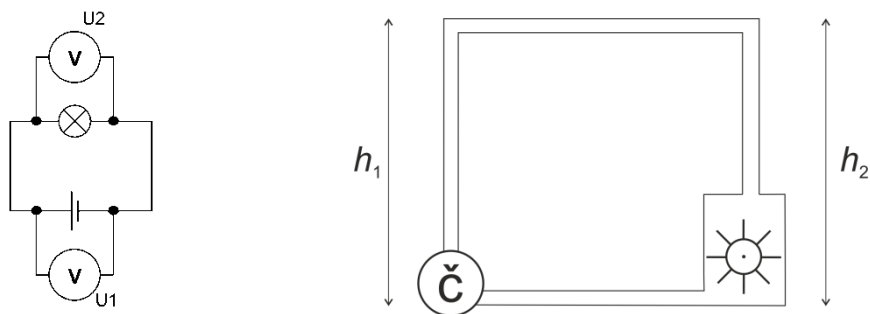
U: Takže v každém místě našeho vodního obvodu, a v každém místě jednoduchého elektrického obvodu teče stejný proud. Zapište si to: $I_1 = I_2$.

Doplňte do schématu obvodu druhý ampérmetr, který měří proud I_2 .

Jak to bude s napětím? Víme, že napětí odpovídá rozdílu výšek hladin vody. Máme tady nějaký rozdíl výšek hladin?

Ž: To čerpadlo zvedá vodu nahoru do nějaké výšky, a ze stejné výšky pak padá voda na mlýnek.

U: Když zanedbáme rozměry čerpadla a mlýnku, můžeme vyznačit rozdíl výšek takto:



U: Jak budeme tento rozdíl výšek měřit? Musíme přitom lézt do trubek?

Ž: Nemusíme, stačí to zvenku změřit metrem. A u čerpadla i u mlýnku musíme naměřit totéž.

U: Souhlas, takže napětí měříme u baterky a u žárovky zvenku, a v jednoduchém obvodu naměříme stejné hodnoty. Zapišeme si: $U_1 = U_2$.

Dokreslete do obrázku voltmetry – paralelně k baterii i žárovce.

6. Odvození Ohmova zákona

U: Pojdme teď přemýšlet, jak spolu všechny tři elektrické veličiny souvisejí. V sešitě máte obrázky, už víte, co si pod veličinami představít.

Předpokládejme, že má proud zůstat stejný, ale zvětšíte napětí (přilijete tedy více vody do levé nádrže). Jak musíte změnit odpor?

Pište na tabuli postupně tak, jak žáci odpovídají:

Stejně	Mění se	Mění se
Proud	Napětí se zvětší	Odpor se musí zvětšit
Odpor	Napětí se zvětší	Proud se zvětší
Napětí	Odpor se zvětší	Proud se zmenší

Ž: *Aby zůstal stejný proud, musí se odpor zvětšit. (Analogicky doplňujte v rozhovoru se žáky další řádky tabulky.)*

U: *Tabulku máme vyplněnou, pojďme nyní vymyslet vzorec. Vidíme, že napětí je přímo úměrné proudu při konstantním odporu, a také přímo úměrné odporu při konstantním proudu. Jak to můžeme zapsat?*

Ž: *Napětí se musí rovnat proud krát odpor.*

U: *Přesně tak. Zapište si vzorec nejdříve slovy, potom i pomocí značek fyzikálních veličin, ty už znáte. To, co jste nyní objevili, se jmenuje Ohmův zákon a je to jeden ze základních zákonů týkajících se elektrických obvodů.*

Poznámka: Analogickou úvahu žáci dělali při odvozování tlaku, hydrostatického tlaku, výpočtu tepla atd., takže toto odvození pro ně není cizí. Pokud podobný postup se svými žáky neděláte, dovedte je k odvození vztahu takovým způsobem, který znají. Důležité ale je, aby si neustále představovali, jak teče voda, co se děje s proudem, když naplníme nádrž víc atd. Pokud budou mít vytvořenou dobrou představu, nebudete poslouchat otázky typu: „Paní učitelko, má se to násobit nebo dělit?“ A pokud ji přesto uslyšíte, můžete tazateli říci, ať si to představí a v duchu znovu odvodí. Mám zkušenost, že jedna maturantka, která Ohmův zákon nebyla schopná si zapamatovat a přišla ke mně na doučování, si po tomto vysvětlení povzdechla: „Proč nám to ve škole neřekli, že je to takhle jednoduchý.“

V úvaze samozřejmě neuvažujeme možnost, že se nejedná o přímou úměru (ale třeba o kvadratickou závislost) nebo že je ve vzorci nějaká konstanta. Pokud máte matematicky zdatné žáky, můžete je na tato omezení upozornit a slíbit jim, že si závislost, ke které došli úvahou, ověří v dalších hodinách měření.

7. Voltampérová charakteristika rezistoru; určení neznámého odporu; výpočty pomocí Ohmova zákona

V první části hodiny doporučuji splnit slib, který jste dali žákům při odvozování Ohmova zákona úvahou, tedy že si závislost ověříte experimentem. Máte-li k dispozici ampérmetr a voltmetr ze systému Vernier, můžete využít návod na webu^{7,8}. Pokud tyto pomůcky nemáte, lze využít i běžné měřáky. Domnívám se, že stačí tento pokus udělat demonstračně.

V další části hodiny by žáci měli opět měřit. Pokud je to organizačně možné, bylo by dobré, aby žáci měřili každý sám. Jestliže nemáte dostatek pomůcek (hlavně asi měřáků), nechte opět část žáků měřit a část třeba něco počítat, postupně by se u měření měli vystřídat všichni.

Nejdříve nechte žáky připomenout poznatky z minulé hodiny, tedy jak se měří napětí a proud v obvodu. Potom teprve jim rozdejte měřáky. Pro většinu žáků to bývá první setkání s měřením napětí a proudu. Je tedy potřeba nejdříve naučit žáky s měřákem těchto veličin pracovat. To musíte udělat sami – podle toho, jaké měřáky máte. Doporučuji zdůraznit žákům, že vždy, když budou měřit proud, budou začínat na nejvyšším rozsahu (obvykle

⁷ viz <https://www.vernier.cz/stahnout/kucharka/kod/ohmuv-zakon-GA>

⁸ <http://fyzikalnipokusy.cz/2085/voltamperova-charakteristika-rezistoru>

10 nebo 20 A). Teprve když měřák nebude ukazovat rozumné hodnoty, tak rozpojí obvod, přehodí vodič do zdířky pro mA, přepnou rozsah a pokračují v měření. Proud (v závislosti na hodnotě odporu) snadno přesáhne 200 mA a žáci by mohli spálit pojistku v měřáku. Dalším důležitým pokynem pro žáky je to, aby si nechali zkontrolovat celé zapojení dříve, než připojí baterii.

Jejich úkolem bude určit velikost neznámého odporu, tentokrát třemi různými metodami (dostanou rezistor s barevnými proužky). Nejdříve zopakují to, co znají, změří odpor přímo pomocí ohmmetru (bez zapojení rezistoru k baterii). Potom zapojí rezistor k baterii, změří proud, který jím prochází, a napětí baterie. Pomocí Ohmova zákona pak dopočítají odpor. Potřetí určí hodnotu odporu pomocí tabulky barevného značení odporů⁹. Získané hodnoty potom žáci porovnají.

Skupina žáků, která zrovna neměří, může řešit různé úlohy týkající se výpočtu napětí, proudu a odporu. Žáci mohou používat kalkulačku.

Příklady úloh:

1. Vypočítej hodnotu odporu, jestliže při zapojení ke zdroji 4,5 V tímto rezistorem procházel proud 250 μ A.
2. Odpor drátu je 20 Ω . Připojíme ho k baterii a zjistíme, že jím protéká proud 300 mA. Jaké je napětí baterie?

Domnívám se, že minimálně toto měření by všichni žáci měli udělat. Považuji za důležité, aby žáci v tematickém celku Elektřina nejen odvozovali a počítali, ale také experimentovali. Pokud měření neznámého odporu všichni žáci udělají, můžete to zařadit i do klasifikace – buď jako úlohu do písemky (každý žák má svůj rezistor označený písmenem, ve třídě jsou připravena stanoviště s potřebnými pomůckami, v průběhu písemky k nim žáci postupně přejdou, naměří a vrátí se zpět) nebo jako experimentální zkoušení.

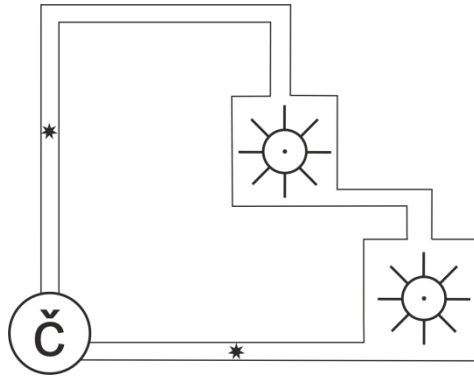
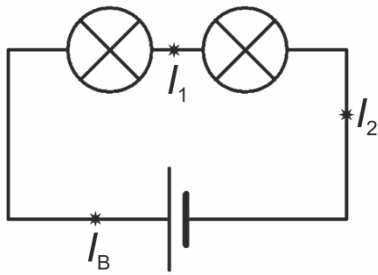
8. Napětí a proud v sériovém a paralelním elektrickém obvodu¹⁰

U: Víme, že můžeme sestavovat i složitější obvody, než jen obvod s jednou žárovkou. Nakreslete si nyní sériový obvod se dvěma žárovkami a vymyslete, jak bude vypadat jeho vodní model. Ten si nakreslete vedle.

⁹ viz: <https://www.prevod.cz/popis.php?str=410&parent=y>, případně

https://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A9_zna%C4%8Den%C3%AD_elektronick%C3%BDch_sou%C4%8D%C3%A1stek

¹⁰ V této hodině můžete využít námět na laboratorní práci *Proud a napětí v elektrickém obvodu*, která je včetně pracovního listu v metodice Náměty na laborky s (převážně) jednoduchými pomůckami na wiki na stránce Náměty na laboratorní práce.



Zkuste vymyslet, jaká bude rovnice pro proud v tomto obvodu.

Ž: Je tam všude jedna trubka, takže proud bude všude stejný. Proud baterkou bude stejný jako proud první i druhou žárovkou.

U: Souhlas, zapíšeme si tedy $I_B = I_1 = I_2$.

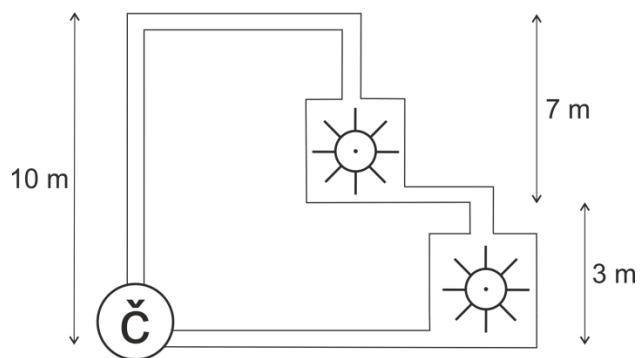
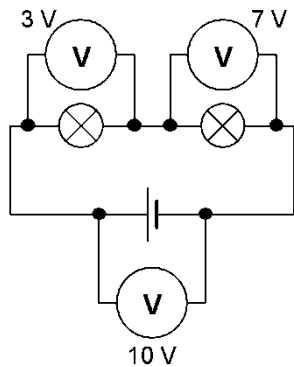
U: Jak to bude s napětími na baterce a na obou žárovkách?

Ž: Když čerpadlo zvedá vodu třeba do 10 m, tak voda padá nejdřív na první, potom na druhé kolo. Takže v elektrickém obvodu bude na každé žárovce poloviční napětí než na baterce.

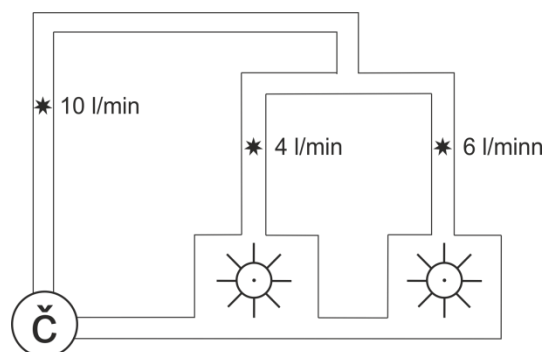
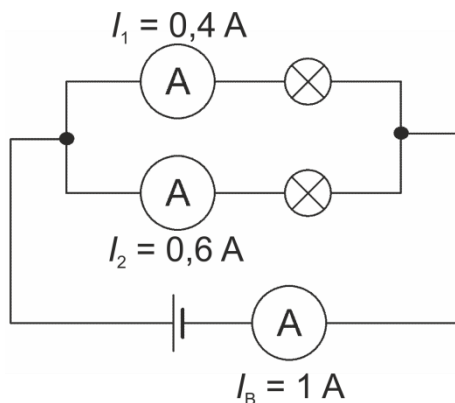
U: Musí to být vždy polovina? Co když bude na baterce napětí 10 V, mohlo by být na žárovkách třeba 3 V a 7 V?

Ž: Může to tak být, ale součet napětí na obou žárovkách musí být stejný jako napětí na baterce.

U: Zapíšeme si tedy, že pro sériový obvod bude platit $U_B = U_1 + U_2$.



U: Nyní si nakreslete paralelní obvod, a k němu jeho vodní model.



U: Zkuste nyní sami vymyslet rovnice pro napětí a proud na baterce a na každé žárovce pro paralelní obvod.

Podle mých zkušeností většina dětí vymyslí, že pro paralelní obvod platí rovnice:

$$U_B = U_1 = U_2 ; I_B = I_1 + I_2.$$

9. Měření napětí a proudu v obvodech

Pokud je to možné, doporučuji, aby si žáci pokud možno vlastním měřením ověřili, že výše uvedené rovnice platí. Ideální je, pokud máte možnost toto měření zařadit do hodin laboratorních prací, kde je třída půlená. Budete mít ve třídě méně žáků a méně se naběháte při kontrole zapojení.

Doporučuji vytvořit skupiny po dvou (max. po čtyřech), každá skupina dostane baterii, dvě žárovky, vodiče a jeden měřák. Skupina má kromě měření za úkol zajistit, aby všichni její členové věděli, co se dělá. Je tedy potřeba, aby se v zapojování střídali. Jedno zapojení klidně mohou dělat několikrát, pokud potřebují.

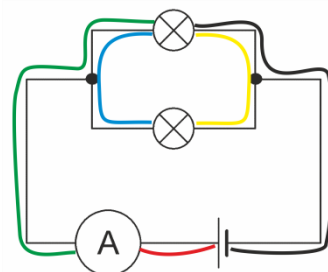
Je vhodné na začátku zopakovat pravidla pro práci s měřáky (viz kapitola 7). Při tomto měření je důležité, aby si žáci vždy nechali zkontrolovat celé zapojení dříve, než připojí baterii. Někdy bude muset některá skupina počkat, než se k ní dostanete, ale z důvodu bezpečnosti měřáků je to potřeba. Na vás pak bude, zda některé skupině dovolíte zapojovat samostatně, když uvidíte, že to bez problémů zvládají.

Nejdříve žáci zapojí jednoduchý obvod, změří proud ve dvou místech obvodu a napětí na baterii i žárovce. Hodnoty si zapíší. Potom zapojí sériový obvod, změří proud ve třech místech obvodu a napětí na baterii a obou žárovkách. Hodnoty zapíší a ověří rovnice, které předtím odvodili. V paralelním obvodu měří napětí na baterii a obou žárovkách, celkový proud a proud v každé větvi. Často mívají žáci problém s tím, jak správně zapojit ampérmetr do větve. Doporučuji jim to na tabuli ukázat pomocí barevných kříd:

Návod pro měření celkového proudu:

Komentář:

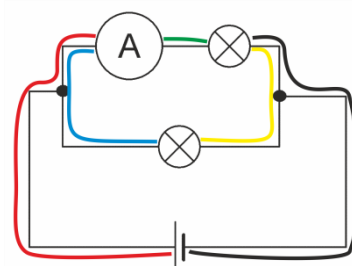
U: Červený vodič jde z baterky do měřáku, zelený z měřáku do jedné žárovky, černý ze žárovky do baterky. Pak si vezmeme druhou žárovku, ke které připojíme třeba modrý a žlutý vodič a připojíme ji paralelně k první žárovce.



Návod pro měření proudu v jedné větvi:

Komentář:

U: Z baterie vedeme červený vodič do měřáku, z něj třeba zelený do žárovky a černým vodičem se vrátíme do baterky. Na druhou žárovku připojíme třeba modrý a žlutý vodič. Modrý



musíme zapojit na konec červeného vodiče, který je zapojený do měřáku, žlutý vodič připojíme na kterýkoliv konec černého vodiče.

Alternativní návod:

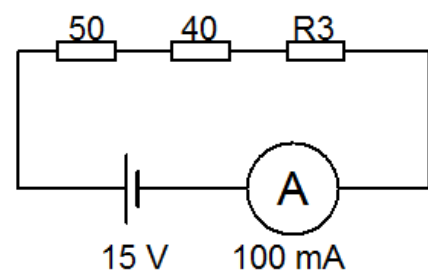
Žáci v obou případech nejdříve zapojí „kolečko“ – základní obvod s jednou větví a měřákem. Pak vezmou druhou žárovku s vodiči a rozmyslí si, kam mají vodiče zapojit.

10. Výpočet výsledného odporu v sériovém a paralelním zapojení rezistorů

Tuto hodinu (nebo alespoň část hodiny) doporučuji věnovat výpočtům.

Příklady úloh (další desítky úloh jsou ve sbírce na wiki):

1. Máme tři stejné rezistory s odporem 100 ohmů. Nakresli všechny možné kombinace jejich zapojení (náповěda – celkem 4 možnosti) a vypočítej výsledný odpor pro každé toto zapojení.
2. Dva rezistory mají při sériovém spojení celkový odpor 60 ohmů a při paralelním spojení odpor 15 ohmů. Jak velké jsou oba odpory?
3. Drát o odporu R , rozdělíme na polovinu a z obou kusů spleteme tenký copánek. Jaký bude odpor copánku?
4. K dispozici máš nejvýše 4 rezistory, každý z nich o odporu 60 Ω . Zapoj je tak, aby jejich celkové zapojení mělo odpor: a) 240 Ω , b) 45 Ω , c) 40 Ω , d) 30 Ω .
5. Urči odpor neznámého rezistoru:



11. Další elektronické součástky

Pokud plánujete učit polovodiče v deváté třídě, můžete tuto kapitolu vynechat a elektronickým součástkám se věnovat později. Pokud však v ŠVP podle vašich zkušeností na polovodiče mnoho času nezbyvá, nechte žáky, aby si s různými součástkami pohráli nyní.

Rozdejte žákům baterie, žárovky, vodiče a k tomu další elektronické součástky, které máte k dispozici (LED různých druhů – svítivá, infračervená, ultrafialová; kondenzátor; termistor; fotorezistor). Podle toho, jaký druh LED máte, k nim případně předem připájejte ochranný odpor (cca 100 Ω). Nechte žáky, aby zkoumali, co to dělá, jakou funkci součástky mají. Samozřejmě jim můžete poradit, pokud budou potřebovat.

Žáci by mohli přijít na to, že barevná LED svítí, ale jenom při správném připojení k baterii, záleží u ní na polaritě. Světlo UV LED očima nevidíme, ale zobrazí nám ochranné prvky na dokumentech, bankovkách, jízdenkách apod. Stejně tak nevidíme očima záření IR LED, ale „vidí“ ji většina foťáků v mobilech (tyto LED se používají v ovladačích televize). Kondenzátor je taková malá „nádž na náboje“ – lze ho z baterky nabít (pozor na polaritu u některých typů kondenzátorů!) a potom vybit přes LED, která chvilku svítí nebo alespoň blikne. Termistor je odpor, který reaguje na teplo, podobně fotorezistor reaguje na světlo.

12. Zahřívání vodiče s proudem, elektrický výkon, elektrická práce

Máte-li k dispozici nějaký malý rezistor s velmi malým odporem (řádu ohmů či desetiny ohmu), začněte výklad tím, že ho bez větších komentářů připojíte k baterii. Pro žáky by to nemělo být překvapivé, to už dělali při měření odporu. Tentokrát se ale po chvíli začne rezistor silně zahřívát, bude se z něj kouřit, bude nepříjemně páchnout. Zeptejte se žáků, čím to je a odkud tento jev znají. Žáci pravděpodobně budou vědět, že se vodič průchodem proudu zahřívá, protože znají žárovku, varnou konvici, elektrický vaříč atd.

Řekněte jim, že na stejném principu fungují pojistky a jističe – dojde-li ve vedení ke zkratu a výrazně vzroste procházející proud, tak se přepálí drátek v pojistce či vypadne jistič.

V další části hodiny se budete společně s dětmi věnovat elektrickému výkonu a elektrické práci.

U: Vrátime se k vodnímu modelu. Představte si, že na potoce je mlýn poháněný vodou.



S vodním kolem nemůžeme nic dělat, ale chtěli bychom nějak zvětšit jeho výkon, potřebujeme, aby se mlýn točil rychleji. Navrhněte, jak bychom to mohli udělat.

Ž: Můžeme přivést do potoka víc vody, tedy zvětšit proud.

U: Souhlasím. Má někdo ještě nějaký další návrh?

Ž: Můžeme vodu pustit z větší výšky, tedy jakoby zvětšit napětí.

U: Přesně tak. Výkon tedy závisí přímo úměrně na proudu i na napětí. Jak bude vypadat vzorec pro výpočet elektrického výkonu?

Ž: Výkon se rovná napětí krát proud.

U: Správně. Napište si vzorec slovy i pomocí značek fyzikálních veličin. Značka pro elektrický výkon je stejná, jako pro mechanický výkon, který už známe, stejná je i jednotka, tedy 1 watt (1 W). Zapišeme si tedy: $P = U \cdot I$.

Vzpomeňte si, jak v mechanice souvisel výkon a práce.

Ž: Výkon se rovnal práci dělená časem.

U: Ano, tady je to stejné: $P = \frac{W}{t}$. Už víte, že v mechanice jsme práci měřili v joulech.

Ví někdo, v jakých jednotkách se měří elektrická práce, čili spotřebovaná elektrická energie? Jaká jednotka je na elektroměru, který máte doma, co máte na faktuře při platbě elektřiny?

Ž: Kilowatthodiny.

U: Přesně tak. Nyní vypisují úlohu na jedničku. Vyjádřete 1 kilowatthodinu v joulech.

Nechte žáky chvíli pracovat. Podle mých zkušeností se ve třídě většinou najde někdo, kdo převod zvládne a může to napsat na tabuli a vysvětlit spolužákům:

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ Wh} = 1\,000 \text{ W} \cdot 3\,600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ Ws} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

V závěru hodiny řekněte dětem, že se (když je to potřeba) rozlišuje výkon spotřebiče (to, co spotřebič dělá) a jeho příkon (to, co do něj musíme dodat), a poměr mezi výkonem a příkonem se nazývá účinnost. Pokud už jste tyto pojmy probrali v mechanice, tak jenom připomeňte, že v elektřině je to stejné. Tyto znalosti žáci využijí v 9. ročníku, kde je v metodice *Elektromagnetismus* uveden dlouhodobý domácí úkol, ve kterém žáci zjišťují spotřebu elektrické energie v domácnosti a cenu, kterou za elektřinu platí.