

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Inovovaná souprava pro demonstrační pokusy z elektroniky

Diplomová práce

Vedoucí práce: PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D.

Autor: Petr Vašíček

**Anotace:**

V první části práce rozebírá výhody používání experimentů ve výuce fyziky a jejich edukační význam. Jsou zde teoreticky popsány některé druhy experimentů, správná metodika jejich provádění a některé další aspekty, kterým by měl pedagog provádějící experiment věnovat patřičnou pozornost.

Dále jsou popsány některé typy demonstračních souprav a jejich stručná historie. Pozornost je zaměřena na demonstrační soupravu DIDAKTIK, její obsah a sestavení. Jedna kapitola je věnována průzkumu vybavenosti škol k provádění demonstračních pokusů z elektřiny a magnetizmu a jeho vyhodnocení.

Poslední část je pak věnována některým experimentům, které je se soupravou možné provést, jejich zdokumentování a zhodnocení. Dále k některým těmto pokusům byly vytvořeny pracovní listy. Dva z těchto listů byly použity na základních školách k didaktické sondě a výsledky vyhodnoceny.

**Klíčová slova:**

Fyzikální experiment, demonstrační souprava, demonstrační experiment, pracovní listy, elektřina, magnetismus, pokus, elektrický obvod, elektrotechnická stavebnice.

**Abstract:**

The first part of this thesis is focused on the advantages of using the experiments during the physics education and their educational values. Furthermore, some types of experiments, their correct methodology of implementation and some other aspects which should be given an appropriate attention by the teacher are theoretically described.

Then, some types of demonstrational sets and their brief history are described. The attention is aimed at the demonstrational set of DIDAKTIK, its content and composition. One chapter is devoted to the research of schools equipment for using the demonstrational experiments of electricity and magnetism and their evaluations.

The last part deals with some experiments which can be made within this set, their documentation and evaluation. Further, there were worksheets created for some of these experiments. Two of these sheets were used among primary schools for didactic exploring and the results were evaluated.

**Keywords:**

Physical experiment, demonstration kit, demonstration experiment, worksheets, electricity, magnetism, experiment, circuit, electrical construction.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V českých Budějovicích dne 26.4.2011

.....

Podpis studenta

Touto formou srdečně děkuji vedoucímu diplomové práce PaedDr. Jiřímu Tesařovi Ph.D. za vedení, ochotu, pomoc a cenné rady, které mi poskytl, při vypracování této diplomové práce.

## Obsah

Úvod.....	1
1 Fyzikální a školní experiment.....	2
1.1 Fyzika ve školním vzdělání.....	2
1.2 Experiment ve školní fyzice.....	3
2 Frontální experiment.....	6
3 Demonstrační experiment.....	8
3.1 Metodika provádění.....	10
3.2 Podstatné fáze demonstračního pokusu.....	13
3.3 Technika přípravy a provádění.....	14
4 Elektřina ve výuce fyziky na 2. stupni ZŠ.....	17
5 Průzkum vybavenosti základních škol pro výuku elektřiny.....	20
5.1 Vyhodnocení dotazníku.....	20
6 Elektrotechnické stavebnice.....	25
6.1 Vznik elektrotechnických stavebnic.....	25
6.2 Některé typy používaných souprav pro výuku elektřiny.....	28
6.3 Kategorizace elektrotechnických stavebnic.....	29
6.4 Demonstrační souprava DIDAKTIK a její sestavení.....	31
7 Vybrané pokusy z elektřiny pro ZŠ.....	36
7.1 Vodivost roztoků.....	36
7.2 Galvanický zdroj napětí.....	41
7.3 Jednoduchý elektrický obvod.....	47
7.4 Vodiče a izolanty.....	50
7.5 Závislost odporu na délce, průřezu a teplotě.....	54
7.6 Použití reostatu ke změně proudu v obvodu.....	60
7.7 Ohmův zákon pro kovy.....	64
7.8 Sériové zapojení odporů.....	66

7.9	Paralelní zapojení odporů.....	70
7.10	Tepelné účinky el. proudu .....	72
7.11	Elektromagnet.....	76
8	Pracovní listy k vybraným zapojením .....	82
8.1	Souvislost elektřiny a magnetismu.....	82
8.2	Jednoduchý elektrický obvod.....	84
8.3	Tepelné účinky el. proudu.....	87
8.4	Sériové a paralelní zapojení rezistorů. Rezistor s proměnným odporem.....	90
8.5	Vedení proudu v kapalinách a galvanický zdroj napětí .....	93
9	Ověření pracovních listů .....	96
9.1	Výsledky didaktické sondy v sedmých ročnících .....	96
9.2	Výsledky didaktické sondy v devátých ročnících.....	100
10	Závěr .....	104
11	Literatura.....	
12	Přílohy.....	

## Úvod

Provádění pokusů v hodinách fyziky má pro žáky zásadní význam a proto jsou první kapitoly věnovány jejich didaktickému a teoretickému rozboru. Také zdůrazňují hlavní zásady k jejich správnému provádění tak, aby požadovaný efekt byl co největší. Dále jsou zdůrazněny základní bezpečnostní zásady pro práci s elektrickými zařízeními. Tato práce je zaměřena na konkrétní demonstrační soupravu pro pokusy z elektřiny a magnetizmu „DIDAKTIK“.

Do práce byl zahrnut průzkum vybavenosti základních škol, zaměřený právě na vlastnictví některé demonstrační soupravy pro pokusy z elektřiny a magnetizmu, na jejich stáří a stav. Ten by měl, do určité míry, reflektovat kvalitu vybavení základních škol a tím i možnost provádět různorodé a pro žáky hodnotné experimenty.

Další část už je zaměřena na jednotlivé vybrané pokusy, jejich sestavení a provedení. Pokusům samotným předchází krátký teoretický rozbor, seznam potřebných součástí a vybavení, které není součástí soupravy. Následuje popis a samotné provedení pokusu, doplněné obrazovou dokumentací, vyhodnocení pokusu a závěr, kde najdeme jeho shrnutí, popřípadě didaktické připomínky či radu nebo tip, čemu při provádění pokusu věnovat obzvláště pozornost.

Jedním z cílů bylo také provedení sondy do základních škol, která měla ověřit jak se soupravou při výuce pracuje a potvrdit předpoklad, že provádění experimentů v kombinaci s použitím pracovních listů má na žáky větší edukační efekt. Za tím to účelem tedy byly vytvořeny pracovní listy k několika vybraným experimentům a ty byly rozdány do dvou paralelních tříd. Průběh a vyhodnocení této sondy je popsán v příslušné kapitole.



# 1 Fyzikální a školní experiment

## 1.1 Fyzika ve školním vzdělání

Její význam jako školního předmětu vyplývá především ze společenského postavení fyziky a ostatních vědních oborů, které se na obsahu školské fyziky podílejí. Vyučováním fyziky na základních školách získávají žáci základní znalosti v rozsáhlé oblasti přírodních jevů a v postupech používaných v technických oborech. Výuka by ale neměla sklouzávat k pouhému naučení pár základních fyzikálních zákonů. Učitel by žáky měl vést k jistému kritickému pohledu na svět, který je kolem, aby se zajímali o příčiny proč se věci dějí tak, jak se dějí. Žáci by si měli osvojit určité techniky řešení různých problémů a to nejen fyzikálních a učit se vytrvalosti a trpělivosti při jejich řešení.

Fyzika je věda, která je na experimentech postavená, ale co to vlastně experiment je a proč se provádí? V [1] se uvádí „Základem činnosti, kterou přírodovědec - fyzik poznatky získává, je pozorování přírodních jevů, jejich rozbor, hledání jejich zákonitostí a jejich formulace ve formě fyzikálních zákonů. I v případě, že fyzik najde některý zákon deduktivně, tj. úvahami z jiných, již známých zákonů, je původním zdrojem objevu nového zákona pozorování skutečnosti, neboť ony zákony, z nichž vyšel, byly získány ze zákonů objevených pozorováním a rozbořem přírodního dění.“ Dále pak uvádí, že tyto děje většinou probíhají za nekontrolovatelných podmínek a jsou natolik složité, že je ve fyzice poměrně vzácné, aby nějaký zákon byl objeven pouhým pozorováním těchto jevů. ŠIMONÍK [2] definuje pokus takto, „Pokus (experiment) je umělé vyvolání jevu nebo procesu tak, abychom jev nebo proces mohli dobře pozorovat, analyzovat, zjistit okolnosti jejich vzniku a stanovit podmínky jejich průběhu.“ V [1] se pak experiment dělí na dva druhy:

1. Heuristický (řecké heureó = hledám)
2. Ověřovací

Ad 1) Tímto pojmem označujeme pokus, jehož účelem je nalézt zcela novou zákonitost u některého jevu.

Ad 2) Pokud se fyzik chce pouze přesvědčit o platnosti již dříve, například deduktivně, objeveného zákona, jde o experiment ověřovací.

JÁNAS [3] vysvětluje pojem fyzikální experiment jako dvojproces, ve kterém se spojuje fyzikální proces s procesem myšlení a poznání.

Fyzikální experiment ve fyzice podle [3] tedy je:

1. Zdroj získávání nových poznatků o přírodě a jejich zařazení do systému fyziky.
2. Kritériem pravdivosti vytvořené hypotézy či teorie.
3. Prostředkem spojení vědeckých poznatků a technikou, výrobou a životem.

## **1.2 Experiment ve školní fyzice**

V předchozí podkapitole jsme tedy zjistili, že experiment je v podstatě základním kamenem fyziky jako vědy. Můžeme ale také experimenty využít při výuce fyziky? Nejen, že je využít můžeme, ale dokonce je to pro výuku nezbytné. Mezi školním a vědeckým experimentem je však určitý rozdíl, který popisuje TRNA [4] : „Školní fyzikální experiment se liší od vědeckého především tím, že jeho cílem je žákovské poznání již dříve vědcem - fyzikem objevené zákonitosti. Tento experiment v sobě sjednocuje vědeckou, technickou a didaktickou složku.“ KLUSÁK [5] ve své diplomové práci uvádí, že experiment ve výuce má významnou úlohu k naplňování a rozvíjení klíčových kompetencí a je důležitou částí výchovně vzdělávacího procesu. ŠIMONÍK [2] řadí experiment, společně s pozorováním a ukázkou, mezi názorné vyučovací metody a i mezi metody praktických prací, při které dochází k přímému styku se skutečnými předměty a je možno s nimi manipulovat. Pokusy jsou pro učitele tedy jakýmsi prostředkem, jak žákům ukázat, nebo nasimulovat jevy, ke kterým v přírodě dochází, nebo chtějí - li žákům přiblížit učivo, které je svojí povahou příliš abstraktní (např. elektrické, nebo magnetické pole). Experiment můžeme využít i k motivaci žáků pokud si zvolíme vhodné téma. Největší zájem vzbuzují

experimenty, při nichž dochází k destrukcím, akustickým a světelným efektům. Podívejme se, co o významu pokusu ve vyučování píše JANÁS [3]:

1. Je zdrojem poznatků o fyzikálních jevech a vlastnostech (fakta), ale též metod získávání poznatků.
2. Značně ulehčuje osvojení si učiva tím, že zvyšuje zájem žáků o fyziku a pomáhá utvářet konkrétní představy o konkrétních fyzikálních pojmech.
3. Má mít ve vyučování funkci jako ve vědě. Rozdíl je však v tom, že poznatky jsou nové jen pro žáka.
4. Přispívá k aktivizaci žáků, zejména když pokusy provádějí.
5. Napomáhá rozvoji fyzikálního myšlení, pozorovacích schopností a technických dovedností žáků.

Podíváme-li se na bod tři, tak zjistíme, že i heuristický experiment (viz kap. 1.3) je při výuce uplatňován.

Dále pak klasifikuje pokusy ve školské fyzice takto:

- a) Podle logické povahy
  - kvalitativní – jen ukázky jevu, nikoliv měření veličin či vyvození zákona apod.
  - kvantitativní – při nichž vyhodnocujeme naměřené hodnoty veličin
- b) Podle provedení
  - reálné – skutečně provedené
  - myšlenkové – modelové situace, příp. filmové zpracování jevů smyslům nepřístupných

c) Podle zaměření

- demonstrační
- frontální žakovské, skupinové žakovské, domácí žakovské
- laboratorní

Obecně má mít každý pokus následující logickou strukturu [3]:

- motivace
- provedení
- pozorování
- zhodnocení
- zobecnění

## 2 Frontální experiment

Frontální pokusy jsou prováděné současně žáky v malých skupinkách a každá skupinka provádí stejný pokus se stejnými pomůckami. Umožňují konkretizovat, zdokonalovat, rozvíjet dříve získané poznatky, získávat počáteční zručnost a návyky při zacházení s jednoduchými aparaturami [6,5]. Žáci tedy na experimentu pracují samostatně a učitel jejich práci jen kontroluje, případně zodpovídá dotazy, radí. Je zbytečné ho použít, pokud nerozvíjí na základě vlastní činnosti žáků jejich fyzikální myšlení a experimentální dovednosti [6].

Výhodou je, že učitel může libovolně zařadit frontální pokus do výuky podle svého záměru [5] a to:

- a) V úvodu – jako motivační pokus
- b) Při probírání nového učiva – k získání údajů k formulaci pravidla, poučky či zákona
- c) Při procvičování – k získání hodnot veličin pro řešení úloh
- d) Při opakování – zejména při opakování většího tematického celku

Aby měl frontální pokus požadovaný účinek a žáci při něm procvičili potřebné dovednosti, je třeba dodržet jisté základní metodické pokyny, které popisuje JANÁS [6]:

- používat jednoduché pomůcky
- je nutné mít dostatek souprav
- žáky je třeba předem na frontální pokusy připravit
- při provádění pokusů žáky neustále sledovat, radit jim
- dbát na střídání jednotlivců při dělení práce ve skupinách
- práci jednotlivých skupin hodnotit a porovnat výsledky práce jednotlivých skupin
- dbát na bezpečnost žáků

Už jen po přečtení těchto pokynů, je na první pohled zřejmé, že frontální pokusy jsou pro učitele poměrně velikou časovou zátěží. Tento problém popisuje i KAŠPAR [1], který časovou náročnost rozdělil do dvou okolností.

První je velké množství souprav, jejich údržba a opravy, které musí učitel provádět mimo vyučování.

Druhou okolností pak je, že žáci pokusy nejen provádějí, ale musí také některé pomůcky sestavovat z dílů. To je také časově náročné. Někteří nemusí pochopit postup sestavení pomůcky, nebo v postupu udělají chybu a tím ubývá čas vymezený na výuku. I přesto, že tímto sestavováním se žák učí novým dovednostem, je dobré rozmyslet si kdy, jaký a jestli vůbec frontální pokus zařadit, neboť čas věnovaný těmto přípravným pracím nebývá vždy úměrný požadovanému zisku. Učitel musí proto hledat způsoby, jak tuto časovou náročnost pokud možno co nejvíce minimalizovat. Nejlepší možností je, pokud má škola laboranty, kteří se o technické problémy starají místo vyučujícího. Pokud tomu tak není, může být náhradním řešením vybrání několika dobrovolníků z řad žáků, kteří jeví zájem o fyziku a tato činnost je baví.

Dalším problémem, kterým se učitel musí zabývat, je výběr takových frontálních pokusů, které svojí povahou nejsou žákům přímo nebezpečné. To znamená, že při nich nedochází k explozím, hoření, vylučování jedovatých látek a žíravín a podobně. Při každém frontálním pokusu je třeba dbát na bezpečnost žáků, ale i svoji.

### 3 Demonstrační experiment

Význam demonstračního pokusu při získávání nových vědomostí spočívá v tom, že při správném pozorování průběhu pokusu si žáci vytvářejí prvotní představy o studovaných jevech, získávají smyslové vjemy, které jsou základem mnohých fyzikálních pojmů (např. mechanický pohyb, elektrický obvod, spektrum apod., nelze vytvořit jinou cestou než *názorně smyslovým jevem*) [3].

Jeho význam potvrzuje i současná psychologie, která názorné myšlení chápe jako jednu z úrovní myšlenkového přepracování a přetváření informací, což je významné pro vědeckou i technickou tvořivost [3].

Výhody demonstračního pokusu [6]:

- Pozornost žáků je zaměřena na jediný objekt.
- Vzorně provedený demonstrační experiment je žákovi vzorem pro vlastní experimentování.
- Je nutný zejména tam, kde jde o použití speciálních a drahých pomůcek, příp. tam, kde by experiment nebyl pro žáky zcela bezpečný apod.

Nedostatky demonstračního pokusu [6]:

- Obtížněji se zajišťuje aktivita všech žáků.
- Chybí bezprostřední styk žáků s experimentálním materiálem.

Dalším problémem pro učitele bývá, jak překonat pasivní pozorování žáků, jak usnadnit přechod od vnímání k pozorování. Samotné vnímání totiž ještě nevede k procesu myšlení. Teprve když si žáci položí otázku “Proč?” a hledají na ni odpověď, učí se fyzikálně myslet [6].

Druhy demonstračních pokusů podle JANÁSE [3]:

1. demonstrační pokusy, které umožňují vytvářet představy o *jevech*
2. demonstrační pokusy, které umožňují studovat *vlastnosti* fyzikálních objektů
3. demonstrační pokusy, které ukazují na využití fyzikálních *jevů* nebo *vlastností*

Typy demonstračních pokusů podle didaktické funkce, jak je uvádí KAŠPAR [1]:

- a) heuristické
- b) ověřovací
- c) motivující učivo
- d) ilustrační
- e) uvádějící fyzikální problém
- f) demonstrující aplikace odvozených poznatků
- g) historické
- h) opakující a prohlubující

Existují i přechodové typy. Například jeden pokus může být nejdřív proveden jako typ a) a poté při opakování jako typ h) atd.

Ad a) žák odhaluje pro něj doposud neznámé zákonitosti a fyzikální jevy. Stává se v podstatě jejich objevitelem a tím napodobuje činnost experimentálního fyzika.

Ad b) pokud je nový zákon objeven deduktivně, nebo jen dogmaticky sdělen, je třeba jeho platnost doložit (ověřit) pokusem.

Ad c) většinou jej učitel zařazuje před výklad nového poznatku. Hlavním úkolem je vzbuzení zájmu žáků o probírané téma například tím, že provedená demonstrace ukazuje nějaký zajímavý nebo důležitý jev, jehož objasnění je podmíněno nalezením příslušných fyzikálních zákonů.

Ad d) většina jich slouží pouze k tomu, aby žákům ukázal, jak jev vypadá. Můžou ovšem mít i heuristickou funkci.

Ad e) pokusy tohoto typu bývají často vhodnými motivačními prostředky. Ve výuce fyziky na ZŠ se často užívá experimentů, které uvádějí nějaký problém, často ve formě myšlených a méně často ve formě reálných pokusů.



Ad f) při výuce fyziky je důležité propojení teorie s praxí. Zejména při objasňování problémů, které jsou příliš abstraktní, na konkrétním využití. Ve školách většinou nelze použít skutečných zařízení proto, že jsou buď příliš komplikovaná, nebo jsou příliš drahá. Proto se používá jejich modelů, nebo se činnost demonstruje na jejich hlavní součásti.

Ad g) jde hlavně o pokusy, které v dějinách fyziky jako vědy znamenaly významný krok kupředu (Torricelliho pokus, Galileův padostroj atd.). Historický pokus můžeme ve výuce využít i jako heuristický, k odvození nových poznatků. Při výuce zdůrazňujeme význam pokusu pro pokrok ve fyzice a vývoj myšlení.

Ad h) opakování pokusů, které byly použity při výkladu nové látky. Je důležité je ale obměňovat. Slouží zejména při kontrole vědomostí nebo k užití dříve odvozeného učiva, nebo při výkladu v novém učivu.

### **3.1 Metodika provádění**

Pokud provádíme jakoukoliv činnost, snažíme se jí dělat tak, aby výsledek odpovídal našim představám, aby produkt naší činnosti byl perfektní. Aby tomu tak bylo, je nezbytné dodržet určité postupy a metody a to samozřejmě platí i při provádění demonstračních pokusů. Metodika je tedy jakýsi návod, jak postupovat a jak uvádí KAŠPAR [1], zabývá se podmínkami, které by měly být nezbytně splněny při provádění demonstračních pokusů, aby bylo dosaženo požadovaných cílů.

Zabývá se tedy takovými otázkami, jako je např. způsob zpracování získaných dat, co pokud možno, nejúčelnějším provedení pokusu v daných podmínkách třídy, modifikací pokusů, přizpůsobení atd. Způsob provedení a jeho zařazení do vyučování závisí na zvolené vyučovací metodě [6]. Při výuce jsou prováděny zejména pokusy heuristického typu, a proto se zaměřím na metodiku provádění právě těchto pokusů [1].

V [1] se uvádí, že didaktické požadavky na demonstrační pokus mají 7 hlavních bodů, které mají didakticko - psychologickou povahu a vztahují se také na technické podmínky průběhu experimentu.

Hlavní body didaktických požadavků:

- 1) Zařazení demonstrace do výkladu, ke kterému patří – tzn. nestřádat pokusy několik hodin a pak je provést najednou.
- 2) Dodržení jednoduchosti, názornosti, pochopitelnosti a přesvědčivosti. Pokud je demonstrace složitá už ve své podstatě, je třeba ji rozdělit na jednoduché části. Předem je ale nutné zajistit, aby měli žáci celkový přehled o průběhu demonstrace.
- 3) Zajištění aktivní účasti žáků, která částečně vyplývá z předchozího bodu. Čím jednodušší demonstraci provádíme, tím ji žáci sledují s větším zájmem. Poutavost a zajímavost demonstrace zajistíme její srozumitelností, ale také používáním pěkných a moderních pomůcek.
- 4) Chybou je zahltit hodinu množstvím různých pokusů, nebo provádění různých demonstrací k objasnění jednoho jevu. Pro žáky je pak tato hodina spíše matoucí.
- 5) Tento bod se zabývá otázkou přípravy soupravy pro demonstrační pokusy. Má - li být sestavena předem, nebo až během výuky. To záleží na různých okolnostech a pokusech, které mají být prováděny. Vzhledem k vzbuzení zájmu o pokus u žáků je vhodné sestavovat demonstraci před nimi. Bohužel učitel většinou nemívá tolik času, aby si tento postup mohl dovolit u složitějších demonstrací. V každém případě ale učitel musí mít rozmyšleno a odzkoušeno jaká užije závaží, odpory, kolik závitů mají mít cívky transformátoru a jaké hodnoty na nich dostane.  
Učitel nesmí zapomenout, že hlavním cílem demonstrace není sestavování soupravy, ale odvození jevu, zákona apod.! Přesto by ale žáci měli soupravě dostatečně rozumět, aby rozuměli i předváděnému jevu a jeho výkladu.
- 6) Ke každé demonstraci by měl být prováděn náčrt na tabuli, který ukazuje uspořádání soupravy, doprovázený výkladem o souvislosti náčrtu a připravované demonstraci.
- 7) Otázkou také bývá, má - li se výsledek demonstrace žákům sdělit předem, či nikoli. Pokud učitel sdělí výsledek předem a pokus ukáže výsledek jiný, mohou

to být pro učitele nepříjemné chvílky. Předpokládejme, ale že pokus je proveden bezchybně. U heuristických pokusů je prozrazení výsledku předem, už z jejich podstaty, absolutně nevhodné. Žáci by měli sami rozbořem pokusu dojít ke správnému výsledku.

Jiná situace nastává u pokusů ověřovacích, kdy se odvozuje předem odvozený zákon.

V souladu s těmito požadavky jsou i zásady provádění demonstračního experimentu, které popisuje JANÁS [6], a to:

- a) Viditelnost: Je nezbytné, aby všichni žáci při provádění pokusu viděli části a detaily zařízení. Toho lze dosáhnout vhodným rozmístěním, osvětlením, konstrukcí přístrojů, vysvětlením funkce důležitých součástí přístrojů, použitím projekce atd.
- b) Názornost: Provádíme pokus tak, aby každý žák bezpodmínečně pochopil demonstrováný jev. Proto volíme taková jednoduchá zařízení, aby vynikl pozorovaný jev, používáme funkční modely a vyhýbáme se použití komplikovaných aparatur a zařízení, nebo předem sestavených obvodů. Používáme barevné křídly, promítání filmů atd. Každý pokus doprovázíme dynamickým nákresem na tabuli a u komplikovanějších uspořádání ukážeme alespoň obrázek.
- c) Přesvědčivost: Pokus má být proveden tak, aby u žáků nevznikla pochybnost o výsledku. Toho lze dosáhnout odstraněním, nebo zredukováním vedlejších jevů a docílit toho, aby pozorovaný jev byl markantní (např. výrazná změna výchylky indukující změnu proudu) atd. Pokus můžeme i zopakovat.
- d) Spolehlivost: Každý pokus musí být pečlivě připraven a odzkoušen, aby se ve třídě vydařil.
- e) Efektivnost: Volíme pokusy, které jsou časově i přístrojově nenáročné, ale přesto přesvědčivě a názorně demonstrují studovaný jev. Při provádění experimentu je

vhodné mít připraveny pouze ty pomůcky, které k němu potřebujeme. Pomůcky navíc zbytečně odvrací pozornost.

### 3.2 Podstatné fáze demonstračního pokusu

Někdy se stává, že se učitel příliš soustředí na bezvadný a bezchybný průběh pokusu, a proto se snaží eliminovat veškeré rušivé vlivy, které by na průběh experimentu mohly mít negativní dopad. K těmto vlivům se však bohužel řadí i intervenci žáků, a proto se učitel snaží provádět experiment sám, bez jejich spolupráce. Tento postup má u většiny žáků mizivý užitek. [1]

Učitel má žáky zapojovat co nejvíce už od myšlenkové přípravy pokusu. Žáci mají sami stanovit hypotézu, účastnit se ať už myšlenkově, nebo skutečně provádění experimentu a učinit z něho správné závěry [1].

V [1] se uvádí tyto hlavní fáze heuristického demonstračního pokusu:

- a) **Stanovení cílů experimentu:** a to pak cílů obecných, které platí při všech experimentech a cílů zvláštních, které se týkají konkrétního případu.  
Mezi obecné cíle řadíme výchovu k logickému myšlení, schopnost tvůrčím způsobem získávat nové poznatky, vytváření správného světónázoru, rozvíjení touhy poznávat svět atd. Vyplývají z obecných cílů vůbec.  
Zvláštní cíle plynou z probíraného tématu. Jde o výklad, osvojení a objasnění určitých fyzikálních poznatků.
- b) **Myšlenková a technická příprava pokusu:** Probíhá za součinnosti žáků. Učitel navodí situaci ve třídě tak, aby vynikl problém, který vede k nutnosti realizovat zamýšlený pokus.
- c) **Vlastní provedení pokusu:** Žáci jsou maximálně aktivní i při provádění pokusu.
- d) **Zhodnocení výsledků pokusu:** a to technické zhodnocení pokusu a myšlenkové závěry.

### 3.3 Technika přípravy a provádění

Demonstrační experimenty jsou časově náročné nejen z hlediska jejich realizace, ale hlavně proto, že učitel musí věnovat hodně času jejich přípravě. Musí mít rozmyšleno, jak co nejlépe a jaký experiment do výuky zařadit a mít k němu vhodně didakticky připravený výklad.

Kromě této metodicko - didaktické připravenosti je nutná připravenost i technická. To znamená, že se učitel dokonale orientuje v kabinetu fyziky na škole, na které působí. Pokud začínající, nebo méně zkušený učitel má pochybnosti o účelu některé pomůcky, se kterou se ještě nasetkal, vyhledá si o ní informace v návodu, popřípadě v jiné literatuře. Nejlepším a zároveň nejrychlejším řešením je zeptat se zkušenějšího kolegy fyzika [1].

Základní pravidla technické přípravy [1]:

1. Každý experiment, i ten nejjednodušší, si musí učitel předem připravit a vyzkoušet, i když ho prováděl už nesčetněkrát.
2. Experiment má být připraven nejpozději den před jeho použitím ve výuce.
3. Ještě před hodinou namátkově vyzkoušet, zda experiment probíhá tak, jak má. To platí hlavně, připravovali - li experiment pomocníci z řad žáků.
4. Mít přehled o technickém stavu pomůcek a včas zajišťovat jejich opravu nebo výměnu.
5. O každém pokusu, který učitel prováděl si vést zápis ve formě volných listů, z nichž si může vytvořit kartotéku pokusů, ve které bude zaznamenáno vše důležité o přípravě experimentů. Do budoucna mu ušetří spoustu práce a přemýšlení.

Technika provádění demonstračního pokusu vychází ze dvou základních zásad [1]:

1. Vždy, když je to jen možné dávat přednost přímé demonstraci s přístroji, před její projekcí.

2. Musí být zajištěna dobrá viditelnost pro všechny žáky z každého místa učebny.  
*„Každý žák má právo, aby mohl vidět, co se při demonstraci děje“.*

Ad 1) Přímá demonstrace je totiž mnohem působivější, ale především umožňuje věrný názor o jevech, na rozdíl od projekce, která téměř vždy dává zkreslený obraz. Pro žáky také není vhodné pomocí projekce dělat pokusy z mechaniky, termiky, elektřiny a dalších oblastí fyziky, protože žáci často vidí jen vychylující se ručičky měřících přístrojů a jejich stupnice a to neumožňuje dobré pochopení předváděných jevů. Pokud jde o zfilmované pokusy, tak by také měly být používány v co nejméně. Zejména pokud pokus nelze provést přímo (je nebezpečný, nebo je k němu třeba přístrojů, které si škola nemůže dovolit). Při filmovém pokusu totiž žáci jen pasivně sledují film a na získání vědomostí se nepodílí. Filmový pokus lze ovšem dobře použít jako instruktážní film pro učitele, jak si má při pokusu počínat.

Ad 2) K dosažení druhé zásady musí být splněno více požadavků. Jsou to:

1. Před samotným zahájením demonstrace musí učitel seznámit žáky se všemi součástmi a přístroji a objasnit jejich funkci. Musí upozornit i na nefunkční části, aby zbytečně neodváděly pozornost žáků.
2. Při demonstraci musí učitel stát tak, aby žádnému žákovi nebránil ve výhledu na demonstrováný jev. Nejlepší je stát vedle, nebo za demonstrační soupravou.
3. Na demonstračním stole mít připraveny jen ty pomůcky a přístroje, které k demonstraci jevu potřebuje. Pokud je nezbytné, aby na demonstračním stole byla připravena i jiná demonstrace, musí být zakrytá, například látkovým přehozem.
4. Jednotlivé části a přístroje soupravy musí být rozloženy tak, aby na ně každý žák dobře viděl. Pokud některé přístroje musí být v řadách za sebou, umístíme zadní přístroje na podstavce.
5. Je-li demonstrováný jev vidět jen v jednom směru, natáčí učitel soupravu při demonstraci postupně tak, aby všichni jev viděli.
6. Při odečítání hodnot naměřených veličin ze stupnic na demonstračních přístrojích se hodnoty od žáků sedících na různých místech mohou díky paralaktické chybě lišit. Vysvětlíme tedy žákům příčinu různosti výsledků a zapíšeme hodnoty od žáků z míst, kde se ručička přístroje promítá kolmo ke stupnici.

7. Pokud demonstrace jevu probíhá horizontálně, lze použít šikmé zrcadlo, nebo jev promítneme. Nesmíme ale zapomenout, že obraz bude stranově převrácený.  
Nejde-li pokus ukázat všem žákům najednou, předvádíme jej postupně menším skupinkám žáků, které se střídají u demonstračního stolu, nebo učitel se soupravou prochází mezi lavicemi.
8. U některých demonstrací je potřeba zviditelnit čiré kapaliny. Neměli by se používat barviva, které začišťují kapiláry a trubičky, kvůli obtížnému čištění. Pokaždé, když provádíme experiment s obarvenými tekutinami, je nutné po jeho skončení vše pečlivě vypláchnout čistou vodou.
9. Potřebujeme-li vyznačit konce sloupce kapaliny, použijeme gumový kroužek, nebo nějakou jinou značku.  
Pro vyznačení, případně měření vertikálních délek se používá vertikální tyčový metr s milimetrovým dělením a s výrazným dělením po decimetrech a centimetrech.

## 4 Elektřina ve výuce fyziky na 2. stupni ZŠ

Na většině základních škol se fyzika začíná vyučovat v šestém ročníku a podle RVPZV [7] spadá do vzdělávací oblasti **člověk a příroda**, která dále zahrnuje chemii, přírodopis a zeměpis. Při výuce každého předmětu se učitel snaží u žáka rozvíjet soubor určitých dovedností, schopností a postojů nejen potřebných k zvládnutí učiva daného předmětu, ale především k plnohodnotnému začlenění se do společnosti a k zvládnutí různých životních situací. Těmto schopnostem říkáme **klíčové kompetence** a v učebnici Fyzika 4 pro základní školu [8] jsou pro elektromagnetické děje uvedeny takto.

<b>Kompetence k učení</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• žák se seznámí se základním učivem témat elektřina a magnetismus a získá tak další poznatky o charakteristice fyzikálního učiva a o jeho smyslu pro rozvoj vlastní vzdělanosti a pro praktické využití v komplexu přírodovědného vzdělání</li><li>• naučí se chápat základní fyzikální jevy, třídít si informace a na bázi pokusů a projektů si ověřuje jejich fungování v praxi</li><li>• učí se pracovat s obecně používanými termíny a ovládat základní fyzikální veličiny</li><li>• rozvíjí své pozorovací schopnosti a osvojuje si pravidla experimentování při zachování pravidel bezpečnosti vlastní i ostatních lidí a jejich majetku</li></ul>
<b>Kompetence k řešení problémů</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• žák si zdokonalí schopnost řešení problémových úloh, učí se vyhledávat potřebné informace, porovnávat varianty řešení</li><li>• učí se prakticky ověřovat správnost svých řešení a zjištěné postupy aplikuje při řešení odborných problémových situací</li><li>• zdokonaluje se v kritickém myšlení, uvědomuje si zodpovědnost za výsledky svých zjištění i praktických pokusů</li></ul>
<b>Kompetence komunikativní</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• žák se učí vyjadřovat své myšlenky a tvořit logické závěry ze svého pozorování</li><li>• učí se rozumět novému typu odborného textu na úrovni žáka daného věku</li></ul>



<b>Kompetence sociální a personální</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žák se učí kooperovat v pracovní skupině nebo ve dvojici</li> <li>• chápe potřebu efektivně spolupracovat s druhými lidmi při řešení úkolu, respektuje jejich zkušenosti a názory</li> </ul>
<b>Kompetence občanské</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žák se učí chápat základní souvislosti přírodních fyzikálních dějů a učí se je vnímat jako komplex ovlivňující v konečném důsledku kvalitu života člověka i přírody</li> </ul>
<b>Kompetence pracovní</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žák si osvojuje bezpečné a kompetentní zacházení s materiály, látkami a pracovními nástroji užívanými ve výuce fyziky, vytváří si pracovní návyky, osvojuje si pravidla bezpečnosti práce při fyzikálních pokusech a laboratorních pracích</li> <li>• vytváří si pozitivní vztah k přírodovědnému vzdělání a směřuje tak své potenciální profesní zaměření v budoucnosti (další přírodovědné studium)</li> </ul>

Dalším velice důležitým pojmem jsou **očekávané výstupy** žáka. Jde opět o soubor dovedností a znalostí, které by měl žák po absolvování vyučovací hodiny, případně tematického celku, ovládat. Tyto výstupy vyplývají z cílů výuky stanovených učitelem. V RVPZV [7] jsou pro elektromagnetické a světelné děje očekávané výstupy formulovány takto:

Žák

- *sestaví správně podle schématu elektrický obvod a analyzuje správně schéma reálného obvodu*
- *rozliší stejnosměrný proud od střídavého a změří elektrický proud a napětí*
- *rozliší vodič, izolant a polovodič na základě analýzy jejich vlastností*
- *využívá Ohmův zákon pro část obvodu při řešení praktických problémů*
- *využívá prakticky poznatky o působení magnetického pole na magnet a cívku s proudem a o vlivu změny magnetického pole v okolí cívky na vznik indukovaného napětí v ní*

- *zapojí správně polovodičovou diodu*
- *využívá zákona o přímočarém šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí a zákona odrazu světla při řešení problémů a úloh*

### **Učivo**

- **elektrický obvod** – zdroj napětí, spotřebič, spínač
- **elektrické a magnetické pole** – elektrická a magnetická síla; elektrický náboj; tepelné účinky elektrického proudu; elektrický odpor; stejnosměrný elektromotor; transformátor; bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními
- **vlastnosti světla** – zdroje světla; rychlost světla ve vakuu a v různých prostředích; stín, zatmění Slunce a Měsíce; zobrazení odrazem na rovinném, dutém a vypuklém zrcadle (kvalitativně); zobrazení lomem tenkou spojkou a rozptylkou (kvalitativně); rozklad bílého světla hranolem

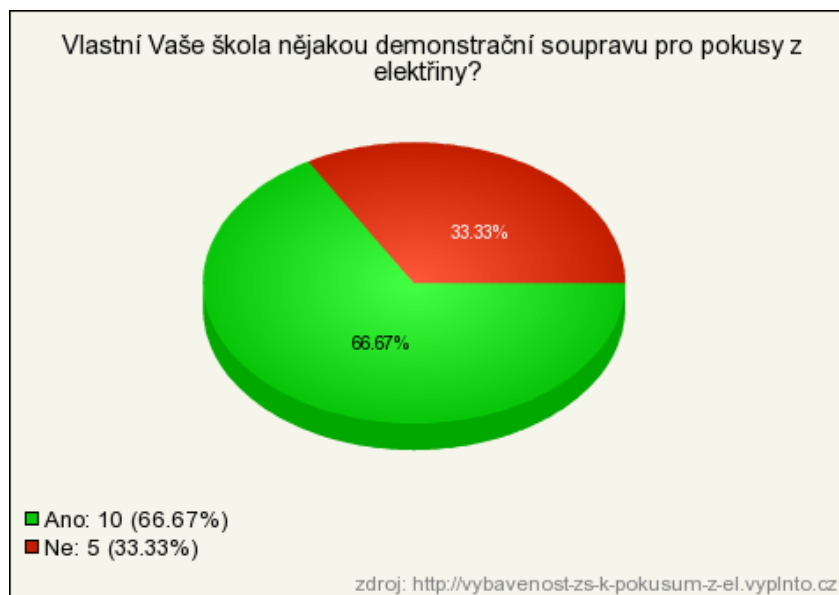
## 5 Průzkum vybavenosti základních škol pro výuku elektřiny

Do této práce byl zařazen i menší průzkum o vybavenosti základních škol k provádění demonstračních pokusů z elektřiny a magnetizmu. Průzkum byl proveden tak, že na portálu „<http://www.vyplnto.cz>“ byl vytvořen jednoduchý dotazník, který obsahoval 10 otázek a odkaz na tento dotazník byl rozeslán e-mailem zástupcům 400 základních škol s prosbou o jeho vyplnění vyučujícím fyziky na konkrétní škole. Dotazník byl na výše uvedené adrese přístupný po 8 dní, během nichž jej vyplnilo 15 respondentů. Některé školy na prosbu odpověděly tím, že mají pouze první stupeň, popřípadě jsou jiného zaměření, a k některým se e-mail nedostal z důvodu neplatnosti e-mailové adresy. Přesto počet respondentů z daleka nenaplnil očekávané množství. Hlavním důvodem byl zřejmě zvolený způsob komunikace prostřednictvím e-mailu. Vhodnější by byla telefonická domluva či osobní jednání v dané škole.

Veškeré odpovědi jednotlivých respondentů jsou v souboru na přiloženém CD.

### 5.1 Vyhodnocení dotazníku

Otázka „Vlastní Vaše škola některou demonstrační soupravu pro pokusy z elektřiny“ byla zaměřena na zjištění, zda daná škola vlastní nějaké vybavení určené výhradně k demonstračním pokusům z elektřiny a magnetizmu. Procentuální vyhodnocení všech odpovědí znázorňuje následující graf.



Graf 1

Otázka „Jak se Vaše souprava jmenuje?“ Byla otevřená a jednotlivé odpovědi zněly takto<sup>1</sup>:

- Demonstrační souprava elektřiny
- Demonstrační stavebnice EMA
- Didaktik
- Elektřina demonstr.(na panely)
- Elektřina demonstrační Demonstrační souprava POLOVODIČE I a II. Demonstrační rozkladný transformátor(APLIKACE: indukční pec, bodové sváření, ionizace plamenem ap.)
- Netuším
- nevím
- Souprava pro elektřinu I
- Souprava pro pokusy s elektřinou
- Žákovská souprava pro pokusy z elektřiny

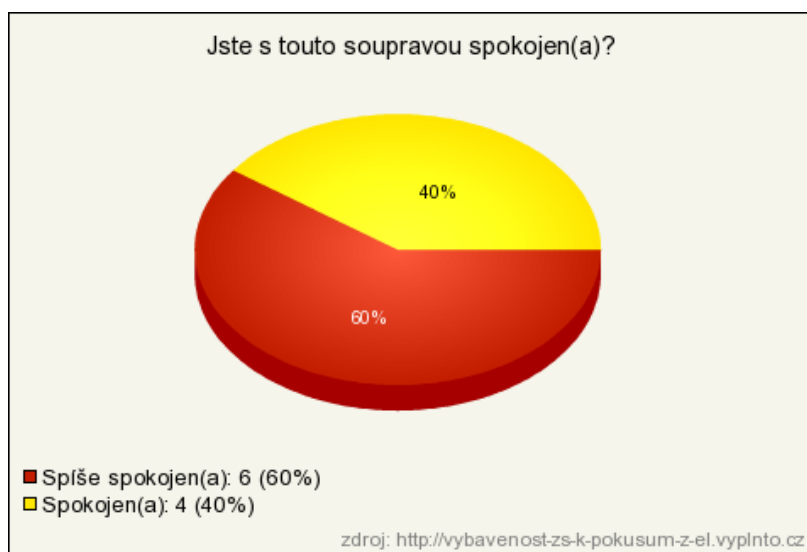
Dva respondenti neví, jaký má název jejich souprava a jeden z nich k demonstračním pokusům používá žákovskou soupravu.

Pokud respondenti v první otázce odpověděli záporně, byli vyzváni k odpovědi na otázku číslo tři „Z jakých důvodů nemáte k dispozici žádnou demonstrační soupravu?“<sup>1</sup>

- finanční důvody
- Finanční důvody. Máme soupravu pro frontální pokusy.
- mám jinak zaměřenou školu :)
- nepotřebujeme ji
- zastaralost, finance

Nejčastějším důvodem jsou finanční důvody.

Graf číslo 2 znázorňuje spokojenost učitelů se soupravou, kterou škola vlastní.

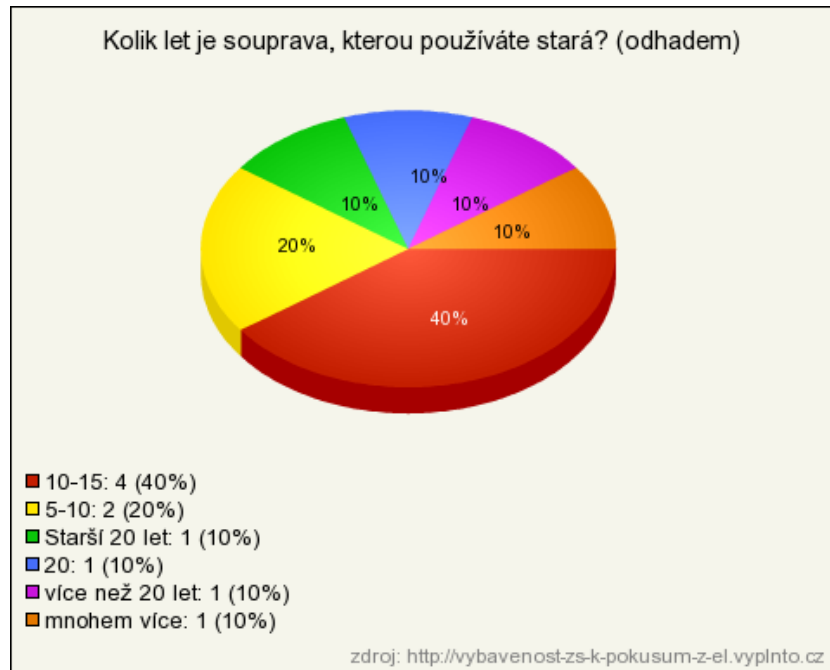


Graf 2

Výhody, nebo nevýhody, jednotlivých souprav podle vyučujících jsou následující<sup>1</sup>:

- Celkem bez problematické použití - (*Žákovská souprava pro pokusy z elektřiny*).
- Demontrace vyložené látky v praxi, příprava pokusů není časově náročná, možnost provázání s interaktivní tabulí, živé pokusy vzbudí u žáků zájem o předmět – (*Demonstrační souprava POLOVODIČE I a II. Demonstrační rozkladný transformátor (APLIKACE: indukční pec, bodové sváření, ionizace plamenem ap.)*)
- Je to velmi stará souprava. Jelikož jsem jí zdědil po předchůdcích, není úplná a je rozprostřena po celém kabinetu fyziky. Je ovšem velmi robustní a ve srovnání s novějšími pomůckami velice odolná – (*název neví*).
- Jednoduchá obsluha – (*Demonstrační souprava elektřiny*)
- Lehká, obsahuje všechny elementy na malých panelech – (*Souprava pro elektřinu I*).
- Přehledná, jednoduchá, nepřekáží na stole. Základní tabule je zavěsitelná na stěnu, slouží především k demonstraci el. obvodů – (*Demonstrační stavebnice EMA*).
- Snadná obsluha, dobře viditelná pomůcka nevýhoda: je drahá a dlouhodobá příprava – (*Didaktik*).
- Souprava je již zastaralá – (*Souprava pro pokusy s elektřinou*).
- Stará, opotřebovaná, málo kombinací sestavení – (*Elektřina demonstr. (na panely)*).

Předmětem dotazníku bylo i zjistit, jak jsou demonstrační soupravy staré a v jakém jsou stavu. To nám znázorní grafy 3 a 4:



Graf 3



Graf 4

Z odpovědí jednotlivých respondentů je zřejmé, že na jejich školách jsou spíše starší soupravy.

Na tuto otázku podle očekávání odpověděli kladně ti učitelé, kteří soupravu nemají k dispozici, jsou s ní nespokojeni, nebo je již zastaralá. U jedné záporné odpovědi bylo uvedeno, že si vystačí s žákovskou soupravou.



Graf 5

Hlavním důvodem, proč si ZŠ nehodlají pořídit novou soupravu, byly finanční důvody. Majitelé starších demonstračních souprav by nejraději volili soupravu stejného typu, ale nové.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Všechny odpovědi respondentů jsou uvedeny v nezměněném tvaru tak, jak byly v dotazníku vyplněny.

## 6 Elektrotechnické stavebnice

*Stavebnice* v obecné rovině lze vymezit jako sadu určitých předmětů k sestavování a spojování do libovolných nebo přesně vymezených celků, k jejich montáži a demontáži. *Elektrotechnickou stavebnici* potom lze chápat jako takovou soustavu nosných prvků, funkčních prvků a funkčních částí, určených k jednorázovému nebo opakovanému sestavení různého počtu obvodů, která je jako celek určena svými didaktickými a technickými parametry. [11]

Jejich zařazení předpokládá aktuální základní dokument *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Jsou to učební pomůcky pro oblast učiva o elektrotechnice a elektronice, které slouží ke zvýšení názornosti a usnadnění procesu učení. Jejich přínos je ve vytváření a podpoře technické gramotnosti, technického myšlení, k rozvoji dovedností i k rozvoji technické tvořivosti. Experimentování žáků s elektrotechnickými stavebnicemi je považováno za činnost komplexnějšího charakteru. Žáci si nevystačí pouze se zapamatovanými vědomostmi, ale musí uplatnit i praktické dovednosti a návyky. Žák musí analyzovat zadání a požadavky na funkci obvodu, vybrat potřebné součástky, navrhnout funkční schéma zapojení, vytvořit technickou dokumentaci, prakticky realizovat el. obvod, provést funkční zkoušku, měřit fyzikální veličiny a výsledky zaznamenat do protokolu. [11]

### 6.1 Vznik elektrotechnických stavebnic

Pomůcky pro výuku elektřiny na školách se začaly objevovat s postupným rozvojem fyziky a techniky. Především na počátku vzniku elektrotechnických stavebnic jsou u nás četné izolované pokusy o jejich tvorbu samotnými učiteli z praxe. [12]

Elektrofyzikální stavebnice sehrály v začátcích vývoje elektrotechnických stavebnic významnou roli, jelikož s jejich konstruováním nebyly žádné zkušenosti a bylo zapotřebí navázat alespoň na dosavadní základní didaktické poznatky o využívání učebních pomůcek při výuce učiva o elektřině v rámci fyziky. Jedna z prvních elektrofizikálních stavebnic určených pro výukové účely byla vyvinuta již r. 1890. [12]

Nejdříve bylo možné setkávat se s dílčími úpravami a zlepšovacemi návrhy stavebnic elektrofizikálních, s postupem času však byly vyvíjeny stavebnice zcela nových koncepcí, které již plně odpovídaly tehdejšímu pojetí výuky obecně technických předmětů. [12]



V roce 1955 jsou zavedeny do vzdělávací soustavy předměty praktická cvičení pro žáky 5. – 7. tříd a základy průmyslové a zemědělské výroby pro žáky 8. – 10. tříd. Na podporu technické výchovy se začíná od téhož roku vydávat časopis pro teorii a praxi polytechnického vzdělávání a pracovní výchovy na všeobecně vzdělávacích školách s názvem Výroba a škola. Již od tohoto okamžiku začíná vývoj speciálních pomůcek pro výuku učiva o elektrotechnice v rámci obecně technických předmětů, jelikož přechodně využívané elektrofyzikální stavebnice i při změně přístupu k jejich využívání nemohly plně vyhovovat potřebám realizace technické výchovy. Elektrofyzikální stavebnice sehrály v začátcích vývoje elektrotechnických stavebnic významnou roli, jelikož s jejich konstruováním nebyly žádné zkušenosti a bylo zapotřebí navázat alespoň na dosavadní základní didaktické poznatky o využívání učebních pomůcek při výuce učiva o elektřině v rámci fyziky. [12]

V té době byly na našich školách, např. na ZDŠ ve Kbelích, vedle běžně užívaných stavebnic, testovány i zahraniční elektrofyzikální stavebnice mj. Elektrik I z tehdejší NDR, Norsted I a II z Norska, Elektrik I od Phywe z tehdejší NSR či Elektrokonstruktor č. 4 z tehdejší RSFSR. [12]

V sedmdesátých letech je postupně dokončován vývoj stavebnic Elektřina demonstrační (1972), Základy elektrotechniky (1974) a Třífázový proud (1974), načež jsou centrálně distribuovány do škol národním podnikem Komenium. Následně na tuto řadu navázala stavebnice Základy elektroniky (1975). Ještě u těchto stavebnic je koncepčně uvažována využitelnost především ve výuce fyziky, nejedná se tedy o stavebnice ryze elektrotechnické, i když jsou již částečně koncipovány pro výuku technicky orientovaných předmětů. [12]

V osmdesátých letech dvacátého století nastává radikální zvrat. Postupně se začínají objevovat odborné časopisecké publikace řešící obecné otázky elektrotechnických stavebnic ve výuce, ale i statě ve sbornících z vědecko - odborných konferencí. Konstruování elektrotechnických stavebnic vychází již z teoretických základů, poté jsou následně ověřovány ve výuce. Výrazným krokem v konstruování elektrotechnických stavebnic je počín O. Jandy, který v r. 1983 vyvíjí pro Komenium stavebnici s názvem Elektrotechnická stavebnice pro polytechnické práce a základy techniky. Jak bylo zmiňováno, v osmdesátých letech dochází i k rozvoji teorie elektrotechnických stavebnic, zejména na Katedře techniky PdF Univerzity Karlovy v Praze, kde bylo zkonstruováno několik prototypů. [12]

Po roce 1989 dochází ke změně centrálně plánovaného hospodářství na tržně - ekonomické. Centrálně organizovaný vývoj, konstruování a výroba elektrotechnických stavebnic končí se zánikem národního podniku Komenium. V oblasti školství dochází k reformě a mění se celková koncepce vzdělávání. S přesunem kompetencí na jednotlivé školy na ně přechází i odpovědnost za nákup nových učebních pomůcek, tedy i elektrotechnických stavebnic. Soukromé firmy zabývající se výrobou učebních pomůcek si z počátku nemohou relativně drahý vývoj nových typů elektrotechnických stavebnic dovolit. Chybí též poptávka po elektrotechnických stavebnicích, jelikož školy díky jejich hromadným dodávkám do škol před r. 1989 jimi byly vybaveny v dostatečném počtu. Poptávka ovšem neutichá v oblasti využití elektrotechnických stavebnic ve volnočasových aktivitách. Kromě stavebnic pro volnočasové aktivity, které jsou dováženy ze zahraničí se začínají vyrábět stavebnice tohoto typu i u nás, jedná se o stavebnice Voltík I, II a III a zejména stavebnici Elektromerkur E1 a E2. Elektrotechnické stavebnice určené ryze pro volnočasové aktivity jsou z důvodů nedostupnosti jiných využívány i ve výuce, většinou ovšem s negativní odezvou, jelikož tyto stavebnice nikdy nemohou nahradit stavebnice vyvíjené speciálně pro školské aplikace. Zahraniční stavebnice určené speciálně pro školské využití jsou pro školy díky vysokým cenám téměř nedostupné. [12]

V oblasti teorie elektrotechnických stavebnic dochází k dalšímu pozvolnému vývoji. Významným mezníkem v r. 1997 bylo vydání první české monografie o elektrotechnických stavebnicích v technické výchově D. Novákem, kterou v r. 2003 následovalo vydání publikace o konstrukčních a elektrotechnických stavebnicích ve výuce obecně technického předmětu od M. Havelky a Č. Serafína. V současnosti se systematicky teorií elektrotechnických stavebnic a jejím rozvojem zabývá pracoviště Katedry technické a informační výchovy PdF UP v Olomouci. [12]

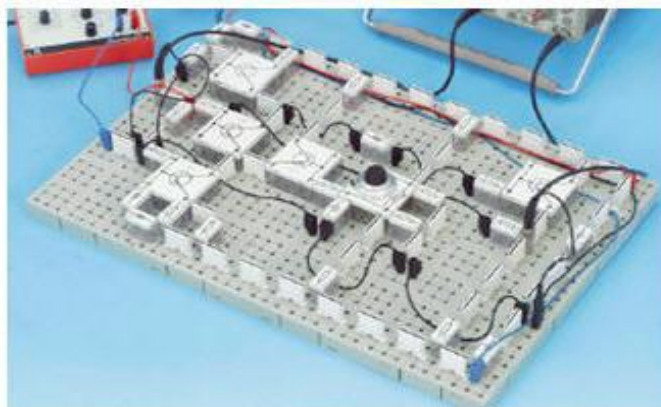
V dnešní době hromadně končí životnost předlistopadových elektrotechnických stavebnic a je nutné hledat řešení pro nákup nových, jelikož se vstupem Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání do platnosti dochází k posílení jejich aplikace do výuky. Ředitelé mají na výběr, který z tematických okruhů zvolí. Je nespornou výhodou, že k aplikaci elektrotechnických stavebnic není zapotřebí speciálních učeben, což má často za následek rozhodnutí pro jejich využívání. Lze s nimi tedy pracovat i v běžně vybavené třídě. Tímto je dán nový impuls pro rozvoj teorie elektrotechnických stavebnic a využití obecných závěrů v praxi, tj. v oblasti konstruování a využívání elektrotechnických stavebnic ve výuce. [12]

## 6.2 Některé typy používaných souprav pro výuku elektřiny

V dnešní době je na trhu poměrně velké množství různých typů elektrotechnických stavebnic. Většinou jde však o žákovské soupravy. Do této kapitoly jsem vybral některé z nich s krátkým popisem.

### 1. Elektrotechnická stavebnice od firmy Leybold Didactic

Tato elektrotechnická stavebnice je tvořena základní perforovanou deskou, na kterou se umísťují zasunutím zásuvných kontaktů do zespol propojených otvorů plastové kostky, v nichž jsou zapouzdřeny elektronické součástky. Vznikají tím kvalitní elektrické spoje, umožňující rychlou montáž a demontáž. Stavebnice se vyznačuje vysokou spolehlivostí a pro výuku ji lze jednoznačně doporučit. Ke stavebnici jsou nabízeny měřicí přístroje, které v základní verzi nejsou její součástí. Vysoce ceněná je přítomnost demonstrační stavebnice, která vychází z koncepce žákovské. Nevýhodou může být vyšší cena. [13]



Obrázek 6.2 - 1 Převzato z

<[http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni\\_didakticke\\_praktikum\\_2/soubory/disciplina1/kapitola7.htm](http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni_didakticke_praktikum_2/soubory/disciplina1/kapitola7.htm)>

### 2. Stavebnice EMA

Stavebnice EMA je tvořena dvěma základními deskami, které lze použít společně pro realizaci náročnějších obvodů. Součástky jsou umístěny uvnitř i vně čtyřiceti sedmi malých a čtrnácti velkých plastových kostek. Kostky se součástkami se propojují do obvodů pomocí zásuvných kontaktů na základní desce a propojovacích modulů. Součástí stavebnice je i speciální demonstrační měřicí přístroj, zdroj stejnosměrného stabilizovaného napětí a skládací držák k zavěšení stavebnice na tabuli.[13]

### **3. Souprava DIDAKTIK**

Je výhradně určena pro školské účely a vyrábí se v provedení demonstračním i žákovským. Součástky jsou umístěny v plastových kostkách opatřených zásuvnými kontakty, což umožňuje dobré variování při sestavování obvodů. Spodní strany plastových kostek jsou vyrobeny z průzračného materiálu, je tedy umožněn vizuální kontakt se součástíkou. Demonstrační souprava umožňuje realizaci pokusů z oblasti elektřiny, elektroniky a elektromagnetismu. Stavebnice je spolehlivá a obvody lze snadno a přehledně sestavovat. Na kostkách jsou vytvořeny promyšlené úchyty pro snadnější zapojování. [13]

### **6.3 Kategorizace elektrotechnických stavebnic**

Elektrotechnické stavebnice lze rozdělit podle více hledisek [11]:

#### **1. Kategorizace podle způsobu využití ve výuce:**

- Demonstrační (uzpůsobeny na demonstraci zapojovaných obvodů učitelem).
- Žákovské.

#### **2. Kategorizace podle počtu oblastí, pro něž jsou určeny:**

- Monotematické.
- Polytematické.

#### **3. Kategorizace podle úrovně vzdělávání:**

- Pro základní vzdělávání.
- Pro středoškolské vzdělávání.
- Pro vysokoškolské vzdělávání.

#### **4. Kategorizace podle charakteru el. proudu**

- Pro slaboproudou elektrotechniku.
- Pro silnoproudou elektrotechniku.

#### **5. Kategorizace podle výrobce:**

- Vyráběné profesionálně.
- Vyráběné amatérsky.

#### **6. Kategorizace podle zaměření elektrotechniky:**

- Pro obecnou elektrotechniku a elektroniku.
- Pro elektroinstalace.
- Pro měřicí a regulační techniku.

- Pro telekomunikační techniku.
- Pro výrobu a rozvod elektrické energie.
- Pro digitální a mikroprocesorovou techniku.
- Pro elektrické stroje.
- Pro automobilovou elektrotechniku.
- Pro výkonovou elektroniku.
- Pro jiné zaměření.

#### **7. Kategorizace podle typu uživatele:**

- Pro začátečníky.
- Pro pokročilé.
- Pro velmi pokročilé.

#### **8. Kategorizace podle umístění součástek:**

- Se součástkami pevně umístěnými na nosné desce.
- Se součástkami zapouzdřenými nebo na nosných štítcích.
- S volnými součástkami pro zapojování do propojovacích polí.

#### **9. Kategorizace podle typu spojů mezi prvky:**

- S nerozebíratelnými spoji.
- S rozebíratelnými spoji:
- S ovíjenými spoji.
- S pružinovými spoji.
- S magnetickými spoji.
- Se šroubovými spoji.
- Se zásuvkovými spoji.

#### **10. Kategorizace podle reálnosti sestavování obvodů a součástek:**

- Využívající reálné prvky.
- Simulované počítačem.

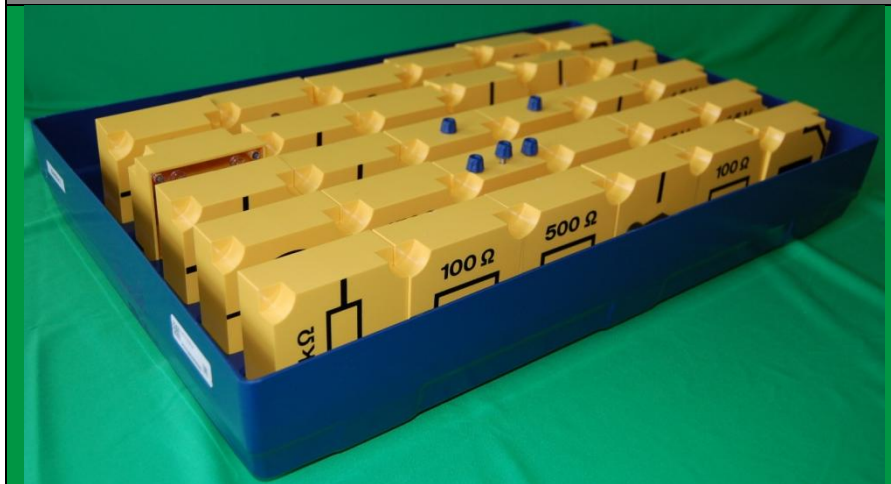
#### **11. Kategorizace podle oblasti aplikace:**

- Pro obecně technické vzdělávání.
- Pro volný čas.
- Pro profesní vzdělávání.

#### 6.4 Demonstrační souprava DIDAKTIK a její sestavení

Jedná se o demonstrační pomůcku k výuce fyziky a elektrotechniky na ZŠ, středních školách a gymnáziích. Dále se využívá na pedagogických fakultách, jako pomůcka pro přípravu budoucích učitelů. Umožňuje názorné a přehledné vertikální sestavení elektrických a elektronických obvodů. Představuje systém zástrčných stavebnicových kamenů využitelný při demonstrační výuce na základní a střední škole. Demonstrační souprava pro elektřinu se skládá z pěti souprav, pomocí kterých je možné uskutečnit pokusy z oblasti elektřiny, elektromagnetismu a elektroniky. Nutným příslušenstvím (není součástí soupravy) je "DF Tabule propojovací", souprava "DF Stativový materiál", univerzální nebo výkonový napájecí zdroj 12V/4A a měřicí přístroje [9].

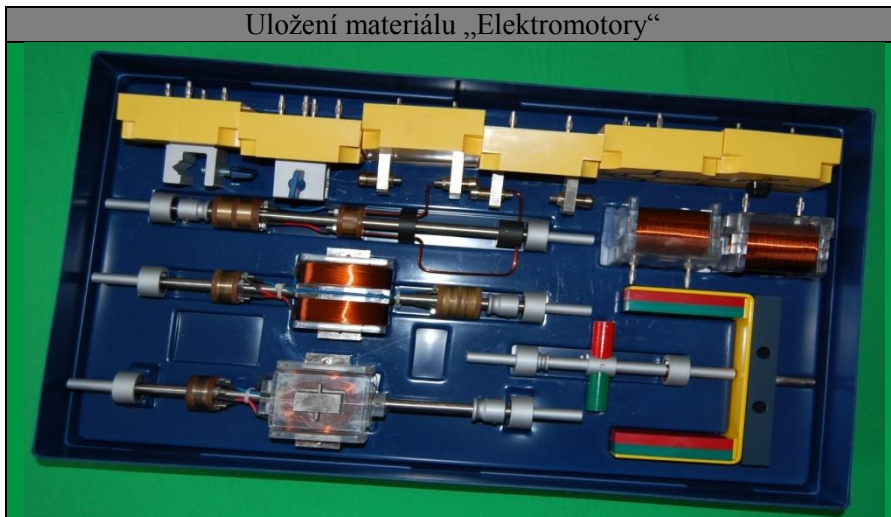
Uložení modulů v boxu



Uložení materiálu „DZS Elektřina 3“



Uložení materiálu „Elektromotory“



Uložení stativového materiálu





Obsahy jednotlivých souprav:

DSZ Elektřina 1		
P.Č.	Název součásti	Počet
1	Modul připojení	4
2	Modul přímé vedení	5
3	Modul přímé vedení se zdičkou	2
4	Modul vedení T	5
5	Modul vedení T se zdičkou	2
6	Modul vedení L	5
7	Modul vedení L se zdičkou	4
8	Modul vedení přerušené	2
9	Modul vedení L přerušené	1
10	Úložný box velký	1
11	Vložka úložného boxu	1

DSZ Elektřina 2				
P:Č.	Název součásti	Počet	Technické parametry	
1	Modul s objímkou E10	2		
2	Modul s objímkou E14	3		
3	Modul baterie 1,5V	3		
4	Modul vypínač	3	250V / 0,15 A	
5	Modul přepínač	2	250V / 0,15 A	
6	Modul tlačítko	1	250V / 0,15 A	
7	Modul doutnavka	1	70V / 90V zápal.	
8	Modul odpor 100 Ω	2	100V DC / 50V AC / 2W	
9	Modul odpor 500 Ω	2	max: 100V DC / 50V AC / 2W	
10	Modul odpor 1 kΩ	1	max: 100V DC / 50V AC / 2W	
11	Modul odpor 10 kΩ	1	max: 100V DC / 50V AC / 2W	
12	Modul nastavitelný odpor 10 kΩ	1	max: 100V DC / 50V AC / 4W	
13	Modul potenciometr 470 Ω	1	max: 100V DC / 50V AC / 4W	
14	Modul pro cívku	1		
15	Modul pro cívku se snímačem	1		
16	Modul pro cívku s bočním připojením vlevo	1		
17	Modul se svorkou	2		
18	Modul držák kruhových součástek	1		
19	Modul motor s převodem	1		3V / 145 rpm 96 : 1
20	Úložný box velký	1		
21	Vložka úložného boxu	1		
DZS Elektřina 3				
P.Č.	Název součásti	Počet		
1	Cívka 800 závitů (11 mH, 2A)	1		
2	Cívka 2x800 závitů (45 mH, 1A)	1		
3	U - jádro se spojkou	1		
4	I - jádro dlouhé	1		
5	Držák baterie	2		
6	Vodiče a nevodiče (sada)	1		
7	Žhavicí spirála nasazena na stolíku se zástrčnými kolíky	1		
8	Bimetalový pás	1		
9	Svorka se zástrčným kolíkem	3		
10	Krokosvorka se zástrčným kolíkem	4		
11	Krokosvorka	2		
12	Kladka s ukazovatelem	1		
13	Držák se zástrčným kolíkem	2		
14	Držák se zářezem a otvorem	2		
15	Pružina plochá ocelová, 300 mm	1		
16	Stolík se zástrčnými kolíky	1		
17	Nádobka na elektrolýzu	1		
18	Elektrody (sada)	1		
19	Kontaktní kolík	1		
20	Kotva zvonku	1		
21	Miska zvonku	1		
22	Otočná cívka s ukazatelem (protiváha našroubovaná na cívce)	1		
23	Modul stupnice	1		
24	Modul kuličkové ložisko	1		
25	Vychylovací vodič	1		
26	Úložný box velký	1		



27	Vložka úložného boxu	1
<b>DZS Elektromotory</b>		
<b>P.Č.</b>	<b>Název součásti</b>	<b>Počet</b>
1	Modul s objímkou	2
2	Modul pro sběrač AC	1
3	Modul pro sběrač DC	1
4	Držák sběrače	4
5	Sběrač	1
6	Dvoupólový rotor, ložiskové uložení	1
7	Čtyřpólový rotor, ložiskové uložení	1
8	Závit rotoru, ložiskové uložení	1
9	Rotor s permanentním magnetem, ložiskové uložení	1
10	Držák magnetů	1
11	Adaptér držáku magnetů	1
12	Magnety (pár)	1
13	Modul pro cívku s bočním připojením vlevo	1
14	Modul pro cívku s bočním připojením vpravo	1
15	Cívka 400 závitů (3mH / 4A)	2
16	I - jádro, krátké	2
17	Úložný box velký	1
18	Vložka úložného boxu	1
<b>DZS Stativový materiál</b>		
<b>P.Č.</b>	<b>Název součásti</b>	<b>Počet</b>
1	Stativová tyč (pár)	1
2	Panelová objímka pro uchycení tabule (pár)	2
3	Stativový běžec	2
4	Patky stativu 375 mm	2
5	Stativová kolejnice 750 mm	1
6	Úložný box	1
7	Vložka úložného boxu	1

<b>Postup při sestavování demonstrační soupravy „DZS Stativový materiál“</b>	
<p>Z úložného boxu vyjmeme patky stativu (4) a položíme je na rovnou podložku zhruba 75 cm od sebe. Poté na ně, po uvolnění šroubu, nasuneme stativové běžce (3) a šrouby dotáhneme</p>	
<p>Na stativové kolejnici (5) povolíme šrouby a upevníme ji na stativové běžce (3). Poté šrouby opět dotáhneme.</p>	

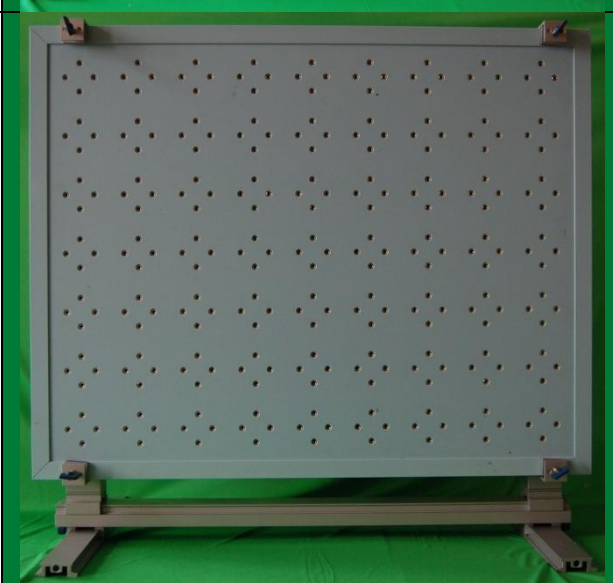
Na každou stranu stativové kolejnice (5) upevníme stativovou tyč (1). Opět musíme povolit a poté dotáhnout šrouby.



Na obě stativové tyče (1) nasuneme do požadované výšky 2 ks panelové objímky (2), na kterých jsme předtím povolily šrouby.



Nakonec do panelových objímek (2) upevníme demonstrační tabuli pro elektřinu.



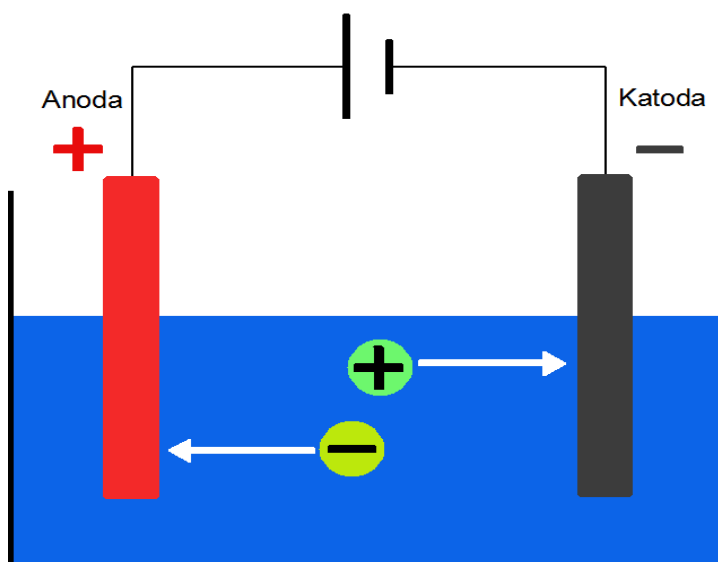
## 7 Vybrané pokusy z elektřiny pro ZŠ

### 7.1 Vodivost roztoků

#### Teorie:

Kapalina, která umožňuje vedení proudu, se nazývá elektrolyt. Je to roztok, který obsahuje volně se pohybující nosiče náboje, ionty. Tyto ionty mají buď kladný náboj (kationty), nebo záporný náboj (anionty) a jsou obsaženy například v solných roztocích ( $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ), roztocích kyselin ( $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ), nebo v zásaditých roztocích (KOH, NaOH). Pokud roztok obsahuje elektricky neutrální ionty, jedná se opět o nevodivou kapalinu (například roztok cukru). Samotná chemicky čistá voda je nevodičem.

Jevu, při kterém se volné ionty v kapalině objeví, se říká *disociace* a dochází při ní k samovolnému rozpadu látky, vyvolanému rozpouštědlem, na kladné a záporné ionty, dokud nedojde k rovnovážnému stavu. Tyto ionty pak vykonávají neustálý neuspořádaný pohyb. Pokud ovšem v elektrolytu vytvoříme elektrické pole vnořením dvou elektrod, připojeným ke zdroji napětí, dojde k usměrnění pohybu iontů. Kladné ionty (kationty) se pohybují k záporné elektrodě (katodě) a naopak záporné ionty směřují k elektrodě kladné (anodě) a dochází k průchodu el. proudu kapalinou. Názvy



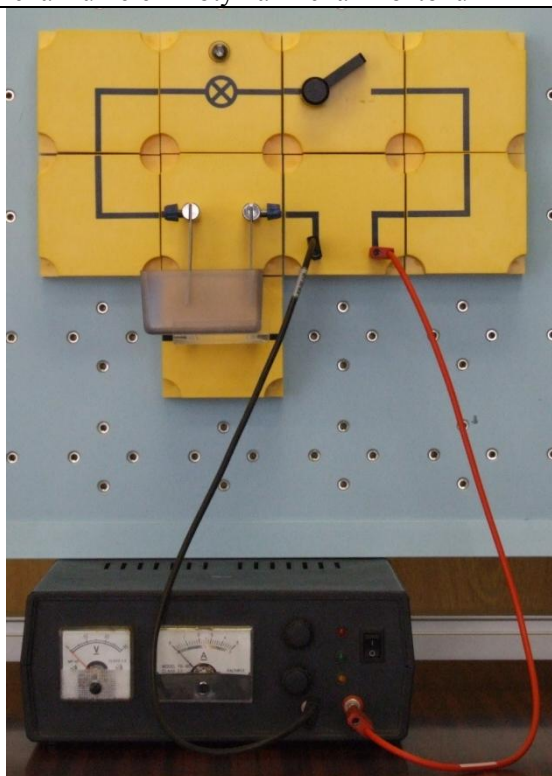
Obrázek 7.1 - 1

elektrod jsou odvozeny od názvů iontů, které přitahují, nikoliv od polarity napětí, které je na ně přivedeno (viz Obrázek 7.1 - 1).

S přenosem el. náboje dochází také k přenosu látky, kterému říkáme *elektrolýza*. Při tomto ději dochází k vylučování či usazování některých látek na elektrodách. Závisí na koncentraci a druhu roztoku, materiálu elektrod, teplotě, atd. Elektrolýzy se využívá především k potahování předmětů ušlechtilým kovem. Pokovovaný předmět se zapojuje jako katoda.

Příprava pokusu a schéma zapojení

Materiál k provedení pokusu	
4	modul vedení L (1)
2	modul vedení přerušené (1)
1	modul vypínač (2)
1	modul s objímkou E10 (2)
1	modul vedení L přerušené (1)
2	držák se zástrčným kolíkem (3)
1	stolík se zástrčnými kolíky (3)
1	nádobka na elektrolýzu (3)
2	olověné elektrody
1	žárovka E10 2,5V/0,2A
1	regulovatelný zdroj stejno směrného napětí 0 - 12V
1	lžička z umělé hmoty na míchání roztoků



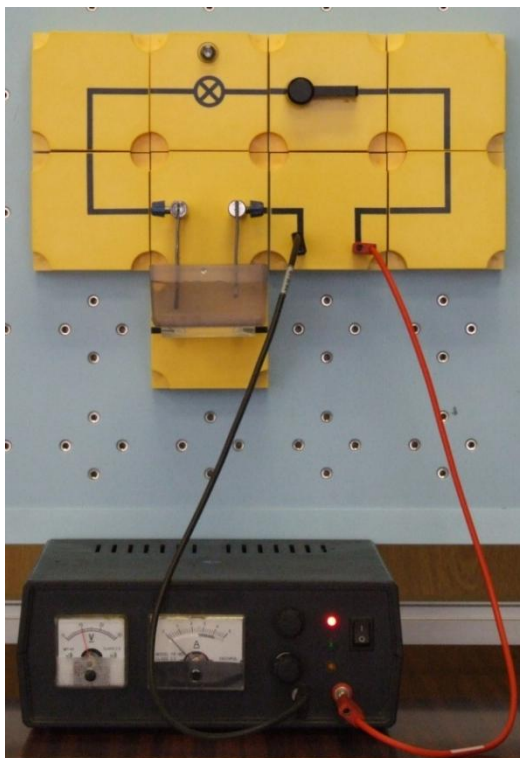
Obrázek 7.1 - 2 Zapojení pokusu

Zapojení provedeme podle obrázku. Do modulu s přerušným vedením L zapojíme regulovatelný stejnosměrný zdroj napětí a do modulu s přerušným vedením vstrčíme 2 držáky se zástrčným kolíkem. Do druhého modulu s přerušným vedením

upevníme stolík a na něj položíme nádobku na elektrolyzu. Nakonec do modulu s objímkou E10 zašroubujeme žárovku E10 2,5V/0,2A a do držáků upevníme 2 olověné elektrody.

### **Pokus č. 1**

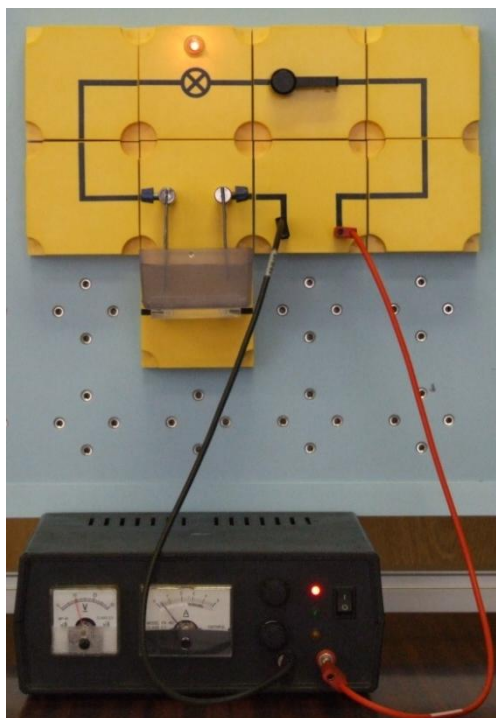
Na zdroji nastavíme nulové napětí a nádobku naplníme zhruba do  $\frac{3}{4}$  vodou. Po sepnutí spínače zvyšujeme napětí. Žárovka zůstává stále zhasnutá, voda se chová jako izolant (viz Obrázek).



Obrázek 7.1 - 3 Pokus č.1

### **Pokus č. 2**

Postup je stejný jako v pokusu č. 1. Jediný rozdíl je v tom, že nastavíme na zdroji hodnotu napětí na 6V. Poté sepneme spínač a do nádobky s vodou nasypeme sůl a začneme pomalu míchat plastovou lžičkou. Od určité koncentrace soli obsažené ve vodě začne kapalina vést el. proud a žárovka začíná svítit.

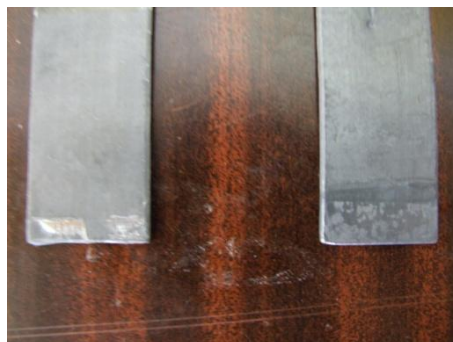


Obrázek 7.1 - 4 Pokus č.2

Místo soli můžeme použít například modrou skalici, kde je zvyšující se koncentrace vidět i postupným modráním roztoku.

Abychom dokázali, že ne každý roztok je vodivý, zopakujeme tento pokus ještě s vodou, ve které rozpustíme cukr, nebo s lihem. Molekuly těchto látek se nerozpadají na ionty.

Během pokusu se snažíme o co největší aktivitu žáků, motivujeme a podněcujeme diskusi. Před prováděním tohoto pokusu ukážeme žákům, obě olověné elektrody. Poté pokus provedeme a po jeho dokončení opět žákům ukážeme obě elektrody. Jejich povrch je nyní pozměněn vlivem elektrolýzy, která v elektrolytu také probíhala a žáci si během pokusu mohou tento jev přijít i z blízka prohlédnout. Diskutují o příčině, případně o možném využití. Lidské tělo je z téměř 60% tvořeno vodou, může tedy vést elektrický proud?



Obrázek 7.1 - 5 Olověné elektrody před pokusem



**Obrázek 7.1 - 6 Olověné elektrody po pokusu**

Také je nezbytně nutné žáky upozornit na to, že i voda z kohoutku vede elektrický proud (např. dalším pokusem). Žáci by měli získat základní bezpečnostní návyky při práci s elektrickými zařízeními a diskutují, kdy by za žádných okolností neměli manipulovat s elektrospotřebiči.

Jako každý pokus, je třeba i tento pečlivě vyzkoušet. Například pokud zjistíme, že roztok není dostatečně vodivý k rozsvícení žárovky, můžeme ji nahradit LED diodou. V tom případě dbáme na to, aby nedošlo k překročení maximálního dovoleného proudu LED diodou.

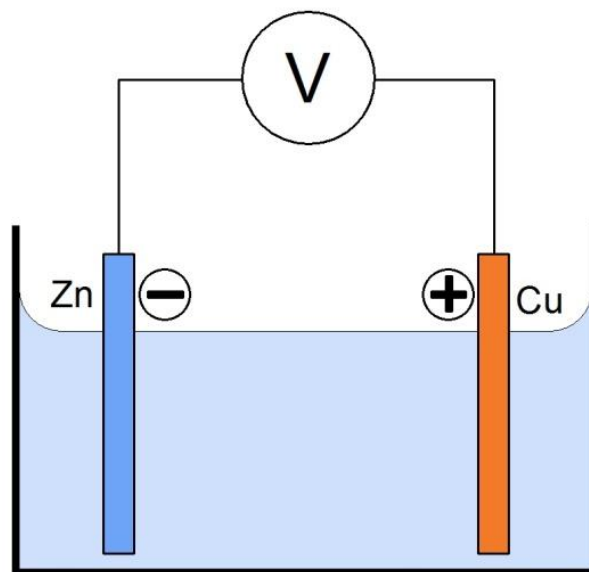
## 7.2 Galvanický zdroj napětí

### Teorie:

Principem galvanických zdrojů napětí je přeměna chemické energie na elektrickou. Tohoto jevu poprvé použil k sestrojení galvanického článku Alessandro Volta, který podle svého tvůrce nese i název Voltův článek. Jeho el. potenciál činí přibližně 1,1 V a je tvořen zinkovou (Zn) a měděnou (Cu) elektrodou, které jsou ponořeny do zředěné kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Ponořením kovových elektrod do elektrolytu vzniká mezi povrchem elektrody a elektrolytem tzv. *elektrolytický potenciál*. Je to poměrná veličina a je udávána vzhledem k vybrané elektrodě vodíku, jejíž potenciál je stanoven jako nulový. Pro měď je to tedy +0,34 V a pro zinek ve stejném elektrolytu - 0,76 V.

Matematicky je tedy napětí mezi elektrodami dáno vztahem:

$$U = 0,34 \text{ V} - (-0,76) \text{ V} = 1,1 \text{ V}$$



Obrázek 7.2 - 1 Galvanický zdroj napětí

Toto napětí můžeme naměřit voltmetrem připojeným mezi elektrodami. Měděná elektróda představuje kladný pól a zinková záporný pól Voltova článku.

Pokud k spotřebiči připojíme Voltův článek, začne obvodem procházet el. proud a napětí na svorkách zatíženého článku poklesne na svorkové napětí. Proud ve vnějším obvodu je tvořen elektrony, v elektrolytu ionty a mezi povrchy elektrod dochází k výměně nábojů. Ze zinkové elektrody jsou elektrony odváděny vnějším obvodem a rovnováha mezi elektrodami se poruší a do roztoku kyseliny sírové přecházejí kladné



ionty zinku a reagují s ionty  $\text{SO}_4^{2-}$ . Kladné ionty vodíku v roztoku přibírají na měděné elektrodě (anodě) elektrony, které z vnějšího obvodu přicházejí od záporné elektrody a stávají se elektricky neutrálními a vylučují se na elektrodě. V zatíženém Voltově článku se z katody uvolňují do roztoku ionty  $\text{Zn}_{2+}$  a vzniká síran zinečnatý a z roztoku se vylučuje vodík. Těmito chemickými ději se článek časem znehodnotí. Jedná se tedy o tzv. **primární článek**, který je pouze na jedno použití a po vybití se stává **nebezpečným odpadem** a je třeba s ním podle toho i náležitě zacházet.

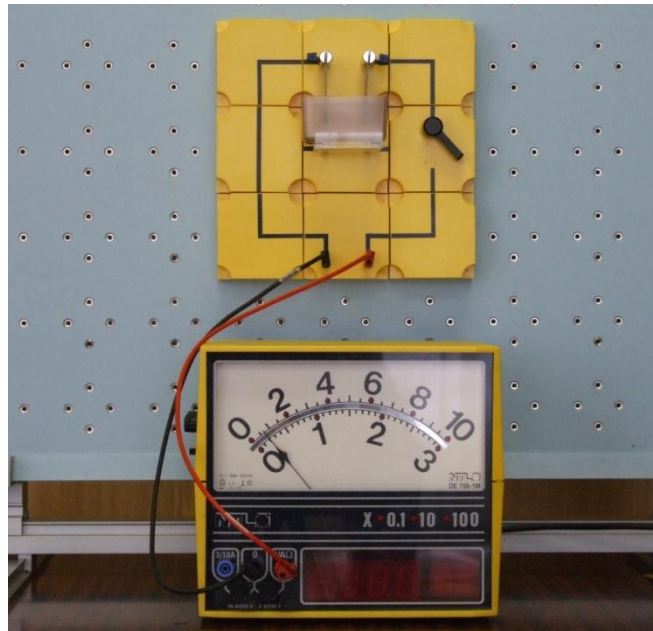
Dalšími primárními články jsou např. Danielův článek, suchý článek a alkalické články. Všechny v podstatě fungují na stejném principu a mění se u nich jen chemické složení elektrolytu i elektrod.

Vzhledem k jednorázovosti primárních článků se jedná o poměrně drahý zdroj energie, a proto je výhodnější používat **sekundární články** – akumulátory, které je možno mnohokrát opakovaně vybit a opět nabít. Nabíjení je děj, při kterém dodáváme akumulátoru elektrickou energii, která se probíhajícími reakcemi mezi elektrodami a elektrolytem mění na energii chemickou. Při vybití se chemická energie mění opět na elektrickou, která napájí nějaký spotřebič.

Nejdéle používaným a nejvíce rozšířeným je olovený akumulátor (elektrody jsou z olova, elektrolytem je zředěná kyselina sírová). Aktuální stav akumulátoru zjistíme buď měřením hustoty elektrolytu hustoměry, nebo měřením svorkového napětí při zatížení. Olovený akumulátor se nesmí nikdy nechat zcela vybit, protože by došlo k jeho nevratnému poškození.

### Příprava pokusu a schéma zapojení

Materiál k provedení pokusu	
4	modul vedení L (1)
1	modul vedení L přerušené (1)
2	modul vedení přerušené (2)
2	modul přímé vedení (1)
1	stolík se zástrčnými kolíky (3)
1	DIAN 350 nebo voltmetr
2	držák se zástrčným kolíkem (3)
1	nádobka na elektrolýzu (3)
2	zinkové elektrody
2	měděné elektrody
	spojovací vodiče
	destilovaná voda
	petrolej
	malinová šťáva
	5% roztok octu



Obrázek 7.2 - 2 Schéma zapojení

### **Pokus 1**

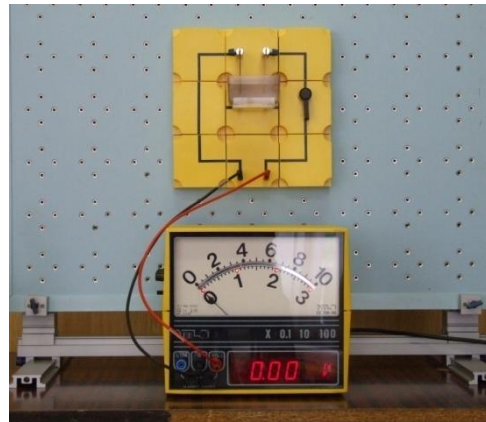
V tomto pokusu je účelem zjistit, jakých podmínek má být dosaženo k vytvoření el. napětí chemickou cestou. Uspořádání modulů a schéma zapojení stejné jako na obrázku č. 7.2 – 2. Nádobku na elektrolyzu je nejprve nutné řádně vymýt destilovanou vodou a umístíme ji na modul se stolíkem. Do modulů vedení L se upevní držáky se zástrčným kolíkem a upevníme do nich nejprve měděné elektrody.

Jako elektrolyt použijeme destilovanou vodu a petrolej. Z předchozích pokusů a výuky už by mělo být prokázané, že jde o kapaliny, které nevedou elektrický proud. Kombinace elektrod jsou pak následující: měď - měď, zinek - zinek a měď - zinek. [17]

## Výsledky pokusu 1:

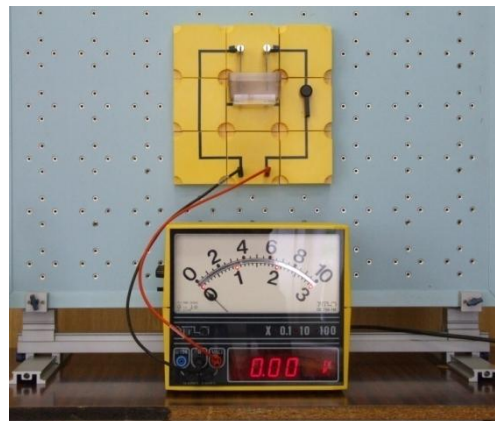
Elektrody: měď - měď  
Elektrolyt: destilovaná voda

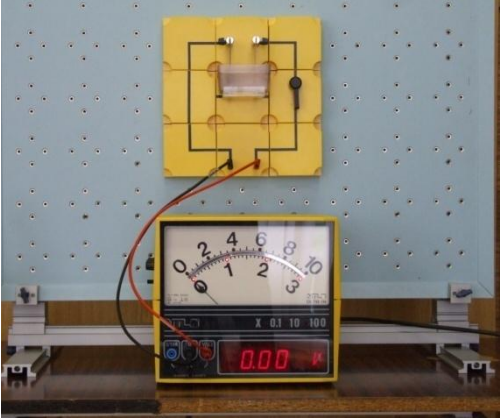
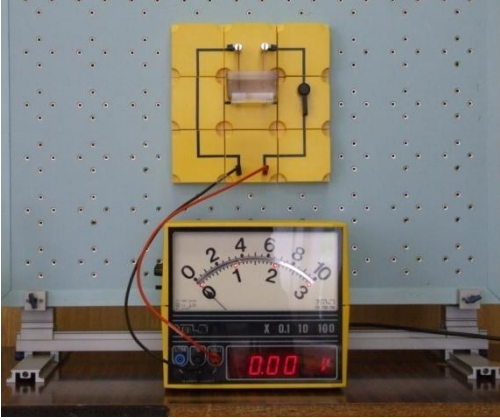
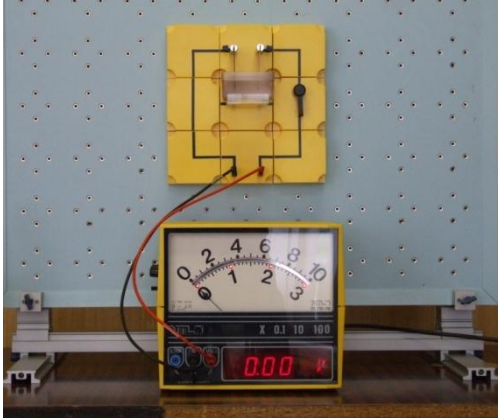
Napětí mezi elektrodami ze stejného materiálu by teoreticky mělo být nulové, protože napětí mezi elektrodami a elektrolytem je totožné. Navíc je jako elektrolyt použita destilovaná voda, která neobsahuje žádné ionty a je tedy nevodivcem. Přesto jsme při pokusu určité malé napětí naměřili. To může být způsobeno například špatně očištěnými elektrodami, nebo nečistotami v elektrolytu (např. uchováváním destilované vody v nevhodných nádobách).



Elektrody: zinek - zinek  
Elektrolyt: destilovaná voda

Opět jsou použité elektrody ze stejného materiálu a elektrolytem je opět destilovaná voda takže napětí mezi nimi by i v tomto případě mělo být nulové. Voltmetr přesto naměřil malé napětí. Důvody jsou stejné jako v předchozím případě.



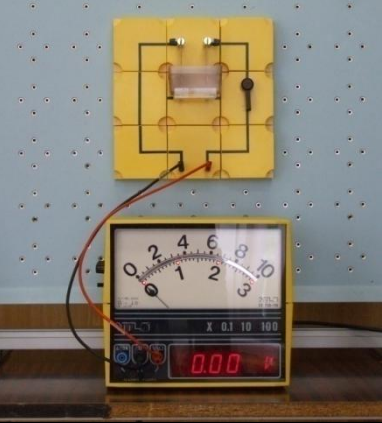
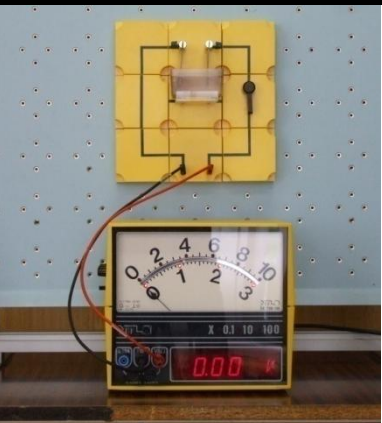
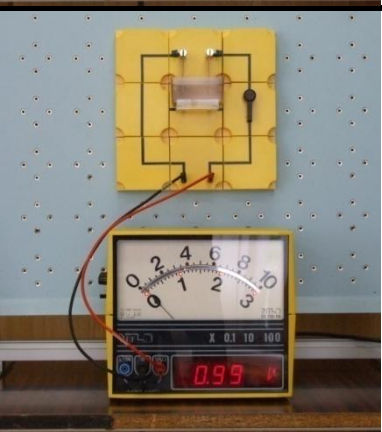
<p>Elektrody: měď - zinek Elektrolyt: destilovaná voda</p>	
<p>Elektrody: měď - měď Elektrolyt: petrolej</p>	
<p>Elektrody: zinek - zinek Elektrolyt: petrolej</p>	

Je-li elektrolytem kapalina, která neobsahuje ionty, nemůže dojít mezi dvěma elektrodami k rozdílu potenciálů. Elektrody musí být dokonale očištěné a elektrolyt nesmí obsahovat nečistoty.

## Pokus 2

Kombinace elektrod jsou stejné jako v předchozím pokusu. Jako elektrolyt nyní použijeme 5% roztok octa, tedy kapalinu elektricky vodivou. [17]

### Výsledek pokusu 2:

<p>Elektrody: měď - měď Elektrolyt: 5% roztok octa</p>	
<p>Elektrody: zinek - zinek Elektrolyt: 5% roztok octa</p>	
<p>Elektrody: měď - zinek Elektrolyt: 5% roztok octa</p>	

## Závěr

Zatímco u elektrod, které jsou vyrobeny ze stejného materiálu nedochází k potenciální diferencii, dochází k ní u kombinace měď – zinek => zdroj galvanického napětí vzniká, ponoříme-li do elektrolytu elektrody z různých materiálů.

Tento pokus můžeme například provést tím způsobem, že pouze sdělujeme roztok a jaké elektrody momentálně používáme. Žáci si tyto informace zapisují do sešitu, nebo do připraveného pracovního listu a samy se snaží dojít k závěrům, kdy může zapojení fungovat jako galvanický zdroj napětí.

## 7.3 Jednoduchý elektrický obvod

### Teorie

Jednoduchý elektrický obvod je takové zapojení elektrických vodičů, zdroje napětí a spotřebičů, které umožňuje průchod el. proudu. Elektrický proud je uspořádaný pohyb volných, elektricky nabitých částic, který nastává ihned po uzavření obvodu. To znamená že el. obvod nesmí být v žádném místě přerušen. Proud pak prochází celým obvodem a to i zdrojem napětí.

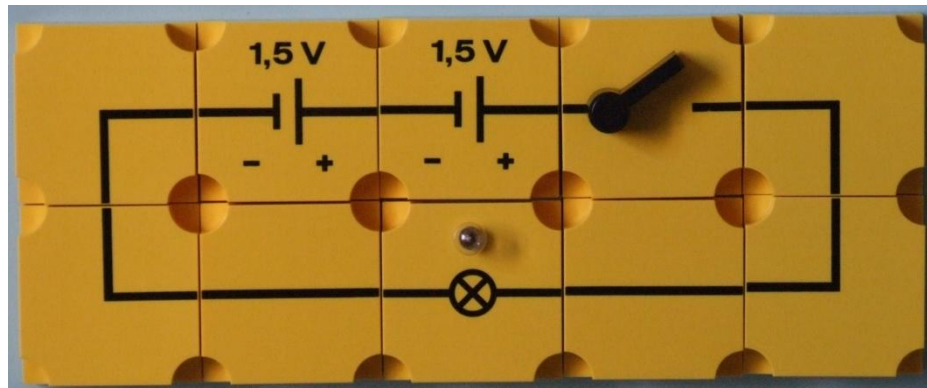
Jednoduchý elektrický obvod je tedy tvořen **zdrojem el. napětí** vytvářejícího v obvodu elektrické pole, které uvádí do pohybu elektricky nabitá částice (nosiče náboje) a vzniká elektrický proud. Zdroj je **aktivní** část el. obvodu. Je zdrojem el. energie.

**Elektrický spotřebič** Přeměňuje elektrickou energii v energii jinou (např. světelnou, tepelnou, mechanickou).

**Spojovací vodiče** propojují všechny prvky v elektrickém obvodu se zdrojem. Nejčastěji jsou používány vodiče z mědi, nebo hliníku a části vodičů, se kterými přicházíme do styku, jsou chráněny nevodivou izolační vrstvou.

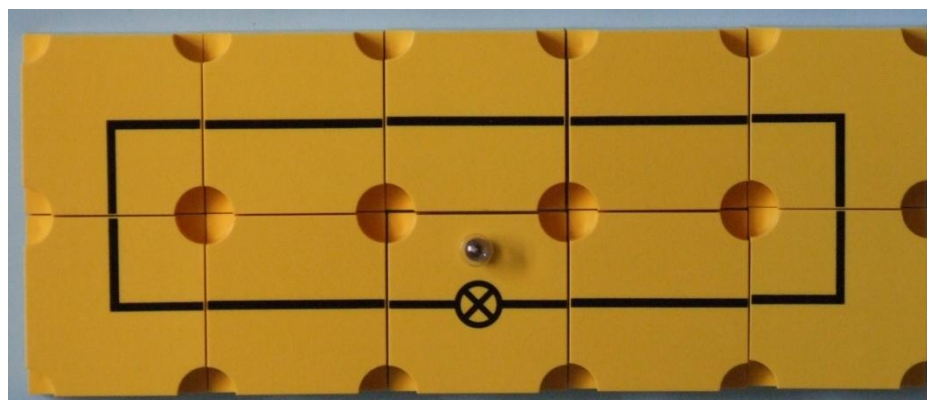
## Příprava pokusu a schéma zapojení

Materiál k provedení pokusu	
2	modul baterie 1,5V (2)
1	modul vypínač (2)
5	modul přímé vedení (1)
4	modul vedení L (1)
1	modul s objímkou E10 (2)
1	žárovka E10 2,5V/0,2A



Obrázek 7.3 - 1

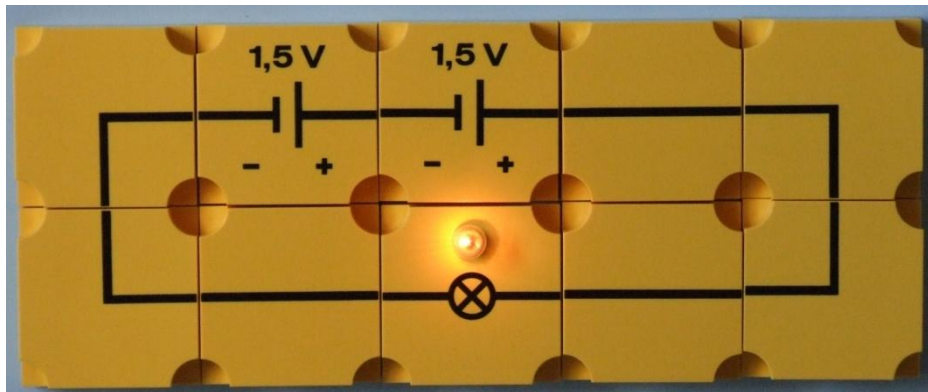
### Pokus č. 1



Obrázek 7.3 - 2

Do obvodu zařadíme místo vypínače a modulů s bateriemi moduly přímého vedení. Žárovka se nerozsvítí, protože není splněna podmínka, že v obvodu musí být zařazen zdroj el. napětí.

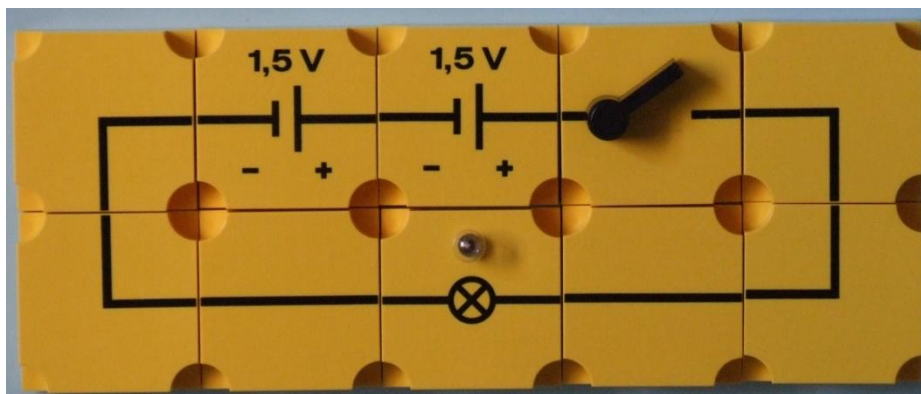
## Pokus č. 2



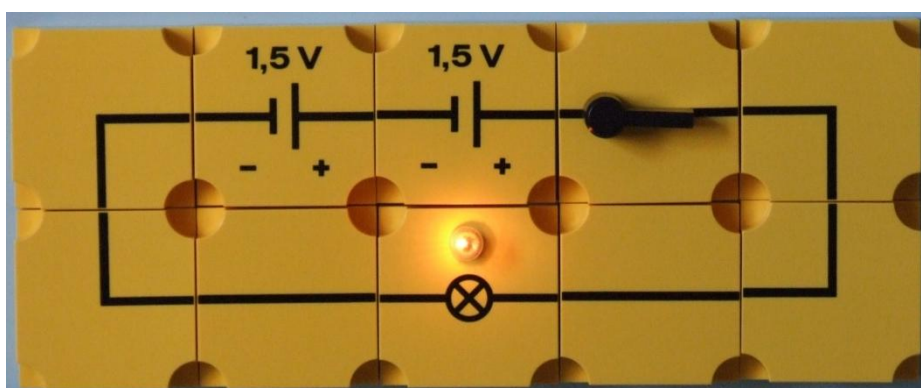
Obrázek 7.3 - 3 Pokus č.3

Nyní místo dvou modulů přímého vedení umístíme zdroje s monočláanky. Žárovka se rozsvítí, protože jsou splněny všechny podmínky pro průchod el. proudu

## Pokus č. 3



Obrázek 7.3 - 4

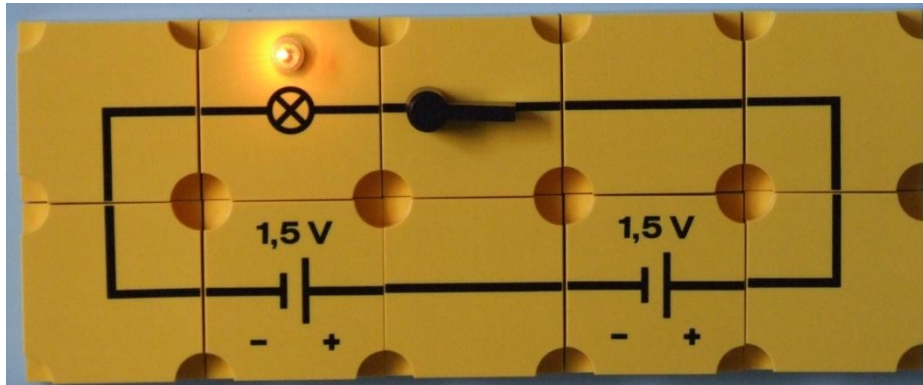


Obrázek 7.3 - 5

Modul s přímým vedením nahradíme vypínačem. Nyní můžeme průchod proudu ovládat sepnutím a rozepnutím vypínače. Měníme tedy druhou podmínku vedení el. proudu.



## Pokus č. 4



Obrázek 7.3 - 6 Pokus č.4

Zbylé přímé moduly v obvodu zaměňujeme s ostatními prvky v obvodu (žárovkou, vypínačem, zdrojem). Funkce obvodu nezáleží na pořadí a orientaci zapojení vypínače a žárovky. U zdrojů musíme dávat pozor, abychom oba zapojili se stejnou orientací. V opačném případě se žárovka nerozsvítí.

### Závěr

Tímto pokusem jsme stanovili 3 podmínky nutných pro průchod proudu el. obvodem.

1. Je zařazen zdroj el. proudu
2. Obvod je uzavřen
3. Obvod obsahuje jen prvky vedoucí elektrický proud

V jednoduchém obvodu můžeme pořadí jednotlivých prvků obvodu libovolně měnit. Obvod může obsahovat prvky, u kterých záleží na orientaci.

## 7.4 Vodiče a izolanty

### Teorie

Všeobecně rozdělujeme materiály podle vodivosti el. proudu na vodiče, polovodiče a izolanty. Abychom lépe pochopili, proč některé materiály vedou elektrický proud lépe a jiné nikoliv, podíváme se, jak to v jednotlivých materiálech vypadá na atomární úrovni.

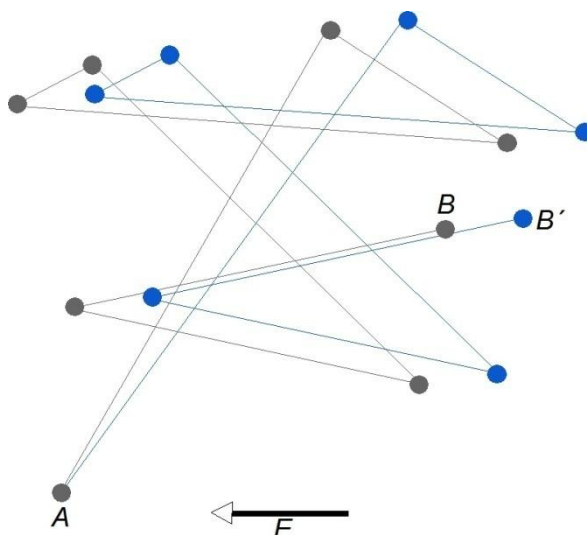
### Vodiče:

Z pevných látek považujeme za nejlepší vodiče elektrického proudu kovy (např. měď, hliník, železo) a vedení proudu se, po připojení vnějšího el. pole, účastní volné elektrony. Jde tedy o *elektronovou vodivost kovů*. Elektrický proud v kovech jsou schopny vytvořit jen ty volné elektrony, které mají stejnou energii, jako je energie

posledního obsazeného energetického pásu, tzv. *Fermiho energie*. V mědi je tato energetická hodnota  $1,13 \cdot 10^{-18}$  J a volné elektrony s touto energií jsou tzv. *vodivostní elektrony*.

Bez působení vnějšího elektrického pole vykonávají elektrony pouze chaotický tepelný pohyb, způsobený náhodnými srážkami, jehož střední kvadratická rychlost je řádově  $10^5$  m·s<sup>-1</sup> až  $10^6$  m·s<sup>-1</sup>. Po připojení stejnosměrného el. pole ke kovovému vodiči se pozmění chaotický pohyb elektronů a ty se začnou velice pomalu pohybovat v opačném směru, než je směr intenzity působícího pole. Na každý elektron začne působit síla  $F_e = -Ee$ . Rychlost tohoto pomalého pohybu značíme jako *driftovou rychlost*  $v_d$ .

Pohyb elektronu ve vodiči po připojení stejnosměrného el. pole o intenzitě  $E$  je tedy kombinací chaotického pohybu a pohybu, který byl vyvolán elektrickým polem. Následující obrázek znázorňuje souvislost mezi oběma pohyby. [15]



Obrázek 7.4 - 1 Elektron v kovovém vodiči

Šedě je znázorněna pravděpodobná dráha elektronu z bodu A do bodu B po šesti srážkách bez působícího elektrického pole. Modře je naznačeno, jak by mohla vypadat trajektorie stejného elektronu v působícím el. poli o intenzitě  $E$ . Z obrázku je patrné, že elektron se pohybuje ve směru  $-E$ . Obrázek 7.4 - 1 je pouze ilustrativní. Ve skutečnosti by modré dráhy mezi srážkami měly být nepatrně zakřiveny. Vektorový součet rychlostí chaotického pohybu všech elektronů je v každém okamžiku roven nule a nemůže tedy přispívat k unášivému pohybu driftovou rychlostí. [15]

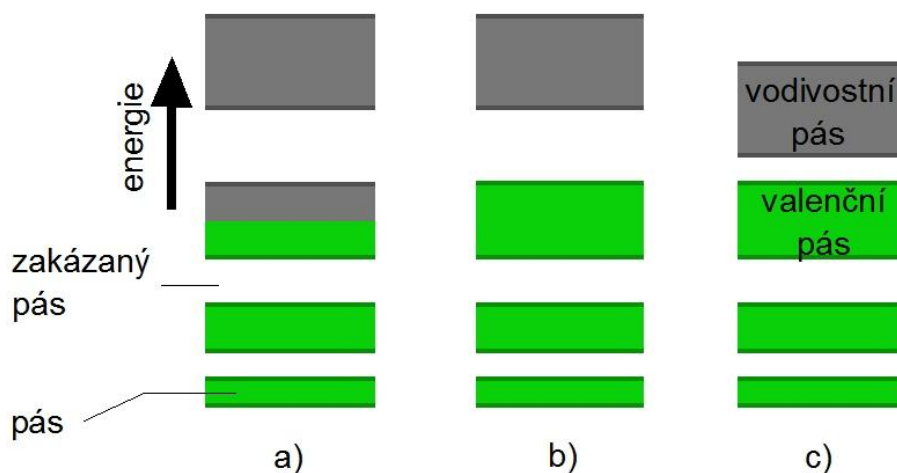
Zrychlení elektronu podle druhého Newtonova zákona	$a = \frac{qE}{m}$	$q$ – náboj elektronu $E$ – intenzita el. pole $m$ – hmotnost elektronu
Střední driftová rychlost	$v_d = \frac{qE\tau}{m}$	$q$ – náboj elektronu $E$ – intenzita el. pole $m$ – hmotnost elektronu $\tau$ – střední doba mezi srážkami (relaxační doba)

## Polovodiče

Polovodiče jsou takové materiály, které se za normálních okolností chovají jako izolátory. Jejich rezistivitu můžeme ale velmi snadno změnit přidáním nepatrného množství příměsových atomů (dopování). Na rozdíl od kovů se jejich rezistivita s teplotou zmenšuje.

## Nevodiče

Nevodivé materiály nemají téměř žádné volné elektrony a nemohou proto vést el. proud.



Obrázek 7.4 - 2 Pásová struktura vodiče, izolantu a polovodiče

Obrázek 7.4 - 2 znázorňuje energetické hladiny atomu a) vodiče, b) nevodiče, c) polovodiče. Valenční pás je poslední (nejvyšší) pás, ve kterém se v základním stavu (při teplotě 0 K) vyskytují nějaké elektrony.

Zakázaný pás je interval energií, které nemohou elektrony za žádných okolností nabývat. Vodičství pás je interval energií, které umožňují elektronům pohybovat se prakticky volně mezi atomy. Elektrony ve vodičovém pásu jsou ty elektrony, které jsou nutné pro vedení proudu.

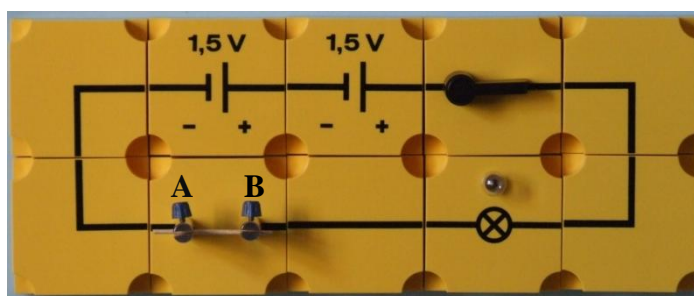
Pokud elektronu, který se nachází ve valenčním pásu, dodáme takovou energii, která by ho dostala do zakázaného pásu, elektron energii nepřijme. Pokud mu ale dodáme tolik energie, aby se dostal do pásu vodivostního, stane se z něj vodivostní elektron. Z obrázku je vidět, že vodič mezi vodivostním a valenčním pásem nemá zakázaný stav, takže vždy obsahuje vodivostní elektrony.

U nevodíče je naopak zakázaný pás mezi valenční a vodivostní vrstvou poměrně široký a elektron by musel přijmout velké množství energie, aby se stal vodivostním. Proto tyto materiály velice špatně, nebo vůbec, vedou el. proud.

V polovodiči je šířka zakázaného stavu mezi valenčním a vodivostním pásem úzká, a proto ji elektron může snadno překonat (např. vlivem teploty) a stát se vodivostním.

### Příprava pokusu a schéma zapojení

Materiál k provedení pokusu	
4	modul vedení L (1)
1	modul vypínač (2)
1	modul přímé vedení (1)
2	modul baterie 1,5 (2)
1	modul vedení přerušené (3)
2	držák se zástrčným kolíkem (3)
1	sada vodičů a nevodíčů (3)
2	sada elektrody
1	modul s objímkou E10 (2)



Obrázek 7.4 - 3 Schéma zapojení

#### Pokus 1

Moduly zapojíme dle obrázku a mezi body a a B postupně vkládáme jednotlivé materiály ze sady vodičů a nevodíčů případně ze sady elektrod. Svícením žárovka oznamuje, jestli se jedná o vodivý, nebo nevodivý materiál. [17]

#### Pokus 2

Pokud použijeme žárovku, kterou lze napájet vyšším napětím, můžeme ukázat, že některé látky vedou el. proud lépe a některé hůře. Například vložíme-li mezi body a a B

tuhu tvrdosti 3 a průměru 0,5 mm, bude žárovka svítit méně než při použití například železného drátku o stejném průměru.

### **Závěr**

Pokusem jsme ukázali, že některé látky vedou el. proud a jiné nevedou. Druhý pokus pak dokázal, že některé látky vedou el. proud mnohem lépe, než látky jiné.

Opět je důležité podněcovat diskuzi během, i po dokončení pokusu. Proč je vlastně důležité vědět, které látky mohou vést elektrický proud a které nikoli. Dá se to použít v praxi? Za jakých okolností by mohl i nevodič přeci jen vést elektrický proud? Ochrání nás dostatečně podrážky bot před úrazem elektrickým proudem i v případě, že stojíme v kaluži vody? Proč máme různé druhy hasících přístrojů? Je to i vhodná příležitost na prohlubování bezpečnostních návyků při práci s elektrickými zařízeními

## **7.5 Závislost odporu na délce, průřezu a teplotě**

### 1) Závislost odporu na délce vodiče

Jak už víme, proud v kovech je možný díky vodivostním elektronům, které se volně pohybují mezi atomy kovu. Tyto elektrony ale při svém pohybu narážejí jednak samy do sebe a jednak do částic, které se vedení proudu neúčastní. Z toho lze tedy snadno usoudit, že čím delší vodič máme, tím je větší pravděpodobnost, že se elektron při jeho průchodu s těmito částicemi srazí vícekrát.

### 2) Závislost odporu na průřezu vodiče

Máme-li dva stejně dlouhé vodiče, z nichž jeden je většího průřezu, zjistíme, že na něm naměříme menší elektrický odpor, než na vodiči s menším průměrem. To by se jednoduše řečeno dalo vysvětlit tím, že ve vodiči s větším průřezem má vodivostní elektron „více místa“ k pohybu a nedojde k tolika srážkám s ostatními částicemi, jako v případě druhém, kdy se vodivostní elektrony „tísň“ v menším prostoru.

### 3) Závislost odporu na materiálu vodiče

Odpor vodiče je samozřejmě závislý i na materiálu, ze kterého je vyroben. To je dáno takzvaným měrným *elektrickým odporem* (rezistivitou) daného materiálu, z něhož je vodič vyroben. Rezistivitu značíme  $\rho$  a jednotkou je *ohmmetr* ( $\Omega \cdot m$ ) a její hodnotu lze pro jednotlivé kovy najít v matematicko - fyzikálních tabulkách.

Odpor kovového vodiče  $R$  můžeme z předchozích třech bodů vyjádřit následujícím vztahem:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Kde  $l$  je délka vodiče,  $S$  obsah kolmého řezu a  $\rho$  rezistivita.

#### 4) Závislost odporu na teplotě vodiče

Se vzrůstající teplotou vodiče dochází k většímu kmitání atomů v krystalické mřížce a tím vznikají i větší nepravidelnosti v krystalické mřížce, což má za následek i zvýšení odporu. Odpor vodičů se vzrůstající teplotou stoupá (kladný teplotní součinitel elektrického odporu), na rozdíl od polovodičů a uhlíku, kdy odpor s rostoucí teplotou klesá (záporný teplotní součinitel odporu).

S tímto jevem souvisí i supravodivost. Tento stav materiálu se projevuje náhlým poklesem elektrického odporu na téměř nulovou hodnotu při velmi nízkých teplotách (pro rtuť je to 4,2 K). U supravodičů se vodivostní elektrony spojují do párů a pohybují se prakticky bez jakýchkoli srážek krystalickou mřížkou.

Závislost odporu  $R$  na teplotě vyjadřujeme vztahem

$$R = R_1(1 + \alpha\Delta T)$$

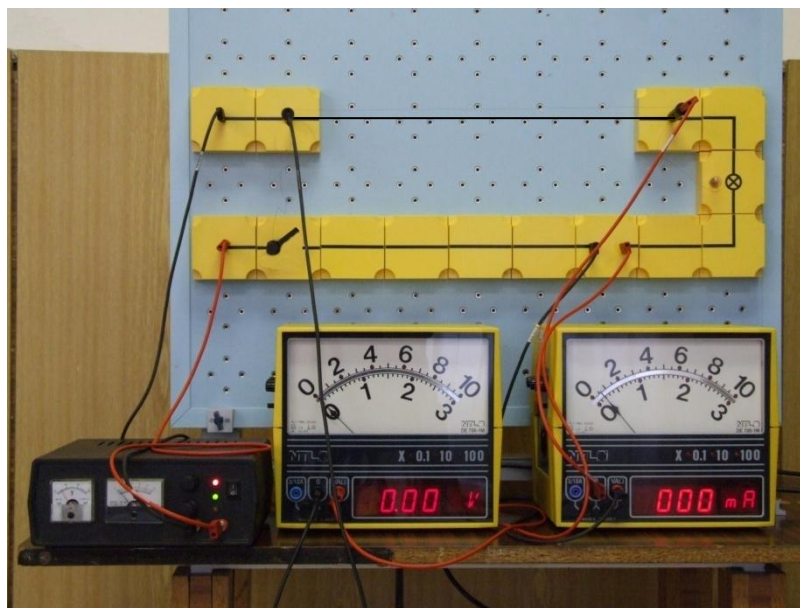
kde  $R$  je elektrický odpor vodiče při teplotě  $T$ ,  $R_1$  odpor při vztažné teplotě  $T_1$ ,  $\Delta T = T - T_1$  je teplotní rozdíl a  $\alpha$  **teplotní součinitel odporu** daného materiálu. Jeho jednotkou je  $\text{K}^{-1}$  a jeho velikost pro měď je  $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

Elektrický odpor kovových vodičů se zvyšuje přibližně lineárně. Analogické je to i pro měrný elektrický odpor  $\rho$ :

$$\rho = \rho_1(1 + \alpha\Delta t)$$

#### **Pokus „Závislost odporu vodiče na jeho délce“**

Materiál k provedení pokusu	
10	modul přímé vedení (1)
2	modul vedení L se zdířkou (1)
4	modul připojení (1)
1	modul přerušného vedení (1)
1	modul vypínač (2)
2	držák s otvorem (3)
1	modul s objímkou E10 (2)
	odporový drát délky cca 75cm
	zdroj stejnosměrného napětí 2,5V
	stejnsměrný voltmetr s rozsahem 5V
	stejnsměrný ampérmetr s rozsahem 300mA



Obrázek 7.5 - 1 Schéma zapojení

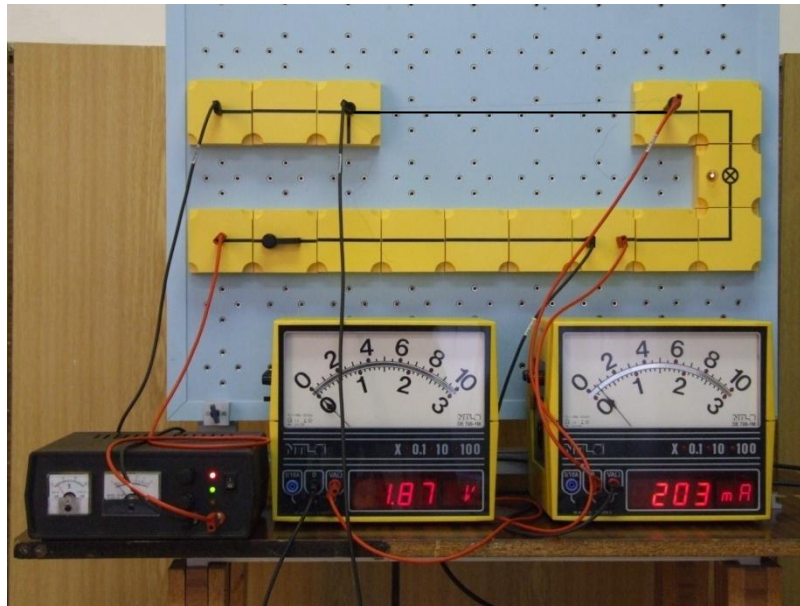
Zapojení pokusu provedeme podle obrázku. Pokud nemáme dostatečné množství modulů s přímým vedením, můžeme použít i moduly přímého vedení se zdírkou, nebo moduly s vedením T. Do držáků upevněných v příslušných modulech utáhneme napnutý odporový drát, který jsme předtím zbavili povrchové izolace.

Po sepnutí vypínače změříme proud procházející vodičem a napětí na jeho koncích. Délka vodiče odpovídá délce 6 modulů. Nyní vypínač vypneme a ohmmetrem změříme odpor vodiče. V případě, že k měření napětí v zapojení používáme multimetr, stačí ho jen přepnout do funkce ohmetr a provést kontrolní měření odporu drátu. Po skončení tohoto dílčího měření ho opět vrátíme do funkce voltmetru. Nyní prohodíme pravý modul s držákem s modulem přímého vedení nalevo od tohoto držáku a opět napneme odporový drát. Tím se jeho délka změnila na 5 modulů. Sepneme spínač a znovu změříme napětí i proud. Tento postup opakujeme až do doby, kdy bude délka vodiče odpovídat jedinému modulu. Výsledky měření zapisujeme do tabulky a pro názornost sestrojíme graf. [17]

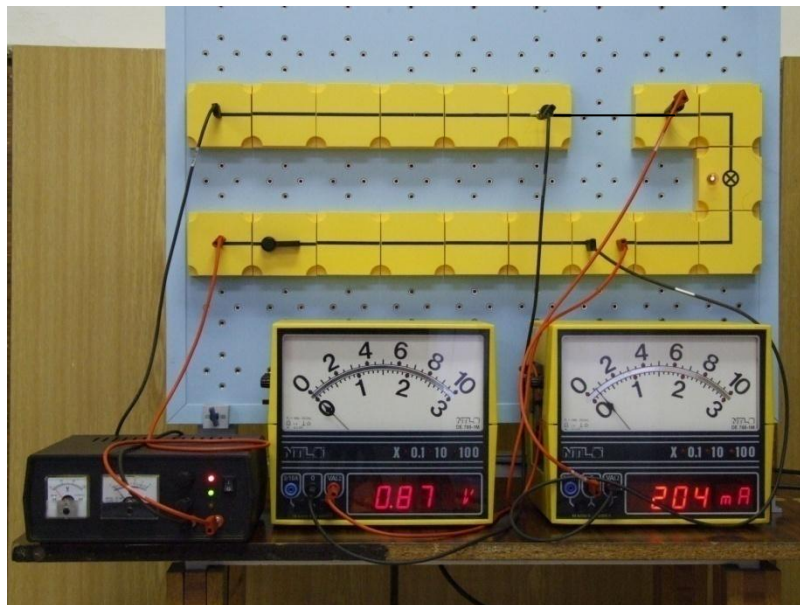
### Závěr

Při tomto experimentu musíme mít drát opravdu dobře upevněn. Opět je nutné mít ho dobře odzkoušen a být si jistý, že výsledná závislost je opravdu lineární a nedochází k chybě. Vzhledem k úspornosti je vložena fotografie pouze prvního a konečného měření.

Žáci na základě svých znalostí o vnitřní stavbě látek a schopnosti kovů vést elektrický proud diskutují, jaký vliv má délka vodiče na jeho odpor a proč.



Obrázek 7.5 - 2 První měření

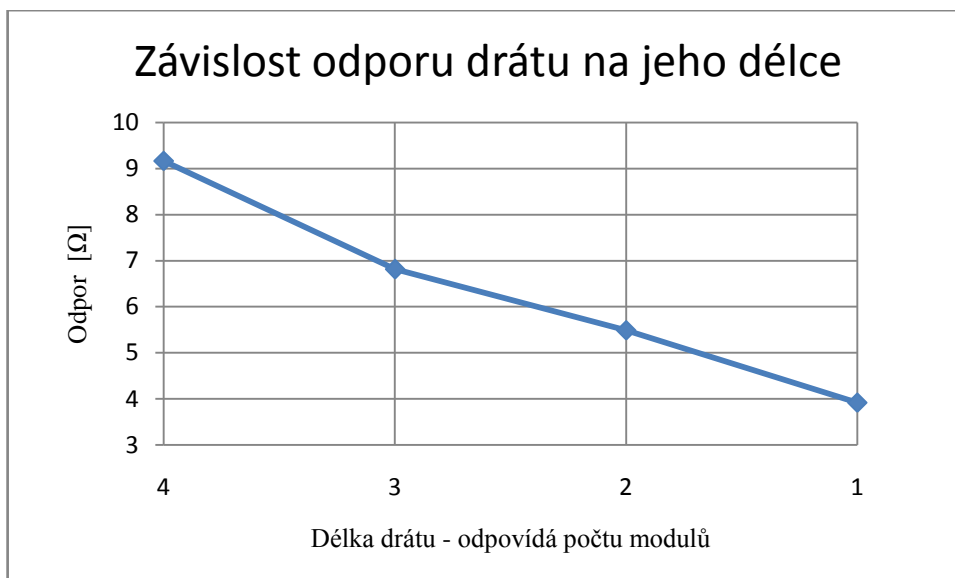


Obrázek 7.5 - 3 Konečné měření

Délka	U[V]	A[mA]	R[Ω]
4	1,87	204	9,17
3	1,39	204	6,81
2	1,12	204	5,49
1	0,80	204	3,92

Obrázek 7.5 - 4 Naměřené hodnoty





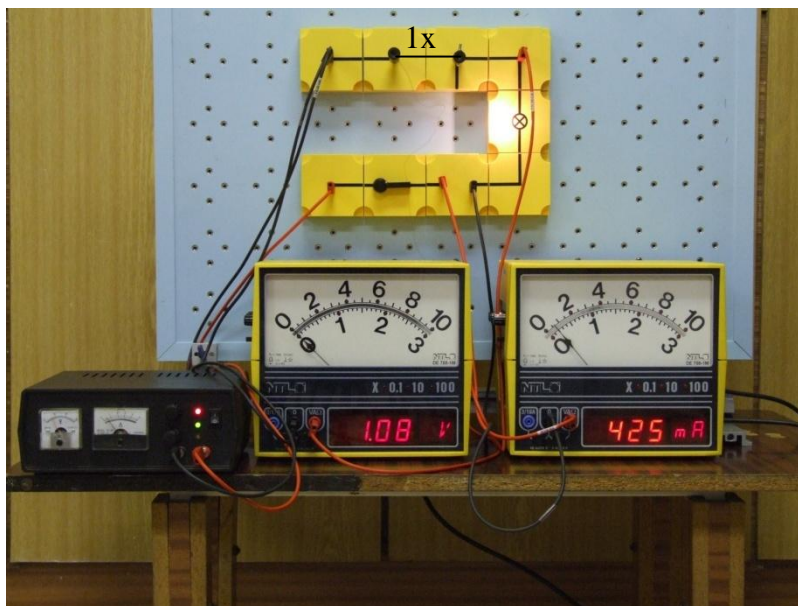
**Obrázek 7.5 - 5 Výsledný graf**

### **Pokus „Závislost odporu na průřezu vodiče“**

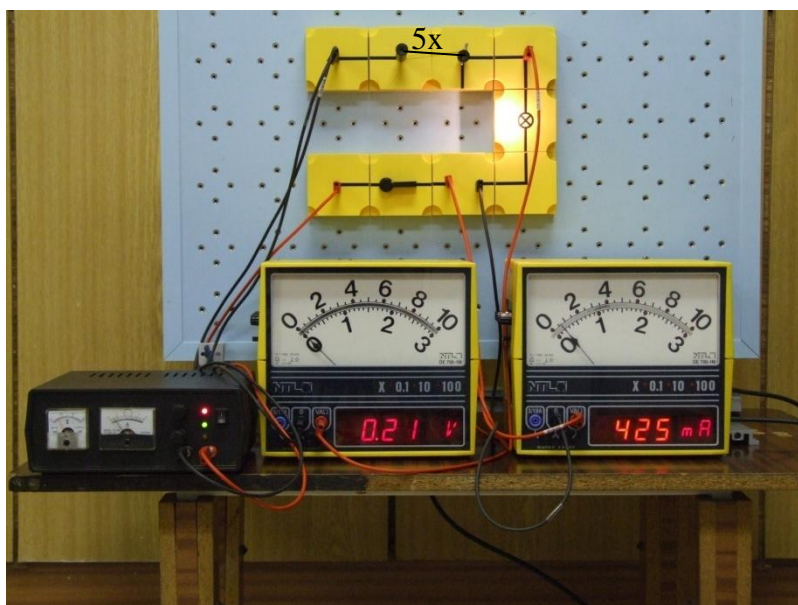
Materiál k provedení pokusu	
2	modul vedení L se zdírkou (1)
4	modul připojení (1)
1	modul přerušného vedení (1)
1	modul vypínač (2)
2	držák s otvorem (3)
1	modul s objímkou E10 (2)
	odporový drát délky cca 75cm
	zdroj stejnosměrného napětí 2,5V
	stejnosměrný voltmetr s rozsahem 3V
	stejnosměrný ampérmetr s rozsahem 300mA

Vše zapojíme dle obrázku. Do držáků utáhneme napnutý odporový drát, který jsme zbavili izolace tak, že delší konec přečnívá na té straně jako je na obrázku.

Při sepnutém vypínači změříme napětí i proud protékající vodičem. Přečnívající kus drátu pak obtočíme kolem šroubů obou svorek a dáváme pozor, aby zůstal napnutý. Tím jsme jakoby dvakrát „zvětšili“ obsah průřezu drátu. Znovu změříme napětí i proud. Takovýmto způsobem provedeme několik měření. V případě, že k měření napětí v zapojení používáme multimetr, stačí ho jen přepnout do funkce ohmetr a provést kontrolní měření odporu drátu. Po skončení tohoto dílčího měření ho opět vrátíme do funkce voltmetru. Výsledky měření zapisujeme do tabulky a pro názornost sestojíme graf.



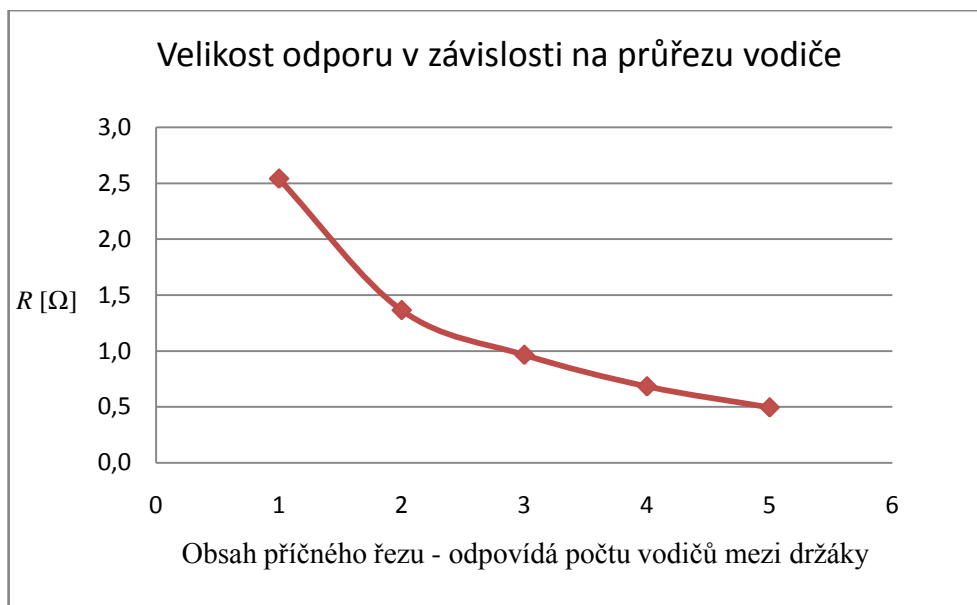
Obrázek 7.5 - 6 První měření



Obrázek 7.5 - 7 Konečné měření

Průřez	U[V]	A[mA]	R[Ω]
1x	1,08	425	2,54
2x	0,58	425	1,36
3x	0,41	425	0,96
4x	0,29	425	0,68
5x	0,21	425	0,49

Obrázek 7.5 - 8 Naměřené hodnoty



**Obrázek 7.5 - 9 Výsledný graf**

### **Závěr**

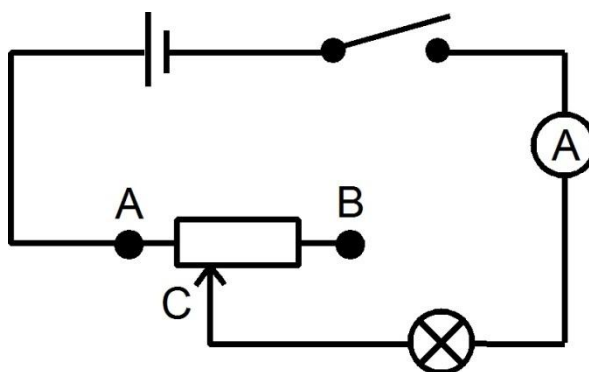
Před provedením pokusu necháme žáky hádat jeho průběh. Bude se odpor s průřezem zvětšovat či zmenšovat? Proč? Bude lineární? Během pokusu musíme drát obtáčet opravdu pevně. Může se stát, že nějaký ohyb může mít špatný kontakt a měření negativně ovlivní.

Ptáme se žáků na využití v praxi. Proč je dobré někdy používat vodiče s větším průřezem, nebo naopak vodiče velmi tenké.

### **7.6 Použití reostatu ke změně proudu v obvodu.**

Reostat je odporová součástka se třemi vývody, jejíž odpor můžeme měnit. Tvoří jej válec z izolačního materiálu, na který je namotán odporový drát, zakončený dvěma vývody. Kromě těchto dvou vývodů má ještě třetí, který je vodivě spojen s kontaktem, kterému se říká *jezdec*, kterým je možno posouvat po odporovém drátu.

Vše lépe pochopíme, podíváme-li se na Obrázek 7.6 - 1:



**Obrázek 7.6 - 1**

Body a a **B** znázorňují svorky reostatu a bod (**C**) je posuvný jezdec. Posouváním jezdc v podstatě měníme délku odporového drátu a tím tedy i odpor součástky

	Mezi vývody a a B má odpor maximální hodnotu.
	Mezi vývody a a C je maximální odpor, je zařazena celá délka odporového vodiče.
	Mezi vývody B a C je minimální odpor, odporový drát má nejmenší délku.

	Mezi vývody a a B má odpor maximální hodnotu.
	Mezi vývody a a C je poloviční odpor, je zařazena poloviční délka odporového vodiče.
	Mezi vývody B a C je poloviční odpor, je zařazena poloviční délka odporového vodiče.

	Mezi vývody a a B má odpor maximální hodnotu.
	Mezi vývody a a C je minimální odpor, odporový drát má nejmenší délku.
	Mezi vývody B a C je maximální odpor, je zařazena celá délka odporového vodiče.

### Pokus „Použití reostatu k regulaci proudu“

Materiál k provedení pokusu	
5	modul přímé vedení (1)
2	modul vedení L se zdíčkou (1)
4	modul připojení (1)
1	modul přerušené vedení (1)
1	modul vypínač (2)
1	modul s objímkou E10 (2)
2	držák s otvorem (3)
	Spojovací vodič s krokosvorkou (70 cm)
	2 odporové dráty s délkou cca 70 cm a výrazně odlišným odporem
	zdroj stejnosměrného napětí 5 V
	stejnsměrný ampérmetr s rozsahem 300 mA
	stejnsměrný voltmetr s rozsahem 5 V



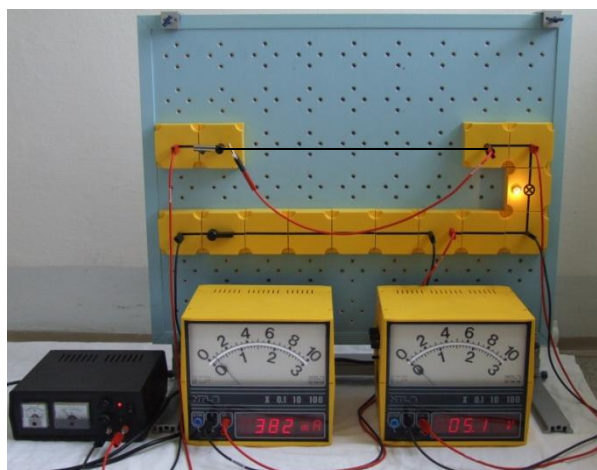
Obrázek 7.6 - 2 Schéma zapojení

Vše zapojíme podle obrázku. Do držáků utáhneme napnutý odporový drát bez izolace a do pravého držáku upevníme spojovací vodič s krokosvorkou.

### **Pokus 1**

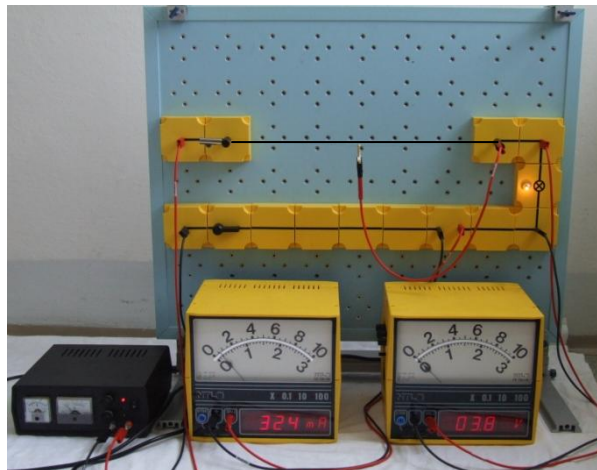
Při sepnutém spínači postupně zvyšujeme proud posouváním krokosvorky po odporovém drátu směrem vlevo. Sledujeme měřicí přístroje i intenzitu svítivosti žárovky.

Odporový drát není do obvodu zařazen.



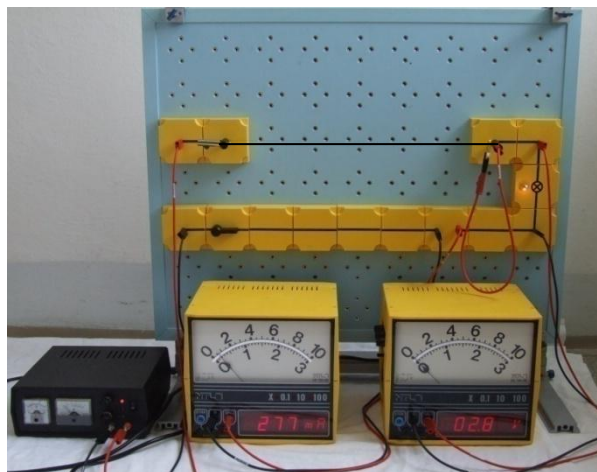
Obrázek 7.6 - 3

Do obvodu je zařazena polovina odporového drátu.



Obrázek 7.6 - 4

V obvodu je zařazen celý odporový drát.



Obrázek 7.6 - 5

### **Pokus 2:**

Pokus opakujeme s druhým odporovým drátem.

### **Závěr**

Proudový rozsah je při použití reostatu k regulaci proudu omezený. Proud nemůže být nulový. Při volbě odporu reostatu volíme kompromis mezi rozsahem regulace a její plynulostí. Drát musí být pečlivě upevněn, aby ho vodič s krokosvorkou nevytrhl.

Žáci diskutují, jak velký bude odpor v jednotlivých polohách. Využívají předchozích znalostí a svá tvrzení zdůvodňují

## 7.7 Ohmův zákon pro kovy

Ohmův zákon zveřejnil roku 1836 německý vědec George Simon Ohm a vyjadřuje, jak na sobě závisí elektrické napětí, elektrický proud a elektrický odpor. V materiálech, pro které Ohmův zákon platí, je proud jím protékající přímo úměrný přiloženému napětí. Matematicky je tento vztah vyjádřen takto:

$$R = \frac{U}{I}$$

Odpor  $R$  nezávisí na velikosti ani polaritě přiloženého napětí. Obecněji lze Ohmův zákon vyjádřit materiálovým vztahem

$$\vec{E} = \sigma \vec{J}$$

kde  $E$  je hustota el. pole,  $\sigma$  je měrná elektrická vodivost a  $J$  hustota elektrického proudu.

Vodivý materiál splňuje Ohmův zákon, jestliže jeho rezistivita nezávisí na velikosti a směru intenzity přiloženého elektrického pole. [10]

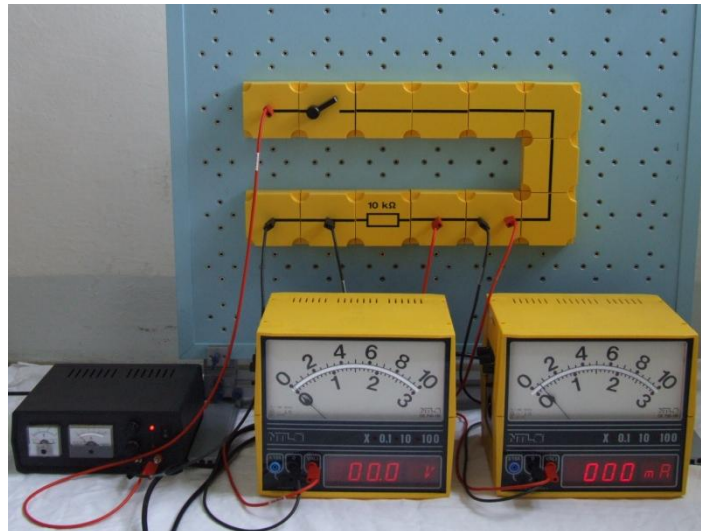
Obecně se zavádí *diferenciální odpor*:

$$R_d = \frac{dU}{dI}$$

Pro součástku neřídící se Ohmovým zákonem není totožný s odporem  $R = U/I$ . Pro součástku řídící se Ohmovým zákonem platí  $R_d = R$ . [10]

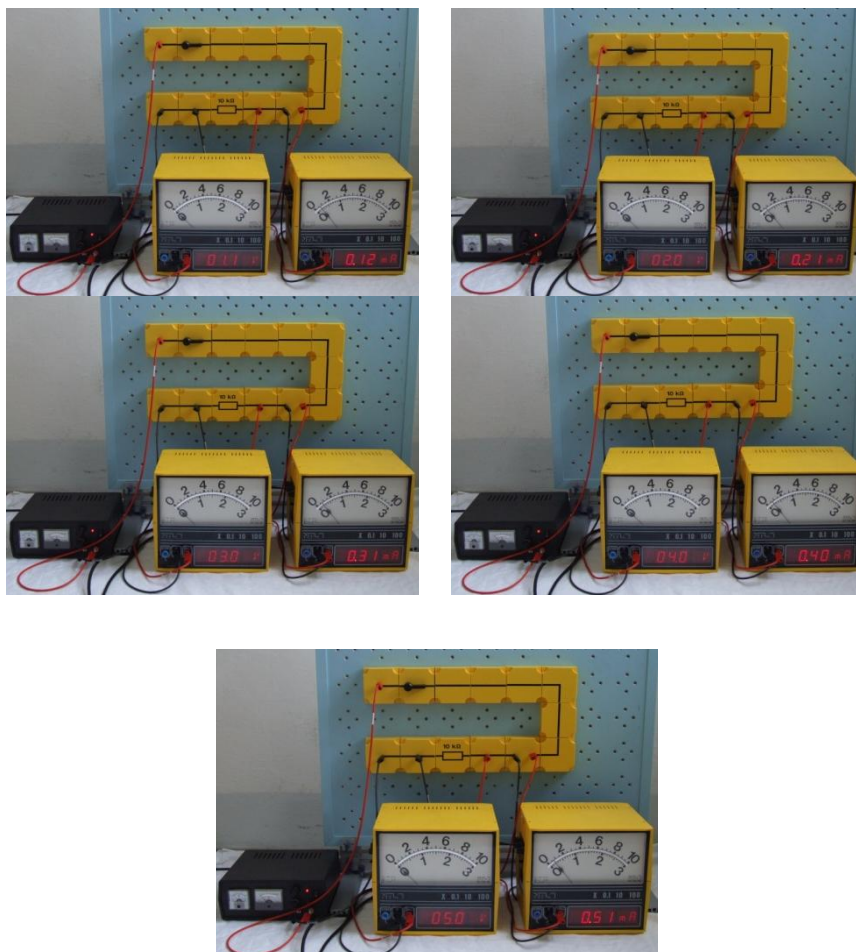
### Pokus Ohmův zákon:

Materiál k provedení pokusu	
4	modul přímé vedení (1)
2	modul vedení L (1)
2	modul přímého vedení se zdírkou (1)
2	modul připojení (1)
1	Modul přerušené vedení (1)
1	modul vypínač (2)
1	Modul s rezistorem (2)
	stejnoseměrný voltmetr
	stejnoseměrný ampérmetr
	Zdroj regulovatelného stejnosměrného napětí do 5V



Obrázek 7.7 - 1 Schéma zapojení

Vše zapojíme podle obrázku a po sepnutí zdroje postupně zvyšujeme napětí od jednoho do pěti voltů. Pokaždé měříme proud i napětí a naměřené hodnoty vyjádříme graficky.





Měření	U[V]	A[mA]	R[kΩ]
1	1,1	0,12	9,17
2	2,00	0,21	9,52
3	3,00	0,31	9,68
4	4,00	0,41	9,76
5	5,00	0,51	9,80

Obrázek 7.7 - 2 Naměřené hodnoty



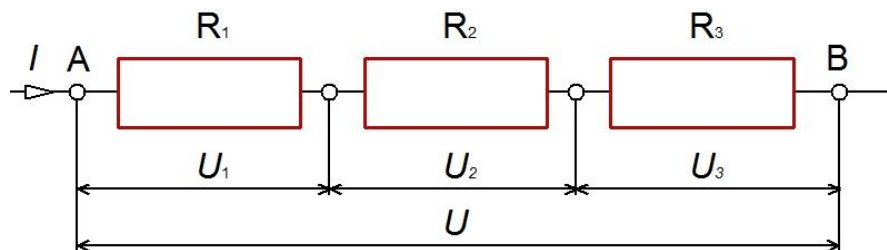
Obrázek 7.7 - 3 Konečný graf

## Závěr

Ohmův zákon patří mezi nejjednodušší zákony elektrotechniky. S žáky diskutujeme, jestli i zdroj klade proudu obvodem protékajícím nějaký odpor.

## 7.8 Sériové zapojení odporů

Jedná se o zapojení rezistorů o odporech  $R_1, R_2, \dots, R_n$  „za sebou“ tedy tak, že konec prvního rezistoru připojíme na začátek dalšího rezistoru a tak dále. Volná je pouze vstupní svorka prvního rezistoru a výstupní svorka posledního rezistoru.



Obrázek 7.8 - 1 Sériové zapojení rezistorů

Na Obrázku 7.8 - 1 je část obvodu, ve kterém jsou zapojeny rezistory  $R_1, R_2$  a  $R_3$ . Všemi těmito rezistory prochází stejný proud  $I$ . Pro sériové zapojení rezistorů platí tyto zákonitosti:

1. Celkový odpor  $R$  všech rezistorů zapojených do série se rovná součtu odporů jednotlivých rezistorů.

$$R = \sum_{k=1}^n R_k$$

2. Součet napětí na jednotlivých rezistorech se rovná celkovému napětí na všech rezistorech.
3. Celkový odpor je vždy větší než odpor jakéhokoliv zapojeného rezistoru.
4. Celkové napětí se dělí na jednotlivých rezistorech v přímém poměru k jejich odporu.

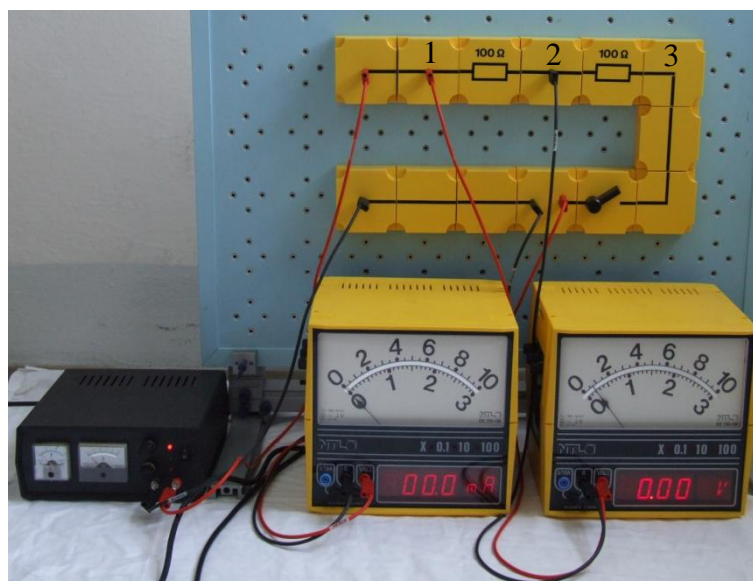
$$U:U_1:U_2:\dots:U_n = R:R_1:R_2:\dots:R_n$$

5. Součet napětí na jednotlivých spotřebičích se rovná napětí zdroje.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

**Pokus:**

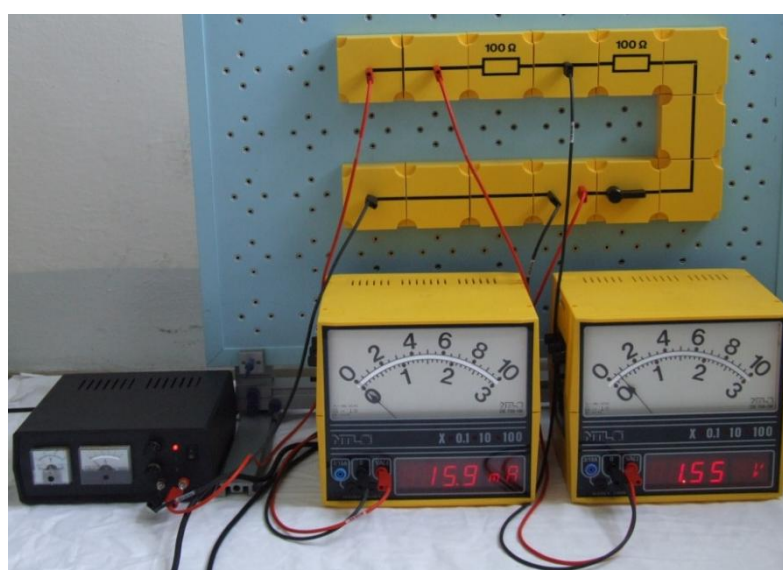
Materiál k provedení pokusu	
3	modul přímé vedení (1)
2	modul přímé vedení se zdírkou (1)
2	modul připojení (1)
1	modul vedení L (1)
1	modul vedení L se zdírkou (1)
1	modul vypínač (2)
1	modul přerušené vedení (1)
2	modul s rezistorem 100 $\Omega$ (2)
1	modul s rezistorem 500 $\Omega$ (2)
zdroj stejnosměrného napětí 3 V	
stejnoseměrný ampérmetr	
stejnoseměrný voltmetr s rozsahem 3 V	



Obrázek 7.8 - 2 Schéma zapojení

Vše zapojíme podle obrázku a postupně měříme napětí mezi svorkami 1 - 2, 2 - 3, 1 - 3. Současně měříme ampérmetrem i proud procházející obvodem. Poté vypneme vypínač a na měřicím přístroji s funkcí voltmetru přepneme na funkci ohmmetru a opakujeme měření mezi stejnými svorkami jako při měření napětí. Poté nesmíme zapomenout měřicí přístroj opět přepnout to funkce voltmetru. Pro další měření vyměníme jeden 100  $\Omega$  rezistor za rezistor s odporem 500  $\Omega$  a celý postup zopakujeme. Nakonec modul s rezistorem 100  $\Omega$  prohodíme s rezistorem 500  $\Omega$  a opět provedeme měření. Vypočítané i dílčí hodnoty zaznamenáváme do tabulky.

### Napětí mezi svorkami 1 - 2



Obrázek 7.8 - 3

### Napětí mezi svorkami 1 - 3



Obrázek 7.8 - 4

### Napětí mezi svorkami 2 - 3



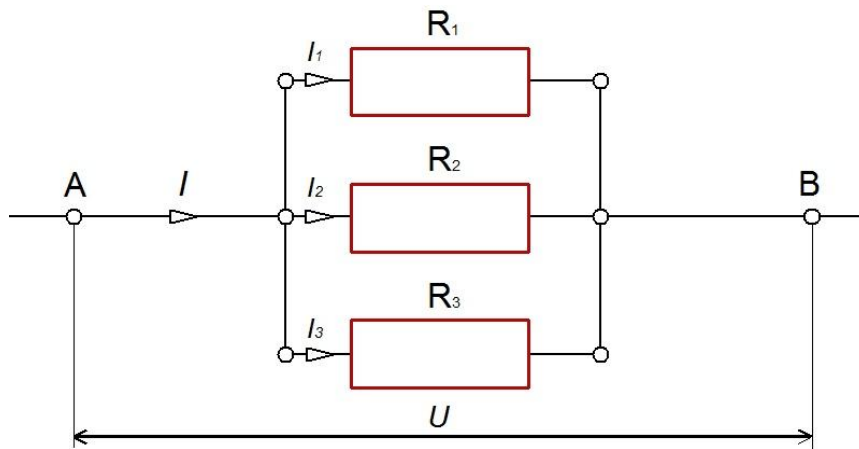
Obrázek 7.8 - 5

### Závěr

Všechny zákonitosti co platí pro sériové zapojení rezistorů platí i pro sériové zapojení různých spotřebičů. S žáky můžeme například diskutovat o problému, kdy máme dvě zapojení. V jednom je sériově zapojeno 10 stejných žárovek a v druhém pouze pět. Obě zapojení napájíme stejně velkým napětím. Ptáme se například, ve kterém zapojení budou žárovky svítit jasněji, bude-li celkové napětí obou zapojení stejné, a kde by se toho dalo využít v praxi.

## 7.9 Paralelní zapojení odporů

Toto je zapojení rezistorů o odporech  $R_1, R_2, \dots, R_n$  „vedle sebe“, kdy spolu spojíme všechny vstupní svorky a všechny výstupní svorky rezistorů.



Obrázek 7.9 - 1 Paralelní zapojení rezistorů

Obrázek znázorňuje část obvodu ve kterém jsou zapojeny 3 rezistory o odporech  $R_1, R_2$  a  $R_3$ . Na všech naměříme stejné napětí  $U$ . Pro toto zapojení platí následující zákonitosti:

1. Převrácená hodnota celkového odporu paralelně spojených rezistorů se rovná součtu převrácených hodnot všech dílčích hodnot odporů jednotlivých rezistorů

$$\frac{1}{R} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$$

2. V jednotlivých větvích jsou proudy k jejich odporům v obráceném poměru.

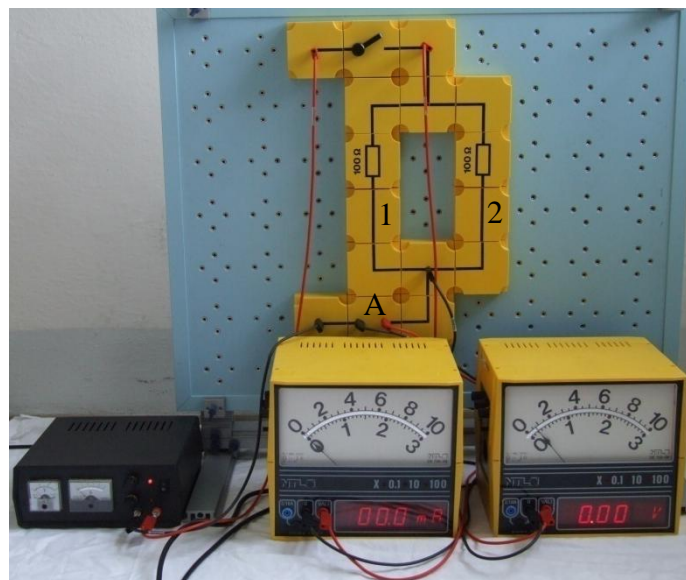
$$I : I_1 : I_2 : I_3 : \dots : I_n = \frac{1}{R} : \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}$$

3. Celkový odpor je menší, než odpor jednotlivých větví.
4. Celkový odpor paralelně zapojených rezistorů  $R$ , jejichž odpor  $R_1$  je stejný, je  $n$  - tým dílem jednoho z nich.

$$R = \frac{R_1}{n}$$

## Pokus

Materiál k provedení pokusu	
2	modul přímé vedení (1)
2	modul připojení (1)
4	modul vedení L (1)
2	modul vedení L se zdířkou (1)
2	modul vedení T se zdířkou (1)
1	modul vypínač (2)
1	modul přerušené vedení (1)
2	modul s rezistorem 100 Ω (2)
1	modul s rezistorem 500 Ω (2)
zdroj stejnosměrného napětí 3 V	
stejnoseměrný ampérmetr	
stejnoseměrný voltmetr s rozsahem 3 V	



Obrázek 7.9 - 2 Schéma zapojení

Zapojení dle obrázku. Sepneme spínač a změříme napětí a proud tak, jak je na obrázku. Poté postupně zaměníme modul s připojeným ampérmetrem za moduly přímého vedení 1 a 2 a změříme proudy  $I_1$  a  $I_2$ . Z těchto hodnot pak můžeme vypočítat odpory obou rezistorů i celkový odpor  $R$  jejich kombinace. Vypneme vypínač a voltmetr přepneme do funkce ohmmetr. Změříme hodnoty všech tří odporů. Výsledné odpory porovnááme s hodnotami vypočtenými podle

$$R_V = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

a pokus opakujeme i pro další kombinace odporů. [17]

## 7.10 Tepelné účinky el. proudu

Volné nosiče náboje ve vodiči, které se jím po připojení elektrického napětí určitou dobu pohybují, vlastně konají elektrickou práci, jejíž velikost se rovná práci potřebné k přenesení náboje  $Q$  za tuto dobu  $t$ .

$$W_e = U \cdot I \cdot t$$

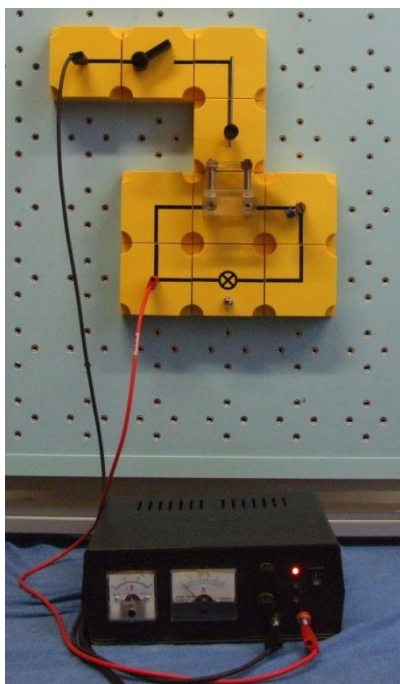
$$W_e = Q \cdot t$$

Vodivostní elektrony jsou tedy v podstatě náboje konající práci. Při průchodu vodičem narážejí do iontů v krystalové mřížce a tím jim předají část své kinetické energie, která se přemění na teplo a materiál se začne zahřívat. Tomuto teplu říkáme Joulovo teplo  $Q_j$  a vztah mezi ním, proudem  $I$  procházejícím vodičem a odporem vodiče  $R$  vyjadřuje Joul - Lenzův zákon:

$$Q_j = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

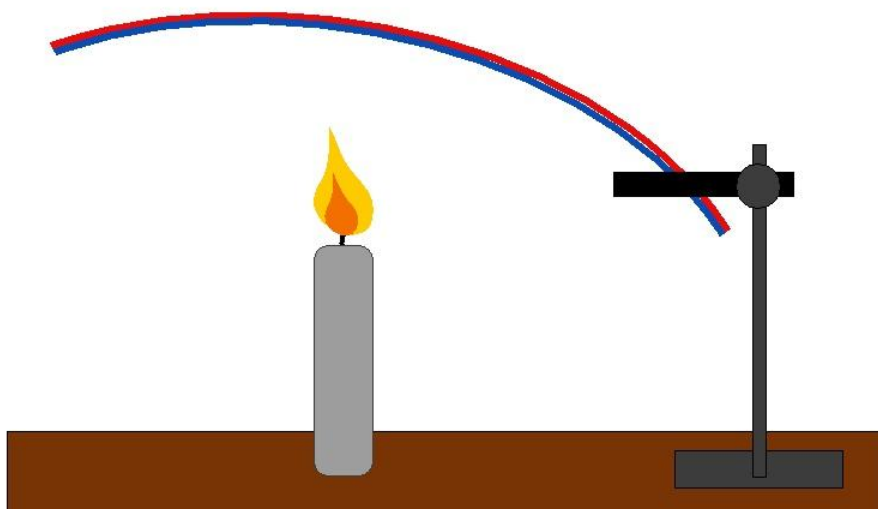
### Pokus bimetalový termostat:

Materiál k provedení pokusu	
3	modul vedení L (1)
2	modul vedení L se zdírkou (1)
1	modul přerušené vedení (1)
1	modul s objímkou E10 (2)
2	modul připojení (1)
1	žhavící spirála (3)
1	držák se zástrčným kolíkem (3)
2	stolík se zástrčnými kolíky (3)
1	bimetalový pásek (3)
1	kontaktní kolík
1	modul vypínač (1)
zdroj střídavého napětí 6V/10A	



Obrázek 7.10 - 1 Schéma zapojení

Bimetalový pásek je vyroben ze dvou kovů s různou tepelnou roztažností, které jsou spolu velmi pevně spojeny. Při zahřívání, či ochlazování se pak pásek ohýbá na jednu, nebo na druhou stranu.



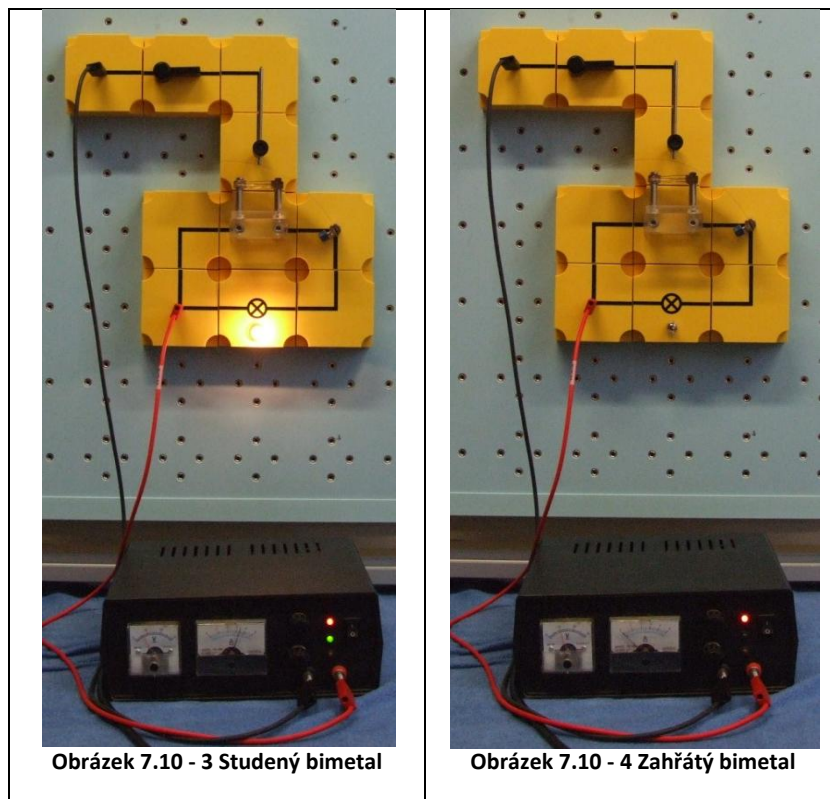
Obrázek 7.10 - 2 Bimetalový pásek

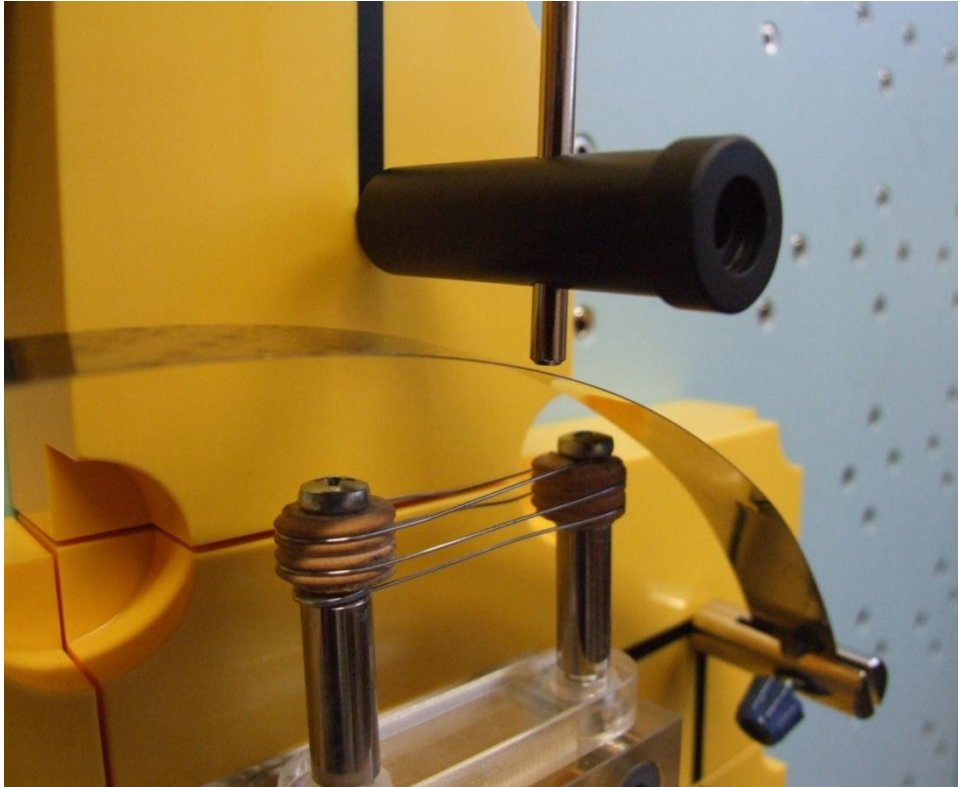
Kolmo k držáku se zástrčnými kolíky zasuneme žhavicí spirálu a upevníme do modulu přerušného vedení. Do prvního držáku šroubkem přichytíme bimetalový pásek. Dáváme při tom pozor, abychom šroubek neutahovali příliš silně. Mohlo by dojít k poškození bimetalového pásku. Držák s bimetalem umístíme do modulu L se zdičkou podle obrázku tak, že potištěná strana směřuje nahoru. Od žhavicí pružiny necháme odstup asi 1 centimetr. Do druhého držáku přichytíme kontaktní kolík. Kratší částí bude



směřovat dolů. Zastrčíme ho do modulu připojení tak, aby se dotýkal bimetalevého pásku. Pásek by neměl být příliš silně namáčkнутý na kontaktním kolíku.

Po sepnutí spínače začne žhavicí spirálou procházet proud. Spirála se zahřívá a vyzářené teplo začne ohřívát bimetalevý pásek, který se začne pomalu ohýbat směrem dolů, až dojde k okamžiku, kdy se obvod rozpojí. Spirála pomalu chladne a Bimetal se pomalu vrací do původní polohy až po chvíli opět sepne obvod. Vzdáleností bimetalevého pásku od žhavicí spirály a velikostí síly, jakou je přitlačován ke kontaktnímu kolíku můžeme nastavit určitý teplotní interval, ve kterém bude žhavicí spirála neustále udržována. [17]





Obrázek 7.10 - 5 Detail na zahřátý bimetalový pásek

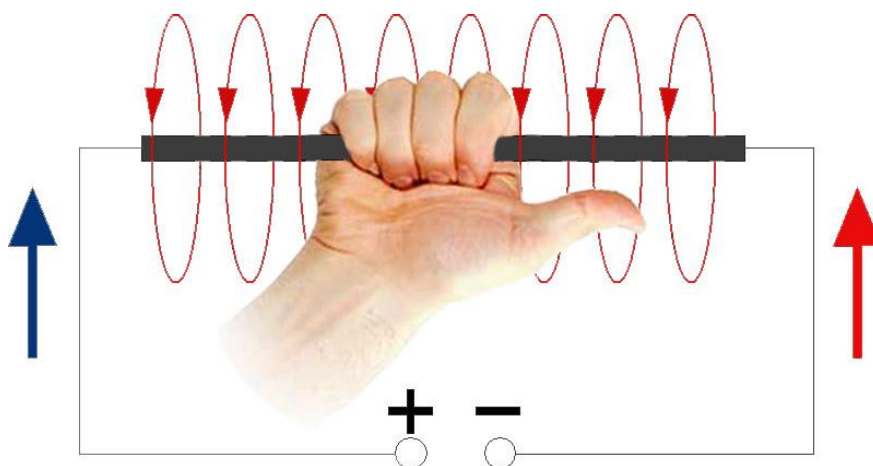
### **Závěr**

Je možné, že žáci sedící dále od katedry špatně uvidí, co se s bimetalovým páskem děje. Proto je vhodné nechat žáky přijít přímo ke katedře najednou, nebo po skupinkách, podle počtu dětí ve třídě. Udržujeme jejich pozornost. Ptáme se proč, se žhavicí spirála zahřívá a jak je možné že se bimetalový pásek ohýbá. Nápady na využití v praxi podobného zapojení (např. termostat v žehličce, přímotopech). Tepelného výkonu el. proudu se využívá ve vařičích, přímotopech, fénech a hlavně v pojistkách. Ve většině případů se ale tento jev snažíme co nejvíce potlačit. Opět se ptáme jakým způsobem a kde se s tím nejčastěji setkáváme.

## 7.11 Elektromagnet

Každý vodič, kterým protéká elektrický proud, může být považován za zdroj magnetického pole, které způsobuje pohyb nabitých částic (elektronů) vodiče. To můžeme popsat jak magnetickými indukčními čarami, tak i vektorem magnetické indukce  $\mathbf{B}$ , která má směr tečny k *magnetickým indukčním čarám*. Indukční čáry jsou myšlené křivky, které znázorňují směr určitého silového působení v prostoru. Experimentálně bylo ověřeno, že magnetické indukční čáry kolem vodiče procházeného proudem mají tvar soustředných kružnic, které v tomto vodiči mají společný střed. Jejich orientace závisí na směru proudu ve vodiči a využíváme k tomu tzv. *Ampérovo pravidlo pravé ruky* (pro přímý vodič).

Uchopíme-li vodič do pravé ruky tak, že palec ukazuje dohodnutý směr proudu ve vodiči, tedy od + k -, pak prsty ukazují orientaci indukčních čar (viz Obrázek 7.11)



Obrázek 7.11 - 1 Ampérovo pravidlo pravé ruky

Na obrázku je modrou šipkou vyznačen dohodnutý směr proudu od + k -, tedy směr pohybu kladných částic. Červená šipka pak naznačuje směr skutečného směru proudu, tedy pohybu elektronů. Pro velikost magnetické indukce  $\mathbf{B}$  ve vzdálenosti  $R$  od nekonečně dlouhého vodiče protékaného proudem  $I$  v prostředí o permeabilitě  $\mu$  platí následující vztah:

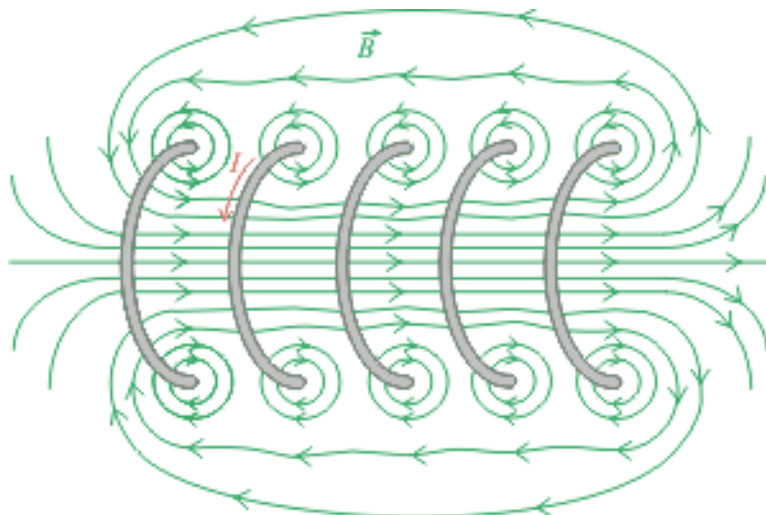
$$\vec{B} = \frac{\mu I}{2\pi R}$$

Pokud vodič o délce  $l$  protékaného proudem  $I$  vložíme do homogenního magnetického pole, například mezi póly trvalého magnetu, působí na něj magnetická síla  $\mathbf{F}_m$ .

$$\vec{F}_m = \vec{B}Il (\sin \alpha)$$

Úhel mezi vodičem a indukčními čarami udává  $\alpha$ .

Pokud přímý vodič smotáme do několika závitů dostaneme cívku. Dlouhé cívce s velkým množstvím závitů, které mají mnohem menší průměr než je délka cívky říkáme solenoid. Siločáry magnetického pole, které vytváří vodič protékaný proudem stočený do cívky vypadají následovně.



Obrázek 7.11 - 2 Siločáry cívky

Směr opět určujeme Ampérovým pravidlem pravé ruky, tentokrát pro cívku. Pravou ruku položíme na cívku nebo závit tak, aby prsty ukazovaly dohodnutý směr proudu v závitech cívky. Palec pak ukazuje orientaci magnetických indukčních čar v dutině cívky.

Toto magnetické pole se podobá magnetickému poli tyčového vodiče a je **homogenní**. To znamená, že siločáry jsou rovnoběžné a stejně hustě rozmístěny v prostoru. Konec ze kterého vycházejí odpovídá severnímu pólu a konec do kterého siločáry vstupují pak pólu jižnímu. Siločáry jsou bez výjimky **uzavřené křivky** a nikde se nekříží. Tímto faktem se magnetické pole liší od elektrického. Magnetickou indukci cívky udává vztah:

$$\vec{B} = \mu \frac{NI}{l}$$

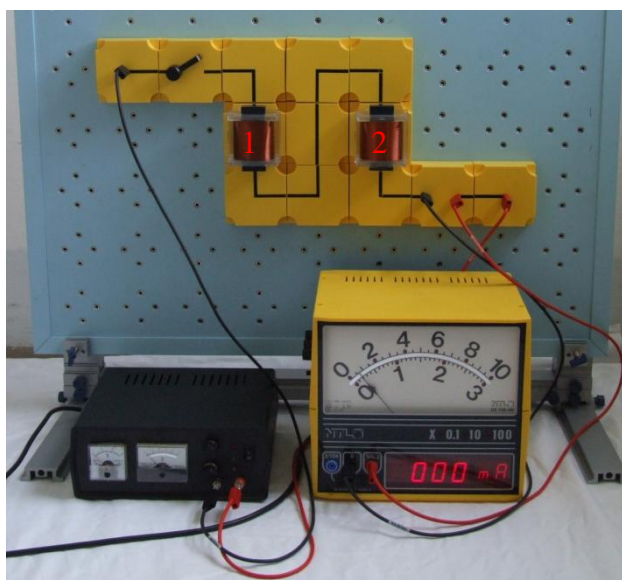
Kde  $I$  udává velikost proudu protékaného cívkou v prostředí o permeabilitě  $\mu$  a  $N$  je počet závitů cívky o délce  $l$ . Podíl  $N/l$  udává počet závitů na jednotku délky a říká se mu **hustota závitů**. Čím více má cívka závitů a čím větší proud jí protéká, tím je její magnetické pole větší.

Pokud do středu cívky vložíme jádro z magneticky měkké oceli, zvýšíme tím při průchodu el. proudem její magnetické vlastnosti, protože se zmagnetuje kovové jádro

a dostaneme tzv. *elektromagnet*. Pokud přestane proud procházet, kovové jádro se stane opět nemagnetickým.

### Pokus

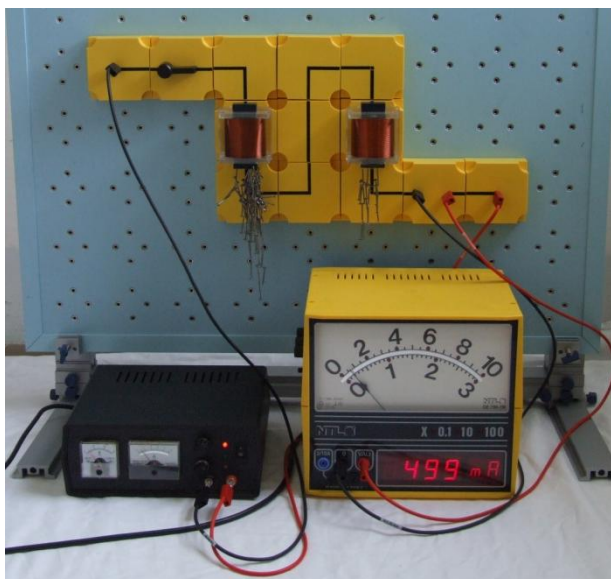
Materiál k provedení pokusu	
6	modul vedení L (1)
1	modul přímé vedení (1)
2	modul přerušené vedení (1)
1	modul pro cívku (2)
2	modul připojení (1)
1	cívka 800 závitů (3)
1	Cívka 400 závit (elektromotory)
2	krátká jádra (elektromotory)
stejnoseměrný regulovatelný zdroj	
stejnoseměrný ampérmetr	
drobné kovové předměty (hřebíčky sponky, ...)	



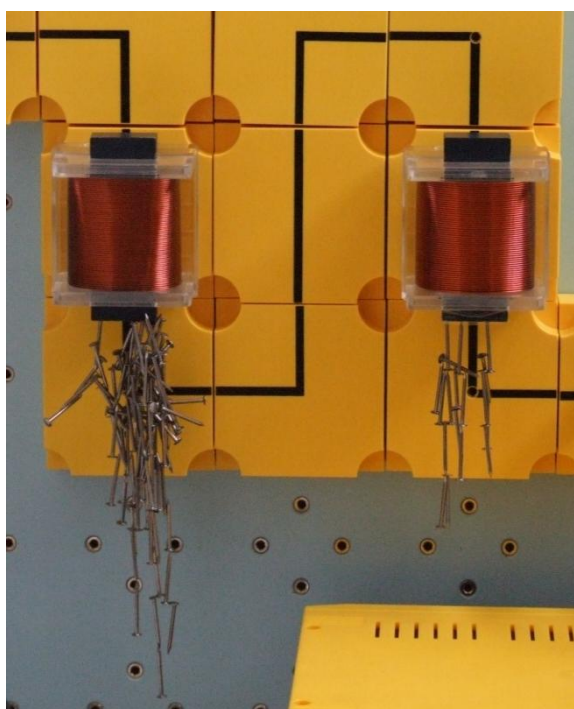
Obrázek 7.11 - 3 Schéma zapojení

Na obrázku 7.1 - 3 je schéma zapojení pokusu. Cívka a číslem 1 má 800 závitů a cívka s číslem 2 má 400 závitů.

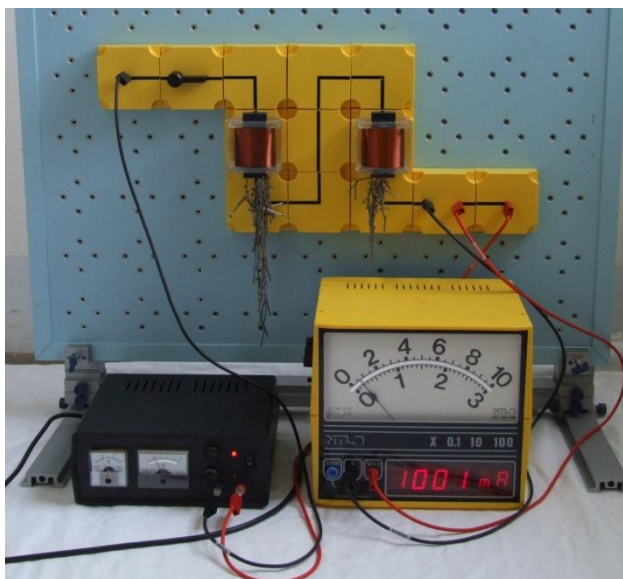
Nejprve na zdroji nastavíme proud 0,5 a a k oběma cívkám (bez jader) přiblížíme krabičku s drobnými kovovými předměty (hřebíčky, ponky, atd.). Pozorujeme jaké množství se na každou cívku přichytilo. Snížíme napětí na 0 a do cívek zasuneme kovová jádra a postup zopakujeme. Opět sledujeme množství přichyceného materiálu. Experiment provedeme ještě pro proud 1 A. [17]



Obrázek 7.11 - 4 Cívky s jádry a proudem 0,5 A



Obrázek 7.11 - 5 Cívky s jádry a proudem 0,5 a – detail



Obrázek 7.11 - 6 Cívky s jádry a proudem 1 A

### Závěr

Magnetické pole cívky podstatně zesílíme přidáním kovového jádra do jejího středu. Magnetické pole cívky je tím silnější, čím více má závitů a čím větší proud jí protéká. Během pokusu žáci odhadují, na které cívce a kdy bude větší množství kovového materiálu, dělají si poznámky popřípadě pracují s pracovními listy. Diskutují o využití elektromagnetu v praxi a za domácí úkol si mohou svůj vlastní elektromagnet vyrobit.

Velkým problémem výuky magnetických jevů je, že se jedná o prostorové silové působení, které se těžko znázorňuje obrázkem. Pro žáky může být velmi obtížné si tato silová působení představit a pochopit je. Proto je vhodné do výuky zařadit více kratších experimentů (například s magnety a kovovými pilinami, vodič, kolem kterého jsou rozmístěny magnetické stříčky, apod.), různé applety a kvalitní obrazový materiál.



Obrázek 7.11 - 7 Cívky s jádry a proudem 1 a – detail



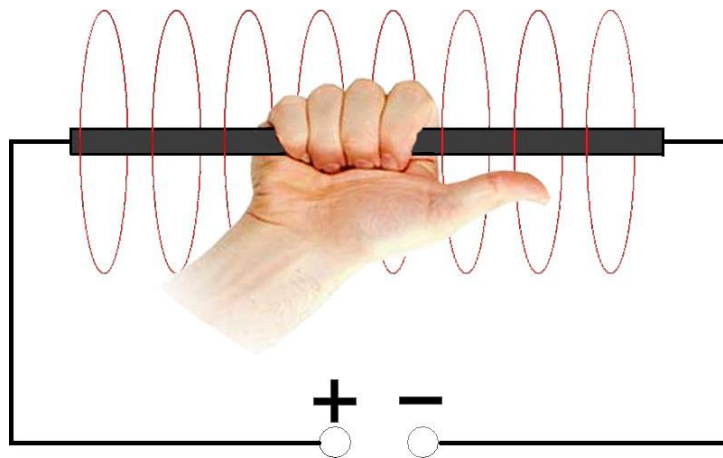
## 8 Pracovní listy k vybraným zapojením

### 8.1 Souvislost elektřiny a magnetismu

#### 1. Na jaké látky působí magnetické pole?

- a) Všechny
- b) Vodiče protékané el. proudem
- c) Magnety
- d) Žádné

#### 2. Na obrázku je elektrický vodič a zdroj napětí. Proved'te následující úkoly.



- 1) Doplňte do obrázku šipkami různé barvy směr skutečného směru el. proudu a dohodnutého směru el. proudu.
- 2) Jak říkáme myšleným křivkám, znázorňujícím silové působení v okolí vodiče protékaného proudem?

\_\_\_\_\_

- 3) Naznačte do obrázku smysl (směr) těchto křivek a napište, jak jste ho zjistili. Pro lepší přehlednost šipky domalujte v místě, kde je křivka před vodičem (je-li to možné).

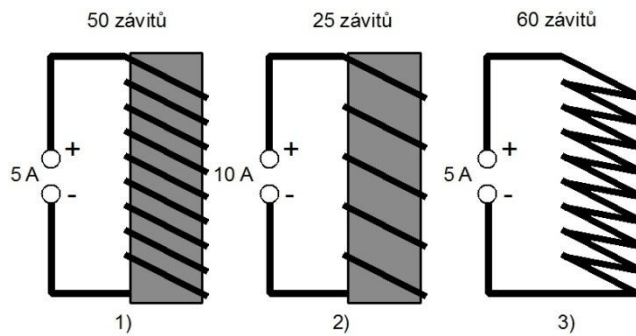
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Na obrázku jsou cívky 1), 2) a 3) s různým počtem závitů. Jsou umístěné ve stejném prostředí a první dvě mají jádro z magneticky měkkého materiálu. Všemi protéká elektrický proud a vytváří tedy magnetické pole. Podle intenzity magnetického pole jednotlivých cívek rozhodni, která z možností je správná.



- a)  $1=2, 1>3, 2=3$   
 b)  $3<2, 3<1, 1>2$   
 c)  $1=2, 3<2, 1>3$

## 8.2 Jednoduchý elektrický obvod

1. Jak to, že na tomto obrázku nesvítí žárovka i když je naprosto v pořádku?



---

---

---

---

2. Popiš jak se liší pohyb volných elektronů v kovovém vodiči el. obvodu, pokud je spínač

a) rozepnutý:



---

---

b) sepnutý:



---

---

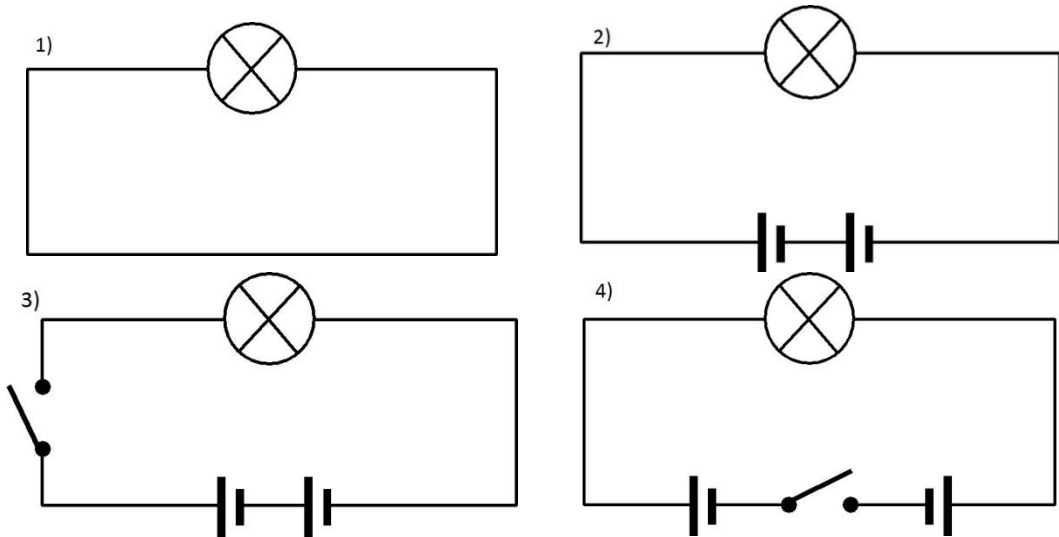
3. Co platí o elektrickém proudu ve všech místech v nerozvětveném obvodu?

---

---

#### 4. Oldova svítidla

Olda by si rád sám udělal jednoduchou svítidlo. Nekreslil si několik zapojení, ale neví, které si má vybrat a proto se obrátil na svého kamaráda Vilda pro radu. Která zapojení by mu měl Vilda poradit a která nikoli? Které z funkčních zapojení by bylo nejvhodnější? Své tvrzení zdůvodněte.



---

---

---

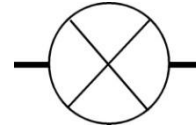
---

---

---

---

5. K jednotlivým součástkám přiřaďte šipkou správně schematickou značku.



6. Můžeme spotřebič určený pro práci při nízké hodnotě napětí, připojit ke zdroji s několikanásobně vyšší hodnotou napětí? Odpověď zdůvodni.

---

---

---

### 8.3 Tepelné účinky el. proudu

- 1) Proč chovatelé plazů vybavují svá terária žárovkami velkého příkonu a nechávají je nepřetržitě svítit?

---

---

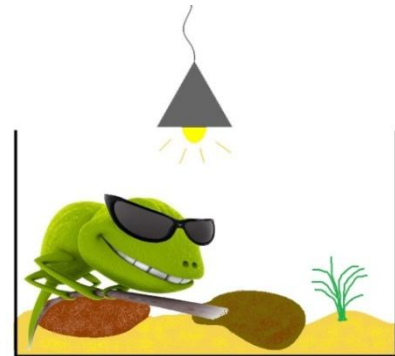
---

---

---

---

---



- 2) Co způsobuje zahřívání vodiče, když jím protéká proud?

---

---

---

- 3) Mám-li v obvodu žárovku, proč je žhavé jen její vlákno a připojovací vodiče jsou chladné?

---

---

---

---

---

---

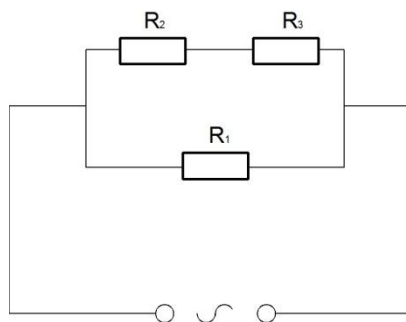
---

---

---

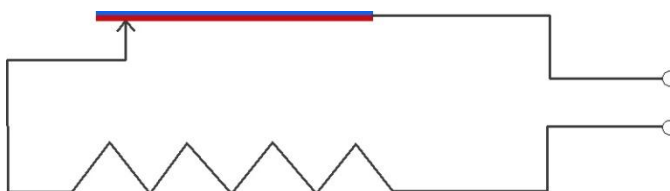
#### 4) Poslední kousek bábovky

Tři bráchové dostali chuť si na snídani vzít čaj s bábovkou. Bohužel zbyl už jen poslední kousek a proto nejstarší z nich navrhl, že každý položí kastrůlek s vodou na jednu plotýnku a zapnou vařič. Komu začne voda na čaj vařit prvněmu, může sníst bábovku. Na jakou plotýnku by jste si dali hřát vodu, aby jste si pochutnali na bábovce? Schéma vařiče je na obrázku. Plotýnky jsou zobrazeny jako odpory.



Hodnoty odporů jednotlivých plotýnek jsou tyto:  $R_1 = 60\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$  a  $R_3 = 20\Omega$ .

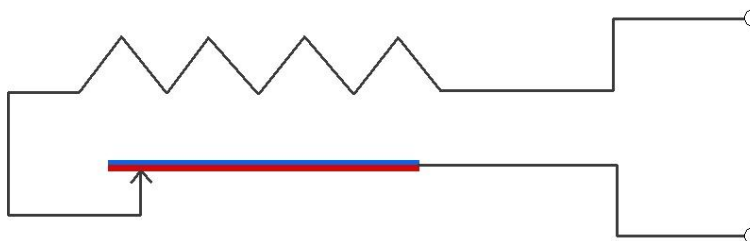
#### 5) V obvodu je zařazen bimetalový pásek.



- a) Kam se po připojení napětí bude pásek ohýbat, jestliže červenou barvou je naznačen kov s větší tepelnou roztažností než má kov vyznačený modře.

---

- b) Kam se po připojení napětí bude pásek ohýbat, budeme-li ho zahřívát z druhé strany?



---

**6) Termostat slouží k**

- a) trvalému rozpojení obvodu po dosažení určité teploty
- b) trvalému sepnutí obvodu po dosažení určité teploty
- c) k dočasnému rozpojení obvodu po dosažení určité teploty

**7) Vypište alespoň 5 tepelných spotřebičů.**

---

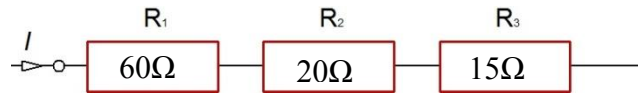
---



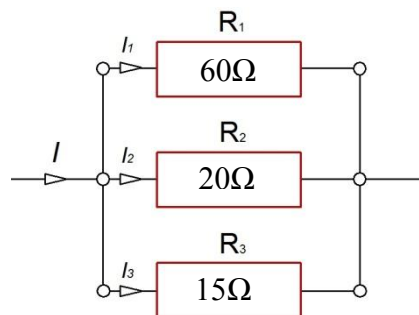
#### 8.4 Sériové a paralelní zapojení rezistorů. Rezistor s proměnným odporem

1) U jednotlivých zapojení spočítejte celkový odpor a napište, o jaké zapojení rezistorů se jedná:

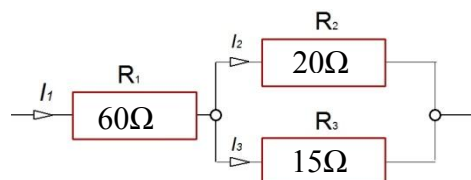
a)



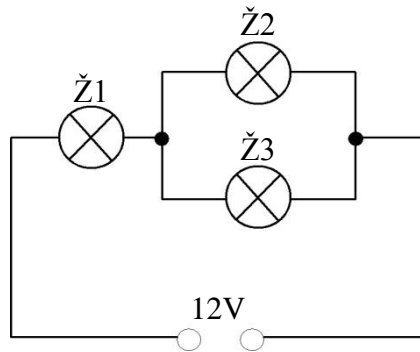
b)



c)



- 2) Pozorně si prohlédněte obrázek a doplňte tabulky tak, že do správného políčka uděláte křížek.



- a) Ž1 praskla

	Svíí	Nesvíí
Ž2		
Ž3		

- b) Ž2 praskla

	Svíí	Nesvíí
Ž1		
Ž3		

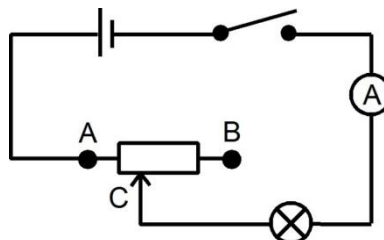
- c) Ž3 praskla

	Svíí	Nesvíí
Ž1		
Ž2		

- d) Ž1 a Ž3 praskly

	Svíí	Nesvíí
Ž2		

- 3) K čemu slouží rezistor s proměnným odporem v tomto zapojení?




---

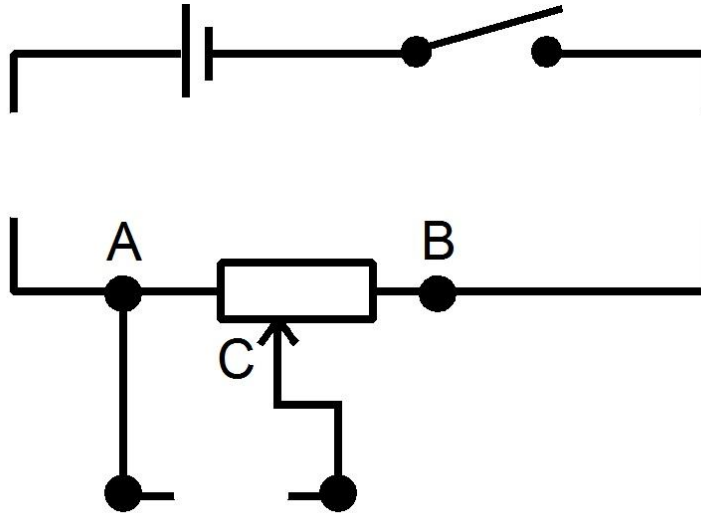


---



---

- 4) Dokreslete na vhodné místo do obrázku žárovku tak, aby bylo možné regulovat její svítivost rezistorem s proměnným odporem. Zbylá prázdná místa propojte a k žárovce připojte voltmetr. Jak v tomto zapojení funguje rezistor s proměnným odporem?



---

---

---

## 8.5 Vedení proudu v kapalinách a galvanický zdroj napětí

1) Jak říkáme kapalinám, které vedou elektrický proud?

---

2) Proč destilovaná voda nemůže vést elektrický proud?

---

---

3) Je voda z vodovodního kohoutu vodičem? Odpověď zdůvodni.

---

---

---

4) Porovnej

Vedení el. proudu v kovech:

---

---

---

---

Vedení el. proudu v kapalinách:

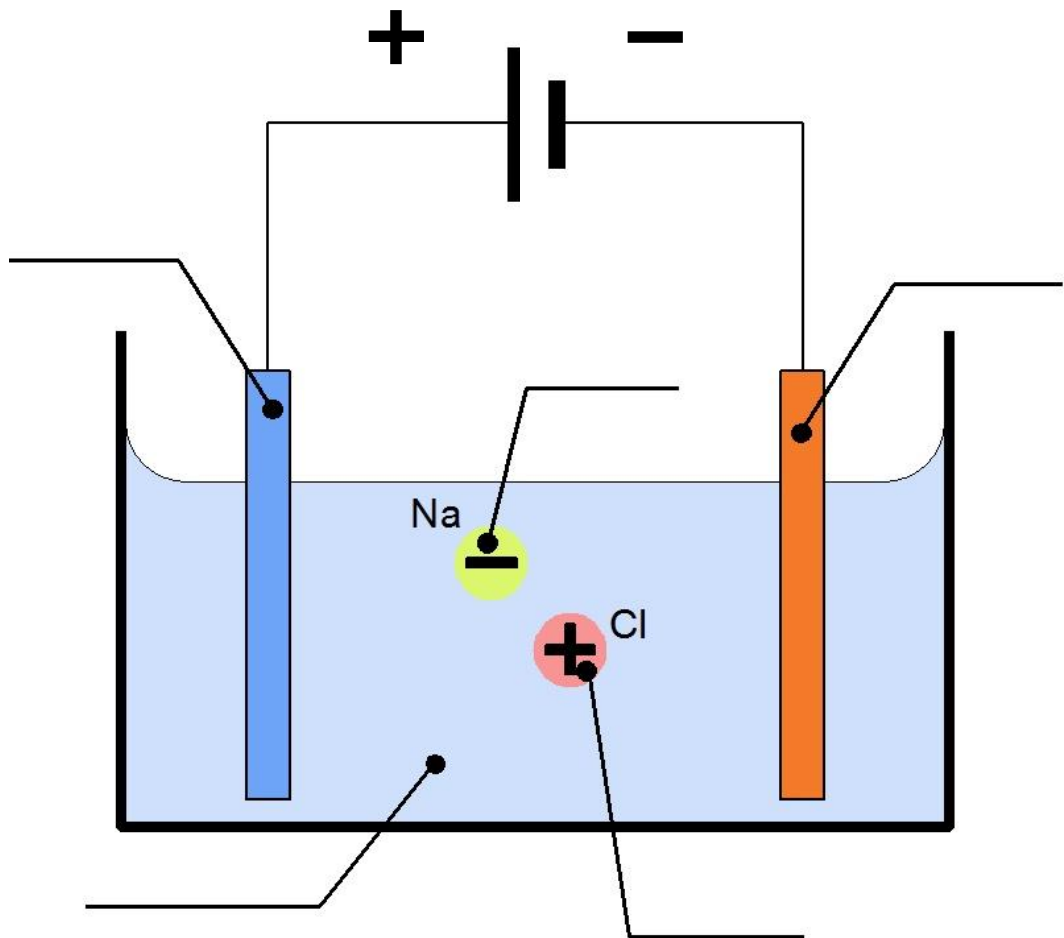
---

---

---

---

5) Doplň obrázek:



6) Doplňte:

Galvanický zdroj napětí přeměňuje \_\_\_\_\_ energii na \_\_\_\_\_ energii.

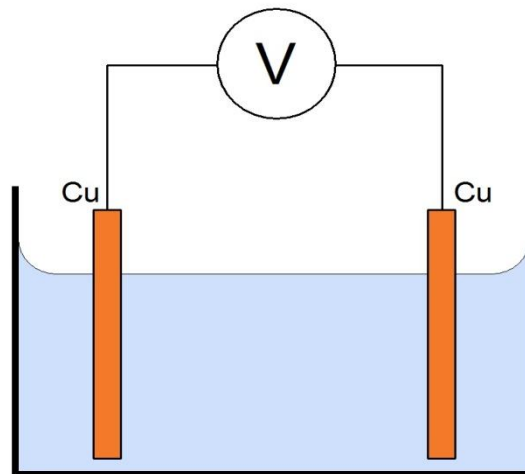
7) Co je akumulátor?

---

---

---

8) Jaké napětí naměříme na zařízení na obrázku? Elektrody jsou ponořeny do elektrolytu



---

9) Vyber správná tvrzení:

- a) Elektrolyt je jakákoliv kapalina, ve které jsme rozpustili nějakou látku.
- b) Galvanický zdroj napětí je tvořen dvěma různými elektrodami, z nichž každá je z jakéhokoliv materiálu, a elektrolytu.
- c) Ve rtuti je elektrický proud uskutečňován prostřednictvím volných elektronů stejně, jako v kovech.
- d) Pokud do elektrolytu (voda + sůl) ponoříme elektrody ze stejného materiálu a připojíme ho do el. obvodu, nebude procházet el. proud.
- e) Rozpad látky na ionty v kapalině se nazývá elektrolytická disociace.
- f) Člověk je vodičem el. proudu.
- g) Elektrický proud v kapalinách je usměrněný pohyb volných iontů

## 9 Ověření pracovních listů

Didaktická sonda probíhala na ZŠ Vltava ve třídách 7.A, 7.B a 9.A, 9.B. V 7.A a 9.A probíhalo opakování látky, k níž se vztahuje daný pracovní list, s použitím demonstrační soupravy DIDAKTIK a provedením demonstračních experimentů. V 7.B a 9.B se pracovalo pouze s učebnicí. Poté byly rozdány dva typy pracovních listů. Pracovní list „Jednoduchý elektrický obvod“ byl použit v sedmých třídách a list „Souvislost elektřiny a magnetismu“ v třídách devátých. Tato sonda měla za cíl ověřit předpoklad, že ve třídách, kde se pracovalo s demonstrační soupravou v kombinaci s pracovními listy dosáhnou žáci lepších výsledků, než ve třídě, kde se pracovalo pouze s pracovními listy.

### 9.1 Výsledky didaktické sondy v sedmých ročnících

Zde byl použit pracovní list „Jednoduchý elektrický obvod“, který obsahoval 5 úloh. Úlohy byly obodovány následovně:

Úloha	Body
1	2
2	1
3	4
4	2
5	4

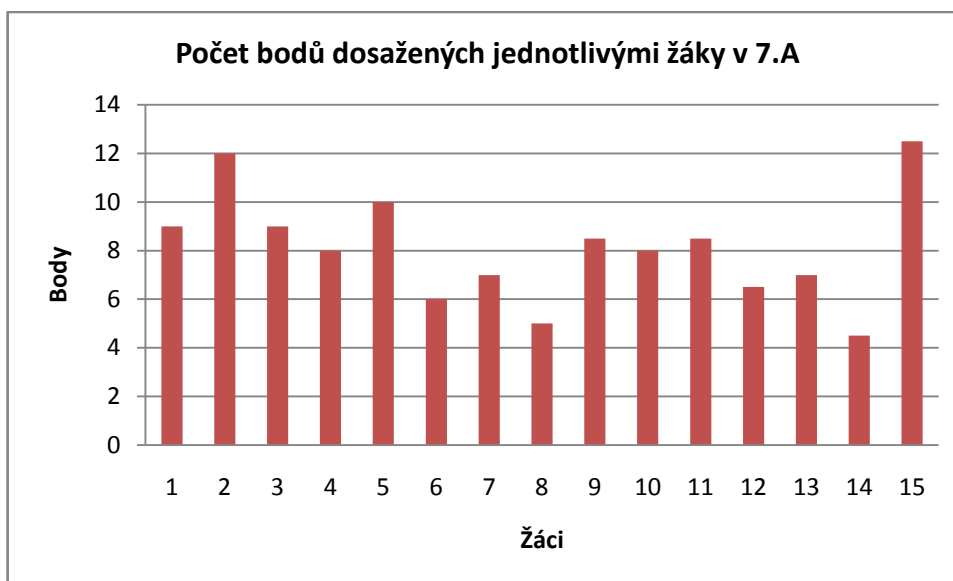
Tab. 1

Otázka	1	2	3	4	5	Celkem za list
Žák						
1	2	1	1,5	0,5	4	9
2	2	0	4	2	4	12
3	2	1	2	0	4	9
4	2	0	2	0	4	8
5	2	1	1	2	4	10
6	0	0	1	1	4	6
7	0	1	1	1	4	7
8	2	0	1	1	1	5
9	2	0	1,5	1	4	8,5
10	2	0	1	1	4	8
11	2	0	2,5	0	4	8,5
12	2	0	1	1,5	2	6,5
13	2	0	1	0	4	7
14	0	0	1,5	0	3	4,5
15	2	1	3,5	2	4	12,5
<b>Celkem</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>25,5</b>	<b>13</b>	<b>54</b>	<b>121,5</b>

Tab. 2 - Výsledky v 7.A

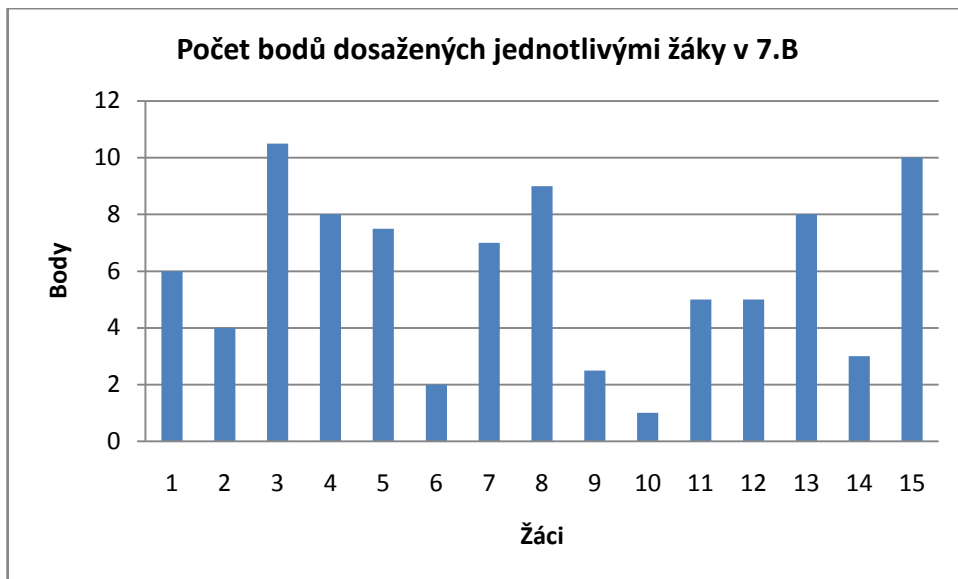
Otázka	1	2	3	4	5	celkem za list
Žák						
1	2	0	1	1	2	6
2	2	2	0	0	0	4
3	2	1	1,5	2	4	10,5
4	2	0	0	2	4	8
5	2	0	1	0,5	4	7,5
6	0	0	0	0	2	2
7	2	0	0	1	4	7
8	2	1	1	1	4	9
9	0	0,5	1	0	1	2,5
10	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	1	4	5
12	0	0	1	0	4	5
13	2	0	1	1	4	8
14	0	0	0	1	2	3
15	2	0	2	2	4	10
celkem	18	4,5	9,5	12,5	44	88,5

Tab. 3 Výsledky v - 7.B

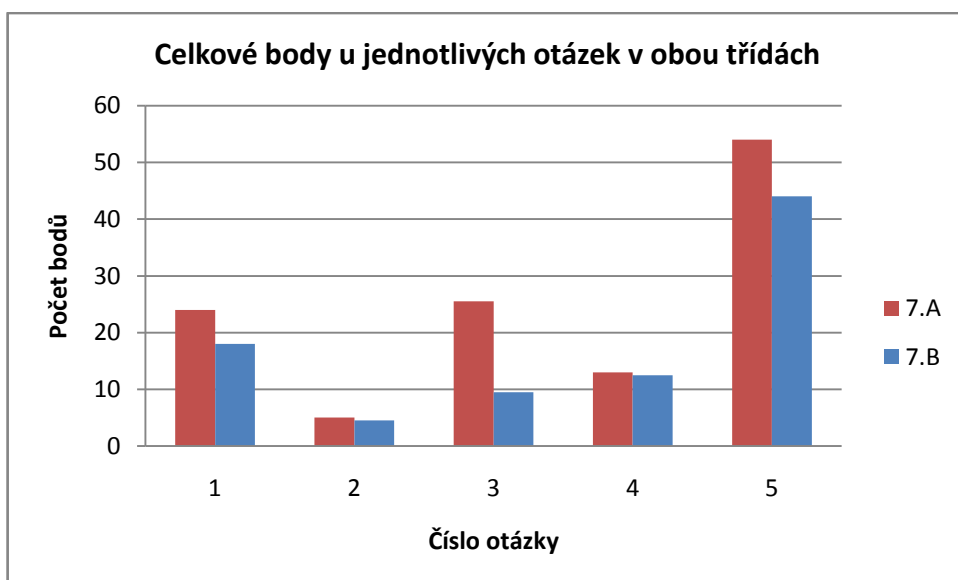


Graf 6

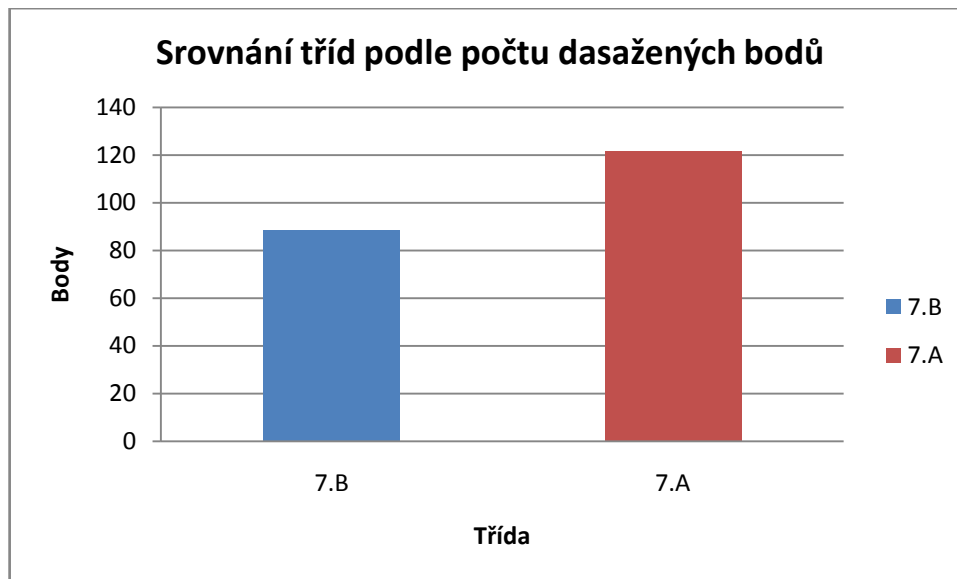




Graf 7



Graf 8



**Graf 9**

Z grafů vyplývá, že žáci ze tříd, kde se pracovalo s demonstrační soupravou, skutečně dosáhli lepších výsledků a výuka žáky více zajímala. V tomto případě tedy můžeme říci, že náš předpoklad byl touto didaktickou sondou potvrzen. Zejména ve 4. úloze, kde se k prvkům el. obvodu přiřazovala správná schematická značka, byli žáci ze 7.A lepší díky faktu, že jednotlivé schematické značky jsou na panelech přímo zobrazeny a je tedy vidět jejich zařazování do obvodů a i jejich funkci.

## 9.2 Výsledky didaktické sondy v devátých ročnících

Zde byl použit pracovní list „Souvislost elektřiny a magnetizmu“, který obsahoval 4 úlohy. Úlohy byly obodovány následovně:

Úloha	Body
1	2
2	5
3	3
4	2

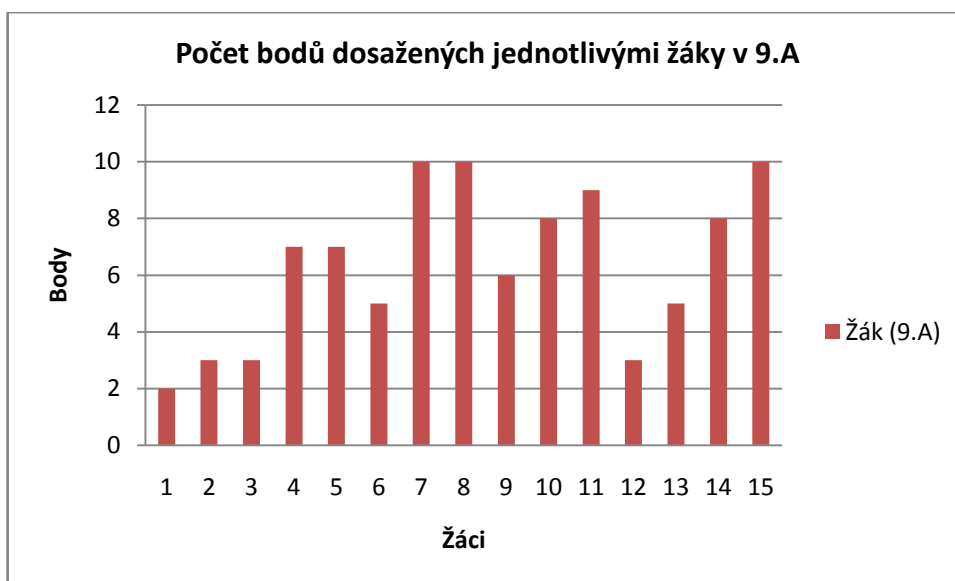
Tab 1

Otázka	1	2	3	4	Celkem za list
Žák					
1	1	1	0	0	2
2	1	2	0	0	3
3	1	2	0	0	3
4	1	2	3	1	7
5	1	2	3	1	7
6	0	1	3	1	5
7	0	5	3	2	10
8	1	5	3	1	10
9	0	2	3	1	6
10	0	4	3	1	8
11	1	4	3	1	9
12	1	2	0	0	3
13	1	3	0	1	5
14	1	2	3	2	8
15	0	5	3	2	10
<b>Celkem</b>	<b>10</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>96</b>

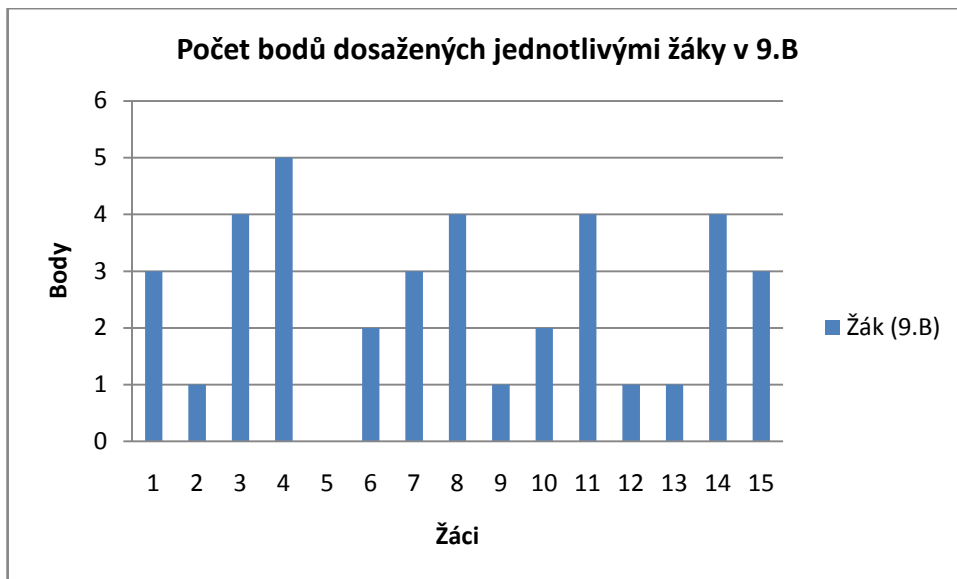
Tab 2 - Výsledky v 9.A

Otázka	1	2	3	4	Celkem za list
1	0	2	0	1	3
2	1	0	0	0	1
3	1	3	0	0	4
4	1	1	3	0	5
5	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	2
7	1	0	0	2	3
8	2	2	0	0	4
9	1	0	0	0	1
10	1	1	0	0	2
11	0	3	0	1	4
12	1	0	0	0	1
13	1	0	0	0	1
14	2	2	0	0	4
15	2	1	0	0	3
<b>Celkem</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>38</b>

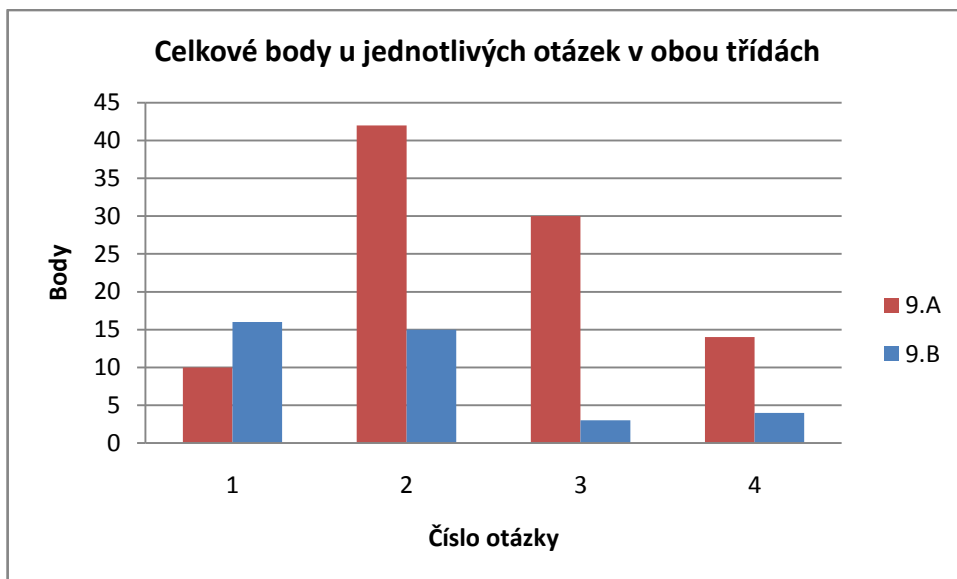
Tab 3 - Výsledky v 9.B



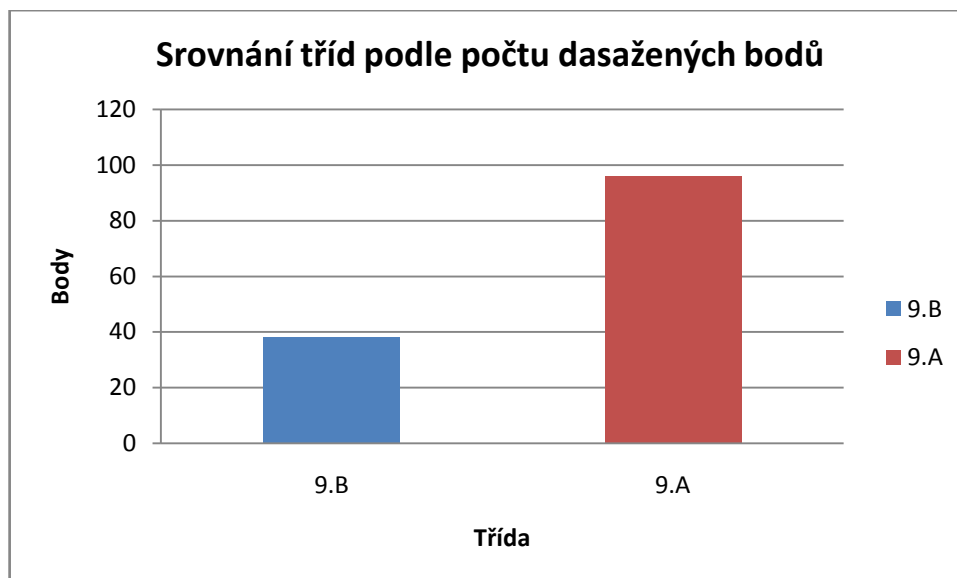
Graf 10



Graf 11



Graf 12



**Graf 13**

Opět je vidět, že v 9.A, kde byly provedeny experimenty si vedly daleko lépe a práce s listy byla v této třídě brána daleko vážněji a žáky i více bavila. V 9.B byl mnohem větší problém udržet kázeň a tím i vhodné pracovní klima. Práce s učebnicí žáky nebavila, nesoustředili se a někteří práci s listy brali spíše jako tipovačku a nesnažili se nad zadanými úlohami přemýšlet. Výuka v této třídě byla poměrně problematická.

## 10 Závěr

Jedním z cílů této práce bylo ukázat důležitost provádění demonstračních experimentů v kombinaci s pracovními listy při výuce elektřiny v hodinách fyziky. Učitelé fyziky by si měli být vědomi toho, že bez experimentů se prakticky vyučovat nedá. Proto byl proveden výzkum vybavenosti na základních školách, který bohužel není zcela vypovídající kvůli malému počtu respondentů. Přesto bylo vidět, že učitelé zájem na provádění pokusů mají a pokud je neprovádějí, je to kvůli špatnému stavu demonstrační soupravy, nebo kvůli tomu, že na škole úplně chybí a není dostatek financí k jejímu pořízení.

Práce je zaměřena na demonstrační soupravu DIDAKTIK a na její využití v hodinách fyziky. Souprava je kvalitně provedená a odolná. Moduly v demonstrační tabuli drží pevně, ale přesto je lze díky prolisům pro lepší uchopení poměrně snadno vyndat. S touto soupravou bylo provedeno několik experimentů. K vybraným experimentům byly zhotoveny pracovní listy, které mohou sloužit jako případná inspirace začínajícím učitelům fyziky k vytvoření pracovních listů k různým pokusům.

Demonstrační soupravy i pracovních listů bylo použito k didaktické sondě pro ověření její efektivity při výuce. Ve třídách, ve kterých se ze soupravou pracovalo, dosahovali žáci při práci s pracovními listy lepších výsledků, byli ukázněnější a soustředěnější na práci než ve třídách, ve kterých experimenty provedeny nebyly.

## 11 Literatura

- [1] KAŠPAR, E. a kol. *Didaktika fyziky*, SPN Praha 1978, 356s., ISBN 14 - 636 - 78 s.179.
- [2] ŠIMONÍK, O. *Úvod do didaktiky základní školy*. Brno: MSD 2003. 133 s. ISBN 80 - 86633 - 33 - 0, s. 93 - 94.
- [3] JANÁŠ, J. *Kapitoly z didaktiky fyziky*. Brno: PF MU 1996, 121s., ISBN 80 - 210 - 1334 - 6.
- [4] TRNA, J. *Fyzika v lékárnice*. Veletrh nápadů [online]. Dostupný z WWW: <[http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh\\_06/06\\_20\\_Trna.html](http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_06/06_20_Trna.html)> 2001 [cit. 2. března 2010].
- [5] KLUSÁK, A. *Pokusy z elektřiny se svépomocí vyrobenými pomůckami v přírodovědném praktiku na 1. stupni ZŠ: diplomová práce*. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, 2010. 92 l., 12 l. příl. Vedoucí diplomové práce Josef Trna.
- [6] JANÁŠ, J., MATOUŠEK, J., *Praktikum školních pokusů z fyziky*, UJEP Brno 1977, 139 s, ISBN 55 - 982 - 77
- [7] RVPZV [online]. Dostupný z WWW: <[http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV\\_2007-07.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf)>
- [8] TESAŘ, J., FRANTIŠEK, J., *Fyzika 4 pro základní školu (elektromagnetické děje)*, Pedagogické vydavatelství a.s. 2009 SPN, 112s, ISBN 978 - 80 - 7235 - 441 - 2
- [9] DEMO SOUPRAVA DIDAKTIK [online] dostupný z WWW: <<http://www.didaktik.cz/>>
- [10] HALLIDAJ, D., RESNICK, R., WALKER, J., *Fyzika, Elektřina a magnetismus*, Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství PROMETHEUS 2000, ISBN 81 - 7196 - 213 - 9
- [11] Školní vzdělávací programy [online] dostupné z WWW: <<http://svp.muni.cz/ukazat.php?docId=512>>
- [12] Katedra technické a informační výchovy Pedagogické fakulty Univerzity Palackého [online] dostupné z WWW: <[http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni\\_didakticke\\_praktikum\\_2/soubory/disciplina1/kapitola3.htm](http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni_didakticke_praktikum_2/soubory/disciplina1/kapitola3.htm)>



[13 ] Katedra technické a informační výchovy Pedagogické fakulty Univerzity Palackého [online] dostupné z WWW:

[http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni\\_didakticke\\_praktikum\\_2/soubory/disciplina1/kapitola7.htm](http://www.kteiv.upol.cz/uploads/soubory/dostal/specialni_didakticke_praktikum_2/soubory/disciplina1/kapitola7.htm)

[14 ] ŠIMON, M., *Slovník pojmů z fyziky pro základní školu*, PROMETHEUS 2009, 115 s., ISBN 978-80-7196-361-5

[15 ] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, *Vysokoškolská učebnice fyziky část 3*, PROMETHEUS 2000, 888 s., ISBN 80-214-1868-0

[16] KAŠPAR, E., JANOVIČ, J., BŘEZINA, F., *Problémové vyučování a problémové úlohy ve fyzice*, SPN 1982, ISBN 14-572-82

[17] DZS Elektřina: návod k použití, Rohatec: Didaktik s.r.o., 2005

## **12 Přílohy**


- 1) Nejlepší práce 7.A
- 2) Nejhorší práce 7.A
- 3) Nejlepší práce 7.B
- 4) Nejhorší práce 7.B
- 5) Nejlepší práce 9.A
- 6) Nejhorší práce 9.A
- 7) Nejlepší práce 9.B
- 8) Nejhorší práce 9.B

# Příloha 1

1) 18.5.20

### Jednoduchý elektrický obvod

1. Jak to, že na tomto obrázku nesvítí žárovka i když je naprostě v pořádku?



*Nemá tam zdroj energie*

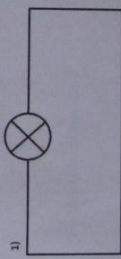
2. Co platí o elektrickém proudu ve všech místech v nerozvětveném obvodu?

*je stejný*

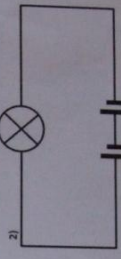
3. Oldova svítilna

Olda by si rád sám udělal jednoduchou svítilnu. Nekreslí si několik zapojení, ale neví, které si má vybrat a proto se obrátil na svého kamaráda Vildu pro radu. Která zapojení by mu měl Vilda poradit a která nikoli? Které z funkčních zapojení by bylo nevhodnější? Svě tvrzení zdůvodněte.

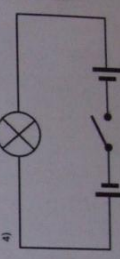
3)



2)



4)







3S

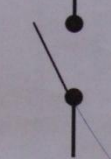
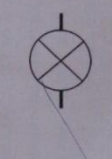
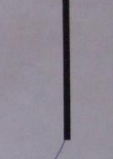
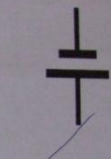
*1) bez zapojení - funkční  
2) bez zapojení - funkční  
3) zapojení - funkční  
4) zapojení - funkční*

4. Můžeme spotřebič určený pro práci při nízké hodnotě napětí, připojit ke zdrojům s několikanásobně vyšší hodnotou napětí? Odpověď zdůvodni.

*Ne - Větší proud by to spálil*

5. K jednotlivým součástkám přiřaďte šipkou správně schematickou značku


*4*

## Příloha 2

15

### Jednoduchý elektrický obvod

1. Jak to, že na tomto obrázku nesvítí žárovka i když je napojeno v pořádku?



0

Neliniární spínač

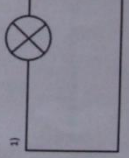
---

2. Co platí o elektrickém proudu ve všech místech v nerozvětveném obvodu?

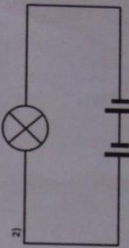
0

3. **Odklova svítilna**  
 Oida by si rád sám udělal jednoduchou svítilnu. Nekreslí si několik zapojení, ale neví, které si má vybrat a proto se obrátil na svého kamaráda Vildu pro radu. Která zapojení by mu měl Vilda poradit a která nikoli? Které z funkčních zapojení by bylo nevhodnější? Svě tvrzení zdůvodněte.

1)

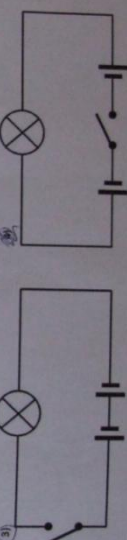


2)

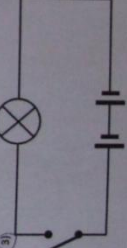


15

3)



4)







5) pro svítilnu nepodhodný. Ideální je, aby se zapojení  
4. Někdy - 1) nemá spínač ani žárovku, nemá  
spínač. 4) Byl by vhodné, ale špatně



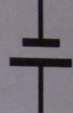
---

4. Můžeme spořehič určitý pro práci při nízké hodnotě napětí, připojit ke zdroji s několikanásobně vyšší hodnotou napětí? Odpověď zdůvodni.

---

5. K jednotlivým součástkám přiřaďte šipkou správné schematickou značku


# Příloha 3

7. t. v

105 2 Finaled

**Jednoduchý elektrický obvod**

1. Jak to, že na tomto obrázku nesvítí žárovka i když je napřesko v pořádku? d



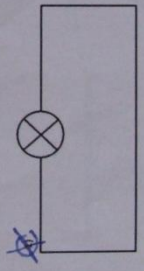
*ani sam baterie, není tam napájení*

2. Co platí o elektrickém proudu ve všech místech v nerozvětveném obvodu? 1

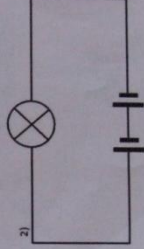
*stejný proud delší*

3. **Odpověď svítlna**

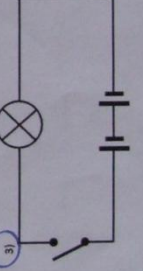
Olda by si rád sám udělal jednoduchou svítlnu. Nekrestil si několik zapojení, ale neví, které si má vybrat a proto se obrátil na svého kamaráda Víldu pro radu. Která zapojení by mu měl Vílda poradit a která nikoli? Které z funkčních zapojení by bylo nevhodnější? Svě tvrzení zdůvodněte.



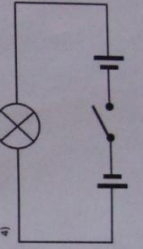
1)



2)



3)



4)

15

3. ano





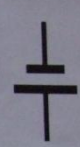
1. ne *Nevhodnější zapojení je č. 3.*  
*Myšleme si. Svítlna je nevhodnější, protože EL. proud jde přes dvě baterie.*

---

4. Můžeme spotřebič určený pro práci při nízké hodnotě napětí, připojit ke zdroji s několikanásobně vyšší hodnotou napětí? Odpověď zdůvodni. d

*Ne. Nevhodnější by pap. ho pojily a vyhořelo by ho.*

5. K jednotlivým součástkám přiřaďte šipkou správné schematickou značku

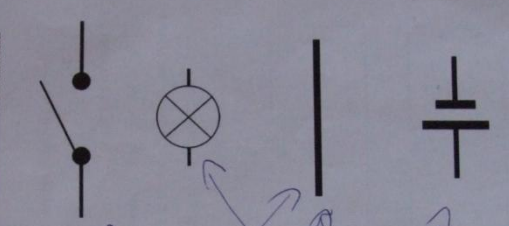
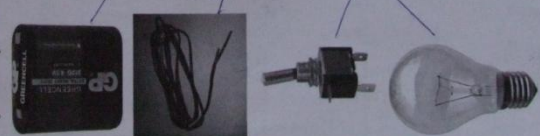
# Příloha 4

7-3-

4. Můžeme spotřebič určený pro práci při nízké hodnotě napětí, připojit ke zdroji s několikanásobně vyšší hodnotou napětí? Odpověď zdůvodni.

*Ne, dostal bychom šok*

5. K jednotlivým součástkám přiřaďte šipkou správné schematickou značku





7-3-

Holka

Jednoduchý elektrický obvod

1. Jak to, že na tomto obrázku nesvíí žárovka i když je napřesko v pořádku?



*Ne! zaplněná!*

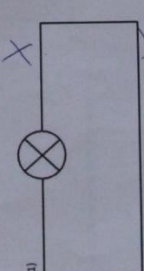
2. Co platí o elektrickém proudu ve všech místech v nerozvětveném obvodu?

*Proud jde podle směru!*

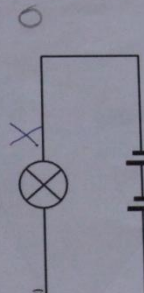
3. Oldova svítilna

Olda by si rád sám udělal jednoduchou svítilnu. Nekreslí si několik zapojení, ale neví, které si má vybrat a proto se obrátil na svého kamaráda Víldu pro radu. Která zapojení by mu měl Vílda poradit a která nikoli? Které z funkčních zapojení by bylo nevhodnější? Svě tvrzení zdůvodněte.

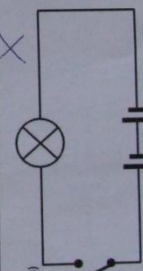
1)



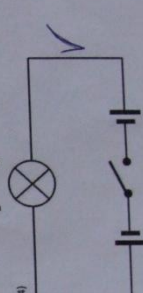
2)



3)



4)



Hella

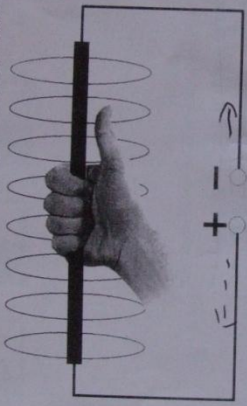
10

**Souvislost elektřiny a magnetismu**

1. Na jaké látky působí magnetické pole?

a) Všechny  
 b) Vodiče protékané el. proudem  
 c) Magnety  
 d) Žádné

2. Na obrázku je elektrický vodič a zdroj napětí. Proveďte následující úkoly.



1) Doplňte do obrázku šipkami různé barvy směr skutečného směru el. proudu a dohodnutého směru el. proudu. Šipky popište.

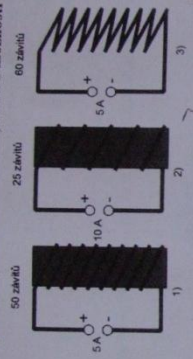
2) Jak říkáme myšleným křivkám, znázorňujícím silové působení v okolí vodiče protékaného proudem?  
 siločary

3) Kolem vodiče jsou rozmístěny magnetické střílky stejně, jako jsou v kompasích. Co se s nimi stane pokud vodičem začne protékat proud?  
 pokud bude stílán napětí, střílka se bude pohybovat, protože když bude stejnosměrná střílka se pohybuje, ale dál se s ní nic udělat.

1

---

3. Na obrázku jsou cívky 1), 2) a 3) s různým počtem závitů. Jsou umístěné ve stejném prostředí a první dvě mají jádro z magneticky měkkého materiálu. Všechny protéká elektrický proud a vytváří tedy magnetické pole. Intenzity magnetického pole jednotlivých cívek rozhodni, která z možností je správná.



a) 1=2, 1>3, 2=3  
 b) 3<2, 3<1, 1>2  
 c) 1=2, 3<2, 1>3

4) Magnetické pole elektromagnetu je tím silnější, čím  
~~je více závitů~~ čím více závitů má magnet  
~~je více závitů~~ - čím více závitů má cívka

1

# Příloha 6

HOLKA

## Souvislost elektřiny a magnetismu

1. Na jaké látky působí magnetické pole?

- a) Všechny
- b) Vodiče protékámé el. proudem**
- c) Magnety
- d) Žádné

2. Na obrázku je elektrický vodič a zdroj napětí. Proveďte následující úkoly.



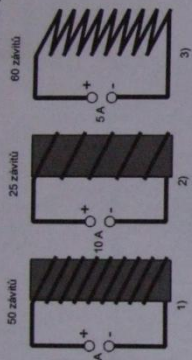
1) Doplňte do obrázku šipkami různé barvy směr skutečného směru el. proudu a dohodnutého směru el. proudu.

2) Jak říkáme myšleným křivkám, znázorňujícím silové působení v okolí vodiče protékajícího proudem?

3) Kolem vodiče sou rozmístěny magnetické sířelky stejné, jako jsou v komparech. Co se s nimi stane pokud vodičem začne protékat proud?

*- působí vodičem na ně a protáhnou proud, směrem doleva budou křivky*

3. Na obrázku jsou cívky 1), 2) a 3) s různým počtem závitů. Jsou umístěné ve stejném prostředí a první dvě mají jádro z magneticky měkkého materiálu. Všechny protéká elektrický proud a vytváří tedy magnetické pole. Intenzity magnetického pole jednotlivých cívek rozhodni, která z možností je správná.



- a) 1=2, 1>3, 2=3
- b) 3<2, 3<1, 1>2
- c) 1=2, 3<2, 1>3

4) Magnetické pole elektromagnetu je tím silnější, čím

*- více závitů*  
*- větší magnetické pole*



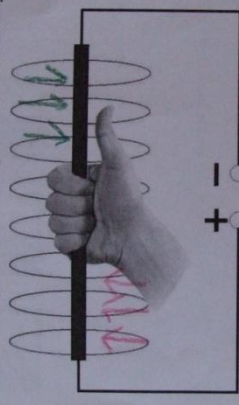
5

**Souvislost elektrický a magnetismu**

1. Na jaké látky působí magnetické pole?

- Všechny
- Vodiče protékáné el. proudem
- Magnety
- Žádné

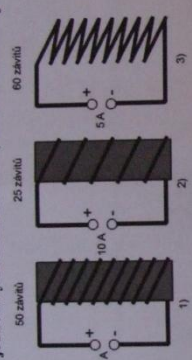
2. Na obrázku je elektrický vodič a zdroj napětí. Proveďte následující úkoly.



- Doplňte do obrázku šipkami různé barvy směr skutečného směru el. proudu a dohodnutého směru el. proudu. Šipky popište.
- Jak říkáme myšleným křivkám, znázorňujícím silové působení v okolí vodiče protékajícího proudem?  
silovými
- Kolem vodiče sou rozmístěny magnetické střílky stejně, jako jsou v kompasích. Co se s nimi stane pokud vodičem začne protékat proud?  
rovnou ubírají ke kterému pólu

H

3. Na obrázku jsou cívky 1), 2) a 3) s různým počtem závitů. Jsou umístěné ve stejném prostředí a první dvě mají jádro z magneticky měkkého materiálu. Všechny protéká elektrický proud a vytváří tedy magnetické pole. Intenzity magnetického pole jednotlivých cívek rozhodni, která z možností je správná.

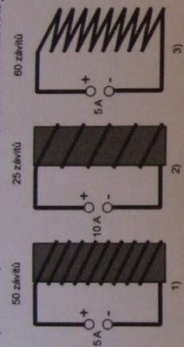


- 1=2, 1>3, 2=3
- 3<2, 3<1, 1>2
- 1=2, 3<2, 1>3

4) Magnetické pole elektromagnetu je tím silnější, čím  
rovnou ubírají ke kterému pólu

# Příloha 8

3. Na obrázku jsou cívky 1), 2) a 3) s různým počtem závitů. Jsou umístěné ve stejném prostředí a první dvě mají jádro z magneticky měkkého materiálu. Věmi protéká elektrický proud a vytváří tedy magnetické pole. Intenzity magnetického pole jednotlivých cívek rozhodni, která z možností je správná.



- a)  $1=2, 1>3, 2=3$
- b)  $3<2, 3<1, 1>2$
- c)  $1=2, 3<2, 1>3$

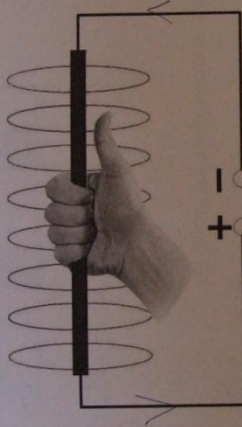
4) Magnetické pole elektromagnetu je tím silnější, čím

## Souvislost elektřiny a magnetismu

1. Na jaké látky působí magnetické pole?

- a) Všechny
- b) Vodiče protékané el. proudem
- c) Magnety
- d) Žádné

2. Na obrázku je elektrický vodič a zdroj napětí. Proveďte následující úkoly.



- 1) Doplňte do obrázku šipkami různé barvy směr skutečného směru el. proudu a dohodnutého směru el. proudu. Šipky popište.
- 2) Jak říkáme myšleným křivkám, znázorňujícím silové působení v okolí vodiče protékaného proudem?

3) Kolem vodiče sou rozmístěny magnetické strelky stejně, jako jsou v komparech. Co se s nimi stane pokud vodičem začne protékat proud?

NEVÍM

šipky

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

K