

## 4.2.5 Měření elektrického napětí a proudu (cvičení)

**Předpoklady:** 4204

**Pedagogická poznámka:** Tuto hodinu učím jako dvouhodinové cvičení s polovinou třídy. Dělení je opět nutné, multimetry i samotné měření jsou pro žáky bohužel většinou novinkou a potřebují častou pomoc.

Dvě základní veličiny, které používáme na popis elektrických obvodů:

- **elektrické napětí ( $U$ ),**
- **elektrický proud ( $I$ ).**

Pokud chceme rozumět, co se v obvodech děje a jak tyto veličiny měřit, potřebujeme mít o nich dobrou představu (opakování definic nám moc nepomůže).

**Př. 1:** Vysvětli význam veličiny elektrický proud. Najdi v běžném životě veličiny, které jsou s ní analogické. Jak se tyto veličiny měří? Jak se bude měřit veličina elektrický proud?

Elektrický proud je veličina, která popisuje množství elektronů, které obíhají v obvodu (pohybují se uspořádaně).

- Pokud si budeme představovat elektrony jako vodu ve vodovodním potrubí, proud odpovídá množství vody, která proteče trubkou.
- Pokud si budeme představovat elektrony jako lyžaře na sjezdovce, proud odpovídá počtu lyžařů, kteří sjíždějí kopec v určitém místě.
- Pokud si budeme představovat elektrony jako auta na dálnici, proud odpovídá počtu aut, která projedou určitým místem dálnice.  
⇒ Proud se určuje vždy v jednom určitém místě tak, že spočteme všechno, co proud tvoří a projde tímto místem („přeříznutím trubky“).

**Př. 2:** Vysvětli význam veličiny elektrické napětí. Najdi v běžném životě veličiny, které jsou s ní analogické. Jak se tyto veličiny měří? Jak se bude měřit veličina elektrické napětí?

Elektrické napětí je veličina, která popisuje sílu (tlak), která nutí elektrony obíhat v obvodu.

- Pokud si budeme představovat elektrony jako vodu ve vodovodním potrubí, napětí odpovídá rozdílu tlaků na začátku a konci trubky.
- Pokud si budeme představovat elektrony jako lyžaře na sjezdovce, napětí znamená převýšení sjezdovky. Napětí baterie odpovídá výšce, do které vytáhne lyžaře lanovka, napětí ve zbytku obvodu pak odpovídá výšce, kterou sjede na jednotlivých sjezdovkách (ta musí být stejná jako výška, do které ho vytáhne lanovka).  
⇒ Napětí má smysl určovat vždy jen mezi dvěma místy.

Na měření potřebujeme přístroj, který reaguje na změny napětí a proudu.

Nejjednodušší možnost žárovka:

- Při zapojování rezistorů do obvodu se žárovkou, se její jas měnil v závislosti na tom, jak velký protékal proud ⇒ větší proud přes žárovku znamená větší svit.
  - Když jsme na obvod se dvěma sériově zapojenými žárovkami připojili sériově druhou baterku (a zvětšili tak napětí), žárovky se rozjasnily ⇒ větší napětí na žárovce znamená větší svit.
- ⇒ Stačí sledovat svit žárovky a můžeme měřit napětí i proud.

Jaké to má nevýhody?

**Př. 3:** Odmontuj z baterie vrchní kryt a změř pomocí žárovky napětí:

a) na jednotlivých člancích,                      b) na jednom, dvou a třech člancích najednou.

Vždy musíme dát žárovku na jedním drátkem na začátek a druhým na konec článku  $\Rightarrow$  na všech člancích svítí stejně  $\Rightarrow$  napětí všech článků je přibližně stejné.



Při zapojování na v bodě b) se jas žárovky postupně zvyšuje s počtem článků (podle očekávání).



**Pedagogická poznámka:** Odmontováním krytů baterií získáme pro dvojici šest různých hodnot napětí (využívá se v následujícím cvičení na měření VA charakteristiky).  
Při měření v bodě a) se poměrně často stává, že žárovka vůbec nesvítí, což je způsobeno tím, že ji žáci přiloží na špatná místa.

**Př. 4:** Změř pomocí žárovky napětí na několika různých baterkách.

Na všech bateriích svítí žárovka přibližně stejně  $\Rightarrow$  přesnost měření se žárovkou je malá.

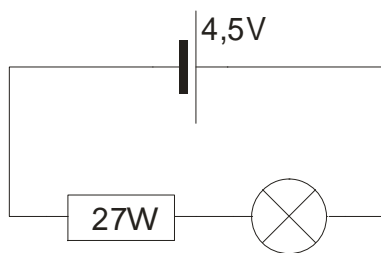
**Pedagogická poznámka:** Předchozí závěr platí za předpokladu, že žádná z měřených baterek ještě není vybitá, pak rozdíl samozřejmě vidíme.

**Př. 5:** Změř pomocí žárovky napětí na dvou bateriích najednou.

Žárovka svítí hodně, někdy shoří  $\Rightarrow$  žárovka má při měření malý rozsah.

**Pedagogická poznámka:** Pokud máte správnou žárovku a správné baterie, naprostá většina žárovek vydrží a nezbyvá než jednu žárovku popravít na třech bateriích.

**Př. 6:** Sestav obvod na obrázku a pomocí žárovky změř napětí na odporu i žárovce.



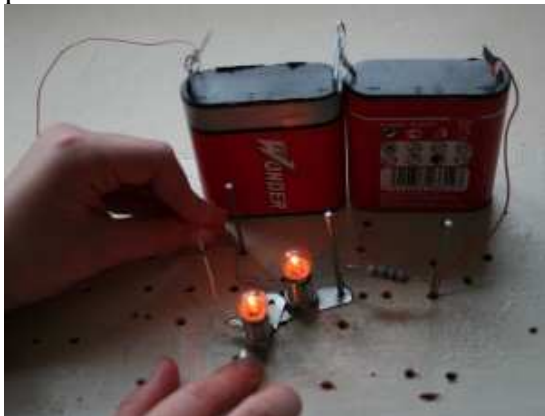
Měříme tak, že měřicí žárovku připojíme před a za měřenou součástku.

Měřicí žárovka mění jas žárovky v obvodu:

- Když měříme napětí na odporu, obvodová žárovka se rozjasní (jasné: elektrony teď do ní nepřitékají pouze přes odpor, ale i přes měřicí žárovku  $\Rightarrow$  proud přes obvodovou žárovku se zvětší  $\Rightarrow$  obvodová žárovka svítí víc).



- Když měříme napětí na žárovce, obvodová žárovka pohasne (jasné: elektrony z odporu teď netečou pouze přes obvodovou žárovku, část z nich teče přes měřicí žárovku  $\Rightarrow$  proud přes obvodovou žárovku se zmenší  $\Rightarrow$  obvodová žárovka svítí méně).

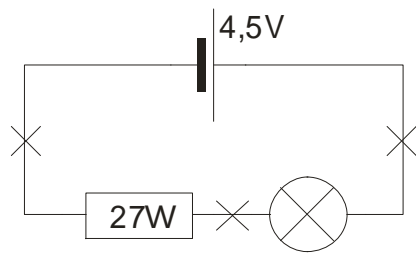


$\Rightarrow$  Žárovka mění situaci v obvodu tím, že přes ni protéká proud (platí to obecně, každé měření ovlivňuje měřenou situaci).

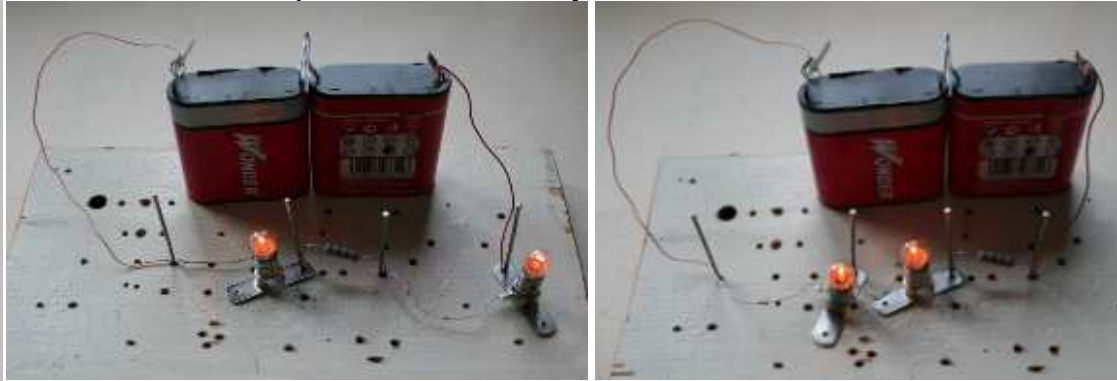
**Dobrý voltmetr** by měl původní obvod ovlivňovat co nejméně  $\Rightarrow$  měl by propouštět málo proudu  $\Rightarrow$  měl by mít velký odpor.

**Pedagogická poznámka:** Pokud mají být změny svitu žárovky v obvodu dobře patrné, musí být odpory všech tří součástí srovnatelné.  
Neříkám žákům, že si při měření mají něčeho všimnout, pokud si ničeho nevšimnou (nepravděpodobné), chci aby pokus zopakovali a dávali větší pozor. Ti ostatní zatím přemýšlejí nad příčinou.

**Př. 7:** Sestav obvod na obrázku a pomocí žárovky změř proud na vyznačených místech.



Měříme tak, že obvod přeručíme a do mezery vstrčíme žárovku.



Měřicí žárovka zmenšuje jas žárovky v obvodu (jasné: žárovka má svůj odpor  $\Rightarrow$  komplikuje elektronům cestu  $\Rightarrow$  prochází méně elektronů  $\Rightarrow$  zmenší se proud  $\Rightarrow$  pohasne žárovka v obvodu).

**Dobry ampérmetr** by měl původní obvod ovlivňovat co nejméně  $\Rightarrow$  neměl by bránit průchodu proudu  $\Rightarrow$  **měl by mít malý odpor.**

Problém z předchozích dvou příkladů, kdy měřicí žárovka ovlivňuje měřený obvod, je pro fyzikální měření typický. Měřený obvod je ovlivněn i voltmetrem a ampérmetrem (samozřejmě méně než žárovkou), ovlivnění se nemůžeme vyhnout, ale je možné ho zmenšovat s kvalitou přístroje.

**Poznámka:** V kvantové mechanice pak ovlivnění fyzikálních dějů jejich pozorováním hraje ústřední roli a platí zde zákon, který zakazuje zmenšení tohoto ovlivnění pod určitou mez.

## Multimetr

Dva měřicí vodiče, otočný volič, display.

Volba měřené veličiny probíhá na dvou úrovních:

- pomocí konektorů (černá + červená na V nebo 2A),
- pomocí otočného voliče (volíme veličinu i její rozsah).

Volba rozsahu: Vždy volíme nejméně citlivější možný rozsah. Pokud nemáme přibližnou představu o velikosti veličiny, zvolíme největší rozsah a postupně snižujeme až dojdeme k tomu nejméně citlivějšímu, kterým můžeme veličinu změřit (čím dražší multimetr, tím méně volí uživatel a tím více se měřák nastavuje sám).

Na měření stejnosměrných (v případě napájení z baterie) a střídavých veličin (napájení ze zásuvky) veličin se většinou používají rozdílné rozsahy.

**Př. 8:** Zopakuj všechna předchozí měření s multimetrem.



První článěk:  $U = 1,40 \text{ V}$

Druhý článěk:  $U = 1,46 \text{ V}$

Třetí článěk:  $U = 1,41 \text{ V}$

Hodnoty napětí se liší, ale pouze málo, proto jsme při měření žárovkou neviděli patrný rozdíl.

### Měření napětí na různých počtech článků



Jeden článěk:  $U = 1,40 \text{ V}$

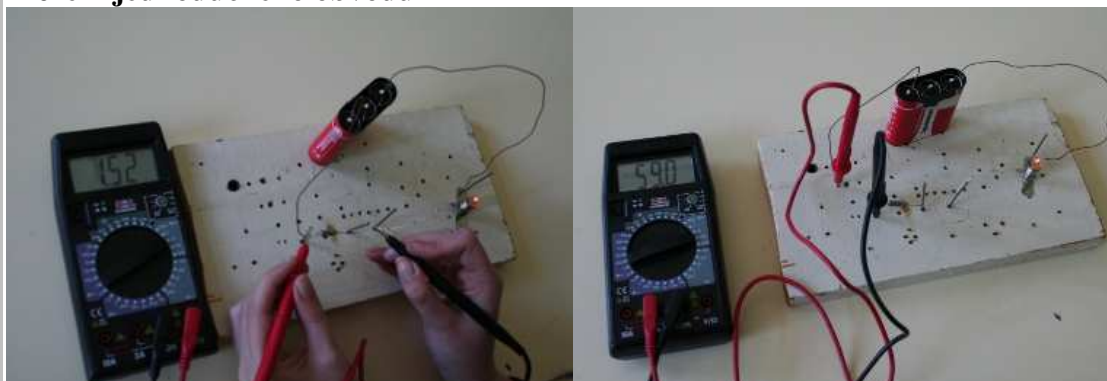


Dva články:  $U = 2,86 \text{ V}$

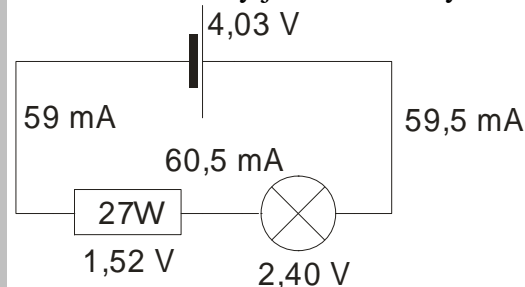


Tři články:  $U = 4,27 \text{ V}$

### Měření jednoduchého obvodu



Naměřené hodnoty jsou zakresleny v obrázku.

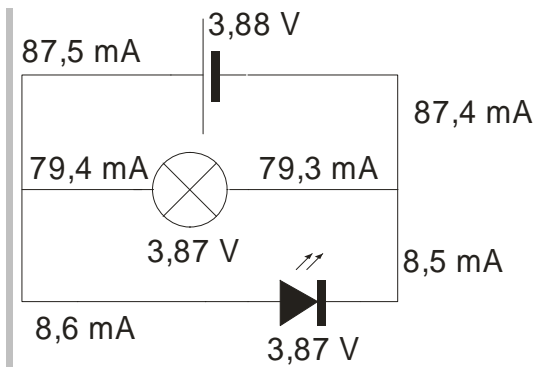


**Pedagogická poznámka:** Doporučuji žákům měřit způsoby zachycenými na fotkách: napětí dotekem na odpovídající hřebíky, proud pak tím, že místo hřebíků připevníme součástky hroty měřících vodičů.

**Pedagogická poznámka:** Snažím se žáky přesvědčit, aby naměřené hodnoty kreslili do obrázků, kde si v dalších hodinách nejnázne mohou ihned zkontrolovat, zda hodnoty odpovídají očekávání i ostatním naměřeným hodnotám.

**Př. 9:** Sestav obvod, ve kterém je paralelně zapojena žárovka a červená (chráněná) LED dioda. Změř napětí na baterii, žárovce a LED diodě. Změř proudy procházející přes všechny součástky.

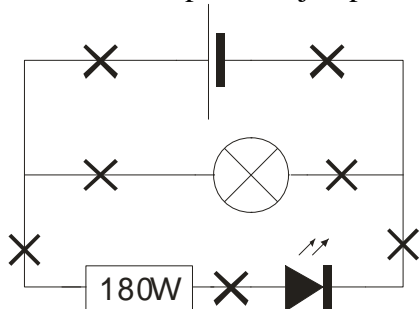
Naměřené hodnoty jsou zakresleny v obrázku.



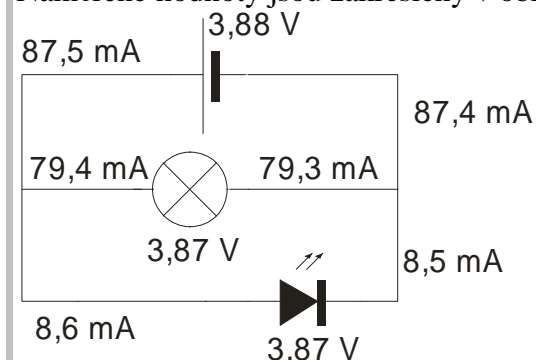
**Pedagogická poznámka:** Žáci si musí hned od počátku zvykat, že stejně jako v předchozích částech fyziky i při měření elektrických obvodů nezískáváme dokonale přesné výsledky a všechna měření jsou pouze přibližná. Je dobře, když si už v této hodině začnou všimnout souvislosti mezi naměřenými hodnotami.

**Pedagogická poznámka:** Chyby při měření jsou částečně systematické a je možné je vysvětlit. Napětí klesá směrem od zdroje s tím, jak se zvětšuje počet zapojených hřebíků a ztráty, které na spojích vznikají. Proud klesá směrem doprava s tím, jak se během měření (které provádím podvědomě zleva doprava) vybíjí baterie. Druhou domněnku je možné ověřit tím, že obvod změříte v obráceném směru.

**Př. 10:** Sestav obvod nakreslený na schématu, použij modrou LED diodu. Ve vyznačených místech změř procházející proud. Změř napětí na všech součástkách.



Naměřené hodnoty jsou zakresleny v obrázku.  
Naměřené hodnoty jsou zakresleny v obrázku.



**Shrnutí:** Napětí měříme mezi dvěma místy, proud měříme přerušením obvodu a připojením přes ampérmetr.