

Václav Pazdera
Jan Diviš
Jan Nohýl

Měření
fyzikálních
veličin
se systémem
Vernier



Pracovní listy SEPTIMA

pro základní školy a víceletá gymnázia



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Fyzika na scéně - exploratorium pro žáky základních a středních škol
reg. č.: CZ.1.07/1.1.04/03.0042

7. SEPTIMA

7.1	Elektrický náboj. Coulombův zákon.	5
7.2	Kapacita kondenzátoru.	13
7.3	Vybíjení kondenzátorů.	19
7.4	Ohmův zákon.	25
7.5	Ohmův zákon pro uzavřený obvod.	31
7.6	Termistor.	37
7.7	Fotorezistor.	45
7.8	Tranzistor jako spínač a zesilovač.	53
7.9	Elektrolýza.	61
7.10	Magnetické pole cívky.	67
7.11	Magnetické pole Země.	73
7.12	Magnetické pole magnetu.	81
7.13	Vlastnosti feromagnetických látek.	85
7.14	Hallův jev.	89
7.15	Magnetický záznam signálu.	97
7.16	Elektromagnetická indukce.	101
7.17	Demonstrace volného pádu.	106
7.18	Přechodný děj.	107
7.19	Střídavý proud s odporem.	115
7.20	Výkon střídavého proudu s odporem.	117
7.21	Střídavý proud s indukčností.	119
7.22	Střídavý proud s kapacitou.	125
7.23	Složený obvod střídavého proudu.	127
7.24	Usměrňovač.	129
7.25	Trojfázová soustava.	137
7.26	Elektromagnetický oscilátor.	143
7.27	Vlastnosti elektromagnetického vlnění.	149

Poznámka: Modře jsou podbarvené úlohy, pro které byly vytvořeny pouze pracovní listy a nebyly vytvořeny protokoly a vzorová řešení.

Úvod

Fyzikální veličina je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze **změřit** nebo **spočítat**. **Měření** fyzikální veličiny je praktický **postup** zjištění hodnoty fyzikální veličiny. Metody měření lze rozdělit na absolutní a relativní, přímé a nepřímé.

Tento **sborník pracovních listů, protokolů a vzorových řešení** je věnován měření fyzikálních veličin měřicím systémem **Vernier**. Samozřejmě lze stejné úlohy měřit i s pomocí jiných měřicích systémů.



Sborník je určen pro studenty a učitele.

Sborník pro PRIMU, SEKUNDU, TERCII a KVARTU pokrývá učivo nižšího gymnázia a jim odpovídajícím ročníkům základních škol. Sborník pro KVINTU, SEXTU, SEPTIMU a OKTÁVU pokrývá učivo fyziky pro vyšší stupeň gymnázia nebo střední školy.

U každého **pracovního listu** je uvedena stručná fyzikální teorie, seznam potřebných pomůcek, schéma zapojení, stručný postup, jednoduché nastavení měřicího systému, ukázka naměřených hodnot a případně další náměty k měření.

Protokol slouží pro **studenta** k vyplnění a vypracování.

Vzorové řešení (vyplněný protokol) slouží pro **učitele**, jako možný způsob vypracování (vyplnění).

Byl bych rád, kdyby sborník pomohl studentům a učitelům fyziky při objevování krás vědy zvané fyzika a výhod, které nabízí měření fyzikálních veličin pomocí měřicích systémů ve spojení s PC.

Jaké jsou výhody měření fyzikálních veličin se systémem Vernier (nebo jiných)?

- K měřicímu systému můžeme připojit až 60 různých senzorů.
- Všechna měření různých fyzikálních veličin se ovládají stejně, což přináší méně stresu, více času a radosti z měření.
- Při použití dataprojektoru máme obrovský měřicí přístroj.
- Měření můžeme provádět ve třídě i v terénu.
- Měření lehce zvládnou „malí“ i „velcí“.
- Můžeme měřit několik veličin současně a v závislosti na sobě.
- Naměřené hodnoty lze přenášet i do jiných programů.
- Naměřené hodnoty lze uložit pro další měření nebo zpracování.
- Lze měřit i obtížně měřené veličiny a lze měřit i dopočítávané veličiny.
- Lze měřit velmi rychlé děje a velmi pomalé děje.
- Pořízení měřicího systému není drahé.
- Máme k dispozici hodně námětů k měření.
- Výsledek měření nás někdy překvapí a ... poučí.
- Ve většině měření je výstupem „graf“ – velmi názorně se buduje vnímání fyzikálních vztahů mezi veličinami.

Přeji mnoho zdaru při měření fyzikálních veličin a hodně radosti z naměřených výsledků.
Olomouc 2012

Václav Pazdera

Elektrický náboj a elektrické pole

7.1 ELEKTRICKÝ NÁBOJ

Fyzikální princip

Elektrický náboj Q je fyzikální veličina, která popisuje stav zelectrování těles. Jeho jednotkou je **coulomb** – značka **C**. Náboj **1 C** je jednotka velká. Při pokusech ve třídě pracujeme s náboji o velikostech desítek **nC** (nano coulombů). 1 nC je přibližně 6 000 000 000 elementárních elektrických nábojů (náboj elektronu,...). Existují dva druhy elektrického náboje: **Kladný** elektrický náboj (na skleněné tyči) a **záporný** elektrický náboj (na plastové tyči). **Záporně** nabitě těleso má více elektronů než protonů. V **kladně** nabitém tělese převažují protony. K přesnému měření velikostí nábojů zelectrovaných těles slouží **měřič náboje**.

Velikost **elektrických sil** F_e , kterými na sebe působí dva bodové náboje Q_1 a Q_2 , je **přímo úměrná** absolutní hodnotě součinu jejich velikostí a **nepřímo úměrná** druhé mocnině jejich vzdáleností r

$$F_e = k \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}.$$

Cíl

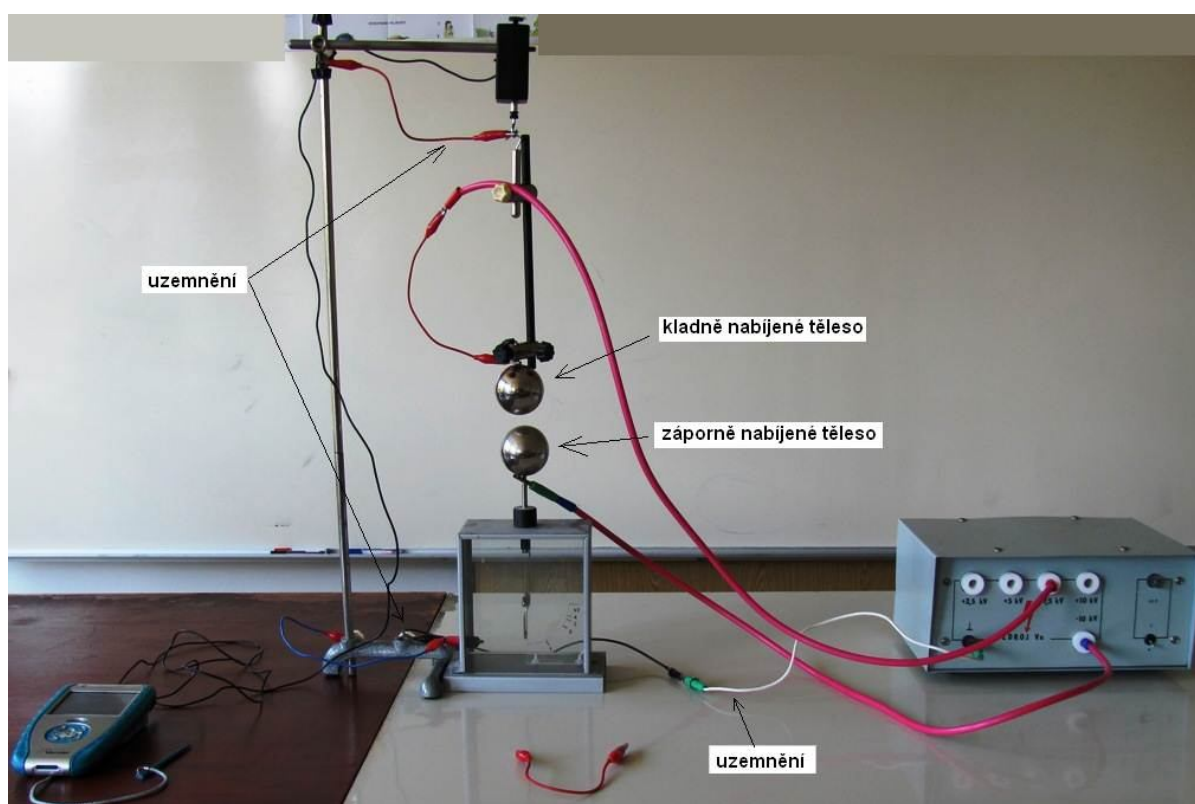
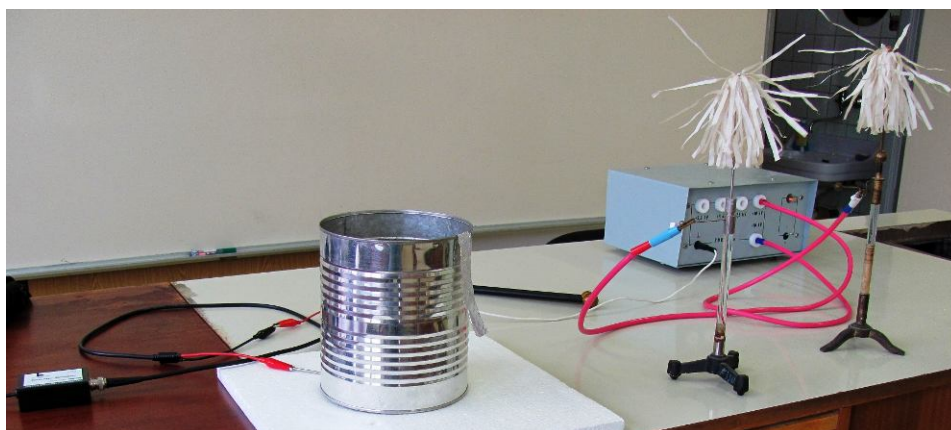
Změřit **náboje** různých zelectrovaných těles. Sledovat, jak se tento náboj mění při různých dějích nabíjení a vybíjení. Ověřit **Coulombův zákon**.

Pomůcky

LabQuest, měřič náboje CRG-BTA, siloměr BFS-BTA, tělesa (plechovka na polystyrénu, kovové kuličky s papírky), kovové kuličky na izolovaném držadle, zdroj vn k nabíjení těles.




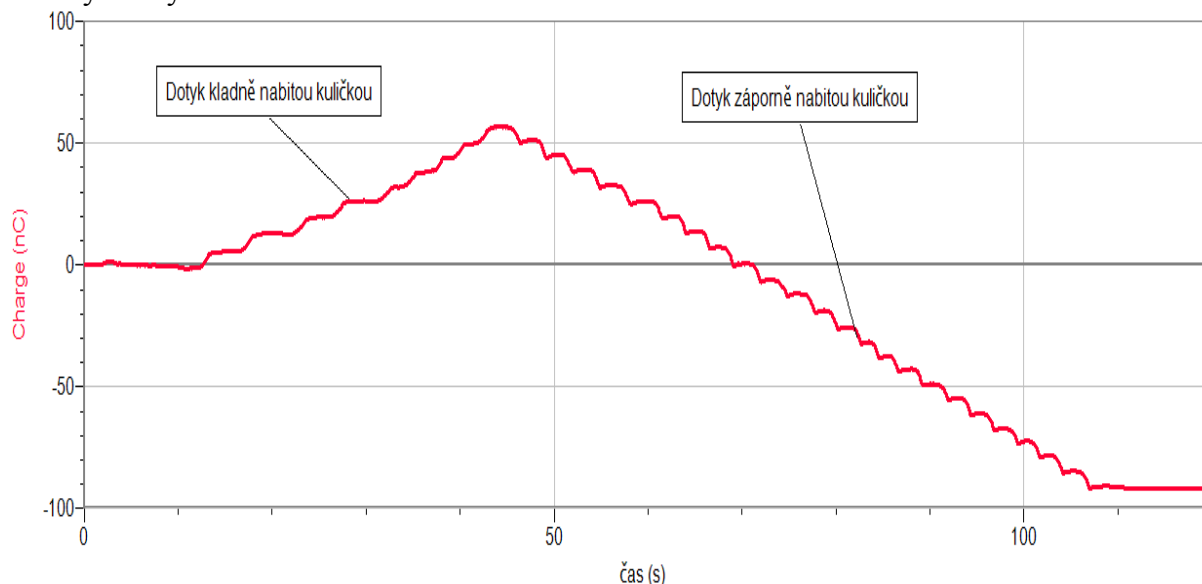
Schéma



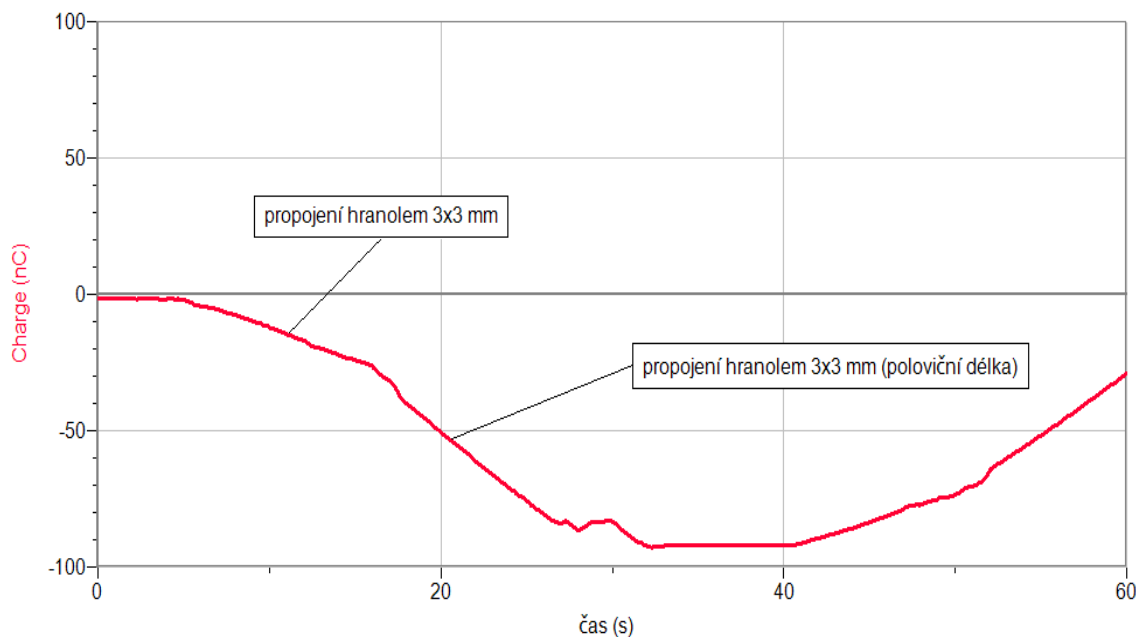
Postup

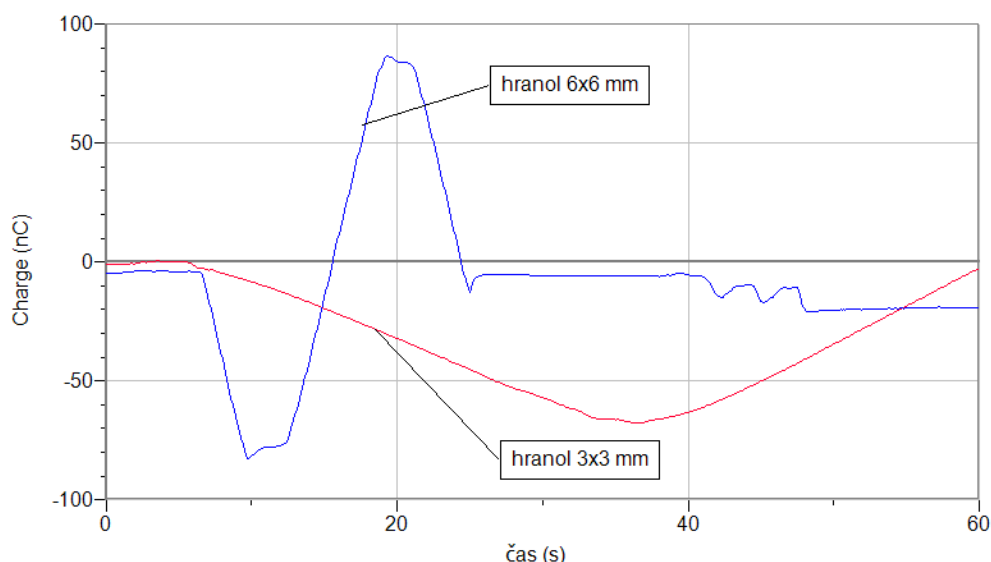
1. Měřič náboje CRG-BTA zapojíme do konektoru CH 1 LabQuestu. Plechovku položíme na polystyrénovou desku a připojíme k ní kladnou krokosvorku měřiče náboje (stačí plechovku postavit na kovovou tyčinku připojenou ke krokosvorce). Zápornou svorku spojíme s uzemňovací zdírkou zdroje vn. Ke zdroji vn (ke kladné a záporné svorce 10 kV) připojíme dvě kovová tělesa s papírky. Zapneme zdroj vn (tělesa se nabíjejí). Na senzoru zvolíme rozsah ± 100 nC.
2. Zapneme LabQuest.
3. Tlačítkem na senzoru „vybijeme“ náboj (vynulujeme senzor).
4. Postupně nabíjíme těleso (plechovku) kladně nebo záporně – dotykem ebonitové nebo skleněné tyče (třením nabitě). Sledujeme, jak se mění náboj. Stejně můžeme provádět pomocí umělohmotné slámky.

5. Nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 120 s, Frekvence: 2 čtení/s. Zvolíme zobrazení Graf .
6. Tlačítkem na senzoru „vybijeme“ náboj (vynulujeme senzor).
7. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu.
8. Pomocí kuliček na izolovaném držadle přenášíme nejdříve kladný náboj. Sledujeme, o kolik vzroste. Pak přenášíme záporný náboj. Sledujeme, o kolik klesne kladný náboj (vzroste záporný náboj). Zkoušíme postupně pro tři průměry kuliček. Porovnáme výsledky.



9. Při dalším měření **propojíme** nabíjené těleso (plechovku) s kladně (při dalším postupu záporně) nabitým tělesem pomocí **ebonitové tyče**, **skleněné tyče**. Sledujeme, zda roste nebo klesá náboj. Proč neroste (neklesá)?
10. Při dalším měření **propojíme** nabíjené těleso (plechovku) s kladně (při dalším postupu záporně) nabitým tělesem pomocí **dřevěné špejle** průřezu 3×3 mm. Sledujeme, co se děje. V dalším postupu zkracujeme délku špejle. Sledujeme, jak se mění nabíjení. V dalším postupu použijeme špejli 9×9 mm. Jak se změní výsledek měření. Proč je tomu tak?

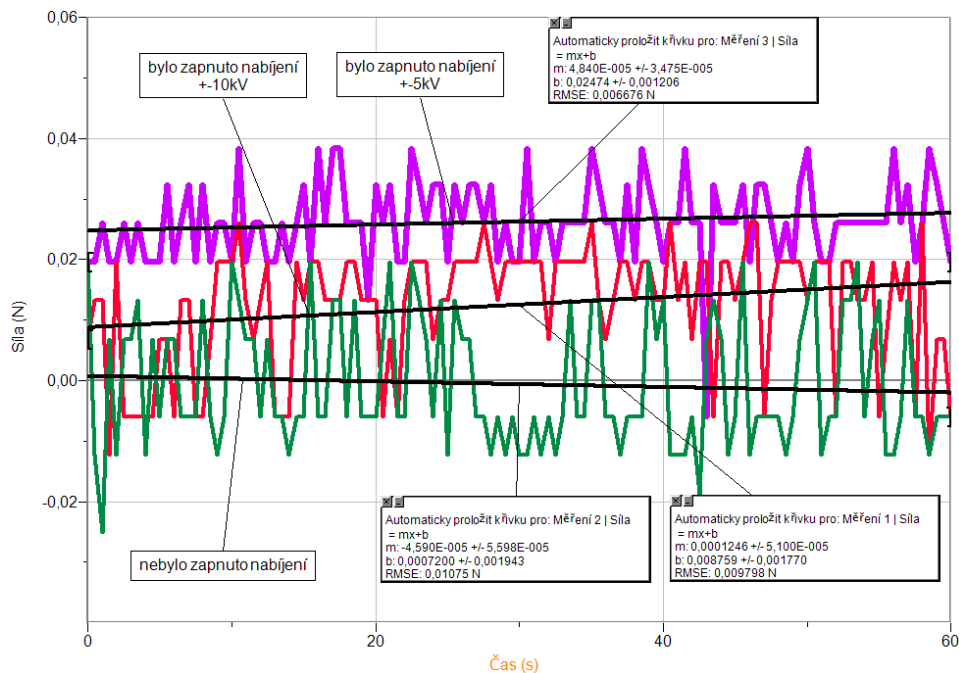




11. Vyhodnotíme výsledky měření. Jak velké jsou náboje při pokusech (v coulomech, v elementárních nábojích).

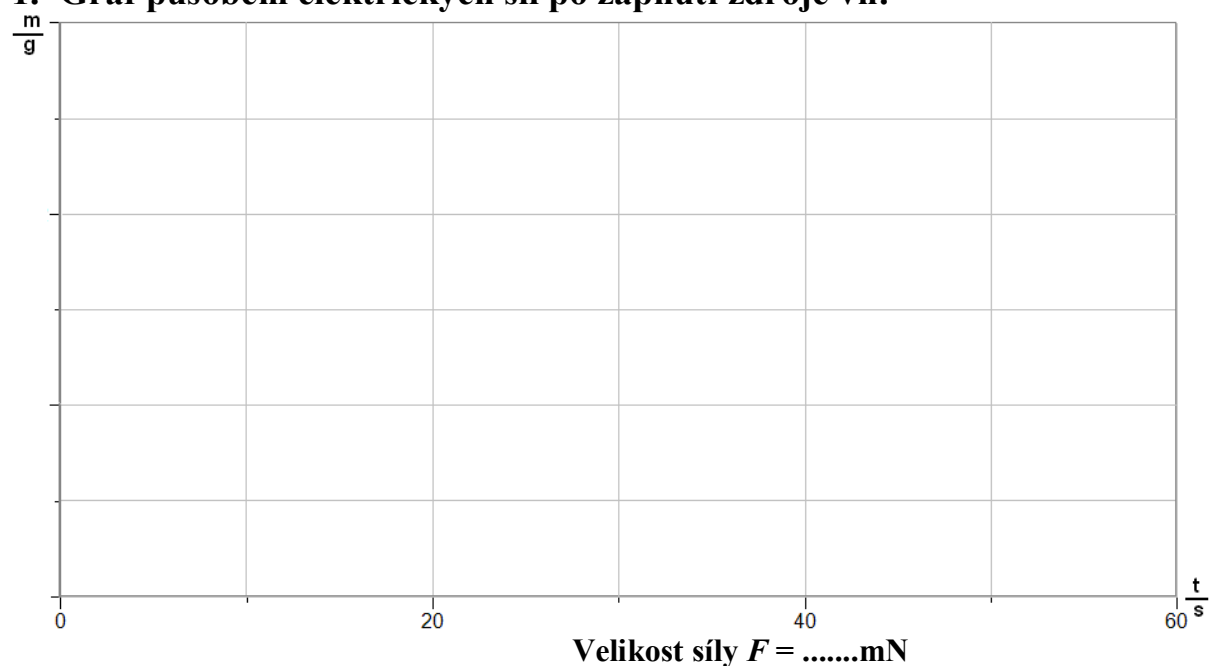
Doplňující otázky

1. Pouze přibližujeme a vzdalujeme nabitou tyč (ebonitovou nebo skleněnou) k tělesu (plechovce) a sledujeme, jak se mění náboj. O jaký jev se jedná? Čím je způsoben?
2. Plechovku připojíme ke zdroji kladného vn napětí (nabije se kladně). Měřič náboje připojíme ke kovové kuličce na izolovaném držáku. Zapneme měření a přejíždíme plynule v okolí svislé stěny plechovky (nedotýkáme se) přibližně ve stejné vzdálenosti. Sledujeme naměřené hodnoty. Co můžeme usoudit o rozložení náboje na povrchu plechovky?
3. Zkus změřit sílu mezi dvěma nesouhlasně nabitými tělesy. Zkus naměřené ověřit výpočtem.



Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.1 Elektrický náboj. Coulombův zákon.	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf působení elektrických sil po zapnutí zdroje vn:



2. Výpočet:

$$F_e = k \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} =$$

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} \cdot \left[1 - 4\left(\frac{a}{r}\right)^3 + 14\left(\frac{a}{r}\right)^6 - \dots \right] =$$

3. Tabulka - Závěr:

.....

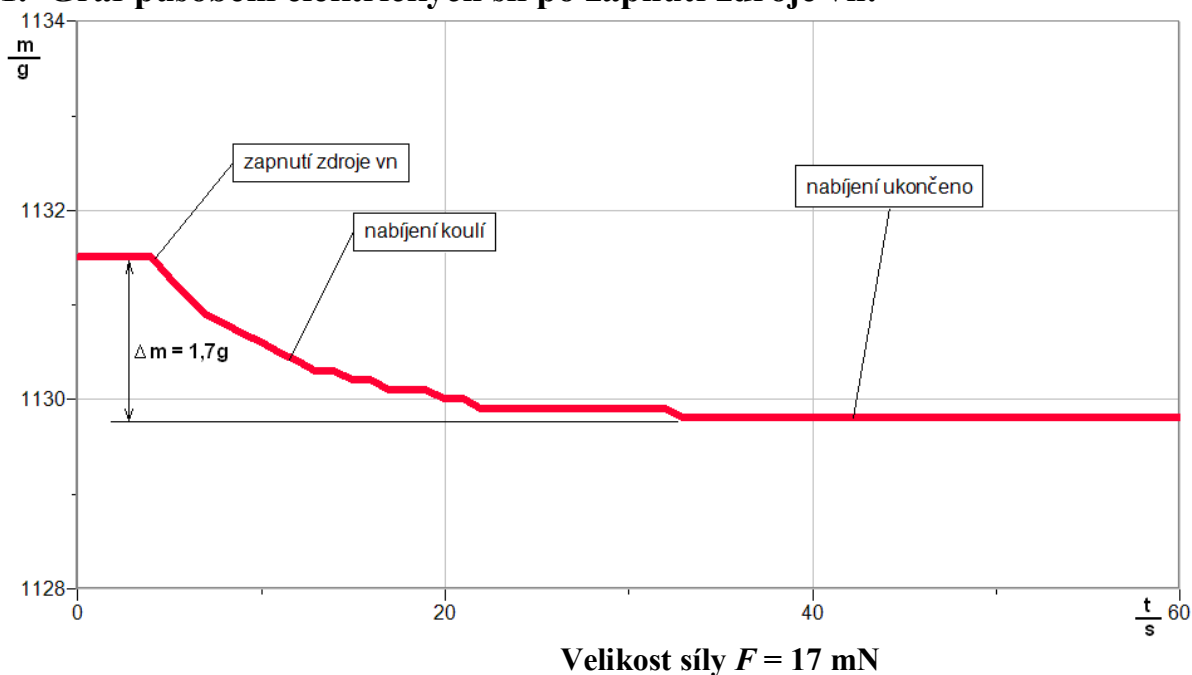
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.1 Elektrický náboj. Coulombův zákon.	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf působení elektrických sil po zapnutí zdroje vn:



2. Výpočet:

$$F_e = k \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(82 \cdot 10^{-9})^2}{0,06^2} = 16,8 \text{ mN}$$

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2} \cdot \left[1 - 4\left(\frac{a}{r}\right)^3 + 14\left(\frac{a}{r}\right)^6 - \dots \right] = 16,6 \text{ mN}$$

3. Závěr:

Naměřená hodnota elektrické síly se shoduje s vypočítanou.

Elektrický náboj a elektrické pole

7.2 KAPACITA KONDENZÁTORU

Fyzikální princip

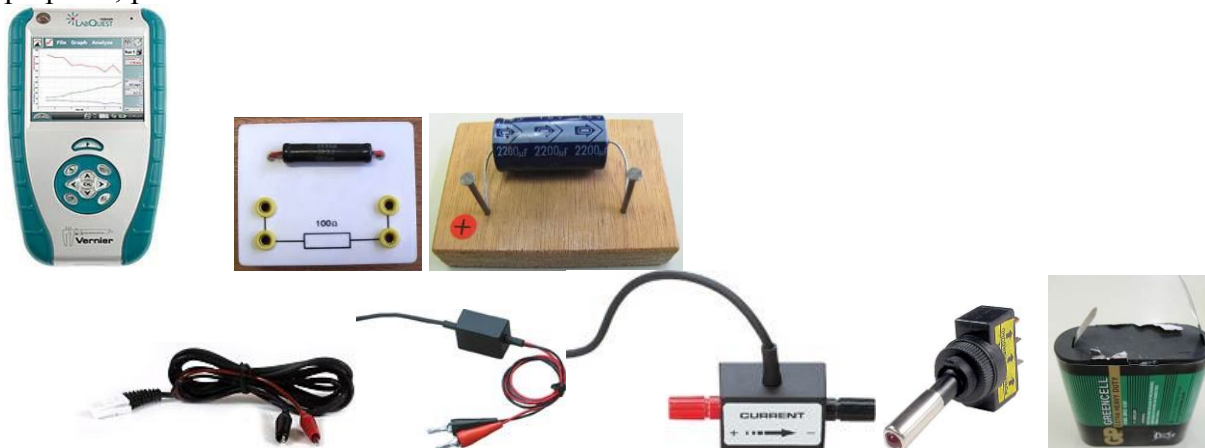
Kapacitu C kondenzátoru určíme jako podíl náboje na kondenzátoru Q a napětí U mezi deskami $C = \frac{Q}{U}$. Napětí změříme voltmetrem a náboj určíme z grafu $Q = f(t)$ jako plochu „pod“ grafem.

Cíl

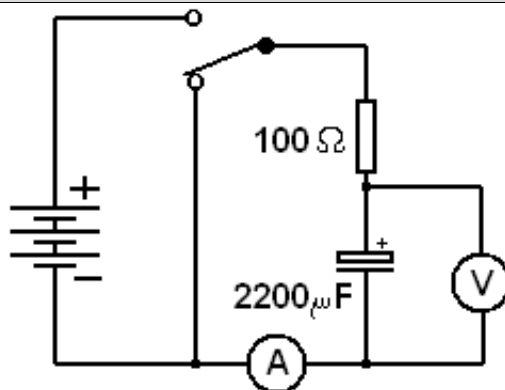
Určit kapacitu kondenzátoru pomocí přechodného děje – vybíjení kondenzátoru.

Pomůcky

LabQuest, rezistor 100 Ω , kondenzátor 2 200 μF , voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, přepínač, plochá baterie.



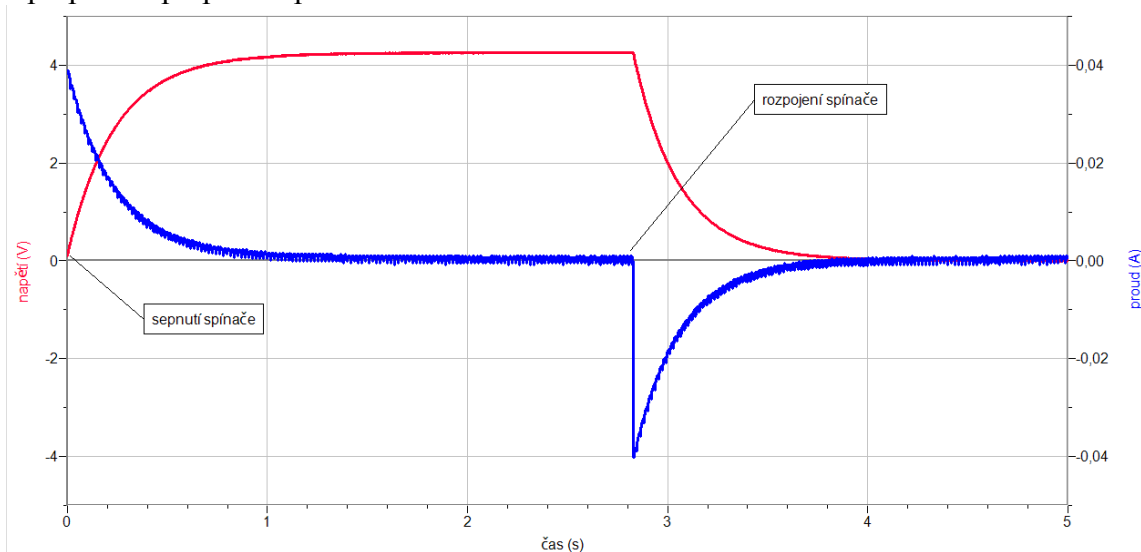
Schéma



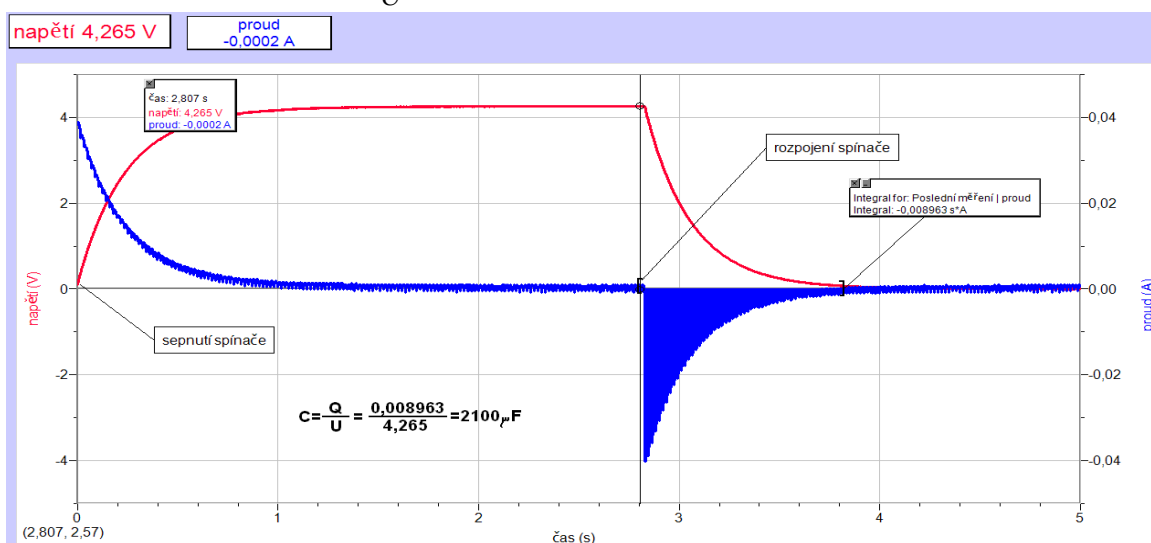
Postup

1. Připojíme voltmetr DVP-BTA k vstupu CH1 LabQuestu. Připojíme ampérmetr DCP-BTA k vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod dle schéma a).

- Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 5 s, Frekvence: 1 000 čtení/s. Trigger nastavíme na Zapnuto ... je rostoucí přes 0.01 V. Dále zvolíme zobrazení grafu.
- Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu.
- Přepneme přepínač do opačné polohy a asi po dvou až třech sekundách (odhadneme) přepneme přepínač zpět.



- Z grafu $U = f(t)$ určíme hodnotu napětí $U = \dots$ V těsně před přepnutím přepínače.
- Pomocí menu Analýza – Výpočet plochy pod píkem – Proud určíme plochu „pod“ píkem v grafu $I = f(t)$. Dostaneme tak náboj $Q = \dots$ C při vybíjení kondenzátoru.
- Vypočítáme kapacitu $C = \frac{Q}{U} = \dots F$.

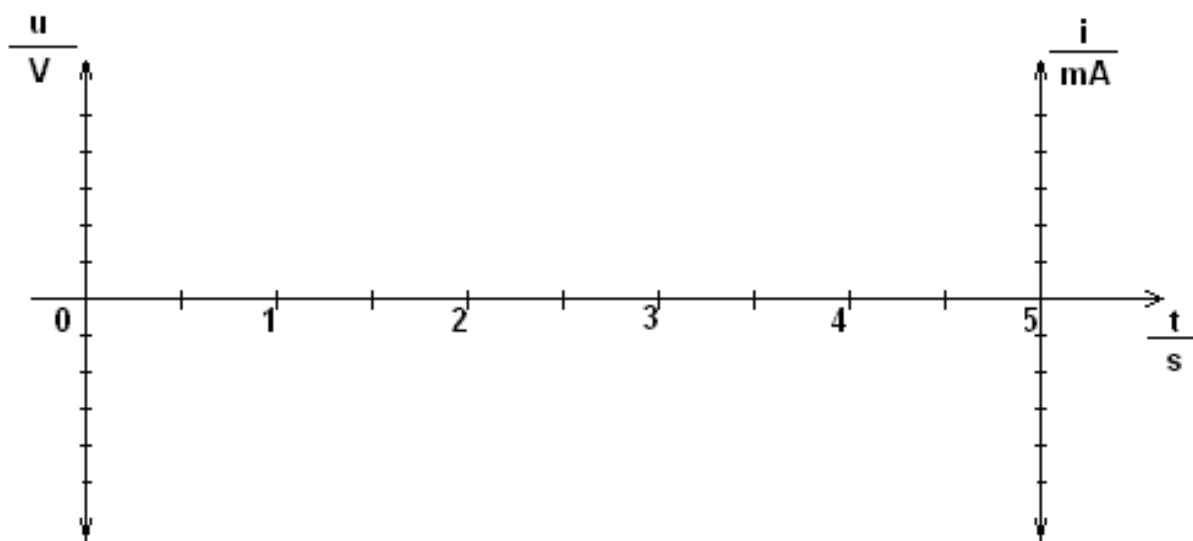


Doplňující otázky

- Urči kapacitu kondenzátoru pomocí střídavého proudu z kapacitance X_C .
- Zkus pro jiné hodnoty kondenzátorů a pro jiné hodnoty rezistoru (např. 1 000 Ω).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.2 Kapacita kondenzátoru	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf $U = f(t)$ a $I = f(t)$:



2. Výpočty:

a)

$$U =$$

$$Q =$$

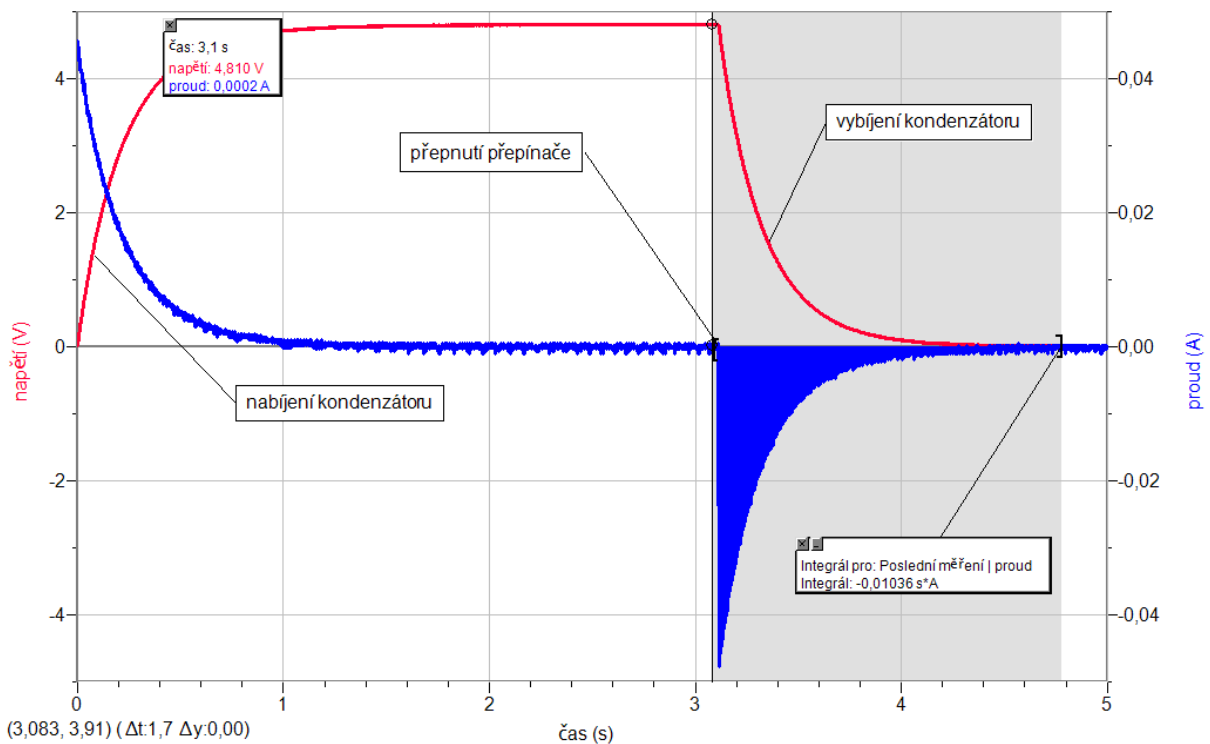
b)

$$C = \frac{Q}{U} =$$

3. Závěr:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.2 Kapacita kondenzátoru	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota: 25 °C
Datum:	Tlak: 998 hPa
Spolupracovali:	Vlhkost: 53 %

1. Graf $U = f(t)$ a $I = f(t)$:



2. Výpočty:

$$U = 4,81 \text{ V}$$

$$Q = 0,010036 \text{ C}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{0,01036}{4,81} = 0,00215 \text{ F}$$

3. Závěr:

Jmenovitá hodnota kapacity kondenzátoru je 2 200 μF .

Změřená a vypočítaná je 2 150 μF .

Elektrický náboj a elektrické pole

7.3 VYBÍJENÍ KONDENZÁTORŮ

Fyzikální princip

Kapacitu C kondenzátoru určíme jako podíl náboje na kondenzátoru Q a napětí U mezi deskami $C = \frac{Q}{U}$. Napětí změříme voltmetrem a náboj určíme z grafu $Q = f(t)$ jako plochu „pod“ grafem.

Cíl

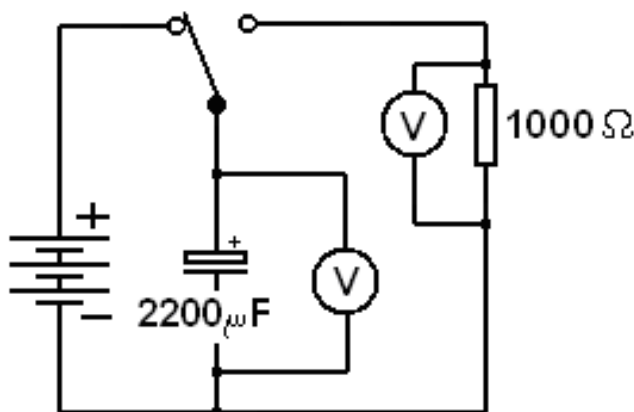
Změřit vybíjecí křivku kondenzátoru. Určit kapacitu kondenzátoru.

Pomůcky

LabQuest, rezistor 1 k Ω , 2 ks kondenzátory 2 200 μF , voltmetr VP-BTA, přepínač, plochá baterie.



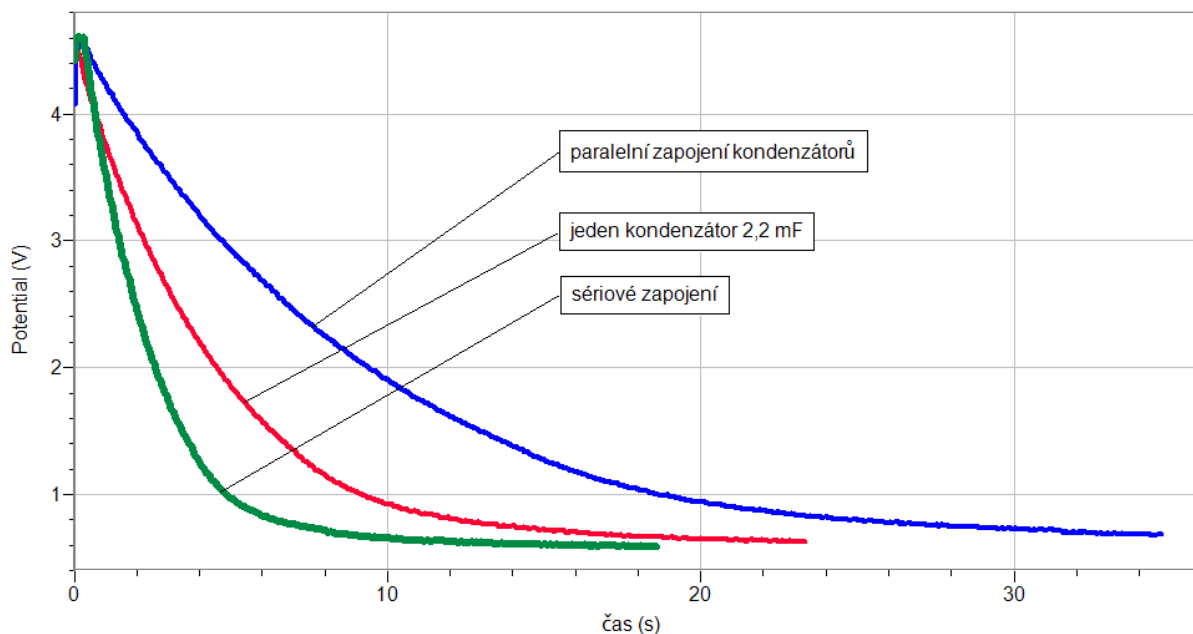
Schéma



Postup

1. **Připojíme** voltmetry DVP-BTA ke vstupu CH1 a CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 30 s, Frekvence: 1 000 čtení/s. Trigger nastavíme na Zapnuto ... je rostoucí přes 1 V. Dále zvolíme zobrazení grafu.

3. Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu.
4. Přepneme přepínač podle schéma a po sekundě (odhadneme) přepneme přepínač opačně.



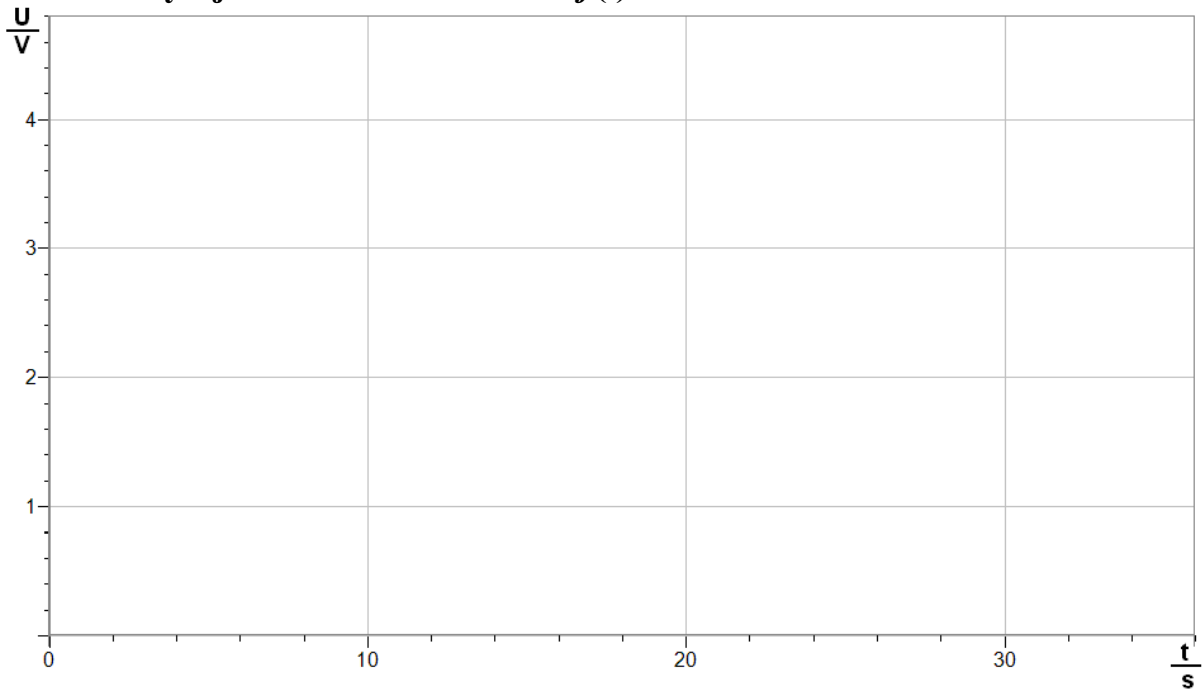
5. Měření uložíme. Opakujeme pro dva kondenzátory zapojené paralelně a do série.
6. Z grafu $U = f(t)$ určíme hodnotu napětí $U = \dots$ V (začátek měření).
7. Vytvoříme novou vypočítávanou veličinu $I = U/R$ ($R = 1\,000\ \Omega$)
8. Pomocí menu Analýza – Výpočet plochy pod píkem – Proud určíme plochu „pod“ píkem v grafu $I = f(t)$. Dostaneme tak náboj $Q = \dots$ C při vybíjení kondenzátoru.
9. Vypočítáme kapacitu $C = \frac{Q}{U} = \dots F$.

Doplňující otázky

1. Urči rovnici funkce $U = f(t)$, případně $I = f(t)$.
2. Urči kapacitu kondenzátoru pomocí střídavého proudu z kapacity X_C .
3. Zkus pro jiné hodnoty kondenzátorů a pro jiné hodnoty rezistoru (např. $10\ \text{k}\Omega$).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.3 Vybíjení kondenzátorů.	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf vybíjení kondenzátoru $U = f(t)$:



2. Funkce:

$$U = A \cdot e^{B \cdot t} + C = \dots\dots\dots$$

3. Závěr:

.....

.....

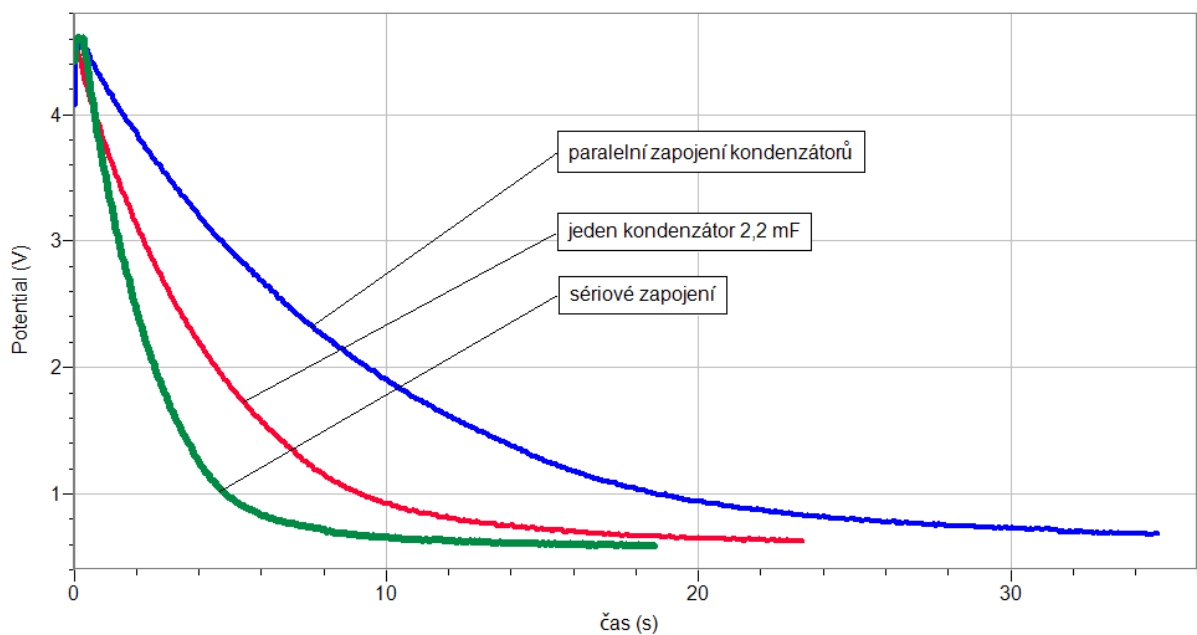
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.3 Vybíjení kondenzátorů.	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf vybíjení kondenzátoru $U = f(t)$:



2. Funkce:

$$U = A \cdot e^{B \cdot t} + C = 4,032 \cdot e^{-0,2375t} + 0,5981 \quad (\text{červený graf})$$

3. Závěr:

Napětí na kondenzátoru při vybíjení klesá podle exponenciální funkce.

Fyzikální princip

Ohmův zákon: Pokud má kovový vodič stálou teplotu, je **proud** procházející vodičem **přímo úměrný napětí** mezi konci vodiče ($r. 1826 \text{ G.S. Ohm}$). Grafem přímé úměrnosti je **přímka** procházející počátkem.

Cíl

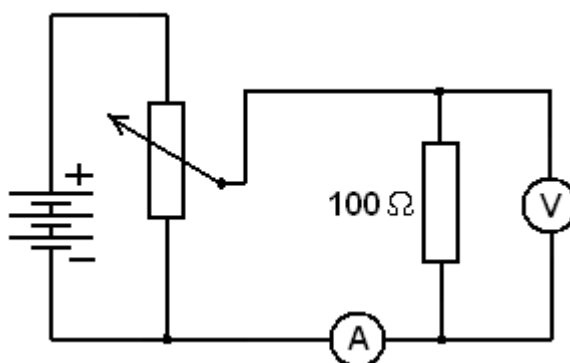
Ověřit Ohmův zákon pro wolframové vlákno žárovky a rezistory 12Ω , 33Ω a 100Ω .

Pomůcky

LabQuest, rezistor 33Ω a 100Ω , žárovka $6 \text{ V}/0,3 \text{ A}$, voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, plochá baterie, reostat.



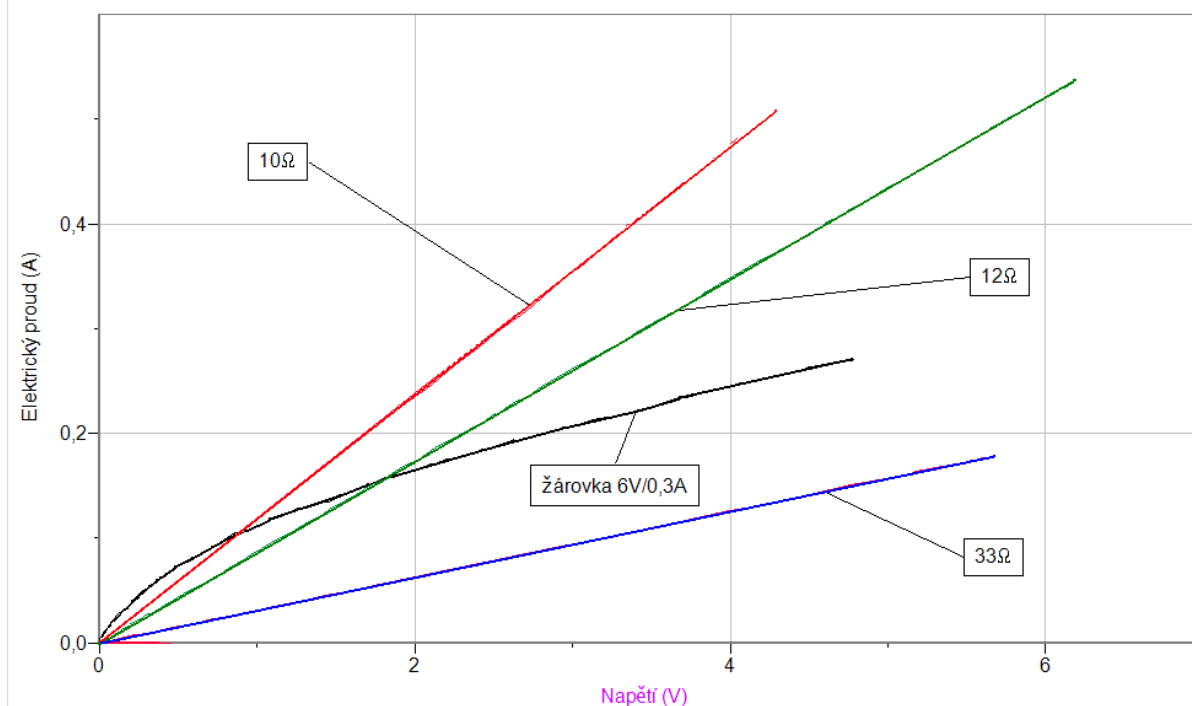
Schéma



Postup

1. **Připojíme** voltmetr DVP-BTA k vstupu CH1 LabQuestu. **Připojíme** ampérmetr DCP-BTA k vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 60 s, Frekvence: 2 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu.
3. V menu Graf nastavíme Ukázat graf – Graf 1. V menu graf na ose x zvolíme napětí; Vlevo: 0; Vpravo: 6 V. Na ose y zvolíme Elektrický proud a Spojovat body; Dole: 0 a Nahoře: 0,6 A. V menu Senzory zvolíme Vynulovat.

4. Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu.
5. Reostatem pomalu zvyšujeme napětí a proud. Hodnota napětí nesmí překročit 5 V a proud 0,6 A! Zobrazuje se tzv. voltampérová charakteristika. Po vykreslení celého grafu zvolíme v menu Graf – Uložit měření.
6. Opakujeme měření pro rezistor 33 Ω a pro žárovku.



7. Vyslovíme závěr (platnost Ohmova zákona).

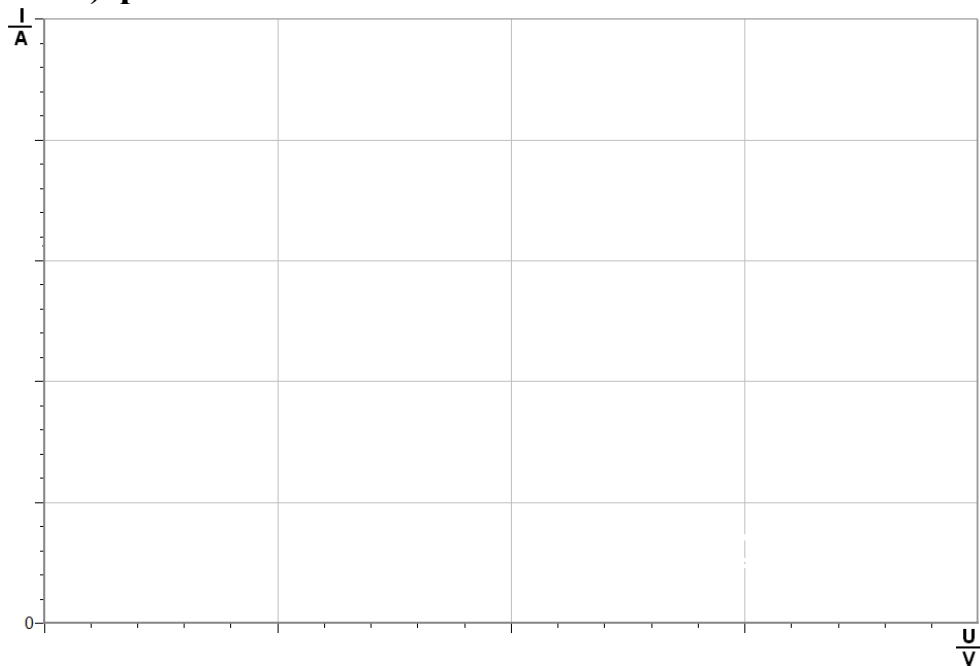
Doplňující otázky

1. Platí Ohmův zákon pro wolframové vlákno žárovky?
2. Porovnej voltampérové charakteristiky rezistorů s různými hodnotami odporů.
3. Zkus vymyslet, jak ověříš, že Ohmův zákon platí i pro wolframové vlákno žárovky.

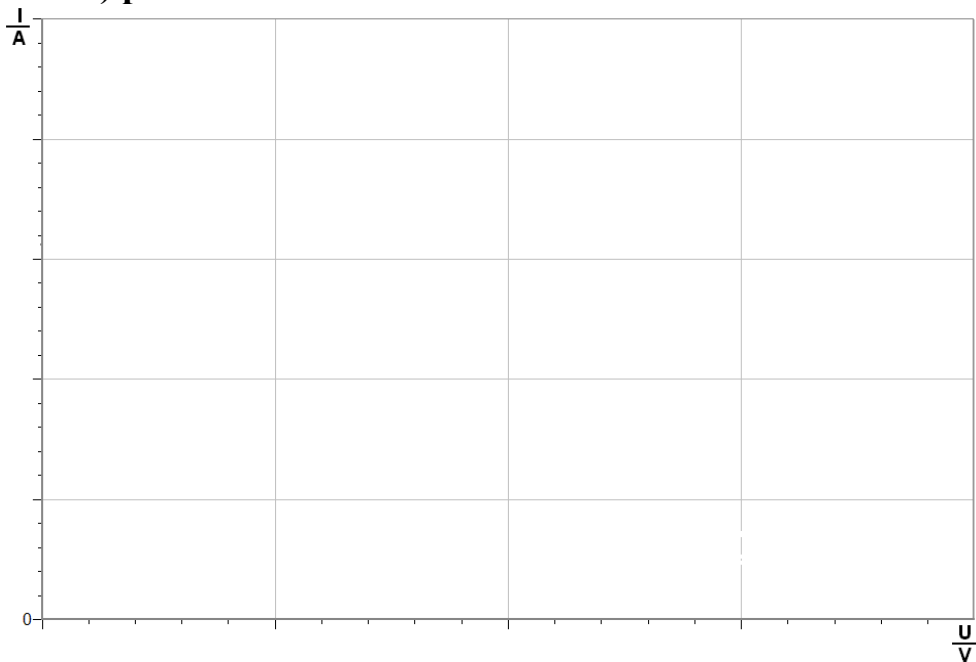
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.4 Ohmův zákon	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf závislosti proudu na napětí $I = f(U)$:

a) pro žárovku



b) pro vodič



2. Závěr:

.....

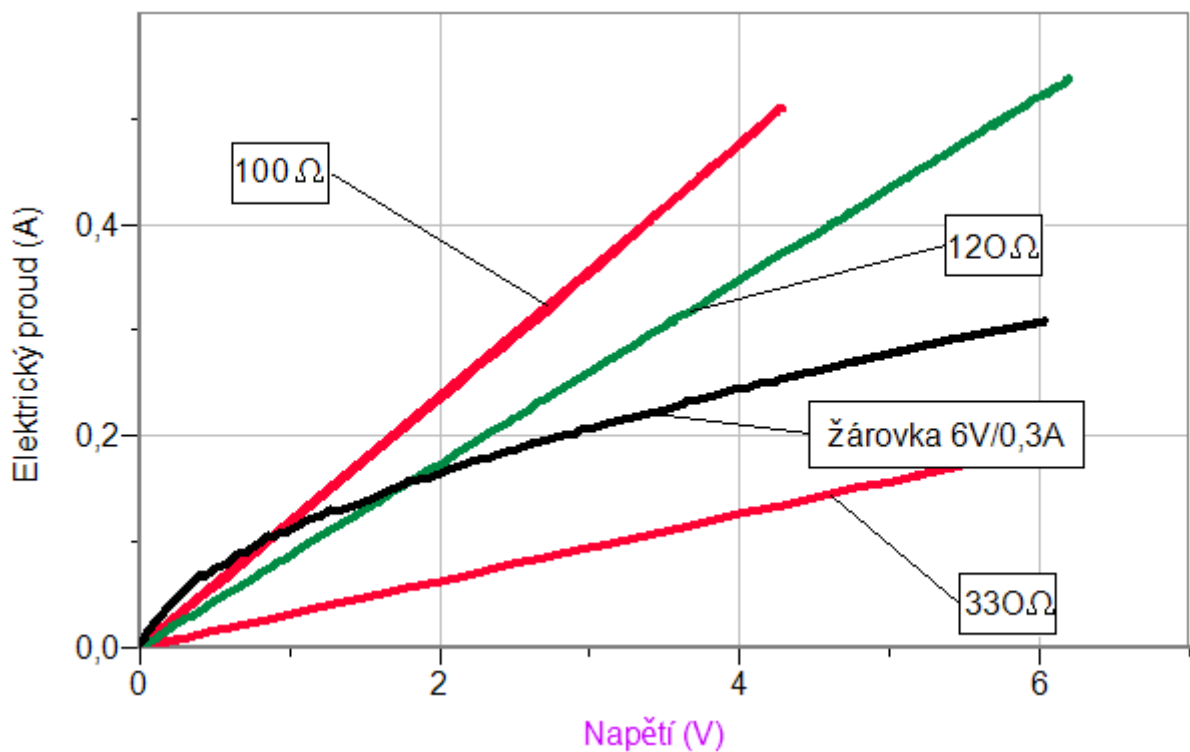
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.4 Ohmův zákon	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

**1. Graf závislosti proudu na napětí $I = f(U)$:
pro žárovku a pro vodič (rezistor)**



2. Závěr:

Pro žárovku nevyhází **přímá úměrnost** (Ohmův zákon), protože se teplota wolframového vlákna mění a tím i jeho odpor.

Pro rezistory (vodič) vychází **přímá úměrnost** (Ohmův zákon). Sklon polopřímky závisí na odporu vodiče – čím je odpor větší, tím je sklon menší.

Elektrický proud v kovech

7.5 OHMŮV ZÁKON PRO UZAVŘENÝ OBVOD

Fyzikální princip

Ohmův zákon pro uzavřený obvod: Proud v uzavřeném obvodu je roven podílu elektromotorického napětí U_e zdroje a celkového odporu $R + R_i$, kde R_i je vnitřní odpor zdroje.

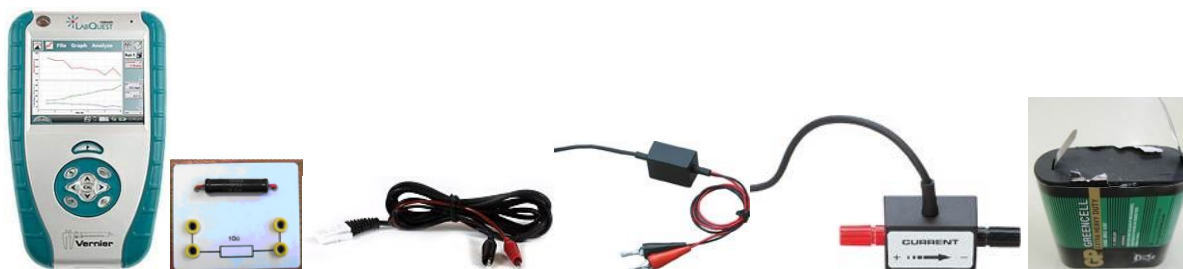
$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

Cíl

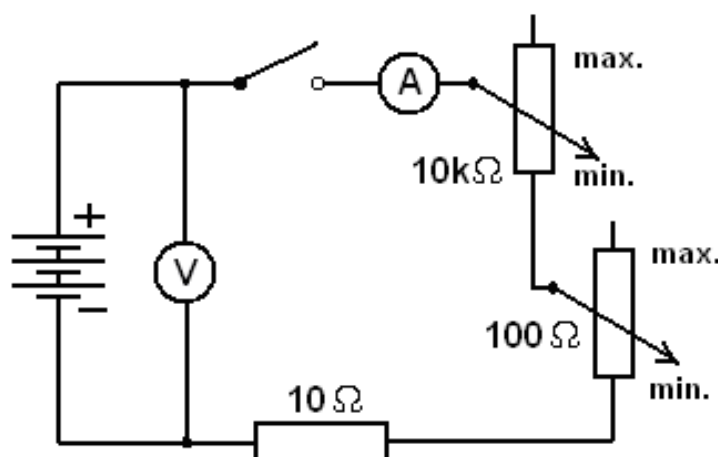
Ověřit Ohmův zákon pro uzavřený obvod.

Pomůcky

LabQuest, rezistor $10\ \Omega$, voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, plochá baterie, reostat $100\ \Omega$ a $10\ \text{k}\Omega$.




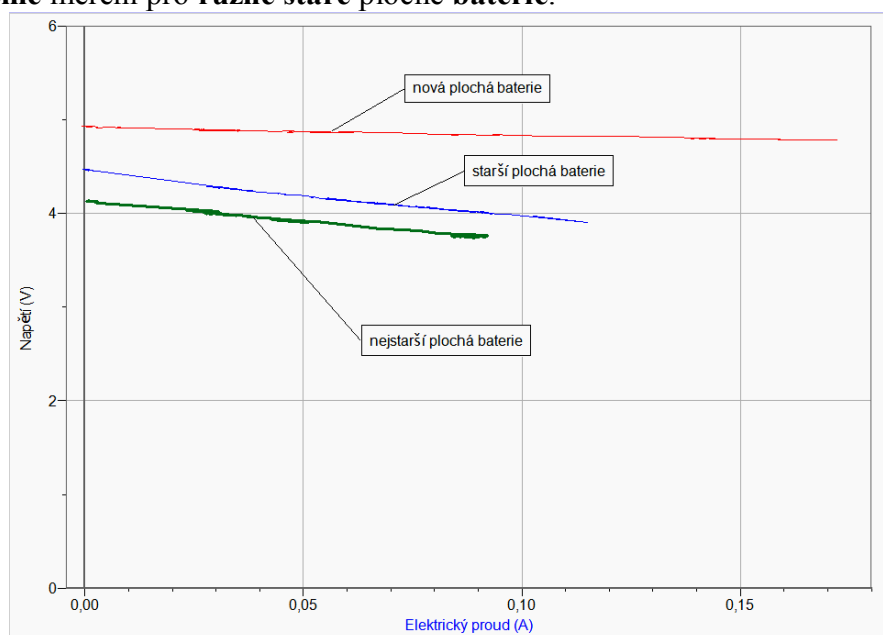
Schéma



Postup

1. **Připojíme** voltmetr DVP-BTA k vstupu CH1 LabQuestu. **Připojíme** ampérmetr DCP-BTA k vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.

2. **Zapneme** LabQuest a nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 20 s, Frekvence: 20 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. V menu Graf nastavíme Ukázat graf – Graf 1. V menu graf na ose **x zvolíme proud**; Vlevo: 0; Vpravo: 0,6 A. Na ose **y zvolíme Elektrické napětí** a Spojovat body; Dole: 0 a Nahoře: 6 V. V menu Sensory zvolíme Vynulovat - Ampérmetr. Reostat 100 Ω a 10 k Ω nastavíme na **max. hodnoty odporu**.
4. Stiskneme tlačítko **START** (měření) na LabQuestu. **Sepneme spínač**.
5. Reostatem 10 k Ω **pomalou** (10 s) zvětšujeme proud (hodnota odporu na min.). Jakmile reostat 10 k Ω vytočíme do krajní polohy (min.), pokračujeme stejně reostatem 100 Ω do krajní polohy (min.). Hodnota proudu **nesmí překročit 0,6 A**, což při napětí 4,5 V zajistí **rezistor 10 Ω** ! Zobrazuje se tzv. zatěžovací charakteristika zdroje. Po vykreslení celého grafu zvolíme v menu Graf – Uložit měření.
6. **Opakujeme** měření pro **různě staré ploché baterie**.



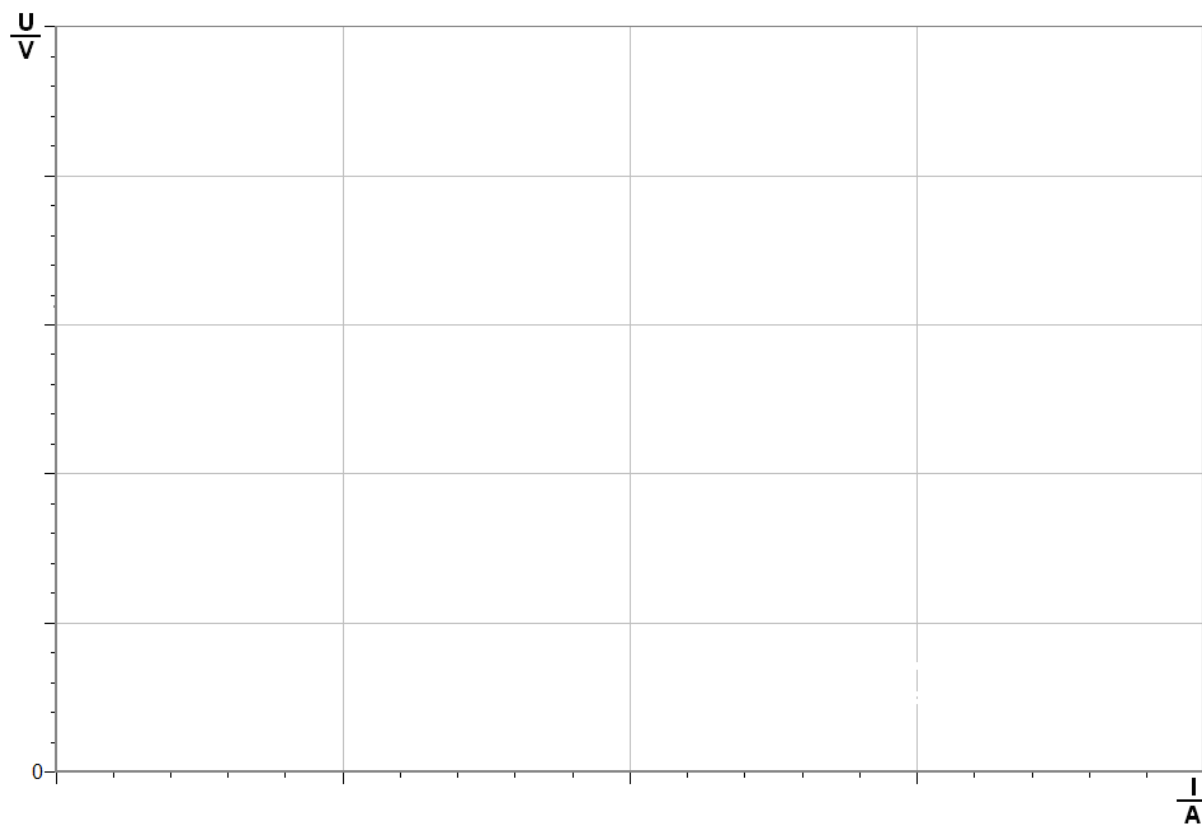
7. Provedeme **analýzu** jednotlivých grafů: V menu Analýza zvolíme **Fitovat** křivku Napětí. Vybereme typ rovnice **Lineární**. Určíme koeficienty lineární funkce. Opakujeme pro všechny grafy.
8. Vyslovíme závěr (platnost Ohmova zákona pro uzavřený obvod).

Doplňující otázky

1. Z koeficientů lineárních funkcí určete napětí **naprázdno** U_0 a **zkratový proud** I_k . Dále určete **vnitřní odpor** R_i ploché baterie nové a staré.
2. Vnitřní odpor ploché baterie se stářím zvětšuje. Jak se to projevuje na zatěžovací charakteristice.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.5 Ohmův zákon pro uzavřený obvod	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf závislosti proudu na napětí $U = f(I)$:



1. Výpočet: a) $U = f(I) = \dots\dots\dots$ $U_0 = \dots\dots$ V $I_k = \dots\dots$ A $R_i = \dots\dots$ Ω
b) $U = f(I) = \dots\dots\dots$ $U_0 = \dots\dots$ V $I_k = \dots\dots$ A $R_i = \dots\dots$ Ω

2. Závěr:

.....

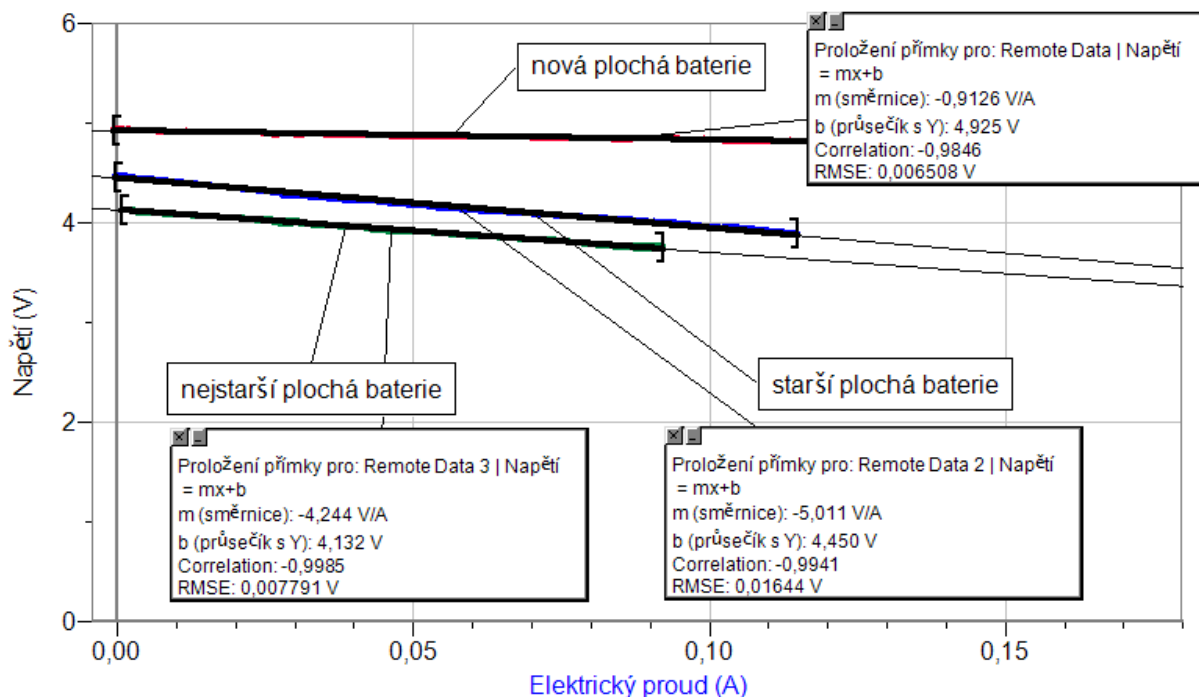
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.5 Ohmův zákon pro uzavřený obvod	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

2. Graf závislosti proudu na napětí $U = f(I)$:



3. Výpočet:

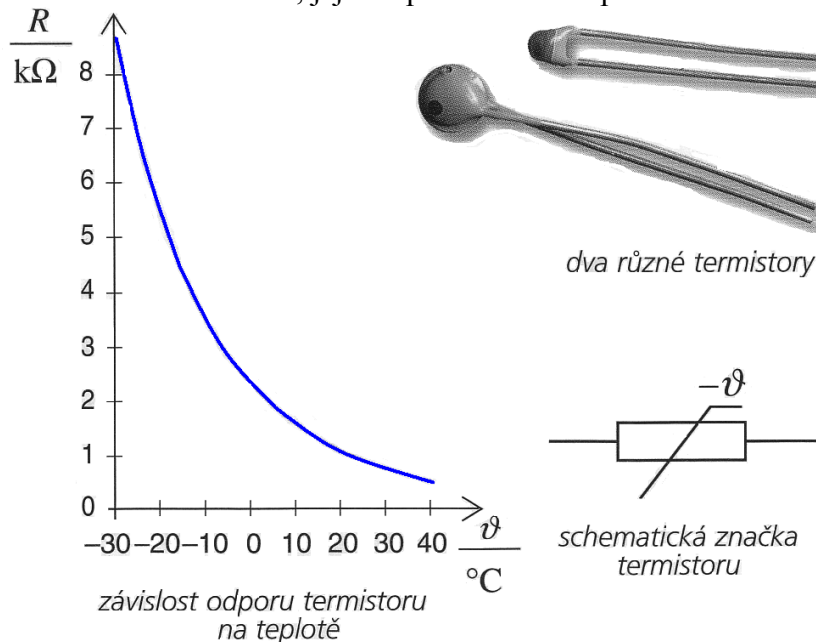
- a) $U = f(I) = -0,9126 \cdot I + 4,925$ $U_0 = 4,925 \text{ V}$ $I_k = 5,4 \text{ A}$ $R_i = 0,9126 \text{ } \Omega$
b) $U = f(I) = -5,011 \cdot I + 4,45$ $U_0 = 4,45 \text{ V}$ $I_k = 0,89 \text{ A}$ $R_i = 5,011 \text{ } \Omega$
c) $U = f(I) = -R_i \cdot I + U_0 = -4,244 \cdot I + 4,132$ $U_0 = 4,132 \text{ V}$ $I_k = 0,97 \text{ A}$ $R_i = 4,244 \text{ } \Omega$

4. Závěr:

Nová plochá baterie má větší svorkové napětí na prázdko U_0 , větší zkratový proud I_k a menší vnitřní odpor R_i . U starší (ré) ploché baterie je to naopak.

Fyzikální princip

Termistor je polovodičová součástka, jejíž odpor závisí na teplotě.



Z teorie vyplývá, že závislost odporu termistoru na teplotě je dána vztahem:

$$R = A \cdot e^{\frac{\beta}{T}} = A \cdot e^{\frac{\beta}{t+273,16}} \quad (1)$$

T ... termodynamická teplota
 A ... lineární koeficient

R ... odpor termistoru při dané teplotě T
 β ... index citlivosti materiálu termistoru

Pokud bychom chtěli využívat termistor jako teploměr, budeme potřebovat znát inverzní funkci (2), tedy funkci vyjadřující závislost teploty na odporu. Tuto funkci získáme z rovnice (1) aplikováním přirozeného logaritmu, následnou úpravou a převedením do Celsiovy stupnice:

$$t = \frac{\beta}{\ln R - \ln A} - 273,15 = \frac{\beta}{\ln \frac{R}{A}} - 273,15 \quad (2)$$

t ... teplota ve $^{\circ}\text{C}$

R ... odpor termistoru v Ω

Cíl

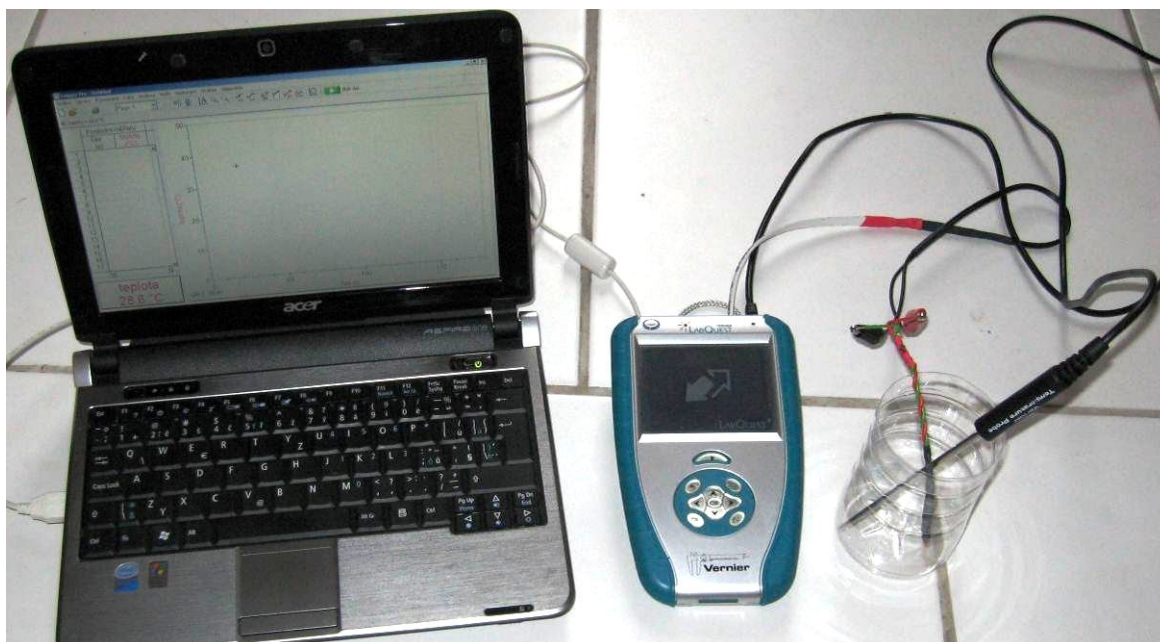
Změř **závislost** odporu termistoru na teplotě. Z grafu urči konstanty A a β .

Pomůcky

LabQuest, ohmmetr (musí být nainstalován!!), teploměr TMP-BTA, rychlovarná konvice s horkou vodou, termistory se jmenovitou hodnotou odporu 4,7 k Ω ; 10 k Ω ; 15 k Ω , počítač s programem Logger Pro.



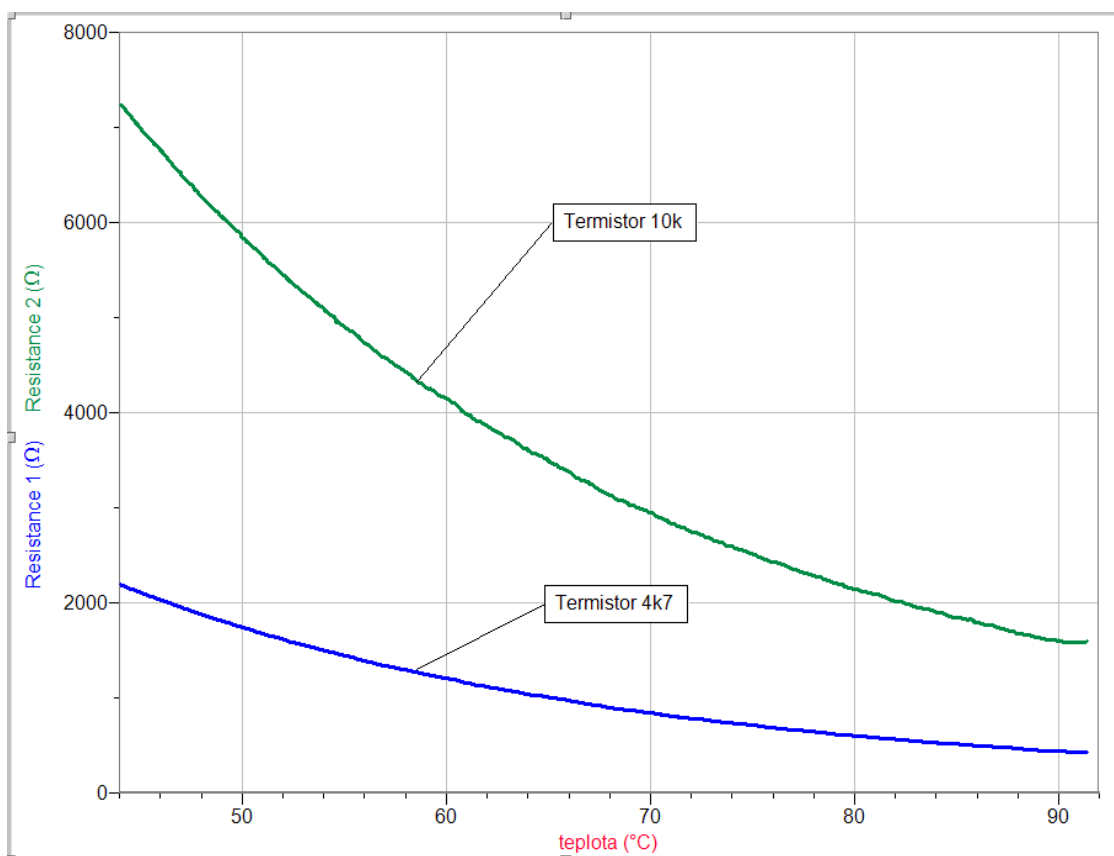
Schéma



Postup

1. V konvici si **ohřejeme** vodu.
2. Teploměr TMP-BTA **zapojíme** do konektoru **CH 2** a ohmmetr do konektoru **CH 1** LabQuestu.
3. K ohmmetru **připojíme** termistor (10 k Ω), který zastrčíme **společně** s teploměrem do kádinky.
4. LabQuest **připojíme** přes USB k počítači.
5. **Zapneme** LabQuest.
6. V programu LoggerPro v menu Vložit – Displej měřidla – Digitální **vložíme** okénko zobrazující hodnotu **Odporu** (Resistance).
7. V programu LoggerPro nastavíme v menu Experiment – Sběr dat: Trvání: **300 s**, Frekvence: **1 čtení/s**.
8. V programu LoggerPro nastavíme v menu Nastavení – Nastavení grafu na osu **y Odpor** a na osu **x Teplotu**.

9. **Nalejeme** horkou vodu z konvice do kádinky s teploměrem a termistorem a **zapneme Sběr dat** v programu LoggerPro.
10. Voda postupně chladne a počítač vykresluje graf závislosti $R = f(t)$. Ochlazování můžeme pomalu urychlovat opatrným přiléváním studené vody a současným mícháním. Pro hlubší ochlazení můžeme použít kousek ledu.
11. Po **skončení** měření (300 s) **uložíme** toto měření do paměti – menu Experiment – Uchovat poslední měření a můžeme opakovat měření pro další termistor. Nebo při měření použít současně dva ohmmetry (CH 2 a CH 3) a dva termistory.
12. **Porovnáme** naměřené průběhy grafů. **Vyslovíme** závěr.

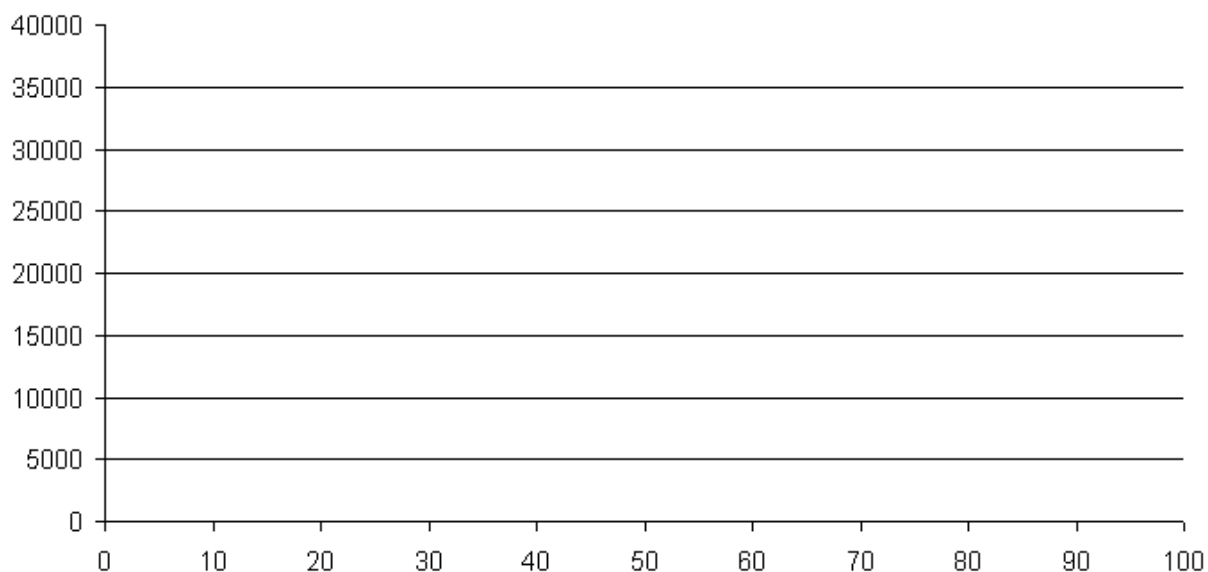


Doplňující otázky

1. Z programu Logger Pro z tabulky můžeme naměřená data pomocí Ctrl+C a Ctrl+V zkopírovat do programu Excel a tam je dále zpracovávat – sestavit graf, proložit funkcí. A konečně určit koeficienty A a β .
2. V programu Logger Pro můžeme v menu Analýza – Curve Fit zkusit proložit funkcí, kterou si vybereme ze seznamu. A určíme koeficienty A a β . Ověř výpočtem (Excel, kalkulačka), že zvolená funkce „funguje“.
3. Zdůvodněte, proč odpor termistoru klesá s rostoucí teplotou? Kde se toho využívá?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.6 Termistor	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Porovnej naměřené grafy:

3. Jaká je to funkce?:

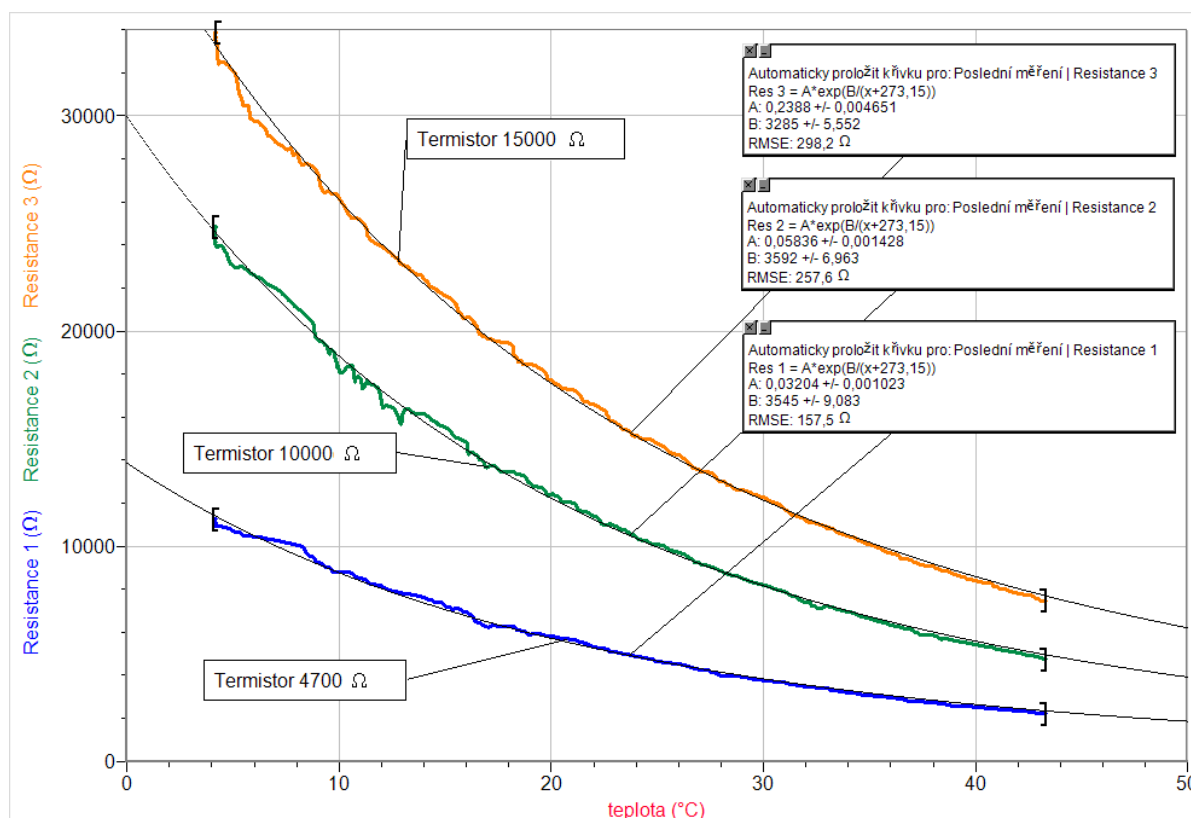
4. Určení koeficientů A a β a zapsání rovnic:

	β	A	$R = f(t)$	$t = f(R)$
Termistor				
Termistor				
Termistor				

5. Proč odpor R klesá s rostoucí teplotou?:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.6 Termistor	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf:



2. Porovnej naměřené grafy:

Termistory 15k, 10k a 4k7 dosahují jmenovité hodnoty přibližně při 25 °C. Termistory s větším jmenovitým odporem mají při stejné velké změně teploty větší změnu odporu. Index citlivosti materiálu je přibližně stejný.

3. Jaká je to funkce?:

Exponenciální, klesající, $R = A \cdot e^{\frac{\beta}{T}} = A \cdot e^{\frac{\beta}{t+273,16}}$

4. Určení koeficientů A a β a zapsání rovnic:

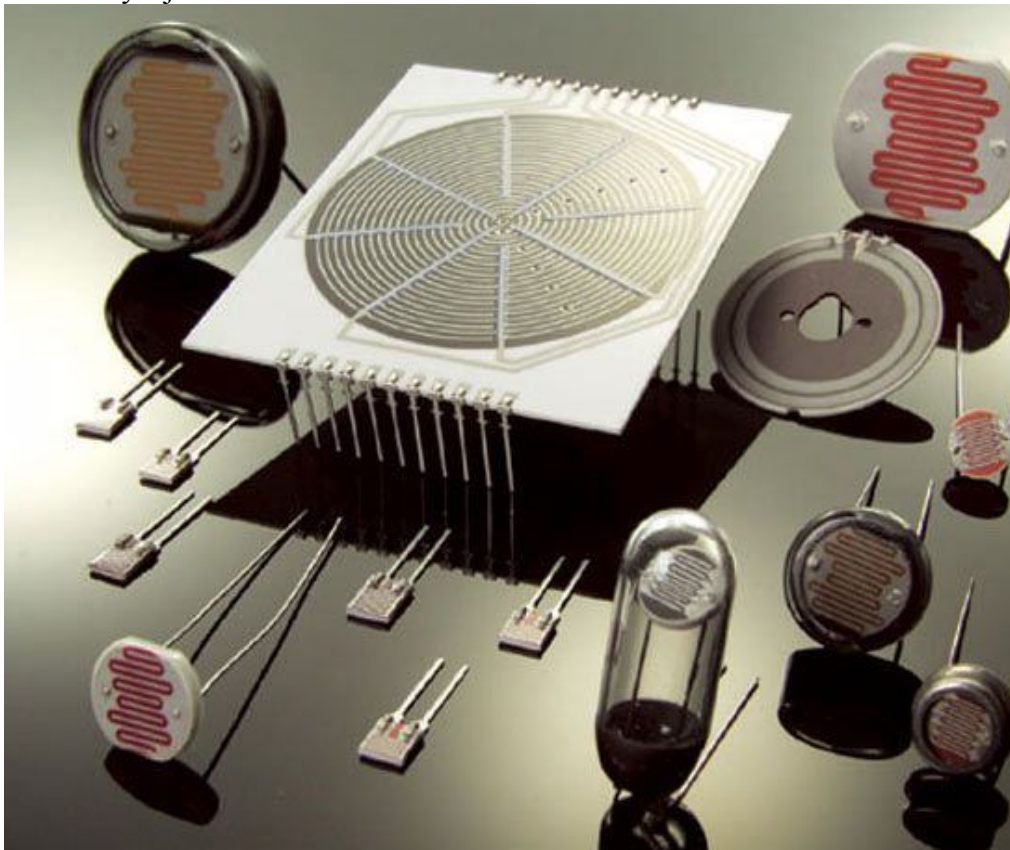
	β	A	$R = f(t)$	$t = f(R)$
Termistor 15000Ω	3285	0,2388	$R = 0,2388 \cdot e^{\frac{3285}{t+273,15}}$	$t = \frac{3285}{\ln R - \ln 0,2388} - 273,15$
Termistor 10000Ω	3592	0,05836	$R = 0,05836 \cdot e^{\frac{3592}{t+273,15}}$	$t = \frac{3592}{\ln R - \ln 0,05836} - 273,15$
Termistor 4700 Ω	3545	0,03204	$R = 0,03204 \cdot e^{\frac{3545}{t+273,15}}$	$t = \frac{3545}{\ln R - \ln 0,03204} - 273,15$

5. Proč odpor R klesá s rostoucí teplotou?:

S rostoucí teplotou se rychle zvyšuje hustota volných „vytřesených“ elektronů z vazeb a tím rezistivita rychle klesá.

Fyzikální princip

Fotorezistor (dříve označován jako fotoodpor) je pasivní elektrotechnická součástka bez PN přechodu, jejíž elektrický **odpor** R se snižuje se zvyšujícím se **osvětlením** E , resp. elektrická vodivost G se zvyšuje.



Princip fotorezistoru je založen na **vnitřním fotoelektrickém jevu**: světlo (foton) narazí do elektronu ve valenční sféře a předá mu svoji energii, tím elektron získá dostatek energie k překonání zakázaného pásu a skočí z valenčního pásu do vodivostního. Tím opustí svůj atom a pohybuje se jako volný elektron prostorem krystalové mřížky. Na jeho místě vznikla díra. Takto vzniklé volné elektrony přispívají ke snížení elektrického odporu R (zvýšení elektrické vodivosti G). Čím více světla na fotorezistor dopadá, tím vzniká více volných elektronů a zvyšuje se tím elektrická vodivost.

Funkce $R = f(E)$ je funkce mocninná $R = A \cdot E^{-B}$. Tuto funkci můžeme zlogaritmovat a převést na funkci lineární $\ln R = -B \cdot \ln E + \ln A$ nebo určit inverzní funkci $E = A^{\frac{1}{B}} \cdot R^{-\frac{1}{B}}$. Inverzní funkce může sloužit ke konstrukci **luxmetru** z fotorezistoru.

Cíl

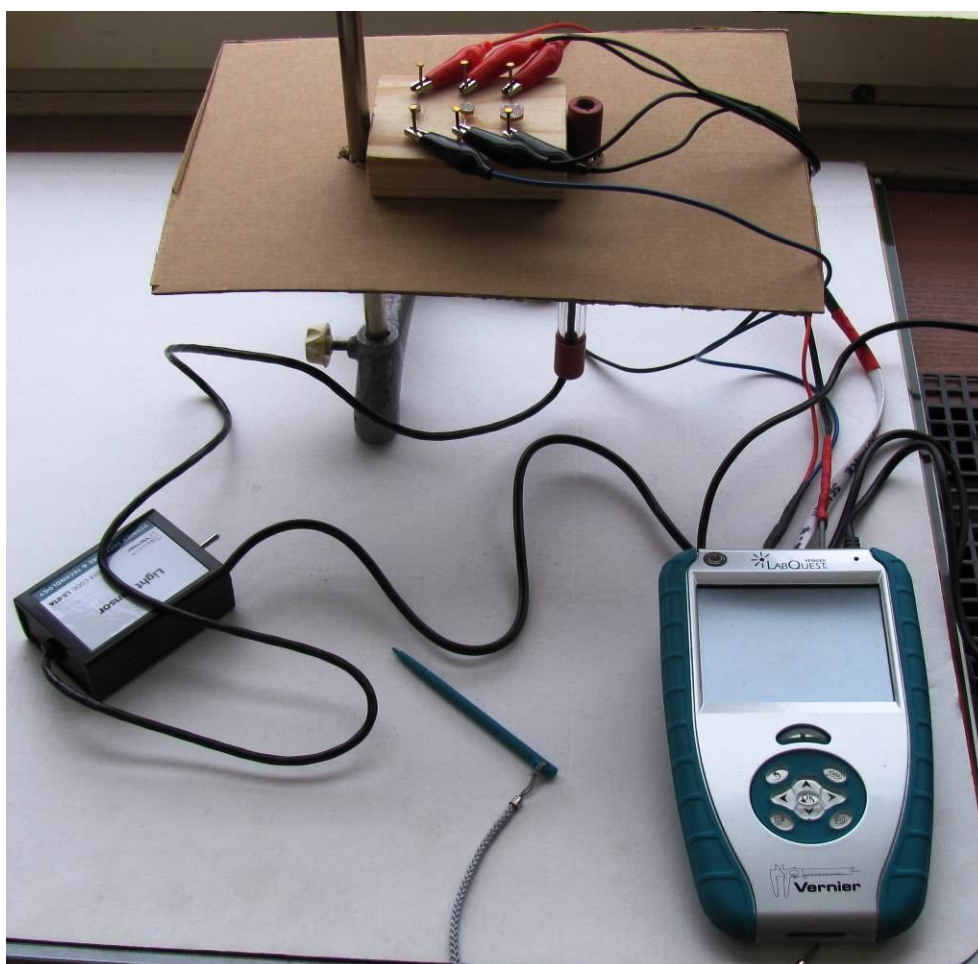
Změřit závislost odporu fotorezistoru na osvětlení. Z grafu určit konstanty A a B .

Pomůcky

LabQuest, 3 ohmmetry (ohmmetr musí být nainstalován!!), luxmetr LS-BTA, fotorezistory, počítač s programem Logger Pro.



Schéma



Postup

1. Luxmetr LS-BTA **zapojíme** do konektoru **CH 1**. Ohmmetry zapojíme do konektorů **CH 2, CH 3 a CH4** LabQuestu.
2. K ohmmetrům **připojíme** fotorezistory.
3. LabQuest **připojíme** přes USB k počítači.
4. **Zapneme** LabQuest.

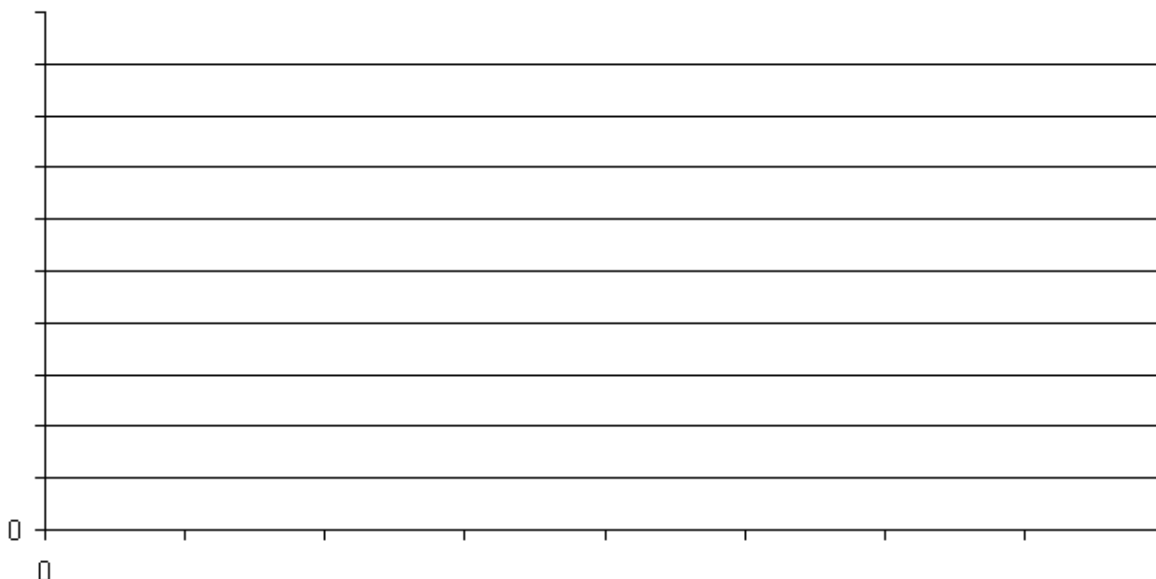
5. V programu LoggerPro v menu Vložit – Displej měřidla – Digitální **vložíme** okénko zobrazující hodnotu **Odporu** (Resistance).
6. V programu LoggerPro nastavíme v menu Experiment – Sběr dat: Trvání: **300 s**, Frekvence: **1 čtení/s**.
7. V programu LoggerPro nastavíme v menu Nastavení – Nastavení grafu na osu **y Odpor** a na osu **x Osvětlení**.
8. Těsně vedle fotorezistorů umístíme luxmetr.
9. Budeme postupně více a více zakrývat papíry fotorezistory s luxmetrem. Tím dosáhneme změnu osvětlení a odporu fotorezistorů. Zastavíme měření.
10. **Porovnáme** naměřené průběhy grafů.
11. **Provedeme** analýzu grafů. Určíme konstanty mocninné funkce A a B. **Vyslovíme** závěr.

Doplňující otázky

1. Z programu Logger Pro z tabulky můžeme naměřená data pomocí *Ctrl+C* a *Ctrl+V* zkopírovat do programu Excel a tam je dále zpracovávat – setrojit graf, proložit funkcí. A konečně určit koeficienty A a B.
2. Ověř výpočtem (Excel, kalkulačka), že určená funkce „funguje“.
3. Zdůvodněte, proč odpor fotorezistoru klesá s rostoucí teplotou? Kde se toho využívá?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.7 Fotorezistor	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Porovnej naměřené grafy:

3. Jaká je to funkce?:

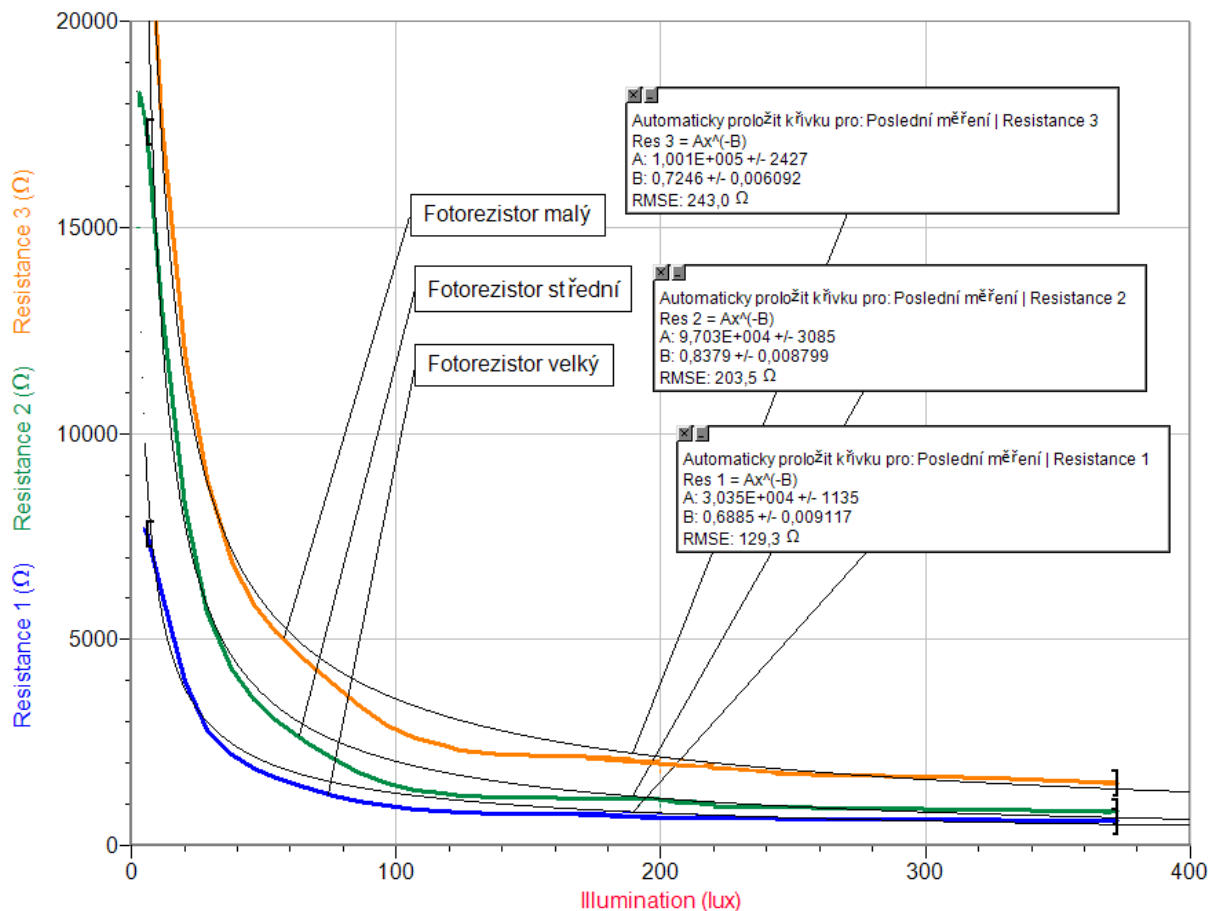
4. Určení koeficientů A a B a zapsání rovnic:

	A	B	$R = f(E)$	$E = f(R)$
Fotorezistor malý				
Fotorezistor střední				
Fotorezistor velký				

5. Proč odpor R klesá s rostoucím osvětlením E ?:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.7 Fotorezistor	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf:



2. Porovnej naměřené grafy:

Pro tři měřené fotorezistory jsou průběhy funkcí podobné. U malého a středního fotorezistoru je pokles odporu R větší, než u velkého fotorezistoru při stejně velké změně osvětlení E .

3. Jaká je to funkce?:

Funkce $R=f(E)$ je funkce mocninná $R=A \cdot E^B$. Je to funkce klesající.

4. Určení koeficientů A a B a zapsání rovnic:

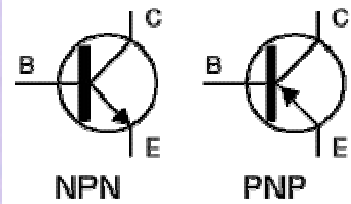
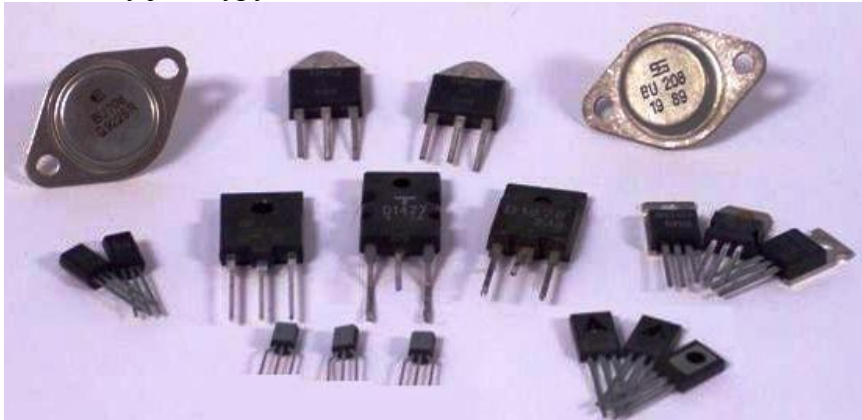
	A	B	$R = f(E)$	$E = f(R)$
Fotorezistor malý	100100	0,7246	$R=100100 \cdot E^{-0,7246}$	$E = A^{\frac{1}{B}} \cdot R^{-\frac{1}{B}} = 7960821 \cdot R^{-1,38}$
Fotorezistor střední	97030	0,8379	$R=97030 \cdot E^{-0,8379}$	$E = A^{\frac{1}{B}} \cdot R^{-\frac{1}{B}} = 894688 \cdot R^{-1,193}$
Fotorezistor velký	30350	0,6885	$R=30350 \cdot E^{-0,6885}$	$E = A^{\frac{1}{B}} \cdot R^{-\frac{1}{B}} = 3236193 \cdot R^{-1,452}$

5. Proč odpor R klesá s rostoucím osvětlením E ?:

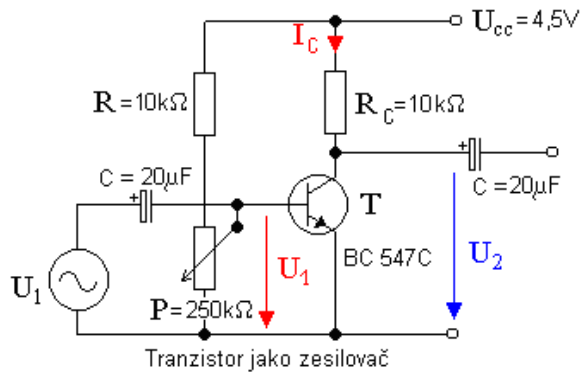
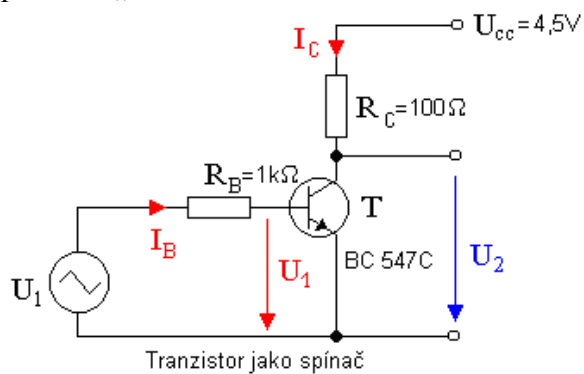
Čím více světla na fotorezistor dopadá, tím více elektronů přeskočí z valenčního pásu do vodivostního a tím vzniká více volných elektronů a zvyšuje se tím elektrická vodivost – zmenšuje se odpor R .

Fyzikální princip

Tranzistor je polovodičová součástka se dvěma přechody PN. Střední část krystalu polovodiče je **báze B** a přechody PN ji oddělují od oblasti s opačným typem vodivosti **kolektorem C** a **emitorem E**. Podle druhu vodivosti jednotlivých částí označujeme tranzistory jako typy NPN a PNP.



Základní funkce tranzistoru: Malé napětí v obvodu báze vzbuzuje proud, který je příčinou mnohokrát většího proudu v obvodu kolektorovém. Tranzistor se používá jako „elektronický spínač“ a „zesilovač“.



Cíl

Ověřit činnost tranzistorového spínače a tranzistorového zesilovače.

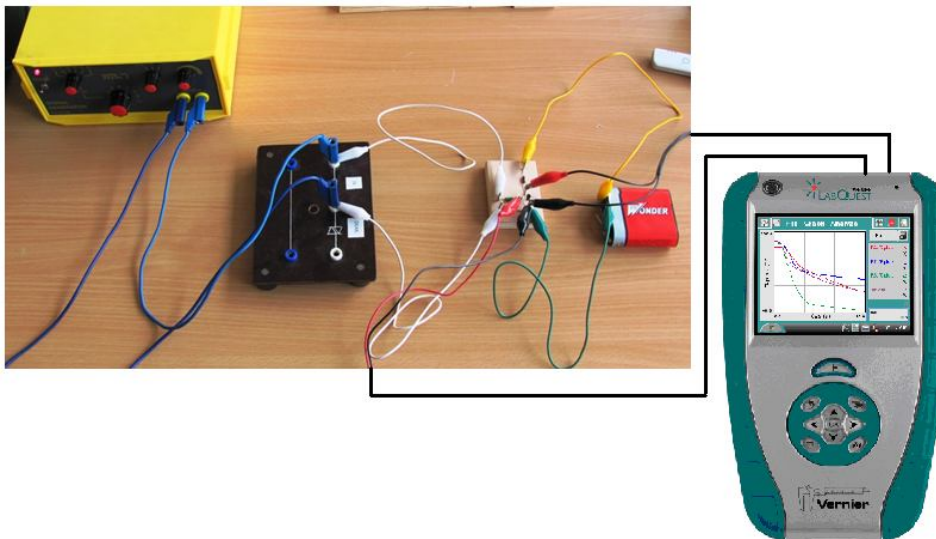
Pomůcky

LabQuest, dva voltmetry VP-BTA, zapojení tranzistoru jako spínače a zesilovače (podle schéma), generátor signálu (může být použit i druhý LabQuest se zesilovačem), baterie 4,5 V.

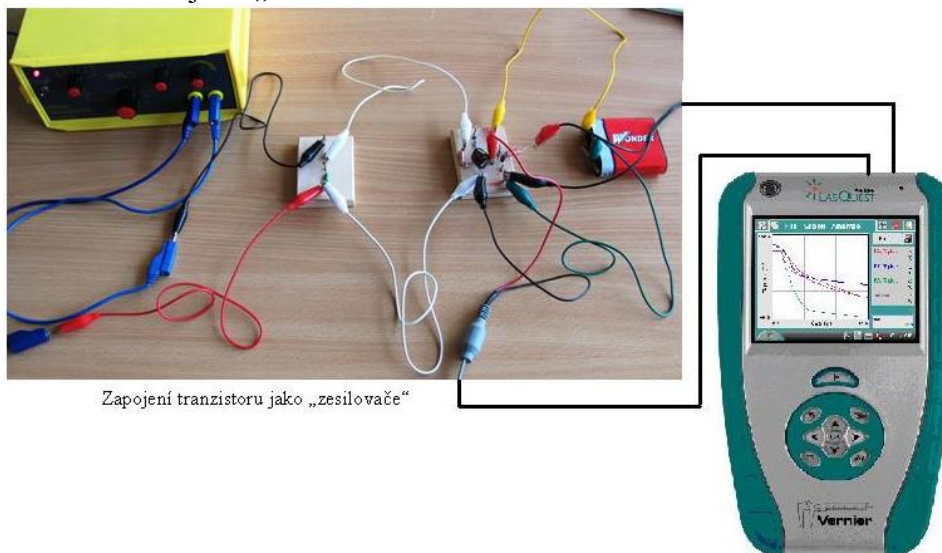


Schéma

a) Zapojení tranzistoru jako „spínače“



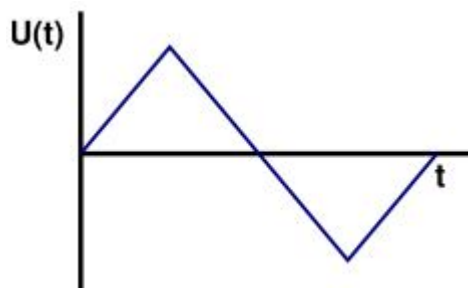
b) Zapojení tranzistoru jako „zesilovače“





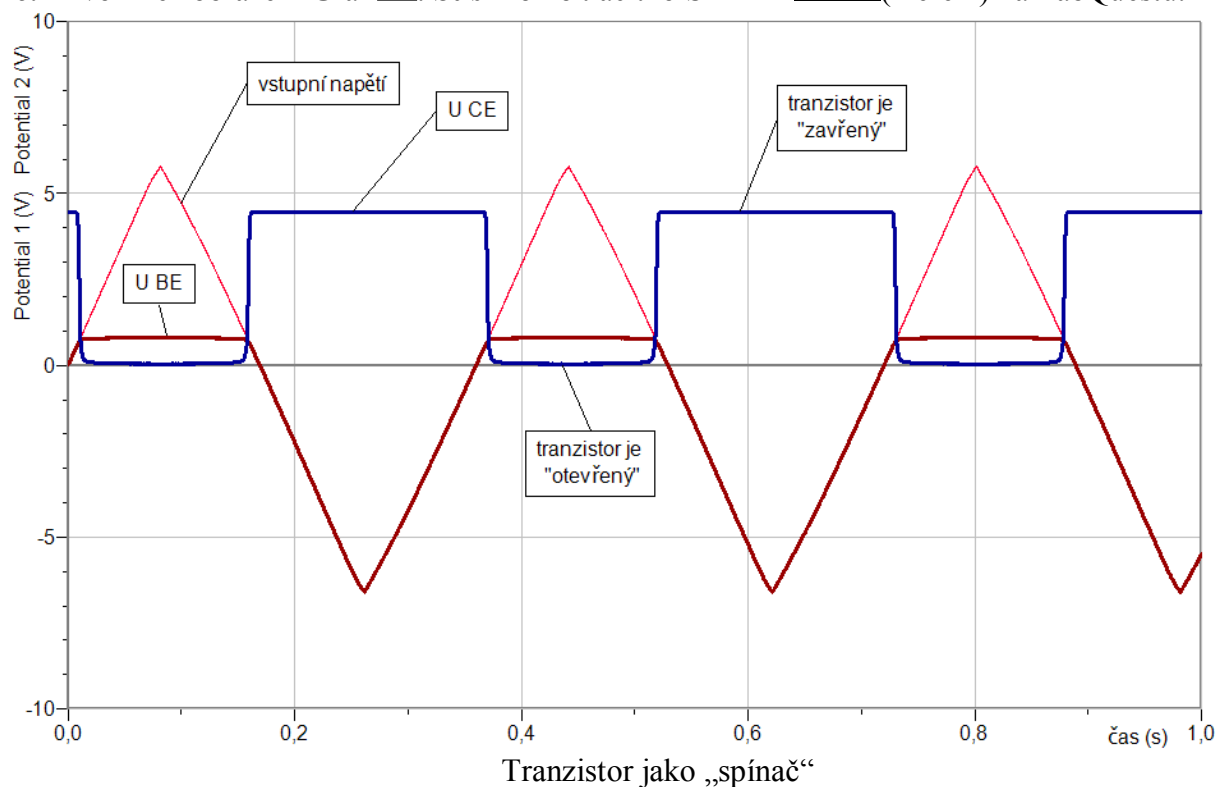
Zapojení tranzistoru jako „zesilovače“

Postup

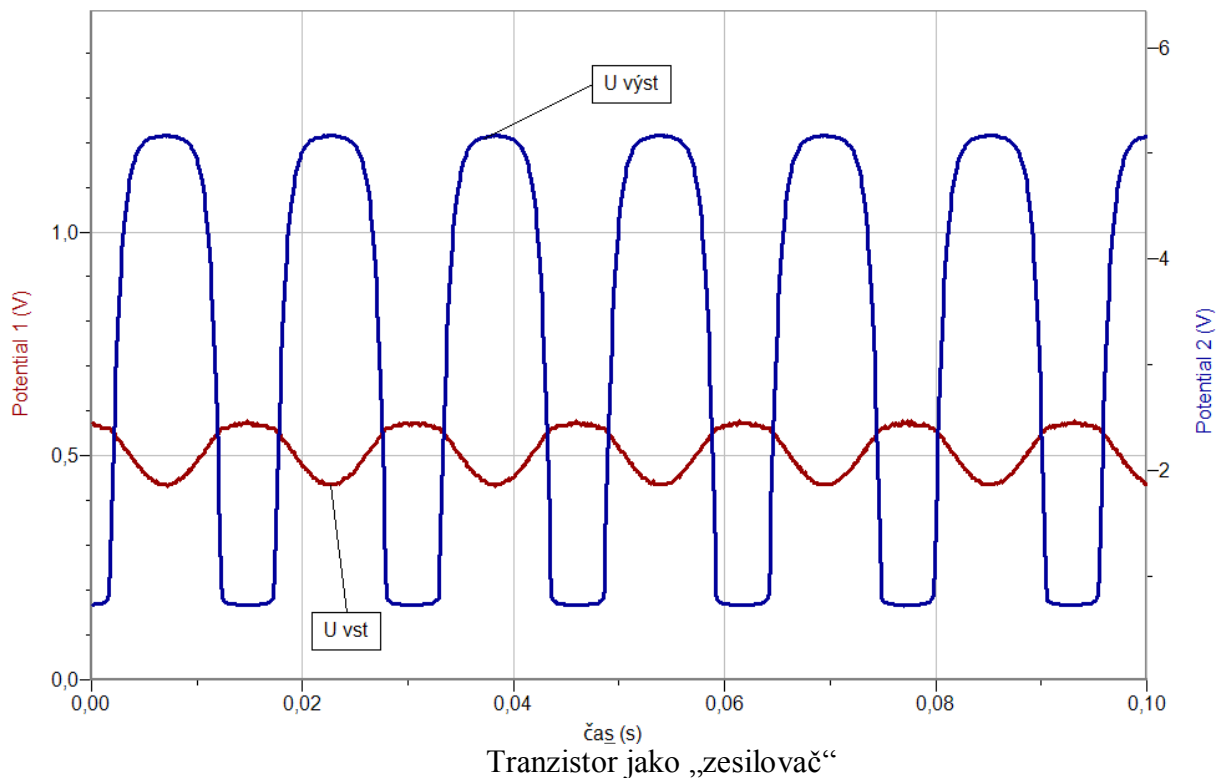
1. Voltmetry zapojíme do konektorů **CH 1** a **CH 2** LabQuestu.
2. Zapojíme tranzistor jako „spínač“ podle schéma a). Voltmetry měříme napětí U_{BE} (U_1) a U_{CE} (U_2).
3. Na generátoru signálu nastavíme **trojúhelníkový** signál. Velikost amplitudy kolem 5 V.





4. Voltmetr U_1 připojíme mezi bázi a emitor (U_{BE}). Voltmetr U_2 připojíme mezi kolektor a emitor (U_{CE}).
5. **Zapneme** LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 3 s, Frekvence: 10 000 čtení/s.
6. Zvolíme zobrazení Graf . **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu.



7. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Uchovat poslední měření.
8. Zapojíme tranzistor jako „zesilovač“ podle schéma b). Voltmetry měříme napětí U_{BE} (U_1) a U_{CE} (U_2). Potenciometrem P nastavíme „**pracovní bod tranzistoru**“ – U_{CE} bude mít přibližně poloviční hodnotu napájecího napětí (jestliže napětí zdroje je $U_B = 4,5$ V $\rightarrow U_{CE} = 2,25$ V).
9. Na generátoru signálu nastavíme **sinusový** signál. Velikost amplitudy kolem 0,15 V.
10. V menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 0,1 s, Frekvence: 10 000 čtení/s.



11. Zvolíme zobrazení Graf . Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
12. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Uchovat poslední měření.
13. Určíme jaký je poměr U_{CE}/U_{BE} .
14. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Při jakém napětí U_{BE} tranzistor „sepne“? Jak dlouho probíhá „sepnutí“? (tranzistor jako spínač)
2. Zkus měnit kmitočet vstupního napětí zesilovače?
3. Zkus měnit nastavení pracovního bodu. Jaký to má vliv na výstupní signál?
4. Zkus měnit velikost střídavého vstupního napětí. Jaký to má vliv na tvar výstupního napětí?
5. Urči zesilovací činitel?
6. Je výstupní signál „zkreslený“? Co je příčinou?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.8 Tranzistor jako spínač a zesilovač	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Schéma:

a) Tranzistor jako spínač

b) Tranzistor jako zesilovač

2. Grafy:

a) Tranzistor jako spínač

b) Tranzistor jako zesilovač

3. Závěr:

.....

.....

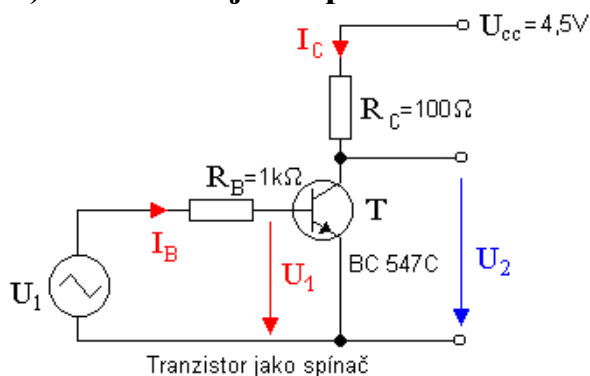
.....

.....

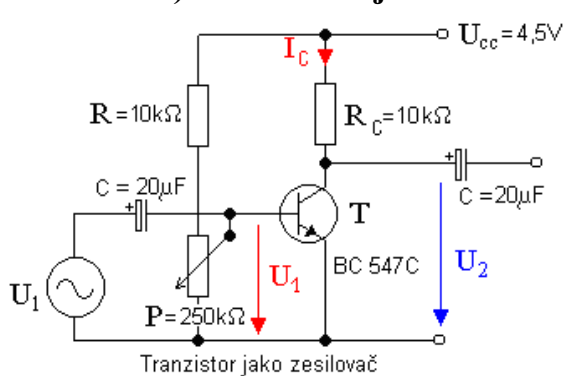
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.8 Tranzistor jako spínač a zesilovač	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Schéma:

a) Tranzistor jako spínač

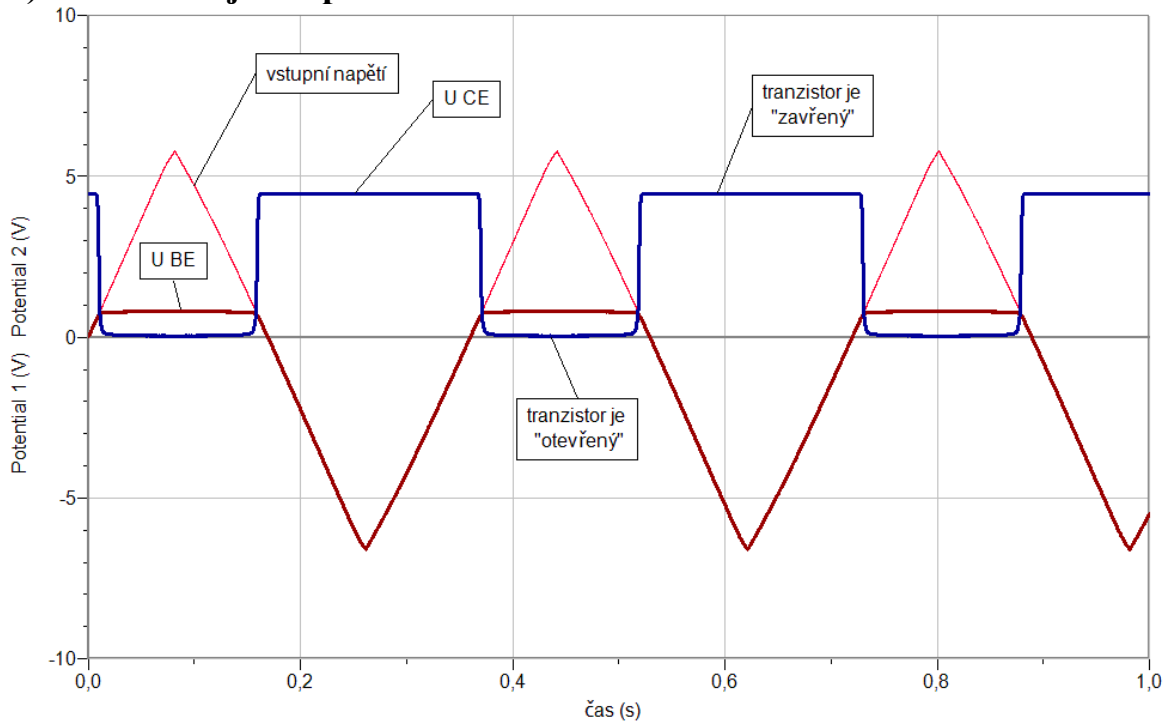


b) Tranzistor jako zesilovač

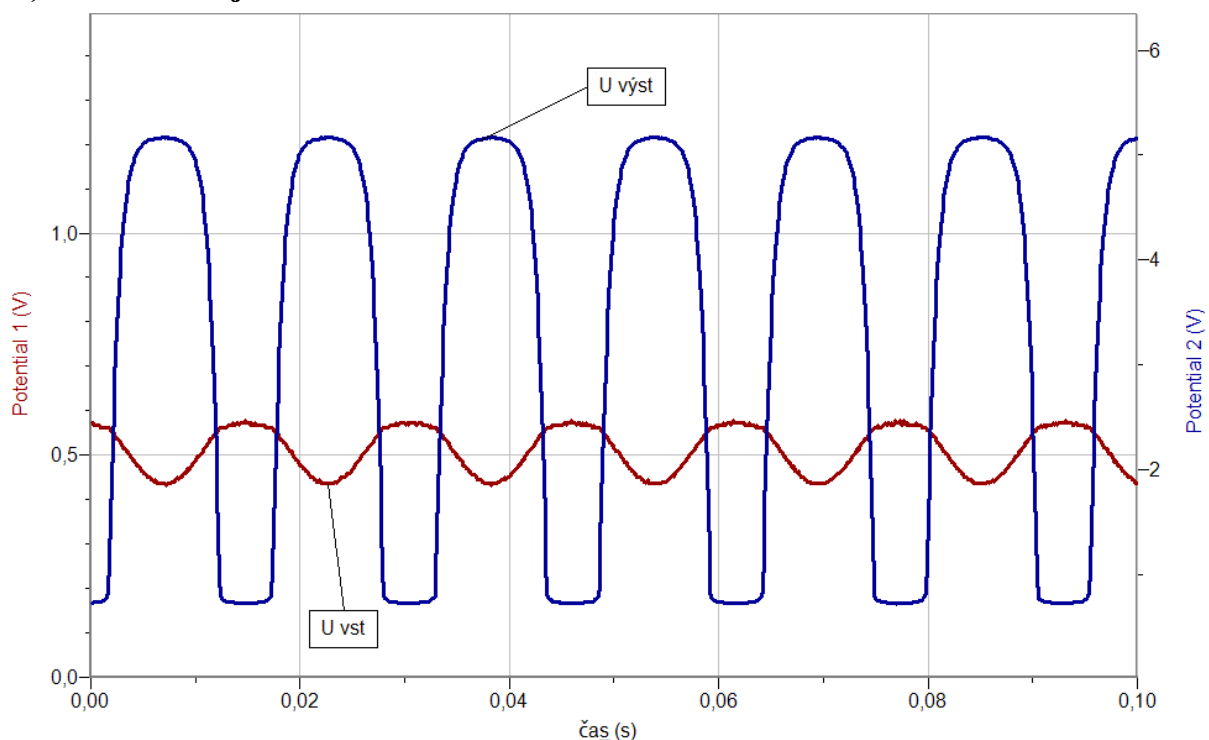


2. Grafy:

a) Tranzistor jako spínač



b) Tranzistor jako zesilovač



3. Závěr:

- a) Tranzistor jako spínač – z měření je patrné, že se tranzistor otevře při překročení napětí asi 0,7 V mezi bází a editorem;
- b) Tranzistor jako zesilovač – změřeno je patrné, že tranzistor zesiluje napětí přibližně 23×. Z měření je dále patrné, že dochází ke zkreslení vstupního signálu.

Elektrický proud v kapalinách

7.9 ELEKTROLÝZA

Fyzikální princip

Elektrolýzou nazýváme látkové změny vyvolané při průchodu proudem **elektrolytem** na elektrodách. **Faradayův zákon:** Hmotnost m vyloučené látky je **přímo úměrná náboji Q** , který prošel elektrolytem. $M = AQ = A \cdot I \cdot t$.

Konstanta úměrnosti A , která je pro danou látku charakteristická, se nazývá **elektrochemický ekvivalent** látky.

Cíl

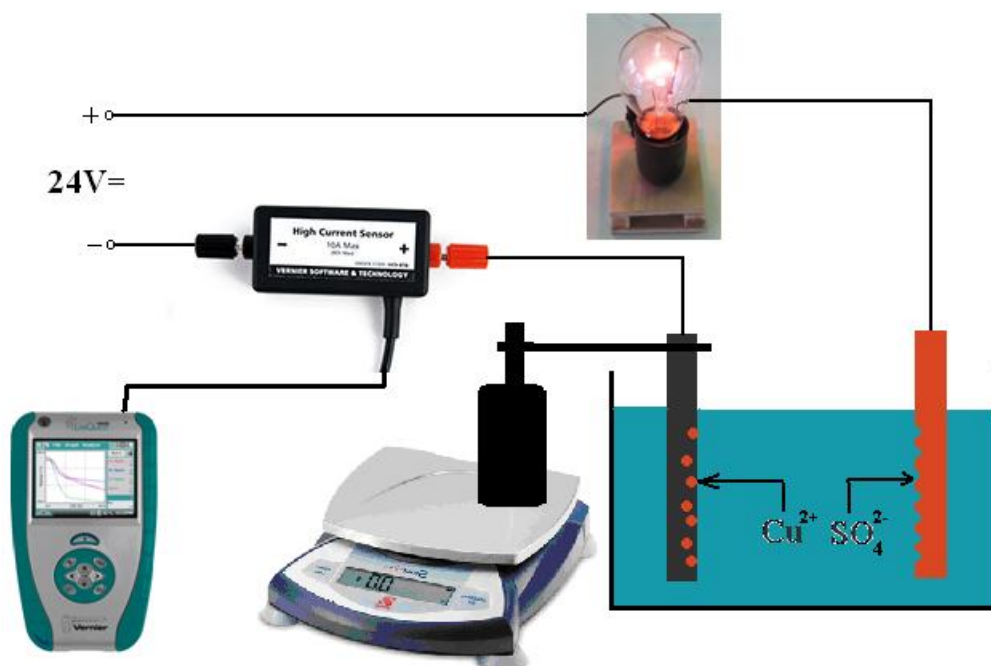
Určit **elektrochemický ekvivalent** mědi v roztoku síranu měďnatého CuSO_4 .

Pomůcky

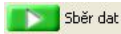
LabQuest, ampérmetr HCS-BTA, žárovka 24 V/40 W, nádoba s roztokem Cu_2SO_4 , zdroj stejnosměrného napětí 24 V, digitální váhy OHSP-4001.

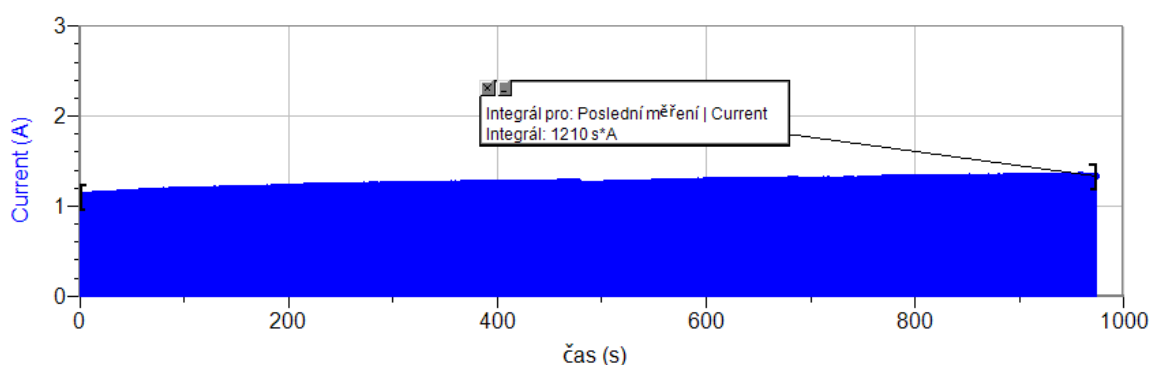
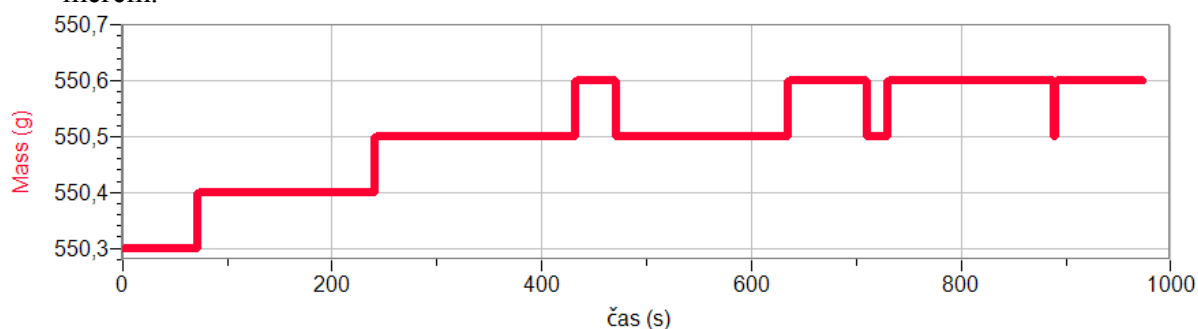



Schéma



Postup

1. Sestavíme měření podle schéma. Katodu připevníme na stativ, který stojí na digitálních vahách.
2. Ampérmetr HCS-BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu a ten připojíme přes USB k PC.
3. Digitální váhy OHSP-4001 připojíme přes USB k PC.
4. **Zapneme** LabQuest.
5. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Sběr dat zvolíme: Nepřerušovaný sběr dat. Dále pak Vzorkovací frekvence: 1 vzorek/sekundu.
6. Zapneme zdroj proudu.
7. V programu LoggerPro zvolíme Sběr dat  a necháme určitou dobu probíhat měření.



8. V programu LoggerPro zvolíme Zastavit .
9. V grafu $I = f(t)$ určíme velikost náboje Q , který prošel obvodem pomocí volby v menu Analýza - Integrál.
10. **Vypočítáme elektrochemický ekvivalent** mědi A (při elektrolýze roztoku Cu_2SO_4) závěr.

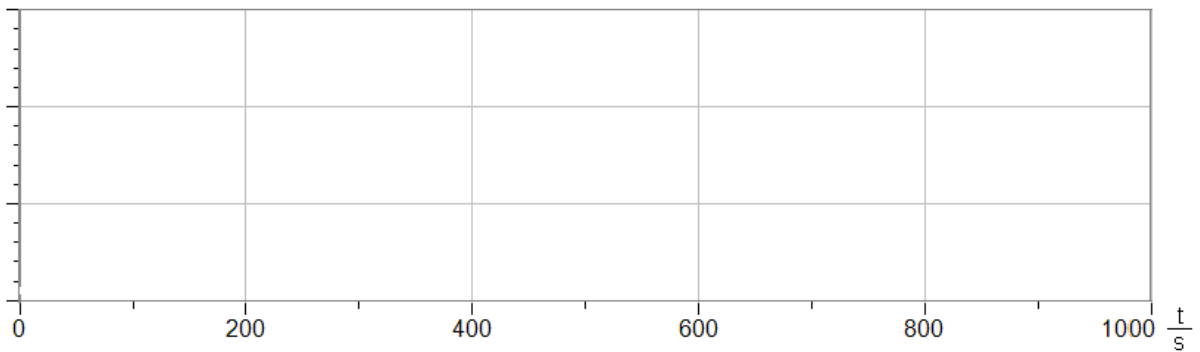
Doplňující otázky

1. Pomocí elektrochemického ekvivalentu mědi spočítejte Avogadrovu a Faradayovu konstantu.
2. Naměřené hodnoty porovnejte s tabulkovými hodnotami.
3. Zkus zopakovat měření s jiným elektrolytem.
4. Co může být příčinou nárůstu elektrického proudu v průběhu měření (viz výše)?

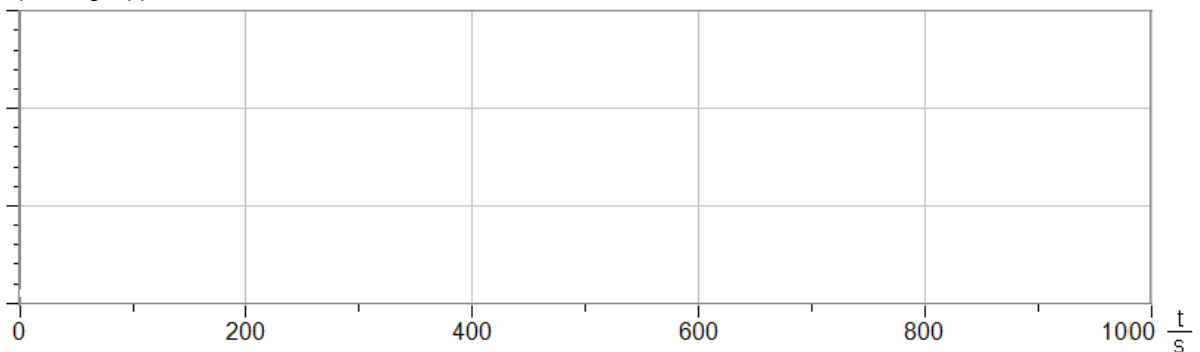
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.9 Elektrolýza	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Grafy:

a) $m = f(t)$



b) $I = f(t)$



2. Výpočty:

$$A_{Cu} = \frac{m}{Q} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \frac{kg}{C}$$

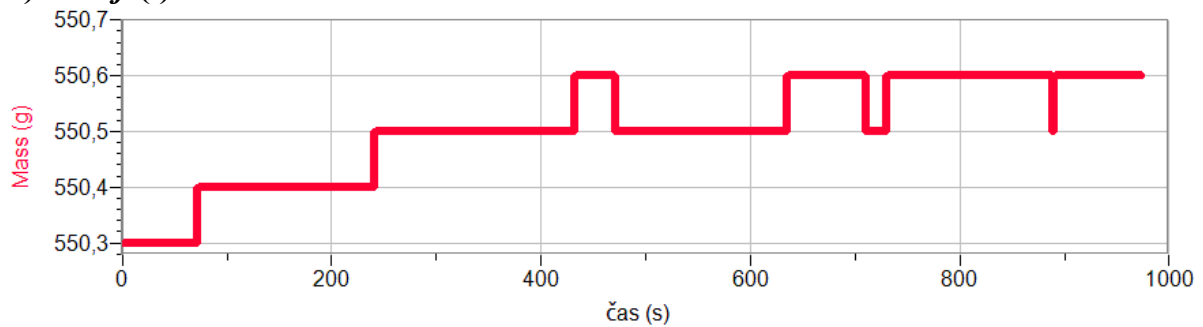
3. Závěr:

.....

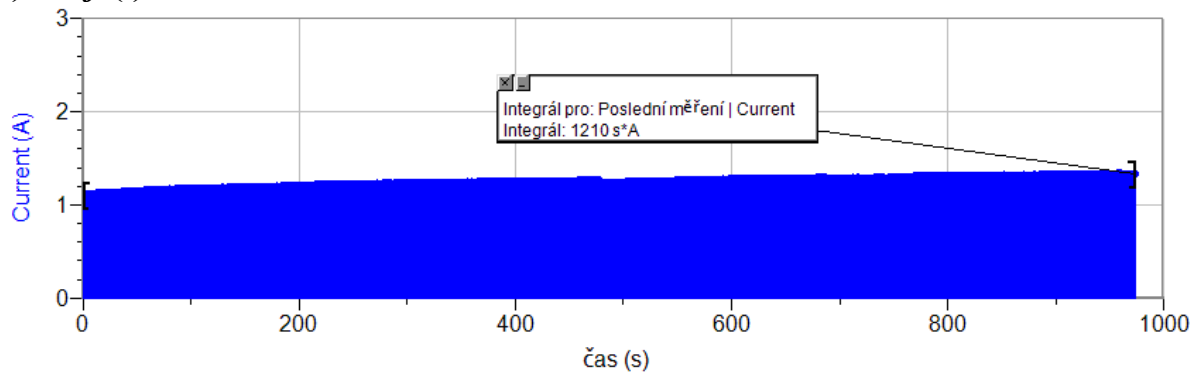
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.9 Elektrolýza	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Grafy:

a) $m = f(t)$



b) $I = f(t)$



2. Výpočty:

$$A_{Cu} = \frac{m}{Q} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{1210} = 0,000000248 \frac{kg}{C}$$

3. Závěr:

Elektrochemický ekvivalent mědi měřením a výpočtem vychází $0,000000248 \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}$.

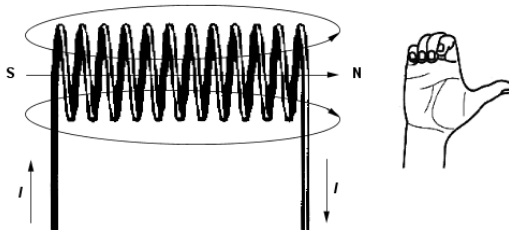
Tabulková hodnota elektrochemického ekvivalentu mědi je $A = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}$.
Chyba měření je způsobená nepřesností měření.

Stacionární magnetické pole

7.10 MAGNETICKÉ POLE CÍVKY

Fyzikální princip

Magnetická indukce uvnitř velmi dlouhé cívky má velikost $B = \mu \frac{N \cdot I}{l}$, kde I je velikost proudu, N je celkový počet závitů a l je délka cívky.



Cíl

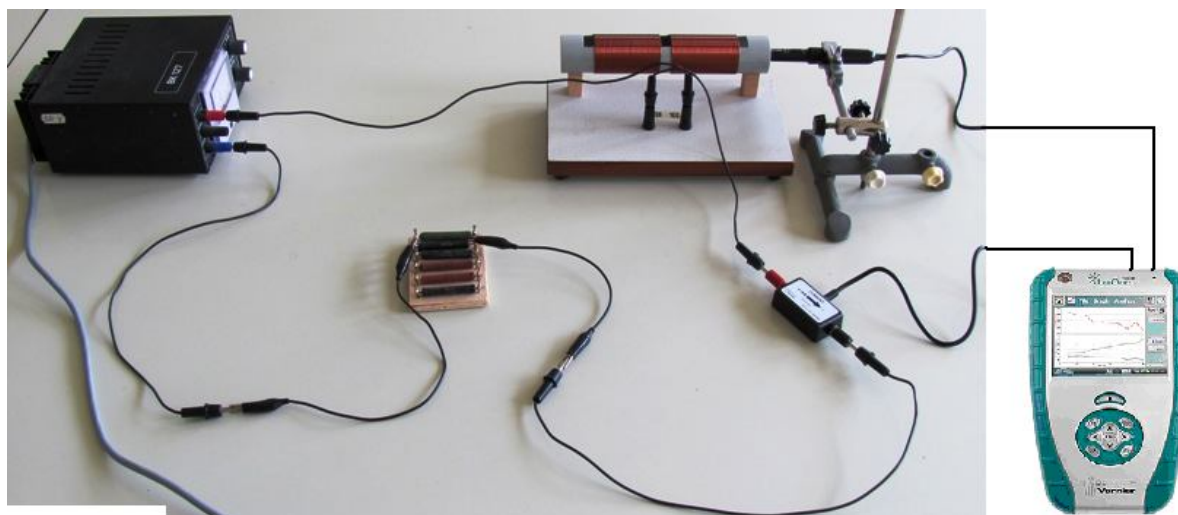
Ověřit závislost magnetické indukce na velikosti proudu procházejícího cívku.

Pomůcky



LabQuest, rezistor 10Ω , ampérmetr DCP-BTA, teslametr MG-BTA, cívka 166 a 332 závitů, regulovatelný zdroj proudu a napětí BK 127.

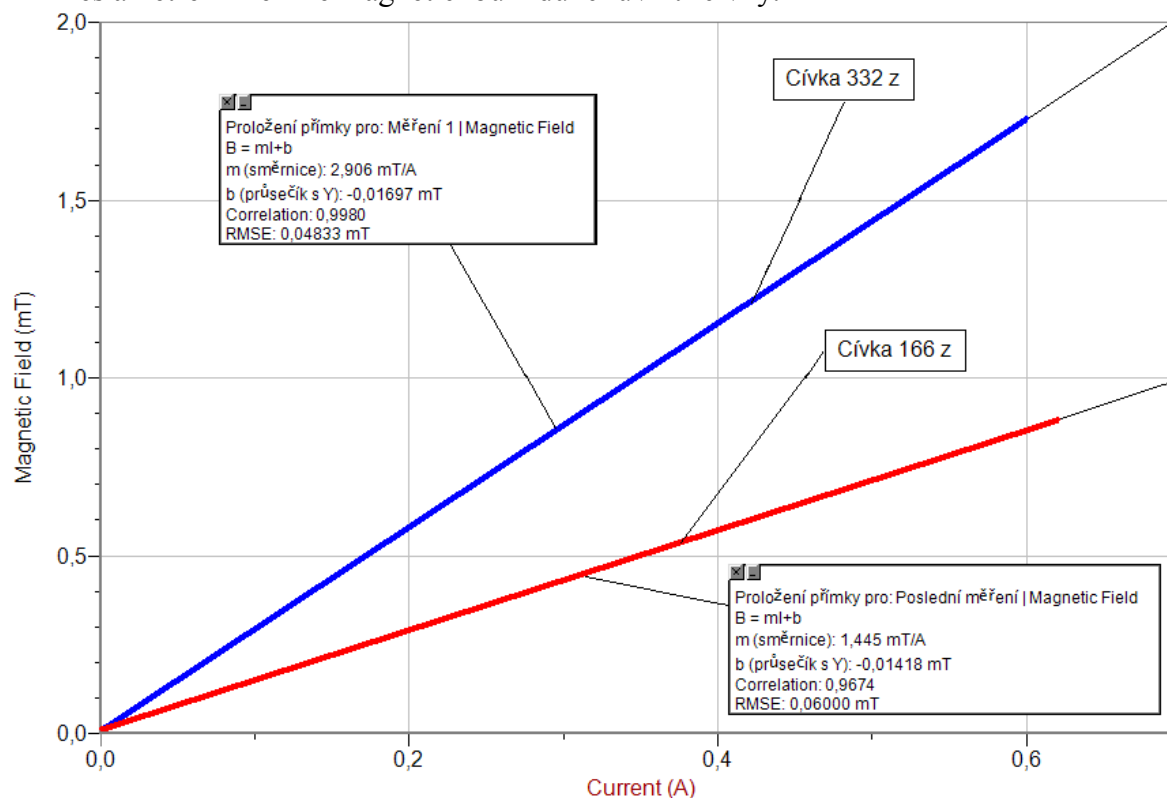


Schéma



Postup

1. **Připojíme** ampérmetr DCP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. **Připojíme** teslametr MG-BTA k vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 20 s, Frekvence: 2 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. V menu Graf nastavíme Ukázat graf – Graf 1. V menu graf na ose x zvolíme proud; Vlevo: 0; Vpravo: 0,6 A. Na ose y zvolíme Magnetickou indukci a Spojovat body; Dole: 0 a Nahoře: 6 mT. V menu Sensory zvolíme Vynulovat.
4. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
5. Regulovatelným zdrojem zvyšujeme napětí. Kontrolujeme proud – max. 0,6 A. Teslametrem měříme magnetickou indukci uvnitř cívky.



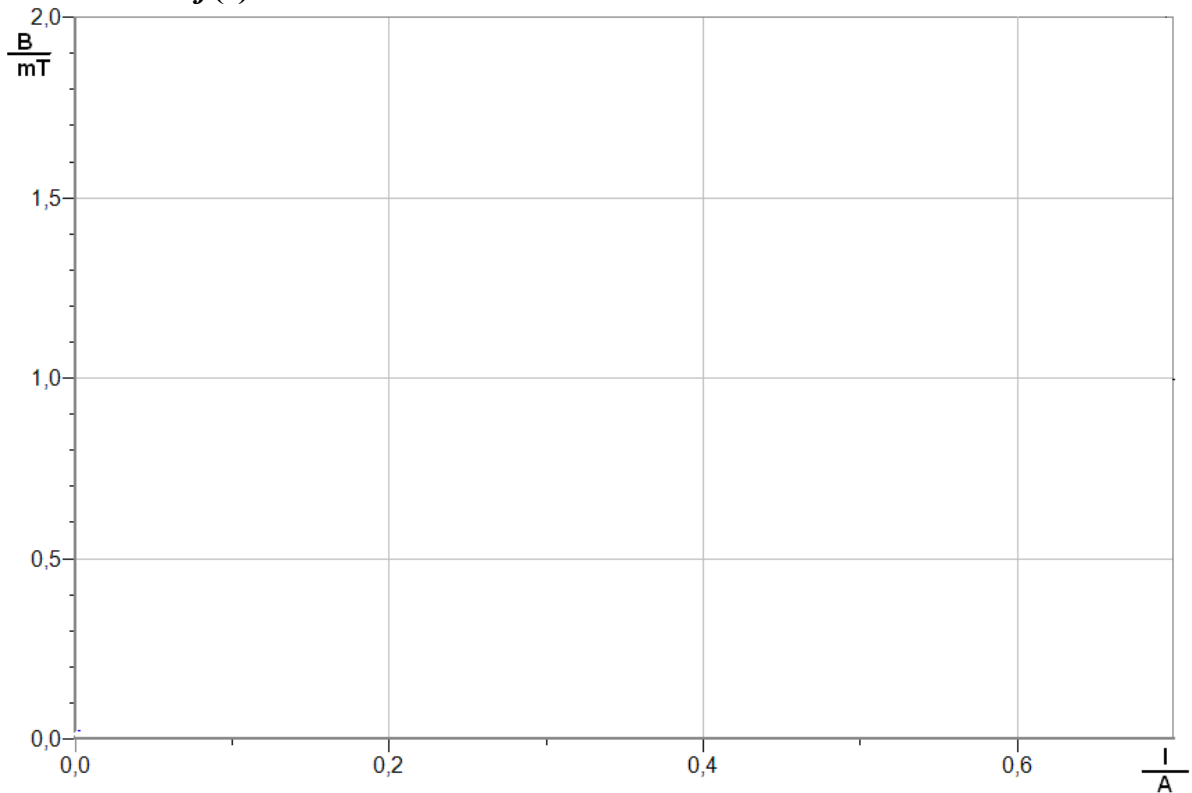
6. Vyslovíme závěr - jak závisí magnetická indukce B na velikosti elektrické proudu I ?

Doplňující otázky

1. Ze znalosti počtu závitů, délky cívky a proudu spočítej magnetickou indukci?
2. Změň cívku a opakuj měření.
3. Změř, jak se mění magnetická indukce po podélné ose cívky při dané hodnotě proudu.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.10 Magnetické pole cívky	
Jméno:	Podmínky měření: Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf $B = f(I)$:



2. Výpočet:

a) $I = \dots\dots\dots A$ $N = 332 z$ $l = 15 \text{ cm}$

$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{mT}$$

b) $I = \dots\dots\dots A$ $N = 166 z$ $l = 15 \text{ cm}$

$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{mT}$$

3. Závěr:

Pro první cívku (332 z) vychází měřením magnetická indukce

$B = \dots\dots\dots \text{ mT}.$

Pro druhou cívku (166 z) je měřením

$B = \dots\dots\dots \text{ mT}.$

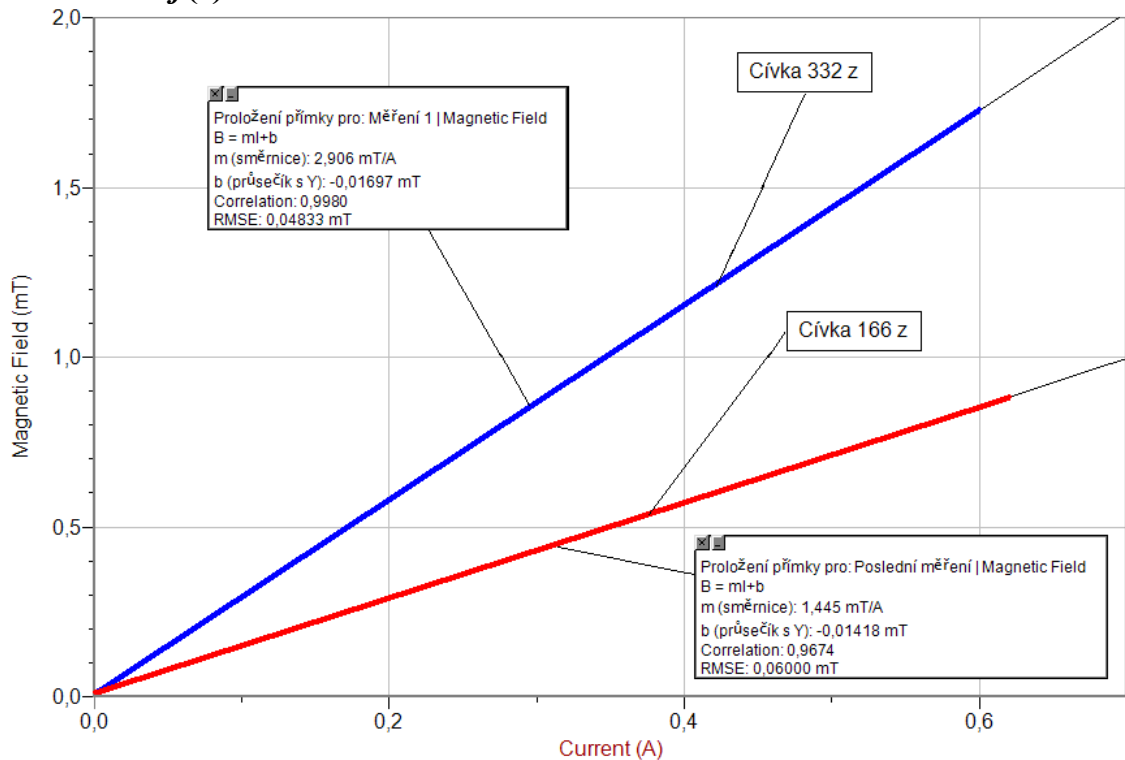
Tyto hodnoty s vypočítanými hodnotami.

Dále naměřená závislost je

Jejich rovnice jsou $B = \dots\dots\dots \cdot I$ a $B = \dots\dots\dots \cdot I.$

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.10 Magnetické pole cívky	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf $B = f(I)$:



2. Výpočet:

a) $I = 0,5807 \text{ A}$ $N = 332 \text{ z}$ $l = 15 \text{ cm}$

$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{332 \cdot 0,5807}{0,15} = 1,615 \text{ mT}$$

b) $I = 0,61 \text{ A}$ $N = 166 \text{ z}$ $l = 15 \text{ cm}$

$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{166 \cdot 0,61}{0,15} = 0,848 \text{ mT}$$

3. Závěr:

Pro první cívku (332 z) vychází měřením magnetická indukce $B = 1,734 \text{ mT}$.

Pro druhou cívku (166 z) je $B = 0,835 \text{ mT}$.

Tyto hodnoty souhlasí s vypočítanými hodnotami.

Dále naměřená závislost je **přímá úměrnost**.

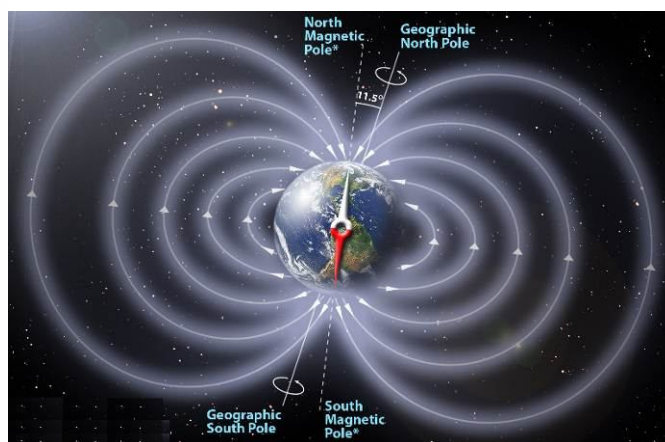
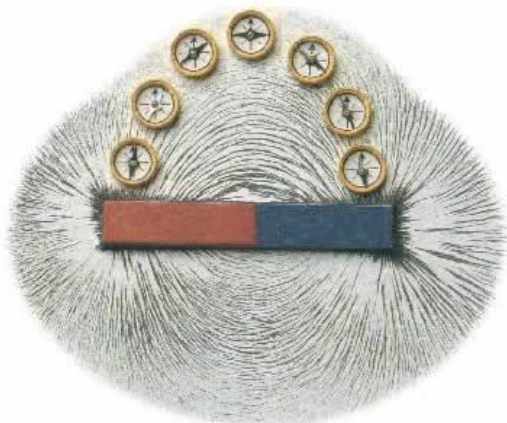
Jejich rovnice jsou $B = 2,906 \cdot I$ a $B = 1,445 \cdot I$.

Stacionární magnetické pole

7.11 MAGNETICKÉ POLE ZEMĚ.

Fyzikální princip

Magnetickou indukcí B nazýváme vektorovou veličinu, která charakterizuje magnetické pole. Jednotkou magnetické indukce je *tesla*, značka **T**. **Magnet** vytváří ve svém okolí **magnetické pole**, které můžeme znázornit soustavou magnetických **indukčních čar**. Stejně i Země má ve svém okolí magnetické pole. Pomocí **magnetky** (malý magnet) můžeme „zmapovat“ magnetické pole – určit směr indukčních čar. Mnohem rychleji lze obrazec indukčních čar určit pomocí železných pilin.



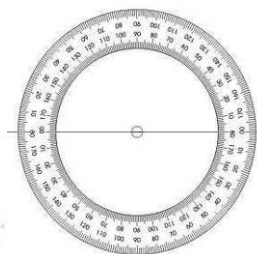
Magnetickou indukcí měříme **teslametrem**. Zemské magnetické pole v ČR má magnetickou indukcí 0,048 mT.

Cíl

Pomocí **teslametru** změřit magnetickou indukcí magnetického pole Země.

Pomůcky




LabQuest, teslametr MG-BTA, stojan laboratorní, úhломěr.

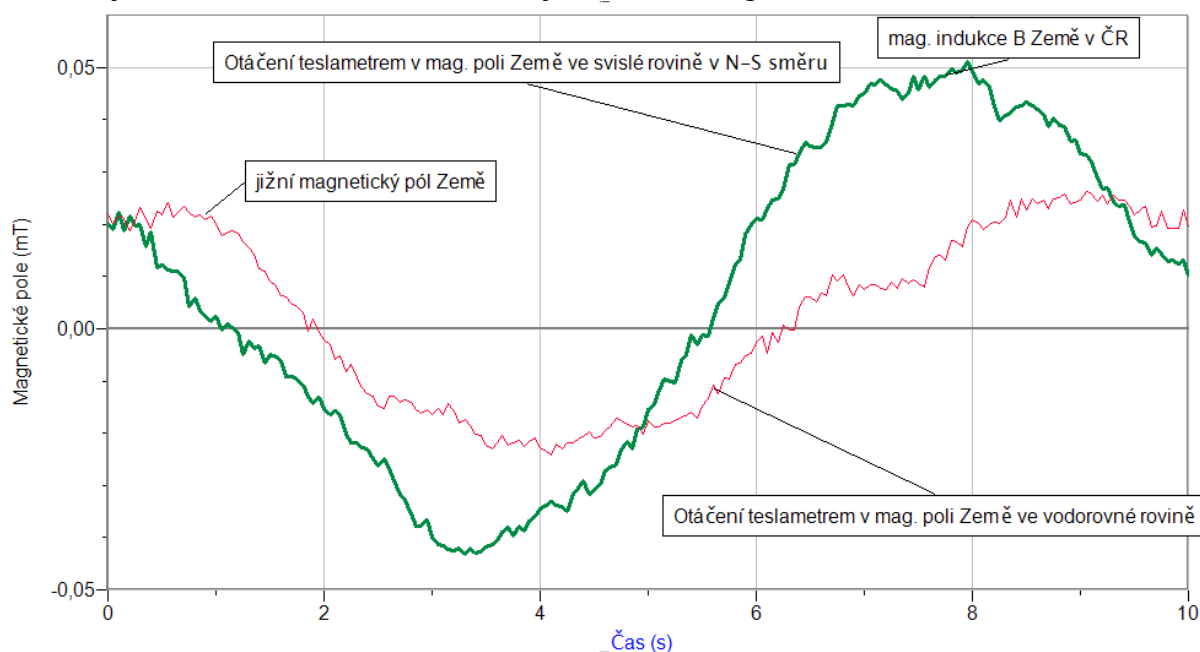


Schéma








Postup

1. **Připojíme** teslametr MG-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Na teslametru nastavíme rozsah 0,3 mT. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení Graf .
3. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu a pomalu ve **vodorovné** rovině otáčíme teslametrem v magnetickém poli Země. Pozorujeme, kde je maximum a kde je minimum (N a S magnetický pól). Z maximálních hodnot odečteme vodorovnou amplitudu magnetické indukce B Země.
4. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu a pomalu ve **svislé** rovině (N-S směr) otáčíme teslametrem v magnetickém poli Země. Pozorujeme, kde je maximum a kde je minimum. Maximální hodnota je hodnotou magnetické indukce B Země.



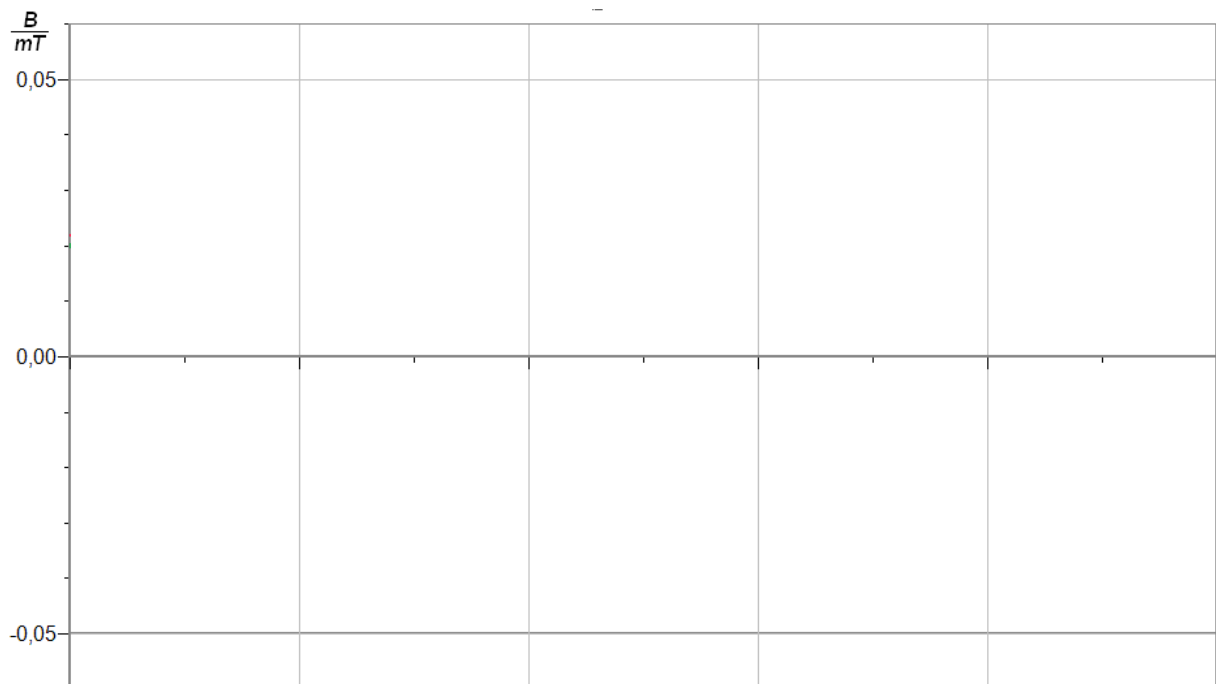
Doplňující otázky

1. Urči sklon indukční čáry magnetického pole u nás v ČR vzhledem k povrchu země.
2. Teslametr upevníme do stojanu. Pod teslametr položíme úhломěr.

3. V menu Senzory – Záznam dat nastavíme Režim: Události + Hodnoty; Název: Úhel; Jednotky: °.
4. Zvolíme zobrazení Graf . Podle kompasu nastavíme teslametr na sever.
5. **Stiskneme tlačítko** START  (měření) na LabQuestu.
6. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
7. Do textového okénka vložíme hodnotu **0°** a stiskneme OK.
8. Teslametr otočíme o 10°.
9. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
10. Do textového okénka vložíme hodnotu **10°** a stiskneme OK.
11. Opakujeme body 8., 9. a 10. pro **20°, 30°, 40°, ..., 360°**.
12. Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).
13. Měření zopakujeme v horizontální rovině v „N – S“ směru.
14. Vyslovíme závěr.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.11 Magnetické pole Země	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Závěr:

.....

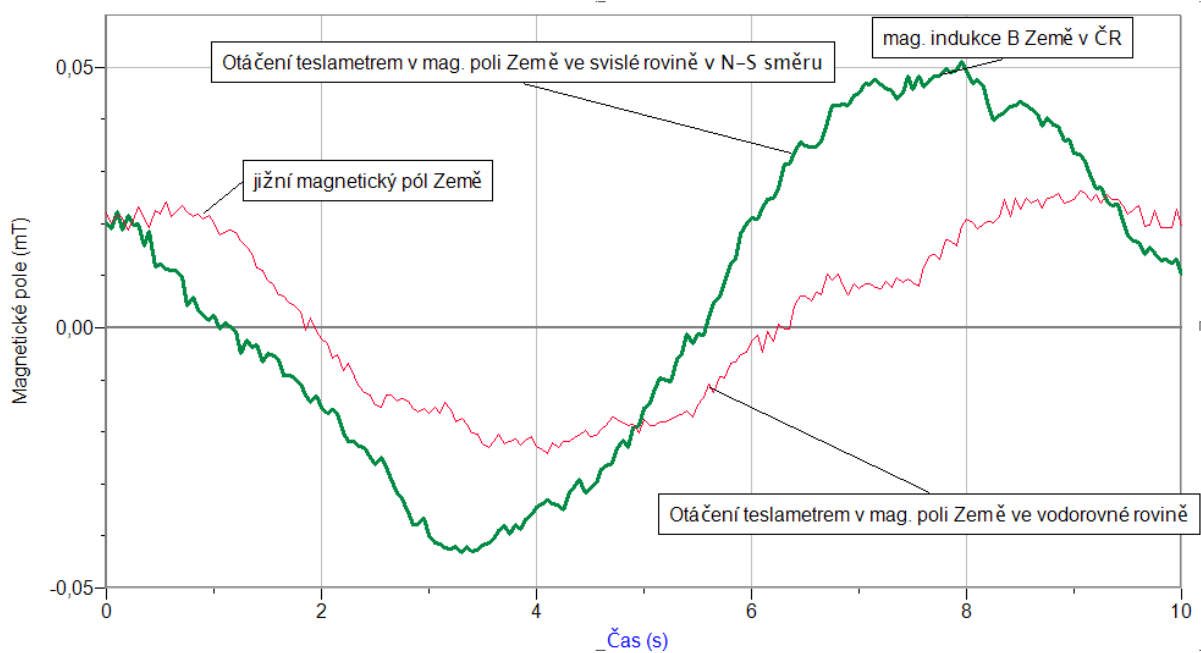
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.11 Magnetické pole Země	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf $B = f(t)$:



2. Závěr:

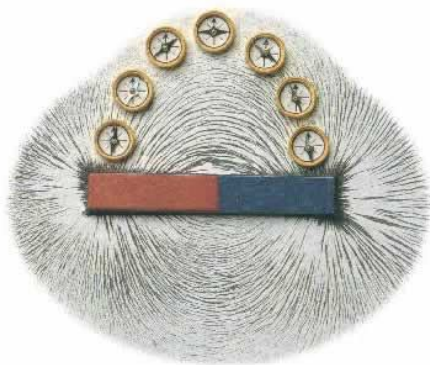
Velikost vektoru magnetické indukce vychází přibližně $B = 0,05 \text{ mT}$.
Tento vektor má vzhledem k vodorovnému směru úhel sklonu 60° .

Stacionární magnetické pole

7.12 MAGNETICKÉ POLE MAGNETU.

Fyzikální princip

Magnetickou indukcí B nazýváme vektorovou veličinu, která charakterizuje magnetické pole. Jednotkou magnetické indukce je *tesla*, značka **T**. **Magnet** vytváří ve svém okolí **magnetické pole**, které můžeme znázornit soustavou magnetických **indukčních čar**. Pomocí **magnetky** (malý magnet) můžeme „zmapovat“ magnetické pole – určit směr indukčních čar. Mnohem rychleji lze obrazec indukčních čar určit pomocí železných pilin.



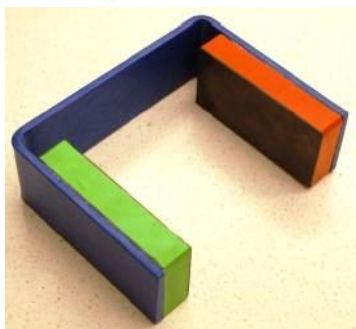
Magnetickou indukcí měříme **teslametrem**. Velikost magnetické indukce pole např. v blízkosti permanentního magnetu je řádově 10^{-2} T až 10^{-1} T.

Cíl

Pomocí **teslametru** změřit magnetickou indukcí magnetického pole **magnetu**.

Pomůcky





LabQuest, teslametr MG-BTA, teslametr ± 140 mT, stojan laboratorní, permanentní magnet.

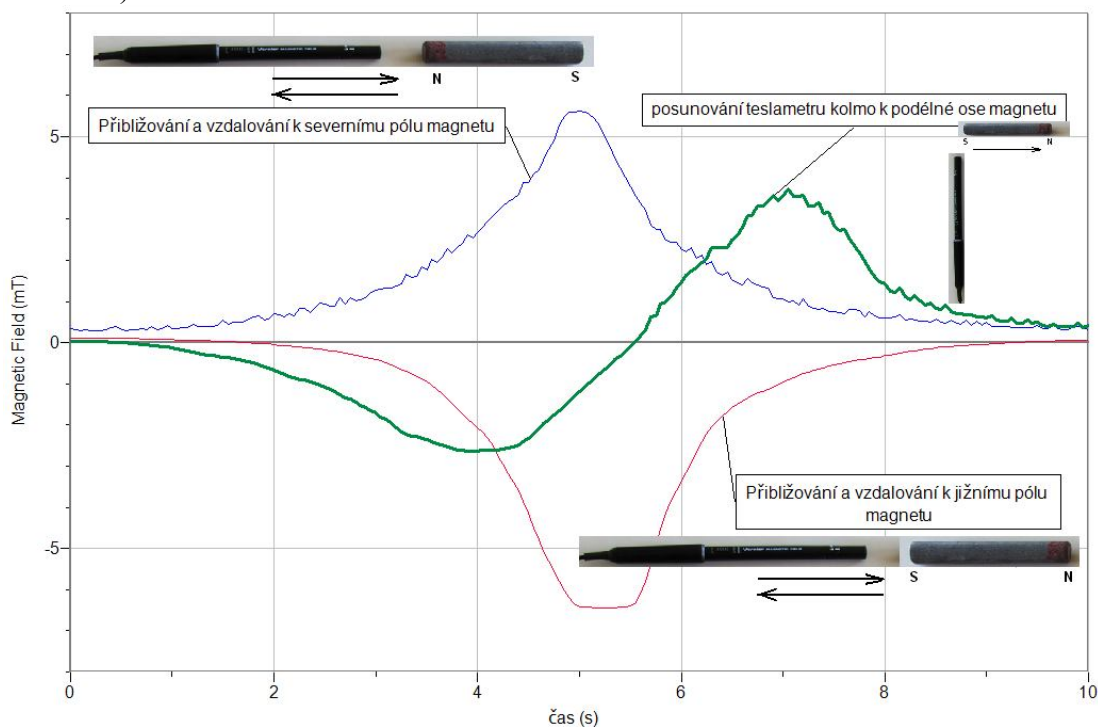



Schéma

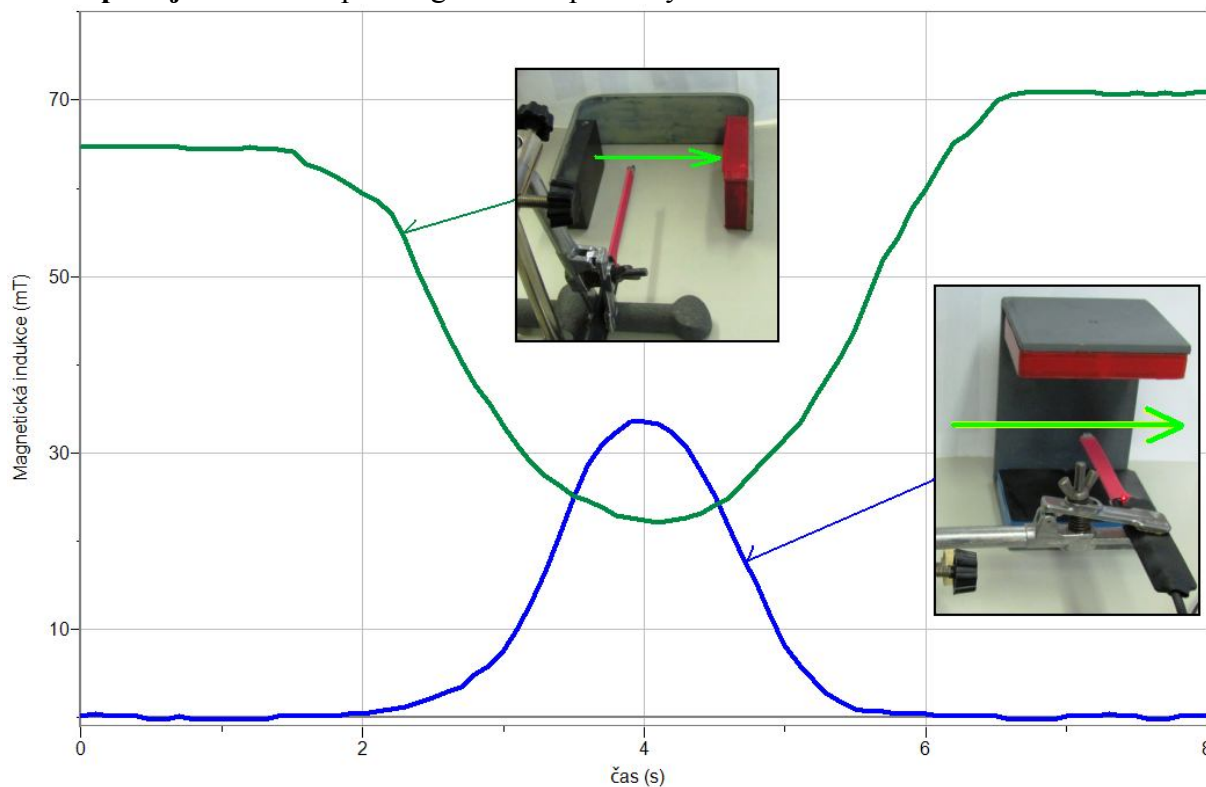


Postup






1. **Připojíme** teslametr MG-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Na teslametru nastavíme rozsah 6,4 mT. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení Graf .
3. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu a pomalu rovnoměrně přibližujeme (asi 5 sekund) teslametr k **severnímu** pólu magnetu a potom pomalu vzdalujeme teslametr od severního pólu magnetu (asi 5 sekund).
4. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu a pomalu rovnoměrně přibližujeme (asi 5 sekund) teslametr k **jižnímu** pólu magnetu a potom pomalu vzdalujeme teslametr od severního pólu magnetu (asi 5 sekund).
5. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu a pomalu rovnoměrně pohybujeme (asi 5 sekund) teslametrem kolmo k podélné ose magnetu k jižnímu pólu magnetu a potom pomalu vzdalujeme teslametr od severního pólu magnetu (asi 5 sekund). Uložíme měření.



- Otevřeme** nový soubor a nastavíme v menu **Senzory – Záznam dat**: Trvání: 10 s, Frekvence: 20 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení **Graf** .
- Zopakujeme** měření pro magnet tvaru podkovy s teslametrem ± 140 mT.



Doplňující otázky

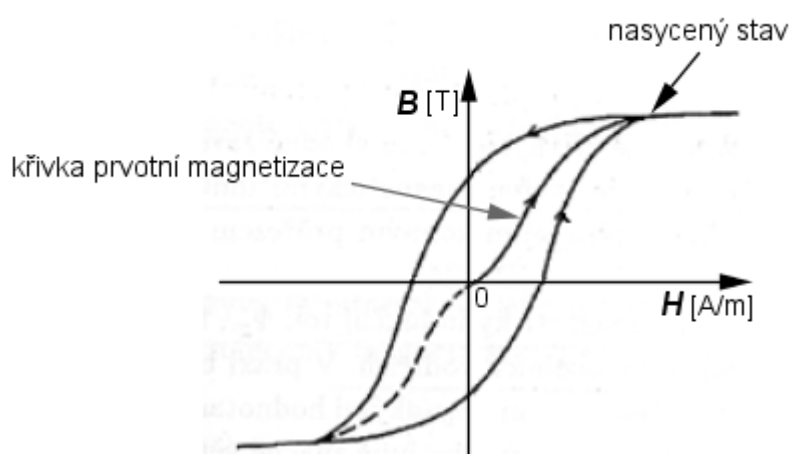
- V menu **Senzory – Záznam dat** nastavíme **Režim: Události + Hodnoty**; **Název: délka**; **Jednotky: cm**.
- Zvolíme zobrazení **Graf** . Teslametr upevníme do stojanu a postavíme na okraj magnetického pole magnetu tvaru podkovy.
- Stiskneme** tlačítko **START**  (měření) na LabQuestu.
- Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
- Do textového okénka vložíme hodnotu **0 cm** a stiskneme **OK**.
- Teslametr **posuneme o 1 cm**.
- Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
- Do textového okénka vložíme hodnotu **1 cm** a stiskneme **OK**.
- Opakujeme body 7., 8. a 9. pro **2cm, 3 cm, 4 cm, ...20 cm**.
- Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).
- Měření zopakujeme ve vertikální rovině magnetu („N – S“).
- Vyslovíme závěr.

Fyzikální princip

Budeme-li postupně zvětšovat **proud I** v cívce s jádrem z **feromagnetické látky** bude se postupně i **magnetická indukce B** v jádře zvětšovat.

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{NI}{l} = \mu \frac{NI}{l} = \mu H$$

Relativní permeabilita μ_r feromagnetických látek není konstantní, proto závislost $B = f(I)$ není lineární. Grafem této závislosti je křivka – **hysterézní smyčka**.



Hysterézní smyčka je důležitou charakteristikou **feromagnetických látek**. Podle tvaru křivky dělíme látky na:

- a) **magneticky tvrdé** - mají širokou hysterézní smyčku, velkou hodnotu B_r a jsou více odolnější vůči zsmagnetování (ocel s velkým obsahem uhlíku, ...). Po zrušení vnějšího magnetického pole, zůstávají nadále zsmagnetovány a chovají se jako permanentní magnet. Jejich magnetické pole lze zrušit pomocí vnějšího magnetického pole opačné polarity (např. do cívky s jádrem zavedeme proud opačného směru).
- b) **magneticky měkké** - materiály s úzkou hysterézní smyčkou, které se dají snadno zsmagnetovat (magnetofonové pásky, diskety, ...). Mají malou hodnotu B_r , což znamená, že po zrušení vnějšího magnetického pole jejich vlastní magnetické pole zaniká.

Magnetickou indukci měříme **teslametrem**. Velikost magnetické indukce pole např. v blízkosti permanentního magnetu je řádově 10^{-2} T až 10^{-1} T.

Cíl

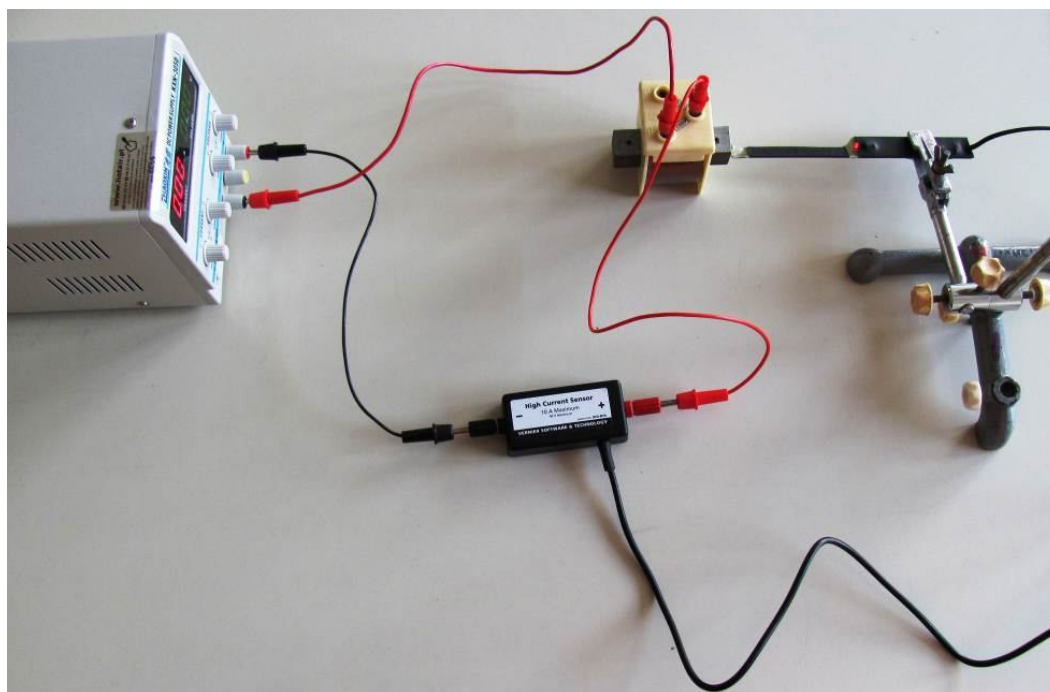
Pomocí **teslametru** změřit magnetickou indukci magnetického pole **cívky s jádrem** v závislosti na velikosti **proudu I** .

Pomůcky

LabQuest, teslametr MG-BTA, teslametr ± 140 mT, ampérmetr HCS-BTA, stojan laboratorní, cívka 400 z, různá jádra, regulovatelný zdroj KXXN 305D.



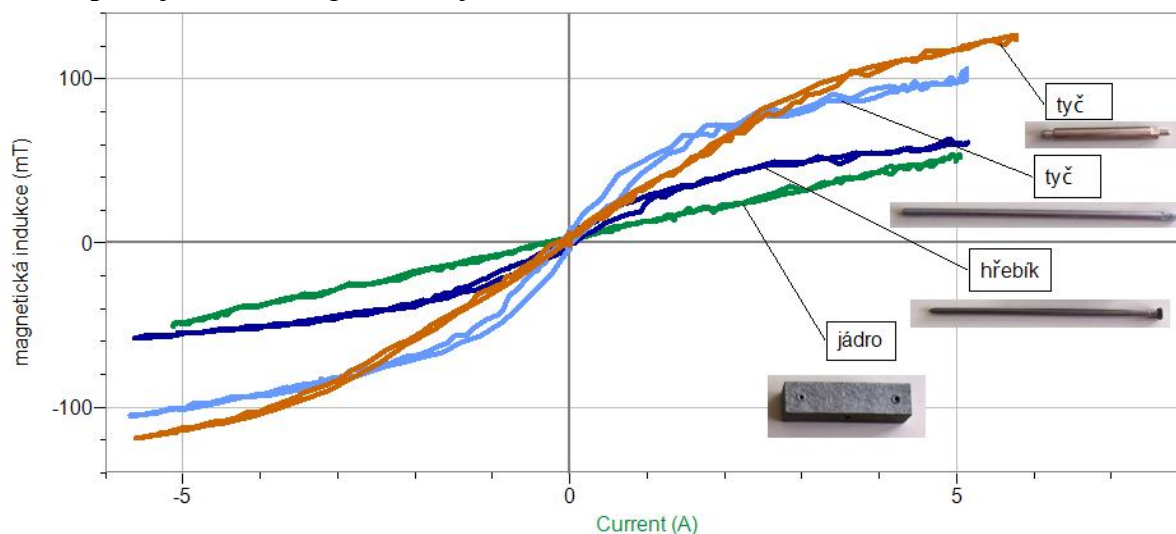
Schéma



Postup

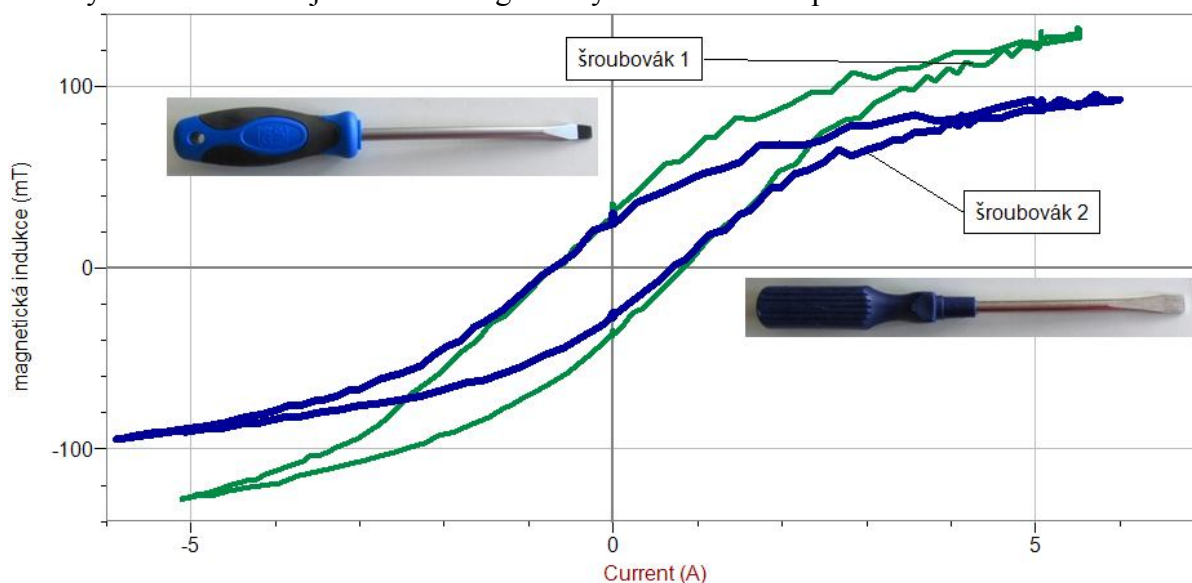
1. **Připojíme** teslametr ± 140 mT ke vstupu CH1 LabQuestu. Ke vstupu CH2 zapojíme ampérmetr HCS-BTA. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a připojíme ho k USB PC.
3. V programu LoggerPro v menu Data – Nový dopočítávaný sloupec zadáme Název: magnetická indukce; Značka: B ; Jednotka: mT; Rovnice: "Potential"*57.
4. Na ose y zvolíme magnetická indukce a na ose x elektrický proud.
5. V menu Experiment – Sběr dat ... zvolíme „Nepřerušovaný sběr dat“; Vzorkovací frekvence 10 vzorků/sekundu.
6. Uvnitř cívky je jádro s feromagneticky měkké oceli. Vynulujeme senzor proudu a napětí (teslametr ± 140 mT). Teslametr přiložíme těsně k jádru (viz schéma).
7. Na regulovatelném zdroji napětí zvětšujeme pomalu napětí, až dosáhneme proud cívkou 5 A. Potom zase zmenšujeme napětí (proud) na „nulu“. Přepólujeme póly zdroje pomocí banánků nebo dvojpólovým přepínačem.

8. **Stiskneme** tlačítko Sběr dat v programu LoggerPro a opakujeme činnost v bodě 7. dvakrát. Tím se vykreslí celá hysterézní smyčka. Zastavíme sběr dat tlačítkem Stop v programu LoggerPro. Uložíme měření.
9. **Zopakujeme** měření pro různá jádra.



Doplňující otázky

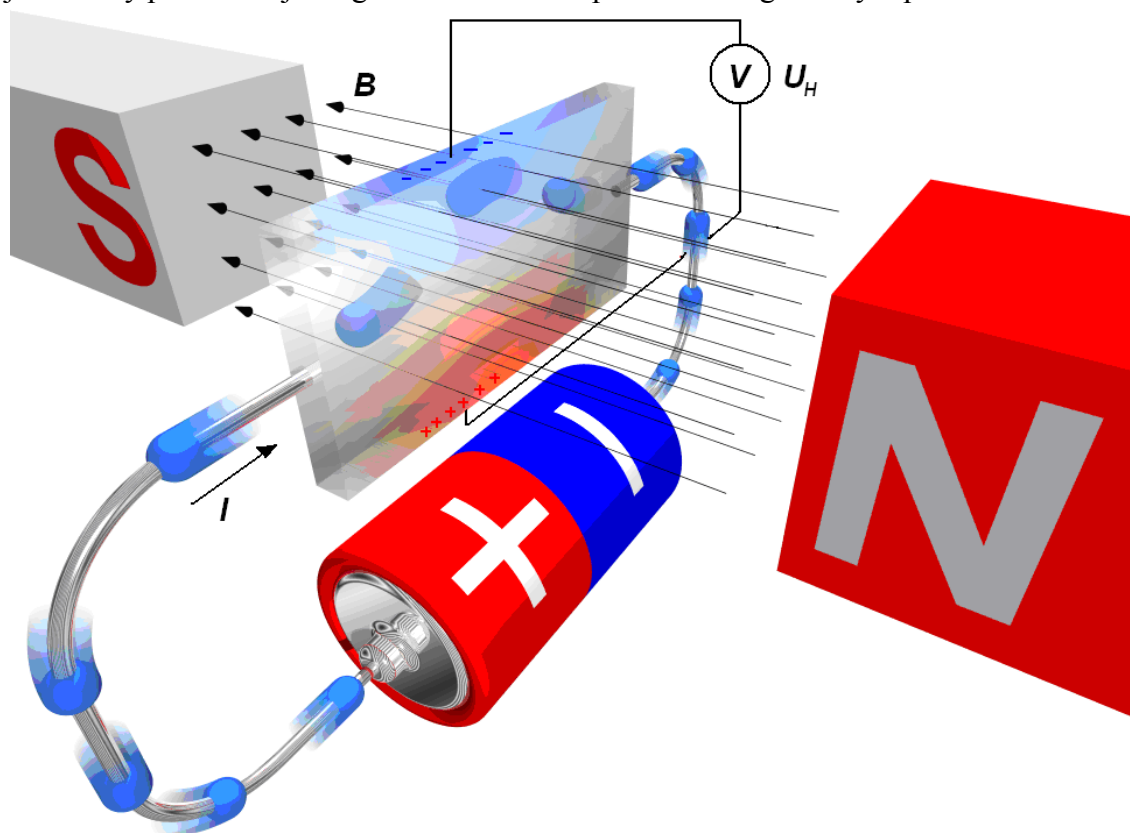
1. Vyzkoušíme různá jádra z feromagneticky tvrdé oceli – např. šroubovák.



2. Z grafu můžeme určit hodnotu zbytkové magnetické indukce B_r .
3. Proč je pro jádra transformátorů výhodnější použít feromagneticky měkkou ocel?

Fyzikální princip

Hallův jev vzniká při průchodu proudem I tenkou polovodičovou destičkou (InSb, InAs s odporem 0,01 až 20 Ohmů a tloušťky cca 0,1 mm, jedná se o kompromis mezi maximem citlivost a mechanické pevnosti) obdélníkového tvaru. Při vložení destičky do magnetického pole skrze ni prochází indukční tok a přeskupuje náboje v destičce na jednu stranu. Tak na bočních stěnách destičky vzniká napětí (tzv. Hallovo napětí), které se dá vypočítat pomocí vzorce $U_H = k \cdot I \cdot B$, kde k je konstanta (zahrnuje typ materiálu a tloušťku destičky), I je stejnosměrný proud a B je magnetická indukce způsobená magnetickým polem.

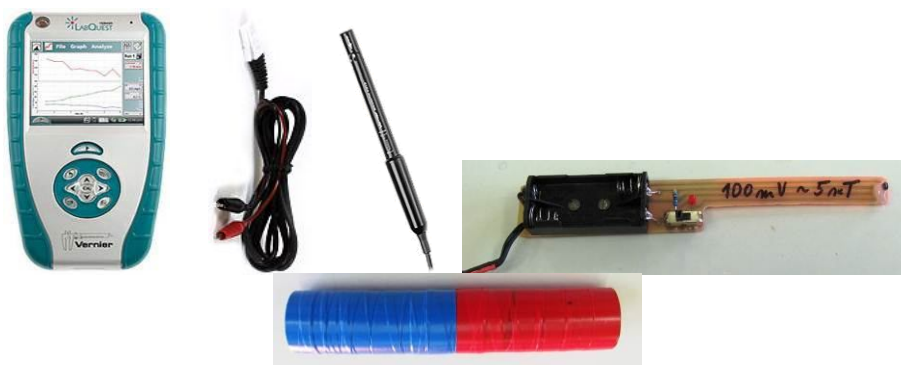


Cíl

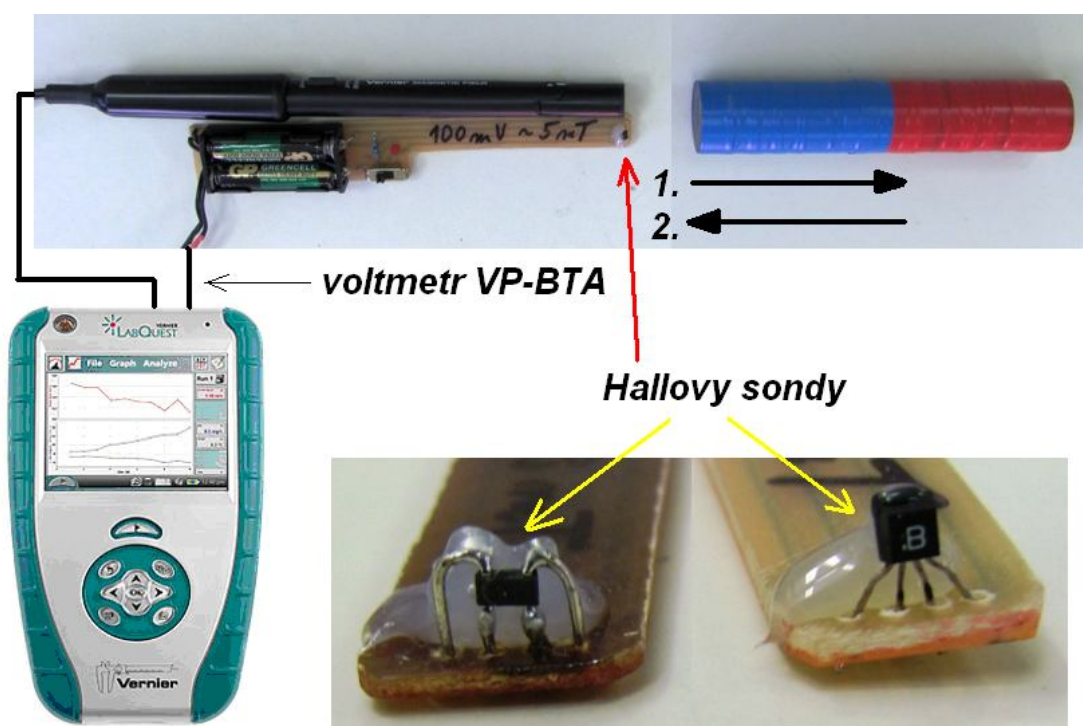
Pomocí **teslametru** změřit, jak závisí napětí U_H na Hallově sondě na magnetické indukci B magnetického pole **magnetu**.

Pomůcky


LabQuest, voltmetr VP-BTA, teslametr MG-BTA, teslametr „za pár korun“ (viz doprovodný text), permanentní magnet.




Schéma

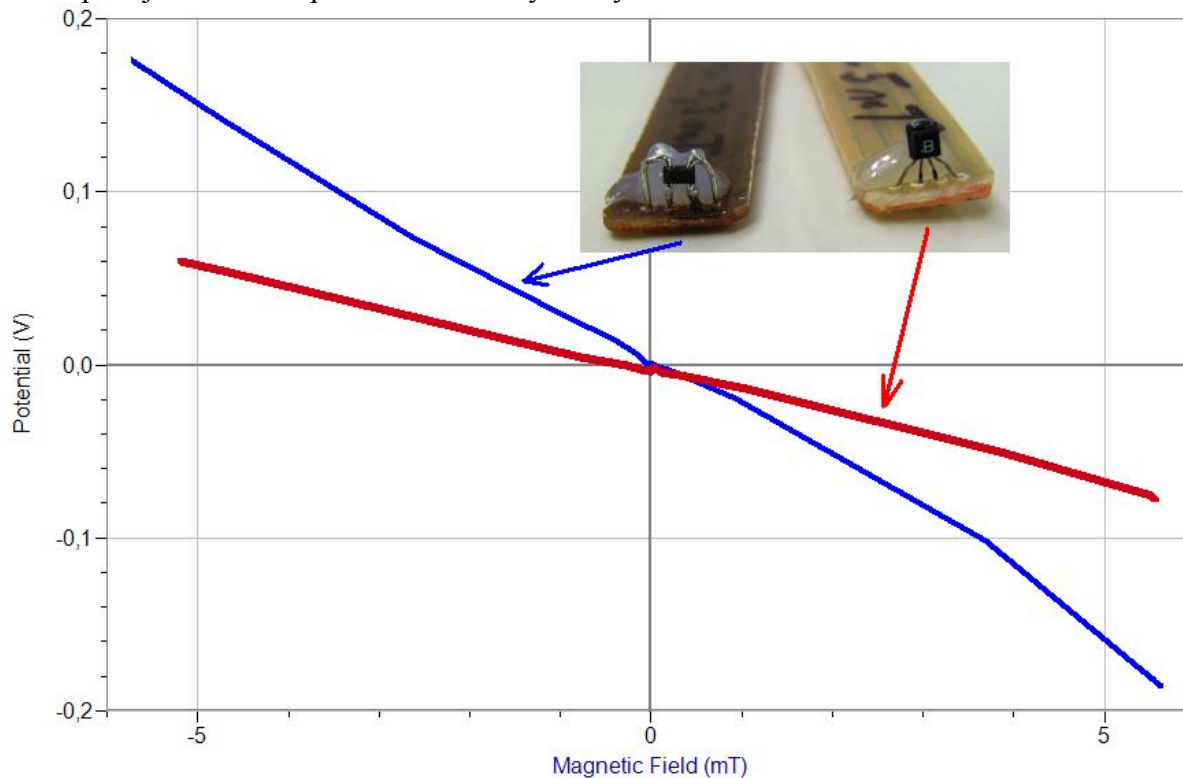


Postup

1. **Připojíme** voltmetr VP-BTA ke vstupu CH1 a teslametr MG-BTA ke vstupu CH2 LabQuestu. Na teslametru MG-BTA nastavíme rozsah 6,4 mT. Zapojíme obvod podle schéma. Voltmetr VP-BTA připojíme k teslametru „za pár korun“ - je na něm zapojena Hallova sonda na napětí 3 V a protilehlé vývody z Hallovy sondy jsou vyvedeny pomocí dvou vodičů. Na nich budeme měřit U_H pomocí voltmetru VP-BTA. LabQuest připojíme přes USB k PC.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Sběr dat zvolíme: Nepřerušovaný sběr dat. Dále pak Vzorkovací frekvence: 2 vzorky/sekundu.
4. Zapneme zdroj proudu na teslametru „za pár korun“. Vynulujeme oba senzory. Permanentní magnet přiblížíme k teslametru MG-BTA a teslametru „za pár korun“ na vzdálenost asi 2cm. Digitální displej teslametru ukazuje hodnotu 5 mT (viz schéma).
5. V programu LoggerPro zvolíme Sběr dat  a pomalu rovnoměrným pohybem vzdalujeme permanentní magnet (viz schéma – pohyb 1.).
6. Pak otočíme magnet o 180° a pomalu rovnoměrným pohybem přibližujeme permanentní magnet (viz schéma – pohyb 2.).

7. V programu LoggerPro zvolíme Zastavit  Zastavit.

8. Opakujeme měření pro různé Hallovy sondy.



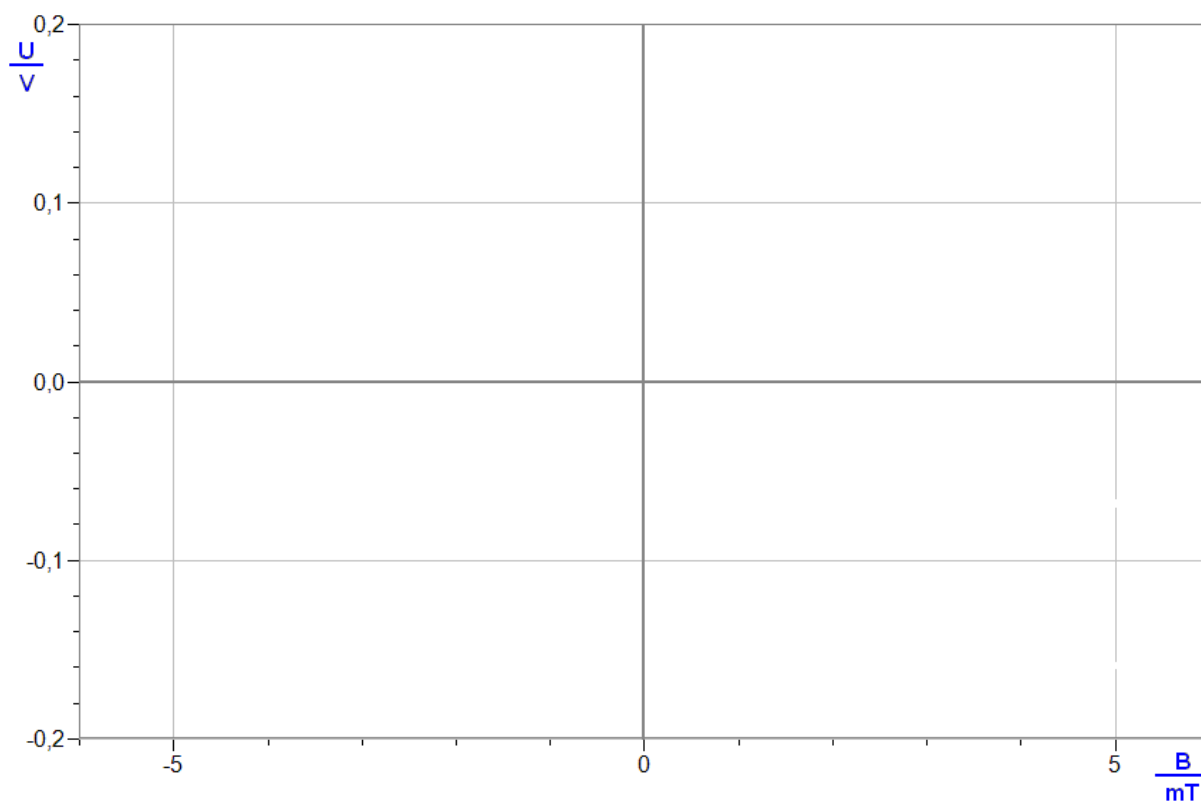
9. Vyslovíme závěr – jaká je závislost U_H na B , jaká je citlivost.

Doplňující otázky

1. Kde se Hallova sonda používá?
2. Jaký je rozsah teslametru MG-BTA a jaký teslametru „za pár korun“?
3. Zkus změřit magnetickou indukci magnetu „paralelně“ oběma teslametry. U teslametru „za pár korun“ vlož lineární funkci, která přepočítá U_H na B .

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.14 Hallův jev	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Závěr:

.....

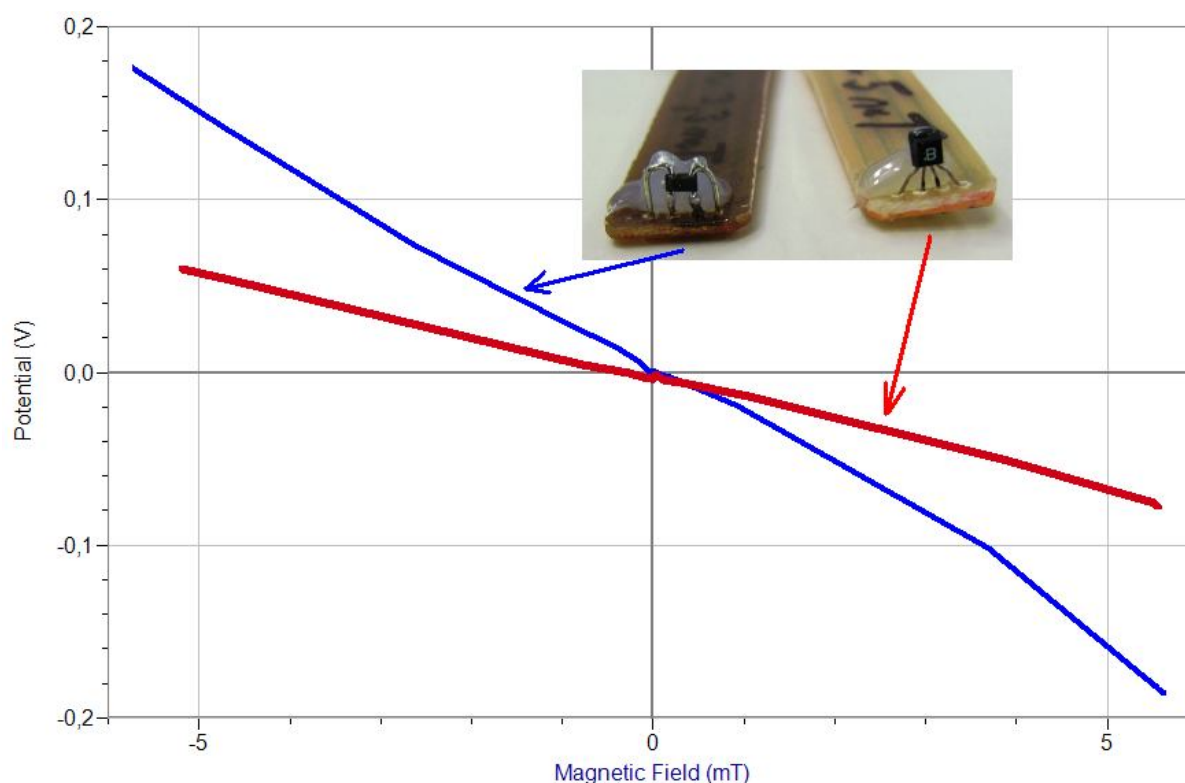
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.14 Hallův jev	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf:



2. Závěr:

Z grafů je zřejmé, že se jedná o **přímou úměrnost**.

Pro první (modrý graf) Hallův senzor je rovnice přímé úměrnosti:

$$B = f(U_H) = 33,3 \cdot U_H \text{ mT.}$$

A pro druhý (červený graf) Hallův senzor je rovnice:

$$B = f(U_H) = 8,3 \cdot U_H \text{ mT.}$$

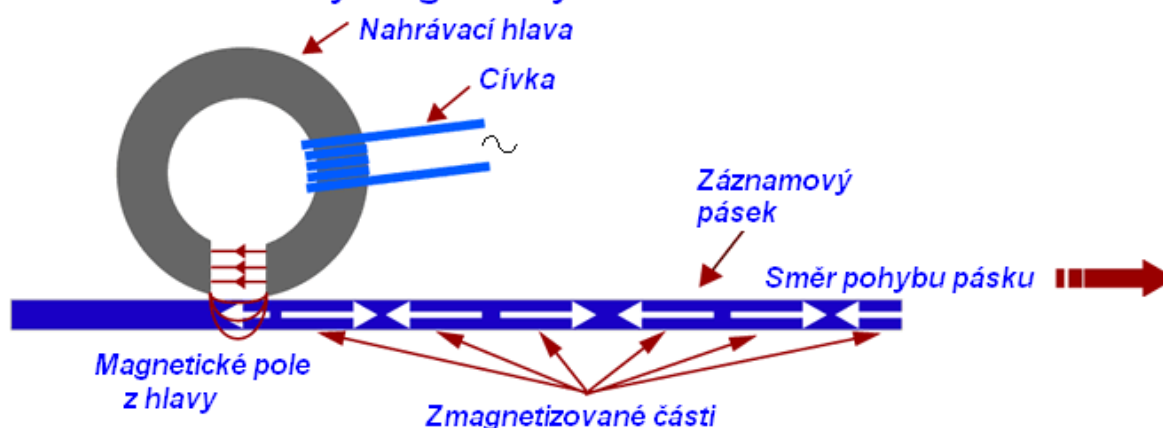
Fyzikální princip

Magnetický záznam signálů, kterým je uchována zvuková či obrazová informace nebo také digitální informace zpracovaná počítačem. Magnetický záznam je založen na trvalém zmagnetování vrstvy feromagnetika (např. oxidu železa), naneseného na nosiči z plastického materiálu.



Magnetický záznam se uskutečňuje pomocí zvláštního elektromagnetu – **záznamové hlavy**.

Podélný magnetický záznam



Cíl

Provést mazání, magnetický záznam, snímání a opětné mazání na nosič.

Pomůcky

LabQuest, teslametr MG-BTA, permanentní magnet na mazání, permanentní magnet na záznam, svinovací metr jako nosič zaznamenaného signálu.




Schéma



Postup

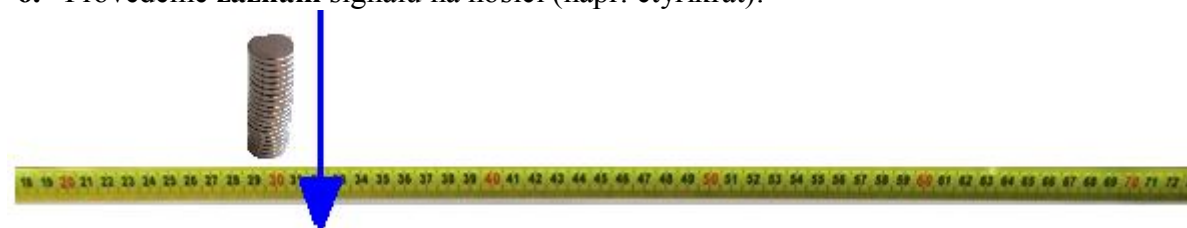
1. Připojíme teslametr MG-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Na teslametru MG-BTA nastavíme rozsah 6,4 mT. Zapojíme obvod podle schéma. LabQuest připojíme přes USB k PC.
2. Zapneme LabQuest.
3. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Sběr dat a nastavíme: Délka: 10 s; Vzorkovací frekvence 20 vzorků/sekunda.
4. Nejdříve provedeme **mazání** na nosiči (svinovací metr):



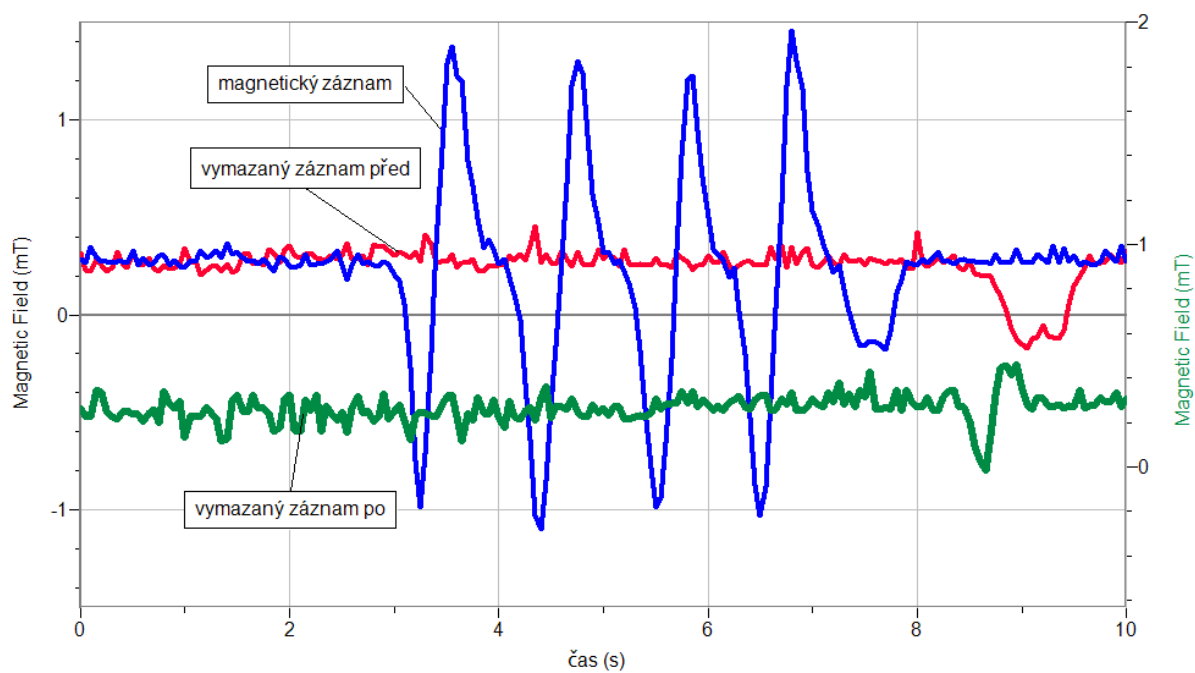
5. V programu LoggerPro zvolíme Sběr dat  Sběr dat a pomalu (10 s) rovnoměrným pohybem pomocí teslametru provedeme **snímání signálů** na nosiči:



6. Provedeme **záznam** signálů na nosiči (např. čtyřikrát):



7. Zopakujeme **snímání** signálů (jako v bodě 5.).
8. Zopakujeme **mazání** a **snímání** (jako v bodě 4. a 5.).



9. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

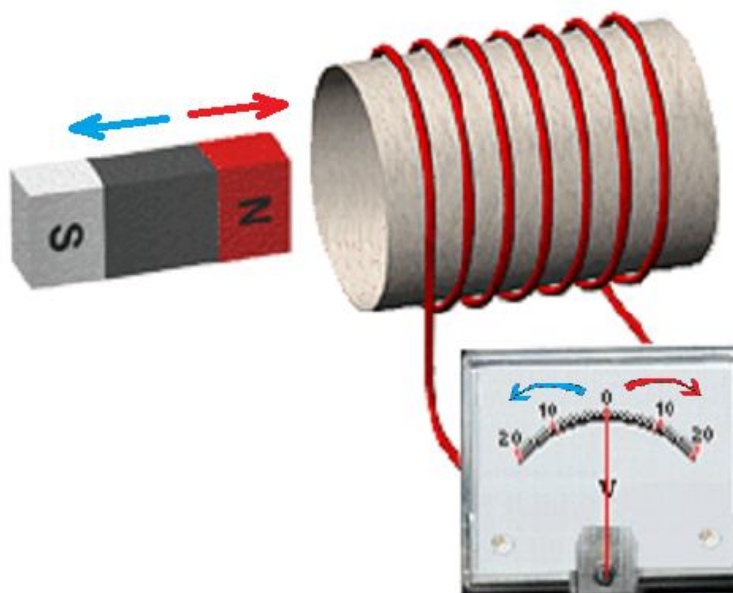
1. Vyzkoušej záznam **různým** (S, N) pólem permanentního magnetu. Jak se změní průběh signálu?
2. Vyzkoušej mazání a záznam na skutečný nosič – pásek od videokazety.
3. Vyzkoušej záznam na disketu.

Fyzikální princip

Elektromagnetická indukce je jev, při kterém vzniká elektrické napětí ve vodiči změnou magnetického pole v okolí vodiče (cívky). Indukované napětí závisí na **velikosti změny magnetického pole** i na **rychlosti jeho změny**:

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}.$$

Indukované napětí má takovou polaritu, že indukovaný proud vytváří magnetické pole s opačným směrem indukčních čar, než má magnetické pole, které indukci vyvolalo (Lenzův zákon).



Cíl

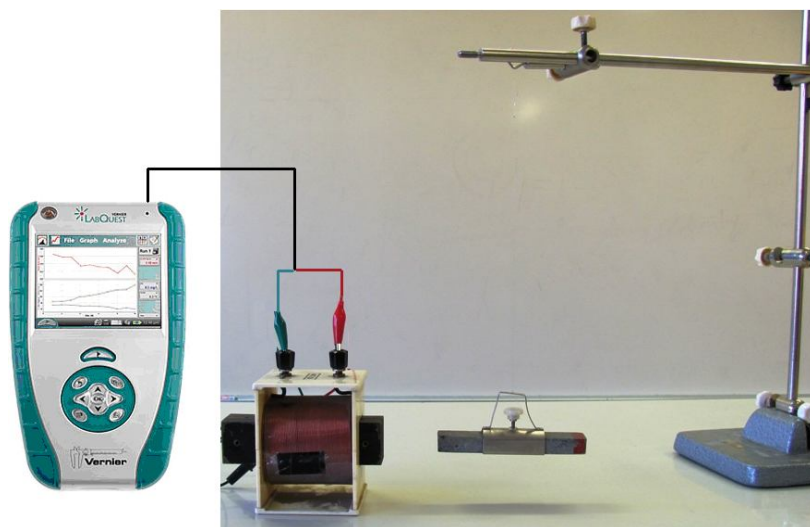
Změřit **indukované** napětí. Ověřit na čem závisí.

Pomůcky



LabQuest, voltmetr VP-BTA, cívka s jádrem, permanentní magnet.

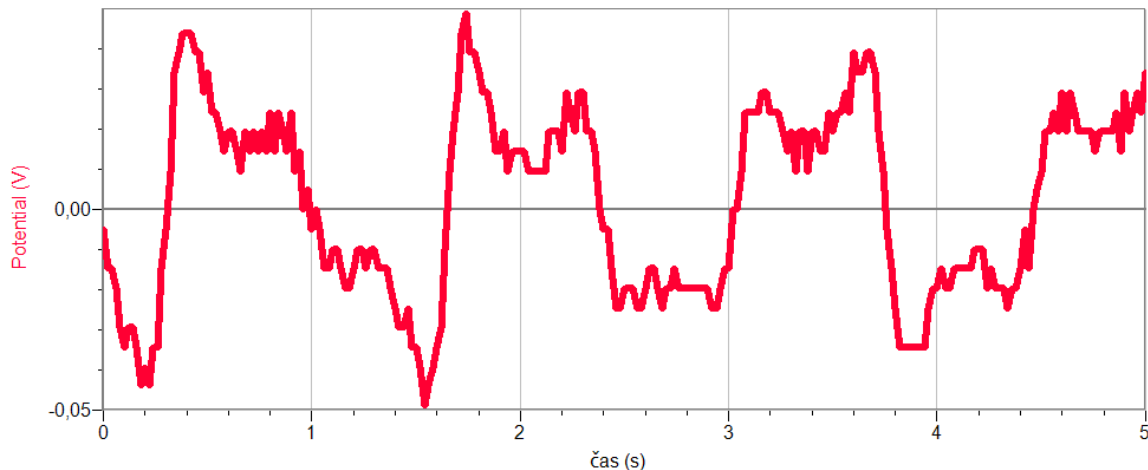


Schéma



Postup

1. Připojíme voltmetr VP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 5 s, Frekvence: 50 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu . Roztočíme permanentní magnet v těsném okolí cívky (jádra).
3. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.



4. Opakujeme měření s rychlejším (pomalejším) otáčením magnetu.
5. Vyměníme magnet za „silnější“.
6. Vyslovíme závěr – na čem závisí indukované napětí?

Doplňující otázky

1. Zkus cívku s jiným počtem závitů.
2. Zkus pohybovat membránou reproduktoru a měřit indukované napětí.
3. Zkus napjatou strunu umístit do magnetického pole a na ní měřit velikost indukovaného napětí.

Nestacionární magnetické pole

7.17 DEMONSTRACE VOLNÉHO PÁDU MAGNETU

Fyzikální princip

Volný pád je rovnoměrně zrychlený pohyb volně padajícího tělesa v blízkosti země. K měření pohybu volného pádu tělesa (**magnetu**) použijeme trubici z nevodivého materiálu. Na trubici jsou v pravidelných vzdálenostech navinuty cívky, které jsou navzájem spojené do série. Spojení cívek připojíme k voltmetru a zobrazíme časový záznam napětí na jednotlivých cívkách při pohybu magnetu trubicí vnitřkem jednotlivých cívek.

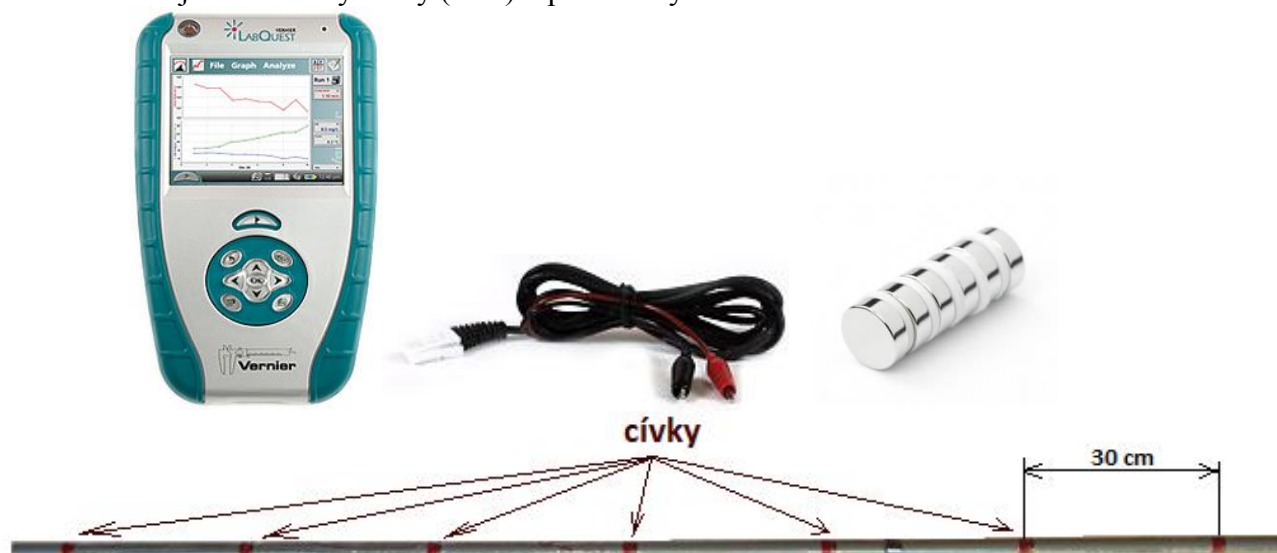


Cíl

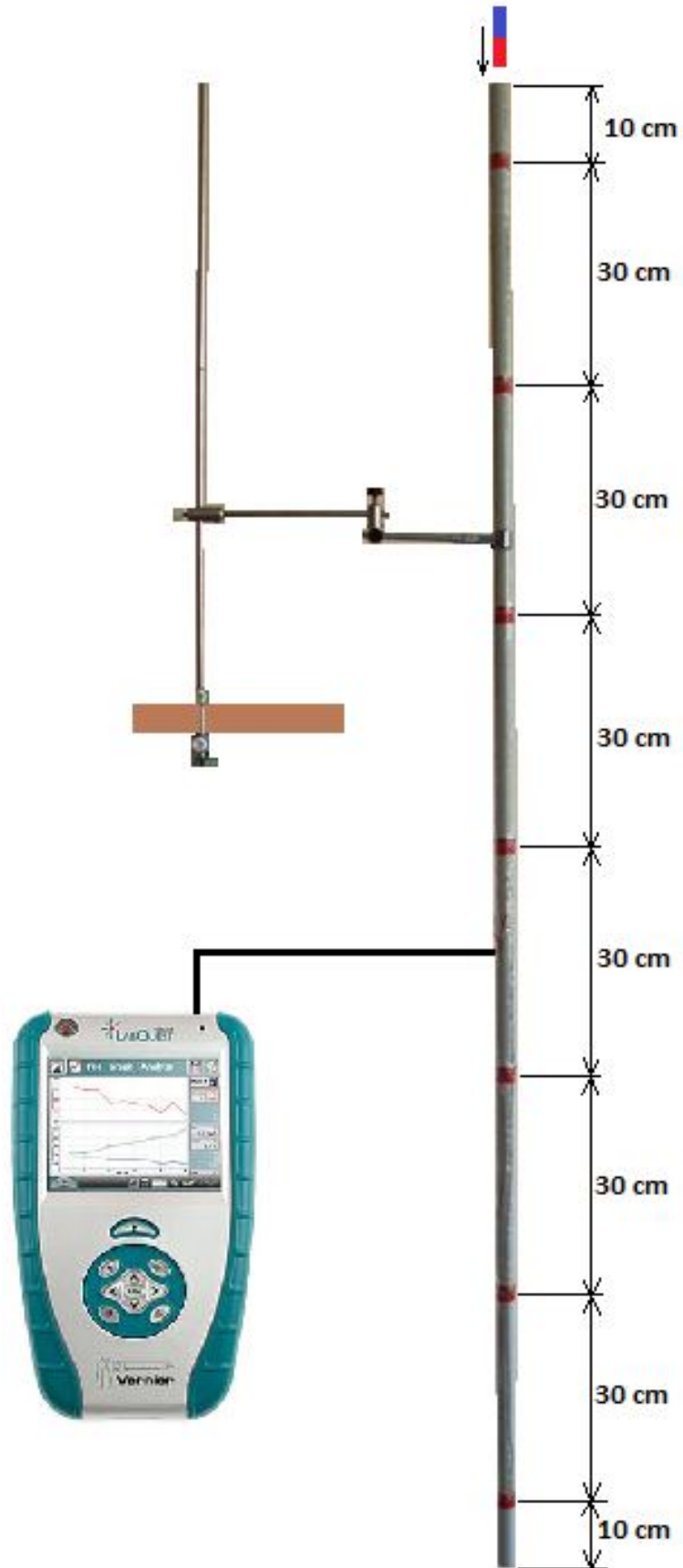
Změřit **časový průběh** indukovaného napětí při pohybu (volném pádu) magnetu vnitřkem cívek.

Pomůcky

LabQuest, voltmetr VP-BTA, neodymový magnet (váleček), 2 m dlouhá PPR trubka 25x3,5 PN16 na které jsou navinuty cívky (10 z) v pravidelných vzdálenostech.

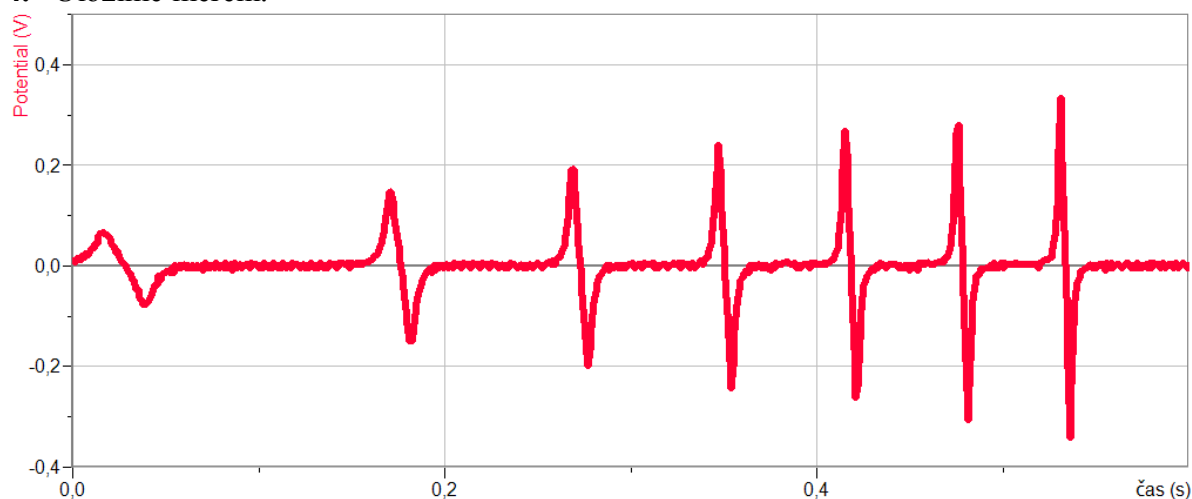


Schéma



Postup

1. **Připojíme** voltmetry VP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Sestavíme obvod podle schéma. Voltmetr připojíme ke koncům sériového spojení cívek. LabQuest připojíme k PC přes USB.
2. **Zapneme** LabQuest. V programu Logger Pro v menu Experiment – Sběr dat: Trvání: 0,6 s, Frekvence: 1 000 vzorků/s. Dále Trigger: je rostoucí přes 0,01 V.
3. Stiskneme tlačítko **Sběr dat** (měření) v programu Logger Pro. Neodymový magnet vložíme do ústí PPR trubky a pustíme.
4. Uložíme měření.



5. Provedeme **analýzu** grafu: Odečítáme časové intervaly mezi jednotlivými průchody magnetu. Dále vypočítáme rychlosti v jednotlivých intervalech. Určíme zrychlení mezi jednotlivými intervaly.

Příklad výpočtu pro výše uvedené měření:

s[cm]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	Průměr 8,20
t[s]	0,156	0,099	0,079	0,069	0,062	0,056	
v [m/s]	1,92	3,03	3,80	4,35	4,84	5,36	
a[m/s ²]	8,68	8,62	7,44	7,49	8,79		

6. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Vyložte průběh záznamu z hlediska velikosti a polaritý jednotlivých napětí a jejich umístění na ose času?
2. Zopakuj měření s padajícím magnetem s opačnou orientací pólů magnetu?
3. Jak se změní časový průběh při použití delšího magnetu (více válečků)?
4. Zopakuj měření s tím, že konec trubky učeš gumovou zátkou?
5. Připoj k výstupu signálu z cívek zesilovač a reproduktor a poslechem sleduj volný pád magnetu.

Fyzikální princip

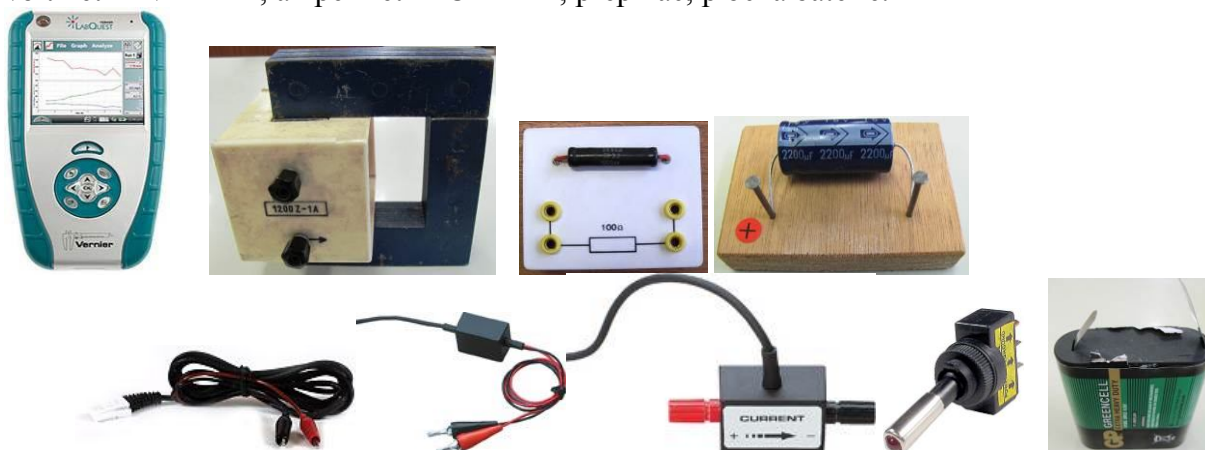
Přechodným dějem v obvodu s kondenzátorem nebo s cívkou nazýváme skokovou změnu napětí a proudu na kondenzátoru a cívce. Tuto změnu vyvoláme sepnutím nebo vypnutím spínače (přepínače).

Cíl

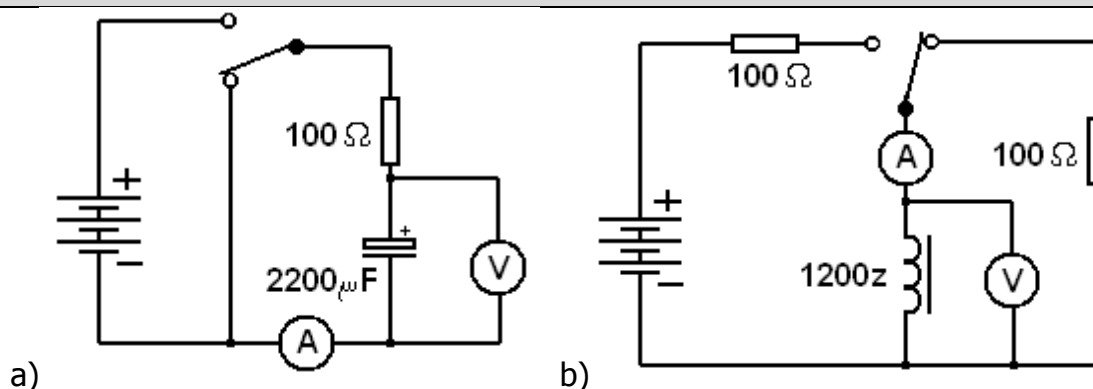
Určit jak se mění napětí a proud v obvodu s kondenzátorem a s cívkou při přechodném ději.

Pomůcky

LabQuest, cívka 1 200 z s jádrem, rezistor 100 Ω , kondenzátor 2 200 μF , voltmetr VP-BTA, voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, přepínač, plochá baterie.



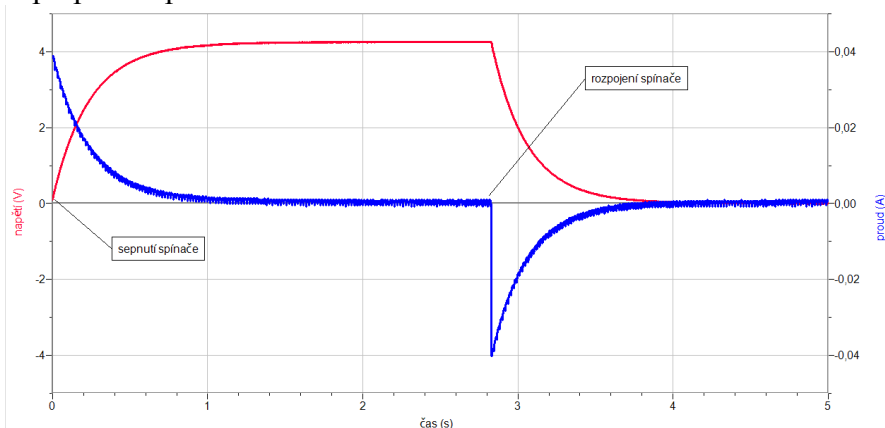
Schéma



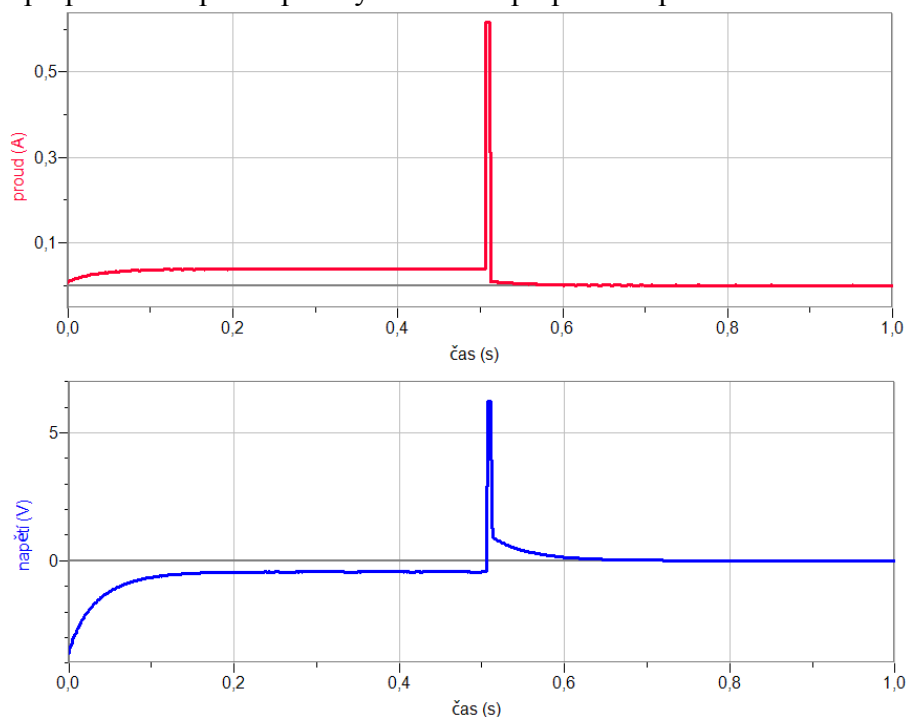
Postup

1. **Připojíme** voltmetr DVP-BTA k vstupu CH1 LabQuestu. **Připojíme** ampérmetr DCP-BTA k vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma a).

- Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 5s, Frekvence: 1 000 čtení/s. Trigger nastavíme na Zapnuto ... je rostoucí přes 0.01 V. Dále zvolíme zobrazení grafu.
- Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu.
- Přepneme přepínač do opačné polohy a asi po dvou až třech sekundách (odhadneme) přepneme přepínač zpět.



- Zapojíme obvod podle schéma b).
- Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 1 s, Frekvence: 1 000 čtení/s. Trigger nastavíme na Zapnuto ... je rostoucí přes 0.01 A. Dále zvolíme zobrazení grafu.
- Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu.
- Přepneme přepínač do opačné polohy a hned ho přepneme zpět.



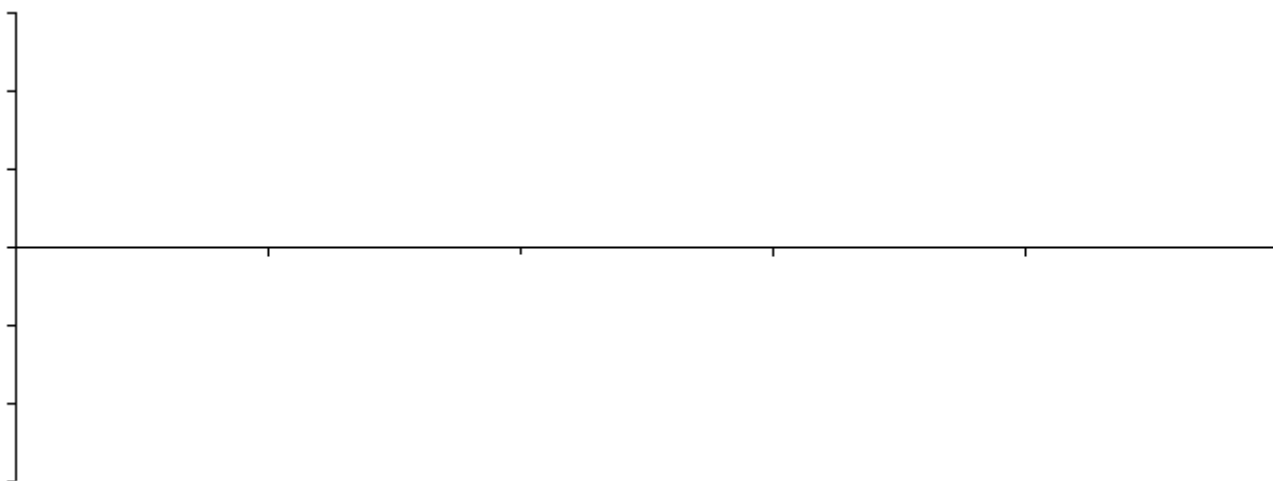
Doplňující otázky

- Zamysli se, co se děje s proudem a napětím při připojení kondenzátoru (cívky) ke zdroji napětí a co se děje při odpojení od zdroje a připojení k rezistoru? Kde se to dá využít?
- Co se bude dít, když zmenšíme (50Ω) nebo zvětšíme (200Ω) hodnotu rezistorů. Zkus to vymyslet a potom ověř měřením.

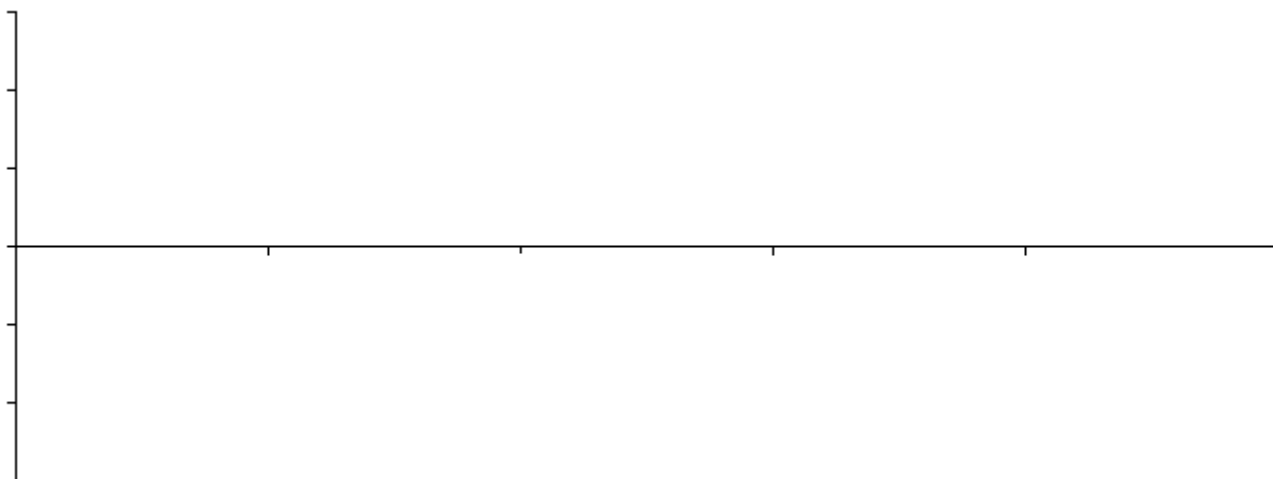
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.18 Přejchodný děj	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf závislosti proudu a napětí na čase:

a) kondenzátor



b) cívka



2. Doplnkové otázky:

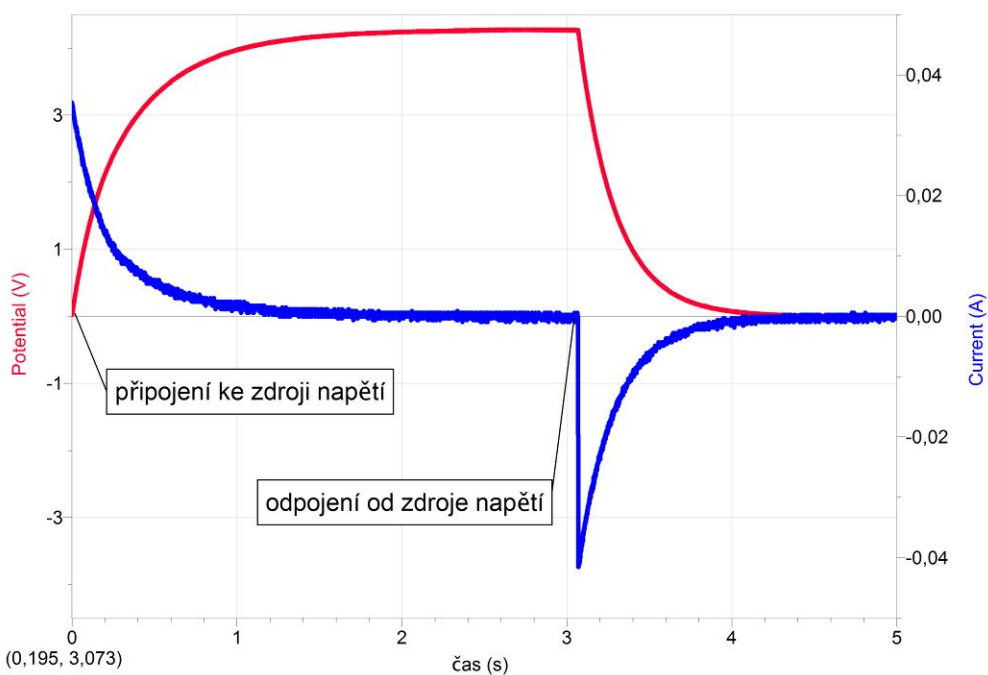
- a) Co se děje s proudem a napětím při připojení kondenzátoru ke zdroji napětí?
- b) Co se děje s proudem a napětím při odpojení od zdroje a připojení kondenzátoru k rezistoru?
- c) Co se děje s proudem a napětím při připojení cívky ke zdroji napětí?

- d)** 4) Co se děje s proudem a napětím při odpojení od zdroje a připojení cívky k rezistoru?
- e)** 5) Co se bude dít, když zmenšíme (50Ω) nebo zvětšíme (200Ω) hodnotu rezistorů?
- f)** 6) Kde se dá přechodných dějů využít?

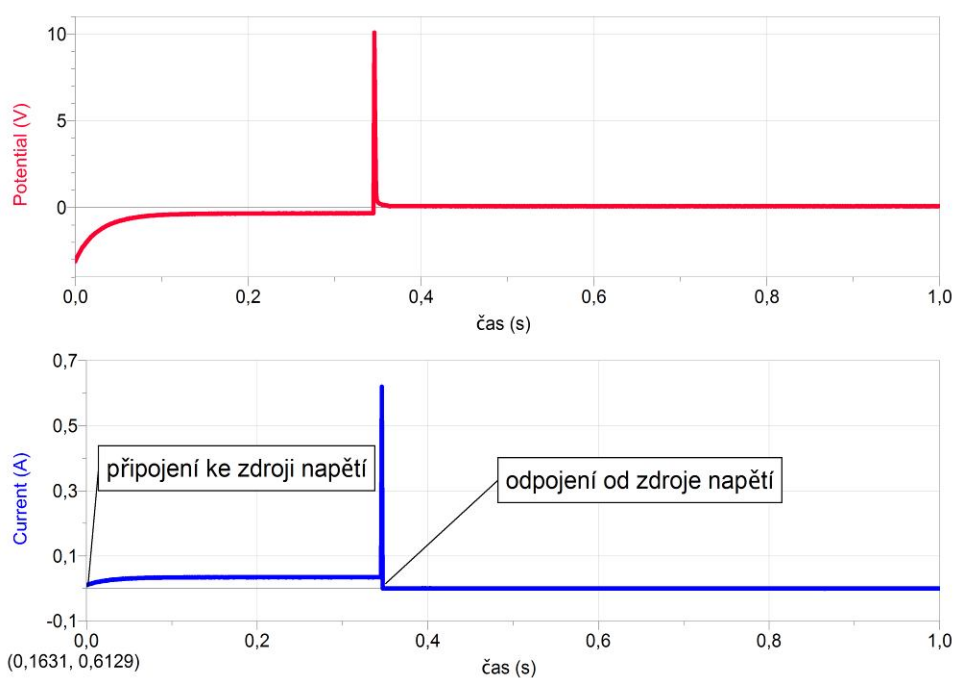
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.18 Přechodný děj	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota: 27 °C
Datum:	Tlak: 1008 hPa
Spolupracovali:	Vlhkost: 53 %

1. Graf závislosti proudu a napětí na čase:

a) kondenzátor



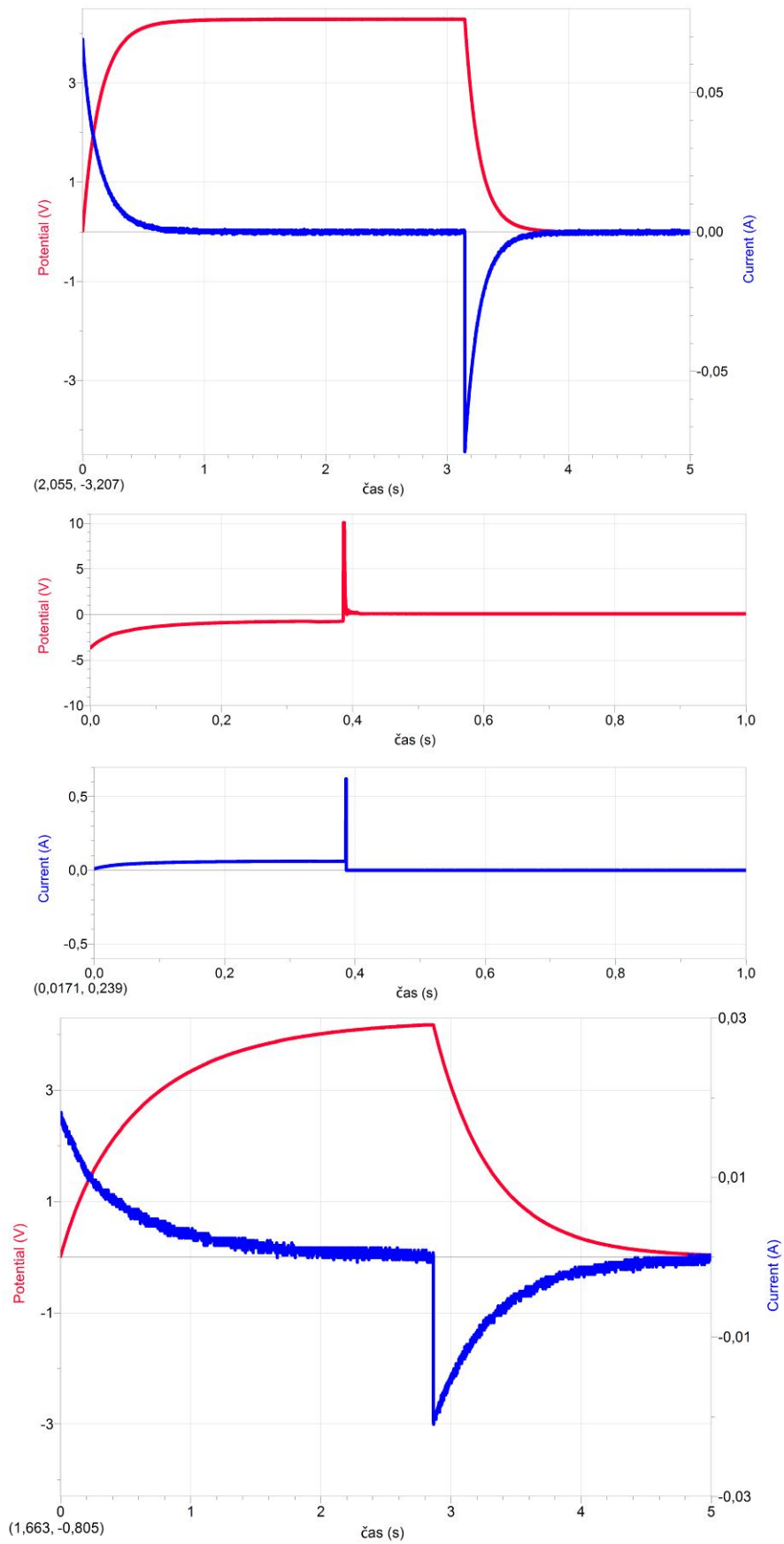
b) cívka

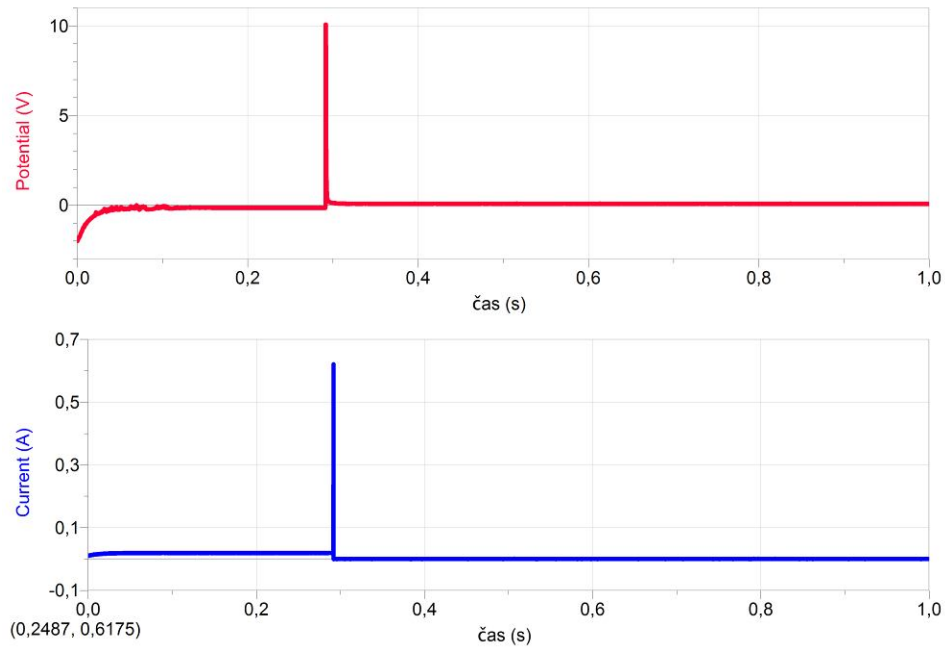


3. Doplnkové otázky:

- a) Co se děje s proudem a napětím při připojení kondenzátoru ke zdroji napětí?
Při zapojení kondenzátoru ke zdroji napětí dochází k jeho nabíjení. Na kondenzátoru se akumuluje elektrický náboj (zvětšuje se jeho elektrická energie). V okamžiku zapojení bude obvodem procházet největší elektrický proud. Nenabitý kondenzátor se zpočátku chová jako zkrat. Čím více se však bude kondenzátor nabíjet (bude v něm vzrůstat nahromaděný náboj) a poroste jeho napětí, tím menší proud bude procházet obvodem.
- b) Co se děje s proudem a napětím při odpojení od zdroje a připojení kondenzátoru k rezistoru?
Po odpojení obvodu od zdroje napětí se začíná kondenzátor vybíjet (chová se jako zdroj). Elektrická energie, kterou kondenzátor vybije, se v rezistoru přemění na teplo. Teoreticky se kondenzátor vybíjí nekonečně dlouhou dobu. V okamžiku odpojení kondenzátoru od zdroje napětí prochází obvodem velký proud opačným směrem, než při zapojení ke zdroji napětí. Napětí i proud postupně klesají.
- c) Co se děje s proudem a napětím při připojení cívky ke zdroji napětí?
Při zapojení cívky ke zdroji stejnosměrného napětí začne obvodem procházet proud, který na cívce způsobí indukované napětí, jež je úměrné časové změně magnetického indukčního toku, a s polaritou působící proti napětí zdroje. Proud v obvodu se proto zvětšuje na svou maximální hodnotu jen postupně, neboť část energie dodávané ze zdroje do obvodu se spotřebovává na vytváření magnetického pole cívky (indukované napětí na cívce postupně klesá). Proud se ustálí teprve v okamžiku, kdy se časová změna magnetického indukčního toku bude rovna nule (to platí i pro indukované napětí na cívce).
- d) Co se děje s proudem a napětím při odpojení od zdroje a připojení cívky k rezistoru?
Po odpojení cívky od zdroje stejnosměrného napětí se začne v cívce indukovat napětí opačné polarity (může dosáhnout vyšších hodnot než je napětí zdroje), než v předešlé fázi, které způsobí zpomalení zániku magnetického pole. Směr toku proudu zůstává nezměněn. Energie magnetického pole cívky se přemění na rezistoru na teplo. Proud i napětí tedy rychle, ale postupně klesají k nulové hodnotě.
- e) Co se bude dít, když zmenšíme (50 Ω) nebo zvětšíme (200 Ω) hodnotu rezistorů?
*Kondenzátor:
Čím menší odpor má rezistor, tím rychleji se kondenzátor nabije a tím rychleji klesne proud při jeho nabíjení. Při odpojení od zdroje se kondenzátor naopak přes rezistor rychle vybije a vzniklý proud v obvodu rychle klesá. Čím větší odpor má rezistor, tím pomaleji se rezistor nabije a tím pomaleji klesne proud při jeho nabíjení. Při odpojení kondenzátoru od zdroje se kondenzátor naopak přes rezistor vybije pomaleji a vzniklý proud v obvodu pozvolna klesá.
Ve druhém případě prochází obvodem celkově menší proud.*
*Cívka:
Čím menší odpor mají rezistory, tím pozvolněji klesá indukované napětí vzniklé na cívce při zapojení ke zdroji. Totéž platí pro elektrický proud, který se v tomto případě ustálí za delší časový okamžik. Jinak je tomu v případě, že rezistory mají větší odpor. Indukované napětí klesá rychleji a proud se v obvodu ustálí na konstantní hodnotě za velmi krátkou dobu. Při odpojení od zdroje klesají proud a napětí v obou případech přibližně stejně.
Ve druhém případě prochází obvodem celkově menší proud.*

Kondenzátor + rezistor 50 Ω / + rezistor 200 Ω/Cívka + rezistory 50 Ω / + rezistory 200 Ω





f) Kde se dá přechodných dějů využít?

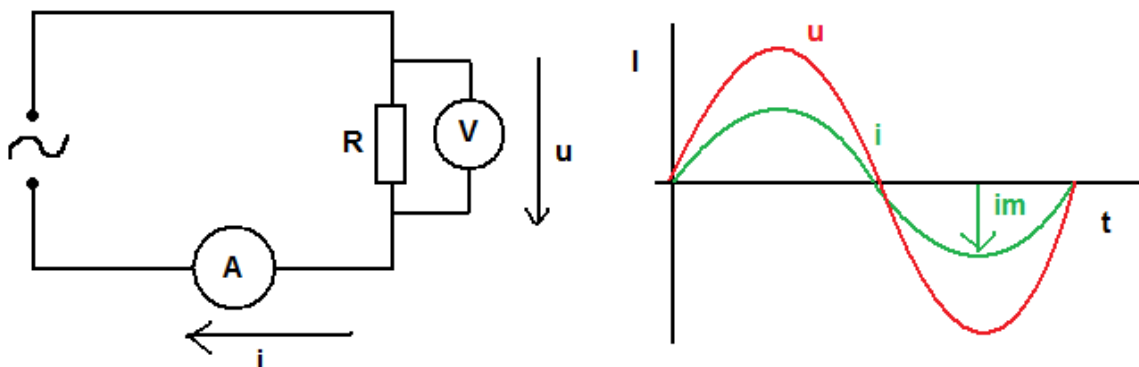
Řada přechodných jevů je nežádoucí, protože způsobí např. krátkodobé přetížení obvodu a tím zkracují životnost zařízení (zapnutí studené žárovky – nárazový proud je až desetkrát větší než ustálený proud). Některé přechodné děje jsou však žádoucí a některé obvody jsou přímo na využití přechodných dějů založeny (generátory, klopné obvody).

V elektronice existují přechodné děje založené na RC, RL a RLC obvodech, vzhledem k čemuž nejmenším používání cívek mají největší význam při nabíjení a vybíjení kondenzátorů. Obecně jsou

v elektronice nejrozšířenější tepelné přechodné jevy. V silnoproudé elektronice se měří oteplovací křivky elektrických strojů, v počítačové technice se měří oteplení hlavního procesoru, měření teploty harddisku, atd.

Fyzikální princip

Nejjednodušší střídavý obvod je tvořen rezistorem, který má jen odpor. Obvodem prochází střídavý proud, jehož okamžitá hodnota i je určena vztahem $i = I_m \sin \omega t$. V jednoduchém obvodu s odporem má časový diagram **napětí** stejnou fázi (**fázový rozdíl je nulový**) jako časový diagram proudu.

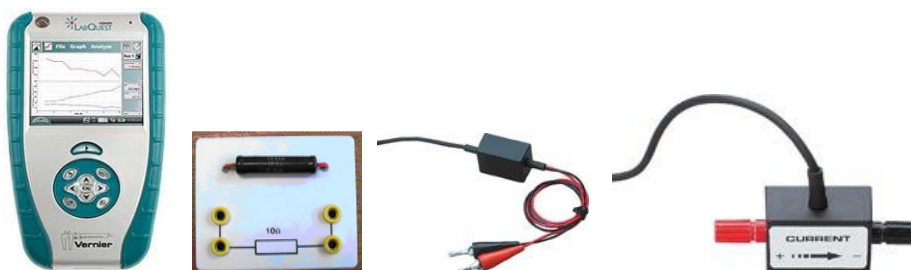


Cíl

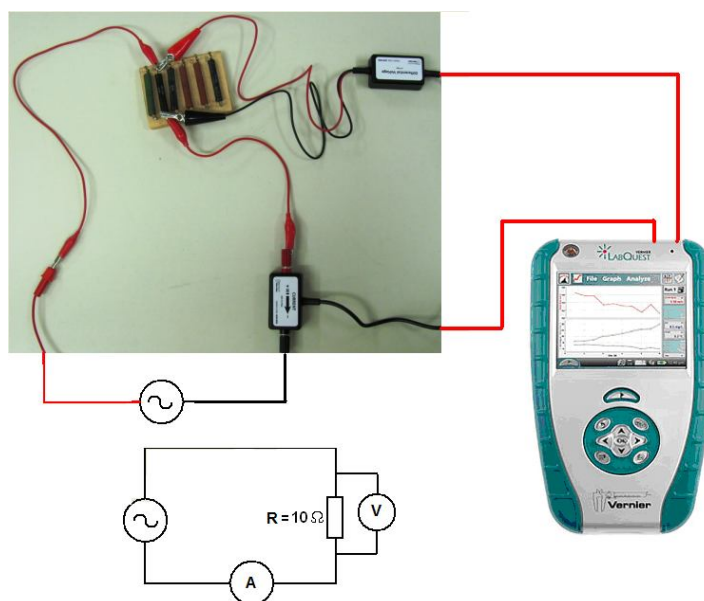
Změřit časový diagram napětí a proudu v obvodu s odporem.

Pomůcky


LabQuest, rezistor 10Ω , voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, zdroj střídavého napětí 3 V.

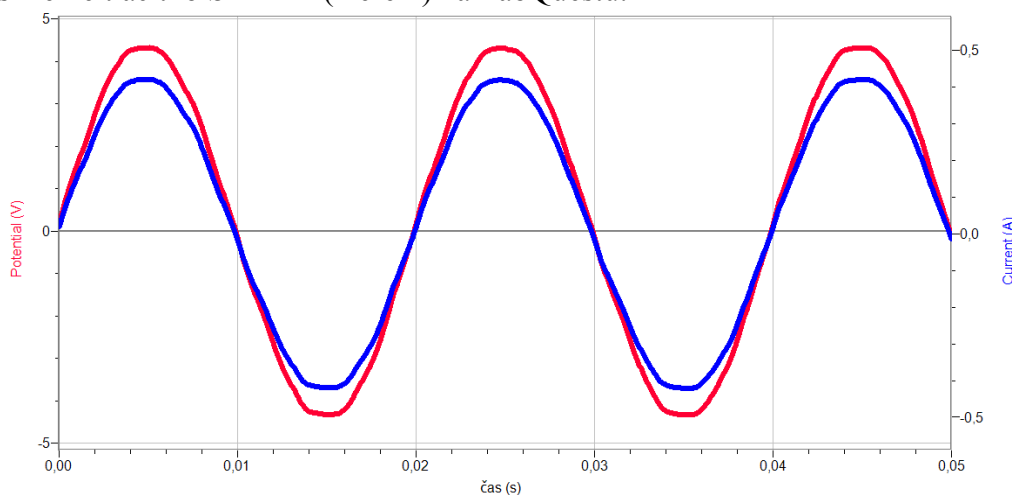


Schéma



Postup

1. **Připojíme** voltmetr DVP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. **Připojíme** ampérmetr DCP-BTA ke vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma. Napětí střídavého zdroje je maximálně 3 V (efektivní hodnota).
2. **Zapneme** LabQuest a nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 0,005 s, Frekvence: 10 000 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. Stiskneme tlačítko **START** (měření) na LabQuestu.



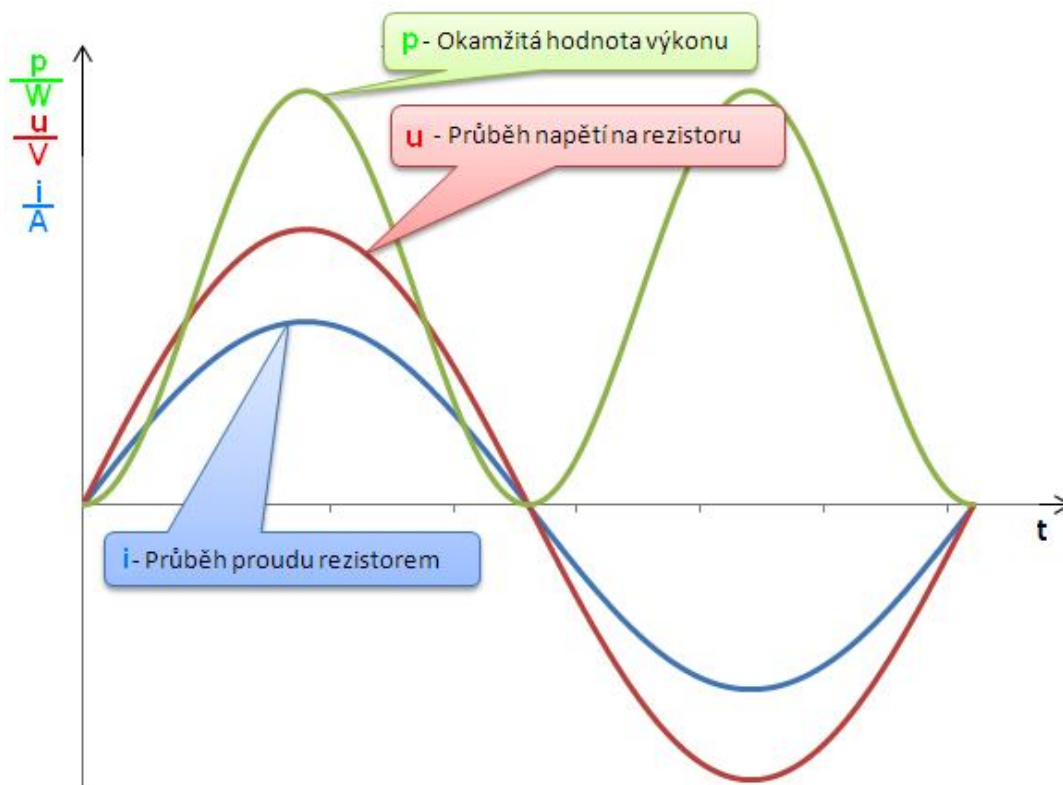
4. Provedeme **analýzu** jednotlivých grafů: Určíme velikost U_m , f , I_m , T a φ (fázový rozdíl). Zapišeme rovnice okamžitých hodnot i a u .
5. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Zakreslete **fázorový diagram**.
2. Určete z grafů velikost **odporu** rezistoru.

Fyzikální princip

Nejjednodušší střídavý obvod je tvořen rezistorem, který má jen odpor. Obvodem prochází střídavý proud, jehož okamžitá hodnota i je určena vztahem $i = I_m \sin \omega t$. V jednoduchém obvodu s odporem je okamžitá hodnota výkonu $p = u \cdot i = R \cdot i^2 = R \cdot I_m^2 \sin^2 \omega \cdot t$.

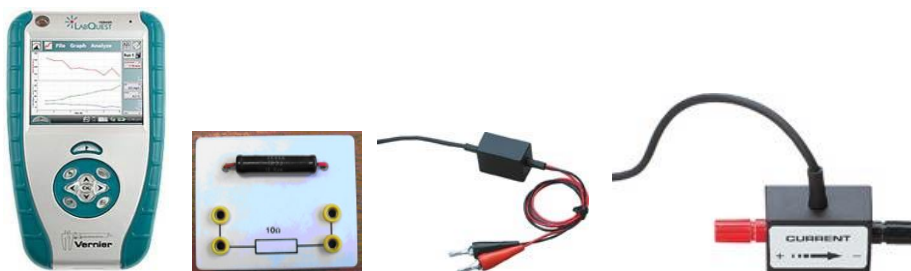


Cíl

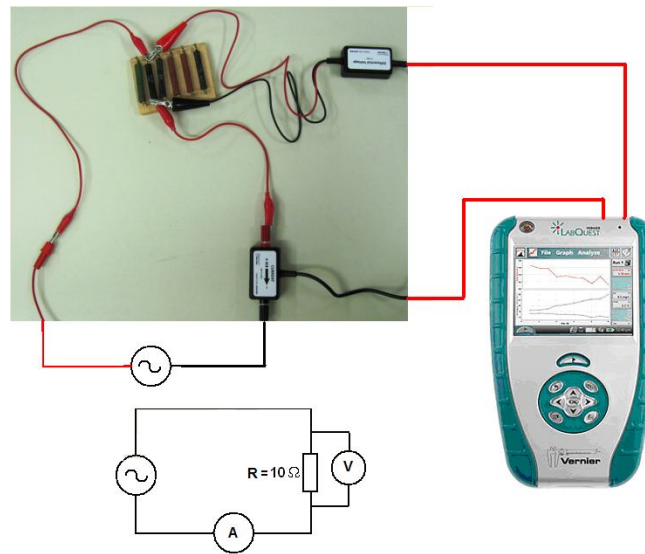
Změřit **časový diagram** napětí a proudu v obvodu s odporem a zobrazit časový diagram výkonu.

Pomůcky


LabQuest, rezistor 10Ω , voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, zdroj střídavého napětí 3 V.

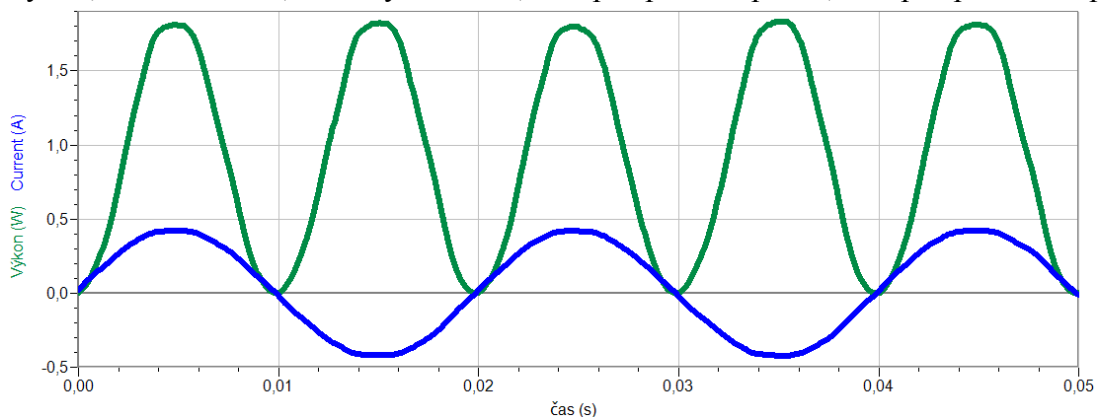


Schéma



Postup

1. Připojíme voltmetr DVP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Připojíme ampérmetr DCP-BTA ke vstupu CH2 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma. Napětí střídavého zdroje je maximálně 3 V (efektivní hodnota).
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Sensory – Záznam dat: Trvání: 0,005 s, Frekvence: 10 000 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. Stiskneme tlačítko **START** (měření) na LabQuestu.
4. Zvolíme záložku tabulka. V menu Tabulka zvolíme Nový dopočítávaný sloupec: Název – Výkon; Jednotka – W; Tvar výrazu X.Y; Sloupec pro X – proud; Sloupec pro Y – napětí.



5. Provedeme **analýzu** jednotlivých grafů: Určíme velikost P_m , f , I_m , T . Zapišeme rovnice okamžitých hodnot i a p .
6. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Jaký je poměr frekvence okamžité hodnoty výkonu a okamžité hodnoty proudu?
2. Určete z grafu okamžité hodnoty výkonu **střední hodnotu výkonu** \bar{P} .

Střídavý proud

7.21 STŘÍDAVÝ PROUD S INDUKČNOSTÍ

Fyzikální princip

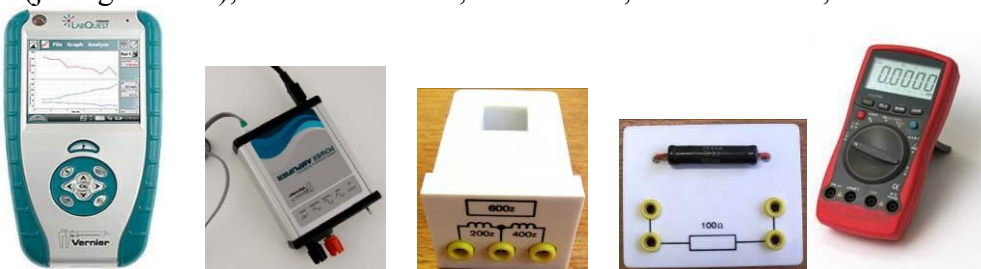
Induktance je veličina $X_L = \frac{U}{I}$. Induktance X_L je přímo úměrná **indukčnosti** cívky L a **frekvenci** střídavého proudu f .

Cíl

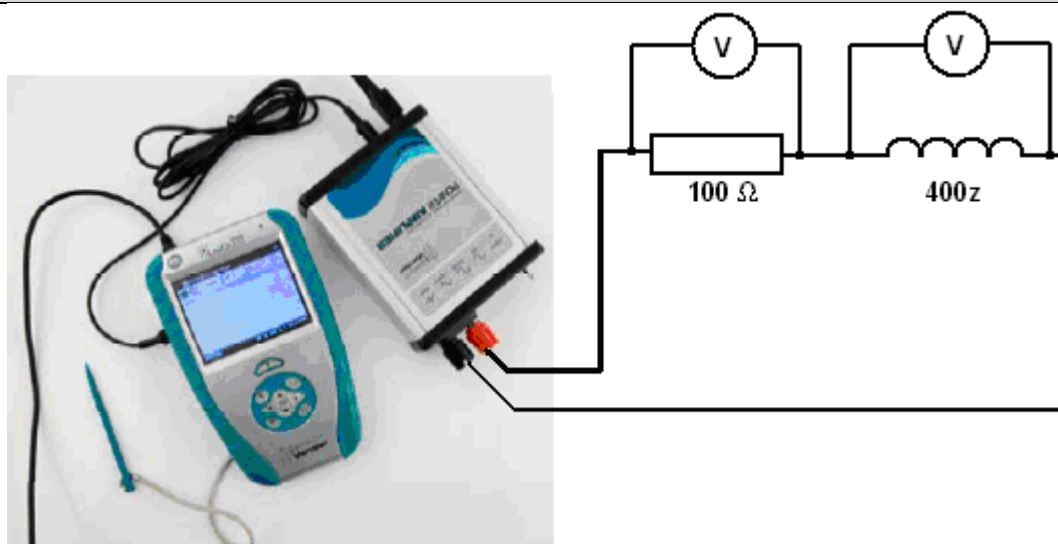
Určit pomocí induktance **indukčnost** cívky. Ověřit, že induktance na indukčnosti a frekvenci závisí přímo úměrně.

Pomůcky

LabQuest (jako generátor), zesilovač PAMP, cívka 400 z, rezistor 100 Ω , voltmetr.



Schéma



Postup

1. **Propojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s rezistorem 100 Ω , školní cívkou 400 z a voltmetrem (ry).
2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu **zvolíme** aplikaci – generátor funkcí (**Zesilovač**).

3. Signál zvolíme **sinus**, kmitočet nastavíme **100 Hz** a napětí 10 V.
4. Změříme **střídavé** napětí na rezistoru a indukčnosti. Vypočítáme proud I rezistorem. **Vypočítáme** impedanci Z . **Vypočítáme** indukčanci X_L . Z indukance a frekvence vypočítáme indukčnost L .
5. Změníme kmitočet na 200 Hz a opakujeme předchozí bod (4).
6. Postupně měníme kmitočet 300 Hz, 400 Hz, ..., 1000 Hz a opakujeme bod (4).
7. Sestrojíme graf závislosti $X_L = f(f)$.

Doplňující otázky

1. Místo cívky zapoj tlumivku (2×47 mH) a proved' stejné měření. V čem se liší závislost $X_L = f(f)$? Proč se liší?



2. Změř okamžité hodnoty napětí a proudu na rezistoru a na indukčnosti pomocí druhého LabQuestu a voltmetrů a ampérmetru. Jaká je velikost fázového posunutí napětí a proudu?
3. Zkus ověřit další hodnoty indukance pro vyšší frekvence?
4. Zkus změřit přechodný děj na indukčnosti.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.21 Střídavý proud s indukčností	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

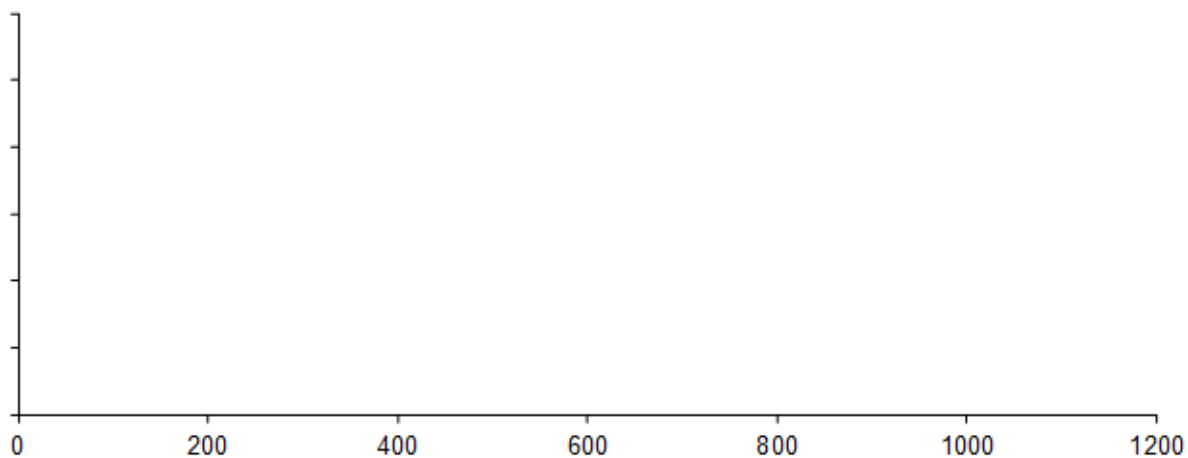
1. Výpočet indukčnosti cívky a graf závislosti indukčnosti cívky na frekvenci střídavého napětí

Vzorce pro výpočet

I	Z	X_L	L

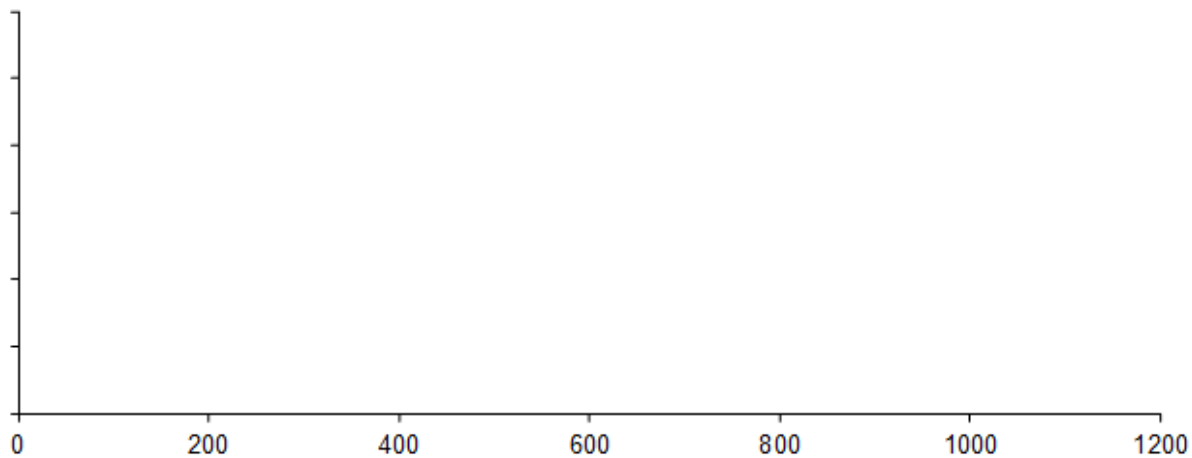
a) cívka: školní 400 závitů (4,5 Ω)

$f/$	$U_R/$	$I/$	$U_L/$	$Z/$	$X_L/$	$L/$
0	0			$(R_{\text{cívky}})$	0	0
100						
200						
300						
400						
500						
600						
700						
800						
900						
1000						
					průměr	



b) cívka: tlumivka 47 mH

$f/$	$U_R/$	$I/$	$U_L/$	$Z/$	$X_L/$	$L/$
0	0			($R_{cívky}$)	0	0
100						
200						
300						
400						
500						
600						
700						
800						
900						
1000						
					průměr	



2. V čem se liší grafické závislosti $X_L = X_L(f)$ školní cívky a tlumivky a proč se liší?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.21 Střídavý proud s indukčností	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota: 25°C
Datum:	Tlak: 1004 hPa
Spolupracovali:	Vlhkost: 53%

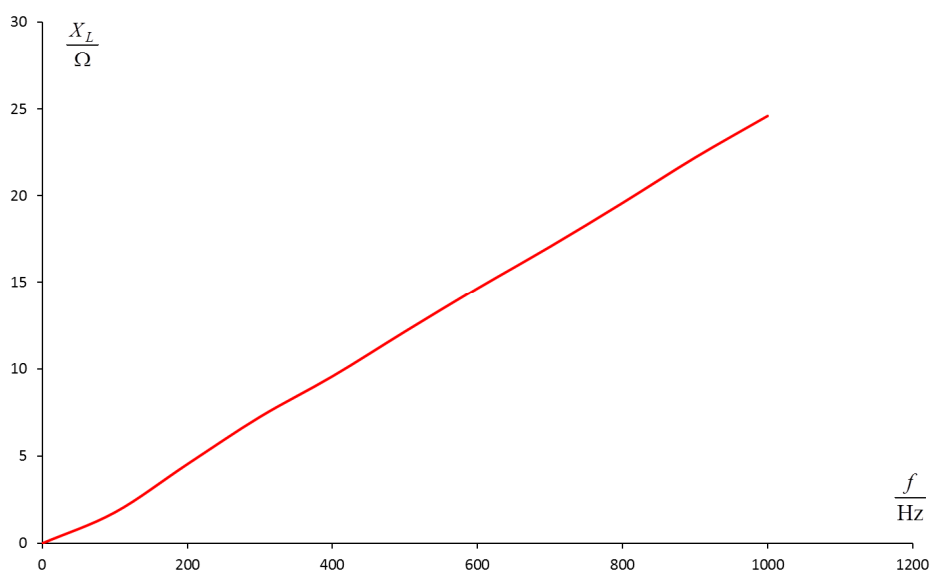
3. Výpočet indukčnosti cívky a graf závislosti indukčnosti cívky na frekvenci střídavého napětí

Vzorce pro výpočet

I	Z	X_L	L
$\frac{U_L}{R}$stejnoseměrný obvod	$\frac{U_L}{I}$	$\sqrt{Z^2 - R_{cívky}^2}$	$\frac{X_L}{2\pi f}$

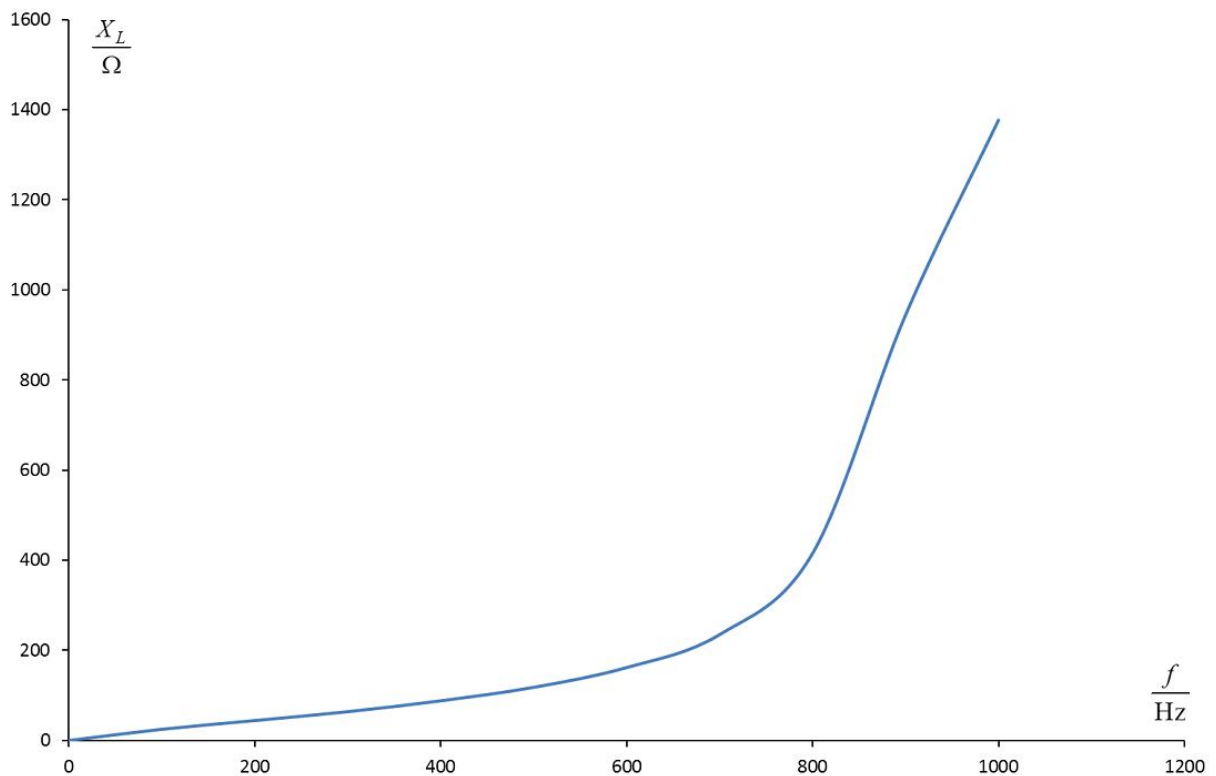
a) cívka: školní 400 závitů (4,5 Ω)

f / Hz	U_R / V	I / A	U_L / V	Z / Ω	X_L / Ω	L / H
0	0,0000	0,0364	0,1620	4,4510 ($R_{cívky}$)	0,0000	0,0000
100	0,9600	0,0096	0,0460	4,7917	1,7744	0,0028
200	0,9440	0,0094	0,0600	6,3559	4,5372	0,0036
300	0,9410	0,0094	0,0800	8,5016	7,2433	0,0038
400	0,9380	0,0094	0,0990	10,5544	9,5699	0,0038
500	0,9360	0,0094	0,1210	12,9274	12,1369	0,0039
600	0,9340	0,0093	0,1430	15,3105	14,6492	0,0039
700	0,9300	0,0093	0,1640	17,6344	17,0634	0,0039
800	0,9260	0,0093	0,1860	20,0864	19,5870	0,0039
900	0,9230	0,0092	0,2090	22,6436	22,2018	0,0039
1000	0,9160	0,0092	0,2290	25,0000	24,6006	0,0039
					průměr	0,0037



b) cívka: tlumivka 47 mH

f / Hz	U_R / V	I / A	U_L / V	Z / Ω	X_L / Ω	L / H
0	0,0000	0,0367	0,0673	1,8338 ($R_{\text{cívky}}$)	0,0000	0,0000
100	6,3300	0,0633	1,5760	24,8973	24,8297	0,0395
200	5,9700	0,0597	2,6440	44,2881	44,2501	0,0352
300	5,5100	0,0551	3,5240	63,9564	63,9301	0,0339
400	4,9400	0,0494	4,3500	88,0567	88,0376	0,0350
500	4,2700	0,0427	5,0400	118,0328	118,0185	0,0376
600	3,4760	0,0348	5,6300	161,9678	161,9574	0,0430
700	2,6080	0,0261	6,1300	235,0460	235,0389	0,0534
800	1,5650	0,0157	6,5000	415,3355	415,3314	0,0826
900	0,7050	0,0071	6,6600	944,6809	944,6791	0,1671
1000	0,4850	0,0049	6,6800	1377,3196	1377,3184	0,2192
průměr						0,0747



4. V čem se liší grafické závislosti $X_L = X_L(f)$ školní cívky a tlumivky a proč se liší?

Graf pro školní cívku 400 závitů: Cívka neobsahuje jádro; indukce je téměř přesně lineární funkcí frekvence střídavého napětí. Konstantou úměry je výraz $2\pi L$, kde L je indukčnost cívky. Indukčnost je též konstantní.

Graf pro tlumivku 47 mH: Induktance není lineární funkcí frekvence. Příčinou je jádro, na němž je namotán vodivý drát cívky. Z toho důvodu nelze indukčnost cívky L považovat za konstantní hodnotu.

Fyzikální princip

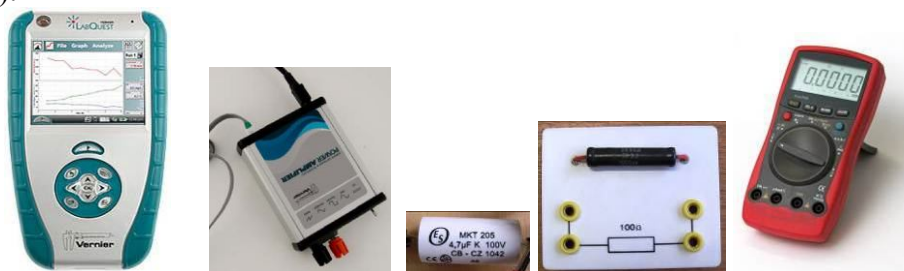
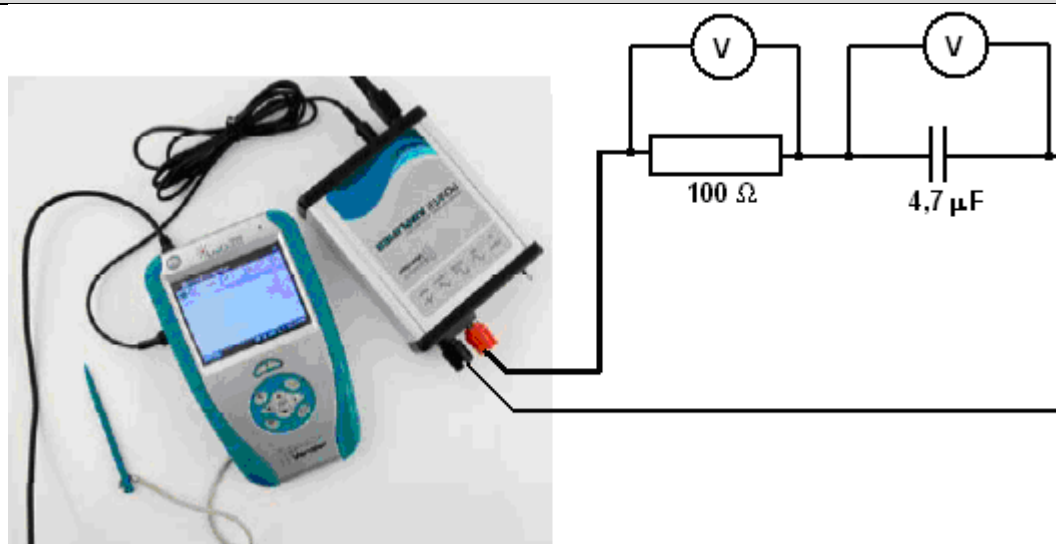
Kapacitance je veličina $X_C = \frac{U}{I}$. Kapacitance X_C je nepřímo úměrná **kapacitě** kondenzátoru C a **frekvenci** střídavého proudu f .

Cíl

Určit pomocí kapacitance **kapacitu** kondenzátoru. Ověřit, že **kapacitance** na kapacitě a frekvenci závisí **nepřímo úměrně**.

Pomůcky

LabQuest (jako generátor), zesilovač PAMP, kondenzátor 4,7 μF (MKT 205), rezistor 100 Ω , voltmetr (y).

**Schéma****Postup**

1. **Propojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s rezistorem 100 Ω , kondenzátorem 4,7 μF a voltmetrem (ry).

2. **Zapneme** LabQuest a v základním menu **zvolíme** aplikaci – generátor funkcí (**Zesilovač**).
3. Signál zvolíme **sinus**, kmitočet nastavíme **100 Hz** a napětí 10 V.
4. Změříme **střídavé** napětí na rezistoru a kondenzátoru. Vypočítáme proud I rezistorem. **Vypočítáme** kapacitanci X_C . Z kapacitance a frekvence vypočítáme kapacitu C .
5. Změníme kmitočet na 200 Hz a opakujeme předchozí bod (4).
6. Postupně měníme kmitočet 300 Hz, 400 Hz,, 1000 Hz a opakujeme bod (4).
7. Sestrojíme graf závislosti $X_C = f(f)$.
8. Porovnej hodnotu kapacity vypočítanou a jmenovitou.

Doplňující otázky

1. Změř okamžité hodnoty napětí a proudu na rezistoru a na kondenzátoru pomocí druhého LabQuestu a voltmetrů a ampérmetru. Jaká je velikost fázového posunutí napětí a proudu na rezistoru a na kondenzátoru?
2. Zkus ověřit další hodnoty kapacitance pro vyšší frekvence?
3. Zkus změřit přechodný děj na kondenzátoru.

Fyzikální princip

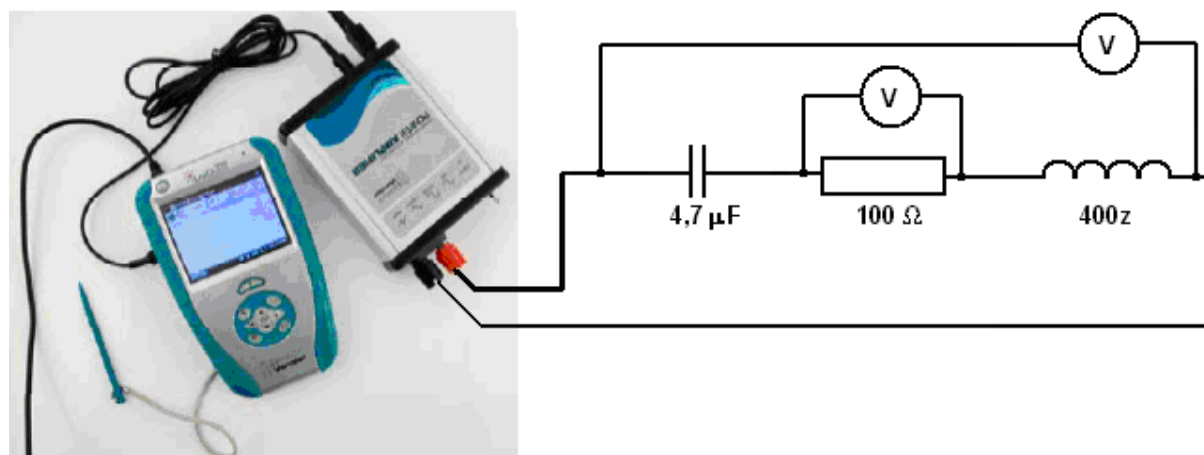
Impedance je veličina $Z = \frac{U}{I}$. Při **sériovém** spojení prochází rezistorem, cívkou a kondenzátorem složeným obvodem RLC stejný proud i .

Cíl

Určit pomocí výsledného napětí a proudu **impedanci** Z . Určit jak závisí impedance Z na frekvenci f .

Pomůcky

LabQuest (jako generátor), zesilovač PAMP, cívka 400 z, rezistor 100 Ω , kondenzátor 4,7 μF (MKT 205), voltmetr - multimetr.

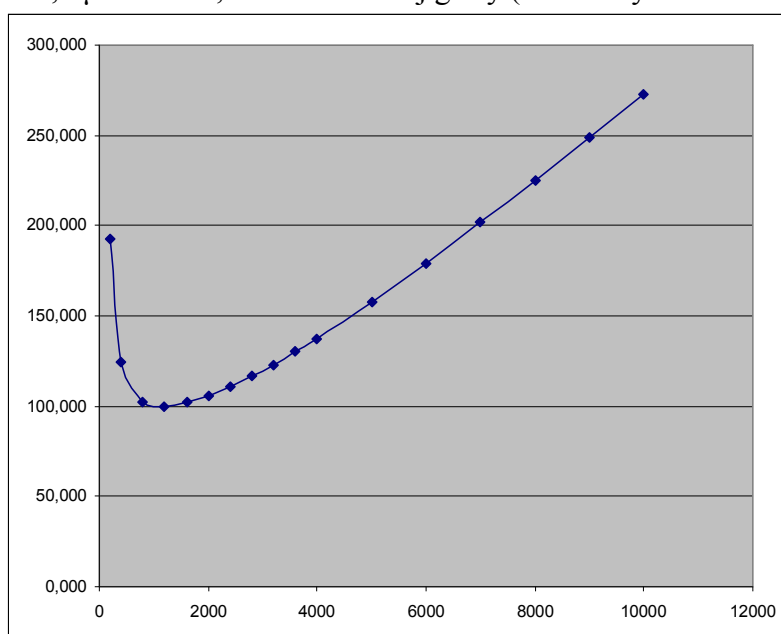
**Schéma****Postup**

1. **Propojíme** audio výstup LabQuestu ke vstupu zesilovače. Výstup zesilovače propojíme s rezistorem 100 Ω , školní cívkou 400 z, kondenzátorem 4,7 μF a voltmetry.

2. Zapneme LabQuest a v základním menu zvolíme aplikaci – generátor funkcí (Zesilovač).
3. Signál zvolíme sinus, kmitočet nastavíme 100 Hz a napětí 10 V.
4. Změříme střídavé napětí na rezistoru a celkové napětí. Vypočítáme proud I rezistorem. Vypočítáme impedanci Z .
5. Změníme kmitočet na 400 Hz a opakujeme předchozí bod (4).
6. Postupně měníme kmitočet 800 Hz, 1 200 Hz, ..., 10 000 Hz a opakujeme bod (4).
7. Sestrojíme graf závislosti $Z = f(f)$.

Doplňující otázky

1. Jak se mění impedance Z v závislosti na kmitočtu? Zkus vysvětlit, proč tomu tak je?
2. Sestroj graf $Z = f(f)$ podle vzorce $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$, kde $f \in (0 \text{ Hz}, 10 \text{ kHz})$, $R = 100 \ \Omega$, $C = 4,7 \ \mu\text{F}$ a $L = 4,1 \ \text{mH}$. Porovnej grafy (naměřený a teoretický).



3. Kde se využívá této závislosti? Vysvětli. Jak se změni tyto závislosti, změníme-li hodnotu kapacity nebo indukčnosti?
4. Zkus změřit podobnou závislost $Z = f(f)$ pro paralelní obvod RLC? Pozor: Vzhledem k malému vnitřnímu odporu cívky L při nízkých kmitočtech je potřeba zařadit k obvodu RLC sériově rezistor $100 \ \Omega$.
5. Změř okamžité hodnoty napětí na rezistoru, cívce a kondenzátoru a hodnotu proudu na rezistoru pomocí druhého LabQuestu a voltmetrů a ampérmetru. Jaká je velikost fázového posunutí jednotlivých napětí vzhledem k proudu?

Fyzikální princip

V **usměrňovači** střídavého proudu se využívá základní vlastnosti polovodičové diody „propustit proud pouze jedním směrem“. K usměrňování se využívá **jednocestný usměrňovač** nebo **dvoucestný usměrňovač** (Graetzovo zapojení). K vyhlazení pulzujícího zapojení se používá kondenzátor a tlumivka.

Cíl

Určit **průběh** stejnosměrného pulzujícího napětí po usměrňování jednocestným a dvoucestným usměrňovačem. Dále pak určit **průběh po vyhlazení**.

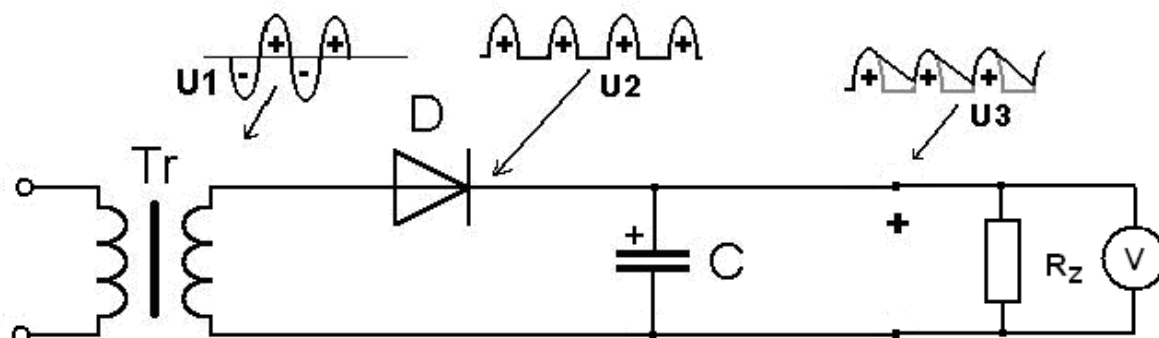
Pomůcky

LabQuest, cívka 400 z s jádrem, rezistor 100 Ω , kondenzátor 2 200 μF , diody, voltmetr VP-BTA, multimetr, zdroj střídavého napětí - transformátor.

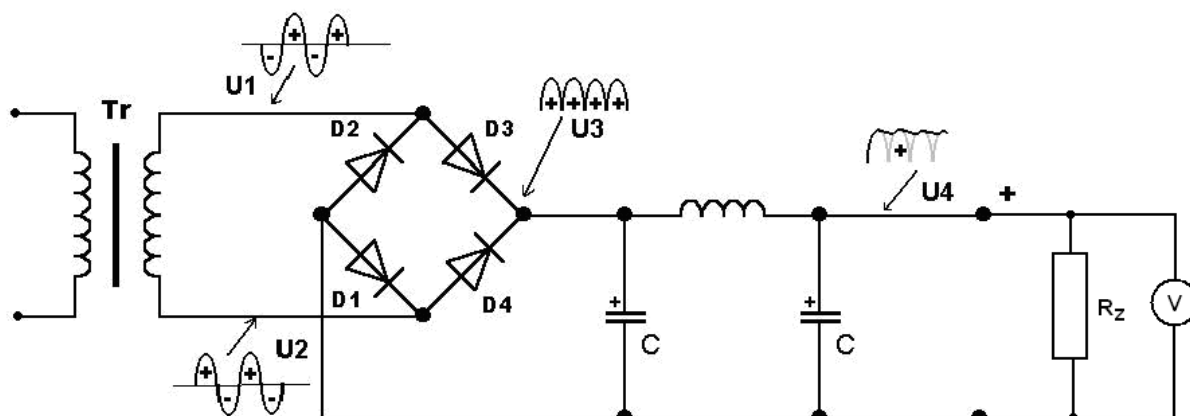


Schéma

jednocestný usměrňovač

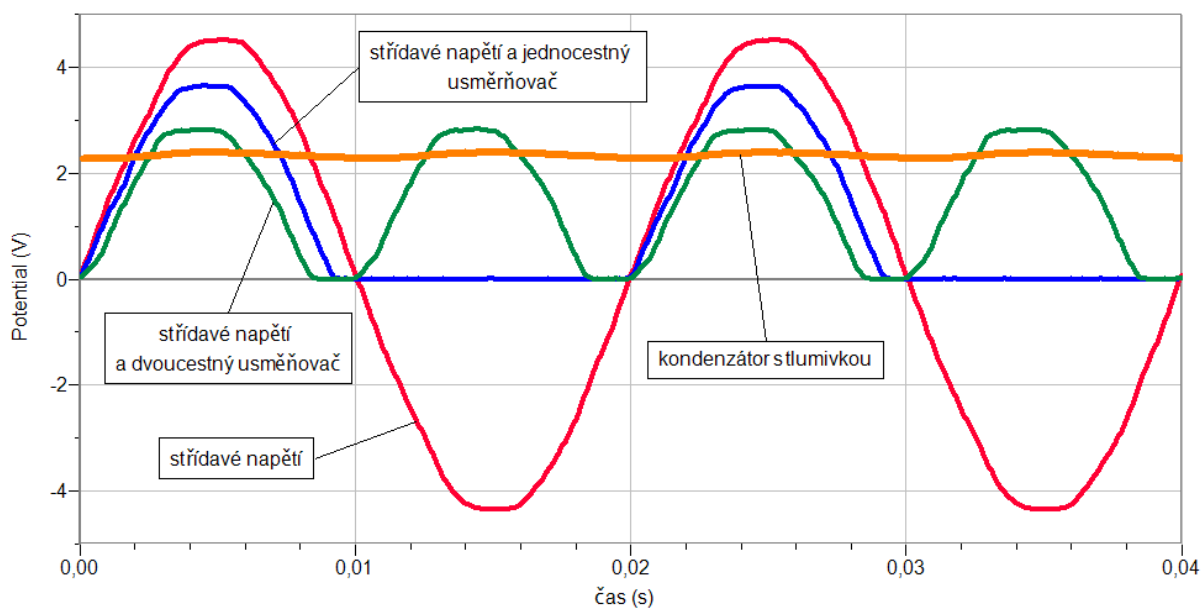


dvoucestný, můstkový usměrňovač



Postup

1. Připojíme voltmetr VP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Ke zdroji střídavého napětí (transformátor – napětí maximálně 6 V) připojíme rezistor a k němu voltmetr (podle schéma). Multimetrem změříme efektivní hodnotu střídavého napětí.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 0,04 s, Frekvence: 10 000 čtení/s. Trigger nastavíme na Zapnuto ... je rostoucí přes 0.01 V.
3. Zvolíme zobrazení Graf
4. Stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu. Z grafu určíme maximální hodnotu (amplitudu), periodu a vypočítáme frekvenci. Uložíme naměřené hodnoty.
5. Zapojíme **jednocestný usměrňovač** a stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu. Uložíme naměřené hodnoty.
6. Zapojíme **dvoucestný usměrňovač** a stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu. Uložíme naměřené hodnoty.
7. Zapojíme **kondenzátor a tlumivku** a stiskneme tlačítko START (měření) na LabQuestu. Uložíme naměřené hodnoty.

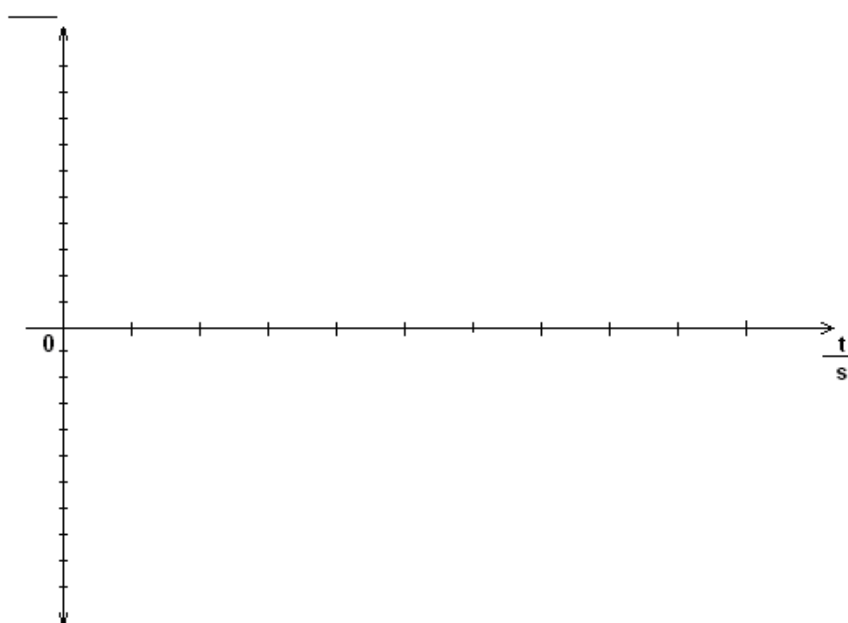
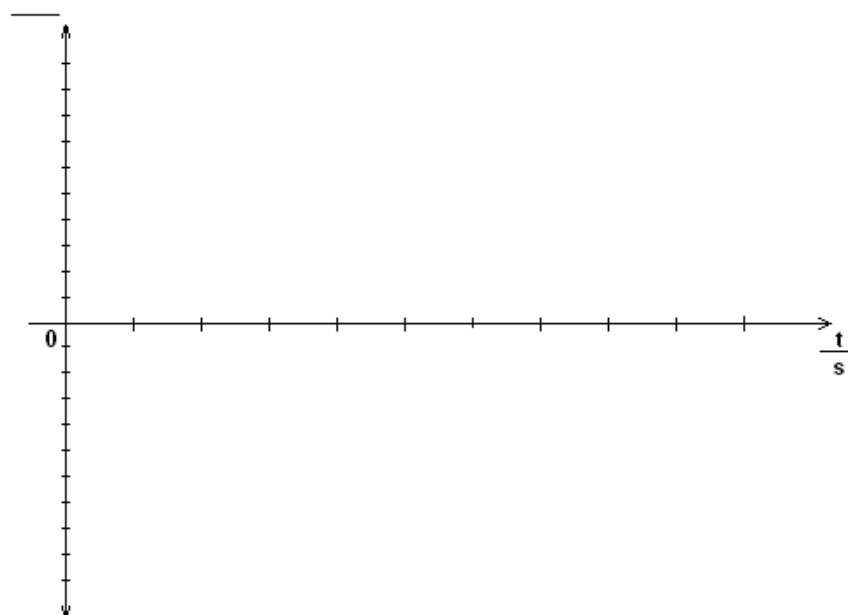


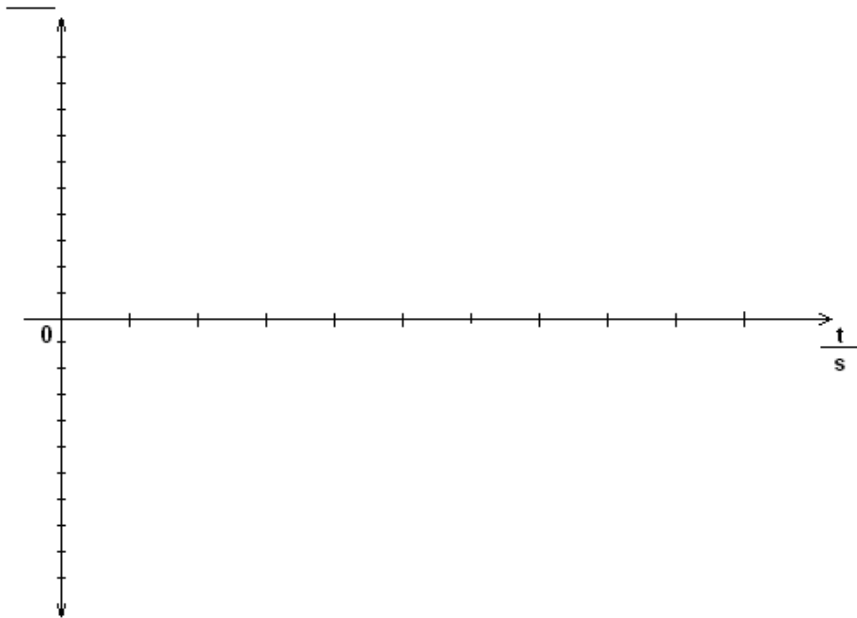
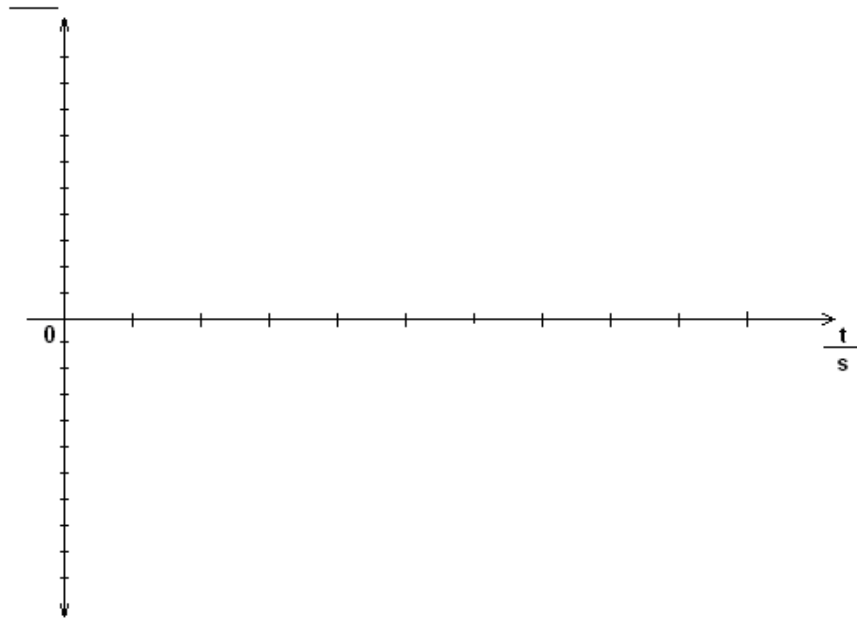
Doplňující otázky

1. Měníme různé hodnoty kondenzátorů a tlumivek.
2. Proč v zapojeních s diodou (diodami) dochází k poklesu napětí a jakou má tento pokles velikost? Čemu tato velikost odpovídá?
3. Popiš vliv kondenzátoru a tlumivky na vyhlazení pulzujícího stejnosměrného napětí. Proč se zapojují paralelně (do série)?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.24 Usměrňovač	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf $u = f(t)$:





2. Tabulka:

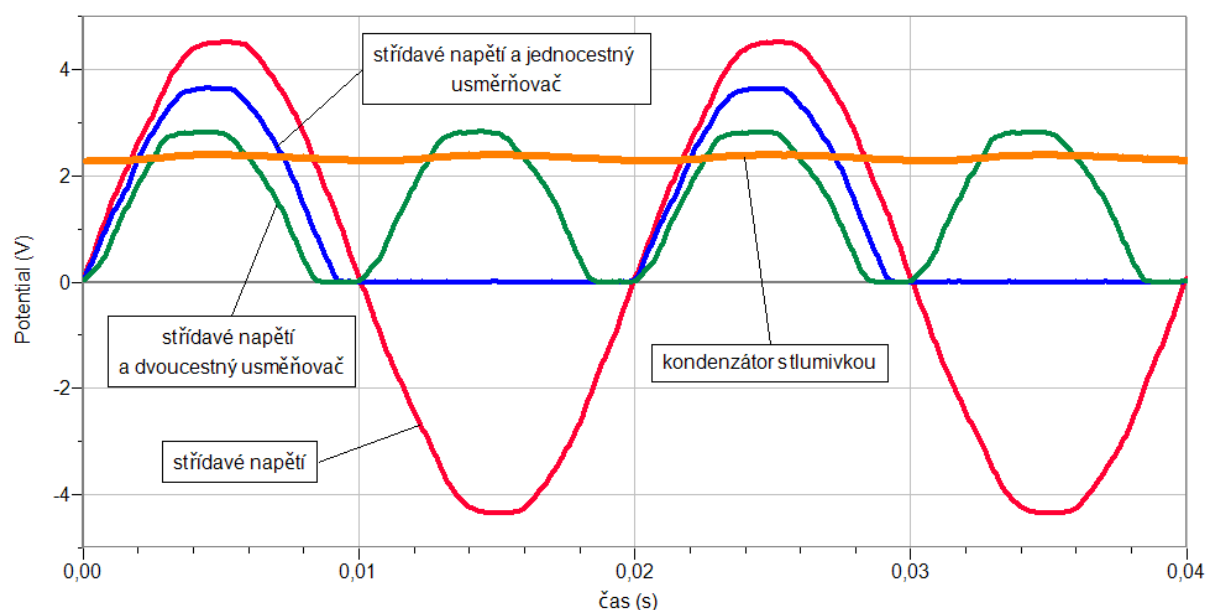
$U_{\max} =$

$U_{\text{ef}} =$

3. Závěr:

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.24 Usměrňovač	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf $u = f(t)$:



2. Tabulka:

$$U_{max} = 4,5 \text{ V}$$

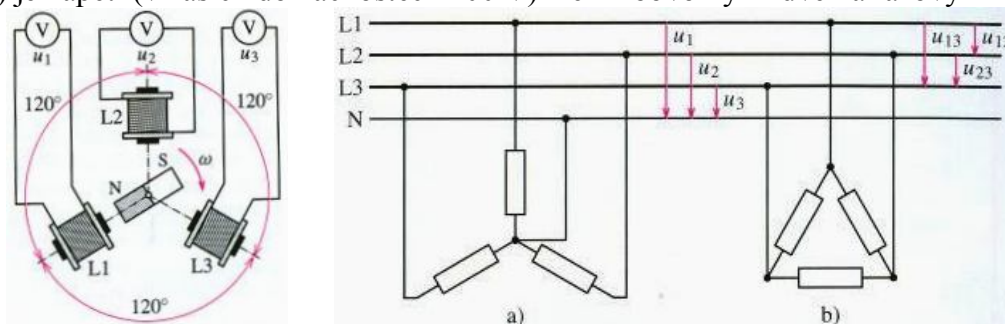
$$U_{ef} = 3,2 \text{ V}$$

3. Závěr:

Různé změny hodnot kondenzátorů a tlumivek mají vliv na menší nebo větší vyhlazení pulzujícího stejnosměrného napětí. V zapojeních s diodami dochází k poklesu napětí přibližně 0,5 V a to z důvodu úbytku napětí na diodě (dvou diodách u dvoucestného zapojení). Kondenzátor se při maximální hodnotě napětí nabíjí a při poklesu napětí vybíjí a dodává el. energii v tomto okamžiku. Tlumivka zapojená v sérii brání rychlým změnám napětí.

Fyzikální princip

Třífázové napětí vzniká otáčením magnetu v soustavě tří cívek (alternátor). Máme tedy tři zdroje střídavého napětí – fáze. Třífázový rozvod lze využít k zapojení do **hvězdy** (a)) nebo k zapojení do **trojúhelníku** (b)). **Fázové napětí** (u_1, u_2, u_3) je napětí (v našich domácnostech 230 V) mezi středním vodičem (N) a fázovým vodičem (L_1, L_2, L_3). **Sdružené napětí** (u_{12}, u_{13}, u_{23}) je napětí (v našich domácnostech 400 V) mezi libovolnými dvěma fázovými vodiči.



Cíl

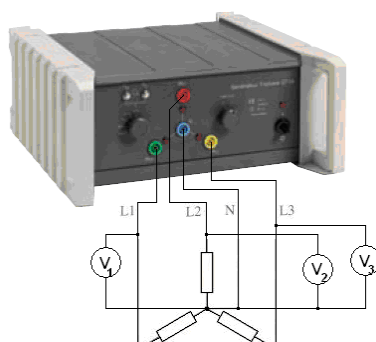
Změřit **časový průběh** napětí tří fází v zapojení do hvězdy. Ověřit, že součet napětí v každém čase je **nulový**. Ověřit, že **poměr** sdruženého a fázového napětí je **1,73 × větší**.

Pomůcky


LabQuest, zdroj třífázového napětí, 3 rezistory 100 Ω, 3 voltmetry VP-BTA.

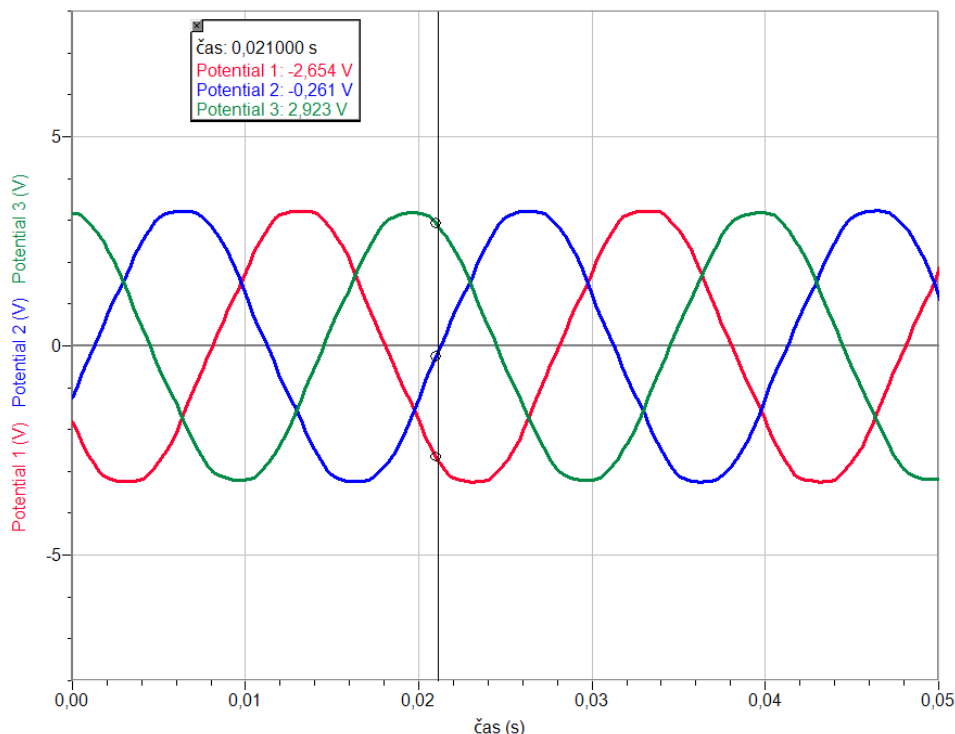


Schéma



Postup

1. **Připojíme** 3 voltmetry VP-BTA ke vstupům CH1, CH2 a CH3 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma. Na zdroji třífázového napětí nastavíme hodnotu fázového napětí do 5 V.
2. **Zapneme** LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 0,05 s, Frekvence: 10 000 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. Stiskneme tlačítko **START** (měření) na LabQuestu.
4. Uložíme měření.



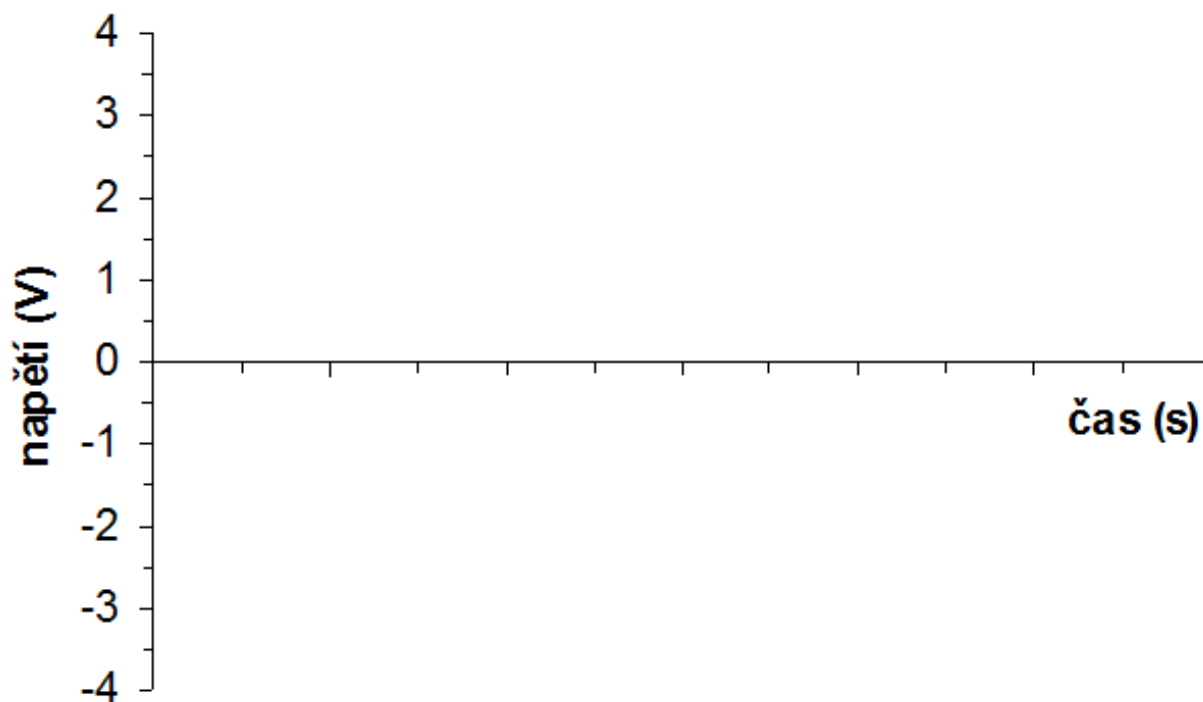
5. Provedeme **analýzu** grafu: Odečítáme v každém časovém okamžiku okamžité hodnoty napětí u_1 , u_2 a u_3 a provádíme jejich součet – ověřujeme, že součet je nulový.
6. Střídavým voltmetrem změříme sružené a fázové napětí (efektivní hodnoty) a vypočítáme jejich poměr.

Doplňující otázky

1. Z grafu – časového průběhu napětí urči, o jakou část periody jsou posunuta napětí?
2. Z grafu urči jaká je **frekvence** a **perioda** střídavých napětí?
3. Jaký je **poměr** efektivní a maximální hodnoty fázového střídavého napětí, které jsi naměřil?
4. Z grafu urči **amplitudu sruženého** napětí a **amplitudu fázového** napětí? Jaký je jejich **poměr**?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.25 Trojfázová soustava	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



2. Součet okamžitých hodnot napětí $u_1 + u_2 + u_3 = \dots\dots\dots$ V

3. Efektivní hodnota sdruženého napětí $U_{ef(sdružené)} = \dots\dots\dots$ V

Efektivní hodnota fázového napětí $U_{ef(fázové)} = \dots\dots\dots$ V

Poměr $U_{ef(sdružené)} : U_{ef(fázové)} = \dots\dots\dots$

4. Napětí jsou vůči sobě posunuta o $\dots\dots\dots$ periody.

5. Frekvence střídavých napětí $f = \dots\dots\dots$ Hz

Perioda střídavých napětí $T = \dots\dots\dots$ s

6. Maximální hodnota (amplituda) fázového napětí $U_m(fázové) = \dots\dots\dots$ V

Efektivní hodnota fázového napětí $U_{ef(fázové)} = \dots\dots\dots$ V

Poměr $U_{m(\text{fázové})} : U_{ef(\text{fázové})} = \dots\dots\dots$

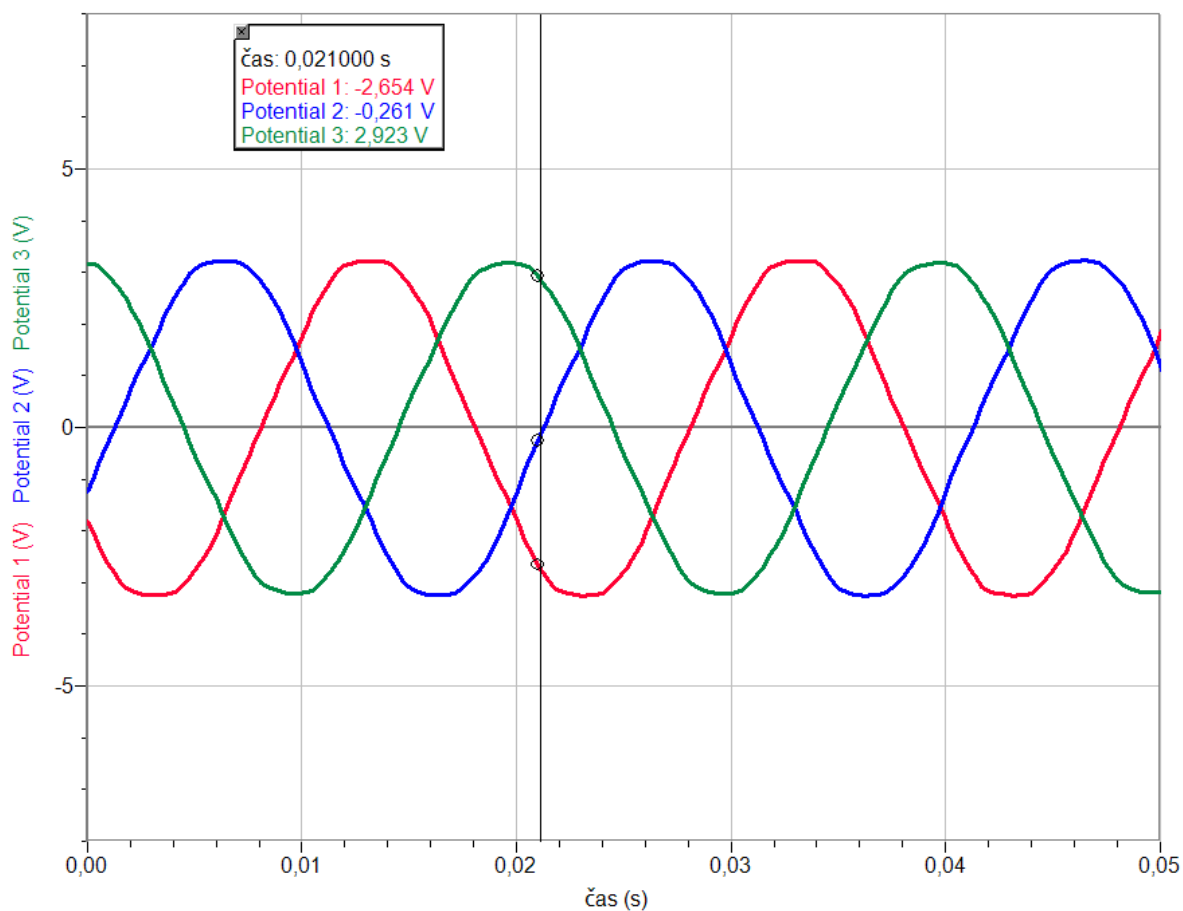
7. Maximální hodnota (amplituda) sdruženého napětí $U_{m(\text{sdružené})} = \dots\dots\dots \text{ V}$

Maximální hodnota (amplituda) fázového napětí $U_{m(\text{fázové})} = \dots\dots\dots \text{ V}$

Poměr $U_{m(\text{sdružené})} : U_{m(\text{fázové})} = \dots\dots\dots$

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.25 Trojfázová soustava	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf:



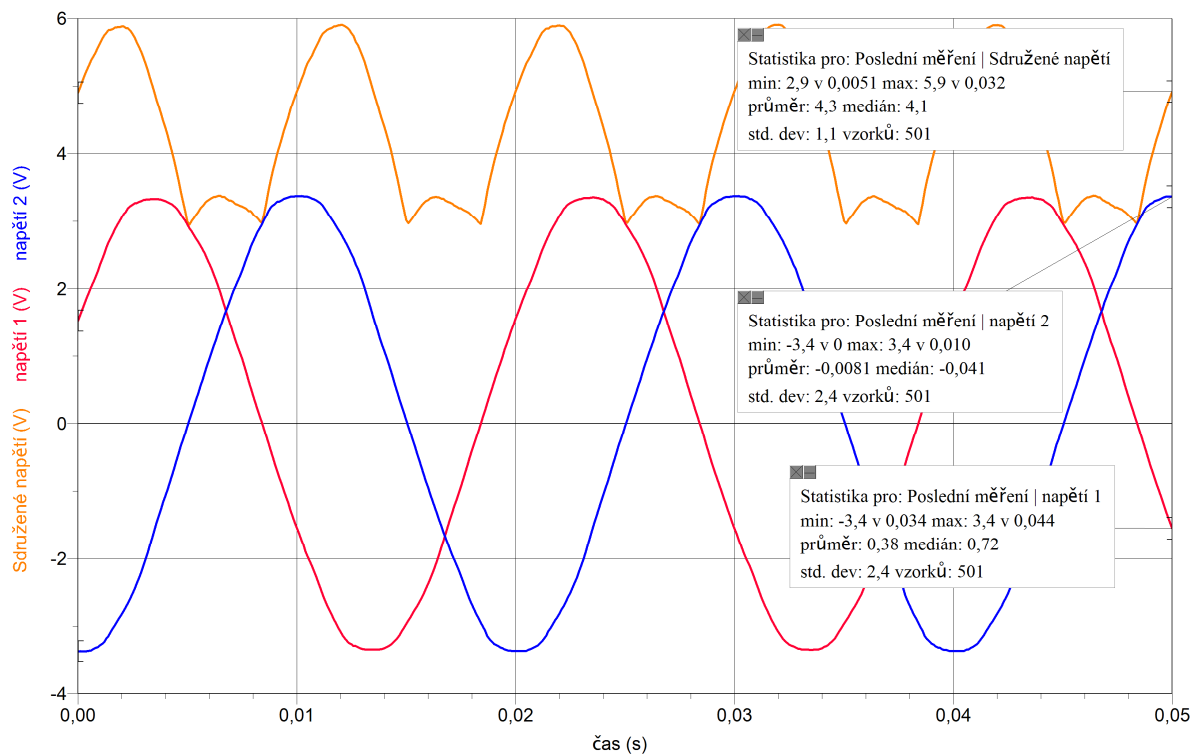
2. Součet okamžitých hodnot napětí $u_1 + u_2 + u_3 = 0 \text{ V}$
3. Efektivní hodnota sdruženého napětí $U_{\text{ef (sdružené)}} = 4,10 \text{ V}$
Efektivní hodnota fázového napětí $U_{\text{ef (fázové)}} = 2,37 \text{ V}$
Poměr $U_{\text{ef (sdružené)}} : U_{\text{ef (fázové)}} = \sqrt{3} \doteq 1,73$
4. Napětí jsou vůči sobě posunuta o **třetinu** periody.
5. Frekvence střídavých napětí $f = 50 \text{ Hz}$

Perioda střídavých napětí $T = 0,02$ s

6. Maximální hodnota (amplituda) fázového napětí $U_m(\text{fázové}) = 3,4$ V

Efektivní hodnota fázového napětí $U_{ef}(\text{fázové}) = 2,37$ V

Poměr $U_m(\text{fázové}) : U_{ef}(\text{fázové}) = \sqrt{2} \doteq 1,4$



7. Maximální hodnota (amplituda) sdruženého napětí $U_m(\text{sdružené}) = 5,91$ V

Maximální hodnota (amplituda) fázového napětí $U_m(\text{fázové}) = 3,4$ V

Poměr $U_m(\text{sdružené}) : U_m(\text{fázové}) = \sqrt{3} \doteq 1,74$

Elektromagnetické kmitání a vlnění

7.26 ELEKTROMAGNETICKÝ OSCILÁTOR

Fyzikální princip

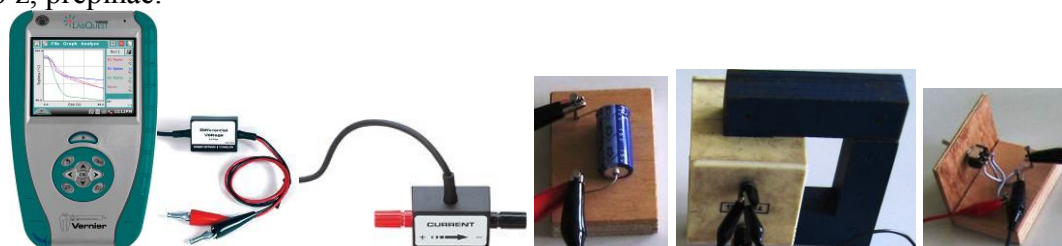
Nejjednodušším elektromagnetickým oscilátorem je obvod tvořený cívkou a kondenzátorem - obvod LC nebo **oscilační obvod**. Kondenzátor spojíme se zdrojem stejnosměrného napětí 4,5 V (plochá baterie, viz schéma). Přepínačem připojíme nabitý kondenzátorem k cívce. V obvodu vznikne elektromagnetické kmitání. Energie elektrického pole kondenzátoru se mění na energii magnetického pole cívky a naopak. V oscilačním obvodu nastává **tlumené elektromagnetické kmitání**.

Cíl

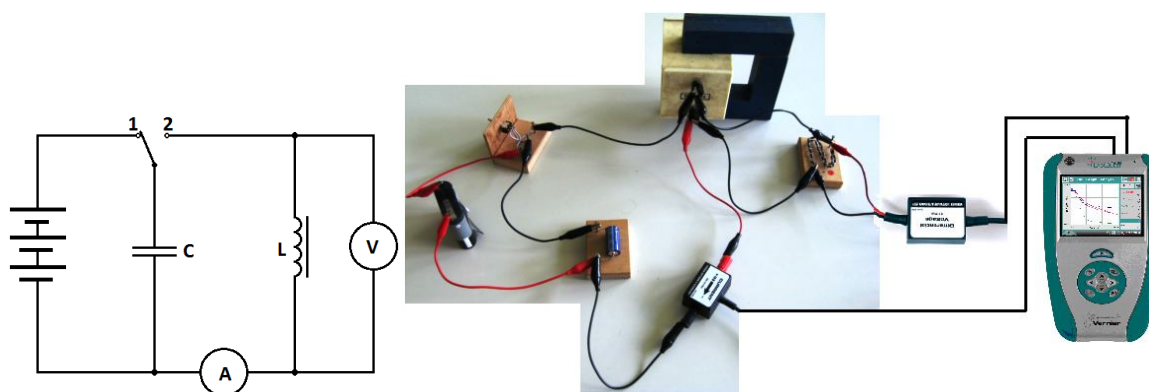
Změřit **napětí a proud** v oscilačním obvodu. Ověřit, elektromagnetické kmitání oscilačního obvodu je tlumené.

Pomůcky

LabQuest, voltmetr DVP-BTA, ampérmetr DCP-BTA, kondenzátor 2 200 μF , cívka s jádrem 1 200 z, přepínač.



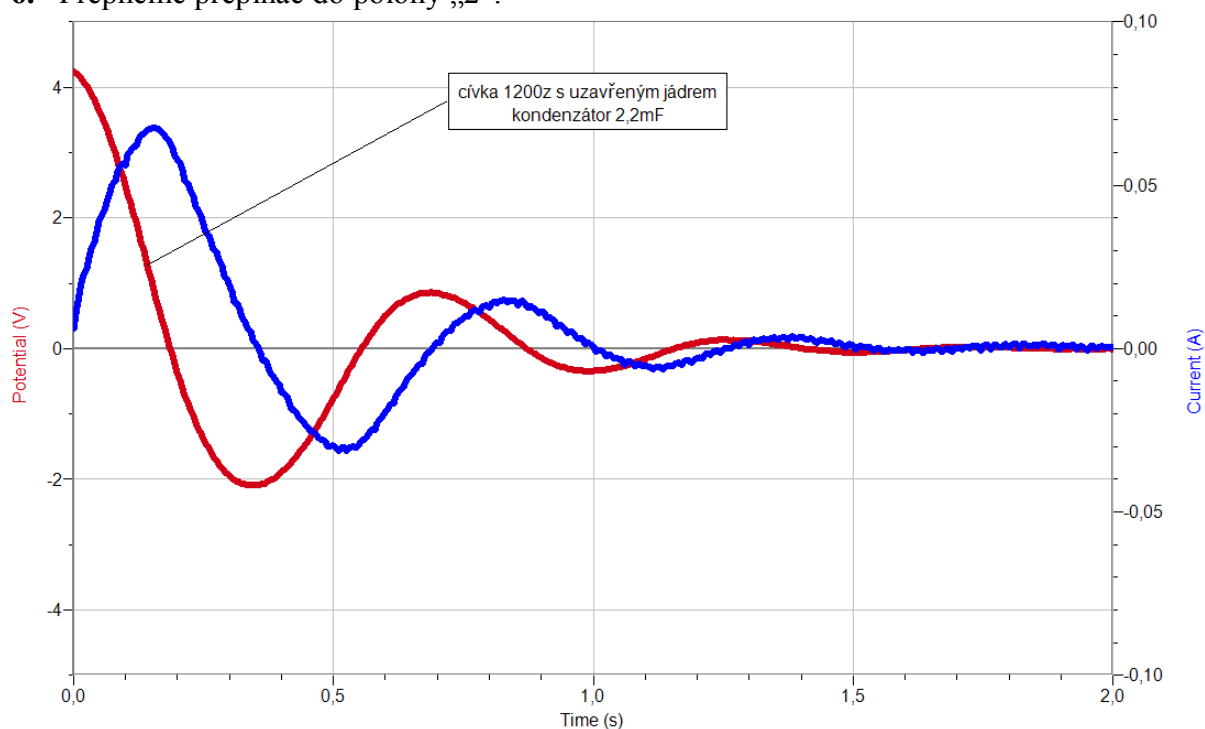
Schéma



Postup

1. Voltmetr a ampérmetr zapojíme do konektorů **CH 1** a **CH 2** LabQuestu.
2. Obvod **zapojíme** podle schéma. Přepínač je v poloze „1“ (kondenzátor se nabíjí).
3. **Zapneme** LabQuest a připojíme jej přes USB k PC.

4. V menu programu LoggerPro zvolíme Experiment – Sběr dat a nastavíme: Trvání: 2 s; Vzorkovací frekvence 200 vzorků/sekundu; Trigger zatrhne Spuštění triggeru, když napětí je rostoucí přes 0,05 V.
5. V menu programu LoggerPro zvolíme tlačítko Sběr dat.
6. Přepneme přepínač do polohy „2“.



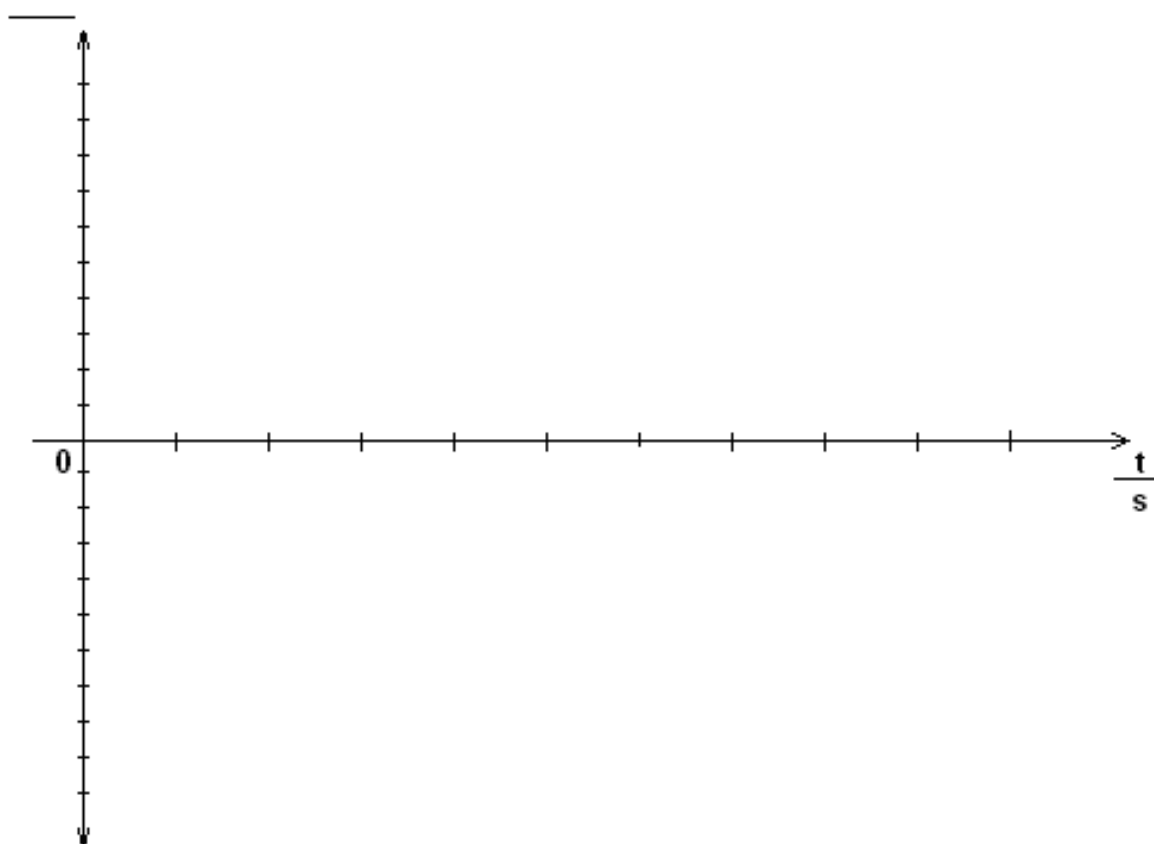
7. Z grafu odečteme **periodu** kmitání. Určíme **kmitočet**.
8. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Změříme indukčnost L (multimetrem) a vypočítáme periodu vlastního kmitání. Porovnáme s naměřenou hodnotou.
2. Změň parametry součástek (indukčnost, kapacita) a zopakuj měření.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.26 Elektromagnetický oscilátor	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf $u = f(t)$ a $i = f(t)$:



2. Tabulka:

$T = \dots\dots\dots$ s $f = \dots\dots\dots$ Hz

3. Závěr:

.....

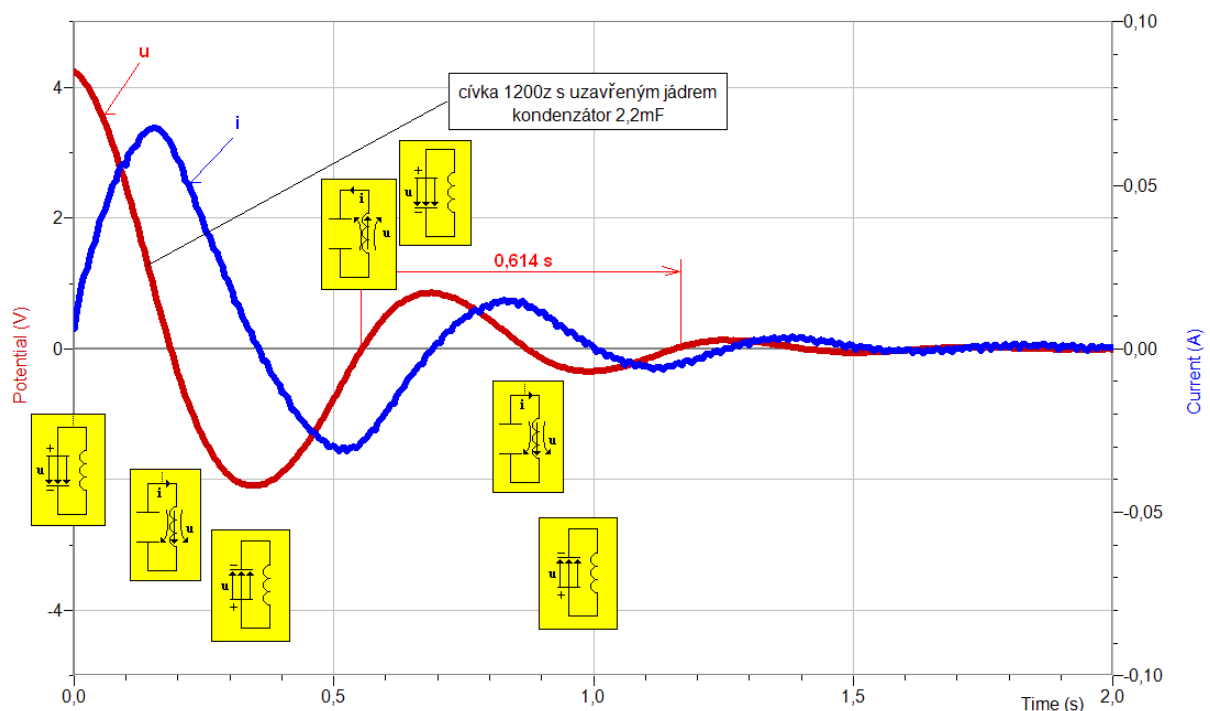
.....

.....

.....

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 7.26 Elektromagnetický oscilátor	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf $u = f(t)$ a $i = f(t)$:



2. Tabulka:

Naměřené : $T = 0,614 \text{ s}$ $f = 1,62 \text{ Hz}$

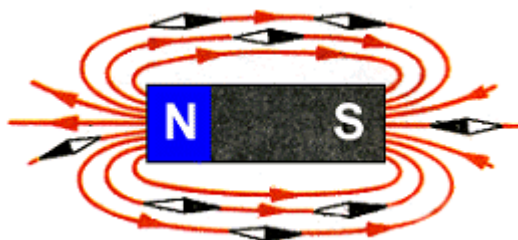
Vypočítané: $L = 1,54 \text{ H}$ $C = 2,2 \text{ mF}$ $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L \cdot C)} = 0,366 \text{ s}$

3. Závěr:

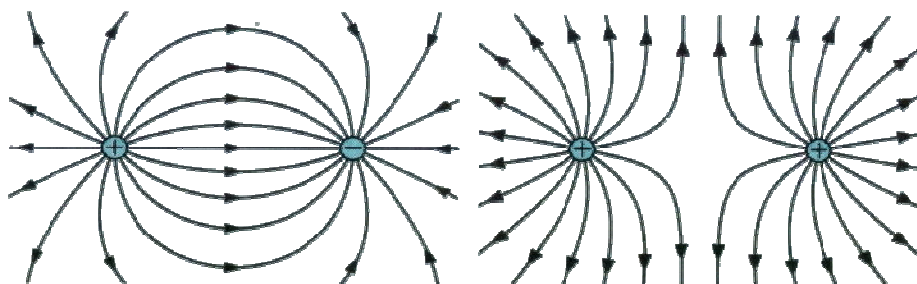
V elektromagnetickém oscilátoru se **přeměňuje** elektrická energie na energii magnetického pole a naopak. Nastává **tlumené** elektromagnetické kmitání. Je zde patrná **analogie** mezi ději mechanickými (kmitání) a elektromagnetickými.

Fyzikální princip

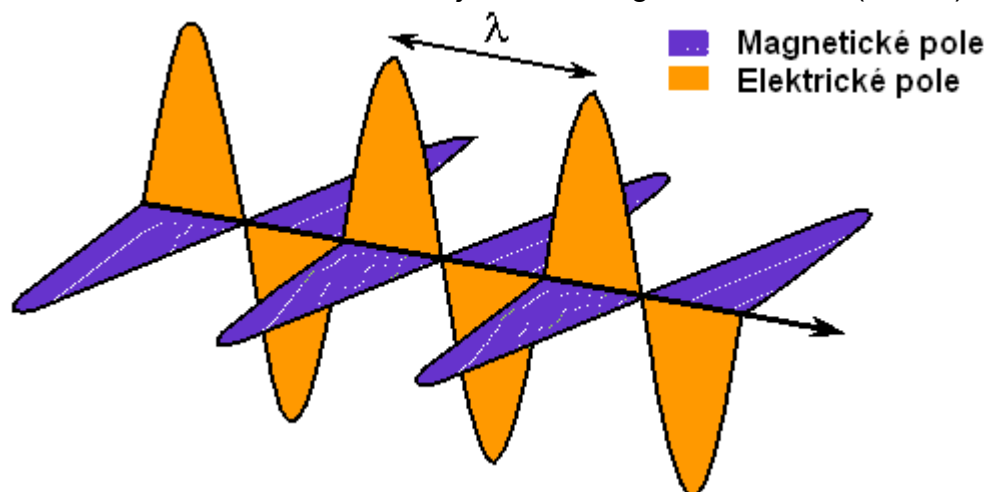
Magnetické pole můžeme znázornit pomocí indukčních čar.



Elektrické pole popisujeme elektrickými siločarami.



Elektrické a magnetické pole spolu často **souvisejí**. Mluvíme pak o **elektromagnetickém poli**. Elektromagnetické vlny jsou **příčné** a šíří se i ve vakuu. Šíří se rychlostí světla. Elektromagnetickými vlnami se přenášejí signály rozhlasu, televize, mobilních telefonů atd. I světlo je elektromagnetické vlnění (záření).



Mezi frekvencí f , vlnovou délkou λ a rychlostí šíření elektromagnetického vlnění c (světla) platí vzorec $f = \frac{c}{\lambda}$.

Cíl

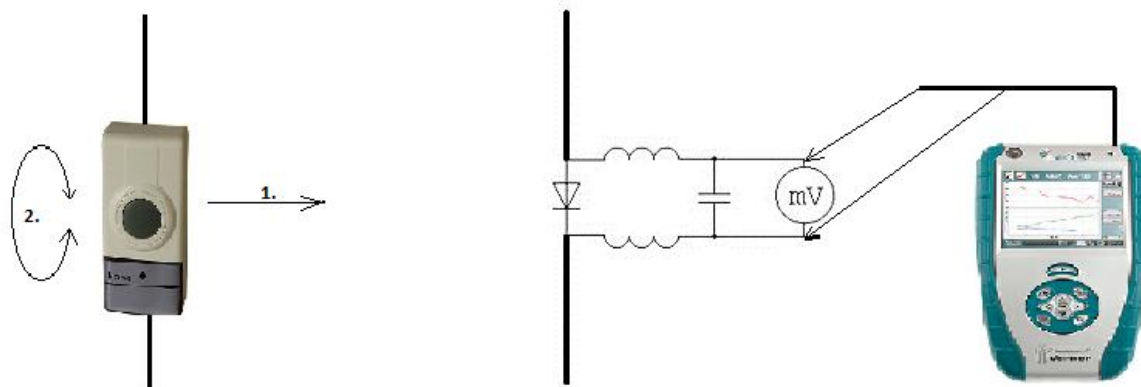
Změřit **vlnovou délku** elektromagnetického vlnění. Prokázat **polarizaci** elektromagnetické vlny.

Pomůcky




LabQuest, voltmetr VP-BTA, bezdrátový zvonek – tlačítko pracující na frekvenci 433,92 MHz, přijímač s půlvlnným dipólem (viz. příspěvek od Oldřicha Lepila).



Schéma



Postup

1. Připojíme voltmetr VP-BTA ke vstupu CH1 LabQuestu. Zapojíme obvod podle schéma.
2. Zapneme LabQuest a nastavíme v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: 10 s, Frekvence: 50 čtení/s. Dále zvolíme zobrazení grafu .
3. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
4. Pohybujeme rovnoměrným pohybem s vysílačem (viz schéma pohyb 1.).
5. Z poloh maxim a minim určíme vlnovou délku.
6. Uložíme měření.
7. Stiskneme tlačítko START  (měření) na LabQuestu.
8. Pohybujeme rovnoměrným otáčivým pohybem s vysílačem (viz schéma pohyb 2.).
9. Stejnou vlastnost můžeme ukázat tak, že mezi vysílač a přijímač vložíme mřížku, kterou otáčíme v rovině kolmé ke směru šíření vlnění.
10. Vyslovíme závěr – vlnová délka a polarizace elektromagnetického vlnění?

Doplňující otázky

1. Vyzkoušej, jak závisí velikost naměřeného napětí na vzdálenosti vysílače od přijímače.
2. Pomocí mřížky nebo plechu vyzkoušej odraz vlnění (a interferenci).