

# Název: Elektromagnetická indukce

## Úvod

Adam s Bárou se vydali na školní výlet do Prahy. U Nádraží Holešovice viděli zbytky pražské elektrárny. Paní učitelka jim prozradila, že elektrárnu vybudovaly Elektrické podniky hlavního města Prahy v letech 1898 až 1900, především jako zdroj elektřiny pro provoz svých tramvajových tratí. V areálu se prý nacházela také tramvajová vozovna. Cestou na Výstaviště se svezli tramvají. Na křižovatce před Výstavištěm musela tramvaj prudce zabrzdit. Adam se divil, jak taková těžká tramvaj může tak rychle zabrzdit. Paní učitelka jim navrhla, ať se pokusí zjistit, zda nemá výroba elektřiny něco společného s bržděním tramvají.

### Zařazení do výuky

Cvičení zařadíme do výuky v rámci učiva o elektromagnetických jevech po učivu o magnetickém poli vodiče a cívky s proudem, elektromagnetech a elektromotorech.

### Tip

Pro nadané žáky je možné zařadit na konec experiment, ve kterém určí póly magnetu (bez označení).

### Časová náročnost

Dvě hodiny (2 × 45 min).

Čas včetně přípravy, úvodní diskuze a vyhodnocení výsledků skupin se závěrečnou diskuzí.

## Cíle

Žáci by měli zvládnout:

použít odpovídající vybavení (ampérmetr Pasco) k určení velikosti a směru indukovaného proudu v cívce,

interpretovat výsledky měření indukovaného proudu z grafu,

z výsledků měření vyslovit závěr, kdy v cívce vzniká indukovaný elektrický proud,

z výsledků měření vyslovit závěr, na čem závisí velikost indukovaného proudu v cívce,

z výsledků měření vyslovit závěr, na čem závisí směr indukovaného proudu v cívce.

## Teoretická příprava (teoretický úvod)

Z minulých hodin žáci již vědí, že v okolí vodiče s elektrickým proudem existuje magnetické pole. Je ale možné, aby obráceně pomocí magnetického pole vznikl v uzavřeném obvodu elektrický proud? Na počátku 19. století se touto otázkou zabýval známý anglický fyzik a chemik Michael Faraday. Po zhruba deseti letech pokusů v roce 1831 objevil jev, který nazval elektromagnetickou indukci: **při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká v obvodu cívky proud**. Elektrický proud, který při tomto jevu v uzavřeném obvodu vzniká, nazval **indukovaný proud**.

K tomu, aby cívkou procházel indukovaný proud, je nutné, aby mezi jejími svorkami bylo elektrické napětí. Při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká mezi jejími svorkami **indukované napětí**. A pokud je obvod uzavřen, prochází cívkou indukovaný proud.

Indukovaný proud při zesílení magnetického pole má opačný směr než při zeslabení pole.

**Čím je změna magnetického pole rychlejší a větší, tím větší je při jinak stejných podmínkách indukovaný proud.**

### **Přehled pomůcek**

- počítač s USB portem
- PS – 2009 - SPARKlink
- PS – 2115 – Senzor napětí a proudu
- software SPARKvue
- tyčové magnety s označenými póly
- magnety bez označení pólů
- cívky s různými počty závitů (20, 30, 50; 100, 200, 300; 200, 400, 600)
- stojan a držáky
- elektrická lišta nebo novodurová trubka
- dopadová podložka
- pravítko
- papír, tužka
- pracovní návod
- pracovní list

## **Motivace žáků**

Jaký je vztah mezi elektřinou a magnetismem?

Jak je možné, že v elektromotorech a alternátorech jsou zastoupeny obě tyto fyzikální disciplíny? Jsou nezávislé nebo jsou snad nějakým způsobem příbuzné?

Žáci již vědí, že v okolí vodiče s elektrickým proudem existuje magnetické pole. Nyní zkusí zjistit, co se bude dít v opačném případě – když budou měnit magnetické pole v okolí uzavřeného obvodu (cívka a ampérmetr).

## **Doporučený postup řešení**

Žáci rozdělení do skupin budou postupně plnit několik úkolů:

1. Pohybují magnetem okolo cívky, zasouvají magnet do cívky a vysouvají magnet z cívky a pozorují, jak se chová ručička ampérmetru (kdy se objeví výchylka a kdy nikoliv). Také vsunou magnet do cívky, prsty ruky ho přidržují v cívce a touto soustavou jako celkem provádí různé pohyby tak, aby se vzájemná poloha cívky a magnetu neměnila. Pozorují, jak se chová ručička ampérmetru nyní (kdy se objeví výchylka a kdy nikoliv).
2. Žáci zasouvají a vysouvají magnet z cívky (vždy stejným pólem a vždy ze stejné strany), nejdříve pomalu, pak rychleji a nakonec nejrychleji. Na ampérmetru pozorují výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkají, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vysloví závěr, jak závisí velikost indukovaného proudu na rychlosti pohybu magnetu.
3. Žáci drží magnet v klidu a naopak nasouvají a vysouvají cívku (vždy ke stejnému pólu, vždy stejnou stranou), pokud možno stejnou rychlostí. Na ampérmetru pozorují výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkají, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vysloví závěr, jestli se

- proud indukuje v případě, že nepohybujeme magnetem, ale naopak cívkou.
4. Žáci zasouvají a vysouvají magnet z cívky, nejdříve severním, pak jižním pólem (pokud možno stejnou rychlostí, vždy ze stejné strany). Na ampérmetru pozorují výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkají, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vysloví závěr, jak závisí směr indukovaného proudu na polaritě magnetu.
  5. Žáci drží magnet v klidu a naopak zasouvají a vysouvají cívku na magnety, nejdříve na severní, pak na jižní pól (pokud možno stejnou rychlostí, vždy stejnou stranou). Na ampérmetru pozorují výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkají, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vysloví závěr, jak závisí směr indukovaného proudu na polaritě magnetu.
  6. Žáci sestaví aparaturu s využitím stojanu a např. elektrikářské lišty nebo novodurové trubky. Postupně do stojanu upnou cívku s 20, 50, 100 a 300 závitů. Vždy do trubky pustí magnet (stejným pólem). Z grafů vysloví závěr, jak závisí velikost indukovaného proudu na počtu závitů cívky.
  7. Pro nadané žáky:  
Žáci obdrží magnet bez označení pólů a sami mají navrhnout pokus, kterým zjistí, kde je severní a kde je jižní pól magnetu (s využitím jevu elektromagnetické indukce, nikoliv s pomocí přiblížení k jinému magnetu).

Pro rychlejší provedení a větší čas na závěrečnou diskuzi a shrnutí je doporučeno práci rozdělit na části – část třídy bude plnit úkoly 1, 2, 3, 6 a 7 a druhá část třídy úkoly 1, 4, 5, 6, a 7. Po provedení 1. úkolu je vhodné zařadit první část diskuze. V závěru hodiny provedeme diskuzi a shrnutí poznatků, které žáci získali.

## ***Příprava úlohy***

Před započítím práce je nutné rozdělit žáky do skupin, pro každou skupinu připravit pomůcky.

## ***Materiály pro studenty***

pracovní list

soubor pro použití v počítači s programem SPARKvue

## ***Záznam dat***

Data budou žáci zapisovat do připraveného pracovního listu a současně budou plnit pokyny v souboru programu SPARKvue (využití funkce fotoaparát, čtení z grafů, dopisování).

## ***Analýza dat***

Úkol číslo 1:

Při vzájemném pohybu magnetu a cívky se na ampérmetru objeví výchylka. Naopak, jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu nebo pohybujeme-li magnetem od cívky příliš daleko, výchylka se neukáže. V cívce vzniká (indukuje se) elektrický proud, jestliže se

cívka a magnet vzájemně pohybují. Naopak jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, elektrický proud nevzniká.

Úkol číslo 2:

Čím větší je rychlost pohybu magnetu, tím větší výchylku ampérmetr ukáže. Při změně směru pohybu magnetu (vysouvání x zasouvání) se indukují proud opačného směru. Jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, výchylka je nulová.

Úkol číslo 3:

Nasouváme-li (nebo vysouváme-li) cívku z magnetu, ampérmetr ukáže výchylku. Při změně směru pohybu cívky (nasouvání x vysouvání) se indukují proud opačného směru. Jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, výchylka je nulová.

Úkol číslo 4:

Při zasouvání magnetu severním pólem do cívky se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu. Při zasouvání magnetu jižním pólem do cívky se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy na stejnou stranu, jako se vychýlila při vysouvání magnetu zasunutého do cívky severním pólem. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu (tj. na tu stranu, na kterou se vychýlila při zasouvání magnetu do cívky severním pólem).

Úkol číslo 5:

Při nasouvání cívky na severní pól magnetu se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí cívky ručička vychýlí na opačnou stranu. Při nasouvání cívky na jižní pól magnetu se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy na stejnou stranu, jako se vychýlila při vysouvání cívky zasunuté na severní pól magnetu. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu (tj. na tu stranu, na kterou se vychýlila při nasouvání cívky na severní pól magnetu).

Úkol číslo 6:

Čím více má cívka závitů, tím větší výchylku ukáže ampérmetr. Velikostí indukovaného proudu je přímo úměrná počtu závitů v cívce.

Úkol číslo 7:

Žáci vyjdou z pokusu v úloze 6, podle toho, jakým pólem pustí magnet do trubky, se jim ručička ampérmetru vychýlí nejdříve na jednu nebo na druhou stranu.

### ***Syntéza a závěr***

Při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká mezi jejími svorkami indukované napětí. A pokud je obvod uzavřen, prochází cívkou indukovaný proud. Indukovaný proud při zesílení magnetického pole má opačný směr než při zeslabení pole. Čím je změna magnetického pole rychlejší a větší, tím větší je při jinak stejných podmínkách indukovaný proud. Čím více má cívka závitů, tím je (při zachování všech ostatních podmínek stejných) indukovaný proud větší.

## ***Hodnocení***

Hodnotíme, jestli žáci postupovali správně podle návodu, jestli správně použili všechny pomůcky i měřící zařízení Pasco.

Hodnotíme, jestli žáci vypracovali správně své pracovní listy, zodpověděli na všechny položené otázky (v pracovních listech i v protokolu vytvořeném programem SparkVue).

Dále hodnotíme, jestli jsou žáci schopni zdůvodnit případné odlišnosti v měření jednotlivých skupin, jestli dokázali na základě výsledků svých pokusů zformulovat závěr.

## ***Internetové odkazy a další rozšiřující informační zdroje***

Miroslav Svoboda a kol.: Praktikum školních pokusů II.; skripta pro posluchače;  
Univerzita Karlova; 1994

Techmania:

[http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be120696e64756b6365h&key=464](http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be120696e64756b6365h&key=464)

Encyklopedie fyziky:

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/302-elektromagneticka-indukce>

## **Pracovní návod**

### ***Zadání úlohy***

Zjistěte, kdy v cívce vzniká indukovaný elektrický proud, na čem závisí jeho velikost a směr.

### ***Pomůcky***

- počítač s USB portem
- PS – 2009 - SPARKlink
- PS – 2115 – Senzor napětí a proudu
- software SPARKvue
- tyčové magnety s označenými póly
- magnety bez označení pólů
- cívky s různými počty závitů (20, 30, 50; 100, 200, 300; 200, 400, 600)
- stojan a držáky
- elektrická lišta nebo novodurová trubka
- dopadová podložka
- pravítko
- papír, tužka
- pracovní návod
- pracovní list

obrázek Elmag\_o0.jpg

### ***Teoretický úvod***

Je možné, aby pomocí magnetického pole vznikl v uzavřeném obvodu elektrický proud?

Na počátku 19. století se touto otázkou zabýval známý anglický fyzik a chemik Michael Faraday. Po zhruba 10-ti letech pokusů v roce 1831 objevil jev, který nazval elektromagnetickou indukci: **při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká v obvodu cívky proud**. Elektrický proud, který při tomto jevu v uzavřeném obvodu vzniká, nazval **indukovaný proud**.

K tomu, aby cívkou procházel indukovaný proud, je nutné, aby mezi jejími svorkami bylo elektrické napětí. Při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká mezi jejími svorkami **indukované napětí**. A pokud je obvod uzavřen, prochází cívkou indukovaný proud.

Indukovaný proud při zesílení magnetického pole má opačný směr než při zeslabení pole. **Čím je změna magnetického pole rychlejší a větší, tím větší je při jinak stejných podmínkách indukovaný proud**.

## **Bezpečnost práce**

Buďte opatrní při práci s magnety. Silné magnety mohou poškodit elektronická zařízení, neopatrná manipulace může přivodit také poranění.

## **Příprava úlohy (praktická příprava)**

Před zahájením práce se seznamte s teorií – pročtěte si teoretický úvod.

Domluvte se ve skupině, jak si rozdělíte práci. Určete si vedoucího skupiny, který bude dohlížet na to, abyste postupovali správně podle pracovního návodu. Dohodněte se, kdo bude mít na starosti počítač, kdo sestaví aparaturu, kdo bude provádět pokusy a kdo bude zapisovatel, případně jak se při práci budete střídát.

## **Postup práce**

### **Nastavení HW a SW**

Vzorkovací frekvence ampérmetru – 100 Hz.

### **Příprava měření**

Sestavte elektrický obvod s cívkou a ampérmetrem podle obrázku.

[obrázek Elmag\\_o1.jpg](#)

### **Vlastní měření (záznam dat)**

1. Pohybujte magnetem okolo cívky, zasouvejte magnet do cívky a vysouvejte magnet z cívky a pozorujte, jak se chová ručička ampérmetru (kdy se objeví výchylka a kdy nikoliv). Také vsuňte magnet do cívky, prsty ruky ho přidržíte v cívce a touto soustavou jako celkem provádějte různé pohyby tak, aby se vzájemná poloha cívky a magnetu neměnila. Pozorujte, jak se chová ručička ampérmetru nyní (kdy se objeví výchylka a kdy nikoliv).
2. Zasouvejte a vysouvejte magnet z cívky (vždy stejným pólem a vždy ze stejné strany), nejdříve pomalu, pak rychleji a nakonec nejrychleji. Na ampérmetru pozorujte výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkejte, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vyslovte závěr, jak

závisí velikost indukovaného proudu na rychlosti pohybu magnetu.

obrázek Elmag\_o2.jpg

3. Držte magnet v klidu a naopak nasouvejte a vysouvejte cívku (vždy ke stejnému pólu, vždy stejnou stranou), pokud možno stejnou rychlostí. Na ampérmetru pozorujte výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkejte, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vyslovte závěr, jestli se proud indukuje v případě, že nepohybuješ magnetem, ale naopak cívkou.

obrázek Elmag\_o3.jpg

4. Zasouvejte a vysouvejte magnet z cívky, nejdříve severním, pak jižním pólem (pokud možno stejnou rychlostí, vždy ze stejné strany). Na ampérmetru pozorujte výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkejte, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vyslovte závěr, jak závisí směr indukovaného proudu na polaritě magnetu.

obrázky Elmag\_o4.jpg, Elmag\_o5.jpg

5. Držte magnet v klidu a naopak zasouvejte a vysouvejte cívku na magnety, nejdříve na severní, pak na jižní pól (pokud možno stejnou rychlostí, vždy stejnou stranou). Na ampérmetru pozorujte výchylky určitého směru a hodnoty. Vždy po provedení pohybu počkejte, až se ukazatel ampérmetru vrátí do nulové polohy. Z grafů vyslovte závěr, jak závisí směr indukovaného proudu na polaritě magnetu.

obrázky Elmag\_o6.jpg, Elmag\_o7.jpg

6. Sestavte aparaturu s využitím stojanu a např. elektrikářské lišty nebo novodurové trubky. Postupně do stojanu upněte cívku s 20, 50, 100 a 300 závitů. Vždy do trubky pusťte magnet (stejným pólem). Z grafů vyslovte závěr, jak závisí velikost indukovaného proudu na počtu závitů cívky.

obrázky Elmag\_o8.jpg, Elmag\_o9.jpg

7. Pro nadané žáky:  
Navrhněte a provedte pokus, pomocí kterého zjistíte, kde je severní a kde je jižní pól magnetu (s využitím jevů výše objevených, nikoliv s pomocí přiblížení k jinému magnetu).

## Analýza naměřených dat

Provedli jste několik měření, získali jste příslušné grafy. Nyní odpovězte na otázky položené u každého úkolu a formulujte závěry:

- kdy v cívce vzniká indukovaný elektrický proud,
- na čem závisí velikost indukovaného proudu v cívce,
- na čem závisí směr indukovaného proudu v cívce.

## Pracovní list (řešená učitelská varianta)

### Slovníček pojmů

MICHAEL FARADAY

významný anglický fyzik a chemik žijící v 19. století, objevitel mnoha poznatků

z elektřiny a magnetismu

INDUKCE

vznik

ELEKTRICKÝ OBVOD

vodivé spojení elektrických prvků

MAGNETICKÉ POLE

prostor, ve kterém působí magnetické síly

ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ

práce potřebná k přenesení elektrického náboje mezi 2 místy elektrického pole

ELEKTRICKÝ PROUD

uspořádaný pohyb nabitých částic

### ***Teoretická příprava úlohy***

V okolí vodiče s elektrickým proudem existuje magnetické pole. Je ale možné, aby obráceně pomocí magnetického pole vznikl v uzavřeném obvodu elektrický proud?

### ***Vizualizace naměřených dat***

Úkol číslo 1

[obrázek Elmag\\_r1.jpg](#)

Úkol číslo 2: modrá křivka pomalu, červená rychleji, zelená nejrychleji

[obrázek Elmag\\_r2.jpg](#)

Úkol číslo 3

[obrázek Elmag\\_r3.jpg](#)

Úkol číslo 4: modrá křivka severní pól, červená jižní pól

[obrázek Elmag\\_r4.jpg](#)

Úkol číslo 5: modrá křivka na severní pól, červená na jižní pól

[obrázek Elmag\\_r5.jpg](#)

Úkol číslo 6: modrá křivka 20 závitů, červená 50 závitů, zelená 100 závitů, fialová 300 závitů

[obrázek Elmag\\_r6.jpg](#)

### ***Vyhodnocení naměřených dat***

Úkol číslo 1:

Při vzájemném pohybu magnetu a cívky se na ampérmetru objeví výchylka. Naopak, jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu nebo pohybujeme-li magnetem od cívky příliš daleko, výchylka se neukáže. V cívce vzniká (indukuje se) elektrický proud, jestliže se cívka a magnet vzájemně pohybují. Naopak jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, elektrický proud nevzniká.

Úkol číslo 2:

Čím větší je rychlost pohybu magnetu, tím větší výchylku ampérmetr ukáže. Při změně



směru pohybu magnetu (vysouvání x zasouvání) se indukuje proud opačného směru. Jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, výchylka je nulová.

Úkol číslo 3:

Nasouváme-li (nebo vysouváme-li) cívku z magnetu, ampérmetr ukáže výchylku. Při změně směru pohybu cívky (nasouvání x vysouvání) se indukuje proud opačného směru. Jsou-li cívka a magnet vůči sobě v klidu, výchylka je nulová.

Úkol číslo 4:

Při zasouvání magnetu severním pólem do cívky se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu. Při zasouvání magnetu jižním pólem do cívky se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy na stejnou stranu, jako se vychýlila při vysouvání magnetu zasunutého do cívky severním pólem. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu (tj. na tu stranu, na kterou se vychýlila při zasouvání magnetu do cívky severním pólem).

Úkol číslo 5:

Při nasouvání cívky na severní pól magnetu se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí cívky ručička vychýlí na opačnou stranu. Při nasouvání cívky na jižní pól magnetu se ručička ampérmetru vychýlí z nulové polohy na stejnou stranu, jako se vychýlila při vysouvání cívky zasunuté na severní pól magnetu. Po uklidnění a vrácení ručičky do nulové polohy se při vysunutí ručička vychýlí na opačnou stranu (tj. na tu stranu, na kterou se vychýlila při nasouvání cívky na severní pól magnetu).

Úkol číslo 6:

Čím více má cívka závitů, tím větší výchylku ukáže ampérmetr. Velikostí indukovaného proudu je přímo úměrná počtu závitů v cívce.

Úkol číslo 7:

Žáci vyjdou z pokusu v úloze 6, podle toho, jakým pólem pustí magnet do trubky, se jim ručička ampérmetru vychýlí nejdříve na jednu nebo na druhou stranu.

## **Závěr**

Při změně magnetického pole v okolí cívky vzniká mezi jejími svorkami indukované napětí. A pokud je obvod uzavřen, prochází cívkou indukovaný proud. Indukovaný proud při zesílení magnetického pole má opačný směr než při zeslabení pole. Čím je změna magnetického pole rychlejší a větší, tím větší je při jinak stejných podmínkách indukovaný proud. Čím více má cívka závitů, tím je (při zachování všech ostatních podmínek stejných) indukovaný proud větší.

## **Pracovní list (žákovská varianta)**

Pokud nemáte žádné speciální požadavky, můžete ponechat prázdné. Žákovská varianta bude vytvořena automaticky z řešené učitelské varianty.

## *Slovníček pojmů*

MICHAEL FARADAY

INDUKCE

ELEKTRICKÝ OBVOD

MAGNETICKÉ POLE

ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ

ELEKTRICKÝ PROUD

## *Teoretická příprava úlohy*

V okolí vodiče s elektrickým proudem existuje magnetické pole. Je ale možné, aby obráceně pomocí magnetického pole vznikl v uzavřeném obvodu elektrický proud?

## *Vizualizace naměřených dat*

## *Vyhodnocení naměřených dat*

## *Závěr*