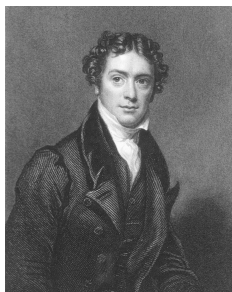




Výfučení: Michael Faraday

Úvod

Michael Faraday byl muž mnoha profesí, chemik, fyzik, technik, filozof a pedagog. Během své kariéry se stal jedním z největších přírodovědců. Jeho práce s elektřinou odstartovala skutečný rozvoj moderní technologie. V oblasti chemie došel k obrovskému pokroku ve znalosti hmoty, zavedl totiž pojmy jako anoda, katoda, elektron nebo ion. Působil jako charismatický řečník, proto měl na přednáškách plno.¹



Faradayův život

Narodil se 22. září 1791 na anglickém venkově. Pocházel z chudé rodiny, a tak kvůli existenčním problémům nemohl mladý Michael dokončit ani základní vzdělání. Jelikož byl šikovný, dostal se do učení ke knihvazači. Během práce v knihařské dílně četl knihy a spisy nejen s vědeckou tematikou a mohl si chybějící vzdělání doplnit a rozvíjet ho.

Když Michael začal v roce 1812 navštěvovat veřejné přednášky chemika sira Humphry Davyho, jeho talent neunikl ani samotnému profesorovi. Tak se stal jeho žákem a později byl zaměstnán i jako asistent v chemické laboratoři londýnského Královského institutu. Jeho náplň práce tvořily jednoduché pomocné práce, jako mytí laboratorního skla. Profesor Davy pověřil Michaela také vymýšlením zábavných pokusů pro pobavení jeho studentů. Při těchto experimentech Faraday objevil nové chemické sloučeniny, například benzen v ropě. Zabýval se zkapaňováním plynů (povedlo se mu zkapalnit chlor) a získal si pověst zručného chemika. Neměl žádné matematické vzdělání, a proto ve svých přednáškách i odborných pracích nikdy nepoužil jediný vzorec. Stal se z něj jeden z nejlepších experimentátorů a své posluchače okouzloval schopností vyložit i složité problémy dokonale názorným způsobem.

V roce 1824 byl zvolen členem britské Akademie věd a o rok později jmenován ředitelem jejich laboratoří. V té době byl už dobře finančně zajištěn a mohl se oženit. Vzal si o několik let mladší Sarahu Barnard, kterou potkal právě na institutu.

Úspěch mu nikdy nestoupl do hlavy, celý život zůstal skromný. Odmítl různé nabídky výnosných míst, stejně tak neměl zájem o povýšení do šlechtického stavu. Zakladatel moderní éry elektřiny zemřel 24. srpna 1867 v Hampton Court.

¹Obrázek převzat z <http://resource.nlm.nih.gov/101414830>.

Elektromagnetická indukce

Faraday díky experimentům s cívkami zjistil, že když se magnetické pole přiblíží k uzavřenému elektrickému obvodu (jako je například cívka), vzniká v tomto obvodu elektrické pole, které reaguje na pohyby pole magnetického. Napětí, které zde vzniká, označujeme jako indukované elektromotorické napětí. Elektromotorické znamená, že bylo vytvořeno jiným zdrojem energie, v tomto případě třeba pohybujícím se magnetem. Výpočet elektromotorického napětí:

$$U_e = \frac{W}{Q},$$

kde W představuje práci neelektrických sil při přemístování elektrického náboje Q uvnitř zdroje. Stejně tak vznikající proud nazýváme indukovaný. Samotné slovo indukce lze přeložit jako vyvození, nebo závěr. Elektromagnetická indukce je tedy jev, který charakterizuje změny probíhající v elektrickém, magnetickém, či elektromagnetickém poli. Elektromagnetická indukce nastává pouze, je-li magnetické pole *nestacionární*, tedy nestálé, mění se s časem. Když je stacionární, tak neelektrické síly nekonají práci.

Umístíme-li uzavřený elektrický obvod (naši cívku) do magnetického pole, pak elektrickým obvodem nebude procházet žádný elektrický proud, pokud bude magnetické pole stacionární (nemění se s časem). Elektrickým obvodem ovšem může začít procházet elektrický proud, pokud se smyčka, nebo zdroj magnetického pole začne pohybovat. Když se magnetické pole začne měnit, v cívce se indukuje el. napětí a v uzavřeném obvodu prochází indukovaný proud. Směr proudu je závislý na směru změny magnetického pole a/nebo na orientaci pólů magnetu vůči cívce.

Rozlišit severní a jižní pól cívky můžeme pomocí Ampérova pravidla pravé ruky. Pokud chytne vodorovně cívku do pravé ruky tak, aby ohnuté prsty ukazovaly směr, kterým prochází proud (od + k -), náš natažený palec ukazuje na severní pól cívky. Směr magnetických indukčních čar rovných vodičů určíme tak, že vodič chytne² svisle do pravé ruky tak, aby náš palec byl natažený ve směru procházejícího el. proudu. Prsty ohnuté kolem vodiče ukazují směr magnetických indukčních čar.

Magnetické a elektrické siločáry, teorie elektromagnetických polí

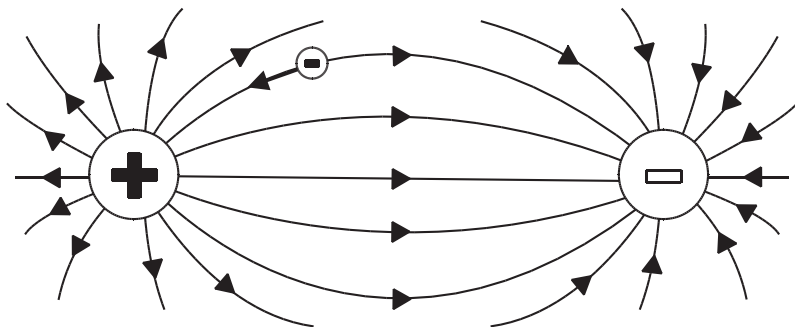
Faraday byl jedním z prvních, kteří podrobně prozkoumali povahu elektrických a magnetických polí, na jejichž práci pak navázali další, kteří vše uceleně matematicky zformulovali. Pojmeme pole zde, zjednodušeně řečeno, označujeme potenciální přítomnost síly v blízkosti elektrických nábojů a proudů, která na tyto náboje a proudy také působí (např. pohyb nabitých částic v magnetickém poli Země za vzniku polární záře, nebo třeba rotace cívek elektromotoru, kterými prochází proud a jsou umístěny do magnetického pole od proudů jiných).

Překrývající se elektrické a magnetické pole nazýváme polem elektromagnetickým, protože jsou v mnoha případech spolu fyzikálně svázány, jak je nejlépe vidět na příkladu světla nebo rádiového vysílání. Faradayův výzkum byl zásadní v tom, že mezi nimi ukázal vzájemné ovlivňování (jak je ostatně popsáno v minulé kapitole – tam, kde je proud, je totiž i elektrické pole), a umožnil tak chápat elektrismus a magnetismus jako dvě stránky jednoho jevu. O půl století později pak James Clerk Maxwell ukazuje, že světlo je elektromagnetické vlnění, a optika se tak

²Samozřejmě pomyslně – uchopit vodič pod napětím může být krajně nebezpečné, protože nám může procházející proud zabránit ruku uvolnit.

stává podoborem elektromagnetismu. Hluběji se do této problematiky teď nebudeme pouštět a budeme nad elektrickými a magnetickými poli přemýšlet jako nad dvěma nezávislými jevy.

V elektrickém poli je důležitý pojem siločáry. Jsou to pomyslné čáry, které se často kreslí do fyzikálních schémat elektrických polí, aby byla přehlednější. Nacházejí se v daném silovém poli (v našem případě magnetickém, nebo elektrickém), kde určují směr silového působení na elektrické náboje do tohoto předem vytvořeného pole umístěné. Siločáry zpravidla „orientujeme“, tj. připisujeme jim také směr. Kladné náboje se pohybují po směru siločar, a záporné v protisměru. Můžeme je tedy nazvat orientovanými křivkami. U elektrického pole tyto siločáry vycházejí z místa kladného náboje (a jelikož v prostoru nevznikají ani nezanikají) směřují do nekonečna a/nebo k zápornému náboji³. Siločáry se vzájemně neprotínají, přičemž největší hustota siločar značí největší intenzitu elektrického pole. Siločáry dvou stejných nábojů se vzájemně odpuzují. Dva kladné náboje se díky odpudivým silám k sobě nemohou přiblížit. (V případě atomového jádra drží kladné protony pohromadě síly jiného druhu, které se nazývají silné jaderné interakce.)



Obr. 1: Znázornění elektrických siločar mezi kladnými a zápornými náboji. Všimněte si, že siločáry orientujeme od kladného náboje k zápornému. Do pole umístěný malý „testovací“ záporný náboj je urychlován proti směru siločar ke kladnému náboji.

U magnetického pole je situace složitější. Také jej znázorňujeme pomocí čar, a to tzv. magnetických indukčních čar, které je v knihách často vidět vyobrazené pomocí pilin přitahovaných póly magnetů. Pojem siločar není v magnetismu tak dobře definován, protože magnetické pole v každém bodě silově nepůsobí stále stejným směrem na vložené elektrické náboje, nýbrž v závislosti na tom, jakým směrem a jak rychle se tyto náboje pohybují.

Zákony elektrolýzy

Aparaturu na elektrolýzu si představte jako dvě kovové destičky, které jsou napojené na zdroj napětí a obě jsou ponořené do vodivé kapaliny (popřípadě do taveniny). Takovou kapalinu nazýváme elektrolyt. V praxi se jako elektrolyt často využívá kyselina sírová nebo roztok chloridu sodného (kuchyňské soli). Destičky v elektrolytu se nazývají elektrody. Jedna je katoda a druhá anoda, rozlišujeme je podle toho, jaké ionty se na nich při elektrolýze vylučují. Na katodě se vylučují kationty, avšak samotná elektroda má náboj záporný (jinak by se na ní kationty

³Z historických důvodů se směr určuje pomocí pohybu kladně nabitých částic, stejně jako dohodnutý směr proudu, i když nyní již víme, že nosiči náboje jsou obvykle záporné elektrony.

ani vylučovat nemohly). Na anodě se vylučují anionty, přičemž má tato elektroda kladný náboj. Při elektrolýze probíhá stejnosměrný proud od katody skrz elektrolyt k anodě. V elektrolytu se rozpuštěná látka – pro účely výkladu např. sůl NaCl – rozpadne na jednotlivé ionty (říkáme, že disociuje) a díky elektrickému proudu jsou kationty sodíku Na^+ unášeny ke katodě. Na anodě se vylučují anionty chloru Cl^- . Kationty Na^+ se u katody sloučí s atomem vodíku a kyslíku (ve formě hydroxylových aniontů OH^-), které se nachází v elektrolytu. Vznikne hydroxid sodný NaOH, který se takto průmyslově vyrábí.

První Faradayův zákon říká, že hmotnost látky, která se vyloučí na elektrodě, závisí přímo úměrně na procházejícím el. proudu I , na době elektrolýzy t a elektrochemickém ekvivalentu látky A :

$$m = I \cdot t \cdot A.$$

Elektrochemický ekvivalent látky je konstanta, kterou lze vypočítat podle druhého Faradayova zákona. Ten nám sděluje, že elektrochemický ekvivalent A závisí přímo úměrně na molární hmotnosti látky (tu lze vyhledat pro každý prvek v periodické soustavě prvků).

$$A = \frac{M}{F\nu}$$

K pochopení molární hmotnosti je potřeba znát jednu ze základních veličin SI – látkové množství n s jednotkou mol. To vyjadřuje počet částic (atomů, iontů, nebo molekul). Jeden mol jakékoliv látky zastupuje $6,022 \cdot 10^{23}$ částic. Molární hmotnost prvku M se svou jednotkou $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ vyjadřuje, kolik gramů váží jeden mol látky. Například jeden mol uhlíku váží 12 gramů, jak je možno nalézt v periodické tabulce prvků. Číselně totiž molární hmotnost každého prvku v $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ odpovídá jeho relativní atomové hmotnosti, protože mol je definován právě skrze hmotnost přesně daného množství uhlíku, i když stále je třeba mít na paměti, že molární a relativní atomová hmotnost jsou dvě zcela odlišné veličiny.

F je Faradayova konstanta $F \doteq 9,6485 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ a ν je počet elektronů, které jsou potřeba na vyloučení jedné molekuly látky na elektrodě (pro redukci Cu^{2+} na čistý prvek Cu je $\nu = 2$).

Závěr

Výfučení o Michaelu Faradayovi vás seznámilo nejen se životem tohoto skvělého fyzika a chemika, ale také s významnými fyzikálními a chemickými jevy elektromagnetickou indukci a elektrolýzou. Michael Faraday objevil při svých pokusech spoustu chemických látek a jeho objev elektromagnetické indukce umožnil vznik například elektromotorů a alternátorů. Právě proto jsme se vás rozhodli v 5. Výfučení letošního roku seznámit právě s ním.

Julie Weisová
julca@vyfuk.mff.cuni.cz

Petra Hrubcová
petra@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.