

celého prostoru v okolí dipólu. Napětí na koncích vodičů dosahuje periodicky největší hodnoty a vzniká elektrické pole, které rovněž zasahuje do okolí.

U tohoto jednoduchého elektromagnetického dipólu odpovídá délka dipólu polovině vlnové délky vyzařovaného elektromagnetického vlnění. Proto použijeme také označení **půlvlnný dipól**. Vlastnosti elektromagnetického vlnění jsou popsány v čl. 9.2.

Úlohy

- 1** Elektromagnetická energie se k dipólu přivádí dvouvodičovým vedením. Jaké vlnění vzniká ve vedení, jestliže víme, že část energie se dipólem vyzáří do prostoru?
- 2** Za jakých podmínek vzniká v přivodním vedení k dipólu vlnění postupné?
- 3** Vyhledejte na internetu frekvence elektromagnetického vlnění různých komunikačních prostředků (rozhlasové a televizní vysílání, rádiové sítě mobilních telefonů apod.) a určete odpovídající vlnové délky elektromagnetického vlnění.

R9.4 Elektromagnetická interakce

Elektromagnetické kmitání v oscilačním obvodu je spojeno s pohybem náboje, jehož velikost na deskách kondenzátoru se periodicky mění. Mezi deskami kondenzátoru vzniká časově proměnné elektrické pole. Jeho siločáry začínají na kladně nabitě desce a končí na desce se záporným nábojem. Toto pole je tedy zřídlové.

Elektromagnetické pole, které tvoří elektromagnetické vlnění, však není vázáno na existenci nabitých těles a vlnění se šíří i v prostoru bez elektrických nábojů, např. ve vakuu. Příčinu tohoto jevu jsme již zčásti poznali při výkladu elektromagnetické indukce: **každá změna magnetického pole je provázena vznikem elektrického pole**.

Z tohoto poznatku také vyšel anglický fyzik J. C. MAXWELL  a vyslovil předpoklad, že existuje i opačný jev: **mění se elektrické pole vytváří pole magnetické**. To znamená, že jevy, které vznikají při změnách pole elektrického nebo magnetického, jsou symetrické. Tento poznatek je nejdůležitějším Maxwellovým objevem a je základem **teorie elektromagnetického pole**, která jednoduchým způsobem vysvětluje všechny elektromagnetické jevy.

Z teorie elektromagnetického pole vyplývá, že nejen magnetické, ale ani elektrické pole není nutně vázáno na přítomnost nosičů náboje. Elektrické pole se indukuje změnami pole magnetického i ve vakuu nebo dielektriku bez volných nosičů náboje. Avšak na rozdíl od elektrického pole tvořeného náboji, v němž siločáry začínají na náboji kladném a končí na náboji záporném, siločáry indukovaného elektrického pole jsou křivky uzavřené. Indukční čáry magnetického pole jsou na rozdíl od siločar elektrického pole vždy uzavřené.

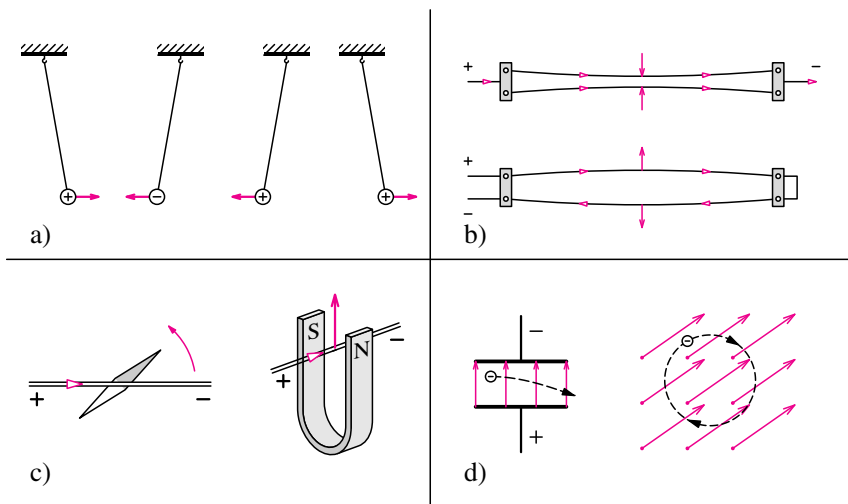
V prostředí bez nábojů může tedy elektrické a magnetické pole existovat jen tak, že změny jednoho pole způsobují vznik pole druhého a vzájemná indukce probíhá nepřetržitě. Přitom vektory $\mathbf{E}$ a $\mathbf{B}$, kterými tato pole charakterizujeme, jsou navzájem kolmé. Obě pole jsou neoddelitelně spjata a vytvářejí jediné elektromagnetické pole.

V době, kdy Maxwell tuto teorii propracoval také matematicky, nebyl pro jeho tvrzení žádný přímý důkaz. Celá teorie je velkolepým příkladem vědecké dedukce: na základě určitých předpokladů (indukce magnetického pole měnicím se polem elektrickým) je matematickým postupem formulován závěr s obecnou platností, který je třeba experimentálně ověřit. K tomu však došlo až 10 let po Maxwellově smrti.

Důkazem správnosti Maxwellovy teorie elektromagnetického pole je právě objev elektromagnetického vlnění. Jeho autorem je německý fyzik HEINRICH HERTZ , který pomocí pokusů s elektromagnetickými vlnami buzenými jiskrovým výbojem ověřil většinu Maxwellových závěrů.

Maxwellova teorie elektromagnetického pole je základem **elektrodynamiky**, která vysvětluje děje, při nichž vzniká elektrická nebo magnetická síla. Na obr. R9-5 jsou některé příklady tohoto silového působení, které jsme v předcházejícím učivu poznali: dvě nabitá tělesa se přitahují nebo odpuzují (a), podobně se přitahují a odpuzují vodiče, jimiž prochází proud (b), magnetka v blízkosti vodiče s proudem se vychyluje a vodič s proudem je působením magnetického pole uváděn do pohybu (c), trajektorie částice s nábojem v elektrickém a magnetickém poli se zakřivuje (d) apod.

Všechny tyto poznatky svědčí o existenci elektromagnetického vzájemného působení neboli o **elektromagnetické interakci** (z lat. *inter* – mezi, *actio* [akció] – uvedení v pohyb). Tento druh interakce je jednou ze základních forem vzájemného působení hmotných objektů. Síly, které vznikají při elektromagnetické interakci, jsou poměrně značné. Proto můžeme elektromagnetickou interakci snadno zkoumat experimentálně. Elektromagnetická interakce se projevuje např. i při chemické vazbě a je příčinou vzniku molekul.



R9-5 Elektromagnetické interakce

Mnohem slabší silové působení vzniká při **gravitační interakci**, která vzniká při vzájemném působení těles. Poznali jsme ji v učivu o gravitaci a síly srovnatelné s elektromagnetickou interakcí vznikají jen působením těles o velké hmotnosti, např. naší Země. Další, tzv. **slabá interakce** a **silná interakce**, se týkají silového působení mezi elementárními částicemi. Jejich existenci vysvětlujeme např. děje v jádrech atomů.

Uvedené čtyři typy interakcí představují elementární formy silového působení, s nimiž se při výkladu fyzikálních jevů setkáme a každé známé silové působení lze pomocí těchto interakcí vyložit.