

## Klasická elektrodynamika

**Elektrostatika.** Redukce Maxwellových rovnic pro elektrostatická řešení. Elektrický potenciál, elektrická intenzita, silové působení. Rovnice siločáry a ekvipotenciály. Poissonova a Laplaceova rovnice. Řešení Poissonovy rovnice ve volném prostoru. Gaussova věta v elektrostatice a její užití při hledání symetrických řešení (*kurzívou je označena důležitá látka probíraná na cvičení*). Bodový náboj jako  $\delta$ -funkce. Vztah  $\Delta (1/|\mathbf{r}|) = -4\pi \delta^{(3)}(\mathbf{r})$ , potenciál rovnoměrně nabitě koule, rovnost ve smyslu distribucí. Vodiče v elektrostatice, hraniční podmínky. Plošná nábojová hustota. Spojitost/nespojité E a  $\Phi$ . Matice kapacit. *Přibližné určení ze superpozice řešení*. Greenovy věty a jejich užití. Energie spojitě rozloženého náboje a soustavy vodičů. *Extremální energie řešení Laplaceovy úlohy při fixovaném potenciálu na hranici*. Křivočaré ortogonální souřadnice, bázové vektory, Laméovy koeficienty. Vyjádření vektorového pole pomocí bázových vektorů. Gradient, divergence,  $\Delta$  a rotace v křivočarých souřadnicích. Pole bodového náboje a řešení Poissonovy rovnice s Dirichletovými okrajovými podmínkami. Kulová inverze a řešení Laplaceovy rovnice. Potenciál bodového náboje poblíž vodivé koule. *Matice kapacit dvou vodivých koulí*. Polynomy v kartézských souřadnicích jako řešení Laplaceovy rovnice. Jejich kulová inverze. Holomorfní funkce jako potenciály a siločáry řešení 2D Laplaceovy rovnice. Multipólový rozvoj. Princip. *Souvislost Legendrových polynomů a multipólového rozvoje pole axiálně symetrického zdroje*. Dipólový moment. Potenciál a elektrická intenzita elektrického dipólu.

**Časově neměnná magnetická pole.** Polní rovnice pro magnetické pole stacionárních proudů. Ampérův zákon, *použití k určení pole*. Vektorový potenciál. Kalibrace ve stacionárním případě. Biotův-Savartův vzorec, *použití k určení pole*. Magnetický dipólový moment a dipólové pole lokalizovaného stacionárního proudu. Silové působení proudů a magnetického pole. Energie magnetického pole. Indukčnost. Materiálové vztahy. P a M. D a H. Ohmův zákon. Podmínky na rozhraní dvou prostředí, plošné náboje a proudy. Výpočet pole permanentního magnetu.

**Kvazistacionární přiblížení.** Vyjádření E a B pomocí potenciálů. Rovnice pro potenciály a „okamžité“ šíření pole od zdroje. Indukčnost a elektromagnetická indukce. Svázání rovnic přes Ohmův zákon, skinový jev a rovnice difuze, hloubka vniku, relaxační doba zániku magnetického pole. *Indukované elektrické pole v časově proměnném homogenním a dipólovém magnetickém poli*. Toky energie v kvazistacionárním přiblížení.

**Nestacionární pole.** Maxwellovy rovnice. Tensor elektromagnetického pole. Lorentzovy transformace. Elektromagnetické potenciály, kalibrační volnost, Coulombova a Lorenzova kalibrace. Vlnové rovnice pro potenciály. Rovnice continuity pro elektrický náboj, souvislost s Lorenzovou kalibrací. Zákon zachování energie. Poyntingův vektor, hustota energie elektromagnetického pole. Zákon zachování hybnosti, Maxwellův tenzor, výpočet sílového působení stacionárních zdrojů. Homogenní vlnová rovnice. Rovinná vlna, polarizace, tok a hustota energie. TEM vlna podél dlouhého ideálního vedení. *Helmholtzova rovnice na úsečce, obdélníku a uvnitř kvádrů. Dirichletova a Neumannova hraniční podmínka. Princip vlnovodu, odlišnost od TEM vlny podél vedení, TE a TM vlny, hraniční podmínky. Stojaté vlnění jako superpozice vln opačných směrů, Elektromagnetický rezonátor.  $TE_{n,0}$  vlna jako superpozice dvou rovinných lineárně polarizovaných vln*. Elektromagnetická vlna ve vodivém prostředí, telegrafní rovnice, její dispersní relace. Nehomogenní vlnová rovnice. *Retardované řešení pro potenciály*. Lienardovy-Wiechertovy potenciály. Zářetí zrychleně se pohybujícího náboje. Radiační zóna. Vyzářený výkon. Dipólové elektromagnetické záření. Hertzův dipól. Brzdná síla.

### Literatura

- [1] Zangwill, A.: Modern elektrodynamika, Cambridge University Press, 2012.
- [2] Jackson, J. D.: Classical elektrodynamika, John Wiley & Sons, 1962-1999.
- [3] Griffiths, D. J., Introduction to Elektrodynamika, Cambridge University Press, 1981-2017.
- [4] Kvasnica, J.: Teorie elektromagnetického pole, Academia Praha, 1985.
- [5] Novotný, D., Fišer, K.: Sběrka příkladů z teorie elektromagnetického pole, II.díl, PF v Ústí n.L., 1991.
- [6] Sedlák, B., Štoll, I.: Elektřina a magnetismus, Karolinum 2013.