

OBSAH

Předmluva	5
1 Elektrostatika	15
1.1 Elektrický náboj	15
1.1.1 Vlastnosti elektrického náboje	15
1.1.2 Coulombův zákon	17
1.1.3 Velikost elektrického náboje	20
1.1.4 Hustota elektrického náboje	23
1.1.5 Interakční energie soustavy nábojů	25
1.1.6 Příklady použití	26
a) Rovnováha soustavy statických nábojů	26
b) Elektrostatická energie iontového krystalu	29
1.2 Elektrostatické pole ve vakuu	30
1.2.1 Vektor intenzity elektrostatického pole bodových nábojů	30
1.2.2 Tok intenzity elektrostatického pole bodových nábojů	33
1.2.3 Potenciál elektrostatického pole bodových nábojů	37
1.2.4 Elektrostatické pole obecně rozložených nábojů	41
1.2.5 Gaussův zákon pro obecné elektrostatické pole	44
1.2.6 Nabitá plocha v elektrostatickém poli	46
1.2.7 Poissonova a Laplaceova rovnice	48
1.2.8 Hustota energie elektrostatického pole	49
1.2.9 Příklady použití	50
a) Nabitá přímka	51
b) Nabitá rovina	53
c) Dvojice rovnoběžných nabitých rovin	55
d) Nabitá rovinná vrstva	56
e) Nabitá kulová slupka	57
f) Nabitá koule	58
g) Nabitá válcová plocha a váleček	59
*h) Pole a potenciál na ose nabitě kružnice	60
i) Napětí mezi dvěma koncentrickými koulemi	62
j) Elektrostatická energie nabitě koule	62
1.3 Elektrický dipól	63
1.3.1 Vlastnosti elektrického dipólu	63
*1.3.2 Multipólový rozvoj elektrostatického pole	69
*1.3.3 Elektrická dvojrůžna	73

*1.3.4	Objemové rozložení elektrických dipólů	75
1.3.5	Příklady použití	78
a)	Síla působící mezi dvěma elektrickými dipóly	78
*b)	Elektrický kvadrupólový moment elipsoidu	79
c)	Polarizovaný válec a rovinná vrstva	80
d)	Polarizovaná koule	82
1.4	Elektrostatické pole nabitých vodičů	84
1.4.1	Vodiče a nevodíče	84
1.4.2	Chování vodičů v elektrostatickém poli	87
*1.4.3	Nepřímé ověření Coulombova zákona	91
1.4.4	Základní úloha elektrostatiky	94
1.4.5	Kapacita a kondenzátor	97
1.4.6	Energie soustavy nabitých vodičů	103
1.4.7	Příklady použití	107
a)	Bodový náboj a vodivá rovina	107
*b)	Kulové elektrostatické zobrazení	109
c)	Vodivá koule v homogenním elektrostatickém poli	110
d)	Kapacita kulového kondenzátoru	111
e)	Kapacita válcového kondenzátoru	111
f)	Kapacita dvoulinky	112
*g)	Mechanické napětí nabitých vodičů	113
h)	Elektrostatické měřicí přístroje	113
1.5	Elektrostatické pole v dielektrikách	115
1.5.1	Dielektrika v elektrostatickém poli	115
1.5.2	Polarizace dielektrika	117
1.5.3	Gaussův zákon pro elektrostatické pole v dielektriku	120
1.5.4	Materiálové vztahy, elektrická susceptibilita a permitivita	122
*1.5.5	Energie elektrostatického pole v dielektriku	124
1.5.6	Příklady použití	127
a)	Volné náboje a nabitě vodiče v dielektriku	127
b)	Elektrické pole na rozhraní dvou dielektrik	128
*c)	Depolarizační faktor	129
	Úlohy ke kapitole 1	131
*2	Silové působení mezi pohybujícími se náboji	135
2.1	Základní vztahy relativistické mechaniky	135
2.1.1	Einsteinův princip relativity	135
2.1.2	Lorentzova transformace	137
2.1.3	Relativistická dynamika	140
2.2	Pole pohybujících se nábojů	141
2.2.1	Pohybující se bodový náboj	141
2.2.2	Pole náboje pohybujícího se rovnoměrně malou rychlostí	143
2.2.3	Pole náboje pohybujícího se rovnoměrně libovolnou rychlostí	146
2.2.4	Pole náboje pohybujícího se libovolným způsobem	153
2.2.5	Příklady použití	155
a)	Pole přímého nábojového paprsku	155
b)	Pole roviny vytvořené rovnoběžnými nábojovými paprsky	156
c)	Síly působící mezi nábojovými paprsky	157
d)	Transformace složek elektrického a magnetického pole	158

3 Stacionární pole	161
3.1 Elektrický proud	161
3.1.1 Pojem elektrického proudu, hustota proudu	161
3.1.2 Mechanismy vedení proudu	164
3.1.3 Rovnice kontinuity proudu	166
3.2 Stacionární elektrické pole a elektrický obvod	168
3.2.1 Základní vlastnosti stacionárního elektrického pole	168
3.2.2 Ohmův zákon pro homogenní vodiče	170
3.2.3 Ohmův zákon pro nehomogenní vodiče	173
3.2.4 Kirchhoffova pravidla pro stacionární obvod	178
3.2.5 Práce a výkon v elektrickém obvodu, Jouleův zákon	179
3.2.6 Příklady použití	182
a) Podobnost elektrostatického a stacionárního elektrického pole	182
b) Řazení odporů	184
c) Transformace hvězda trojúhelník	184
d) Výkonové přizpůsobení spotřebiče	185
3.3 Stacionární magnetické pole	186
3.3.1 Vektor magnetické indukce	187
3.3.2 Ampèrův zákon pro magnetické pole ve vakuu	189
3.3.3 Vektorový potenciál, Biotův-Savartův vzorec	193
*3.3.4 Magnetické pole v místech s nenulovou hustotou proudu, pole plošných proudů	198
3.3.5 Příklady použití	200
a) Magnetické pole přímého vodiče	201
b) Magnetická indukce na ose kruhového závitu	203
c) Magnetická indukce na ose solenoidu	204
d) Magnetická indukce toroidu	205
*e) Vektorový potenciál homogenního pole a nekonečně dlouhého solenoidu	206
3.4 Magnetický dipól	208
3.4.1 Magnetický dipólový moment rovinné proudové smyčky	208
3.4.2 Potenciální energie a silové účinky magnetického pole na magnetický dipól	211
*3.4.3 Multipólový rozvoj magnetického pole	212
*3.4.4 Objemové rozložení magnetických dipólů	213
*3.4.5 Magnetická dvojrůstava	215
3.4.6 Příklady použití	217
a) Magnetický dipólový moment nabitě částice konající rovnoměrný kruhový pohyb	217
b) Magnetický dipólový moment rotující nabitě koule	217
3.5 Magnetické pole v látkách	218
3.5.1 Chování látek v magnetickém poli	218
3.5.2 Magnetická polarizace (magnetizace) látek, magnetizační proudy	220
3.5.3 Ampèrův zákon v látkovém prostředí	224
3.5.4 Materiálové vztahy, magnetická susceptibilita a permeabilita	227
3.5.5 Magnetický obvod	232
3.5.6 Magnetostatické pole	235
3.5.7 Příklady použití	236
a) Magnetické pole na rozhraní dvou prostředí	236
b) Toroidní jádro se vzduchovou mezerou	237
c) Koule v homogenním magnetickém poli	239
*d) Elipsoid magnetovaný ve směru hlavní osy	241
Úlohy ke kapitole 3	242

4 Kvazistacionární elektrické a magnetické pole	245
4.1 Elektromagnetická indukce	245
4.1.1 Zákon elektromagnetické indukce	245
4.1.2 Souvislost mezi elektromagnetickou indukcí a silovými účinky magnetického pole	249
a) Pohyb přímého vodiče v homogenním magnetickém poli	249
b) Princip elektrického stroje	250
c) Princip fluxmetru	253
4.1.3 Obecné vlastnosti kvazistacionárního pole	255
4.1.4 Vlastní a vzájemná indukčnost vodičů	258
4.1.5 Příklady použití	261
a) Demontrace platnosti Ampèrova zákona (měřicí transformátor).	261
*b) Vlastní indukčnost přímých vodičů	262
c) Vlastní indukčnost kruhové smyčky	264
d) Vzájemná indukčnost dvou sousých smyček	264
e) Vzájemná indukčnost dvojice sousých válcových cívek	265
4.2 Kvazistacionární elektrický obvod	266
4.2.1 Kirchhoffova pravidla pro kvazistacionární obvod	266
4.2.2 Generace střídavého harmonického napětí, střídavé obvody	271
4.2.3 Indukčně vázané obvody, transformátor	276
4.2.4 Příklady použití	280
a) Neustálený stav v obvodech s indukčností a kapacitou	280
b) Sériový rezonanční obvod.	283
*c) Vlastní kmitý indukčně vázaných oscilačních obvodů	286
4.3 Energie kvazistacionárního pole	287
4.3.1 Zákon zachování energie v kvazistacionárních soustavách	287
*4.3.2 Obecné vyjádření energie magnetického pole	290
*4.3.3 Obecné vyjádření sil v magnetickém poli.	294
4.3.4 Příklady použití	296
a) Síly působící mezi póly elektromagnetu	296
*b) Hysterezní ztráty ve feromagnetiku.	297
c) Střední hodnota výkonu ve střídavém obvodu	298
d) Magnetoelektrický měřicí přístroj	298
Úlohy ke kapitole 4	303
5 Elektromagnetické pole	305
5.1 Maxwellovy rovnice	306
5.1.1 Indukované elektrické pole	307
5.1.2 Magnetické pole posuvného proudu.	311
5.1.3 Úplná soustava Maxwellových rovnic	314
5.1.4 Potenciály elektromagnetického pole	317
5.2 Energie a hybnost elektromagnetického pole	321
5.2.1 Poyntingova věta.	321
*5.2.2 Hybnost elektromagnetického pole	324
*5.2.3 Termodynamické vztahy v přítomnosti elektromagnetického pole.	327
5.3 Elektromagnetické vlny.	330
5.3.1 Rovinná elektromagnetická vlna	330
5.3.2 Monochromatická rovinná vlna.	334
*5.3.3 Vyzařování elektromagnetických vln.	337

5.3.4	Příklady použití	341
a)	Odraz a lom elektromagnetických vln.	341
b)	Tlak záření.	344
c)	Povrchový jev (skinefekt).	345
*5.4	Lorentzovy rovnice	346
5.4.1	Mikroskopický popis elektromagnetického pole	348
5.4.2	Odvození Maxwellových rovnic z rovnic Lorentzových	350
	Úlohy ke kapitole 5	353
6	Pohyb částice v elektromagnetickém poli	354
6.1	Nabitá částice v elektromagnetickém poli	354
6.1.1	Pohybová rovnice	354
*6.1.2	Energie a hybnost částice	355
6.1.3	Pohyb v časově neproměnném homogenním poli	359
a)	Homogenní elektrické pole	359
b)	Homogenní magnetické pole	359
c)	Vzájemně kolmé elektrické a magnetické pole	362
*6.1.4	Pohyb v nehomogenním osově symetrickém magnetickém poli	364
6.2	Pohyb gyromagnetické částice v magnetickém poli	366
6.2.1	Pohybová rovnice	366
6.2.2	Larmorova precese	367
*6.3	Příklady použití	369
6.3.1	Principy částicové optiky	369
6.3.2	Urychlovače nabitých částic	373
a)	Elektrostatické urychlovače	374
b)	Lineární (rezonanční) urychlovač	374
c)	Cyklotron	375
d)	Betatron	376
6.3.3	Hmotnostní spektroskopie	378
6.3.4	Magnetická rezonance	379
	Úlohy ke kapitole 6	381
7	Elektrické a magnetické vlastnosti látek	383
7.1	Elektronová struktura látek	384
7.1.1	Energie elektronů v atomech a molekulách.	384
7.1.2	Energie elektronů v kondenzovaných látkách	389
7.1.3	Elektronový plyn	391
7.1.4	Elektrické a magnetické momenty atomů a molekul	393
7.2	Dielektrická a magnetická polarizace	395
7.2.1	Dielektrika	396
7.2.2	Diamagnetismus a paramagnetismus.	401
7.2.3	Magneticky uspořádané látky	404
7.3	Vedení proudu v pevných látkách	409
7.3.1	Obecné charakteristiky vedení proudu v pevných látkách	409
7.3.2	Vodivost kovů.	412
7.3.3	Kontaktní napětí a termoelektrické jevy v kovech	416
7.3.4	Vlastní a příměsová vodivost polovodičů, vlastnosti přechodu $p-n$	420
7.3.5	Supravodivost	427

7.3.6 Elektronová emise	431
7.3.7 Nenasycený emisní proud, princip elektronky	434
7.4 Vedení proudu v kapalinách	436
7.4.1 Měrná a molární vodivost roztoků	436
7.4.2 Elektrolýza, Faradayovy zákony	440
7.4.3 Elektrochemické procesy na elektrodách, elektrodové potenciály	441
*7.4.4 Polarografie	445
7.5 Vedení proudu v plynech	446
7.5.1 Nesamostatná vodivost	446
7.5.2 Doutnavý a obloukový výboj	447
7.6 Základy teorie materiálových konstant	451
7.6.1 Permittivita nepolárních látek (Clausiiův–Mosottiův vztah)	451
7.6.2 Langevinova teorie diamagnetismu atomů a molekul	454
*7.6.3 Susceptibilita nekovových paramagnetik, permittivita polárních látek (Langevinova teorie)	455
7.6.4 Obecné podmínky platnosti Ohmova zákona, fyzikální podstata Hallova jevu	459
*7.6.5 Drudeho teorie vodivosti kovů	461
7.6.6 Výklad vodivosti roztoků, Arrheniova teorie disociace	463
7.6.7 Výklad nesamostatné vodivosti plynů, podmínky pro vznik samostatného výboje	466
Úlohy ke kapitole 7	468
8 Základy teorie elektrických obvodů	471
8.1 Základní pojmy	471
8.1.1 Klasifikace elektrických obvodů a jejich prvků	471
8.1.2 Základní vlastnosti elektrických dvojpólů a čtyřpólů	473
8.2 Stejnoseměrné a střídavé lineární obvody v ustáleném stavu	478
8.2.1 Ohmův zákon a Kirchhoffova pravidla v komplexní symbolice	478
8.2.2 Vlastnosti skutečných dvojpólů	482
8.2.3 Věta o superpozici	488
8.2.4 Obecné metody analýzy lineárních obvodů v ustáleném stavu	489
8.2.5 Théveninova věta	496
*8.2.6 Obvody se vzájemnou indukčností	497
8.2.7 Příklady použití	501
a) Sériové a paralelní rezonanční obvody	501
b) Wheatstonův můstek	504
c) Thomsonův dvojmost	507
d) Měření napětí a proudů v obvodech	508
*8.3 Vybrané typy obecnějších obvodů	510
8.3.1 Nesinusové střídavé lineární obvody v ustáleném stavu	510
8.3.2 Neustálený stav v lineárních obvodech	515
8.3.3 Příklady řešení nelineárních obvodů	516
a) Stabilizace napětí Zenerovou diodou	517
b) Stanovení pracovního bodu tranzistoru	519
c) Náhradní schéma linearizovaného čtyřpólu	521
Úlohy ke kapitole 8.	522
Historický přehled	526
Od Thaleta ke Gilbertovi	526
Od Gilberta ke Coulombovi	527
Od Coulomba k Ampèrovi	531

Od Ampèra k Maxwellovi	533
Od Maxwella k Einsteinovi	537
Od Einsteina k dnešku	541
Výzkum elektřiny a magnetismu v našich zemích	545
Dodatek 1. Přehled vektorové analýzy	548
a) Skalární a vektorové veličiny	548
b) Součiny vektorů	550
c) Transformační vlastnosti vektorů	552
d) Skalární a vektorová pole	553
e) Gradient skalárního pole	556
f) Divergence vektorového pole.	558
g) Rotace vektorového pole	562
h) Operátory ($\mathbf{a}\nabla$) a Δ	565
i) Vektorová pole potenciální a solenoidální	567
j) Některé integrální věty vektorové analýzy	569
k) Úlohy k Dodatku 1.	571
Dodatek 2. Soustavy fyzikálních jednotek.	572
a) Charakteristiky soustav jednotek	572
b) Vývoj elektrických a magnetických jednotek	576
c) Přehled rovnic elektromagnetického pole v Gaussově soustavě	579
d) Převodní vztahy jednotek elektrických a magnetických veličin v Mezinárodní a Gaussově soustavě	581
Výsledky a návody řešení úloh	587
Literatura	593
Věcný rejstřík	594