

OBSAH

Předmluva	13
I. Elektrostatika.....	17
I.1 Elektrický náboj.....	17
I.1.1 Vlastnosti elektrického náboje	17
I.1.2 Coulombův zákon	20
I.1.3 Velikost elektrického náboje	23
I.1.4 Hustota elektrického náboje.....	25
I.1.5 Potenciální energie soustavy nábojů	27
I.1.6 Řešené příklady	29
a) Rovnováha soustavy statických nábojů	29
b) Elektrostatická energie iontového krystalu.....	31
I.2 Elektrostatické pole ve vakuu	32
I.2.1 Vektor intenzity elektrostatického pole bodových nábojů	32
I.2.2 Tok intenzity elektrostatického pole bodových nábojů	33
I.2.3 Potenciál elektrostatického pole bodových nábojů.....	38
I.2.4 Elektrostatické pole obecně rozložených nábojů	42
I.2.5 Gaussův zákon pro obecné elektrostatické pole	46
I.2.6 Nabitá plocha v elektrostatickém poli.....	48
I.2.7 Poissonova a Laplaceova rovnice	50
I.2.8 Hustota energie elektrostatického pole	51
I.2.9 Řešené příklady	52
a) Nabitá přímka	53
b) Nabitá rovina.....	54
c) Dvojice rovnoběžných nabitých rovin.....	56
d) Nabitá rovinná vrstva	57
e) Nabitá kulová slupka.....	58
f) Nabitá koule	59
g) Nabitá nekonečná válcová plocha a válec.....	60
h) Pole a potenciál na ose nabitě kružnice	61
i) Elektrostatické pole na ose válcové elektrody.....	62
j) Elektrostatické pole na ose kulového pásu	62
k) Elektrostatická energie nabitě koule	63
I.3 Elektrický dipól	64
I.3.1 Vlastnosti elektrického dipólu	64
*I.3.2 Multipólový rozvoj elektrostatického pole	70
*I.3.3 Elektrická dvojvrstva	74
*I.3.4 Objemové rozložení elektrických dipólů.....	76
I.3.5 Řešené příklady	79
a) Síla působící mezi dvěma elektrickými dipóly	79
b) Elektrický kvadrupólový moment elipsoidu	80

	c) Polarizovaný válec a rovinná vrstva	81
	d) Polarizovaná koule	83
I.4	Elektrostatické pole nabitých vodičů	85
I.4.1	Vodiče a nevodiče	85
I.4.2	Chování vodičů v elektrostatickém poli	88
*I.4.3	Nepřímé ověření Coulombova zákona.	91
I.4.4	Základní úloha elektrostatiky	95
I.4.5	Kapacita a kondenzátor.	98
I.4.6	Energie soustavy nabitých vodičů	104
I.4.7	Řešené příklady	108
	a) Bodový náboj a vodivá rovina	108
	b) Kulové elektrostatické zobrazení	110
	c) Vodivá koule v homogenním elektrostatickém poli	112
	d) Kapacita kulového kondenzátoru	113
	e) Kapacita válcového kondenzátoru	113
	f) Kapacita dvoulinky	114
	g) Mechanické napětí nabitých vodičů.	115
	h) Elektrostatické měřicí přístroje	116
I.5	Elektrostatické pole v dielektrikách	117
I.5.1	Dielektrika v elektrostatickém poli	117
I.5.2	Polarizace dielektrika	120
I.5.3	Gaussův zákon pro elektrostatické pole v dielektriku	122
I.5.4	Materiálové vztahy, elektrická susceptibilita a permitivita.	124
*I.5.5	Energie elektrostatického pole v dielektriku	127
I.5.6	Řešené příklady	130
	a) Volné náboje a nabité vodiče v dielektriku	130
	b) Elektrické pole na rozhraní dvou dielektrik	131
	c) Dielektrická koule a elipsoid v homogenním elektrostatickém poli	131
	d) Pole v dutině vytvořené v homogenním dielektriku	133
	Úlohy ke kapitole I	134
2.	*Silové působení mezi pohybujícími se náboji.	139
2.1	Základní vztahy relativistické mechaniky	139
2.1.1	Einsteinův princip relativity	139
2.1.2	Lorentzova transformace	142
2.1.3	Relativistická dynamika	145
2.2	Pole pohybujících se nábojů	147
2.2.1	Pohybující se bodový náboj.	147
2.2.2	Pole náboje pohybujícího se rovnoměrně malou rychlostí.	150
2.2.3	Pole náboje pohybujícího se rovnoměrně libovolnou rychlostí	154
2.2.4	Pole náboje pohybujícího se libovolným způsobem	163
2.2.5	Řešené příklady	166
	a) Pole přímého nábojového paprsku	166

b) Pole roviny vytvořené rovnoběžnými nábojovými paprsky	167
c) Síly působící mezi nábojovými paprsky	168
d) Transformace složek elektrického a magnetického pole	170

3. Stacionární pole	175
3.1 Elektrický proud	176
3.1.1 Pojem elektrického proudu, hustota proudu	176
3.1.2 Mechanismy vedení proudu.	179
3.1.3 Rovnice kontinuity proudu	181
3.2 Stacionární elektrické pole a elektrický obvod	182
3.2.1 Základní vlastnosti stacionárního elektrického pole	182
3.2.2 Ohmův zákon pro homogenní vodiče.	184
3.2.3 Ohmův zákon pro nehomogenní vodiče.	188
3.2.4 Kirchhoffova pravidla pro stacionární obvod	192
3.2.5 Práce a výkon v elektrickém obvodu, Jouleův zákon	194
3.2.6 Řešené příklady	197
a) Podobnost elektrostatického a stacionárního elektrického pole . . .	197
b) Řazení odporů.	199
c) Transformace hvězda trojúhelník	199
d) Výkonové přizpůsobení spotřebiče	200
3.3 Stacionární magnetické pole	201
3.3.1 Vektor magnetické indukce	202
3.3.2 Ampèrův zákon pro magnetické pole ve vakuu	204
3.3.3 Vektorový potenciál, Biotův–Savartův vzorec.	207
*3.3.4 Magnetické pole v místech s nenulovou hustotou proudu, pole plošných proudů	213
3.3.5 Řešené příklady	215
a) Magnetické pole přímého vodiče	216
b) Magnetická indukce na ose kruhového závitu	219
c) Magnetická indukce na ose solenoidu	219
d) Magnetická indukce toroidu	220
e) Vektorový potenciál homogenního pole a nekonečně dlouhého solenoidu	222
3.4 Magnetický dipól	223
3.4.1 Magnetický dipólový moment rovinné proudové smyčky	224
3.4.2 Potenciální energie a silové účinky magnetického pole na magnetický dipól.	226
*3.4.3 Multipólový rozvoj magnetického pole	227
*3.4.4 Objemové rozložení magnetických dipólů	228
*3.4.5 Magnetická dvojvrstva	230
3.4.6 Řešené příklady	232
a) Magnetický dipólový moment nabitě částice konající rovnoměrný kruhový pohyb	232

	b) Magnetický dipólový moment rotující nabité koule	233
3.5	Magnetické pole v látkách	234
3.5.1	Chování látek v magnetickém poli	234
3.5.2	Magnetická polarizace (magnetizace) látek, magnetizační proudy	236
3.5.3	Ampèrův zákon v látkovém prostředí	240
3.5.4	Materiálové vztahy, magnetická susceptibilita a permeabilita	242
3.5.5	Magnetický obvod	247
3.5.6	Magnetostatické pole	250
3.5.7	Řešené příklady	252
	a) Magnetické pole na rozhraní dvou prostředí	252
	b) Toroidní jádro se vzduchovou mezerou	253
	c) Koule v homogenním magnetickém poli	255
	d) Elipsoid magnetovaný ve směru hlavní osy.	256
	Úlohy ke kapitole 3	258
4.	Kvazistacionární elektrické a magnetické pole	261
4.1	Elektromagnetická indukce	262
4.1.1	Zákon elektromagnetické indukce	262
4.1.2	Souvislost mezi elektromagnetickou indukcí a silovými účinky magnetického pole	265
	a) Pohyb přímého vodiče v homogenním magnetickém poli	265
	b) Princip elektrického stroje	266
	c) Princip fluxmetru	269
4.1.3	Obecné vlastnosti kvazistacionárního pole	271
4.1.4	Vlastní a vzájemná indukčnost vodičů	275
4.1.5	Řešené příklady	277
	a) Demonstrace platnosti Ampèrova zákona (měřicí transformátor) .	277
	b) Vlastní indukčnost přímých vodičů	279
	c) Vlastní indukčnost kruhové smyčky.	280
	d) Vlastní indukčnost solenoidu.	281
	e) Vlastní indukčnost toroidu	281
	f) Vzájemná indukčnost dvou sousých smyček.	282
	g) Vzájemná indukčnost dvojice sousých válcových cívek.	283
4.2	Kvazistacionární elektrický obvod	284
4.2.1	Kirchhoffova pravidla pro kvazistacionární obvod	284
4.2.2	Generace střídavého harmonického napětí, střídavé obvody	289
4.2.3	Indukčně vázané obvody, transformátor.	294
4.2.4	Řešené příklady	299
	a) Neustálený stav v obvodech s indukčností a kapacitou	299
	b) Sériový rezonanční obvod.	301
	c) Vlastní kmity indukčně vázaných oscilačních obvodů	304
4.3	Energie kvazistacionárního pole	306
4.3.1	Zákon zachování energie v kvazistacionárních soustavách	306

*4.3.2	Obecné vyjádření energie magnetického pole	308
*4.3.3	Obecné vyjádření sil v magnetickém poli	312
4.3.4	Řešené příklady	314
a)	Síly působící mezi póly elektromagnetu	314
b)	Hysterezní ztráty ve feromagnetiku	315
c)	Střední hodnota výkonu ve střídavém obvodu	316
d)	Magnetoelektrický měřicí přístroj	317
Úlohy ke kapitole 4		322
5.	Elektromagnetické pole	325
5.1	Maxwellovy rovnice	326
5.1.1	Indukované elektrické pole	327
5.1.2	Magnetické pole posuvného proudu	331
5.1.3	Úplná soustava Maxwellových rovnic	334
5.1.4	Potenciály elektromagnetického pole	338
5.2	Energie a hybnost elektromagnetického pole	341
5.2.1	Poyntingova věta	341
*5.2.2	Hybnost elektromagnetického pole	344
*5.2.3	Termodynamické vztahy v přítomnosti elektromagnetického pole ...	347
5.3	Elektromagnetické vlny	352
5.3.1	Rovinná elektromagnetická vlna	352
5.3.2	Monochromatická rovinná vlna	356
*5.3.3	Vyzařování elektromagnetických vln	359
5.3.4	Řešené příklady	364
a)	Odraz a lom elektromagnetických vln	364
b)	Tlak záření	366
c)	Povrchový jev (skinefekt)	367
5.4	*Lorentzovy rovnice	369
5.4.1	Mikroskopický popis elektromagnetického pole	371
5.4.2	Odvození Maxwellových rovnic z rovnic Lorentzových	373
Úlohy ke kapitole 5		375
6.	Pohyb částice v elektromagnetickém poli	377
6.1	Nabitá částice v elektromagnetickém poli	378
6.1.1	Pohybová rovnice	378
*6.1.2	Energie a hybnost částice	379
6.1.3	Pohyb v časově neproměnném homogenním poli	382
a)	Homogenní elektrické pole	382
b)	Homogenní magnetické pole	383
c)	Vzájemně kolmé elektrické a magnetické pole	385
*6.1.4	Pohyb v nehomogenním osově symetrickém magnetickém poli	387
6.2	Pohyb gyromagnetické částice v magnetickém poli	389
6.2.1	Pohybová rovnice	389

6.2.2	Larmorova precese	390
6.3	Příklady použití	392
6.3.1	Principy částicové optiky	392
6.3.2	Urychlovače nabitých částic	396
	a) Elektrostatické urychlovače	397
	b) Lineární (rezonanční) urychlovač	398
	c) Cyklotron	398
	d) Betatron	399
6.3.3	Hmotnostní spektroskopie	401
6.3.4	Magnetická rezonance	402
	Úlohy ke kapitole 6	404
7.	Elektrické a magnetické vlastnosti látek	407
*7.1	Elektronová struktura látek	408
7.1.1	Energie elektronů v atomech a molekulách	408
7.1.2	Energie elektronů v kondenzovaných látkách	414
7.1.3	Elektronový plyn	416
7.1.4	Elektrické a magnetické momenty atomů a molekul	419
7.2	Dielektrická a magnetická polarizace	422
7.2.1	Dielektrika	422
7.2.2	Diamagnetismus a paramagnetismus	427
7.2.3	Magneticky uspořádané látky	431
*7.2.4	Metamateriály	435
7.3	Vedení proudu v pevných látkách	435
7.3.1	Obecné charakteristiky vedení proudu v pevných látkách	435
7.3.2	Vodivost kovů	439
7.3.3	Kontaktní napětí a termoelektrické jevy v kovech	443
7.3.4	Vlastní a příměsová vodivost polovodičů, vlastnosti přechodu p - n ...	448
7.3.5	Supravodivost	454
7.3.6	Elektronová emise	459
7.3.7	Nenasycený emisní proud, princip elektronky	462
7.4	Vedení proudu v kapalinách	464
7.4.1	Měrná a molární vodivost roztoků	464
7.4.2	Elektrolýza, Faradayovy zákony	467
7.4.3	Elektrochemické procesy na elektrodách – elektrodové potenciály, galvanické články	468
	a) Primární články	472
	b) Sekundární články	473
	c) Palivové články	474
7.4.4	Polarografie	475
7.5	Vedení proudu v plynech	476
7.5.1	Nesamostatná vodivost	477
7.5.2	Doutnavý a obloukový výboj	478

7.6	Základy teorie materiálových konstant	481
7.6.1	Permitivita nepolárních látek (Clausiiův–Mosottiův vztah)	481
7.6.2	Langevinova teorie diamagnetismu atomů a molekul.	484
7.6.3	Susceptibilita nekovových paramagnetik, permitivita polárních látek (Langevinova teorie)	486
	a) Magnetická susceptibilita paramagnetik	486
	b) Permitivita polárních látek.	488
7.6.4	Obecné podmínky platnosti Ohmova zákona, fyzikální podstata Hallova jevu	489
7.6.5	Drudeho teorie vodivosti kovů.	491
7.6.6	Výklad vodivosti roztoků.	494
7.6.7	Výklad nesamostatné vodivosti plynů, podmínky pro vznik samostatného výboje	497
	Úlohy ke kapitole 7	499
8.	Základy teorie elektrických obvodů.	503
8.1	Základní pojmy	503
8.1.1	Klasifikace elektrických obvodů a jejich prvků.	503
8.1.2	Základní vlastnosti elektrických dvojpólů a čtyřpólů	506
	a) Dvojpól	506
	b) Čtyřpól	508
8.2	Stejnoseměrné a střídavé lineární obvody v ustáleném stavu	510
8.2.1	Ohmův zákon a Kirchhoffova pravidla v komplexní symbolice	510
8.2.2	Vlastnosti reálných dvojpólů	514
	a) Náhradní schéma lineárního zdroje	516
	b) Náhradní schéma kondenzátoru.	518
	c) Náhradní schéma cívky	519
8.2.3	Věta o superpozici	521
8.2.4	Obecné metody analýzy lineárních obvodů v ustáleném stavu	522
	a) Přímá aplikace Kirchhoffových pravidel.	522
	b) Metoda smyčkových proudů.	524
	c) Metoda uzlových napětí	527
8.2.5	Théveninova věta	529
*8.2.6	Obvody se vzájemnou indukčností	531
8.2.7	Řešené příklady	534
	a) Sériové a paralelní rezonanční obvody	534
	b) Wheatstonův můstek	537
	c) Thomsonův dvojmost	540
	d) Měření napětí a proudů v obvodech.	542
8.3	Vybrané typy obecnějších obvodů	544
8.3.1	Nesinusové střídavé lineární obvody v ustáleném stavu.	544
8.3.2	Neustálený stav v lineárních obvodech.	548
8.3.3	Příklady řešení nelineárních obvodů	548

a) Stabilizace napětí Zenerovou diodou	550
b) Stanovení pracovního bodu tranzistoru	551
c) Náhradní schéma linearizovaného čtyřpólu	554
Úlohy ke kapitole 8	555
Dodatek I Přehled vektorové analýzy	559
a) Skalární a vektorové veličiny	559
b) Součiny vektorů	561
c) Transformační vlastnosti vektorů	564
d) Skalární a vektorová pole	565
e) Gradient skalárního pole	568
f) Divergence vektorového pole	570
g) Rotace vektorového pole	574
h) Operátory ($\mathbf{a}\nabla$) a Δ	577
i) Vektorová pole potenciální a solenoidální	579
j) Některé integrální věty vektorové analýzy	581
k) Úlohy k Dodatku I	582
Dodatek 2 Soustavy fyzikálních jednotek	583
a) Charakteristiky soustav jednotek	583
b) Vývoj elektrických a magnetických jednotek	587
c) Přehled rovnic elektromagnetického pole v Gaussově soustavě	591
d) Převodní vztahy jednotek elektrických a magnetických veličin v Mezinárodní a Gaussově soustavě	593
e) Vybrané základní fyzikální konstanty	600
Historický přehled	603
Od Thaleta ke Gilbertovi	603
Od Gilberta ke Coulombovi	605
Od Coulomba k Ampèrovi	608
Od Ampèra k Maxwellovi	610
Od Maxwella k Einsteinovi	614
Od Einsteina k dnešku	618
Výzkum elektriny a magnetismu v našich zemích	623
Výsledky a návody řešení úloh	625
Literatura	633
Rejstřík	635