

OBSAH

<i>Předmluva</i>	5
----------------------------	---

I. ROVNICE POLE

1. <i>Maxwellovy rovnice</i>	17
1.1 Vektory pole	17
1.2 Náboj a proud	18
1.3 Divergence vektorů pole	21
1.4 Integrovaný tvar rovnic pole	22
2. <i>Makroskopické vlastnosti hmoty</i>	25
2.1 Konstanty prostředí ϵ a μ	25
2.2 Dielektrická polarizace a magnetizace	26
2.3 Vodivá prostředí	28
3. <i>Jednotky a rozměry</i>	30
3.1 Giorgiova soustava jednotek MKS	30
4. <i>Elektromagnetické potenciály</i>	37
4.1 Vektorové a skalární potenciály	37
4.2 Homogenní vodivá prostředí	40
4.3 Hertzovy vektory neboli polarizační potenciály	42
4.4 Komplexní vektory pole a potenciály	46
5. <i>Okrajové podmínky</i>	48
5.1 Nespojitosti vektorů pole	48
6. <i>Souřadnicové soustavy</i>	51
6.1 Základní a reciproké vektory	51
6.2 Diferenciální operátory	57
6.3 Ortogonální soustavy	60
6.4 Rovnice pole v obecných ortogonálních souřadnicích	63
6.5 Vlastnosti některých jednoduchých souřadnicových soustav	63
7. <i>Tenzory pole</i>	71
7.1 Ortogonální transformace a jejich invarianty	71
7.2 Základy tenzorové analýzy	76
7.3 Časoprostorová souměrnost rovnic pole	80
7.4 Lorentzova transformace	85
7.5 Transformace vektoru pole do pohyblivé soustavy	88

II. PNUTÍ A ENERGIE

8. <i>Pnutí a deformace pružného prostředí</i>	93
8.1 Tenzor pnutí	93
8.2 Analýza deformace	97
8.3 Energie v pružném stavu a vztahy mezi pnutím a deformací	102
9. <i>Působení elektromagnetického pole na náboje a proudy</i>	105
9.1 Definice vektorů \mathbf{E} a \mathbf{B}	105

9.2	Elektromagnetický tenzor pnutí prázdného prostoru	106
9.3	Elektromagnetická hybnost	112
10.	<i>Elektrostatická energie</i>	113
10.1	Elektrostatická energie jako funkce hustoty náboje	113
10.2	Elektrostatická energie jako funkce intenzity pole	116
10.3	Věta o vektorových polích	119
10.4	Energie dielektrického tělesa v elektrostatickém poli	120
10.5	Thomsonova věta	123
10.6	Earnshawova věta	124
10.7	Věta o energii nenabitých vodičů	125
11.	<i>Magnetostatická energie</i>	126
11.1	Magnetická energie ustálených proudů	126
11.2	Magnetická energie jako funkce intenzity pole	131
11.3	Feromagnetické látky	132
11.4	Energie magnetického tělesa v magnetostatickém poli	133
11.5	Potenciální energie trvalého magnetu	136
12.	<i>Tok energie</i>	137
12.1	Poyntingova věta	137
12.2	Komplexní Poyntingův vektor	141
13.	<i>Síly působící na dielektrikum v elektrostatickém poli</i>	144
13.1	Objemové síly v kapalinách	144
13.2	Objemové síly v tuhých látkách	146
13.3	Tenzor pnutí	152
13.4	Plochy nespojitosti	153
13.5	Elektrostrikce	155
13.6	Síla působící na těleso ponořené v kapalině	156
14.	<i>Síly v magnetostatickém poli</i>	158
14.1	Neferomagnetické látky	158
14.2	Feromagnetické látky	160
15.	<i>Síly v elektromagnetickém poli</i>	161
15.1	Síla působící na těleso ponořené v kapalině	161

III. ELEKTROSTATICKÉ POLE

16.	<i>Obecné vlastnosti elektrostatického pole</i>	164
16.1	Rovnice pole a potenciál	164
16.2	Okrajové podmínky	167
17.	<i>Výpočet veličin pole z rozložení nábojů</i>	168
17.1	Greenova věta	168
17.2	Integrace Poissonovy rovnice	169
17.3	Vlastnosti pole v nekonečnu	171
17.4	Coulombovo pole	172
17.5	Konvergence integrálů	173
18.	<i>Rozvoj potenciálu podle kulových funkcí</i>	175
18.1	Přímkové rozložení náboje	175
18.2	Dipól	177
18.3	Axiální multipóly	179
18.4	Libovolné rozložení náboje	180
18.5	Obecná teorie multipólů	182
19.	<i>Dielektrická polarizace</i>	185
19.1	Výklad vektorů \mathbf{P} a \mathbf{II}	185

20. Nespojitosti integrálů potenciálové teorie	187
20.1 Prostorové rozložení náboje a momentů dipólů.	187
20.2 Jednovrstvový povrchový náboj	189
20.3 Dvouvrstvé rozložení	190
20.4 Výklad Greenovy věty	193
20.5 Metoda zrcadlení	194
21. Výpočty při okrajových podmínkách	195
21.1 Formulace elektrostatických úloh.	195
21.2 Jednoznačnost řešení	197
21.3 Řešení Laplaceovy rovnice	198
22. Koule v elektrostatickém poli	202
22.1 Vodivá koule v poli bodového náboje	202
22.2 Dielektrická koule v poli bodového náboje	205
22.3 Koule v homogenním poli	206
<i>zní úloh s elipsoidem</i>	208
23.1 Volný náboj na vodivém elipsoidu	208
23.2 Vodivý elipsoid v homogenním poli.	210
23.3 Dielektrický elipsoid v homogenním poli	212
23.4 Určení vektorů \mathbf{E} a \mathbf{D} v dutině	214
23.5 Moment působící na elipsoid	215
Úlohy	217

IV. MAGNETOSTATICKÉ POLE

24. Obecné vlastnosti magnetostatického pole	225
24.1 Rovnice pole a vektorový potenciál	225
24.2 Skalární potenciál	226
24.3 Poissonův rozbor.	228
25. Výpočet pole proudového rozložení	229
25.1 Biot-Savartův zákon	229
25.2 Rozvoj vektorového potenciálu	232
25.3 Magnetický dipól	235
25.4 Magnetické vrstvy	236
26. Poznámky o jednotkách a rozměrech	237
26.1 Základní soustavy	237
26.2 Coulombův zákon pro magnetické látky.	240
27. Magnetizace	240
27.1 Ekvivalentní rozložení proudu	240
27.2 Pole zmagnetované tyče a koule	241
28. Nespojitosti vektorů \mathbf{A} a \mathbf{B}	243
28.1 Plošná rozložení proudu.	243
28.2 Plošné rozložení magnetického momentu	245
29. Integrace rovnice $\nabla \times \nabla \times \mathbf{A} = \mu \mathbf{j}$	247
29.1 Vektorová analogie Greenovy věty	247
29.2 Aplikace na vektorový potenciál	248
30. Výpočty při okrajových podmínkách	251
30.1 Formulace magnetostatické úlohy	251
30.2 Jednoznačnost řešení	253
31. Úloha o elipsoidu	253
31.1 Pole rovnoměrně zmagnetovaného elipsoidu	253
31.2 Magnetický elipsoid v homogenním poli.	254

32. <i>Válec v homogenním poli</i>	255
32.1 Výpočet veličin pole	255
32.2 Síla působící na válec	257
<i>Úlohy</i>	258

V. ROVINNÉ VLNY V NEOMEZENÉM IZOTROPNÍM PROSTŘEDÍ

33. <i>Šíření rovinných vln</i>	263
33.1 Rovnice jednorozměrného pole.	263
33.2 Rovinné vlny harmonické podle času	267
33.3 Rovinné vlny harmonické v prostoru	272
33.4 Polarizace	273
33.5 Tok energie	274
33.6 Impedance	275
34. <i>Obecná řešení jednorozměrné vlnové rovnice</i>	278
34.1 Základy Fourierovy analýzy	278
34.2 Obecné řešení jednorozměrné vlnové rovnice v prostředí bez ztrát	285
34.3 Prostředí se ztrátami; předepsaný časový průběh pole	289
34.4 Prostředí se ztrátami; předepsané prostorové rozložení pole	293
34.5 Rozbor číselného příkladu	296
34.6 Elementární teorie Laplaceovy transformace	301
34.7 Řešení Maxwellových rovnic pomocí Laplaceovy transformace	309
35. <i>Disperze</i>	311
35.1 Disperze v dielektriku	311
35.2 Disperze v kovech	315
35.3 Šíření v ionizované atmosféře	317
36. <i>Rychlosti šíření</i>	319
36.1 Skupinová rychlost	319
36.2 Rychlost čela vlny a rychlost signálu	323
<i>Úlohy</i>	328

VI. VÁLCOVÉ VLNY

37. <i>Rovnice válcového pole</i>	337
37.1 Hertzovy vektory	337
37.2 Skalární a vektorové potenciály	339
37.3 Impedance harmonických válcových polí	342
38. <i>Vlnové funkce kruhového válce</i>	343
38.1 Elementární vlny	343
38.2 Vlastnosti funkcí $Z_p(\varrho)$	344
38.3 Pole vlnových funkcí kruhového válce	347
39. <i>Integrální vyjádření vlnových funkcí</i>	349
39.1 Konstrukce z rovinných vln	349
39.2 Integrální vyjádření funkcí $Z_n(\varrho)$	351
39.3 Fourierovy-Besselovy integrály	356
39.4 Vyjádření rovinné vlny	358
40. <i>Součtová poučka pro Besselovy funkce</i>	359
41. <i>Vlnové funkce eliptického válce</i>	361
41.1 Elementární vlny	361
41.2 Integrální vyjádření	366
41.3 Rozklad rovinných a kruhových vln	370
<i>Úlohy</i>	373

VII. KULOVÉ VLNY

42. Vektorová vlnová rovnice	378
42.1 Základní soustava řešení	378
42.2 Řešení ve válcových souřadnicích	381
43. Skalární vlnová rovnice v kruhových souřadnicích	385
43.1 Elementární kulové vlny	385
43.2 Vlastnosti radiálních funkcí	390
43.3 Součtová poučka pro Legendreovy polynomy	392
43.4 Rozvoj rovinných vln	394
43.5 Integrovní vyjádření	395
43.6 Fourier-Besselův integrál	396
43.7 Rozvoj válcové vlnové funkce	398
43.8 Součtová poučka funkcí $z_0(kR)$	398
44. Vektorová vlnová rovnice v kulových souřadnicích	399
44.1 Vektorové kulové vlnové funkce	399
44.2 Integrovní vyjádření	401
44.3 Ortogonálnost	402
44.4 Rozklad vektorové rovinné vlny	404

VIII. VYZAŘOVÁNÍ

45. Nehomogenní skalární vlnová rovnice	410
45.1 Kirchhoffova metoda integrování	410
45.2 Zpožděné potenciály	414
45.3 Zpožděné Hertzovy vektory	415
46. Rozklad na multipóly	417
46.1 Definice momentů	417
46.2 Elektrický dipól	420
46.3 Magnetický dipól	423
47. Teorie vyzářování lineárních anténních soustav	424
47.1 Zářivé pole lineárního oscilátoru	424
47.2 Vyzářování antén s postupnými vlnami	429
47.3 Potlačení opačné fáze	439
47.4 Směrové anténní soustavy	432
47.5 Přesný výpočet pole lineárního oscilátoru	437
47.6 Výpočet odporu záření metodou indukované elektromotorické síly	440
48. Kirchhoff-Huygensův princip	443
48.1 Skalární vlnové funkce	443
48.2 Přímá integrace Maxwellových rovnic	446
48.3 Nespojité plošné rozložení	450
49. Čtyřrozměrná formulace úlohy o vyzářování	453
49.1 Integrace vlnové rovnice	453
49.2 Pole pohybujícího se bodového náboje	455
Úlohy	458

IX. ÚLOHY S OKRAJOVÝMI PODMÍNKAMI

50. Obecné věty	463
50.1 Okrajové podmínky	463

50.2	Jednoznačnost řešení	467
50.3	Elektrodynamická podobnost	468
51.	<i>Odraz a lom na rovině</i>	470
51.1	Snellovy zákony	470
51.2	Fresnelovy rovnice	472
51.3	Dielektrická prostředí	475
51.4	Úplný odraz	478
51.5	Lom ve vodivém prostředí	481
51.6	Odraz od vodivého povrchu	485
52.	<i>Rovinné vrstvy</i>	491
52.1	Činitel odrazu a přenosu	491
52.2	Dielektrická prostředí	494
52.3	Absorpční vrstvy	495
53.	<i>Povrchové vlny</i>	496
53.1	Komplexní úhly dopadu	496
53.2	Povrchový jev	500
54.	<i>Šíření podél kruhového válce</i>	503
54.1	Vlastní vlny	503
54.2	Vodič v dielektriku	507
54.3	Další rozbor hlavních vln	510
54.4	Vlny ve vlnovodech	516
55.	<i>Souosá vedení</i>	523
55.1	Konstanta šíření	523
55.2	Nekonečná vodivost	525
55.3	Konečná vodivost	529
56.	<i>Kmitání koule</i>	532
56.1	Vlastní kmity	532
56.2	Kmity vodivé koule	536
56.3	Kmity v kulové dutině	538
57.	<i>Ohyb rovinných vln na kouli</i>	541
57.1	Rozvoj sekundárního pole	541
57.2	Úplné vyzařování	545
57.3	Mezní případy	547
58.	<i>Vliv země na šíření rádiových vln</i>	550
58.1	Sommerfeldovo řešení	550
58.2	Weylovo řešení	555
58.3	Van der Polovo řešení	559
58.4	Aproximace integrálů	560
	<i>Úlohy</i>	565

DODATEK I

A.	Číselné hodnoty základních veličin	576
B.	Rozměry elektrických a magnetických veličin	577
C.	Převodní tabulky	578

DODATEK II

	Vzorce vektorové analýzy	579
--	------------------------------------	-----

DODATEK III

Vodivost látek	581
Poměrná dielektrická konstanta dielektrik	582

DODATEK IV

Přidružené Legendreovy funkce	584
Rejstřík	585

J. Maxwellovy rovnice

1. Vektory \mathbf{E} a \mathbf{H}

Maxwellovy rovnice popisují vztahy mezi elektrickým a magnetickým polem a jejich zdroji. V diferenciální formě jsou tyto rovnice zapsány jako:

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \rho_{\text{ext}}, \quad \operatorname{div} \mathbf{H} = \mathbf{j}_{\text{ext}} + \dot{\mathbf{D}},$$
$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{H}}, \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j}_{\text{ext}} + \dot{\mathbf{D}},$$

kde \mathbf{E} je elektrické pole, \mathbf{H} magnetické pole, ρ_{ext} a \mathbf{j}_{ext} jsou externí nábojové a proudové hustoty, \mathbf{D} je elektrická indukce. Pro homogenní prostředí platí $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$ a $\mathbf{j}_{\text{ext}} = \sigma \mathbf{E}$. Vztahy mezi \mathbf{E} a \mathbf{H} lze také vyjádřit pomocí vektorových potenciálů \mathbf{A} a \mathbf{V} , kde $\mathbf{E} = -\operatorname{grad} \mathbf{V} - \dot{\mathbf{A}}$ a $\mathbf{H} = \operatorname{rot} \mathbf{A}$. Pro řešení těchto rovnic je vhodné použít Laplaceovu rovnici pro \mathbf{V} a Helmholtzovu rovnici pro \mathbf{A} .