

Obsah

Předmluva	7
Předmluva k českému vydání	9
Kapitola první: ÚVOD	17
1.1 Výskyt plazmatu v přírodě	17
1.2 Definice plazmatu	19
1.3 Pojem teploty	20
Úlohy 1-1, 1-2	23
1.4 Debyeovo stínění	23
1.5 Plazmatický parametr	26
1.6 Kritéria pro plazma	26
Úlohy 1-3 až 1-7	27
1.7 Aplikace fyziky plazmatu	27
1.7.1 Vývoj v plynech (elektronika plynů)	28
1.7.2 Řízená termojaderná syntéza	28
1.7.3 Fyzika kosmického prostoru	29
1.7.4 Moderní astrofyzika	29
1.7.5 MHD generátor a iontový pohon	29
1.7.6 Plazma v pevných látkách	30
1.7.7 Plynné lasery	30
Kapitola druhá: POHYBY JEDNOTLIVÝCH ČÁSTIC	32
2.1 Úvod	32
2.2 Homogenní $\mathbf{E}$ a $\mathbf{B}$ pole	32
2.2.1 $\mathbf{E} = 0$	32
2.2.2 Konečné $\mathbf{E}$ pole	34

2.2.3	Gravitační pole	36
	Úlohy 2-1 až 2-4	37
2.3	Nehomogenní B pole	38
2.3.1	$\mathbf{VB} \perp \mathbf{B}$: grad- <i>B</i> drift	38
2.3.2	Zakřivené siločivky: drift zakřivení	40
2.3.3	$\mathbf{VB} \parallel \mathbf{B}$: Magnetická zrcadla	41
	Úlohy 2-5 až 2-7	45
2.4	Nehomogenní E pole	46
2.5	Časově proměnné E pole	48
2.6	Časově proměnné B pole	50
2.7	Přehled driftů gyračního středu	52
2.8	Adiabatické invarianty	52
2.8.1	Prvý adiabatický invariant, μ	52
2.8.2	Druhý adiabatický invariant, <i>J</i>	54
2.8.3	Třetí adiabatický invariant, ϕ	57
	Úlohy 2-8, 2-9	57
	Kapitola třetí: PLAZMA JAKO SMĚS TEKUTIN	58
3.1	Úvod.	58
3.2	Vztah fyziky plazmatu k obyčejné teorii elektromagnetismu	59
3.2.1	Maxwellovy rovnice	59
3.2.2	Magnetické látky v klasickém pojetí	60
3.2.3	Dielektrika v klasickém pojetí	61
3.2.4	Dielektrická konstanta plazmatu	61
	Úlohy 3-1, 3-2	62
3.3	Pohybová rovnice tekutiny	62
3.3.1	Konvektivní derivace	63
3.3.2	Tenzor napětí	65
3.3.3	Srážky	68
3.3.4	Srovnání s obyčejnou hydrodynamikou	68
3.3.5	Rovnice kontinuity	69
3.3.6	Stavová rovnice	70
3.3.7	Úplná soustava rovnic pro tekutinu	70
3.4	Driftové pohyby tekutiny ve směru kolmém na B	71
	Úlohy 3-3 až 3-9	75
3.5	Driftové pohyby tekutiny ve směru rovnoběžném s B	75
3.6	Plazmatické přiblížení	77
	Kapitola čtvrtá: VLNY V PLAZMATU	78
4.1	Popis vln	78
	Úloha 4-1	79
4.2	Grupová rychlost	80
4.3	Plazmové oscilace	81
	Úlohy 4-2 až 4-4	84
4.4	Elektronové plazmové vlny	85
	Úloha 4-5	91
4.5	Zvukové vlny	91
4.6	Iontové vlny	92
4.7	Platnost plazmatického přiblížení	94
4.8	Srovnání iontových a elektronových vln	95
4.9	Elektrostatické elektronové oscilace kolmé na B	98
	Úlohy 4-6, 4-7	102

4.10	Elektrostatické iontové vlny kolmé na $\mathbf{B}$	104
4.11	Doiní hybridní frekvence	107
4.12	Elektromagnetické vlny s $\mathbf{B}_0 = 0$	108
4.13	Experimentální použití	110
	Úlohy 4-8 až 4-11	114
4.14	Elektromagnetické vlny kolmé na $\mathbf{B}_0$	115
	4.14.1 Řádná vlna, $\mathbf{E}_1 \parallel \mathbf{B}_0$	115
	4.14.2 Mimořádná vlna, $\mathbf{E}_1 \perp \mathbf{B}_0$	116
4.15	Mezní frekvence a rezonance	118
4.16	Elektromagnetické vlny rovnoběžné s $\mathbf{B}_0$	121
4.17	Experimentální důsledky	123
	4.17.1 Hvězdy	123
	4.17.2 Faradayova rotace	125
	Úlohy 4-12 až 4-19	126
4.18	Hydromagnetické vlny	127
4.19	Magnetozvukové vlny	132
4.20	Stručný přehled elementárních vln v plazmatu	134
4.21	CMA diagram	135
	Úlohy 4-20 až 4-26	137

Kapitola pátá: DIFÚZE A ODPOR 140

5.1	Difúze a pohyblivost ve slabě ionizovaných plynech	140
	5.1.1 Veličiny charakterizující srážku	141
	5.1.2 Veličiny charakterizující difúzi	142
5.2	Rozpad plazmatu difúzí	143
	5.2.1 Ambipolární difúze	143
	5.2.2 Difúze mezi rovnoběžnými stěnami	145
	5.2.3 Difúze ve válci	147
5.3	Stacionární stav	148
	5.3.1 Konstantní ionizační funkce	149
	5.3.2 Rovinný zdroj	149
	5.3.3 Zdroj v ose	150
5.4	Rekombinace	150
5.5	Difúze napříč magnetickým polem	152
	5.5.1 Ambipolární difúze napříč $\mathbf{B}$	155
	5.5.2 Experimentální ověření	156
	Úlohy 5-1 až 5-3	158
5.6	Srážky v plně ionizovaném plazmatu	158
	5.6.1 Odpor plazmatu	160
	5.6.2 Mechanismus coulombovských srážek	160
	5.6.3 Fyzikální význam η	162
	5.6.4 Číselné hodnoty η	164
5.7	MHD rovnice v jednotekutinovém modelu	165
5.8	Difúze v plně ionizovaném plazmatu	167
5.9	Řešení difúzní rovnice	168
	5.9.1 Časová závislost	169
	5.9.2 Řešení nezávislá na čase	169
5.10	Bohmova a neoklasická difúze	170
	Úlohy 5-4 až 5-9	174

Kapitola šestá: ROVNOVÁHA A STABILITA	177
6.1 Úvod	177
6.2 Hydromagnetická rovnováha	179
6.3 Parametr β	181
6.4 Difúze magnetického pole do plazmatu	182
Úlohy 6-1, 6-2	184
6.5 Klasifikace nestabilit	185
6.6 Dvousvazková nestabilita	186
Úloha 6-3	190
6.7 „Gravitační“ nestabilita	190
6.8 Rezistivní driftové vlny	193
Kapitola sedmá: ÚVOD DO KINETICKÉ TEORIE	198
7.1 Fyzikální smysl $f(\mathbf{v})$	198
7.2 Rovnice kinetické teorie	204
7.3 Odvození rovnic pro tekutinu	209
7.4 Plazmové oscilace a Landauův útlum	211
7.5 Fyzikální význam Landauova útlumu	216
7.5.1 Kinetická energie elektronového svazku	219
7.5.2 Vliv počátečních podmínek	223
7.6 Fyzikální odvození Landauova útlumu	225
7.6.1 Rezonanční částice	228
7.6.2 Vyřešení dvou paradoxů	229
7.7 BGK a van Kampenovy mody	230
7.8 Experimentální ověření	230
7.9 Iontový Landauův útlum	233
Úloha 7-1	234
Kapitola osmá: NELINEÁRNÍ JEVI	235
8.1 Úvod	235
8.2 Stěnové vrstvy	237
8.2.1 Nezbytnost existence stěnové vrstvy	237
8.2.2 Rovnice pro rovinnou stěnovou vrstvu	239
8.2.3 Bohmovo kritérium stěnové vrstvy	240
8.2.4 Zákon Childův–Langmuirův	241
8.3 Iontové akustické rázové vlny	242
8.3.1 Sagdějevův potenciál	243
8.3.2 Kritická Machova čísla	246
8.3.3 Vzrůst strmosti vln	247
8.3.4 Experimentální pozorování	248
8.4 Ponderomotorická síla	249
8.5 Parametrické nestability	252
8.5.1 Vázané oscilátory	252
8.5.2 Frekvenční podmínka	253
8.5.3 Práh nestability	256
8.5.4 Fyzikální mechanismus	257
8.5.5 Oscilující dvousvazková nestabilita	258
8.5.6 Nestabilita parametrického rozpadu	261
8.6 Plazmová echa	263
8.7 Nelineární Landauův útlum	267

Kapitola devátá: ÚVOD DO ŘÍZENÉ TERMONUKLEÁRNÍ REAKCE . . . 270

9.1	Problém řízení termonukleární reakce	270
9.1.1	Reakce	270
9.1.2	Nezbytnost plazmatu	271
9.1.3	Zápalná teplota	272
9.1.4	Lawsonovo kritérium	272
9.1.5	Hlavní problémy	272
9.1.6	Hlavní přístupy	273
9.2	Magnetické udržení: torusy	274
9.2.1	Rovnováha	274
9.2.2	Typy toroidálních systémů	275
9.2.3	Stabilita	275
9.2.4	Stellarátory	277
9.2.5	Tokamaky	279
9.2.6	Multipóly	283
9.2.7	Zařízení s relativistickým svazkem	286
9.3	Zrcadla	287
9.4	Pinče	293
9.5	Termojaderná reakce vyvolaná lasery	297
9.6	Ohřev plazmatu	300
9.7	Technické problémy termojaderné reakce	302
9.8	Shrnutí	304

DODATEK 306

I.	Jednotky	306
II.	Užitečné konstanty a vzorce	308
III.	Užitečné vektorové relace	310

REJSTŘÍK 312