

Obsah

PŘEDMLUVA	8
1. TEORIE PLAZMATU	11
1.1 CO JE TO PLAZMA?	12
1.2 POHYBY NABITÝCH ČÁSTIC	16
1.2.1 Nerelativistické pohyby	16
Lagrangeova a Hamiltonova funkce	16
Pohyb v elektrickém poli, optická analogie	18
Pohyb v homogenním magnetickém poli	19
Pohyb ve zkřížených polích	22
1.2.2 Relativistické pohyby	25
Lagrangeova a Hamiltonova funkce	25
Relativistická pohybová rovnice	26
Pohyb v homogenním elektrickém poli	28
Kolineární magnetické a elektrické pole	30
1.2.3 Adiabatické přiblížení	34
První adiabatický invariant	34
Pohyb gyračního středu	36
Síla $-\mu \text{ grad } B$	38
Driftová rovnice	39
Drifty	40
1.2.4 Pohyby ve speciálních konfiguracích	43
Magnetické zrcadlo	43
Druhý adiabatický invariant, Fermiho mechanismus	44
Magnetický dipól, třetí adiabatický invariant	45
Elektrický a magnetický monopol	48
Tokamak	49
Plazmové vlákno a souvislost driftů s proudy	54
1.3 MAGNETOHDRODYNAMIKA	57
1.3.1 Minimální varianta	57
Základní pojmy	57
Předpoklady minimální varianty	60
Rovnice pro magnetické pole	62
Rovnice pro hustotu	68
Rovnice pro rychlost	69
Uzavření soustavy	73
1.3.2 Vybrané jevy	75
Hartmannovo řešení	75
Vlny konečné amplitudy	78
Helicita	80
Tekutinové dynamo	85
Přepojení magnetických indukčních čar	92

1.3.3	Některé rovnovážné konfigurace v plazmatu.....	100
	Rovnováha v plazmatu.....	100
	Proudové vlákno (pinč).....	102
	Proudová stěna.....	107
	Dvojrstva	108
	Rázové vlny	113
1.4	LINEÁRNÍ VLNY V PLAZMATU.....	116
1.4.1	Základní pojmy	116
	Superpozice rovinných vln	116
	Nelineární soustava rovnic.....	118
1.4.2	Zvukové vlny v plynech	119
	Klidné prostředí	119
	Pohybující se prostředí.....	121
	Jeansovo kritérium.....	122
1.4.3	Plazmové oscilace a vlny	125
	Odvození disperzní relace.....	125
	Plazmové oscilace.....	127
	Plazmové vlny	128
	Iontové vlny	129
	Další vlivy.....	131
1.4.4	Magnetoakustické vlny	132
	Odvození disperzní relace.....	132
	Vlnoplochy magnetoakustických vln.....	134
	Směry vektorů v magnetoakustických vlnách	135
1.4.5	Elektromagnetické vlny	137
	Disperzní relace elektromagnetického komplexu	137
	R a L vlny – vlny šířící se podél pole B_0	140
	O a X vlny – vlny šířící se kolmo na pole B_0	141
	Stixovy koeficienty, CMA diagram.....	145
	Faradayova rotace	148
	Hvizdy (whistlers)	150
	Tensor permitivity pro elektromagnetické vlny v plazmatu	153
	Šlířová fotografie	154
1.5	NESTABILITY V PLAZMATU.....	156
1.5.1	Neomezené chladné plazma.....	156
	Základní pojmy	156
	Vícesvazková nestabilita.....	159
	Dva symetrické svazky	160
	Nestabilita typu svazek-plazma	162
	Další nestability (driftová, Weibelova).....	163
1.5.2	Plazma s hranicí a výměnné nestability	164
	Základní vztahy, vektor posunutí.....	164
	Vektor posunutí	166
	Základní rovnice pro vektor posunutí	167
	Navazování polí na hranici	169
	Nestability plazmového vlákna.....	170
	Rayleighova-Taylorova nestabilita	177
	Kelvinova-Helmholtzova nestabilita	181

Další nestability (Richtmyerova–Meškovova, diocotronová).....	184
Výměnné (tlakem řízené) nestability	186
Schwarzschildovo kritérium konvekce	190
1.5.3 Rezistivní nestability	193
Základní vztahy	193
Ostrůvková (tearing) nestabilita.....	196
Řízené rezistivní nestability	197
Tokamakové nestability	198
1.6 STATISTICKÝ POPIS PLAZMATU	200
1.6.1 Boltzmannova rovnice	200
Různé varianty Boltzmannovy rovnice.....	201
Relativistická Boltzmannova rovnice	204
Boltzmannův srážkový člen.....	206
Rovnice přenosu (momentová rovnice)	209
1.6.2 Přechod od statistiky ke kontinuu	212
Nultý moment (zachování náboje) – částice	212
Nultý moment (zachování náboje) – pole	213
První moment (zachování hybnosti) – částice	214
První moment (zachování hybnosti) – pole	216
Druhý moment (zachování energie) – částice.....	218
Druhý moment (zachování energie) – pole.....	219
1.6.3 Jednoduché transportní jevy	220
Transport náboje (Ohmův zákon)	221
Transport částic (Fickův zákon).....	222
Ambipolární difúze	223
Difúze v magnetickém poli.....	225
Transport tepla (Fourierův zákon)	228
Produkce entropie, Onsagerovy relace	229
1.6.4 Coulombova interakce	231
Debyeova stínící vzdálenost	231
Coulombův rozptyl (Rutherfordova formule).....	232
Fokkerova-Planckova rovnice	235
Rosenbluthovy potenciály.....	237
Chybová funkce a Chandrasekharova funkce.....	244
Rosenbluthovy potenciály pro maxwellovský terč	245
Brzděná a ubíhající testovací částice	247
Relaxační časy a srážkové frekvence.....	250
1.6.5 Mikronestability	251
Základní vztahy	251
Landauův útlum na elektronech.....	252
Fyzikální interpretace Landauova útlumu.....	256
Urychlovače LWFA (Laser Wake Field Accelerator)	257
Landauův útlum na iontech.....	258
Bernsteinovy módy	260
1.7 NĚKTERÉ NELINEÁRNÍ JEVY	261
1.7.1 Pohybová rovnice zářící částice.....	261
Potenciály generované částicí v její blízkosti	261
Abrahamova-Lorentzova pohybová rovnice.....	263

Lorentzova-Diracova pohybová rovnice.....	265
Pauliho zápis radiální reakce.....	266
Iterační řešení problémů – Landauova-Lifšitzova rovnice	268
Snahy o řešení problémů.....	268
1.7.2 Ubíhající elektrony	270
Historické pozadí.....	271
Třecí (srážková) síla	272
Radiální reakce.....	274
Klíčové parametry ubíhajícího režimu.....	275
1.7.3 Solitonová řešení	277
Od kanálu Union k solitonům.....	277
Soliton a solitonová vlna.....	279
Sin-Gordonova solitonová vlna	281
Solitony KdV a NLS.....	285
Solitony v plazmatu	290
1.7.4 Turbulence	293
Turbulentní struktury	293
Kolmogorova turbulence	294
Turbulence v magnetohydrodynamice.....	295
Elsässerova pole.....	296
Silná anizotropní turbulence	299
2. NUMERICKÉ SIMULACE	301
2.1 NUMERICKÉ SIMULACE POHYBU ČÁSTIC.....	302
2.1.1 Newtonovo-Eulerovo schéma (NE).....	302
Řád schématu.....	304
Stabilita schématu.....	304
2.1.2 Skákající žába aneb Leap-Frog schéma (LF).....	305
2.1.3 Přesnější schémata (RK, BB).....	306
Rungeovo-Kuttovo (RK) schéma	306
Borisovo-Bunemanovo schéma (BB)	307
2.1.4 Relativistická schémata.....	308
2.2 DIFERENČNÍ SCHÉMATA V MAGNETOHDRODYNAMICE	310
2.2.1 Parciální diferenciální rovnice	310
Dělení rovnic	310
Počáteční a okrajové podmínky	312
2.2.2 Tvorba diferenčních schémat.....	313
Jednoduché explicitní schéma pro rovnici difúze	314
Du Fortovo-Frankelovo schéma pro rovnici difúze	315
Laxovo-Wendrofovo schéma.....	315
Crankovo-Nicolsonové schéma	316
Richtmyerovo-Mortonovo schéma	316
Tridiagonální matice	317
2.2.3 Posuzování stability schématu	318
2.3 NUMERICKÉ HLEDÁNÍ KOŘENŮ POLYNOMIÁLNÍ ROVNICE	321
2.3.1 Weylův algoritmus.....	321
2.3.2 Newtonův algoritmus.....	323
2.3.3 Zobecněný Newtonův algoritmus.....	324

2.4 PIC SIMULACE.....	326
2.4.1 Váhování.....	328
2.4.2 Řešení polí.....	329
2.4.3 Řešení pohybu částic.....	330
2.5 MONTE CARLO SIMULACE.....	331
2.5.1 Generátory náhodných čísel.....	332
Lineární multiplikativní kongruenční generátor (LCG).....	333
Fibonacciho generátory.....	333
2.5.2 Realizace pravděpodobnostního rozdělení.....	334
Metoda střelby (distribuční posloupnosti nebo funkce).....	334
Metoda von Neumanna.....	337
Metoda superpozice.....	338
Užitečné realizace některých rozdělení.....	339
2.5.3 Metropolisova metoda.....	340
2.5.4 MC simulace srážky dvou nabitých částic.....	342
SEZNAM SYMBOLŮ.....	345
REJSTŘÍK OSOBNOSTÍ.....	351
Teorie plazmatu.....	352
Numerické simulace.....	365
REJSTŘÍK POJMŮ.....	369
LITERATURA.....	374
CO NAJDETE V DALŠÍCH DÍLECH?.....	379
Vybrané kapitoly z teoretické fyziky I.....	381
Vybrané kapitoly z teoretické fyziky II.....	383

