

OBSAH

Obsah	5
Úvod	9
Kapitola 1 : Historické kořeny chaosu, jeho vývoj a význam v přírodních vědách a inženýrství	13
1.1 Historické kořeny chaosu	13
1.2 Vývoj a význam studia chaosu	19
Kapitola 2 : Základy, z nichž vychází teorie chaosu	25
2.1 Základní pojmy	25
2.2 Stručně o teorii dynamických systémů	34
2.2.1 K definici dynamického systému	34
2.2.2 Klasifikace trajektorií dynamického systému	36
2.2.3 Vliv hodnot parametrů diferenciální rovnice na chování a vlastnosti systémů	37
2.2.4 Poincarého body	38
2.2.5 Podobnost matic. Jordánův tvar matice	40
2.2.6 Hyperbolické body, nehyperbolické pevné body a vlastní prostory	42
2.2.7 Nelineární dynamické systémy	43
2.2.8 Linearizované systémy	44
2.2.9 Poincarého mapy	46
2.2.10 Periodické body v Poincarého mapě	47
Kapitola 3 : Stabilita, bifurkace a vektorová pole	49
3.1 Ljapunovská stabilita nelineárních dynamických systémů (tzv. první Ljapunovova metoda)	49
3.2 Strukturální stabilita (Poincaré)	51
3.3 Stabilita definovaná pomocí tzv. Ljapunovovy funkce. Krasovského teorém	55
3.4 Rozhraní stabilních a nestabilních oblastí ve fázovém prostoru	57
3.5 Poincarého zobrazení (viz také odst. 2.2.4 a 2.2.9)	62
3.6 Singulární perturbace. Van der Polův oscilátor	64
3.7 Kvalitativní teorie vektorových polí (stručný výklad)	66
Kapitola 4 : Rozbor rovnovážných stavů dynamických systémů	69
4.1 Úvodní poznámka	69
4.2 Rovnovážné stavy (polohy) spojitých dynamických systémů. Varieta stability	69
4.3 Základní druhy bifurkací	72
4.3.1 Bifurkace „sedlo-uzel“	72
4.3.2 Bifurkace typu „vidlice“	73
4.3.3 Transkritická bifurkace	73
4.3.4 Hopfova bifurkace	74
4.4 Rovnovážné stavy diskrétních dynamických systémů	75
4.5 Větvení rovnovážných stavů. Diagram řešení	77
4.5.1 Diagram řešení	77
4.5.2 Klasifikace charakteristických bodů v diagramu řešení	78

4.5.3	Větvení v bifurkačních bodech.....	82
Kapitola 5 : Periodická řešení dynamických systémů		89
5.1	Stručně o difeomorfismu v teorii dynamických systémů.....	89
5.1.1	Diskrétní dynamické systémy.....	89
5.1.2	Ještě jednou Poincarého zobrazení.....	91
5.2	Alternativní analýza bifurkačních periodických řešení. Nástin Floquetovy teorie.....	92
5.3	Limitní cykly a jejich přitažlivost, resp. odpudivost.....	94
5.4	Heteroklinické a homoklinické vazby mezi rovnovážnými stavy typu „sedlo“	96
5.5	Stručně o stabilních vektorových polích.....	97
5.6	Bifurkace periodických řešení	98
5.6.1	Bifurkace periodických řešení typu sedlo-uzel.....	98
5.6.2	Odvětčování periodických řešení. Hopfova bifurkace	100
5.7	Kvaziperiodická řešení	104
5.7.1	Posloupnost Hopfových bifurkací	105
5.7.2	Zdvojování torusu.....	106
Kapitola 6 : Chaotické dynamické systémy		109
6.1	Úvodní poznámka aneb co již o deterministickém chaosu víme	109
6.2	Poznámky k chaosu a jeho vlastnostem. Ještě jednou k problematice chaosu a řádu... ..	110
6.2.1	Kapající vodovodní kohoutek.....	111
6.2.2	Proces ochlazování	112
6.3	Kořeny chaotického chování dynamických systémů	112
6.4	Atraktorové systémy. Ljapunovovy exponenty	116
6.5	Chaotické atraktory.....	119
6.6	Bifurkace v chaotických systémech.....	124
6.6.1	Rozdělení bifurkací	124
6.6.2	Bifurkační diagramy	126
6.6.3	Feigenbaumova konstanta	128
6.7	Příklad jednoduchého dynamického systému.....	129
6.7.1	Matematický model kyvadla	129
6.7.2	Limitní cykly	130
6.7.3	Poincarého mapy	134
6.7.4	Oblasti přitažlivosti	136
6.7.5	Bifurkační diagram pro systém kyvadla	138
6.8	Frekvenční spektrum chaotických systémů	139
6.8.1	Příklad parametricky buzeného oscilátoru.....	139
6.9	Další charakteristické vlastnosti atraktorových systémů	140
6.9.1	Rovnice Shawa a Birkhofa	140
6.9.2	Magneto-elastický mechanický systém	142
6.10	Atraktorový systém jako dynamický tlumič, resp. jako budič chaotických kmitů	145
Kapitola 7 : Chaos a fraktály		149
7.1	Fraktální geometrie – hledání řádu v chaosu	149
7.2	Dynamické systémy s fraktální strukturou	149

7.2.1	Newtonova metoda řešení polynomů	150
7.2.2	Příklad komplexní racionální funkce.....	151
7.2.3	Mandelbrotova množina.....	151
7.2.4	Juliovy množiny	153
7.2.5	Stochastické fraktály	155
7.2.6	Oscilátory s chaotickým chováním	157
7.3	Stručně o stavbě fraktálů	159
7.3.1	Algoritmus IFS.....	159
7.3.2	Algoritmus TEA.....	160
7.3.3	Elliotovy vlny – predikce fraktálů.....	161
7.4	Fraktály jako prostředek k prezentaci vlastností dynamických systémů a jejich změn, buněčný chaos	162
7.5	Perspektivy modelování fyzikálních jevů a systémů s využitím fraktálních struktur...	166
Kapitola 8 : Chaos a kvantová mechanika		169
8.1	Vymezení kvantové mechaniky	169
8.2	Stručně o základech kvantové mechaniky.....	171
8.3	Kolaps vlnové funkce.....	174
8.4	Měření v oblasti mikroobjektů. Tunelový jev	175
8.5	Kvantový chaos.....	176
8.5.1	Korelace v energetických spektrech.....	177
8.5.2	Morfologie vlnových funkcí.....	178
8.5.3	Rozptylové systémy	178
8.5.4	Citlivost k poruchám parametrů systémů	178
8.5.5	Parciální dynamická symetrie	179
8.5.6	Kvantový chaos atomových jader a další problémy	179
8.6	Závěrečná poznámka.....	179
Kapitola 9 : Bifurkace a chaos jako termodynamické fenomény		181
9.1	Rovnovážná a nerovnovážná termodynamika – základní pojmy	181
9.1.1	Rovnovážná (klasická) termodynamika	181
9.1.2	Statistická interpretace rovnovážné termomechaniky	182
9.1.3	Nerovnovážná lineární termomechanika.....	184
9.1.4	Nerovnovážná nelineární termodynamika.....	184
9.2	Entropie v rovnovážných a nerovnovážných systémech	184
9.2.1	Entropie v rovnovážných systémech.....	184
9.2.2	Entropie v nerovnovážných systémech	185
9.3	Stabilita a nestabilita a chaos v nelineární termodynamice	187
9.3.1	Disipativní termodynamické struktury.....	187
9.3.2	Stabilita rovnovážného stavu.....	188
9.3.3	Stabilita rovnovážného stavu podle Ljapunova.....	189
9.3.4	Bifurkace a chaos	189
9.3.5	Rayleigh-Bénardova nestabilita	190
9.3.6	Jiné druhy nestabilit a nerovnovážných stavů systémů	193

9.3.7	Pumpování v kompresorech leteckých motorů.....	195
Kapitola 10 : Chaos ve sluneční soustavě.....		199
10.1	Úvodní poznámka.....	199
10.2	Hamiltonovská formulace mechaniky	200
10.2.1	Hamiltonova funkce (hamiltonián).....	201
10.2.2	Hamiltonovy kanonické rovnice.....	201
10.2.3	Hamiltonova-Jacobiho rovnice.....	202
10.2.4	Integrabilní systémy	203
10.2.5	Ljapunovovy exponenty a Kolmogorova entropie	203
10.3	Chaos v planetární soustavě.....	205
10.3.1	Keplerův problém – pohyb planety kolem Slunce.....	205
10.3.2	Existence Kirkwoodových mezer.....	208
10.3.3	Chaotická rotace Hyperionu	212
10.4	Problém stability drah planet ve sluneční soustavě	213
10.5	Konec světa jako důsledek kosmické srážky	215
10.5.1	Může se Země srazit s Venuší nebo s Marsem?	215
10.5.2	Riziko impaktů s planetkami	217
10.5.3	Magnetický faktor – možné příčiny katastrofických událostí.....	219
10.5.4	Závěr kapitoly – kosmické katastrofy v budoucnosti	220
Závěr		225
Použitá literatura		227