

Obsah

Tři knihy	15
I KNIHA PRVNÍ:	
Teoretická mechanika v klasické formulaci	19
Předmluva a poděkování	21
Část I. MECHANIKA HMOTNÝCH BODŮ	25
1 Newtonovská mechanika	27
1.1 Hlavní pojmy, předpoklady a omezení klasické mechaniky	27
1.2 Newtonovy pohybové zákony	28
1.3 Od Newtona k analytické mechanice	30
2 Newtonovy rovnice s vazbami	32
2.1 Vazby a jejich klasifikace	32
2.2 Lagrangeovy rovnice I. druhu	35
2.2.1 Více hmotných bodů a více vazeb	39
2.3 D'Alembertův princip mechaniky	41
2.4 Princip virtuální práce	44
3 Lagrangeův formalismus	46
3.1 Popis systému	46
3.1.1 Zavedení zobecněných souřadnic	47
3.1.2 Konfigurační prostor a zobecněné rychlosti	48
3.2 Odvození Lagrangeových rovnic II. druhu	49
3.2.1 Nejjednodušší situace	49
3.2.2 Nejobecnější situace	51
3.2.3 Potenciál a Lagrangeova funkce	53
3.2.4 Zobecněný potenciál	54
3.2.5 Příklad: částice v centrálním poli	55
3.3 Řešení pohybových rovnic a integrály pohybu	58

3.4	Pohyb v poli centrální síly	62
3.4.1	Pohyb planet aneb Keplerova úloha	63
3.4.2	Historická vsuvka z rudolfínské Prahy	66
3.4.3	Metoda efektivního potenciálu	67
3.4.4	Rozptyl nabitých částic	68
3.5	Problém dvou těles	71
3.6	Problém tří těles	73
4	Hamiltonův variační princip	74
4.1	Základy variačního počtu	74
4.1.1	Historické úlohy	74
4.1.2	Matematický aparát	76
4.1.3	Řešení historických úloh	79
4.2	Formulace Hamiltonova variačního principu	81
4.2.1	Hamiltonův variační princip v teorii pole	84
4.3	Teorém Emmy Noetherové	87
4.4	Kalibrační transformace a kalibrační pole	92
5	Hamiltonův formalismus	96
5.1	Základní pojmy Hamiltonova formalismu	96
5.1.1	Kanonická hybnost	96
5.1.2	Fázový prostor	97
5.1.3	Hamiltonova funkce	99
5.2	Hamiltonovy kanonické rovnice	101
5.3	Shrnutí a hlubší geometrický náhled	103
5.4	Klasické příklady	104
5.5	Poissonovy závorky	106
5.5.1	Definice a algebraické vlastnosti	106
5.5.2	Fundamentální Poissonovy závorky	108
5.5.3	Poissonovy závorky a integrály pohybu	109
5.6	Užití Hamiltonova formalismu ve fyzice	111
5.7	Kanonické transformace	115
5.7.1	Podmínky kanoničnosti transformace	116
5.7.2	Jak prakticky zjistit, zda transformace je kanonická	120
5.7.3	Důležité vlastnosti kanonických transformací	121
5.8	Hamiltonova–Jacobiho teorie	125
5.8.1	Shrnutí postupu, metody řešení a příklad	126
5.8.2	Další teoretické aspekty Hamiltonovy–Jacobiho teorie	129
	Část II. MECHANIKA TUHÉHO TĚLESA	135
6	Kinematika tuhého tělesa	137
6.1	Vektory a tenzory	137
6.2	Relativita otáčivého pohybu	140
6.3	Zavedení úhlové rychlosti	141

6.3.1	Skládání úhlových rychlostí	143
6.4	Eulerovy úhly a Eulerovy kinematické rovnice	144
6.5	Zrychlení v neinerciální soustavě	145
7	Dynamika tuhého tělesa	147
7.1	Tenzor setrvačnosti	147
7.2	Eulerovy dynamické rovnice	151
7.3	Odvození pomocí Lagrangeova formalismu	152
8	Aplikace: setrvačníky	155
8.1	Volný setrvačnick (bezsilový)	155
8.2	Setrvačnick se třením	157
8.3	Těžký symetrický setrvačnick s pevným bodem	159
Část III. MECHANIKA KONTINUA		163
9	Rovnice struny a její řešení	165
9.1	Odvození rovnice pro příčné kmity struny	165
9.2	Lagrangeova funkce struny	166
9.3	Podélné kmity struny	168
9.4	Řešení rovnice struny	169
9.4.1	Metoda d'Alembertova	169
9.4.2	Metoda Bernoulliho–Fourierova	170
9.4.3	Příklad na Fourierovy řady	172
9.5	Další okrajové podmínky: volný konec, tření	173
9.5.1	Struna s volnými konci	174
9.5.2	Odrazy na koncích struny v d'Alembertově metodě	175
10	Mechanika kontinua	177
10.1	Lagrangeův a Eulerův popis	177
10.1.1	Deformační tenzory	180
10.1.2	Tekoucí materiálový objem	182
10.2	Síly objemové a plošné popsáné Cauchyho tenzorem napětí	184
10.2.1	Podmínky rovnováhy kontinua	186
10.2.2	Formální ekvivalence objemových a plošných sil	187
10.3	Základní rovnice pro pohyb kontinua	188
10.3.1	Rovnice kontinuity	188
10.3.2	Pohybová rovnice	189
10.3.3	Symetrie tenzoru napětí	189
10.3.4	Rovnice pro vnitřní energii	190
10.3.5	Rovnice pro entropii	190
10.4	Popis materiálů v teorii kontinua	190
10.4.1	Tekutiny	191
10.4.2	Pevné látky	192
10.5	Dokonalá tekutina	193
10.5.1	Vlny v dokonalé tekutině	194

10.5.2	Nevířivé proudění a Bernoulliho rovnice	194
10.6	Proudění vazké tekutiny, Navierova–Stokesova rovnice	196
10.6.1	Geometricky podobná proudění a turbulence	196

II KNIHA DRUHÁ:

Teoretická mechanika v jazyce diferenciální geometrie 201

Předmluva a poděkování 203

1 Základy diferenciální geometrie 205

1.1	Variety a základní objekty na nich	205
1.1.1	Pojem variety \mathcal{M}	205
1.1.2	Funkce na varietě	209
1.1.3	Křivky na varietě	210
1.1.4	Vektory na varietě	211
1.1.5	Formy na varietě	213
1.2	Tečný bandl $T\mathcal{M}$ a kotečný bandl $T^*\mathcal{M}$	217
1.2.1	Fibrováný prostor	218
1.3	Vektorové pole \mathbf{X} a jeho integrální křivky $\gamma(t)$	220
1.4	Tok Φ_t generovaný vektorovým polem	222
1.4.1	Zobrazení <i>push-forward</i> a <i>pull-back</i>	222
1.4.2	Zobrazení <i>pull-back</i> pro obecné tenzorové pole	224
1.4.3	Lieův přenos funkce, vektoru a formy	226
1.5	Lieova derivace \mathcal{L}_x	227
1.6	Lieova závorka $[\mathbf{X}, \mathbf{Y}]$	230
1.7	Diferenciální 2-formy a jejich vztah k 1-formám	233
1.8	Diferenciální p -formy	239

2 Geometrická formulace Lagrangeovy mechaniky 242

2.1	Fázový portrét a dynamické vektorové pole	242
2.2	Fundamentální geometrické objekty Lagrangeova formalismu	246
2.3	Dynamická vektorová pole na TQ	247
2.4	Geometrická podoba Lagrangeových rovnic	248
2.5	Teorém Emmy Noetherové	251

3 Geometrická formulace Hamiltonovy mechaniky 255

3.1	Legendreova duální transformace	255
3.2	Jednotné souřadnice na T^*Q a symplektická matice	259
3.3	Geometrická podoba Hamiltonových rovnic	261
3.4	Fázový prostor coby symplektická varieta	263
3.5	Poissonovy závorky geometricky	265
3.6	Hamiltonova verze teorému Emmy Noetherové	266
3.7	Kanonické transformace geometricky	267
3.8	Invariance symplektické formy	269

3.9	Liouvilleova věta	269
3.10	Poincarého invarianty	273
A	Lagrangeovská vektorová pole	275
A.1	Dynamická vektorová pole na TQ	275
A.2	Geometrická formulace polí druhého řádu	277
B	Další vlastnosti tečného bandlu TQ	278
B.1	Symplektická struktura na TQ	278
B.2	Hamiltonovská dynamika na TQ	280
C	Časově závislé hamiltoniány	284
C.1	Geometrické objekty na rozšířeném fázovém prostoru	285
C.2	Pohybové rovnice a vztah k časově nezávislé mechanice	286
C.3	Časově závislé kanonické transformace	291
C.4	Hamiltonova–Jacobiho teorie geometricky	294
	Shrnutí hlavních pojmů a notace	296
	Anglický slovníček	299
 III KNIHA TŘETÍ:		
	Teoretická mechanika v příkladech	303
	Předmluva a poděkování	305
1	Newtonovská mechanika	307
1.1	Částice odpuzovaná silou	309
1.2	Projektíl vystřelený ze Země	311
1.3	Brzdící loď	314
1.4	Harmonický oscilátor	315
1.5	Matematické kyvadlo	316
1.6	Malé kmity v obecném potenciálu	318
1.7	Pád tunelem napříč Zemí	319
1.8	Rozmotávání lanka	320
1.9	Buquoyova úloha z roku 1814	322
1.10	Poyntingův–Robertsonův efekt	325
2	Newtonovy rovnice s vazbami	327
2.1	Bod v parabolickém korýtku	330
2.2	Napětí v závěsu matematického kyvadla	331
2.3	Bod na zrychlující nakloněné tyčce	332
2.4	Bod v průsečíku koule s rovinou	333
2.5	Pohyb po pohybujícím se klínu	334
2.6	Bod v průsečíku dvou rovin	336

2.7	Kutálení mince	337
2.8	d'Alembertův princip	338
2.9	Rovnováha tyče se závažím	339
2.10	Rovnováha tyče v parabolickém korýtku	340
3	Lagrangeův formalismus	343
3.1	Kmity pružiny	348
3.2	Kyvadlo s protizávažím	349
3.3	Cykloidální kyvadlo	350
3.4	Eliptické kyvadlo	352
3.5	Dvojkyvadlo	355
3.6	Ampérova úloha	357
3.7	Kyvadlo s proměnnou délkou	359
3.8	Pohyb závaží spojeného s bodem obíhajícím po desce	360
3.9	Binetův vzorec: dipólová porucha	362
3.10	Newtonovský potenciál s kvadrupólovou poruchou	364
3.11	Stáčení perihelia v obecném sférickém poli	365
3.12	Rychlosti planety obíhající po elipse	367
3.13	Zobecněný potenciál elektromagnetického pole	368
3.14	Zobecněná energie částice v elektromagnetickém poli	370
4	Hamiltonův formalismus	371
4.1	Hamiltonova funkce částice v elektromagnetickém poli	377
4.2	Částice v homogenním elektrickém poli	378
4.3	Částice v homogenním magnetickém poli	379
4.4	Harmonický oscilátor	380
4.5	Hamiltonova funkce ve sférických souřadnicích	381
4.6	Hamiltonova funkce s logaritmem	382
4.7	Poissonova závorka	383
4.8	Fundamentální Poissonovy závorky	383
4.9	Poissonovy závorky složek momentu hybnosti	385
4.10	Poissonova závorka velikosti momentu hybnosti	387
4.11	Integrály pohybu	387
4.12	Kanonické transformace	388
4.13	Řešení harmonického oscilátoru	389
4.14	Generující funkce kanonické transformace	390
4.15	Poissonovy závorky a kanonické transformace	392
4.16	Hamiltonova–Jacobiho teorie: harmonický oscilátor	393
4.17	Hamiltonova–Jacobiho teorie: šikmý vrh	395
4.18	Hamiltonova–Jacobiho teorie: pohyb v centrálním poli	396
5	Mechanika tuhého tělesa	399
5.1	Rozklad na translaci a rotaci	403
5.2	Tenzor setrvačnosti tyčky	404
5.3	Tenzor setrvačnosti kvádrů	405

