

# Obsah

<b>Slovo úvodem</b>	<b>9</b>
<b>1 Klasická astronomie, nebeská mechanika</b>	<b>11</b>
1.1 Časomíra	11
1.1.1 Sluneční hodiny	11
1.1.2 Pravý místní sluneční čas versus pásmový středoevropský čas	13
1.1.3 Přesnější definice časů	14
1.2 Soustavy souřadnic	20
1.2.1 Rovinné souřadnice, posunutí a otočení	20
1.2.2 Způsoby vyjádření prostorových souřadnic	21
1.2.3 Počátky	22
1.2.4 Základní směry	23
1.3 Transformace souřadnic	26
1.3.1 Transformace pomocí sférických trojúhelníků	27
1.3.2 Transformace pomocí matic rotace	32
1.4 Pohybové rovnice, numerické řešení	33
1.4.1 Počáteční podmínky	34
1.4.2 Eulerova metoda	35
1.4.3 Metoda leap-frog	35
1.4.4 Rungova–Kuttova metoda 4. řádu	36
1.4.5 Symplektické integrátory	37
1.4.6 Přesnost versus správnost	40
1.4.7 Šíření nejistot	40
1.4.8 Relativistická pohybová rovnice	43
1.5 Problém dvou těles, analytické řešení	43
1.5.1 Newtonovy a Keplerovy zákony	43
1.5.2 Pohybové rovnice dvou gravitujících těles	45
1.5.3 Pohyb hmotného středu (prvních 6 integrálů)	46
1.5.4 Rovnice relativního pohybu (3 integrály momentu hybnosti)	47
1.5.5 Eliminace času a odvození tvaru trajektorie	48
1.5.6 Řešení — rovnice kuželosečky	49
1.5.7 Třetí Keplerův zákon	50
1.5.8 Rychlost v dráze (1 integrál energie)	50
1.5.9 Keplerova rovnice	51
1.5.10 Některé aplikace Keplerových zákonů	54
1.5.11 Výpočet efemeridy planety	55
1.6 Problém tří těles	56

---

1.6.1	Otáčející se soustava. Coriolisovo a odstředivé zrychlení . . . . .	57
1.6.2	Jacobiho integrál . . . . .	59
1.6.3	Lagrangeovy librační body . . . . .	61
1.6.4	Tisserandův parametr . . . . .	64
1.6.5	Komety Jupiterovy rodiny . . . . .	67
1.7	Gravitace a rezonance . . . . .	69
1.7.1	Problém $N$ těles a deterministický chaos . . . . .	69
1.7.2	Stabilní a nestabilní konfigurace v rezonanci . . . . .	72
1.7.3	Lagrangeovy rovnice . . . . .	73
1.7.4	Poruchová funkce . . . . .	74
1.7.5	Poruchová funkce pro systém Slunce–Jupiter–planetka . . . . .	76
1.7.6	Slunce–Jupiter–planetka v rezonanci středního pohybu . . . . .	77
1.7.7	Slunce–Jupiter–Saturn . . . . .	78
1.7.8	Slunce–Jupiter–Saturn–planetka a sekulární rezonance . . . . .	80
1.7.9	Mezery a hranice v hlavním pásu planetek . . . . .	82
1.8	Precese a nutace . . . . .	83
1.8.1	Precese setrvačníku v gravitačním poli . . . . .	83
1.8.2	Lunisolární precese Země . . . . .	84
1.8.3	Homogenní elipsoid . . . . .	85
1.8.4	Nutace . . . . .	88
1.8.5	Pohyb pólu . . . . .	89
1.9	Teorie relativity . . . . .	90
1.9.1	Galileova a Lorentzova transformace . . . . .	90
1.9.2	Dilatace času a Dopplerův jev . . . . .	91
1.9.3	Kontrakce délek a relativnost současnosti . . . . .	92
1.9.4	Relativistická dynamika . . . . .	92
1.9.5	Minkowskiho prostoročas . . . . .	95
1.9.6	Setrvačná a gravitační hmotnost . . . . .	97
1.9.7	Einsteinovy rovnice pole . . . . .	98
1.9.8	Schwarzschildovo řešení . . . . .	99
1.9.9	Světločáry . . . . .	103
1.9.10	Ohyb světla, precese perihelia a rudý posuv . . . . .	106
1.9.11	Kerrovovo řešení a Lensův–Thirringův jev . . . . .	107
1.10	Negravitační zrychlení . . . . .	108
1.10.1	Raketový jev na kometách . . . . .	108
1.10.2	Poyntingův–Robertsonův jev na prachu . . . . .	110
1.10.3	Družice LAGEOS . . . . .	114
1.11	Jarkovského/YORP jev . . . . .	116
1.11.1	První odhad teploty na povrchu planetky . . . . .	116
1.11.2	-rozměrná lineární teorie Jarkovského/YORP jevu . . . . .	118

---

1.11.3	Jarkovského jev na třírozměrných tělesech	125
1.11.4	YORP jev na tělesech nepravidelného tvaru	126
1.12	Fotometrie, signál a šum	126
1.12.1	Fotoelektrický jev a technologie CCD	126
1.12.2	Offset, dark a flat	128
1.12.3	Signál a šum	129
1.12.4	Fotometrie aneb „od hvězdy k ADU“	132
1.12.5	Zorné pole a velikost pixelů	133
1.12.6	Zjevná a absolutní hvězdná velikost	134
1.12.7	Standardní fotometrický systém	136
1.13	Rozptyl záření	136
1.13.1	Definice radiometrických veličin	137
1.13.2	Dvousměrová distribuční funkce odrazu	138
1.13.3	Zářivost koule	139
1.13.4	Albeda	140
1.13.5	Fázové funkce, integrály a albeda pro různé funkce odrazu	142
1.13.6	Zjevná a absolutní jasnost planety	144
1.13.7	HG systém	144
1.13.8	Měření albeda, jednoduché termální modely	145
1.13.9	Polarimetrie	147
<b>2</b>	<b>Slunce a planety</b>	<b>151</b>
2.1	Standardní model Slunce	151
2.1.1	Atmosféra	151
2.1.2	Helioseismologie a diferenciální rotace	156
2.1.3	Magnetická aktivita a solární dynamo	159
2.1.4	Vnitřní struktura	164
2.1.5	Vývoj hvězdy	166
2.1.6	Sluneční analogy	172
2.2	Základní jevy na planetách	173
2.2.1	Atmosféry	173
2.2.2	Magnetosféry	181
2.2.3	Vnitřní struktura	182
2.3	Extrasolární planety	187
2.3.1	Základní vlastnosti	187
2.3.2	Nové typy planet	188
2.3.3	Vícenásobné systémy	189
<b>3</b>	<b>Malá tělesa sluneční soustavy</b>	<b>191</b>
3.1	Protoplanetární disk	191
3.1.1	Pozorování velkých molekulárních oblaků a proplydů	194
3.1.2	Gravitační kolaps a Jeansovo kritérium	196

---

3.1.3	Izotopické složení a radiometrické stáří disku . . . . .	200
3.1.4	Struktura protoplanetárního disku . . . . .	202
3.2	Akrece prachu . . . . .	207
3.2.1	Kondenzace plynu . . . . .	207
3.2.2	Kolizní růst částic . . . . .	208
3.2.3	Pokles k rovině disku . . . . .	209
3.2.4	Spirálování třením o plyn . . . . .	211
3.2.5	Turbulence . . . . .	214
3.3	Planetesimály a embrya . . . . .	216
3.3.1	Kolizní růst planetesimál na planetární embrya . . . . .	216
3.3.2	Plynní a ledová obří — gravitační kolaps . . . . .	220
3.3.3	Vyčištění disku od plynu . . . . .	221
3.3.4	Terestrické planety — kolize embryí . . . . .	221
3.3.5	Diferenciace . . . . .	223
3.4	Migrace planet . . . . .	227
3.4.1	Typy migrace . . . . .	227
3.4.2	Migrace v plynném disku . . . . .	229
3.4.3	Migrace v planetesimálním disku a blízká přiblížení . . . . .	230
3.4.4	Vliv na primordiální populace malých těles . . . . .	232
3.5	Měsíce a slapy . . . . .	236
3.5.1	Gravitační slapová síla . . . . .	236
3.5.2	Země–Měsíc . . . . .	237
3.5.3	Měsíc–Země . . . . .	244
3.5.4	Země–Slunce . . . . .	245
3.5.5	Neptun–Triton . . . . .	245
3.5.6	Mars–Fobos . . . . .	246
3.5.7	Pluto–Charon, dvojplanetky . . . . .	246
3.5.8	Merkur–Slunce, Venuše–Slunce . . . . .	247
3.5.9	Jupiter, Io a Europa . . . . .	247
3.6	Prstence . . . . .	250
3.6.1	Rocheova mez . . . . .	250
3.6.2	Srážky v prstenci . . . . .	252
3.6.3	Pavučinové prstence Jupitera . . . . .	254
3.6.4	Hlavní prstence Saturnu . . . . .	255
3.6.5	Prstence Uranu a Neptunu . . . . .	260
3.7	Planetky . . . . .	262
3.7.1	Nomenklatura . . . . .	265
3.7.2	Dráhy . . . . .	266
3.7.3	Světelné křivky, inverzní problém . . . . .	268
3.7.4	Spektra a barvy, metoda hlavních komponent . . . . .	272

---

3.7.5	Vnitřní struktura a pevnost	276
3.7.6	Blízkozemní objekty	278
3.7.7	Binární asteroidy	281
3.8	Rodiny planetek	283
3.8.1	Pravděpodobnost kolize	283
3.8.2	Hierarchická shlukovací metoda	284
3.8.3	Rozdělení velikostí populací	284
3.8.4	Rychlostní pole po rozpadu	287
3.8.5	Gaussovy rovnice a změny elementů	287
3.8.6	Keplerovská diferenciální rotace	288
3.8.7	Diferenciální precese uzlů a pericenter	289
3.8.8	Jarkovského jev a chaotická difuze	290
3.8.9	Vliv YORPu	293
3.8.10	Rodiny v rezonancích	295
3.9	Transneptunická tělesa	295
3.9.1	Orbitální struktury	296
3.9.2	Fyzikální charakteristiky	298
3.10	Komety	300
3.10.1	Nomenklatura	301
3.10.2	Aktivita	302
3.10.3	Plyn	302
3.10.4	Prach	307
3.10.5	Jádro	311
3.10.6	Fyzikální vývoj komet	314
3.10.7	Magnetosféra	316
3.10.8	Orbitální klasifikace komet	316
3.10.9	Oortův oblak a dlouhoperiodické komety	318
3.11	Prach	321
3.11.1	Zodiakální světlo a jiná pozorování prachu	321
3.11.2	Asteroidální prachové pásy	324
3.11.3	Kometární prachové stopy	325
3.12	Bolidy a meteory	327
3.12.1	Atmosférická trajektorie bolidu	327
3.12.2	Brzdění a ablace	331
3.12.3	Meteorické roje	334
3.12.4	Radarová pozorování	335
3.12.5	Spektra meteorů	339
3.13	Meteority	340
3.13.1	Naleziště a známé pády	340
3.13.2	Klasifikace meteoritů	341

---

3.13.3	Poměry izotopů . . . . .	349
3.13.4	Radiometrické metody . . . . .	351
3.13.5	Asociace meteoritů s planetkami . . . . .	356
3.13.6	Transport meteoritů k Zemi . . . . .	359
3.14	Impakty a krátery . . . . .	361
3.14.1	Morfologie kráterů Ries a Steinheim . . . . .	361
3.14.2	Procesy při impaktu . . . . .	366
3.14.3	Vltavíny jako druh tektitů . . . . .	369
3.14.4	Rankinovy–Hugoniotovy rovnice . . . . .	371
3.14.5	Určování stáří povrchu pomocí kráterování . . . . .	376
3.14.6	Souvislost s vymíráním organismů . . . . .	380
3.15	Vulkanismus . . . . .	382
3.15.1	Io . . . . .	382
3.15.2	Triton . . . . .	385
3.15.3	Europa . . . . .	386
3.15.4	Enceladus . . . . .	387
3.15.5	Diferencované planetky . . . . .	388
3.15.6	Porovnání s planetami . . . . .	388
3.15.7	Klasifikace erupcí . . . . .	391
<b>Rejstřík</b>		<b>395</b>
<b>Tabulky</b>		<b>407</b>
<b>Fyzikální konstanty a jednotky</b>		<b>409</b>
<b>Obrázky a výpočty v Gnuplotu</b>		<b>411</b>
<b>Literatura</b>		<b>413</b>