

# Obsah

Slovo úvodem	9
<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 setrvačnicku 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	Minkowského 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	Kerovo 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	Vltaviny 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 planety	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>