



**ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI**



Katedra obecné fyziky

Fakulta pedagogická

**VYUŽITÍ DISTANČNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ PŘI VÝUCE
ASTRONOMIE (SLUNEČNÍ SOUSTAVA)**

Plzeň, 2008

PhDr. Jan Nedoma

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 29. dubna 2008

PhDr. Jan Nedoma

Anotace

Tato práce popisuje systém pro distanční výuku. Systém byl vyvinut tak, aby podporoval distanční kurz, který se zabývá výukou astronomie a těles sluneční soustavy.

V první části je popsáno, jak je systém vytvořen. Celý byl napsán s použitím nejznámějších a nejpoužívanějších programovacích jazyků, které jsou otevřené všem vývojářům. Pro jednodušší vytváření nových textů jsem vytvořil speciální formátovací značky. Tyto značky jsou systémem automaticky nahrazovány validním HTML kódem, což dělá tvorbu nových studijních aktivit ještě jednodušší, než psaní obyčejných HTML stránek.

Druhá část této práce se zabývá vytvářením textů a studijních aktivit, které budou nejlepší podporou pro distanční výuku. Zabývám se zde psychologickými, pedagogickými a typografickými zásadami pro tvorbu on-line textů. Závěry jsou pak použity při tvorbě všech studijních aktivit a textů.

Abstract

This work describes a system for distant education. This system was developed to support e-learning course concerned in teaching Solar system bodies.

In the first part there is described how the system is made. It was written with use of the most known web programming languages which are open to any developer. For easier creating of new texts there are special markings, which are automatically replaced with valid HTML code. This feature ensures that creating new text is accessible for everyone because it is much easier than writing ordinary HTML pages.

The other part of this work is concerned in creating texts which will be the best support for self studying. This is discussed from psychological, pedagogical and typographical point of view. Conclusions of this discussion were used when all study articles were created.

Obsah

1 ÚVOD.....	12
1.1 Cíle.....	13
2 PRINCIPY.....	15
2.1 Jednoduchost.....	15
2.2 Flexibilita.....	17
2.3 Svoboda volby.....	17
2.3.1 Prohlížeč.....	18
2.3.2 Operační systém.....	18
2.3.3 Kancelářský balík.....	19
2.4 Otevřenost.....	19
2.5 Přístupnost.....	20
2.6 Standardizované rozhraní.....	20
2.6.1 Datové formáty.....	21
2.6.2 Webové standardy.....	22
2.6.3 Znaková sada.....	22
2.7 Legálnost.....	23
2.7.1 Grafika.....	23
2.7.2 Obrázky.....	25
2.7.3 Zdroje.....	26
2.7.4 Diskuse.....	26
3 DISTANČNÍ VÝUKA.....	27
3.1 Organizační formy výuky.....	28
3.1.1 Individualizované vyučování.....	28
3.1.2 Skupinové vyučování.....	29
3.1.2.1 Tvorba skupin.....	30
3.1.2.2 Metody skupinového vyučování.....	31
3.1.3 Distanční vyučování.....	32
3.2 Technické zázemí.....	34
3.3 Historie distančního vyučování.....	35
4 DIDAKTICKÉ PRVKY.....	38
4.1 Struktura kurzu.....	38
4.2 Text.....	39
4.2.1 Schémata.....	42
4.2.2 Animace.....	42
4.3 Aktivita studenta.....	43
4.3.1 Úkoly a cvičení.....	43
4.3.2 Další materiály.....	44

4.4 Diskuse.....	44
4.5 Autotesty.....	45
5 WEBOVÁ ČÁST.....	48
5.1 Zásady tvorby webových stránek.....	48
5.1.1 Rozvržení.....	49
5.1.1.1 Domovská stránka.....	49
5.1.1.2 Obsahové stránky.....	51
5.1.1.3 Administrační rozhraní.....	53
5.1.2 Barvy a ohraničení.....	54
5.1.2.1 Stránky pro studenty.....	54
5.1.2.2 Obrázky, cvičení a úkoly.....	55
5.1.2.3 Administrační stránky.....	56
5.1.2.4 Tisk.....	56
5.1.3 Text.....	57
5.1.3.1 Odstavce.....	57
5.1.3.2 Font.....	58
5.1.4 Obrázky.....	59
5.1.4.1 Velikosti obrázků.....	59
5.1.4.2 Grafické prvky.....	60
5.2 Přístupný web.....	61
5.3 Verze pro zrakově postižené.....	63
5.3.1 Popisky obrázků.....	65
6 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	66
6.1 Souborová struktura.....	66
6.1.1 Soubor ./config.php.....	68
6.2 Vytváření hlavních stránek.....	69
6.3 Vyhledávání.....	70
6.4 Databáze.....	72
6.5 Vzhled.....	73
6.6 Diskusní fórum.....	74
6.6.1 Struktura fóra.....	74
6.6.2 Propojení databáze se systémem.....	76
7 VEDENÍ KURZU.....	78
7.1 Administrace kurzu.....	78
7.1.1 Správa témat a kapitol.....	79
7.1.2 Tvorba a editace článků.....	82
7.1.2.1 Studijní texty.....	82
7.1.2.2 Struktura článku.....	84
7.1.2.3 Formátovací značky.....	85
7.1.2.4 Vkládání úkolů a cvičení.....	86
7.1.2.5 Vkládání obrázků do databáze.....	87
7.1.2.6 Editace obrázků v databázi.....	89
7.1.2.7 Vkládání obrázků do textu.....	90
7.1.2.8 Vkládání ikon.....	91

7.1.2.9 Odkazy mezi články.....	92
7.1.2.10 Odkaz na externí zdroje.....	93
7.1.2.11 Řazení článků.....	93
7.1.2.12 Nastavení úrovně článků.....	93
7.1.2.13 Tvorba autotestů.....	95
7.1.2.14 Správa uživatelů.....	97
7.2 Tutoring.....	98
7.2.1 Tutoriál.....	99
7.2.2 Průběh kurzu.....	100
8 VYHODNOCENÍ.....	102
8.1 Zkušební statistika.....	102
8.1.1 Metodika testování.....	103
8.1.2 Celkové výsledky.....	103
8.1.3 Výsledky podle otázek.....	104
8.1.4 Vyhodnocení.....	105
8.2 Základní školy.....	105
8.2.1 Celkové výsledky.....	106
8.2.2 Další testování.....	107
9 PRAKTICKÁ ČÁST.....	108
9.1 Určení kurzu.....	109
9.2 Použití kurzu.....	110
9.3 Rozbor kapitoly Merkur.....	111
9.4 Elektronické verze.....	113
9.5 Tištěná verze kurzu.....	113
9.6 Planety.....	115
9.6.1 Planety sluneční soustavy.....	115
9.6.1.1 Kamenné planety.....	116
9.6.1.2 Plynné planety.....	117
9.6.1.3 Dělení podle pozice ve sluneční soustavě.....	119
9.6.2 Malá modrá tečka.....	120
9.7 Merkur.....	121
9.7.1 Merkur.....	121
9.7.2 Atmosféra.....	124
9.7.3 Povrch.....	124
9.7.4 Struktura.....	126
9.7.5 Magnetosféra.....	129
9.7.6 Merkurova rotace.....	131
9.7.6.1 Sklon osy.....	133
9.7.7 Merkurova trajektorie.....	133
9.7.7.1 Eliptičnost trajektorie.....	133
9.7.7.2 Stáčení perihelu.....	135
9.7.7.3 Sklon od ekliptiky.....	137
9.7.8 Výzkum Merkuru.....	137
9.7.8.1 Budoucí průzkum.....	138
9.8 Venuše.....	140

9.8.1 Venuše.....	140
9.8.2 Atmosféra Venuše.....	142
9.8.2.1 <i>Venus Express</i>	144
9.8.3 Teplota na Venuši.....	145
9.8.4 Povrch Venuše.....	146
9.8.5 Rotace a magnetosféra.....	149
9.8.5.1 <i>Trajektorie</i>	151
9.8.5.2 <i>Magnetosféra</i>	151
9.8.6 Fáze Venuše.....	152
9.8.7 Výzkum Venuše.....	156
9.9 Země.....	160
9.9.1 Země.....	160
9.9.2 Stavba Země.....	161
9.9.2.1 <i>Chemické složení</i>	162
9.9.2.2 <i>Pohyb litosférických desek</i>	163
9.9.3 Hydrosféra.....	166
9.9.3.1 <i>Koloběh vody</i>	168
9.9.4 Zemská magnetosféra.....	169
9.9.4.1 <i>Magnetický pól</i>	170
9.9.4.2 <i>Poznámka</i>	171
9.9.4.3 <i>Polární záře</i>	172
9.9.5 Zemská atmosféra.....	173
9.9.5.1 <i>Atmosférické vrstvy</i>	174
9.9.6 Pohyb Země kolem Slunce.....	176
9.9.6.1 <i>Střídání ročních období</i>	178
9.9.6.2 <i>Pohyb slunce po obloze</i>	179
9.9.7 Rotace kolem vlastní osy.....	180
9.9.7.1 <i>Precese</i>	181
9.9.8 Měsíc.....	182
9.9.9 Měsíční fáze.....	183
9.9.10 Dvě tváře Měsíce.....	186
9.9.11 Vznik Měsíce.....	188
9.9.11.1 <i>Teorie o vzniku měsíce</i>	190
9.9.12 Pohyb Měsíce v prostoru.....	190
9.9.12.1 <i>Stáčení uzlové přímky</i>	192
9.9.12.2 <i>Stáčení přímky apsid</i>	192
9.9.13 Librace.....	193
9.9.14 Zatmění Měsíce.....	195
9.9.15 Zatmění Slunce.....	199
9.9.15.1 <i>Úplné zatmění Slunce</i>	201
9.9.15.2 <i>Částečné zatmění Slunce</i>	202
9.9.15.3 <i>Prstencové zatmění Slunce</i>	203
9.9.16 Slapové síly.....	204
9.9.17 Výzkum Měsíce.....	209
9.9.18 Program Apollo.....	212
9.9.19 Přistání na Měsíci.....	217
9.9.19.1 <i>Apollo 11</i>	218
9.9.19.2 <i>Apollo 13</i>	219
9.9.19.3 <i>Apollo 15</i>	220
9.10 Mars.....	222
9.10.1 Mars.....	222

9.10.2 Povrch Marsu.....	224
9.10.2.1 <i>Valles Marineris</i>	224
9.10.2.2 <i>Olympus Mons</i>	225
9.10.2.3 <i>Poznámka</i> :.....	226
9.10.2.4 <i>Polární čepičky</i>	226
9.10.2.5 <i>Albedové oblasti</i>	228
9.10.3 Areografie.....	230
9.10.3.1 <i>Magnetosféra</i>	231
9.10.4 Marsovská atmosféra.....	231
9.10.4.1 <i>Oblačnost</i>	232
9.10.4.2 <i>Prachové bouře</i>	232
9.10.5 Voda na Marsu.....	234
9.10.5.1 <i>Pozůstatky po činnosti vody</i>	235
9.10.5.2 <i>Tekoucí voda v současnosti</i>	236
9.10.6 Výzkum Marsu.....	237
9.10.6.1 <i>Sondy Viking</i>	238
9.10.6.2 <i>Mars Global Surveyor</i>	240
9.10.6.3 <i>Mars Reconnaissance Orbiter</i>	241
9.10.7 Průzkumníci.....	242
9.10.7.1 <i>Mars Pathfinder</i>	242
9.10.7.2 <i>Mars Exploration Rover (MER)</i>	244
9.10.8 Měsíce Marsu.....	247
9.10.8.1 <i>Phobos</i>	248
9.10.8.2 <i>Deimos</i>	250
9.11 Jupiter.....	251
9.11.1 Jupiter.....	251
9.11.2 Vnitřní stavba.....	254
9.11.2.1 <i>Teplo</i>	255
9.11.3 Magnetosféra.....	255
9.11.3.1 <i>Polární záře</i>	257
9.11.4 Atmosféra.....	258
9.11.4.1 <i>Bouře</i>	260
9.11.5 Velká rudá skvrna.....	262
9.11.5.1 <i>Malá rudá skvrna</i>	264
9.11.6 Soustava prstenců.....	265
9.11.7 Jupiterovy měsíce.....	268
9.11.7.1 <i>Skupiny měsíců</i>	269
9.11.8 Galileovské měsíce.....	270
9.11.8.1 <i>Struktura</i>	273
9.11.8.2 <i>Trajektorie</i>	274
9.11.9 Io.....	274
9.11.9.1 <i>Zdroj tepla</i>	277
9.11.10 Europa.....	278
9.11.10.1 <i>Podpovrchový oceán</i>	280
9.11.11 Ganymedes.....	282
9.11.12 Callisto.....	284
9.11.13 Výzkum Jupiteru.....	287
9.12 Saturn.....	291
9.12.1 Saturn.....	291
9.12.2 Vnitřní stavba.....	293
9.12.3 Magnetosféra.....	294
9.12.3.1 <i>Polární záře</i>	295

9.12.4 Polární oblasti.....	296
9.12.5 Saturnovy prstence.....	297
9.12.5.1 <i>Pastýřské měsíce</i>	300
9.12.6 Měsíce Saturnu.....	301
9.12.7 Titan.....	305
9.12.7.1 <i>Atmosféra</i>	306
9.12.7.2 <i>Povrch</i>	307
9.12.7.3 <i>Nitro</i>	309
9.12.8 Enceladus.....	310
9.12.9 Pozorování planety Saturn.....	314
9.12.10 Výzkum Saturnu.....	317
9.13 Uran.....	320
9.13.1 Uran.....	320
9.13.2 Vnitřní stavba.....	322
9.13.3 Magnetosféra.....	323
9.13.4 Sklon osy.....	324
9.13.5 Počasí.....	326
9.13.6 Prstence.....	327
9.13.6.1 <i>Natáčení prstenců</i>	329
9.13.7 Měsíce.....	331
9.13.8 Miranda.....	335
9.13.9 Výzkum Uranu.....	337
9.14 Neptun.....	339
9.14.1 Neptun.....	339
9.14.2 Vnitřní stavba.....	341
9.14.3 Magnetosféra.....	342
9.14.4 Atmosféra.....	342
9.14.5 Bouře.....	345
9.14.6 Neptunovy prstence.....	347
9.14.7 Měsíce.....	349
9.14.8 Triton.....	351
9.14.9 Výzkum Neptunu.....	353
9.15 Další tělesa.....	356
9.15.1 Definice těles sluneční soustavy.....	356
9.15.1.1 <i>Vývoj počtu planet sluneční soustavy</i>	356
9.15.1.2 <i>Rozhodnutí IAU: Definice planety</i>	358
9.15.2 Trpasličí planety.....	359
9.15.3 1 Ceres.....	361
9.15.3.1 <i>Výzkum</i>	362
9.15.4 9.15.4 134 340 Pluto.....	363
9.15.4.1 <i>Složení</i>	363
9.15.4.2 <i>Atmosféra</i>	364
9.15.4.3 <i>Výzkum Pluta</i>	364
9.15.5 Měsíce Pluta.....	364
9.15.5.1 <i>Charon</i>	365
9.15.5.2 <i>Nix a Hydra</i>	366
9.15.5.3 <i>Vznik měsíců</i>	367
9.15.6 9.15.6 136 199 Eris.....	368
9.15.6.1 <i>Dysnomia</i>	369
9.15.7 Malá tělesa sluneční soustavy.....	369
9.15.8 Planetky.....	371

9.15.8.1 Výzkum planetek.....	372
9.15.9 Skupiny planetek.....	372
9.15.9.1 Blízkozemní planetky.....	373
9.15.9.2 Hlavní pás planetek.....	373
9.15.9.3 Trojané.....	374
9.15.9.4 Transneptunické objekty.....	374
9.15.10 433 Eros.....	375
9.15.10.1 Výzkum.....	377
9.15.11 25143 Itokawa.....	378
9.15.12 Komety.....	380
9.15.12.1 Pohyb komety.....	383
9.15.13 Halleyova kometa.....	384
9.15.13.1 Struktura.....	385
9.15.14 81P/Wild.....	386
9.15.15 9P/Tempel.....	388
9.15.16 Srážky planetek se Zemí.....	389
9.15.17 Srážky planetek se Zemí v minulosti.....	391
9.15.17.1 Záhada dinosaurů.....	391
9.15.17.2 Tunguzská událost.....	393
9.15.18 Potenciálně nebezpečné planetky – PHA.....	394
 10 ZÁVĚR.....	 396

1 Úvod

Výuka astronomických poznatků je na základní škole zařazena do několika předmětů. Na prvním stupni se žáci dozvídají o pozici Země ve sluneční soustavě a základní informace o dalších tělesech. Na počátku výuky na 2. stupni ZŠ jsou některé informace prezentovány díky zeměpisu. Ucelenou formou jsou astronomické poznatky vyučovány na druhém stupni ve fyzice. V tomto ročníku se mají žáci naučit základní informace o planetách, hvězdách a dalších tělesech sluneční soustavy. Díky rámcovému vzdělávacímu programu [1] je možno tuto látku zařadit do kteréhokoliv ročníku a přizpůsobit tak látku potřebám žáků.

Skutečnost je ovšem jiná. Astronomie se již tradičně zařazuje na konec posledního ročníku. Tam jí však není věnována dostatečná pozornost. Velice často dojde k zpoždění oproti plánu a na astronomii nezbude čas vůbec (v lepším případě je žákům zadána jako samostudium nebo „vyřešena“ návštěvou hvězdárny či planetária). Astronomie je přitom velice zajímavá a mezi žáky a studenty velice oblíbený předmět. Je proto škoda, že učitelé základních škol většinou nevyužijí jejího motivačního potenciálu. Díky její oblíbenosti mezi všemi žáky je to ideální součást předmětu fyzika, která může sloužit k posilování zájmu žáků, ale i široké veřejnosti nejen o astronomii, ale v konečném důsledku i o ostatní přírodovědné obory.

Protože se při svém studiu dále zabývám také problematikou distančního vyučování a vytváření e-learningových kurzů, bylo spojení těchto dvou oblastí nasnadě. Proto jsem si jako hlavní cíl své rigorózní práce vytýčil vytvoření e-learningového kurzu, který se bude zabývat tělesy sluneční soustavy a který přivede žáky k astronomii, fyzice a přírodním vědám. Sluneční soustavou se zabývám z několika důvodů. Při své výuce v rámci studia se zabývám především planetami a dalšími tělesy sluneční soustavy. Dalším

důvodem je, že díky bezpočtu planetárních sond je to jedna z oblastí astronomie, která v současnosti prochází bouřlivým rozvojem.

1.1 Cíle

Hlavní cíl mé práce je rozdělen na dvě části. Za prvé to je vytvoření systému, který by takový kurz podporoval technicky. V současné době existuje několik systémů pro podporu distančního vzdělávání. Jeden z nich se dokonce využívá i na Západočeské univerzitě. Tento systém jsem ale po osobních zkušenostech musel zavrhnout, protože, podle mého názoru, není vhodný pro prezentaci takového kurzu, který vytvářím. Systém mi nevyhovuje zejména z hlediska strukturování textu, začlenění audiovizuálních prvků, ale také pro nemožnost vedení přehledných strukturovaných diskusí a dokonce i pro jeho nemoderní design.

Proto jsem se rozhodl vytvořit nový systém, který bude schopný prezentovat žákům strukturu kapitol a studijních článků, a umožní tvůrci kurzu operativně měnit základní kameny tohoto kurzu i vkládat nové prvky. Pro tyto účely mi nejvíce vyhovuje kombinace programovacích jazyků HTML, PHP a databázového systému MySQL.

Při plnění druhého cíle bude třeba vytvořit některé studijní články s aktivizačními prvky. Tyto články a aktivity budou vytvářeny podle principů správné tvorby učebního textu, ale i podle pravidel pro tvorbu online textů. Protože považuji diskusi za velice důležitou součást distančního vyučování, rozhodl jsem se nevytvářet vlastní diskusní systém, ale použít systém otevřeného diskusního fóra phpBB, což je často používané řešení.

Cílem mé práce tedy je tvorba systému, který je schopen podporovat distanční výuku, a posléze i vytvoření samotného distančního kurzu. Výsledná podoba systému maximálně využívá databázových systémů a musí umožňovat spravovat kurz na všech jeho úrovních. Dále pak dokáže generovat webové stránky, které budou studenti navště-

vovat. Tyto webové stránky budou vytvářeny podle všech typografických i pedagogických pravidel tak, aby co možná nejlépe pomáhaly studentům v učení.

2 Principy

V této kapitole bych rád zmínil základní principy, které jsem si začal vytyčovat již na samotném začátku své práce. Principy jsem tvořil postupně tak, jak jsem získával s tvorbou kurzu praktické zkušenosti, ale i podle teoretických pravidel. Dodržení všech těchto principů by mělo ve výsledku vést k vytvoření kvalitního softwaru, který bude použitelný na všech platformách a všemi uživateli. Těchto principů je sedm a jsou to tyto:

1. Jednoduchost
2. Flexibilita
3. Svoboda volby
4. Otevřenost
5. Přístupnost
6. Standardizované rozhraní
7. Legálnost

Tyto principy jsem měl na paměti po celou dobu své práce. Pevně věřím, že jsem se od nich v žádném z aspektů nikde neodchýlil.

2.1 Jednoduchost

Struktura systému by měla být co nejjednodušší, protože pouze v jednoduché struktuře se bude moci pozornost studentů věnovat pouze studiu a ne technickému řešení a problémům. Na webovém rozhraní, které je výsledkem mé práce, nebude student obtěžován samoučelnými grafickými prvky, které by jeho pozornost odpoutávaly. Veškeré prvky, které mají za úkol upoutat studentovu pozornost, jsou součástí studijních článků a mají motivační charakter. Ve studijních článcích používám velké množství obrázků

a animací, ale vždy jen na místech, na která se tyto prvky hodí a mají zde své opodstatnění.

Jako jednoduché, až strohé, lze označit i barevné schéma stránek. Barevnost jsem vytvářel tak, aby byla decentní, ale barevně sladěná a aby byla dostatečně kontrastní. Výsledkem je sice jednoduché barevné schéma, které ale dostatečně rozlišuje mezi jednotlivými prvky a usnadňuje tak studentům orientaci na stránce.

Dalším prvkem, který podléhá principu jednoduchosti, je ovládání. Webové rozhraní, které slouží studentům ke studiu, musí být co možná nejjednodušeji ovladatelné. Pozornost studenta tak nebude upoutána přemýšlením o způsobu, jak se dostat k požadovaným informacím. Kurz, který bude v mém systému vytvořen, bude používat jednoduchou dvojúrovňovou strukturu. V této struktuře bude možnost přejít z každého místa kurzu do jiné úrovně.

Jednoduché je i vytváření nových článků. Článek lze napsat dvěma způsoby. Za prvé je možnost použití jakéhokoliv textového editoru a vytvoření textového souboru. V tomto případě se článek vloží pomocí webového administračního rozhraní. Jediné další znalosti, které autor v tomto případě potřebuje, jsou malé základy HTML syntaxe. Druhou možností je napsání článku přímo ve webovém formuláři. V tomto případě autor nepřijde do styku s HTML kódem. Veškeré formátování obstará zabudovaný textový editor.

Celý kód webového rozhraní obsahuje zhruba 5 800 řádků. Někdy se jedná o HTML zápis, většinou však o PHP kód nebo jejich kombinaci. Je samozřejmé, že princip jednoduchosti jsem dodržoval i v tomto případě. Při jeho nedodržení by brzy nastala situace, kdy není pro přílišnou složitost možné dále upravovat strukturu kurzu. Přehledný a jednoduchý kód také znamená, že mohu splnit i další princip, tedy modulárnost.

2.2 Flexibilita

Výchozí myšlenkou flexibility je jednoduchá změna struktury celého kurzu. Autor, píšící nový kurz nebo upravující nějaký stávající, může jednoduchými zásahy v administračním rozhraní měnit názvy prvků, jejich zařazení, pořadí a může tyto prvky dokonce i mazat.

Pokud by bylo třeba upravit samotný kurz, není ani to velký problém. Protože jsem pro systém zvolil kombinaci HTML, programovacího jazyka PHP a databázového systému MySQL, které jsou všechny volně šiřitelné s dostupnou dokumentací, může kdokoliv, kdo má potřebné znalosti, upravit samotnou strukturu kurzu a přizpůsobit ho svým potřebám.

Jak již bylo napsáno, struktura kódu je co možná nejjednodušší. V kódu se také nachází velké množství poznámek a komentářů, které osvětlují funkci důležitých částí skriptů. Vždy jsem se snažil dávat poznámky tam kde jsou skutečně potřeba. Zkušenosti z předchozích projektů ukazují, že přílišné množství poznámek kód jednodušší nevytváří. Proto se, při případných úpravách mého kódu, bude programátor muset seznámit s funkcí jednoduchých cyklů a výpisů, které komentované nejsou.

2.3 Svoboda volby

Svobodu volby chápu jako právo každého uživatele zvolit si prostředky, pomocí kterých bude přistupovat k webovému rozhraní. Proto vytvářím takový kurz, jehož funkčnost nebude závislá na použitém prohlížeči, operačním systému, kancelářském balíku a podobně.

2.3.1 Prohlížeč

V současnosti se stále ještě stává, že internetové stránky fungují správně jen v některých prohlížečích. Ostatní prohlížeče jsou ignorovány. Většinou je fungující prohlížeč Internet Explorer, který je dodáván s operačním systémem Windows.

Podle posledních výzkumů¹ se v Evropě pohybuje zastoupení ostatních prohlížečů kolem 35 % (Česká republika není výjimkou). To znamená, že takové stránky ignorují 35 % potenciálních uživatelů (nebo, v případě internetových obchodů, zákazníků). Taková vlastnost je, podle mého názoru, neomluvitelná. Proto jsem systém vytvářel tak, aby fungoval ve všech prohlížečích, které správně implementují HTML syntaxi a mezinárodní standarty pro internetovou komunikaci (testováno na prohlížečích: Firefox, Internet Explorer, Konqueror, Opera, Lynx, Links).

2.3.2 Operační systém

Webové rozhraní, které jsem vytvořil, je nezávislé jak na operačním systému na straně klienta, tak na straně serveru. Zdálo by se, že na straně klienta není s operačním systémem problém (vždyť internet mohu prohlížet ze všech počítačů). Problém nastane ve chvíli, kdy se uživatel, používající jiný operační systém než MS Windows, setká se stránkou, která vyžaduje pro svoji správnou funkčnost Internet Explorer. Vzhledem k tomu, že Internet Explorer je uzavřený program, který není přenositelný na jiné operační systémy, je tato situace neřešitelná.

Většina vývojářů pravděpodobně namítne, že míra zastoupení ostatních operačních systémů je velice malá. To je sice pravda, ale není možné tyto uživatele ignorovat (už jen proto, že počet počítačů s alternativními systémy stále roste). Proto i já vyvíjím systém tak, aby byl funkční na všech platformách.

¹ *CD-R server*, URL: <<http://www.cdr.cz/a/23441>>, Citováno: 30. 1. 2007

Nezávislost na straně serveru spočívá v použití otevřených jazyků PHP² a MySQL³. Servery, které zprostředkovávají jejich funkčnost, jsou vyvinuty pro celou řadu operačních systémů. Není proto nutné mít na serveru nainstalován určitý operační systém, ale vše bude fungovat pod libovolným systémem.

2.3.3 Kancelářský balík

Některé aktivity jsou studentům prezentovány ve formě stáhnutelných souborů. Důležitý je proto i výběr formátu souborů. Více se tímto tématem zabývám v kapitole 2.6.1 *Datové formáty*.

2.4 Otevřenost

Pod tímto pojmem si představuji otevřenost systému ostatním vývojářům. Každý, kdo bude tento systém využívat, bude mít právo si ho upravit podle svých potřeb, a to i v oblasti programového kódu.

Celé toto výukové prostředí bude volně dostupné pro všechny zájemce. Ti budou moci jednak vytvářet nové kurzy, ale i upravovat celou strukturu webového rozhraní podle vlastních představ.

Pro snadnou úpravu je celý systém vybaven nápovědou, která umožní snadné pochopení jeho struktury. Jak již bylo řečeno, také zdrojový kód je napsán přehledně a je opatřen velkým množstvím poznámek, které v něm usnadní orientaci a jeho případnou úpravu zjednoduší.

2 PHP rekurzivní zkratka - Hypertext Preprocessor (hypertextový preprocesor)

3 Databázový systém, který komunikuje pomocí jazyka SQL (Structured Query Language - strukturovaný dotazovací jazyk)

2.5 Přístupnost

Webové stránky, které jsou výsledkem mé práce, musejí být přístupné pro všechny uživatele internetu. Většinou se pod pojmem přístupnost rozumí umožnění návštěvy stránek zdravotně postiženým lidem. Tento význam není jediný. Zahrnuje další poměrně velkou skupinu uživatelů, kteří z různých důvodů nemohou nebo nechtějí využívat hardwarové a softwarové vybavení jako zbytek uživatelů. Programové vybavení může představovat například různé prohlížeče nebo operační systémy. Hardwarovým vybavením mohou být například kapesní počítače (PDA) nebo chytré mobilní telefony (SmartPhones). Důležitá je také přístupnost uživatelům, kteří používají staré počítače, pomalé internetové spojení nebo například monochromatické nebo černobílé monitory.

Proto vytvářím a testuji své stránky tak, aby nečinilo žádný problém jejich prohlížení v negrafických prohlížečích, což ocení zejména nevidomí. Ale i další aspekty jsou tvořeny tak, aby byl web přístupný slabozrakým, lidem, kteří nemohou ovládat počítač myší a podobně.

Z těchto důvodů jsem kladl velký důraz na konečnou přístupnost webových stránek. Jak se později ukázalo, dodržováním webových standardů vzniknou stránky, které jsou buďto přístupné bez dalších úprav nebo jejich upravení do přístupné podoby je velice jednoduché.

2.6 Standardizované rozhraní

Aby byla možná komunikace mezi různými systémy, musí se dodržovat jistá pravidla. Při běžné komunikaci mezi lidmi se těmito pravidly říká jazyk. Při komunikaci mezi počítači se těmito pravidly říká formát, protokol nebo standard. Pro správnou komunikaci je pochopitelně velice důležité tato pravidla dodržovat. Nedodržení pravidel znamená, že ke komunikaci nemůže dojít.

Při výběru používaného standardu nebo formátu jsem se řídil podle toho, jak je tento distribuován, a podle jeho významu.

2.6.1 Datové formáty

Při předávání textových dokumentů, se využívají především formáty *.doc* a *.xls*. Při jejich posílání se tiše předpokládá, že adresát má stejnou verzi Microsoft Office jako odesílatel, protože ta jako jediná zaručuje správné zobrazení. Většinou totiž nekompatibilitnost různých verzí souboru vede k neschopnosti správně zobrazit soubor vytvořený v jiné verzi tohoto balíku. Dále nelze ani předpokládat, že vzhledem k ceně tohoto balíku budou mít všichni uživatelé tento balík zakoupen.

Dalším důvodem, proč jsem formáty *.doc* a *.xls* ve své práci nepoužil, je jejich uzavřenost. Neexistuje jejich volně dostupná dokumentace, takže není možné vytvořit jiný program, který by byl schopen s těmito datovými formáty korektně spolupracovat (sice existuje celá řada programů na jejich editaci, ale ty nemohou postihnout všechny vlastnosti souboru). Není ani zajištěna jejich zpětná kompatibilita s novými verzemi kancelářského balíku Microsoft Office. Je tak možné, že za několik let nebude možnost tyto soubory přečíst a zobrazit.

Rozhodl jsem se proto používat výhradně otevřené formáty ODF. Jsou to formáty, které jsou certifikovány mezinárodní organizací pro autorizaci jako standard **ISO/IEC 26300**. Definice tohoto standardu je [2]. Pro textové informace bude používána přípona *.odt*, která je v tomto standardu definována, pro tabulky přípona *.ods* a pro grafické informace *.odg*.

Bude tak zaručeno, že se soubory zobrazí správně ve všech počítačích se softwarem, který podporuje formáty ODF. Velká část těchto kancelářských balíků je volně šiřitelná. Studující tak nebudou muset nakupovat žádné další programové vybavení, protože ho budou moci získat legálně i zdarma. V nejpoužívanějším kancelářském balíku MS Office je po instalaci plug-inu umožněno tyto dokumenty otevírat a ukládat. Uživatelé, kteří mají tento balík zakoupen, nebudou nuceni instalovat další programy.

2.6.2 Webové standardy

Webové rozhraní je vytvářeno pomocí jazyka HTML. Tento jazyk má přesně danou syntaxi. Stejně jako u ostatních jazyků je třeba, aby programátor tuto syntaxi dodržoval. Podle mého názoru je malou nevýhodou jazyka HTML fakt, že není nutné syntaxi tohoto jazyka dodržovat zcela přesně. Při psaní stránky je možné některé vlastnosti vynechat, některé korektně neukončovat a podobně. To ovšem přináší velké množství nepřijemností, které se mohou projevit při zobrazování stránek napsaných tímto způsobem v různých prohlížečích.

Stránka s nedokonalou strukturou se může na některých prohlížečích zobrazit dobře, ale na ostatních může být naprosto nefunkční. Tímto neduhem trpí hlavně prohlížeče Internet Explorer, které jsou známy tím, že v HTML kódu dokáží prominout mnoho prohřešků proti syntaxi. Někdy dokonce špatně interpretují správně napsaný kód.

Jediným způsobem, jak se těmto problémům vyhnout, je tvořit kód, který je validní. To, že je stránka validní, znamená, že je napsána přesně podle pravidel pro sestavování webových stránek. Prověření validity stránky je velice jednoduché. Lze ho provádět přes webové rozhraní na stránkách [3]. Také existují rozšíření některých prohlížečů, které jsou schopny zdrojový kód stránky zkontrolovat. V případě nalezené chyby mohou poradit i s opravou.

2.6.3 Znaková sada

V mém webovém rozhraní i v databázovém systému používám výhradně kódování Unicode, které je popsáno na stránkách [4]. I toto kódování se stalo mezinárodním standardem s označením **ISO/IEC 10646**. Tento standard je definován v [5]. Pro jeho velkou náročnost využívám jeho zjednodušenou verzi **UTF-8**, která je definována pod číslem **ISO/IEC 10646-1**.

Největší výhodou používání standardu Unicode je, že každý znak z jakékoliv světové abecedy je při uložení reprezentován unikátním binárním číslem. Při použití Unicode kódování odpadají problémy s různými znakovými sadami, což je výhodné pro komu-

nikaci v mnoha jazycích zároveň. Současně tento standard obsahuje mnoho symbolů, které mohou být použity v textu. Často proto používám například některé astronomické symboly planet, Slunce a některých astronomických znaků (vstupní a výstupní uzel a podobně).

2.7 Legálnost

Za velice důležitou považuji při své práci i legálnost použitých prostředků. Aby nevznikly žádné problémy, rozhodl jsem se používat výhradně volně dostupné vývojové prostředky a materiály. Jejich seznam je v tabulce 2.1. Tím jsem se vyhnul i problémům s distribucí svého systému.

<i>Jméno programu</i>	<i>Využití</i>	<i>Domovská stránka</i>
PSPad	Psaní kódu	http://www.pspad.com/cz/
PHPMYAdmin	Editace databází	http://www.phpmyadmin.net/
Xampp	Vytváření PHP a MySQL Serverů	http://www.apachefriends.org/
Gimp	Vytváření a editace grafiky	http://www.gimp.cz/
Lynx	Textový prohlížeč	http://lynx.browser.org/

Tabulka 2.1.: Použité programy

Legálnost je zaručena nejen ze strany vývoje, ale i ze strany uživatelů, kteří mají možnost pro práci v tomto systému využívat opět pouze volně dostupné prostředky.

2.7.1 Grafika

Grafické prvky, které jsem ve svém webovém rozhraní použil, jsou z několika zdrojů. Nejčastěji byly použity ikonky, které na svých stránkách famfamfam [6] nabízí Mark James. Tyto ikony jsou uvolněny pod licencí *Creative Commons Attribution 2.5 License* (Příloha C).

Z tohoto souboru ikon, který čítá asi 1000 obrázků, jsem použil jen některé. Jejich kompletní seznam je v tabulce 2.2. Pro lepší orientaci jsem některé ikonky přejmenoval. Pokud má ikonka nové jméno, je tato skutečnost uvedena v tabulce.

<i>Originální jméno</i>	<i>Nové jméno</i>	<i>Originální jméno</i>	<i>Nové jméno</i>
typ_clanku_1	newspaper	user_comment	diskuse
typ_clanku_2	script_edit	lightbulb	ukol
typ_clanku_3	bricks	wrench_orange	
typ_clanku_4	page_edit	joystic	
typ_clanku_5	bulb	picture	
cviceni	bricks	film	
kapitola	book_open	page_white_link	
tema	book	page_white_word	
tisk	printer	page_white_excel	
hledat	magnifier	page_white_acrobat	
tick	spravne	compressed	
cross	spatne	page_edit	
user	uzivatel	link	
exclamation	vystraha	heart	
star	autotest		

Tabulka 2.2.: Použité grafické prvky z balíku famfamfam

Samozřejmě ikonky famfamfam nejsou jedinými, které jsem použil. Další soubor ikon je Nuvola icon pack, který je nabízen pod licencí GNU LGPL⁴. Z tohoto souboru ikon je opět použito jen několik obrázků. Jejich seznam se nachází v tabulce 2.3. Protože jsou všechny ikonky v tomto balíčku dodávány v několika rozlišeních, je jejich verze uvedena i v tabulce.

⁴ Součástí přílohy E. Nachází se v adresáři ./licence v anglickém a českém jazyce.

<i>Originální jméno</i>	<i>Nové jméno</i>	<i>Rozlišení</i>
button_accept		48x48
button_cancel		48x48
www		64x64
kig	ukol	64x64
kcontrol	cviceni	64x64

Tabulka 2.3.: Použité grafické prvky z balíku Nuvola icon set

Posledním balíčkem, který jsem použil jako zdroj grafiky je balík Noia Style Open Office icons. Licence tohoto balíku je GNU GPL⁵ Použití tohoto balíčku bylo nutné, protože v žádném z předcházejících se nenacházely ikonky zobrazující datové typy souborů používané kancelářským balíkem Open Office (tabulka 2.4).

<i>Originální jméno</i>	<i>Nové jméno</i>
ooo_writer	
ooo_calc	

Tabulka 2.4.: Použité grafické prvky z balíku Noia Style Open Office icons

2.7.2 Obrázky

U obrázků, jejichž zdrojem je NASA, je podle stránek [7], které jsou součástí přílohy A. možné jejich nekomerční využití pro výukové potřeby, pokud není určeno jinak. Pro všechny obrázky, které jsou v mém kurzu obsaženy a jsou původem z NASA, je tedy legálnost zaručena.

Velice často používám také obrázky, které lze najít na stránkách wikipedie [8]. Každý z těchto obrázků je podle své licence buď volně k dispozici, nebo je na jeho jinou licenci upozorněno. Proto ke každému takovému obrázku přikládám odkaz na jeho zdroj.

Odkazy na zdroje přikládám i k ostatním obrázkům. Tato povinnost vyplývá z §31 Autorského zákona, jehož část se nachází v příloze B. Podle tohoto zákona mohu užít dílo při vyučování pro ilustrační účel nebo při vědeckém výzkumu. Vždy je však nutno

⁵ Součástí přílohy E. Nachází se v adresáři ./licence v anglickém a českém jazyce.

uvést, je-li to možné, jméno autora, nejde-li o dílo anonymní, nebo jméno osoby, pod jejímž jménem se dílo uvádí na veřejnost, a dále název díla a pramen.

2.7.3 Zdroje

Pro jednoduchou orientaci v použitých zdrojích jsem vytvořil zvláštní tabulku, do které je možné vkládat informace o použitých zdrojích. Informace z této tabulky je možné zobrazit a dokonce je možné je i začlenit do struktury kurzu, takže seznam použitých zdrojů může být vždy dostupný. Toto je také důležité z hlediska práv k použití informací.

2.7.4 Diskuse

Diskusní systém phpBB, který používám, je vydáván pod licencí GPL⁶, která dovozuje legální používání a další úpravy tohoto systému. Tento systém je vyvíjen celosvětovou komunitou vývojářů a v současné době patří mezi nejpoužívanější systémy pro diskuse. Výhodu vidím v tom, že část uživatelů jistě bude tento systém umět používat a odpadnou tak problémy s jejich zaučováním.

⁶ Součást přílohy E. Nachází se v adresáři ./licence v anglickém a českém jazyce.

3 Distanční výuka

V současné době je distanční forma výuky velice moderní. Jejím zavedením se zvyšuje efektivita studia a zlepšuje se i přístupnost studentů k studijním materiálům. To vše při zmenšení nákladů na výuku. Vstupní náklady na vytvoření distančního kurzu jsou sice vyšší než připravení přednášek, ale další náklady na opakovaný běh kurzů jsou mnohem menší. I toto je jeden z důvodů velké obliby distančního vzdělávání.

Distanční výuka má oproti klasické několik výhod. Je zde daleko jednodušší přístup pro studenty, kteří by za normálních podmínek nemohli studovat prezenčně. Jedná se například o studenty, kteří jsou již zaměstnání a na prezenční výuku by nemohli pravidelně docházet. Další skupina lidí, kteří často navštěvují distanční kurzy, jsou ženy na mateřské dovolené nebo tělesně handicapovaní. Obrovskou výhodou distančního vyučování je, že studující může studovat z pohodlí domova svým vlastním tempem a nemusí svůj časový rozvrh přizpůsobovat škole.

Mezi nevýhody distanční výuky patří především izolace studujících. Neprobíhá zde žádný osobní kontakt mezi vyučujícím a studentem. V některých kurzech k osobnímu kontaktu dojde, ale jsou i kurzy, ve kterých se vyučující nikdy se studenty nesejdou. Další nevýhodou kurzů, které se zaměřují na mladší studenty, je absence výchovného působení učitele. Toto působení je důležitou součástí každé vyučovací hodiny ve škole. Tyto nevýhody částečně odbourává e-learning, který pomocí technických prostředků dovoluje přímou komunikaci mezi jednotlivými účastníky kurzu. V případě používání diskusí je důležité, aby vyučující trval na korektním vyjadřování studentů. Je tak částečně nahrazeno výchovné působení učitele a studující se naučí zásadám správného používání internetových diskusí. To je v moderním světě důležitá schopnost, kterou se v klasické výuce studenti nemají možnost naučit.

3.1 Organizační formy výuky

Organizační formy výuky definuje Vališová v [9] jako „*konkrétní organizační rámec, v němž se uskutečňuje proces přetváření učiva*“. Přetvářením učiva je míněn proces, kterým se soustava poznatků a činností obsažených v učivu přetváří do soustavy vědomostí a dovedností žáků. Organizační formy vyučování rozděluje Vališová [9] podle dvou kritérií. Nejprve z hlediska způsobu řízení učební činností žáků ve výuce na

1. frontální vyučování,
2. individuální vyučování,
3. individualizované vyučování a
4. párové nebo skupinové vyučování.

Z hlediska časové a prostorové organizace vyučování se opět podle Vališové [9] zajímáme o

1. časový rozvrh vyučování,
2. způsob rozvržení vyučovacího dne,
3. délku a strukturu vyučovací hodiny a
4. o prostorovou organizaci školy a třídy (umístění lavic).

3.1.1 Individualizované vyučování

Rozdíl mezi individuálním vyučováním a vyučováním individualizovaným je podle Vališové [9] v přístupu k žákům. Při individuálním vyučování komunikuje učitel s jednotlivcem a řídí jeho učební činnost. Tento způsob se podle Kalhouse [10] používá při vyučování některých uměleckých oborů, tréninku sportovců, doučování, konverzací apod. V neposlední řadě se zde uvádí i distanční vyučování. V případě individualizovaného vyučování pracuje žák na svém úkolu samostatně a učitel do jeho práce nijak nezasahuje. Při individualizovaném vyučování je redukován obsah didaktické komunikace učitele s žáky.

Výhodou individualizované výuky je právě samostatnost žáka. Každý žák má jiné schopnosti a právě individualizované vyučování podporuje maximální využití schopností jednotlivce. Žáci s lepšími výsledky v daném předmětu mohou v porovnání s ostatními dosahovat složitějších a komplexnějších cílů.

Individuální forma výuky je podle Vališové [9] a Kalhouse [10] používaná především tam, kde dochází k přímému kontaktu učitele a studenta (žáka). Aby bylo možné použít tuto formu výuky i při distančním vyučování, bylo by nutné vytvořit on-line spojení učitele a studenta v reálném čase. V současné době není problémem telefonování za pomoci počítače a začíná se rozmáhat i používání videohovorů. Z kapitoly 3.2 Technické zázemí vyplývá, že v tomto případě se již z distančního vzdělávání stává e-learning.

3.1.2 Skupinové vyučování

Skupinovým vyučováním se podle [9] rozumí taková organizační forma, kdy učitel neřídí učební činnost jednotlivých žáků, ale dvojic žáků nebo jejich skupin. Učitel nehodnotí žáka podle jeho výsledků, ale podle výsledků celé skupiny. V této formě výuky dochází ke komunikaci nejen mezi učitelem a žákem, ale také mezi žáky samotnými. Oproti ostatním formám výuky rozvíjí skupinové učení i schopnost žáků komunikovat a řešit problémy a podporuje tak socializaci žáků do skupiny.

Podle Skalkové [11] rozumíme skupinovým vyučováním *takovou organizační formu, kdy se vytvářejí malé skupiny žáků (3–5členné), které spolupracují při řešení společného úkolu*. Také zde se jako hlavní výhoda skupinového vyučování uvádí rozvíjení sociální interakce mezi žáky. Společné řešení problémů pomáhá utvářet názory a postoje žáků. Méně aktivním a méně výkonným žákům, kteří při klasické frontální formě zůstávají pasivní, pomáhá skupinové vyučování v začlenění se do skupiny a podílení se na výsledku.

Pro dobře fungující skupinovou výuku je velice důležité složení skupin. Skupinu je možno sestavit podle různých hledisek. Například Švarcová [12] uvádí tato hlediska:

1. Hledisko náhody.
2. Hledisko výkonu.
3. Hledisko zájmu o zvolený úkol.
4. Hledisko přátelských vztahů.

Pro každý typ práce může být nejvhodnější výběr podle jiného hlediska. Pro učitele je nejméně vhodné hledisko náhody, protože tak ztrácí kontrolu nad složením skupin. V každé skupině je totiž třeba vytvořit přátelskou atmosféru a správné rozdělení rolí. Problém může nastat ve skupinách, kde se sejde příliš mnoho vůdčích osobností nebo naopak žádný takový jedinec.

3.1.2.1 Tvorba skupin

Důležitou otázkou je, zda je výhodnější vytvářet homogenní nebo heterogenní skupiny. Například podle hlediska výkonu se homogenními skupinami rozumí takové skupiny, jejichž členové jsou výkonově rovnocenní. Ve třídě se tedy vytvoří skupiny nejlepších žáků, skupiny průměrných žáků a skupiny podprůměrných žáků. Heterogenní skupiny jsou tvořeny vždy několika nejlepšími žáky, několika průměrnými a několika podprůměrnými. Všechny heterogenní skupiny ve třídě jsou výkonově rovnocenné.

Výhodou homogenních skupin je maximální využití potenciálu žáků. Rychlejší žáci nemusejí čekat na pomalejší a ti naopak nemusejí pospíchat kvůli rychlejšímu tempu ostatních. Každá skupina tak dostane úkol, který nejlépe využije všech schopností žáků. Nevýhodou je nízká úroveň sociální komunikace mezi různými skupinami žáků a rozpadnutí třídy do skupin podle výkonů jednotlivých žáků.

Heterogenní skupiny naproti tomu rozvíjejí sociální komunikaci mezi žáky. V každé skupině se nachází různí žáci, kteří jsou hodnoceni nejen podle vlastního výkonu, ale také podle výkonu ostatních. Je pro ně tedy důležité pracovat společně tak, aby se na konečném výsledku podíleli všichni členové skupiny. Výhodou je také aktivita a zvyšování sebevědomí žáků, kteří by v klasické výuce zůstali pasivní. Všechny skupiny dostanou úkoly rovnocenné obtížnosti.

Podle Skalkové [11] nelze otázku homogenních a heterogenních skupin řešit absolutně. Vyskytují se situace, při kterých je výhodnější vytváření homogenních skupin, i situace, kdy je výhodnější tvořit skupiny heterogenní. Jako obdobný problém uvádí Kotrba [13] stálost či nestálost skupin. Jako výhoda je zde u stálých skupin uváděna dobrá souhra mezi jejími členy, kteří se dobře znají a dokáží předvídat chování ostatních. Nevýhodou je naopak stereotypnost tohoto ustálení a stereotypní rozdělování rolí. Výhoda nestálých skupin je, že se žáci naučí pracovat s různými lidmi a přijímat různé sociální role.

Podle [10] je skupinová výuka v moderní době důležitá, protože učí žáky vlastnostem, které uplatní při pozdějším pracovním zařazení. Jedná se například o komunikaci, kritické myšlení, tvoření vlastních názorů a jejich obhajování, ale i o dovednost naslouchat názorům druhých [13]. Dochází tak k vytváření rovnováhy mezi cíli v oblastech kognitivních, sociálních a psychomotorických kompetencí [10].

Neméně důležité je pracovní prostředí ve třídě. Rozložení lavic a židlí je jiné než při klasické frontální výuce. Dobrou volbou je vytvoření speciálních tříd, jejichž rozmístění je uzpůsobeno právě pro tento typ výuky.

3.1.2.2 Metody skupinového vyučování

Podle Švarcové [12] je vhodné, aby po skupinové práci vždy následovala diskuse o dosažených výsledcích a zhodnocení práce skupin. V klasickém třídně hodinovém systému může být problém toho dosáhnout, protože není dostatek času. Klasická 45minutová hodina je pro zadání práce, skupinovou práci a následný rozbor a zhodnocení příliš krátká. Výhodou použití skupinové formy výuky v distančním vzdělávání je nezávislost na čase. Diskuse a zhodnocení výsledků může probíhat prakticky libovolně dlouho, nezávisle na dalších aktivitách, které probíhají současně.

Jako metody skupinového vyučování uvádí Švarcová [12]

1. brainstorming,
2. tvorba myšlenkových map,

3. skupinová diskuse a
4. skupinová argumentace.

Při použití distančního vyučování je nejvýhodnější používat metody skupinové diskuse a skupinové argumentace. Diskuse by měla probíhat ke každému tématu a k úkolu, a to dokonce i k takovým úkolům, které jako skupinové zadávány nejsou. Metoda argumentace spočívá ve vytvoření dvou (či více) skupin, jejichž členové zastávají odlišný názor na nějakou otázku. Cílem argumentace je vynášení argumentů pro a proti oběma názorům a jejich obhajování. Všechny argumenty se zapisují na tabuli (v případě distančního vzdělávání například do jednoduše přístupného souboru) a tyto argumenty se navzájem konfrontují. Cílem metody je naučit žáky argumentovat a rozvíjet jejich kritické myšlení [12].

3.1.3 Distanční vyučování

Distanční vyučování je specifickou organizační formou výuky. Většinou je distanční vyučování chápáno jako individualizované uspořádání. V některých případech však může kombinovat prvky individualizované a skupinové výuky. Dále je distanční vzdělávání specifické tím, že vyučující a studující jsou stále (nebo většinu času) odděleni.

Podle způsobu řízení může distanční vyučování používat individuální nebo individualizovanou formu výuky. Jak jsem již uvedl výše, rozdíl mezi těmito formami je podle Vališové [9] a Kalhouse [10] ve způsobu řízení učební činnosti žáka. Některé distanční kurzy, především ty, které mají za cíl například doplnění či rozšíření vzdělání studenta nebo při různých kurzech (například fotografování nebo bezpečnosti práce), budou používat spíše formu individuální. Ta je výhodná tam, kde student studuje kurz sám. Jeho postup je řízen výhradně vyučujícím.

Tam, kde stejný kurz studuje současně více studentů, je pro učitele vhodnější přejít k formě individualizované. Ta podle uvedených zdrojů dává přednost samostatnosti studentů, kteří jednotlivé části kurzu procházejí samostatně. V tomto případě je velice jednoduché postupně přejít ke skupinové výuce.

Skupinová forma výuky je využitelná především u distančních kurzů, které probíhají prostřednictvím internetu. Diskutování a sdílení informací je díky internetu výrazně zjednodušeno. V dřívějších dobách, kdy distanční výuka probíhala především za pomoci dopisů, telefonu, magnetofonových kazet a videokazet, neexistovala jednoduchá možnost komunikace mezi studujícími.

Díky jednoduché komunikaci, kterou přináší využití internetových nástrojů, je pro učitele jednoduché vytvořit ze studentů kurzů skupiny, které mohou jednotlivé úkoly řešit společně. Problémem může být vhodný výběr jejich členů (viz kapitola 3.1.2 Skupinové vyučování). V případě, že se studující i vyučující navzájem znají, je možné vytvářet skupiny podle uvedených hledisek. Skupiny takto postavené jsou heterogenní a každý student v nich může plně využít své schopnosti.

Problém může nastat v případě kurzů, kdy se studující a vyučující navzájem neznají. V těchto situacích je pro vyučujícího jediným hlediskem, podle kterého může skupiny vytvořit, hledisko náhody. Teprve v dalších úkolech, které se v kurzu naskytou, již může vyučující využít poznání studentů a skupiny přeskupit podle svého záměru. Skupiny tak při vypracovávání dalších úkolů budou vyvážené, heterogenní. To je podle Skalkové [11] důležitý předpoklad pro správnou funkci skupiny.

Ve skupinách, kde se studenti navzájem neznají, může být dalším problémem navázání prvotní komunikace. K účelu základního seznámení se v některých kurzech pořádají tzv. *tutoriály*, na kterých se studenti a vyučující navzájem seznámí. Většinou zde také probíhá seznámení s kurzem a podmínkami jeho splnění. V případě, že je tutoriál delší, může již na těchto setkáních učitel studující poznat a začít vytvářet skupiny, které budou následovně pracovat společně.

V distančním kurzu, který vytvářím, vychází organizační forma vyučování z individualizované a skupinové výuky. Každý student pracuje sám a je vyučujícím veden při postupném vypracovávání úkolů. Souběžně s kurzem probíhají v diskusích fórech diskuse na témata, která se zabývají částmi kurzu. Studenti tak mohou diskutovat o jednotlivých problémech, na které v průběhu kurzu narazí. V případě astronomie, kterou se za-

bývá můj kurz, předpokládám, že se bude diskutovat především o nejnovějších poznatcích tohoto oboru. Studenti se tak seznámí s ostatními studujícími a tato učitelem řízená komunikace přispěje k začlenění studentů do skupiny. Používání diskusních fór studenty (v mém případě žáky druhého stupně ZŠ) tak přispěje k jejich socializaci. Dále se studenti naučí vhodnou formou komunikovat prostřednictvím internetu.

3.2 Technické zázemí

Má-li vyučování probíhat distančně (dálkově), je třeba k tomu vytvořit specifické podmínky. Především je to forma kontaktu mezi učitelem a žákem. V minulosti bylo spojení zajišťováno především poštou (tzv. korespondenční kurzy). V současné době prodělala technologie prudký rozvoj a probíhá snaha všechny distanční kurzy provádět pomocí internetu.

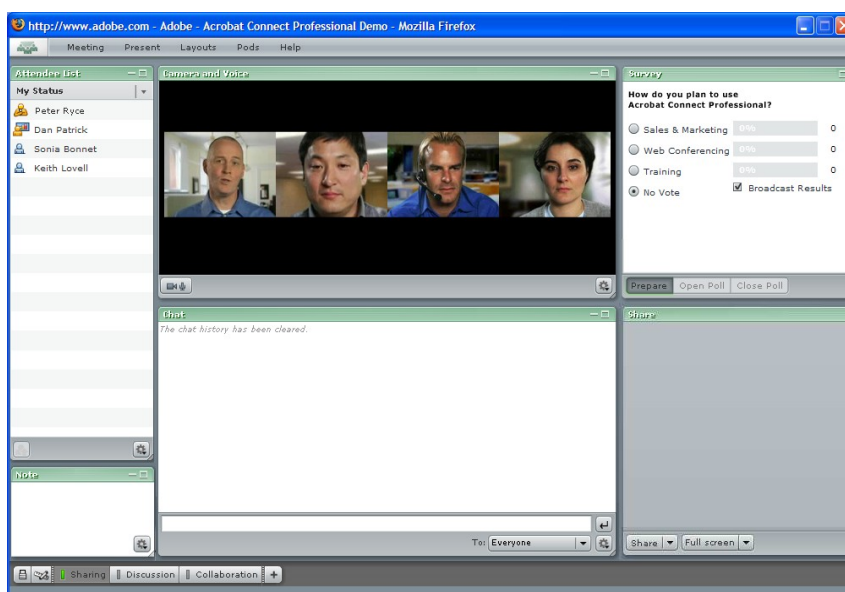
Díky rozvoji technologie, tedy internetu, je možno vytvořit kurz, jehož součástí jsou nejenom texty a obrázky, ale také další animace, multimedia, simulace, výukové programy apod. Celý kurz je tedy interaktivní a studentovi dá mnohem více informací, než obyčejný korespondenční kurz tak, jak probíhal dříve.

Podle [14] je nutné oddělit od sebe dva pojmy – e-learning a distanční vyučování. E-learning probíhá sice také na dálku jako distanční vyučování, ale v jeho případě se jedná o takovou výuku, kdy je učitel při výuce přítomen přes nějaký komunikační kanál (chat, instant messaging, telefon, videohovory) a v reálném čase komunikuje se studenty. V případě distančního vzdělávání si svou výuku uzpůsobuje student sám podle organizačních pokynů vyučujícího.

V současnosti se pro podporu e-learningu mohou používat různé technologie. Jako nejzajímavější bych rád uvedl právě videohovory. Používání této formy komunikace se již stává standardem v hovorech dvou uživatelů. Do hry kromě hlasové komunikace vstupují i neverbální formy. Stále je ale možno tyto prostředky využít pouze při individuální formě výuky.

S dalším rozvojem techniky (především rychlosti internetových přípojek) a lepší dostupností webkamer (u nově kupovaných počítačů jsou dnes již téměř standardním vybavením) lze předpokládat, že v budoucnu vznikne i forma videohovoru mezi více účastníky tzv. *videokonference*. Bude tak možné vytvářet on-line konference mnoha uživatelů, kteří spolu budou moci komunikovat hlasem v reálném čase.

Ve sborníku [15] zmiňuji komerční nástroj, který tuto možnost přináší již nyní. Obrazovka tohoto programu je na obrázku 3.1. V hlavním okně tohoto programu je možno komunikovat se všemi účastníky zároveň. Komunikace je možná hlasem i textem. V případě textu je samozřejmě možné používat i soukromé zprávy. Tento systém se ale nezaměřuje jen na e-learning, ale je vyvíjen především pro jednoduchou firemní komunikaci a sdílení zdrojů, poznámek apod.



Obrázek 3.1: E-learningový nástroj Adobe Breeze

3.3 Historie distančního vyučování

První pokus o distanční vyučování se datuje na rok 1840 (podle [16]). V Anglii se Izaak Pitman pokusil vyučovat kurzy stenografie pomocí korespondenčních dopisů. Od

té doby se tato forma distančního vyučování stávala stále oblíbenější. Nabízely se především kurzy jazyků, ale i obory jako je tanec nebo zpěv.

V meziválečném období se některé země snažily začlenit distanční vyučování do soustavy svého školství. V této době prodělala tato forma výuky velký rozvoj. Další vlna oblíbenosti dálkového vyučování přišla v období po druhé světové válce. Korespondenční forma výuky byla vítaným způsobem rekvalifikace nebo zvyšování kvalifikace u bývalých vojáků a u lidí, kteří díky válce přišli o zaměstnání.

Od začátku 60. let dvacátého století se začaly vyvíjet takzvané vyučovací automaty. Ty se vytvářely na základě teorie programového učení B. F. Skinnera. Tyto automaty jako první ukázaly možnosti výpočetní techniky při vzdělávání. Samozřejmě se v této fázi nejednalo o distanční vyučování, protože přístroje byly příliš drahé a složité na to, aby si je každý potencionální student pořídil domů. Byly zde ale položeny základy tvorby interaktivních materiálů, které se mohou použít i v současnosti (například jako autotesty a testy).

V sedmdesátých letech se distanční výuka rozvíjí díky tomu, že některé státy (patří sem například Francie, Německo, Japonsko) začaly distanční formu výuky brát jako plnohodnotné studium a toto studium zahrnuly do nové školské legislativy. Většina vzdělávacích kurzů se zaměřovala na zvyšování kvalifikace nebo změnu profesionální orientace dospělých. Při studiu na nižších stupních škol se neuplatňovala.

Na začátku devadesátých let minulého století zaznamenalo distanční vyučování doslova revoluci. S propojením prvních univerzit do internetu se začínaly výukové materiály převádět do elektronické podoby. Současně také začaly vznikat první organizace, které se orientovaly výhradně na distanční vzdělávání. Vžilo se pro ně označení *Virtuální univerzity*.

U nás vzniklo v roce 1995 Národní centrum distančního vzdělávání. Jeho záměrem je podpořit rozvoj distanční formy vzdělávání na českých vysokých školách a dalších institucích tak, aby byla rozšířena nabídka vzdělávacích příležitostí.

Dokonce i v našem školském zákoně z roku 2004 je zakotvena možnost studovat distančně. Konkrétně v §25 (podle [17]), který se zabývá vymezením forem vzdělávání, je v prvním bodě napsáno: „Základní vzdělávání se uskutečňuje v denní formě vzdělávání. Střední a vyšší odborné vzdělávání se uskutečňuje v denní, večerní, dálkové, distanční a kombinované formě vzdělávání; vzdělání dosažené ve všech formách vzdělávání je rovnocenné.“

Zároveň je podle [17] také v §25, ve druhém odstavci pod písmenem d) vymezena definice distančního vzdělávání tak, že pro účely daného zákona se rozumí: „distanční formou vzdělávání samostatné studium uskutečňované převážně nebo zcela prostřednictvím informačních technologií, popřípadě spojené s individuálními konzultacemi.“ Umožněna je zde také možnost kombinovaného studia, které může využívat kombinace denní (prezenční) a jiné formy vymezené tímto zákonem.

Jak je vidět, střední a vyšší vzdělání je možné absolvovat několika různými formami. Velice důležité je, že všechny formy studia jsou rovnocenné. To dává do budoucna skvělé možnosti pro to, aby byla co největší část studentů vzdělávána distančně. Výhoda spočívá nejen v tom, že se zlepší přístup ke studiu i pro ty, pro které je nedostupné (například z důvodu přílišných nákladů na cestování), ale také v tom, že je možno ušetřit finanční prostředky, aniž by byla snížena kvalita vzdělání.

4 Didaktické prvky

Tento kurz má sloužit především jako výukový text pro studenty astronomie. Jednotlivé komponenty tohoto kurzu (text, obrázky, cvičení, úkoly) jsou koncipovány tak, aby aktivizovaly studenta a donutily ho přemýšlet. Ze stejného důvodu jsem do článků začleňoval i cvičení a úkoly. Při tvorbě studijního článku se snažím aby se v každém článku nacházela alespoň jedna tato aktivita. Student je vždy vybídnut, aby řešení této otázky buďto poslal konzultantovi nebo aby o něm diskutoval v diskusním fóru.

4.1 Struktura kurzu

Kurz je strukturován do kapitol a studijních článků. V případě kurzu *Tělesa sluneční soustavy* se každá kapitola zabývá jednou planetou. Devátá kapitola se zabývá zbývajících malými tělesy sluneční soustavy. Toto rozdělení (kapitola = planeta) je podle mého názoru optimální, protože každý student přesně toto očekává. Jakékoliv jiné rozdělení by studenta mátl a nejspíše by byla snížena jeho chuť kurz prostudovat. Jak jsem již zmínil v principu jednoduchosti (kapitola 2.1, strana 15), po celou dobu tvorby kurzu bylo mým cílem vytvořit takové prostředí, které nebude nutit uživatele přemýšlet nad cestou, jak se dostat k požadovaným informacím.

Kniha [18] se zabývá tvorbou webových stránek, při jejichž používání nemusí uživatel přemýšlet nad způsobem, jak se bude používat. Struktura mého kurzu je volena podle stejného principu. Student, který bude chtít studovat planetu Zemi, si v menu vybere kapitolu Země a poté si v seznamu studijních článků vybere přesně tu oblast, která ho zajímá. Není tedy nutné, aby se musel zamýšlet nad tím, jak se může jmenovat kapitola, ve které nalezne požadované informace. Veškerá studentova pozornost se tak může upřít pouze na informace obsažené v kurzu.

4.2 Text

Mechlová [19] na straně 98 uvádí, že optické členění textu má velký kladný vliv na osvojení vědomostí studentem. Proto se snažím text dělit do většího množství kratších odstavců. Každý odstavec se zabývá jedním aspektem tématu, takže nedochází k roztržitosti celého textu.

Optickému dělení navíc pomáhají i další prvky, které se v textu vyskytují – obrázky, cvičení a úkoly. Všechny tyto tři prvky mají zvýrazněné pozadí a díky tomu dochází k dalšímu optickému členění textu (viz obrázek 4.1).

tuto chvíli vypadá pro pozorovatele na severní polokouli tak, že jen pravá polovina je osvětlena a levá polovina osvětlená není. Po dalším růstu měsíce nastává **úplněk**, kdy je vidět měsíc celá osvětlená část Měsíce. Po úplňku se měsíc začíná zmenšovat až do **třetí čtvrti**, kdy je viditelná levá část měsíce (opět ze severní polokoule). Měsíční cyklus samozřejmě končí tam, kde začal, tedy v **novu**.

Na [těchto](#) stránkách naleznete názorný applet, který Vám objasní jak to vypadá s oběhem Měsíce kolem Země.

S měsíčními fázemi samozřejmě souvisí i to, kdy Měsíc vychází a zapadá. Vaším úkolem bude doplnit tabulku s východy a západy Měsíce. Měla by vám k tomu stačit vlastní představivost, ale můžete využít i astronomické ročenky nebo kalendáře.



Úkol:

Stáhní si [tento](#) soubor a doplň do něj vynechané údaje. Vyplněný soubor pošli soukromým kanálem do diskuse konzultantovi.

Každý pozná, když je Měsíc v úplňku, ale dokážete poznat podle jeho fáze, jestli bude dříve úplněk nebo nov? Jestli jsme právě v první nebo poslední čtvrti? Existuje velice jednoduché pravidlo jak to poznat. Stačí se na Měsíc podívat a přirovnat si ho k písmenu C nebo D. Když vypadá jako velké písmeno **C** znamená to, že Měsíc **C**ouvá. A když vypadá jako velké **D** znamená to, že Měsíc **D**orůstá. Jen je třeba dát si pozor na to, na jaké polokouli se nacházíte. Na jižní totiž stojíte „hlavou dolů“ a pravidlo tedy funguje přesně naopak.

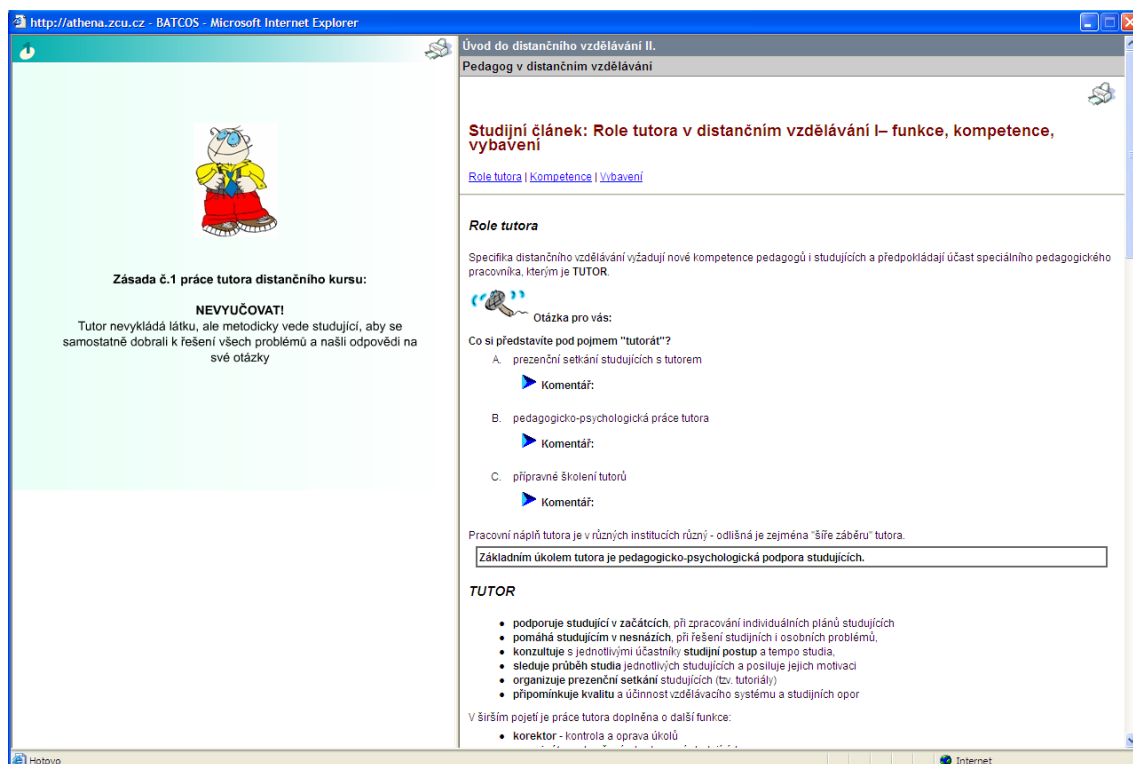


Obrázek 4.1: Optické členění textu

Podle stejného zdroje je pro lepší pochopení psaného textu třeba vytvářet krátké věty v rozsahu průměrně 15 slov. Kratší, jasně srozumitelné věty, mají pro studenty mnohem

větší přínos než dlouhá rozvitá souvětí, která student musí číst několikrát. U dlouhých souvětí je také složitější dodržet větnou stavbu tak, aby věta měla logický smysl a nehrozilo její špatné pochopení.

Oddělování textu a obrázků se na ZČU využívá v systému Eden. Tento systém pro své kurzy rozděluje obrazovku svisle na dvě části. V pravé části se nachází pouze text, aktivizující otázky a další prvky. V levé části je multimediální komponenta s obrázky. V textu kurzu je vždy student ikonkou upozorněn, že na toto místo patří obrázek a že kliknutím na patřičné číslo na multimediální komponentě si tento obrázek může zobrazit. Tento přístup považuji za velice nešťastný, protože nutí uživatele k naprosto zbytečné aktivitě.

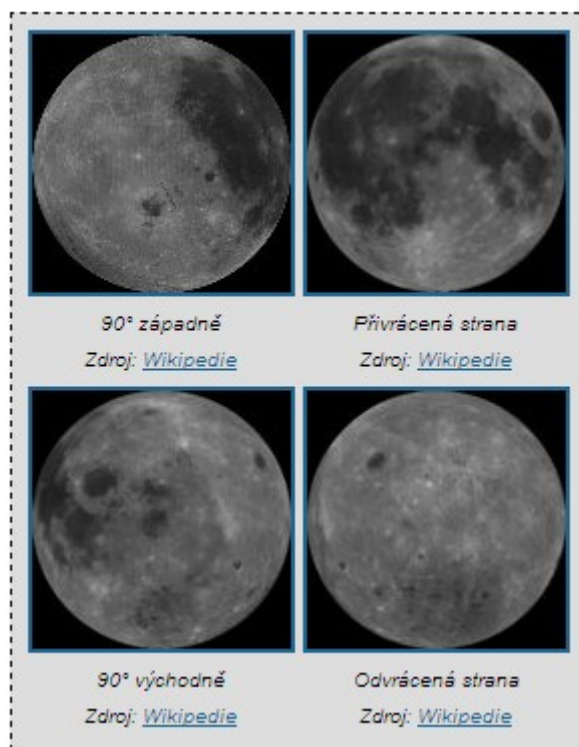


Obrázek 4.2: Obrázky oddělené od textu

V tomto systému neexistuje možnost zobrazení více obrázků najednou. Pokud chce (nebo musí) student porovnat dva nebo více obrázků, je tímto systémem nucen neustále překlikávat mezi jednotlivými obrázky. To je nepraktické, ale hlavně naprosto zbytečné.

Opět podle Mechlové [19] (strana 89) má optické dělení informace kladný vliv na přírůstek vědomostí studentů. Studentům se mnohem snadněji čte text, který je opticky dělen na odstavce a další části, než text, který se nachází v jednom dlouhém odstavci. Jak je patrné z obrázku 4.2 v pravé části obrazovky tohoto systému dochází k hromadění textu, který může být pro studenta velice těžko přístupný.

Ve svém systému tedy umožňuji vkládání obrázků přímo do textu. Je tím zajištěno optické dělení textu na menší části. Dále je možné umístit obrázek přesně na místo článku ke kterému přísluší. Student tak nemusí obrázek hledat a při čtení textu může mít náhled obrázku přímo před sebou.



Obrázek 4.3: Srovnávání obrázků

A konečně je také umožněno zobrazit více obrázků vedle sebe, což studentovi umožňuje jednoduše tyto obrázky srovnávat. Na obrázku 4.3 je ukázka ze studijního článku *Dvě tváře Měsíce*. V tomto článku si může student jednoduše srovnat čtyři po-

hledy na Měsíc z různých úhlů a okamžitě může porovnat odlišnosti mezi jeho přivrácenou a odvrácenou polokoulí.

4.2.1 Schémata

Kromě obrázků se v kurzu vyskytuje také větší množství schémat. Některá tato schémata jsou převzata z jiných stránek, ale většinu z nich jsem vytvářel v grafickém editoru GIMP. To mi dalo možnost volby jejich grafické podoby. Vždy, když se ve studijním článku nachází více schémat, jsou tato schémata tvořena dohromady tak, aby grafická podoba všech schémat byla konzistentní. Student může velice jednoduše zjistit, čím se dvě schémata představující podobné situace liší a čím jsou si naopak podobná. Jednotná podoba ilustračních schémat tak pomáhá studentům při tvorbě vlastních modelů situací.

4.2.2 Animace

Nedílnou součástí kurzu jsou i animace. Animace se mohou vyskytovat buď jako GIF soubory, které jsou začleněny přímo do kurzu (včetně náhledu a odkazu na verzi v plném rozlišení), nebo jako AVI soubory, na které vede hypertextový odkaz. Tento odkaz může být začleněn v textu (s příslušnou ikonkou) nebo může být vytvořen ve formě náhledu. Ve druhém případě se ale vždy u odkazu nachází upozornění na speciální typ odkazu a také na velikost celého souboru.

Poslední možností je začlenění animace, která se nachází na webovém serveru YouTube.com přímo do textu. Tato možnost je velice efektivní, protože na stránce se zobrazí pouze aktivní prvek s náhledem videa. Student si tedy může sám rozhodnout, zda chce video vidět a pouhým kliknutím je záznam spuštěn. Výhodné je i umístění přehrávače na webové stránce. Není tudíž třeba přecházet na jiný server. Data se začnou stahovat až po uživatelské akci.

4.3 Aktivita studenta

Pro distanční kurz je nejdůležitější vlastní aktivita studenta. Zatímco při klasické přednášce je jeho aktivita omezena na pouhé zapisování poznámek, je u distančního vzdělávání díky individuálnímu tempu každého studujícího možné vytvářet pro studenty speciální aktivity. Student by při těchto aktivitách měl zapojit vědomosti, které si v kurzu osvojil, a vlastní inteligenci. K tomu slouží úkoly a cvičení, které umísťují do většiny studijních článků.

4.3.1 Úkoly a cvičení

Úkoly a cvičení slouží k aktivizaci studenta. Student, který v textu k takovéto aktivitě dojde, by se nad zadáním měl zamyslet a pak, s pomocí informací obsažených v kurzu, by měl tento problém vyřešit.

Cvičení jsou zadávána jako problémové otázky, jejichž vyřešení by pro něj nemělo představovat žádný větší problém. Úkolem cvičení je tedy přednést studentovi problémovou úlohu, kterou by měl vyřešit, a svou verzi řešení prezentovat v diskusi. Diskutování o cvičeních používám jako skvělou příležitost, jak studenty zapojit do diskusí a jak je donutit prezentovat vlastní myšlenky.



Cvičení:

I v jiných jazycích existují podobná pravidla. Zkus najít pravidla alespoň v těch jazycích, kterými vládneš.

Výsledek:

Latina: Měsíc v tomto případě „lže“, protože latinská slova **C**resco – stoupat a **D**escendo – klesat znamenají podle pravidla opak skutečnosti. Když tedy měsíc připomíná písmeno C, měl by podle slova Cresco růst, ale ve skutečnosti se osvětlená část zmenšuje a naopak.

Angličtina: Protože používá převzatá slova z latiny, je v angličtině pravidlo obdobné jako v latině: **C**rescend – stoupat (Měsíc ve skutečnosti ubývá) a **D**escend – klesat (Měsíc na obloze roste)

Obrázek 4.4: Cvičení se zobrazeným výsledkem

Úkoly jsou studentům zadány jako samostatná práce, kterou po splnění odešlou vyučujícímu. Ten by po vyhodnocení úkolu měl studentům odeslat hodnocení použitého řešení. Úkoly slouží (společně s testy a ostatními aktivitami) jako hodnotící kritérium pro splnění celého kurzu.

Výsledky úkolů a cvičení jsou přístupné ve webovém rozhraní. Pokud má přihlášený uživatel administrátorská práva zobrazí se výsledek vždy společně se zadáním úkolu (obrázek 4.4). V případě, že uživatel administrátorská práva nemá, se žádné výsledky nezobrazí (obrázek 5.6 na straně 56).

4.3.2 Další materiály

Astronomie je vědní obor, který se neustále bouřlivě vyvíjí. Prakticky každý den jsou publikovány nové výzkumy, objevována nová tělesa nebo získány nové snímky meziplanetární sondou. Internet je k publikování těchto informací vhodný právě proto, že je velice jednoduché aktualizovat jednotlivé části podle nejnovějších poznatků. Tištěná kniha o astronomii z tohoto důvodu velice rychle stárne. Zvláště, zabývá-li se planetárním výzkumem, galaxiemi nebo kosmologií.

Není pochopitelně v mých silách okamžitě aktualizovat každý studijní článek podle nových výzkumů. Proto jsou součástí každého článku odkazy na další zdroje informací, kde student, který bude tyto zdroje využívat, narazí i na nejnovější informace z oboru. Předpokládám, že tyto novinky budou živě diskutovány v diskusích. Studenti tak budou zataženi do aktuálního dění v oboru.

4.4 Diskuse

Diskuse zabírá v mém distančním kurzu velice důležité místo. Předpokládám, že diskuse budou rozvíjet informace v kurzech. O každé planetě bude vytvořena samostatná diskuse, ve které se budou moci řešit i výsledky nejnovějších výzkumů a pozorování. Diskusní fórum bude moderátorovi kurzu sloužit také jako zpětná vazba.

Systém diskusních fór PhpBB je v současnosti velice používán. To je dáno tím, že celý systém je maximálně propracovaný. Dovoluje uživatelům vlastní nastavení barev a písem a administrátorům dovoluje komplexní správu uživatelských účtů i vlastních diskusí. Díky velkému rozšíření tohoto systému také stoupá pravděpodobnost, že student již s tímto systémem přišel do styku a že pro něj tedy nebude problém tento systém ovládat. Pro studenty, kteří nemají s diskusemi zkušenost, je připravena rozsáhlá nápověda, která vyřeší všechny technické i jiné dotazy.

4.5 Autotesty

Na konci každé kapitoly se nachází autotest. Autotest slouží k tomu, aby si student mohl sám ověřit nabyté znalosti. A posoudit, zda jeho zvládnutí kapitoly je pro něj dostatečné.

Země	Autotest
1. Země 2. Stavba 3. Hydrosféra 4. Magnetosféra 5. Atmosféra 6. Pohyb Země 7. Rotace 8. Charakteristika 9. Měsíc 10. Měsíční fáze 11. Dvě tváře Měsíce 12. Vznik Měsíce 13. Pohyby Měsíce 14. Librace Měsíce 15. Zatmění Měsíce 16. Zatmění Slunce 17. Slapové síly 18. Výzkum Měsíce 19. Program Apollo 20. Přistání na Měsíci 21. Charakteristika 22. Autotest	1. Měsíc se kolem své osy a) ☐ otáčí b) ☐ otáčí stejně rychle jako Země c) ☐ neotáčí 2. Kde se nachází severní magnetický pól? a) ☐ v blízkosti jižního geografického pólu b) ☐ v blízkosti severního geografického pólu c) ☐ na severním geografickém pólu d) ☐ na jižním geografickém pólu 3. Ze Země můžeme pozorovat a) ☐ nadpoloviční část povrchu Měsíce b) ☐ necelou polovinu povrchu Měsíce c) ☐ celý povrch Měsíce 4. K zatmění Měsíce dochází když je Měsíc a) ☐ v úplňku b) ☐ v novu c) ☐ v poslední čtvrti d) ☐ v první čtvrti 5. Měsíc vznikl a) ☐ jinak b) ☐ společně se Zemí c) ☐ samostatně

Obrázek 4.5: Autotest

Výsledek autotestu se nezapisuje do žádné databáze. Studenti kurzu by na tuto skutečnost měli být upozorněni, aby se nebáli špatných výsledků autotestů. V případě špatného výsledku stačí, aby si student kapitolu prošel znovu a zkusil autotest vyplnit ještě jednou.

V databázové tabulce se nacházejí otázky a odpovědi na základě kterých se autotest vytváří bez asistence vyučujícího. Za výhodou automatického vytváření autotestů považují to, že každý vygenerovaný autotest je jedinečný. Při jeho tvorbě se otázky, které přísluší k vybrané kapitole, vyberou z tabulky v náhodném pořadí. V tomto pořadí se posléze vypíší na obrazovku. V náhodném pořadí se také zobrazí možné odpovědi.

Země	
1. Země	Počet správných odpovědí je 12 Celková úspěšnost je 70.59 %.
2. Stavba	
3. Hydrosféra	1. V jakých výškách zemské atmosféry se nachází ozónová vrstva? 80–50 km
4. Magnetosféra	2. Který prvek je na Zemi nejvíce zastoupen? železo
5. Atmosféra	3. Jakou rychlostí se pohybují litosférické desky? centimetry za rok
6. Pohyb Země	4. Kde se nachází severní magnetický pól? v blízkosti jižního geografického pólu
7. Rotace	5. Jak vzniká magnetické pole Země? rotací zemského jádra
8. o Charakteristika	6. Zatmění Měsíce je zhruba stejně časté jako zatmění
9. Měsíc	7. K zatmění Měsíce dochází když je Měsíc v úplňku
10. Měsíční fáze	8. Měsíc v úplňku vychází večer
11. Dvě tváře Měsíce	9. Měsíc v první čtvrti z ČR vypadá jako písmeno D
12. Vznik Měsíce	10. Ze Země můžeme pozorovat nadpoloviční část povrchu Měsíce
13. Pohyby Měsíce	
14. Librace Měsíce	
15. Zatmění Měsíce	
16. Zatmění Slunce	
17. Slapové síly	
18. Výzkum Měsíce	
19. Program Apollo	
20. Přistání na Měsíci	
21. o Charakteristika	
22. Autotest	

Obrázek 4.6: Vyhodnocení testu

Tento způsob sestavování autotestů je výhodný protože zamezuje, nebo alespoň značně ztěžuje, opisování od jiných studentů. Nejen že má každý student jiné pořadí

otázek, ale má také jedinečné pořadí odpovědí. Je pochopitelné, že opisování tato vlastnost nezabrání, ale značně ji znesnadní.

Vyhodnocení autotestu probíhá automaticky. V databázové tabulce se nacházejí vždy tři nebo čtyři možné odpovědi, z nichž je vždy jedna správná. Protože se pořadí odpovědí v testu vytváří náhodně, nezáleží na pořadí odpovědí v databázi. Proto jsem systém vytvořil tak, že první odpověď je vždy považována za správnou.

Vyhodnocení probíhá ve dvou fázích. Nejprve se studentovi vypíše počet správných odpovědí a jeho procentuální vyjádření. Pod tímto výpisem se následovně nachází výpis všech otázek a odpovědí. V případě správné odpovědi se odpověď zobrazí zeleně. V případě špatné odpovědi se zadaná odpověď zobrazí červeně. V tomto případě se nezobrazí správná odpověď. Student si správnou odpověď musí zjistit sám. Její zobrazení by studentovi práci příliš ulehčilo a student by nebyl motivován k vyhledání správné odpovědi ve studijním článku.

V případě, že uživatel prochází variantu stránek určenou pro zrakově postižené, zobrazuje se kromě barvy i text „Zodpovězeno správně“ nebo „Zodpovězeno špatně“. Vše z důvodu, že ani Braillův řádek ani hlasové čtečky neumožňují rozpoznávání barev. Zrakově postižení by tak neměli šanci zjistit, zda byly jejich odpovědi správné či nikoliv.

5 Webová část

V této kapitole popíši teoretická východiska, která jsem při tvorbě své práce využíval. Při vytváření webového rozhraní i studijních aktivit jsem musel využívat poznatků z několika oborů. Především to byla pedagogika a zásady psaní učebních textů. Bohužel v současnosti neexistuje příliš literatury, která by se problematikou vytváření e-learningových kurzů zabývala. Jako základní dokumenty pro tuto část práce mi proto sloužila kniha [19] a distanční kurzy *Úvod do distančního vzdělávání 1* a *Úvod do distančního vzdělávání 2*, které jsem absolvoval v *Centru počítačové podpory výuky* na Západočeské univerzitě v Plzni.

Protože součástí mé práce je vytvořit webové rozhraní, které by vhodným způsobem pomáhalo studentům při učení, musel jsem využít i poznatků o správné tvorbě webových stránek. Díky bouřlivému rozvoji internetu v posledních patnácti letech byla vypracována pravidla, která by se měla používat při tvorbě uživatelsky přívětivých stránek.

5.1 Zásady tvorby webových stránek

Webdesign je v současné době velice důležitý obor, který se zabývá správnou tvorbou webových stránek. Samozřejmě i já jsem využíval zásad a pravidel, která tento obor vypracoval. V několika následujících kapitolách se zmíním o těch, které považuji za nejdůležitější. Při této práci jsem nejvíce využíval knihy [20] a její rozšířené verze v angličtině [21].

5.1.1 Rozvržení

Rozvržením stránek rozumím rozmístění základních prvků. Z tohoto hlediska rozeznávám ve shodě s [20] několik typů stránek. Jako první a základní typ je to domovská stránka. To je stránka, na které se student může přihlásit a získat základní informace o účelu stránek a struktuře kurzů. Dále to jsou obsahové stránky, kde jsou studentům prezentovány informace a úkoly. Jako třetí typ používám administrační stránky, které slouží administrátorům kurzů pro jejich úpravu. Na tyto stránky se běžný uživatel nemůže dostat a tomu také odpovídá jejich jednoduchá grafická úprava.

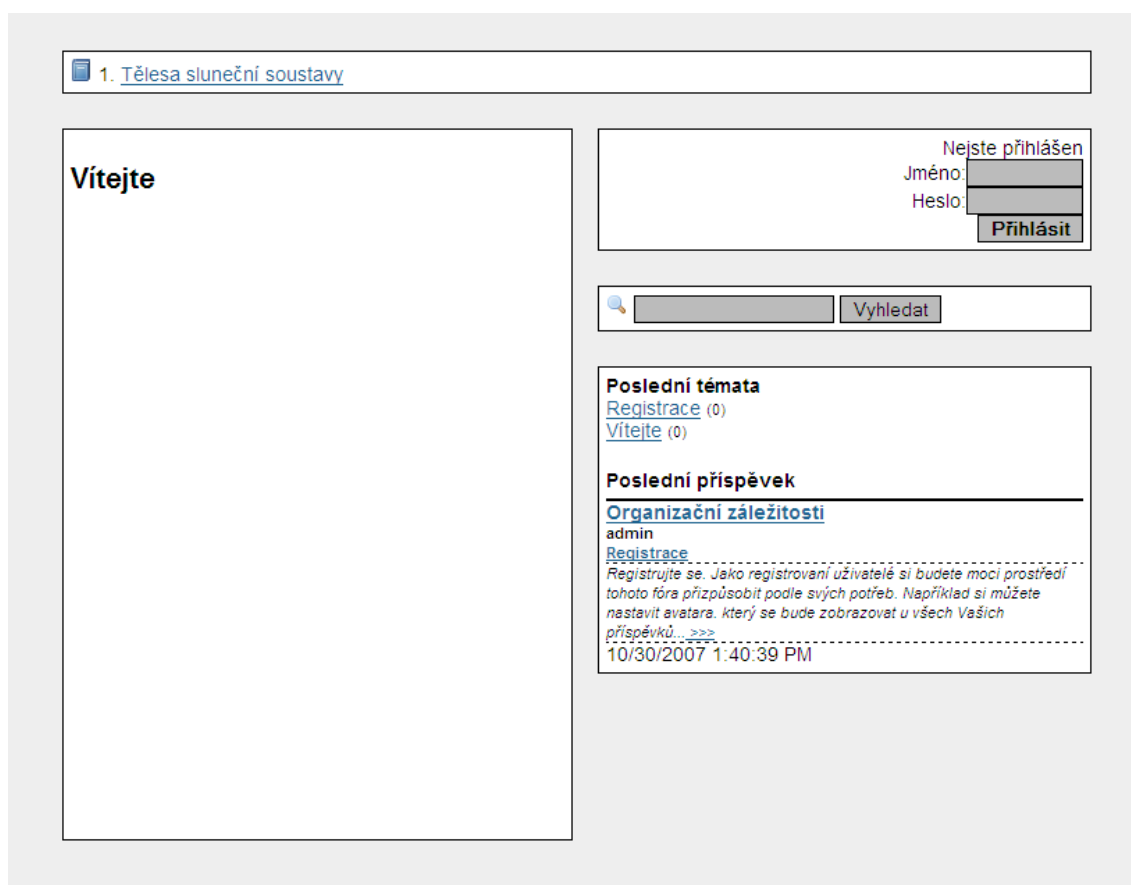
5.1.1.1 Domovská stránka

Domovská stránka je první stránkou, kterou student navštíví. Je to stránka, která by měla obsahovat základní informace o webovém serveru v co nejstručnější formě. Uživatel, který takovouto stránku navštíví, by měl být schopen co nejrychleji odhadnout funkci celého serveru a měl by být schopen co nejjednodušeji pokračovat.

Domovská stránka slouží především k přihlášení uživatele. Každý uživatel, který tuto stránku navštíví, je před pokračováním vyzván k přihlášení. Toto opatření vzniklo proto, aby byla účast v kurzu a v diskusích umožněna pouze studentům, kteří tento kurz studují.

Pro přihlášení je v pravém horním rohu jednoduchý přihlašovací formulář. Po jeho vyplnění a potvrzení se student opět dostane na domovskou stránku. Tentokrát je mu však umožněno pokračovat. Uživatelům, kteří jsou zároveň administrátory, se na domovské stránce zobrazuje také odkaz, kterým mohou přejít do administračního rozhraní. Domovská stránka by se podle [20] měla svojí strukturou odlišovat od stránek ostatních.

Toto platí i v mém webovém rozhraní. Protože je možné do systému vložit vícero kurzů, obsahuje tato stránka obsahy pouze na jednotlivé kurzy a ne na jejich části. Obsahuje tedy pouze jednu navigační lištu, která je ve shodě s obsahovými stránkami umístěna v záhlaví stránky. Rozvržení této stránky je patrné z obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Rozvržení domovské stránky

Podle knihy [18] je nejdůležitější částí práce web designéra starost o to, aby stránky, které vytvoří, *nenutily uživatele přemýšlet*. Neznamená to, že student mého kurzu nebude muset přemýšlet nad informacemi obsaženými v kurzu, právě naopak. Znamená to však, že student nebude muset přemýšlet nad cestami, jak se k požadovaným informacím dostat. Vše na domovské stránce je přesně tam, kde by to student očekával (platí to samozřejmě i o ostatních obsahových stránkách). Proto všechna jsou menu vždy přístupná a student se po přihlášení může maximálně třemi kliknutími dostat na stránku požadované studijní aktivity.

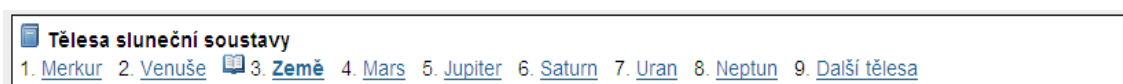
Dále je v souladu s *principem tři kliknutí* z domovské stránky možno vstoupit přímo do diskuse. K tomu slouží část stránky, která vypisuje poslední dění v diskusi. Díky tomuto prvku je studentovi při vstupu do systému umožněno jednoduše prohlédnout poslední založená témata a také poslední příspěvek. To znamená, že každý student je hned

při vstupu zatažen do diskuse a je zvětšena pravděpodobnost, že se student diskuse také zúčastní.

Na domovské stránce je také umožněno vyhledávat zadaná slova ze všech kurzů. Pro tyto účely je na domovské stránce umístěn formulář pro vyhledávání.

5.1.1.2 Obsahové stránky

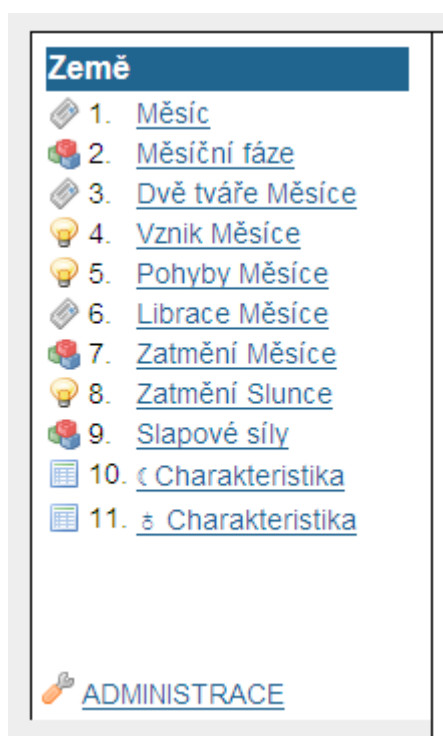
Obsahové stránky se od domovské stránky liší především svým účelem. Slouží k předávání informací studentům a k jejich jednoduché navigaci. Z tohoto důvodu každá taková stránka obsahuje dvojici navigačních menu.



Obrázek 5.2: Hlavní navigační menu (aktivovaná je kapitola Země)

Hlavní navigační menu (obrázek 5.2) slouží k přechodům mezi jednotlivými kapitolami kurzu. Toto menu je vodorovně umístěno v záhlaví stránky, takže je vždy umístěno nad ostatním textem. V první řádce je vypsán celý název kurzu. Před názvem celého kurzu je zobrazena ikonka knihy. Hlavní menu také obsahuje číselný seznam všech kapitol kurzu. Kapitola, která je právě čtena, je zvýrazněna vytučením svého názvu a ikonkou, která zobrazuje knihu otevřenou.⁷ Tímto jednoduchým způsobem je student neustále informován o kapitole, ve které se právě nachází.

⁷ Díky ikonkám zavřené a otevřené knihy je celý kurz představen jako kniha a kapitoly kurzu mají úroveň kapitol v knize. Jednotlivé studijní aktivity jsou pak odstavci nebo stránkami každé kapitoly.



Obrázek 5.3: Vedlejší navigační menu v kapitole Země

Vedlejší navigační menu (obrázek 5.3) se nachází v levé části okna. V tomto menu je znovu vypsán název kapitoly následovaný seznamem studijních aktivit. Tento seznam je také číslovaný a před každou studijní aktivitou je umístěna ikonka, která symbolizuje její typ. Student je tak informován o požadované aktivitě ještě před tím, než do této aktivity vstoupí.⁸

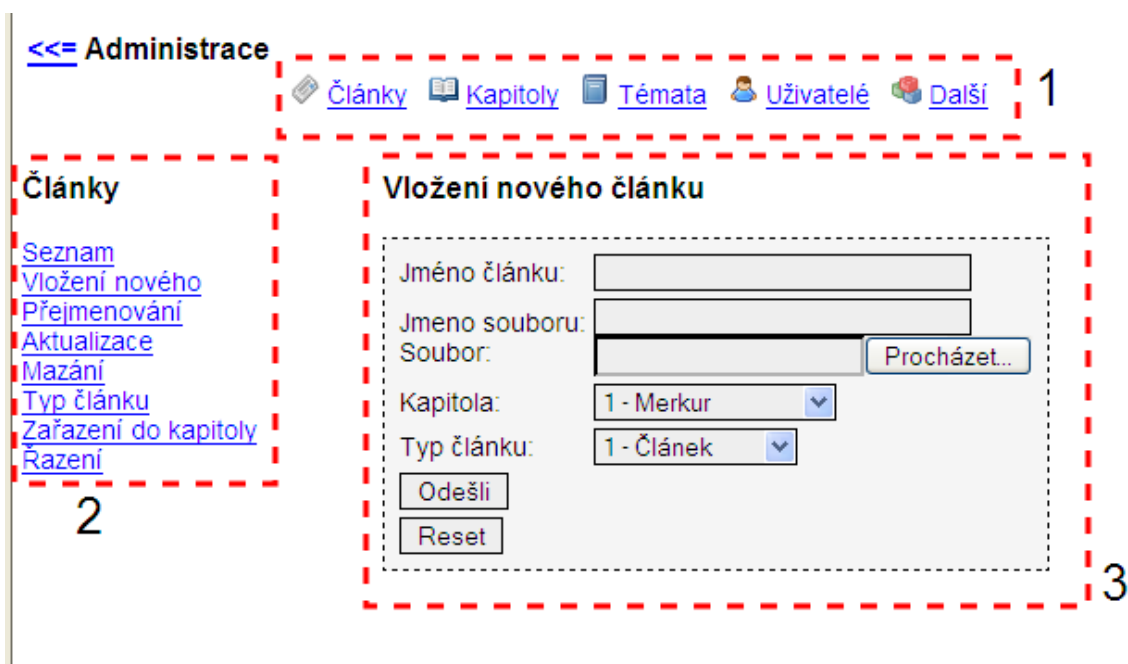
V pravé horní části každé stránky je také zobrazen přihlašovací formulář. V tomto případě je však reprezentován pouze tlačítkem *Odhlásit* a jménem přihlášeného uživatele. V případě odhlášení uživatele je stránka automaticky přesměrována na domovskou stránku (jediná stránka, kterou může vidět nepřihlášený uživatel).

Celý zbývající prostor všech obsahových stránek zabírá studijní aktivita (nejčastěji studijní článek). Je to nejdůležitější část každé stránky a její umístění tomu pochopitelně odpovídá. Nachází se pod hlavní navigační lištou. Její šířka je podle typografických

⁸ Pokud je přihlášený uživatel v seznamu administrátorů kurzu, je mu v tomto menu zobrazen i odkaz pro vstup do administrátorského rozhraní. Je to výhodné především při vývoji kurzu nebo při jeho úpravách.

pravidel (kapitola 2.6.1, strana 57) pevně dána a její délka se mění podle délky studijního článku.

5.1.1.3 Administrační rozhraní



Obrázek 5.4: Administrační rozhraní

Rozvržení administračního rozhraní je obdobné jako rozvržení obsahových stránek. Nachází se zde hlavní i vedlejší navigační menu i oblast, kde se zobrazují různé informace o struktuře kurzu. Hlavní navigační menu se opět nachází v záhlaví stránky. Obsahuje seznam všech úrovní kurzu s příslušnými odkazy. Vedlejší navigační menu obsahuje seznam vytvořený podle vybrané úrovně kurzu. V tomto seznamu je pak možné vybrat různé úpravy struktury kurzu.

Administrační rozhraní jsem navrhoval tak, aby bylo maximálně účelné a jednoduché, takže se v něm nachází minimum grafických prvků a barev. Rozvržení administračního rozhraní je patrné z obrázku 5.4. Vyznačená oblast 1 je hlavní navigační menu a oblast 2 je vedlejší navigační menu. V oblasti 3 se zobrazují formuláře pro úpravu struktury kurzu.

5.1.2 Barvy a ohraničení

Barvy jsou velmi důležitou součástí každé webové stránky. Každá stránka používá vlastní kombinaci barev, která je pro ni typická. V případě mých stránek jsem se snažil vytvářet barevné schéma tak, aby bylo elegantní a nijak neodvádělo pozornost studentů od informací.

5.1.2.1 Stránky pro studenty

Na stránkách, které budou studenti navštěvovat, jsem zvolil jednoduchou kombinaci bílé, světle šedé a černého textu. Bílé pozadí se nachází všude, kde se vyskytuje nějaký text. Je tak zaručen maximální kontrast mezi textem a pozadím, což podle [22] umožní nejlepší čitelnost i pro zrakově postižené studenty. Základní pozadí stránky (tam, kde se nevyskytuje žádný text) je světle šedé a jednoduše tak vyčleňuje informační části stránky od částí, na nichž žádné informace nejsou.

Aby nebyly všechny stránky jen šedo-bílé, některé jejich důležité prvky jsem zvýraznil ještě další barvou. Tuto barvu jsem vybral na základě nového loga katedry obecné fyziky, které je bledě modré. Přesný RGB kód této barvy je zapsán v tabulce 5.1. Tuto barvu jsem používal u všech odkazů, takže pro uživatele není problém odkazy v textu odlišit. Dále jsem tuto barvu použil do záhlaví tabulek, kde mají také za úkol odlišit ho od ostatních buněk.

Další odstíny šedé jsou použity pro tlačítka a pro označení řádků tabulek. Zkušenost totiž ukazuje, že u rozsáhlejších tabulek je dobré naznačit hranice jejich buněk, protože se tak zlepší jejich čitelnost.

<i>Barva</i>	<i>Kód (RGB)</i>	<i>Použití</i>
Bílá	FFFFFF	Pozadí oken s textem
Černá	000000	Text, ohraničení oken a tabulek
Šedá	EEEEEE	Pozadí stránky
Šedá	BBBBBB	Tlačítka formulářů
Tmavě šedá	F5F5F5	Pozadí tabulek

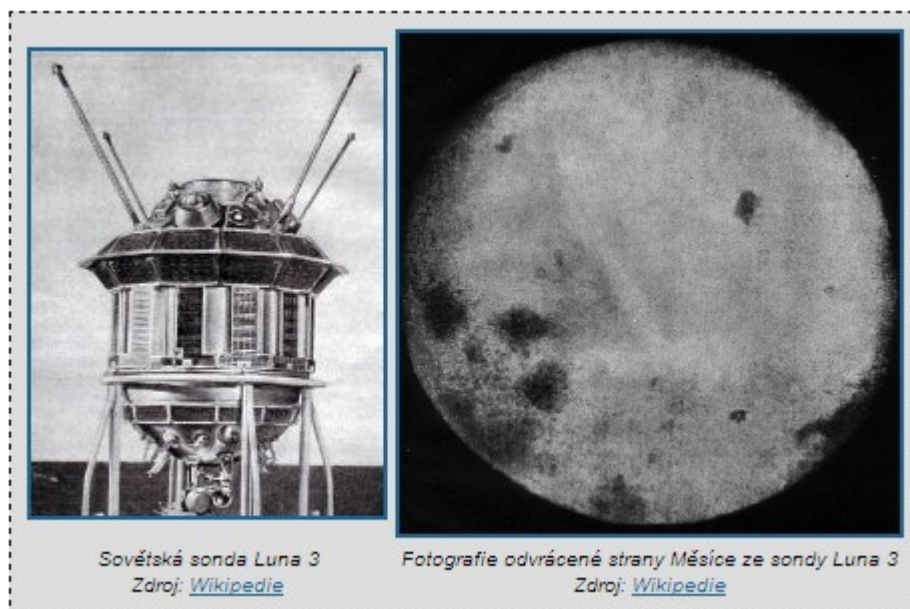
<i>Barva</i>	<i>Kód (RGB)</i>	<i>Použití</i>
Tmavě šedá	999999	Ohraničení řádků v tabulkách
Bledě modrá	206490	Odkazy, záhlaví tabulek

Tabulka 5.1.: RGB kódy použitých barev

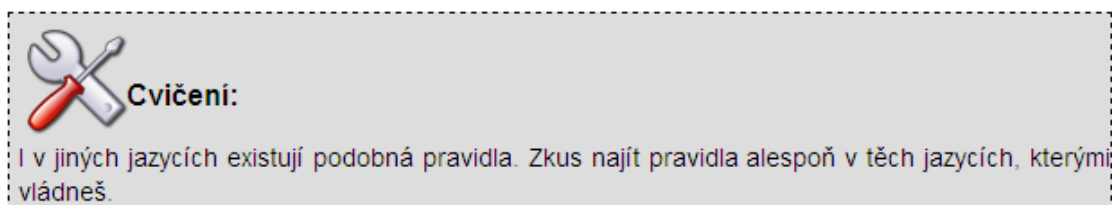
RGB kódy barev, které jsou na stránce použity jsou i s popisem použití vypsány v tabulce 5.1.

5.1.2.2 Obrázky, cvičení a úkoly

Za jeden z nejdůležitějších prvků ve studijních článcích považují obrázky, cvičení a úkoly. Tomu odpovídá způsob jejich označení. Všechny uvedené prvky umísťují do ohraničené oblasti, která je vyplněná šedou barvou lehce kontrastující s bílým pozadím textu. Navíc je vyplněná oblast ohraničena černou přerušovanou čarou. Tímto způsobem dojde k jednoduché identifikaci těchto všech částí. Jako popis každého obrázku se ve vyznačené oblasti nachází jméno obrázku s krátkým popisem a odkaz na zdroj obrázku. Některé související obrázky je možné vložit do jedné tabulky a umístit je tak vedle sebe, jako je to ukázáno na obrázku 5.5.

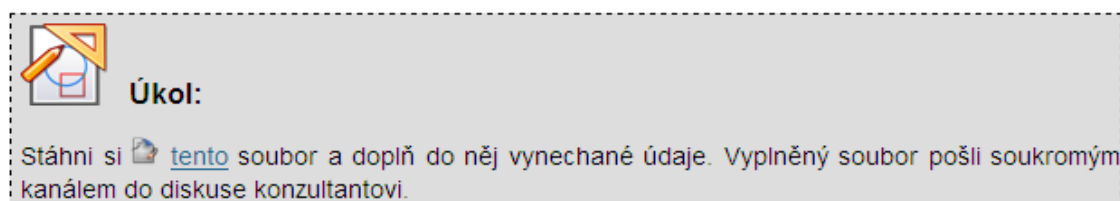


Obrázek 5.5: Obrázky v textu



Obrázek 5.6: Cvičení

U cvičení a úkolů je důležitost těchto aktivit naznačena ještě velkou ikonkou, která se zobrazuje v levém horním rohu vyznačené oblasti. Tyto ikonky jsou různé pro obě aktivity a dovolují tak jednoduché rozlišení. Každý z typů těchto aktivit totiž předpokládá jiný přístup studenta (kapitola 4.3.1, strana 43). Na obrázcích 5.6 a 5.7 jsou příklady obou uvedených aktivit ukázány.



Obrázek 5.7: Úkol

5.1.2.3 Administrační stránky

Stránky sloužící k administraci kurzů jsem i co se barevného schématu týče pojal co nejjednodušeji. Pozadí všech stránek je čistě bílé, odkazy jsou obyčejnou modrou barvou (RGB vyjádření 0000FF) a text je černý. Tam, kde to bylo možné, jsem formuláře vložil do podobných zvýrazněných polí jako cvičení a úkoly z předchozí kapitoly.

5.1.2.4 Tisk

Každá studijní aktivita obsahuje možnost jejího vytištění. Nejrozšířenější jsou černobílé laserové tiskárny, a proto jsou stránky určené k vytištění převedeny do černobílého barevného schématu. V případě tisku dále není třeba zvýrazňovat podtržením hypertext-

tové odkazy. Toho je docíleno speciálním stylem (*styly_tisk.css*), který jak text, tak odkazy zobrazuje černou barvou.⁹

U textových hypertextových odkazů je navíc zrušeno podtržení, které nemá u tištěné verze stránek opodstatnění. Jako informace pro studenta zbývá před každým odkazem grafická ikonka, která studenta upozorňuje na přítomnost hypertextového odkazu v on-line verzi stránky a ukazuje, na jaký typ informací tento odkaz vede.



Obrázek 5.8: Zvýrazněné tlačítko pro přípravu stránky k tisku

Stránka se k tisku připraví stiskem ikonky v pravém horním rohu bloku se studijní aktivitou (obrázek 5.8).

5.1.3 Text

Typografické zásady pro psaní textu jsou v [20] zmíněny v kapitole 12. Typografie je v tomto případě velice užitečná, protože pomáhá vytvořit grafickou stránku textu takovým způsobem, který je optimální z hlediska čtenáře. Pomáhá vybrat správný styl písma (font), nastavit správné řádkování a délku odstavce. Správný výběr těchto atributů textu je důležitý pro jednoduchou orientaci v textu a pro bezproblémové učení se z psaného textu.

5.1.3.1 Odstavce

Délka řádku by podle [20] měla být v délce mezi 50 až 70 znaky, nebo přibližně 7 až 15 slovy. Proto jsem rozměry hlavního okna volil tak, aby při zadané velikosti textu byla v průměru dosažena horní hranice (zhruba 15 slov na řádek). Je tak zajištěna lepší

⁹ Obrázky jsou ponechány v původní barevnosti. O jejich převod do černobílého schématu se stará ovladač tiskárny.

čitelnost textu. V případě delších řádků je pro čtenáře velice těžké orientovat se v toku textu a čtenář se může jednoduše ztratit mezi řádky.

Výška řádku v odstavci se pro delší texty doporučuje zvětšit. V normálním případě se používá jednoduché řádkování. Pro delší texty se však doporučuje výšku řádku zvětšit až na 150 % oproti normální výšce. Toto zvětšení pomáhá při čtení textu tak, že čtenář se lépe orientuje mezi řádky a dokáže tak bez problémů navazovat při přechodu na jinou řádku. Čím je řádka delší, tím větší by měly být mezery mezi nimi. Ve webovém rozhraní proto používám pro navigační menu klasické jednoduché řádkování a pro textové informace ve studijních článcích používám řádky zvětšené na 130 % základní velikosti (tato velikost se určuje podle velikosti písma).

Ve většině literatury včetně [20] se doporučuje používat zarovnání vlevo. V tomto případě jsem se rozhodl jít proti doporučením a texty zarovnávat do bloku. Podle mého názoru je takto zarovnaný text kompaktnější a působí na čtenáře lepším dojmem. Zarovnávat text do bloku si mohu dovolit, protože délka řádků je dostatečně velká na to, aby se do jednoho řádku vešlo více slov. Zarovnání do bloku se docílí zvětšením mezer mezi slovy. V tomto případě, tedy při delších řádcích, jsou v průměru mezery zvětšeny jen nepatrně. To zmenšuje pravděpodobnost velmi velkých mezer mezi slovy, které naopak čtení textu výrazně zhoršují.

Jediným prvkem na tiskové stránce je studijní článek. Při tisku dojde k odeslání stránky na tiskárnu, kde se nastaví délka řádku tak, aby se veškerý text vešel na papír. Toto se provádí nezávisle na šířce odstavce, proto není nutné ji v prohlížeči nijak nastavovat. Jediným prvkem odstavce, který pro tiskové stránky nastavuji, je výška řádku. Pro tištěný text se v [20] doporučuje volit jeho velikost ještě větší než v případě online textu, a proto jsem jeho velikost nastavil na 150 % standardního řádkování.

5.1.3.2 Font

Pro text jsem zvolil, v současnosti velice moderní, bezpatkové písmo *Arial*. V případě, že se na počítači toto písmo nenachází, je automaticky použito další bezpatkové

písmo *Verdana*. Pokud by se na počítači nenacházelo ani toto písmo, použije se systémový font z rodiny *sans-serif*, který se musí nacházet na každém počítači.

Na tiskové stránce je použit základní patkový font *Times New Roman*, který je pro tištěné informace obecně vhodnější.

5.1.4 Obrázky

Podle hesla: „*Jeden obrázek je lepší než tisíc slov*“ se ve svých kurzech snažím o zařazení co největšího počtu obrázků. V kurzu, který se zabývá tělesy sluneční soustavy, je důležitost obrázků ještě vyšší. Se zlepšující se kvalitou pozemských dalekohledů a se zvětšujícím se počtem meziplanetárních sond je množství vysoce kvalitních obrázků obrovské. Byla by chyba této možnosti nevyužít.

Kromě zařazování vybraných obrázků do kurzů se snažím do studijních článků vkládat i odkazy na další webové stránky s obrázky. Považuji totiž za správné uvést ty nejzajímavější a nejnázornější obrázky přímo v kurzu, ale přílišné množství obrázků by na druhou stranu mělo negativní efekt na další textové informace. Došlo by k jejich zahlušení.

5.1.4.1 Velikosti obrázků

Se stoupající kvalitou záznamových zařízení na meziplanetárních sondách stoupá i výsledné rozlišení jejich obrázků. Tyto obrázky jsou natolik velké, že v plném rozlišení není možné jejich umístění do studijního článku. Proto každou takovouto fotografii zmenšuji na velikost náhledu a nabízím hypertextový odkaz na její verzi v plném rozlišení.

Velikost výsledného náhledu tvořím s ohledem na šířku sloupce textu tak, aby tento byl o něco menší. U obrázků, jejichž základní poměr stran je 4:3, jsem zvolil velikost náhledu 240x180 pixelů (obrazových bodů). U obrázků s jiným poměrem stran ponechávám šířku náhledu na 240 pixelech a výšku dopočítám podle jejich poměru (u obrázků s poměrem 1:1 je tedy velikost náhledu 240x240 pixelů). Tato velikost náhledu je

kompromisem mezi detailností obrázku a jeho rozměry. Pouze u některých obrázků, jejichž původní formát je jiný než uvedené, se může objevit jiné rozlišení a jiný poměr stran.

Ilustrace, které sám vytvářím v programu GIMP, mají základní rozlišení 640x480 pixelů. Tato velikost je dostatečná pro zobrazení detailních popisků a zároveň je výsledný obrázek natolik malý, že jej celý lze bez problémů zobrazit i na počítačích s nízkým rozlišením obrazovky. Náhledy těchto obrázků jsou opět zmenšeny na 240x180 pixelů.

Každý obrázek je také vybaven popiskem, který stručně vysvětluje, co je na obrázku znázorněno. Tyto popisky jsou důležité pro správnou orientaci studenta v textu, který se na tyto obrázky odvolává. Také pomáhají studentovi, který si pouze prohlíží text, v pochopení významu a obsahu obrázků bez nutnosti pročítat celý studijní článek.

5.1.4.2 Grafické prvky

V textech studijních článků, ale i v samotném webovém rozhraní, používám malé grafické prvky, které nazývám *ikonky*. Tyto prvky jsou používány převážně před všemi typy odkazů. Jsou použity před odkazy v navigačních menu, ale i před odkazy ve studijních článcích. Ikonky jsou malé obrázky o velikosti 16x16 pixelů, což jim dovoluje bezproblémové začlenění do textu. Ikonka nijak nezvětší šířku řádku a nerozbije tak tok textu.

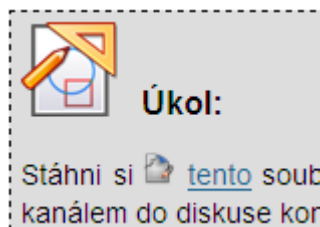
u se říká **pás totality**. Pokud se pozoro
Na tomto odkazu naleznete mapu pě
dní Evropě  [11. srpna 1999](#). Vidíte, ž

Obrázek 5.9: Zvýraznění odkazu

Úkolem ikonky je předně zdůraznit odkaz. Vždy, když student v textu narazí na odkaz, je tento zdůrazněn změnou barvy oproti ostatnímu textu, podtržením a dále i ikonkou.

Ikonky mají ale hlavně funkci upozornění na typ odkazu. Obrázek ikonky se liší podle toho, zda následující odkaz vede na webovou stránku, obrázek nebo externí doku-

ment. V případě dokumentu je student ještě před otevřením informován o jeho typu (zda se jedná o textový dokument nebo o tabulku). Tato funkce ikonek je patrná z obrázků 5.9 a 4.4.



Obrázek 5.10: Odkaz na soubor typu .odt

Další funkce ikonek nastává při jejich použití ve vedlejším navigačním menu v obsahových stránkách. Zde je před každým studijním článkem zobrazena ikonka, která odpovídá typu studijní aktivity. Student je tak předem informován o tom, zda se ve studijních článcích nacházejí úkoly, cvičení, tabulky nebo testy.

5.2 Přístupný web

Přístupný web je takový, který je přístupný pro všechny uživatele internetu bez ohledu na jejich zdravotní stav nebo technické vybavení. Při tvorbě webového rozhraní i při vlastní tvorbě kurzu jsem se řídil pravidly, které jsou vytvořeny pro účely novely zákona 365/2000 Sb. o informačních systémech veřejné správy.

Jedinou knihou, která se na českém trhu problematikou tvorby přístupného webu zabývá, je kniha [22]. V této knize je podrobně rozepsána problematika přístupnosti webových stránek specifickým uživatelům. Pojem specifický vyjadřuje, že se nejedná pouze o zdravotně handicapované uživatele, ale i o uživatele s jiným než většinovým operačním systémem nebo prohlížečem a také s jiným zobrazovacím zařízením než počítač (PDA, SmartPhone apod.). Všechna pravidla jsou v základní i rozšířené formě součástí webového dokumentu [23].

```

http://localhost/admin/index.php Studijní materiály <p1 of 2>
INDEX Zpet na index
Ikona admin
Odhlásit
Telesa sluneční soustavy
Aktivní kapitola 1. Merkur 2. Uenuse 3. Zeme 4. Mars 5. Jupiter 6. Saturn 7.
Uran 8. Neptun 9. Dalsí telesa
Merkur
1. Merkur
2. Povrch
3. Unitrní struktura
4. Magnetosféra
5. Rotace
6. Trajektorie
7. Úzkum Merkuru
8. &#9791; Charakteristika
ADMINISTRACE
Tisk Uyhledávání

Merkur

Merkur je první a nejmenší planeta sluneční soustavy. Je dokonce mensí nez dva mesíce
(Ganymed u Jupitera a Titan u Saturnu), i kdyz jeho hmotnost je vetsí nez hmotnosti techto
mesícu. První záznamy o pozorování pocházejí již ze třetího tisíciletí pred Kristem, kdy
byla tato planeta pozorována Babylonany. Římané ho pojmenovali podle boha Mercuria, který
byl římským bohem obchodu. U ostatních kulturách byla tato planeta nazývána například jako
Hermes (Řekové), Nahu (Babylonané), Buddha (Indové), Úodní hvezda (Čínané, Korejci,
Japonci a Vietnamci) nebo Hvezda tepla u Hebrejcu. Rectí astronomové az do pátého století
pred nasím letopoctem považovali tuto planetu za dve telesa. Jedno se objevovalo ráno a
druhé vecer. Teprve pozdeji byla obe tato telesa identifikována jako jedno. U římské
kulture byl díky svému rychlému pohybu na obloze považován za posla bohu. Proto je
Mercurius vyobrazován s okřídlenými botami.

Buh Mercurius se s okřídlenými botami
Mercurius
Zdroj: Wikipedie

Merkur obíhá ze vsech planet nejbliže Slunci, takže na jeho povrch dopadá nejvíce tepelné
energie ze vsech planet. Jeho povrch se tak díky Slunci zahřívá na obrovské teploty. Na
denní strane teplota stoupá az k 427 °C. Nocní strana se ochladí az na -173 °C. Tento
obrovský rozdíl má dve príčiny. Jednak je to extrémne slabá atmosféra, která není schopna
část tepla zadržet a ohřívát jím i nocní stranu (tak, jak se to deje u Zeme a Uenuse),
jednak je to pomalá Merkurova rotace (o té se dozvíte více v článku Rotace).

Srpek Merkuru Povrch Merkuru
Merkur z pohledu sondy Mariner 10
Obrázek Velké rozlišení 2.5 MB
Zdroj: Wikipedie Povrch Merkuru
Zdroj: NASA

<NORMAL LINK> Use right-arrow or <return> to activate.

```

Obrázek 5.11: Výstup z textového prohlížeče Lynx

Abych se mohl přesvědčit o správné struktuře a přístupnosti pro zrakově i jinak postižené, věnoval jsem se kontrole stránek pomocí textového prohlížeče Lynx (obrázek 5.11). Tento jednoduchý prohlížeč funguje pouze na bázi textu, který zobrazí bez jakéhokoliv formátování, obrázků, stylů nebo grafických prvků. Pomocí tohoto prohlížeče je tedy možné nahlédnout na web podobně, jako to dělají zrakově postižení. Jediným rozdílem je, že jejich přístup je omezen ještě tím, že veškeré informace čerpají pouze z Braillova řádku nebo z hlasové čtečky.

Strukturu stránek jsem tedy přizpůsoboval tak, aby byla dobře čitelná i v tomto prohlížeči. Ukázka výstupu z tohoto prohlížeče je na obrázku 5.11. Z obrázku je patrné, že výsledná stránka má jasnou strukturu i v tomto jednoduchém podání. Různé barvy textu odpovídají ve výhradně textovém podání nadpisům a hypertextovým odkazům. Situace

nevidomých uživatelů je v tomto případě ještě složitější, protože pochopitelně nemohou rozlišovat barvy ani nemohou stránku číst v celku, ale pouze po řádcích.

Jako další prvek pro lepší zpřístupnění specifických uživatelů důsledně uvádím u každého obrázku jeho textovou alternativu. Tento krátký popis se zobrazí jednak zrakově postiženým uživatelům, ale také uživatelům, kteří z různých důvodů nechtějí nebo nemohou na svém přístroji zobrazovat obrázky. Těmito důvody mohou být například pomalá rychlost připojení, platba za přenesená data, malý nebo černobílý monitor.

Dalším prvkem, který důsledně používám, a který ocení především uživatelé s placeným připojením k internetu, je označování velkých souborů. Pokud některý odkaz vede na soubor, jehož velikost je větší než 200 kb, je na tuto skutečnost uživatel předem upozorněn. Vyhne se tak náhodnému kliknutí na odkaz k souboru, jehož stažení je pro jeho zařízení příliš náročné.

5.3 Verze pro zrakově postižené

Během testování systému zrakově postiženými jsme přišli na několik problémů, které byly při studiu článků pro zrakově postiženého komplikací. Za pomoc v této části mé práce bych chtěl poděkovat Jaroslavovi Tichému, který mi pomohl s vyhledáváním problematických míst.

Aby se předešlo problémům při studiu ilustrací, jsou ilustrace vždy popsány v textu a je dále zobrazen jejich rozsáhlý popis jako alternativní text¹⁰. Problémy s obrázky ale nebyly jediné, na které jsme narazili.

Další problémy spočívaly při zobrazování vzorců a astronomických symbolů Unicode. I když všechny symboly mají svá jména, hlasová čtečka je ignoruje a uživatel tedy

¹⁰ Alternativní text je atributem obrázku v jazyce HTML. Zobrazuje se v případě, že obrázek není dostupný, uživatel má zobrazování obrázků zakázáno nebo v případě, kdy uživatel nepoužívá grafické rozhraní. Tento atribut je často používán jako způsob, jak informovat o obsahu obrázku právě zrakově postižené uživatele.

neví, že se v textu nějaký symbol nachází. Hlasová čtečka si také neporadí se vzorci a především s mocninami. Objeví-li se v textu například hodnota rovnickového průměru planety Merkur, který je $2,439 \cdot 10^3$ kilometrů, přečte hlasová čtečka zápis 10^3 jako „sto tři“. Stejně problémy má i Braillův řádek. Jako jedno z řešení této situace je neuvádět podobné hodnoty v tomto formátu, ale jako 2 439 kilometrů. S tímto zápisem již hlasová čtečka problém nemá. Problém ale nastává například u hodnoty hmotnosti planety, kde je exponent 24. Výsledná hodnota by tedy měla 24 cifer. To je ale nepřijatelné pro přehlednost.

Další řešení této situace by bylo namluvení tabulky do zvukového souboru, který by si uživatel mohl přehrát. Zde jsme ale narazili na technické možnosti, protože kvalitní namluvení vyžaduje kvalitní záznamovou aparaturu, odhlučněnou místnost a další prostředky, které nejsou běžně k dispozici. Proto jsem se rozhodl vytvořit alternativní verzi stránek, která tyto problémy bude odstraňovat. Na hlavní stránce je v poli pro přihlášení odkaz, jímž se studenti mohou do této verze stránek přepnout.

Vše vypadá naprosto stejně jako při prohlížení klasické verze. Jedině prvky, které jsou problematické, se zobrazují jiným způsobem. U Unicode symbolů se v místech, kde nesou význam, zobrazuje jejich popis a u vzorců a mocnin jejich slovní přepis. Místo $2,439 \cdot 10^3$ km se tedy zobrazí „2,439 krát deset na třetí kilometrů“. S tímto zápisem již žádné hlasové čtečky problém nemají.

Vložení alternativního textu se v článku provede velice jednoduše. Pro zadání průměru Merkuru, který se normálně zobrazí s mocninou a alternativně textově, stačí kamkoliv do textu článku zadat textový řetězec:

```
2,439 7###tyflo#&middot;10<sup>3</sup> km,krát deset na třetí kilometrů#tyflo###
```

Proměnná část je uzavřena mezi značkami `###tyflo#` a `#tyflo###`¹¹. Nejdříve je vpsán text, který se zobrazí v klasické verzi stránek, a za čárkou se nachází jeho alternativní varianta pro zrakově postižené.

¹¹ Jméno značky `###tyflo#` vychází z řeckého slova Tyflos – slepý. Toto slovo se používá jako základ vědních disciplín a středisek, která se zabývají pomocí zrakově postiženým.

Charakteristika	
Objev	
Počet měsíců	0
Průměrná vzdálenost od Slunce	57 909 175 km (0,387 098 93 AU)
Perihel	46 000 000 km (0,307 5 AU)
Afel	69 820 000 km (0,466 7 AU)
Rovníkový průměr	4 879 km
Rovníkový obvod	15 329 1 krát deset na třetí kilometrů
Objem	60,827 2 krát deset na devátou kilometrů krychlových
Hmotnost	0,330 22 krát deset na dvacátou čtvrtou kilogramů
Hustota	5 427 kilogramů na metr krychlový
Povrch	74,8 krát deset na šestou kilometrů čtverečních
Gravitační zrychlení na rovníku	3,7 metrů za sekundu na druhou
Úniková rychlost	4 250 metrů za sekundu
Siderický den	58,646 dní (1 407,5 hodin)
Siderický rok	0,241 roku (87,97 dne)
Orbitální rychlost	47 872,5 metrů za sekundu
Numerická excentricita dráhy	0,205 630 69
Sklon od ekliptiky	7°
Sklon osy rotace	0°
Orbitální obvod	0,356 krát deset na devátou kilometrů
Teplota na povrchu	100/700 K (-173/427 °C)
Atmosférický tlak na povrchu	0 Pa
Složení atmosféry	

Obrázek 5.12: Charakteristika Merkuru ve verzi pro zrakově postižené

5.3.1 Popisky obrázků

Další problematickou částí jsou pro zrakově postižené jsou obrázky a animace. Protože v některých případech je rozšíření atributu *alt* nedostatečné, vložil jsem do systému možnost zobrazení zvláštního textu, který se zobrazí uživatelům, kteří prohlížejí alternativní verzi stránek. Tento text může obsahovat delší popis obrázku či animace v takové podobě, která je zrakově postiženým jednoduše přístupná.

Tento text vloží mezi formátovací značky `####tyflo_text#` a `#tyflo_text####`. V případě použití těchto značek se v klasické verzi kurzu nezobrazí nic.

6 Technické řešení

Při psaní webových stránek jsem zvolil programovací jazyk PHP. Tento jazyk je velice jednoduchý. Při jeho učení jsem dobře zúročil předchozí znalosti z jednodušších programovacích jazyků jako je například Turbo Pascal. Jako zdroj informací o tomto jazyku jsem používal především webový seriál serveru linuxsoft.cz [24] a knihu [25]. V obou těchto zdrojích jsem našel dostatek informací i inspirace pro napsání PHP kódů webového rozhraní. Pro HTML část kódu jsem využíval informace dostupné na stránkách Dušana Janovského [26].

Pro vytvoření funkčního webového rozhraní jsem zkombinoval programovací jazyky PHP, HTML¹², CSS¹³ a databázový systém MySQL. Všechno to jsou v současnosti velice často používaná řešení. Velkou výhodou všech těchto prvků je jednoduchá dostupnost dokumentace a obrovská uživatelská základna. Není tedy problém se získáváním technické podpory.

6.1 Souborová struktura

V této části popíši strukturu systému z hlediska souborové struktury. Při psaní systému jsem vytvářel větší množství malých skriptů. Každý skript je umístěn v samostatném souboru. Je tak zaručena lepší orientace v souborovém systému celého kurzu. Při opačném postupu (více skriptů v několika souborech) by se celý kód stal velice rychle nepřehledným.

V tabulce 6.1 je výčet jednotlivých složek, které jsou v systému použity. Všechny tyto složky se nacházejí v kořenovém adresáři kurzu (rootu).

¹² HyperText Markup Language – značkovací jazyk pro hypertext

¹³ Cascading Style Sheets – tabulky kaskádových stylů

<i>Jméno složky</i>	<i>Stručný popis funkce</i>
administrace	Obsahuje všechny skripty, které se starají o administraci systému (zadávají nové články, obrázky, řazení, atp.).
data	Složka ve které se nacházejí všechny studijní články.
fckeditor	Online textový editor použitý pro tvorbu studijních článků.
obr	Složka ve které se nacházejí všechny obrázky. Její logická struktura odpovídá logické struktuře kurzu.
php	V této složce se nachází důležité php skripty, které mají za úkol obstarat bezproblémový chod celého systému.
phpBB3	Systém diskusí PhpBB3.
soubory	Zde se nacházejí všechny další soubory, které budou studenti ke svému studiu potřebovat (úkoly, cvičení, apod.). Struktura této složky odpovídá logickému členění kurzu.

Tabulka 6.1.: Popis složek v kořenovém adresáři

Každá z těchto složek obsahuje skripty, které vykonávají různé činnosti. Kromě složek je v kořenovém adresáři umístěno ještě několik hlavních souborů. Ty nevykonávají samy o sobě žádnou práci, ale jsou důležité pro sestavení jednotlivých stránek. Jejich seznam a stručný popis najdete v tabulce 6.2. Všechny ostatní soubory jsou vnořené do souborové struktury (tabulka 6.1) podle toho, do které oblasti zasahuje jejich činnost.

<i>Jméno souboru</i>	<i>Stručný popis funkce</i>
administrace.php	Tento soubor vytváří celou strukturu administračního rozhraní.
config.php	V tomto souboru je umístěna konfigurace připojení k databázím.
funkce.php	Zde jsou umístěny základní funkce, které mohou být volány dalšími skripty.
index.php	Hlavní soubor celého systému. Zobrazí se každému uživateli, který vstoupí do systému. Obsahuje přihlašovací formulář, po jehož vyplnění může uživatel pokračovat dále.
main.php	Hlavní soubor kurzů. Sestavuje obrazovky studijních článků, testů, cvičení apod.
tisk.php	Skript, který připravuje studijní aktivitu k tisku.

Tabulka 6.2.: Popis souborů v kořenovém adresáři

6.1.1 Soubor `./config.php`

Soubor `./config.php`¹⁴ zajišťuje jednoduché připojení k databázi. Při každém zobrazení stránky se musí skript spojit s databází, což se děje vždy příkazem `mysql_connect(„adresa serveru“, „uživatelské jméno“, „heslo“);` a `mysql_select_db(„jméno databáze“);`. Vyplnit parametry těchto příkazů není vhodné ani z hlediska programování dalších skriptů ani z hlediska bezpečnosti.

V prvním případě je totiž nutné stejnou funkci zapsat do každého skriptu. V případě změny jakékoliv hodnoty (například kvůli nahrání na veřejný server) by bylo nutné změnu ručně zadat v každém použitém skriptu. Proto je výhodnější do každého skriptu vložit globální proměnnou, která se bude nastavovat na jiném místě. Odpadne tak problém s pozdějšími úpravami.

Protože mezi parametry funkcí jsou i uživatelské jméno a heslo, není vhodné uchovávat tyto informace v zobrazovaných skriptech. Mohlo by totiž dojít k jejich získání třetí osobou a tato osoba by získala neomezený přístup do databáze. Proto je výhodnější uchovávat tyto informace odděleně od pracovních skriptů.

Dále je možné skript `./config.php` vytvořit tak, aby bylo možné použít jej na více serverech. Dá se tak jednoduše zajistit, aby beze změn mohl systém fungovat na počítači, kde se vytváří, i na veřejném serveru. To je zajištěno použitím podmínky `if`, kde se kontroluje adresa serveru, na kterém je skript spuštěn. Pokud je (jako v tomto případě) adresa serveru 127.0.0.1 jedná se o vývojovou verzi a přihlašovací hodnoty se nastaví na příslušné hodnoty. Pokud tomu tak není, je skript spuštěn na veřejném serveru, a tomu odpovídají jiné přihlašovací hodnoty do databáze.¹⁵

```
<?php
if ($ _SERVER["SERVER_ADDR"]=="127.0.0.1")
```

¹⁴ Pro naznačení cesty k souborům používám takzvanou Unixovou notaci. Ta se od zápisů používaných v operačních systémech firmy Microsoft (DOS, Windows) liší tím, že používá obyčejná lomítka (v produktech Microsoftu jsou to lomítka zpětná).

Každá cesta souboru začíná znaky `./` které naznačují, že cesta se udává relativně ke kořenovému adresáři (rootu).

¹⁵ Skutečná jména databází, přihlašovací jména a hesla jsem v ukázce nahradil hvězdičkami.


```

{
    define("SQL_HOST", "localhost");
    define("SQL_DBNAME", "****");
    define("SQL_USERNAME", "****");
    define("SQL_PASSWORD", "****");

    define("SQL_DBFORUM", "phpbb3");
}
else
{
    define("SQL_HOST", "pluto.pef.zcu.cz");
    define("SQL_DBNAME", "****");
    define("SQL_USERNAME", "****");
    define("SQL_PASSWORD", "****");

    define("SQL_DBFORUM", "phpbb3");
}
?>

```

6.2 Vytváření hlavních stránek

Celý kurz a každá stránka, kterou může student navštívit, je vytvořena skriptem, který je obsažen v jednom php souboru. Tyto stránky označuji jako *hlavní stránky*. Všechny skripty jsou umístěny v kořenovém adresáři. Základní funkce těchto skriptů je popsána v tabulce 6.3

<i>Jméno souboru</i>	<i>Popis funkce</i>
index.php	Hlavní stránka projektu.
main.php	Stránka která generuje studijní články, testy a ostatní aktivity.
administrace.php	Tato stránka obsahuje veškeré administrátorské nástroje potřebné pro správu celého kurzu.
tisk.php	Generuje tiskovou verzi studijních článků bez okolních menu a bez většiny grafických a formátovacích prvků.

Tabulka 6.3.: Hlavní stránky projektu

Protože jazyk PHP umožňuje sestavování stránek pomocí příkazu *include()*, využívám této možnosti při sestavování hlavních stránek projektu. Každá hlavní stránka obsahuje HTML hlavičku a připojení do databáze a všechny ostatní části stránky jsou obsaženy v jiných souborech. V souboru, který reprezentuje hlavní stránku, jsou poté pomocí funkce *include()* tyto části poskládány dohromady. To zajišťuje větší přehlednost jednotlivých skriptů a snadnější úpravy kódu.

6.3 Vyhledávání

Protože výsledný počet článků v mém kurzu bude poměrně veliký, je nutné vypracovat funkční možnost vyhledávání. Všechny texty článků v systému jsou uloženy v databázi. Proto je velice jednoduché v těchto textech vyhledávat pomocí standardních funkcí MySQL.

Stránka s vyhledávacím formulářem se jmenuje *./vyhledavani.php* a obsahuje HTML kód formuláře společně s PHP skriptem, který zadané slovo vyhledá. První část tohoto skriptu nejprve zjistí, zda již bylo do formuláře vepsáno klíčové slovo. Pokud ne, celý skript se zastaví, a stránka pouze zobrazí vyhledávací formulář.

```
if (isset($_POST["hledat"]))
{
    $hledat = $_POST["hledat"];
}
else
{
    return;
}
```

Pokud již bylo toto slovo zadáno, umístí se do proměnné *\$hledat* a ve všech studijních člancích se toto slovo vyhledá pomocí MySQL dotazu níže.

```
$vyber = mysql_query("SELECT id, kapitola, jmeno, soubor FROM
clanky WHERE soubor LIKE '%$hledat%'" ) or die('Nepodařilo se
nám poslat SQL dotaz do databáze.');
```

Výsledkem výše uvedeného dotazu je asociativní pole, které je možné jednoduše prohledat cyklem *while*. Tento cyklus nalezne jméno kapitoly, do které článek patří, jméno článku a jeho text a zobrazí na něj odkaz. Textem tohoto odkazu je jméno článku a jeho zařazení. Část kódu, který vypisuje hypertextový odkaz vypadá následovně:

```
echo "<h3>\n";
    echo $i;
    echo ". ";
    echo '<a href="./main.php?tema=' ,
$nazev_kapitoly["tema"], '&id=',
$vysledek["id"] , '&kapitola=', $vysledek["kapitola"] , '>';
    echo $nazev_kapitoly["kapitola"];
    echo " - ";
    echo $vysledek["jmeno"];
    echo "</a>";
echo "</h3>\n";
```

Proměnná *\$i* slouží jako počítadlo nalezených odkazů. Aby byla orientace v nalezených výsledcích jednodušší, přidal jsem ještě další část, která zobrazí i několik slov před a za nalezeným výrazem, takže uživatel nejenže vidí, ve které kapitole je článek zařazen, ale může i z kontextu okolních slov lépe odhadnout, zda výsledek vyhledávání je relevantní k dotazu. Tato jednoduchá vlastnost je vytvořena pomocí několika příkazů.

Nejprve je stanoven počet znaků vyhledávaného slova pomocí funkce *strlen()* a tato délka je pro pozdější použití uložena do proměnné *\$delka*. Dále je v každém relevantním článku funkcí *strpos()* nalezena pozice hledaného textu. Výsledek (pořadové číslo znaku, kterým toto slovo začíná) je uložen do proměnné *\$pozice*. V dalších dvou krocích je funkcí *substr()*, která dokáže načíst část řetězce, vybráno nejprve 200 znaků, které předcházejí hledanému slovu, a posléze i 200 znaků, které po tomto slovu následují. K tomuto číslu se připočítává proměnná *\$delka*. To se děje z toho důvodu, že funkce *strpos()* vrátí pouze pozici, na které hledané slovo začíná, ale ne pozici, na které končí.

Jednoduše se tak skript vyhne dvojitému zobrazení hledaného slova ve výsledcích. Nalezené znaky se uloží do proměnných *\$nahled_pred* a *\$nahled_z*.

```
$delka = strlen($hledat);  
    //najde na které pozici se nachází hledaný řetězec  
    $pozice = (strpos($vysledek["soubor"],$hledat));  
    //přečte část řetězce od zadaného začátku do určité délky  
    $nahled_pred = substr($vysledek["soubor"], $pozice-200,  
200);  
    $nahled_z = substr($vysledek["soubor"], $pozice+$delka,  
200);
```

Další práce s řetězcí spočívá v jejich správném zobrazení. Protože pracuji se studijním článkem, jehož součástí je i HTML kód, je třeba zajistit, aby nebyly zobrazeny HTML značky. Tyto značky by mohly narušit strukturu stránky a stránka by se tak stala buď nevalidní, nebo přímo nezobrazitelnou. Proto před samotným zobrazením použiji na proměnné *\$nahled_pred* a *\$nahled_z* funkci *strip_tags()*, která z nich odstraní veškeré HTML příznaky a zbude tak čistý text, který není problém zobrazit.

```
echo "...";  
echo strip_tags($nahled_pred);  
echo "<big><b>", $hledat , "</b></big>";  
echo strip_tags($nahled_z);  
echo "...\\n";
```

6.4 Databáze

Jako hlavní databázový systém je použit volně šiřitelný systém MySQL. Tento systém je pro úzkou provázanost s jazykem PHP popsán ve webovém seriálu o PHP [24] a v knize [27]. V tomto systému jsou vytvořeny dvě databáze. První se jmenuje *database* a obsahuje veškeré informace potřebné k vytvoření a údržbě kurzu. Druhá databáze je vytvářena diskusním fórem PhpBB3 a je tak i pojmenovaná. Databáze *database* obsahuje několik tabulek. Jejich výčet je popsán v tabulce 6.4.

<i>Jméno tabulky</i>	<i>Stručný popis</i>
<i>clanky</i>	Obsahuje informace o jednotlivých článcích, jejich zařazení a řazení
<i>kapitoly</i>	Obsahuje informace o všech kapitolách
<i>temata</i>	Obsahuje informace o tématických celcích
<i>typ_clanku</i>	Obsahuje záznamy typů článků (především jejich jména)
<i>uzivatele</i>	Obsahuje základní informace o uživateli. Další údaje se nacházejí v databázi <i>phpbb3</i> .
<i>zdroje</i>	Obsahuje výčet všech použitých zdrojů
<i>zdroje_obr</i>	Obsahuje informace o všech obrázcích, které jsou v kurzu použity (jejich systémové jméno a odkaz na zdroj ze kterého byly získány)

Tabulka 6.4.: Základní struktura databáze

6.5 Vzhled

Jako základ grafiky jsou v mém systému použity CSS styly (Cascading Style Sheets). Používání těchto stylů je výhodné z hlediska struktury dokumentu, protože se forma stránky vytváří v samostatném souboru a neznepráhledňuje strukturu obsahu. Dá se to také vyjádřit tak, že obsah stránky je oddělen od její formy. Při vytváření CSS stylů jsem se řídil podle internetových stránek [28].

V následujících kapitolách bude popsáno, jakým způsobem jsou vytvořeny jednotlivé prvky a budou také popsány všechny použité styly. Soubory *.css*, které obsahují popis všech grafických tříd jsou bez výjimky umístěny v adresáři *./style/*.

Při své práci jsem zjistil, že je výhodné oddělit od sebe styly, které slouží k rozmístění jednotlivých částí textu po stránce a styly, které slouží pouze k formátování textu. Proto jsem zavedl dvě různé kategorie stylových souborů.

Opět z důvodu lepší přehlednosti jsem pro každou hlavní stránku (viz kapitola 6.2 Vytváření hlavních stránek) vytvořil samostatný *.css* soubor, který popisuje její strukturu. Dále tento soubor obsahuje takové formátovací styly, které se nikde jinde nevyskytu-

jí. To je případ stránky *./index.php*. U stránky *./main.php* jsou použity styly pro rozvržení ze souboru *./style/main.css* a formátovací styly ze souboru *./style/style.css*. V případě stránek *./task.php* a *./administrace.php* jsou použity pouze samostatné styly navržené přímo pro příslušnou stránku.

6.6 Diskusní fórum

Pro podporu diskusí jsem se rozhodl využít systém diskusních fór PhpBB. Tento systém je velice výkonný a vyspělý. Je vyvíjen celosvětovou komunitou a používán na jako diskusní podpora mnoha projektů. Jeho největší výhodou je, že je vydáván pod licencí GPL¹⁶, která zajišťuje, že program bude vydán se zdrojovými kódy a umožňuje jeho úpravy.

Možnost nahlédnutí do zdrojového kódu je pro mne výhodná, protože mohu do databáze diskuse vstoupit ze svého systému a získaná data zpracovat. Tímto způsobem je tvořena část stránky *./index.php*, kde se vypisuje poslední dění v diskusi.

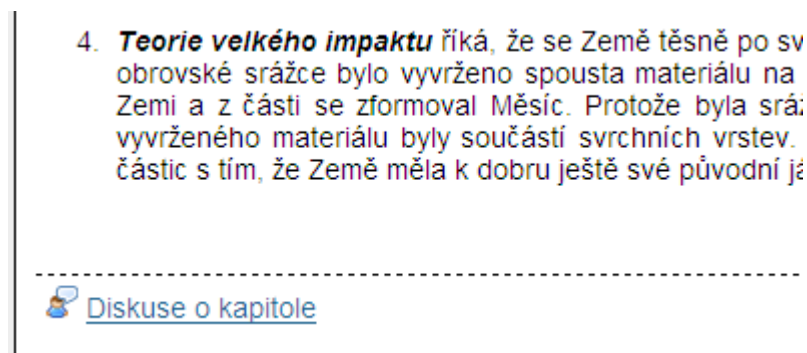
6.6.1 Struktura fóra

Systém diskusí PhpBB umožňuje velkou variabilitu struktury fór. Tato variabilita znamená, že oproti předchozím verzím systému, které umožňovaly pouze trojúrovňovou strukturu (fórum, téma, příspěvky), je ve verzi, kterou používá i mnou vytvořený systém, možnost vytvářet víceúrovňovou strukturu. Počet úrovní této struktury není ničím omezena.

Zabýval jsem se otázkou, zda udělat společnou diskusi pro každý studijní článek, nebo jen pro každou kapitolu. Nakonec jsem se rozhodl pro první možnost. Důvody byly především mnohem menší počet samostatných diskusí (v opačném případě by orientace mezi nimi byla velmi obtížná). Také pro diskutující by bylo velice obtížné umisťovat své příspěvky vždy do správné diskuse a pravděpodobně by jejich ochota účastnit

¹⁶ Součástí přílohy E. Nachází se v adresáři *./licence* v anglickém a českém jazyce.

se takto roztržité diskuse byla velice malá. V případě, že se během diskuse objeví zajímavé téma, které souvisí přímo s nějakým studijním článkem, není pro moderátora problém takovouto specializovanou diskusí založit.



Obrázek 6.1: Odkaz na diskusi

Základní struktura, která bude vytvořena na začátku každého kurzu, bude obsahovat dvě kategorie. První kategorie se bude zabývat technickými problémy a organizací kurzu. Druhá kategorie bude obsahovat fóra o jednotlivých kapitolách kurzu. V mém případě tedy každé fórum o jedné planetě a fórum pro další tělesa. Struktura diskusního fóra je naznačena v tabulce 6.5.

<i>Kategorie</i>	<i>Fórum</i>
O kurzu	Organizační záležitosti
	Technické problémy
Tělesa sluneční soustavy	Merkur
	Venuše
	Země
	Mars
	Jupiter
	Saturn
	Uran
	Neptun
	Další tělesa

Tabulka 6.5.: Struktura diskusního fóra

Tato struktura není konečná. V průběhu diskutování se mohou objevit zajímavá témata nebo novinky, které by v této struktuře zanikly. Proto může moderátor diskuse přidávat, ubírat nebo přesunovat fóra a kategorie tak, aby byla jejich struktura co nejvýhodnější pro diskusi.

6.6.2 Propojení databáze se systémem

Dlouho jsem řešil otázku, jak zařídit, aby pod každým článkem byl odkaz na aktuální diskusní fórum k probírané kapitole. Problém byl se synchronizací kapitol a diskusí. Jedním z možných řešení bylo nechat automaticky přiřadit kapitoly a fóra podle jejich názvů. Tento způsob by bez problémů vyhovoval, pokud by bylo zajištěno, že kapitola i diskusní fórum budou mít vždy naprosto stejné jméno. Toto bohužel zaručit nelze a v některých případech by bylo nutné udělat přiřazení ručně.

<<= Administrace

 [Články](#)  [Kapitoly](#)  [Témata](#)  [Uživatelé](#)  [Další](#)

Kapitoly

[Vložení nové](#)
[Přejmenování](#)
[Mazání](#)
[Zařazení do tématu](#)
[Řazení](#)
[Diskuse](#)

Kapitoly

ID	Jméno	ID diskuse
1	Merkur	4
2	Venuše	5
3	Země	6
4	Mars	7
5	Jupiter	8
6	Saturn	9
7	Uran	10
8	Neptun	11
9	Další tělesa	12
10	Planety	0

Diskuse

ID	Jméno
1	Moje první kategorie
2	Testovací fórum 1
3	Tělesa sluneční soustavy
4	Merkur
5	Venuše
6	Země
7	Mars
8	Jupiter
9	Saturn
10	Uran
11	Neptun
12	Další tělesa
15	Technické problémy
14	Organizační záležitosti
13	O kurzu

Obrázek 6.2: Přiřazení diskusí a kapitol

Proto jsem se rozhodl, že bude jednodušší přiřazení vykonat ručně bez automatiky. Formulář, kterým se přiřazení vykonává lze najít v administrativní části pod položkou *Kapitoly > Diskuse*. Formulář se skládá ze dvou tabulek (obrázek 6.2). Pravá tabulka obsahuje výpis všech diskusních fór včetně jejich identifikátorů. Levá tabulka pak obsahuje všechny kapitoly, jejich identifikátory a identifikátor příslušného diskusního fóra. Tyto identifikátory je možné podle potřeby změnit tak, aby příslušná kapitola byla vždy přiřazena ke správnému diskusnímu fóru (například kapitola Země je přiřazena k fóru Země s identifikátorem 6).

7 Vedení kurzu

V této části své práce bych rád popsal tvorbu a úpravu struktury kurzu a studijních článků a také optimální způsob tutorování kurzu. Tato kapitola může být chápána jako návod pro tvorbu, úpravu i vedení distančního kurzu.

7.1 Administrace kurzu

Základní struktura systému je tříúrovňová. Nejvyšší úroveň je *tematický celek*. Ten může být zastoupen celým kurzem, nebo jen částí kurzu. Například v mém případě jsou tématem tělesa sluneční soustavy. Další témata by mohly být například Slunce, hvězdy a exoplanety, ... Do témat se vkládají *kapitoly* a do kapitol *studijní články*.

The screenshot shows the 'Administrace' (Administration) page of a course management system. It features a navigation bar with links: 'Oblíbené' (Favorites), 'Články' (Articles), 'Kapitoly' (Chapters), 'Témata' (Topics), 'Uživatelé' (Users), and 'Další' (More). The main content area is divided into two sections: 'Oblíbené' on the left and 'Seznam článků' (List of articles) on the right. The 'Seznam článků' section contains a table with columns: ID, Jméno (Name), Kapitola (Chapter), Typ (Type), Jméno souboru (File name), Deleted, and Editovat (Edit). The table lists 15 articles, including 'Modrá tečka', 'Planety', 'Úvod', 'Dělení', '9P/Tempel', '81P/Wild', '1P/Halley', 'Komety', 'Itokawa', 'Eros', 'Skupiny planetek', 'Planetky', 'Malá tělesa', 'Eris', and 'Měsíce Pluta'. Each article has a corresponding file name and a 'Deleted' status (all are 0). The 'Editovat' column contains edit icons. On the left side, there are additional links: 'Zdroje obrázků' (Image sources), 'Články' (Articles), 'Aktualizace článků' (Update articles) with a 'BURST' button, and 'Autotest' (Autotest) with links for 'Editace otázek' (Edit questions) and 'Vložení nové otázky' (Add new question).

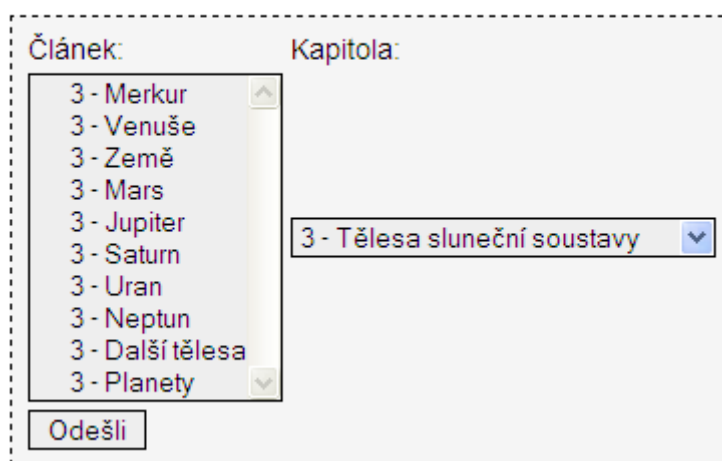
ID	Jméno	Kapitola	Typ	Jméno souboru	Deleted	Editovat
109	Modrá tečka	10 - Planety		planety_tecka.txt	0	
108	Planety	10 - Planety		planety.txt	0	
107	Úvod	10 - Planety		planety_uvod.txt	0	
106	Dělení	9 - Další tělesa		dalsi_komety_deleni.txt	0	
105	9P/Tempel	9 - Další tělesa		dalsi_komety_tempel.txt	0	
104	81P/Wild	9 - Další tělesa		dalsi_komety_wild.txt	0	
103	1P/Halley	9 - Další tělesa		dalsi_komety_halley.txt	0	
102	Komety	9 - Další tělesa		dalsi_komety.txt	0	
101	Itokawa	9 - Další tělesa		dalsi_planetky_itokawa.txt	0	
100	Eros	9 - Další tělesa		dalsi_planetky_eros.txt	0	
99	Skupiny planetek	9 - Další tělesa		dalsi_planetky_skupiny.txt	0	
98	Planetky	9 - Další tělesa		dalsi_planetky.txt	0	
97	Malá tělesa	9 - Další tělesa		dalsi_mala_tesela.txt	0	
96	Eris	9 - Další tělesa		dalsi_eris.txt	0	
95	Měsíce Pluta	9 - Další tělesa		dalsi_pluto_mesice.txt	0	
94	Pluto	9 - Další tělesa		dalsi_pluto.txt	0	

Obrázek 7.1: Hlavní stránka administrace

7.1.1 Správa témat a kapitol

Protože je tvorba a úpravy témat a kapitol velice podobná, zaměřím se pouze na kapitoly. Do části administračního rozhraní, kde je možné upravovat počet a vlastnosti kapitol (obrázek 7.2), se dostaneme kliknutím na odkaz *Kapitoly* v horní části hlavní administračního rozhraní (obrázek 7.1). V jeho levé části se zobrazí menu, ze kterého je možné vybrat požadovanou akci. Kapitoly je možné vytvářet, přejmenovávat, mazat, řadit do témat a přiřazovat k nim diskuse. Vytváření a přejmenování kapitol je velice jednoduché a nebudu se jím zabývat.

Přiřazení kapitoly do tématu



Obrázek 7.2: Přiřazení kapitoly do tématu

Při mazání kapitol nedochází k jejich odstranění z databáze. V databázi se pouze nastaví záznam, který kapitolu označuje jako smazanou a nezobrazuje ji ve výpisu kapitol, který je přístupný studentům. Kapitoly je možné stejným postupem obnovit. Mazání a obnovování kapitol je proto vhodné pro jednoduchou správu přístupu studentů k jednotlivým kapitolám.



Změna zařazení proběhla úspěšně.

Článek (kapitola) **2** je nyní přiřazen do kapitoly (tématu): **3 - Tělesa sluneční soustavy**

Zpět

Obrázek 7.3: Potvrzení správného zařazení kapitoly

Přiřazením kapitol do témat je možné nastavit jejich zařazení do existujícího tématu. V mém případě jsou všechny kapitoly zařazeny do tématu *Tělesa sluneční soustavy*. Přiřazení se provede vybráním kapitoly ze seznamu a vybráním tématu z roletového menu. Přiřazení se potvrzuje kliknutím na tlačítko *OK*. Po přiřazení se zobrazí stránka, která potvrdí správné přiřazení a vypíše nové vlastnosti kapitoly (obrázek 7.3). Podobné obrazovky se zobrazují téměř po každé provedené změně v databázi¹⁷. V dalším textu je již nebudu komentovat.

¹⁷ V případě chyby je administrátor upozorněn krátkým textem, který se snaží zjistit pravděpodobnou příčinu neúspěchu.

Řazení kapitol

BURST

Tělesa sluneční soustavy ▼

Odešli

Pořadí	Jméno	Přesunout
1	Planety	^ v
2	Merkur	^ v
3	Venuše	^ v
4	Země	^ v
5	Mars	^ v
6	Jupiter	^ v
7	Saturn	^ v
8	Uran	^ v
9	Neptun	^ v
10	Další tělesa	^ v

Obrázek 7.4: Řazení kapitol

Dále je možné měnit pořadí kapitol v rámci tématu. Kliknutím na odkaz *Řazení* a vybráním tématu se zobrazí seznam všech kapitol. Kapitoly v seznamu je možné klikáním na modré šipky posouvat výše nebo níže (obrázek 7.4). V případě, že se přesune nebo smaže kapitola, která není ve výpisu poslední, se může stát, že některá pořadová čísla budou chybět. K nápravě slouží tlačítko *BURST*. To spouští skript, který změní pořadová čísla všech kapitol tak, aby zůstalo zachováno jejich pořadí a aby první kapitola měla pořadové číslo „1“.

Po kliknutí na odkaz *Editace* se zobrazí tabulka se všemi existujícími tématy a jejich systémovými jmény (obrázek 7.5). Po kliknutí na ikonu ve sloupci *Editace* je možné kterýkoliv atribut změnit. Potvrzení změn se provede kliknutím na tlačítko *OK*.

Editace témat

ID ^ v	Jméno ^ v	Systémové jméno ^ v	Deleted ^ v	Editace
1	Úvod	uvod	1	
2	Nebeská mechanika	mechanika	1	
3	Tělesa sluneční soustavy	telesa	0	

Obrázek 7.5: Editace témat

7.1.2 Tvorba a editace článků

Oproti tématům a kapitolám mají články mnoho dalších vlastností. Jejich administrace je proto propracovanější. Každý článek by měl mít vyplněné následující vlastnosti: jméno článku, jméno souboru, kapitolu a typ článku. *Jméno článku* se zobrazuje v seznamu, který se nachází ve vedlejším navigačním menu. *Kapitola* je jméno kapitoly, do které je článek zařazen a typ článku souvisí s jeho obsahem. *Typy článků* jsou následující: článek, cvičení, tabulka a úkol.

Článkům, které neobsahují žádné aktivizační prvky, by měl být přiřazen typ *článek*. Články, které obsahují cvičení a úkoly, by měly mít přiřazen typ *cvičení* nebo *úkol*. Posledním typem článku je *tabulka*, která obsahuje tabulky (v případě mého kurzu obsahuje tento typ článku charakteristiky planet). Další vlastností článku je jeho *systémové jméno*. Toto jméno se používá například při tvorbě odkazů mezi jednotlivými články.

7.1.2.1 Studijní texty

Text studijního článku je uložen v databázi. Pro jeho vložení do databáze je možné použít dva různé způsoby. Za prvé je to napsání textů jako *.txt* souborů a jejich uložení do adresáře *./data/*. Jméno textového souboru musí souhlasit s hodnotou *systémové jméno*.

Aktualizace článku
Aktualizace článků - BURST
Obrázek 7.6: Hromadná aktualizace článků

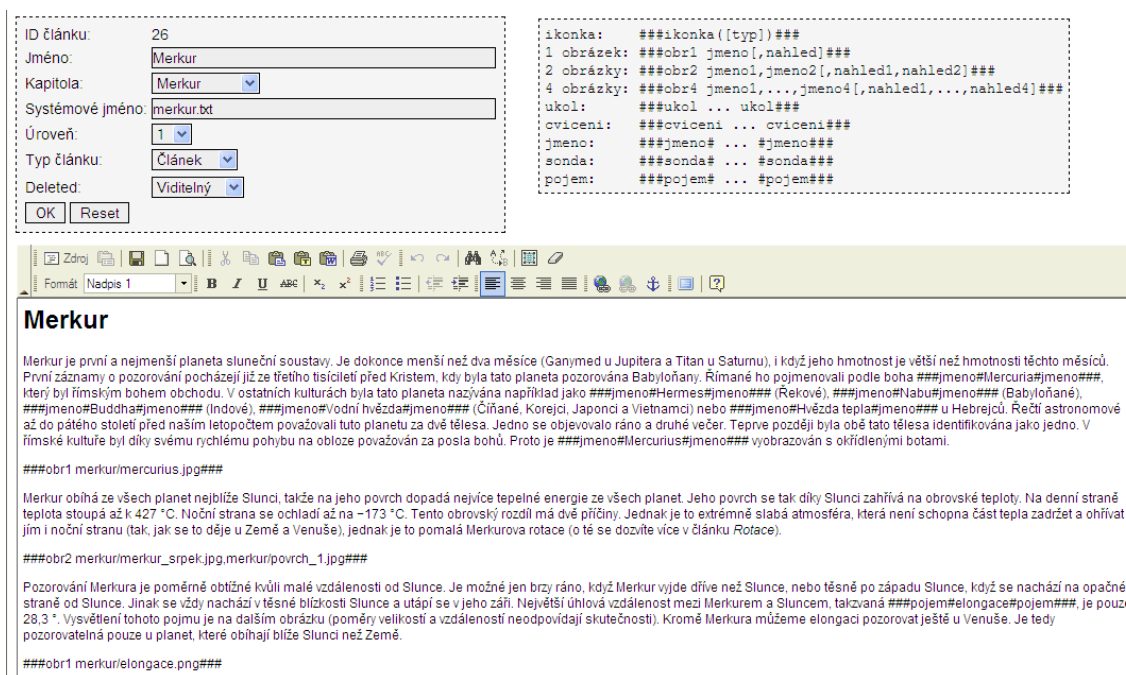
Aby došlo k vložení článku do databáze, je třeba v administračním rozhraní pro správu článků nebo v oblíbených položkách¹⁸ kliknout na položku *Aktualizace* a v zobrazeném formuláři na tlačítko *BURST* (obrázek 7.6). Systém automaticky projde všechny články a ty, které byly od poslední aktualizace změněny, zapíše do databáze.

Při vytváření studijních článků tímto způsobem je třeba znát základy programování HTML stránek, protože se některé vlastnosti textu musejí zadávat v tomto formátu. Výhodou je absolutní kontrola nad výsledným kódem stránky.

Druhým způsobem vytváření studijních článků je využití vestavěného FCKeditoru, který je distribuován pod licencí GPL¹⁹. Na stránku editace je možné se dostat kliknutím na odkaz *Seznam* v administračním rozhraní pro správu článků. V zobrazeném seznamu článků je možné vybrat článek a editaci začít kliknutím na ikonku ve sloupci *Editovat*.

¹⁸ Do oblíbených položek aktualizace jsem vložil položky, které se nejčastěji využívají při tvorbě článků, vkládání obrázků nebo vytváření testových otázek.

¹⁹ Součást přílohy E. Nachází se v adresáři ./licence v anglickém a českém jazyce.



Obrázek 7.7: Editace článku ve FCKeditoru

Editaci ve FCKeditoru je možné opět provádět dvěma způsoby. Je možné psát článek jako text v prostředí, které je podobné všem obvyklým textovým editorům. V tomto případě je text studijního článku převeden na formát HTML, který je posléze zobrazován. Druhou možností je přepnutí do zdrojového kódu. V tomto případě je možné vytvářet studijní článek stejně jako při jeho psaní do souboru *.txt*. Odpadá zde ale nutnost jejich ruční aktualizace po každé změně.

V horní části stránky editace článků se dále nachází tabulka, jejíž prostřednictvím je možné změnit všechny obvyklé vlastnosti studijního článku. Všechny změny je nutné potvrdit tlačítkem *OK*.

7.1.2.2 Struktura článku

Pokud jsou články vytvářeny psaním zdrojového kódu, je třeba používat značky pro nadpisy a odstavce a tabulky. Těmi jsou:

```
<h1></h1>
<h2></h2>
```



```
<p></p>
<sup></sup>
<sub></sub>
<table><tr><td></td></tr></table>
```

Využití žádných dalších HTML značek není zapotřebí. Pokud jsou články vytvářeny ve FCKeditoru, jsou tyto značky doplňovány automaticky.

7.1.2.3 Formátovací značky

Protože je vkládání obrázků a dalších HTML prvků (styly označující cvičení a úkoly, jména osobností apod.) poměrně složité a vyžaduje značnou znalost přinejmenším jazyků HTML a CSS, vytvořil jsem jednoduché formátovací značky, které napomáhají jednoduchému vkládání těchto prvků.

Formátovací značky se mohou umístit kamkoliv do dokumentu. Těsně před zobrazením studijního článku se článek prohledá, a v případě, že obsahuje některé formátovací značky, nahradí je validním zápisem v HTML jazyce. Seznam těchto značek se nachází v tabulce 7.1.

<i>Jméno prvku</i>	<i>Úvodní značka</i>	<i>Zakončovací značka</i>
Jméno	####jmeno#	#jmeno####
Sonda	####sonda#	#sonda####
Pojem	####pojem#	#pojem####
Cvičení	####cviceni	cviceni####
Úkol	####ukol	ukol####
Výsledek	####vysledek	vysledek####
Alternativní verze textu pro zrakově postižené	####tyflo#	#tyflo####
Text pro zrakově postižené	####tyflo_text#	#tyflo_text####
Odkaz na článek	####odkaz#	#odkaz####
Externí odkaz	####odkaz_ven#	#odkaz_ven####

Tabulka 7.1.: Seznam značek pro formátování textu

Značky nejen pro vkládání jmen, sond a pojmů obsahují symbol „#“ i jako poslední znak úvodní značky a jako první znak zakončovací značky. Předpokládám totiž jejich použití přímo v textu a uvedený symbol pomůže oddělit značku od zvýrazňovaného pojmu.

Značky pro jméno, sondu a pojem se používají podobně. Pokud se například v textu objeví jméno sondy *Messenger*, je vhodné ho zvýraznit. To se provede zapsáním textového řetězce

```
###sonda#Messenger#sonda###
```

Tento textový řetězec bude při zobrazení článku převeden na řetězec

```
<span class="sonda">Messenger</span>
```

což je HTML zápis, který určuje, že se slovo *Messenger* bude zobrazovat podle stylu *sonda*, který je definován jako CSS styl v souboru *./style/style.css*. Obdobně jsou definovány i styly *jmeno* a *pojem*.

7.1.2.4 Vkládání úkolů a cvičení

Text úkolů a cvičení se umísťuje mezi značky *###ukol* a *ukol###*, resp. *###cviceni* a *cviceni###*. V případě, že je třeba zadat výsledek cvičení, který se zobrazí pouze vyučujícímu, zadává se tento mezi značky *###vysledek* a *vysledek###*. Celý zápis úkolu ze článku o slapových silách Měsíce tedy vypadá následovně:

```
###ukol
Spočítej, kolikrát větší gravitační silou působí na Zemi Měsíc než Slunce když víš, že slapové síly jsou úměrné hmotnosti a nepřímo úměrné třetí mocnině vzdálenosti.
###vysledek
Z předchozího textu vyplývá, že Slunce je 390krát vzdálenější než Měsíc a že je 27milionkrát hmotnější. Proto platí, že  $27\,000\,000/390^3 = 0,46$ . Výsledkem je bezrozměrné číslo, které udává, že velikost slapových sil Slunce je 46 % velikosti slapových sil Měsíce.
vysledek###
```

ukol###

7.1.2.5 Vkládání obrázků do databáze

Abych co nejvíce zjednodušil vkládání obrázků do studijních článků, rozhodl jsem se využít pro uchovávání všech informací o obrázcích databázovou tabulku *zdroje_obr*. V této tabulce se nachází jméno obrázku, jeho popis, alternativní text, odkaz i jméno zdroje. Z těchto informací je při zobrazení sestaven HTML zápis pro zobrazení obrázku.

Před samotným vložením je třeba obrázek uložit na disk. Adresář, který je určený pro ukládání obrázků, je *./obr/*. Tento adresář obsahuje podsložky pro každé z témat, které je v systému, Vytvořeno. Jméno podsložky musí být stejné jako *systémové jméno* tématu. V případě kurzu *Tělesa sluneční soustavy* jsou tedy všechny obrázky uloženy v adresáři *./obr/telesa/*. V tomto adresáři se nachází množství složek, které jsou rozděleny podle konkrétní planety. V nich se nacházejí samotné obrázky.

Většina obrázků má svoji miniaturu. Ta je vždy pojmenována stejně jako obrázek s koncovkou *_small*²⁰. Miniatura obrázku *merkur.jpg* má tedy název *merkur_small.jpg*. Obrázky, které miniatury nemají, se vždy musí označit v studijním článku příznakem (viz kapitola 7.1.2.7 Vkládání obrázků do textu na straně 90).

Vložení obrázku do databáze se provede kliknutím na položku vložit obrázek v administračním rozhraní (v dalších nebo oblíbených položkách). Zobrazený formulář obsahuje všechny položky, které je třeba vyplnit (obrázek 7.8).

Položka *Popisek* obsahuje krátký textový popis obrázku, který se ve studijním článku zobrazuje pod každým obrázkem. Zaškrťovací tlačítko, Vytvořeno v GIMPu označuje obrázky, které byly vytvořeny přímo pro použití v kurzu. Místo odkazu na zdroj se u nich vypíše „Vytvořeno v GIMPu“. U těchto obrázků není třeba zadávat pole *odkaz* a *jméno zdroje*. Pole *soubor* obsahuje jméno obrázku. Pokud je obrázek umístěn

²⁰ Small znamená v angličtině malý.

v adresáři, musí být vloženo i jméno adresáře. Pro obrázek *merkur.jpg*, který je umístěn v podadresáři *./obr/telesa/merkur/*, musí být v tomto poli zapsáno *merkur/merkur.jpg*.

Vložení nového obrázku

```
* <br>###ikonka(jpg)### <a href='./obr/telesa/*_huge.jpg'>Velké rozlišení 5,0 MB</a>
```

Popisek:	
Vytvořeno v GIMPu	☐
Soubor:	
Odkaz:	
Jméno zdroje:	NASA
alt:	
Odešli	

Obrázek 7.8: Vkládání obrázků

Pole *odkaz* obsahuje hypertextový odkaz na zdroj obrázku. Aby se v článku neobjevovaly dlouhé hypertextové odkazy, je třeba do pole *jméno zdroje* vložit krátké jméno zdroje. Protože jsou zdrojem většiny odkazů nejružnější stránky americké kosmické agentury NASA, je v tomto poli její jméno předvyplněno. V případě jiného zdroje stačí slovo NASA přepsat.

Posledním polem je *alt*; to se zobrazuje jako alternativní text v případech, kdy není možné zobrazit obrázek (obrázek neexistuje, zobrazení obrázků je vypnuto nebo stránka není prohlížena z grafického rozhraní). Alternativní text se zobrazuje také zrakově postiženým, kterým je stránka zobrazována Braillovým řádkem nebo čtena hlasovou čtečkou. Po vyplnění všech těchto polí je třeba potvrdit formulář tlačítkem *OK*.

Nad samotným formulářem pro vložení zdroje obrázku se nachází text

```
<br>###ikonka(jpg)### <a href='./obr/telesa/*_huge.jpg'>Velké  
rozlišení * MB</a>
```

Ten slouží k zadání popisku obrázku, jehož součástí je odkaz na velkou verzi obrázku. Některé obrázky jsou k dispozici ve velikostech převyšujících 1 MB. Tyto obrázky jsou příliš velké na to, aby bylo vhodné na ně odkazovat přímo z kurzu. Proto jsem tyto

velké verze zmenšil na přijatelnou velikost a s touto verzí běžně pracuji. Kromě zmenšené verze (s koncovkou *_small*) vyvážím ještě obří verzi s koncovkou *_huge*²¹, která obsahuje obrázek v originální velikosti.

V případě, že obří verze obrázku existuje, stačí za jeho popisek zadat výše uvedený text, místo hvězdičky za slovem *telesa/* doplnit jméno obrázku a na konec řetězce (namísto druhé hvězdičky) doplnit skutečnou velikost obří verze obrázku. Výsledný řetězec bude vypadat například následovně:

```
Merkur z pohledu sondy Mariner 10 (201 kB)<br>###ikonka(jpg)###  
<a href='./obr/telesa/merkur/merkur_srpek_huge.jpg'>Velké  
rozlišení 2,5 MB</a>
```

Součástí tohoto odkazu je i ikonka, která na odkaz upozorňuje.

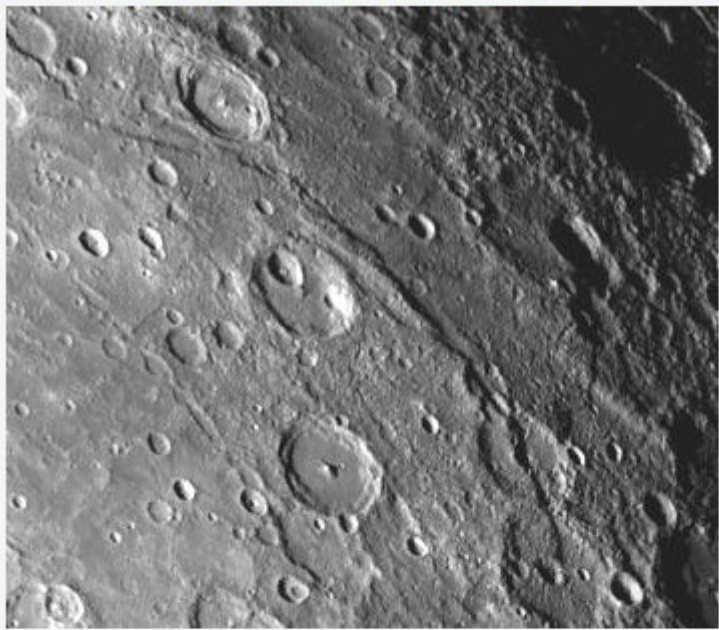
7.1.2.6 Editace obrázků v databázi

Editaci zdrojů obrázků je možno provést kliknutím na položku *Editace* mezi položkami zdrojů obrázků v dalších nebo oblíbených položkách administračního menu. Zobrazí se seznam všech obrázků. Editační formulář se zobrazí po kliknutí na ikonku ve sloupci *Editace*.

Formulář je zobrazen na obrázku 7.9. Obsahuje stejná pole jako formulář pro vložení obrázku. Kromě nich je přítomen ještě zmenšený náhled obrázku. Všechny změny se zapíší do databáze po stisknutí tlačítka *OK*. Návrat na seznam se provede tlačítkem *Zpět*.

21 Huge znamená v angličtině obrovský.

<<<— Předchozí obrázek Následující obrázek —>>>



ID obrázku: 40
Jméno:
Upraveno v Gimpu: ☐
Soubor:
Odkaz:
Jméno zdroje:
alt:

Obrázek 7.9: Editace zdroje obrázku

7.1.2.7 Vkládání obrázků do textu

Obrázky lze vkládat obdobným způsobem jako formátovací značky. Text, který bude nahrazen jejich HTML zápisem, se nachází v tabulce 7.2. Všechny vypisované informace se nacházejí v databázi.

Počet obrázků	Formátovací značka
1	###obr1 <jmeno_obrazku>[,priznak]###
2	###obr2 <jmeno_obrazku1,jmeno_obrazku2>[,priznak1,priznak2]###
4	###obr2 <jmeno_obrazku1,jmeno_obrazku2,jmeno_obrazku3,jmeno_obrazku4>[,priznak1,priznak2,priznak3,priznak4]###

Tabulka 7.2.: Formátovací značky pro vkládání obrázků

Jako jméno obrázků je použito jméno souboru, které se v tabulce *zdroje_obr* ukládá do sloupce *soubor*. Tento záznam jsem vybral, protože je ze všech existujících záznamů nejjednodušší na zapamatování i zpracování.

Volitelně se mohou za seznamem jmen obrázků uvést ještě parametry *priznak*. Tyto parametry obsahují informaci o tom, zda má vkládaný obrázek vytvořen svůj zmenšený náhled. Pokud se tyto parametry neuvedou, předpokládá se, že náhled existuje. Pokud se do textu studijního článku například vloží značka

```
###obr1 merkur/merkur_povrch.jpg,0]###
```

znamená to, že náhled pro obrázek *merkur/merkur_povrch.jpg* neexistuje. Nebude se tedy vytvářet hypertextový odkaz na obrázek v plné velikosti. Stejně se tento parametr uvádí i pro vícenásobné obrázky. Pořadí parametru *priznak* koresponduje s pořadím obrázků.²²

Obrázky, pro které existuje jejich zmenšený náhled, se vypisují bez příznaku. Například zobrazení čtyř obrázků terestrických planet v kapitole *Planety* se provede vložením značky

```
###obr4 merkur/povrch_mes_bar.png,venuse/atmosfera4.jpg,zeme/ze  
me_vychod.jpg,mars/vales_marineris.jpg###
```

7.1.2.8 Vkládání ikon

Úkolem ikon je upozorňovat na odkazy a na typ jejich obsahu. Pro vložení ikony kamkoliv do textu je třeba zadat text:

²² Pokud ve vícenásobném seznamu neexistuje náhled jen u jednoho obrázku, musí se přesto i u ostatních obrázků uvést informace, že u nich náhled existuje. To se provede vložením hodnoty „1“.

```
###ikonka(<typ_odkazu>)###
```

Namísto proměnné *<typ_odkazu>* je možné zadat velké množství různých hodnot, které upozorňují na typ obsahu odkazu. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.3.

<i><typ_odkazu></i>	<i>Obsah odkazu</i>
pdf	dokument PDF
zip	komprimovaný soubor
jpg	obrázek typu <i>.jpg</i>
bmp	obrázek typu <i>.bmp</i>
png	obrázek typu <i>.png</i>
html	webová stránka <i>.html</i>
php	webová stránka <i>.php</i>
link	odkaz
avi	videosoubor
gif	obrázek typu <i>.gif</i>
odt	textový dokument <i>.odt</i>
ods	datová tabulka <i>.ods</i>
swf	flashová animace

Tabulka 7.3.: Seznam druhů ikon

7.1.2.9 Odkazy mezi články

Často je vhodné vkládat do studijních článků odkazy na jiné studijní články, které dále rozvíjejí probírané téma, nebo ve kterých se již podobné téma rozebíralo. Aby v těchto případech nebylo nutné vkládat všechny odkazy v HTML kódu, vytvořil jsem možnost sestavování odkazů automaticky. Formátovací značka odkazu na studijní článek vypadá následovně:

```
###odkaz#<systemove_jmeno_clanku>,<text_odkazu>#odkaz###
```

Proměnná *<systemove_jmeno_clanku>* je systémové jméno článku, které bylo zadáno při vytvoření nebo editaci odkazovaného článku. Proměnná *<text odkazu>* je text,

který bude studentovi zobrazen. Například v kapitole *Planetky* je odkaz na studijní článek o planetce Eros:

```
###odkaz#dalsi_eros.txt,433 Eros#odkaz###
```

7.1.2.10 Odkaz na externí zdroje

Podobně jako odkazy na studijní články je možné vkládat odkazy na externí zdroje informací. Formátovací značka vypadá podobně jako v předchozím případě

```
###odkaz_ven#<odkaz>,<text_odkazu>#odkaz_ven###
```

Proměnná *<text_odkazu>* má stejnou funkci jako v případě odkazu na studijní článek. Proměnná *<odkaz>* je celý hypertextový odkaz na externí stránku (včetně hlavičky *http://*). Odkaz na hlavní stránku NASA se vytvoří po zadání textu

```
###odkaz_ven#http://nasa.gov,NASA#odkaz_ven###
```

7.1.2.11 Řazení článků

Řazení článků v rámci kapitoly se provádí obdobně jako řazení kapitol v rámci tématu. Po kliknutí na položku *Řazení* v administračním rozhraní článků se zobrazí formulář (obrázek 7.10). Tento formulář je velice podobný formuláři pro řazení kapitol na obrázku 7.4 (strana 81).

7.1.2.12 Nastavení úrovně článků

Při tvorbě studijních článků jsem zjistil, že použití pouze jedné úrovně článků není příliš vhodné. Například v kapitole *Jupiter* se hovoří o Galileovských měsících. Tyto měsíce jsou souhrnně rozebrány v kapitole *galileovské měsíce*. V dalších kapitolách jsou měsíce následně popsány jednotlivě. V případě, že jsou všechny tyto kapitoly na stejné úrovni, je celý výpis značně nepřehledný.

Z tohoto důvodu jsem vytvořil možnost přiřadit každé kapitole jednu ze dvou úrovní. Nově vytvořená kapitola má nastavenou první úroveň. U kapitol, u kterých je vhodné nastavení druhé úrovně, je možné úroveň nastavit na administrační stránce řazení článků

(obrázek 7.10) nebo při editaci studijního článku (obrázek 7.7 na stránce 84). Zařazení kapitoly do úrovně se provede kliknutím na šipku vlevo (pro první úroveň) nebo na šipku vpravo (pro druhou úroveň). Pro lepší orientaci se v seznamu článků vypisuje i číslo úrovně.

Řazení článků

BURST

Jupiter ▼

Odešli

Pořadí	Jméno	Přesunout Úroveň	
1	Jupiter	^ v	1 ≤ ≥
2	Vnitřní stavba	^ v	1 ≤ ≥
3	Magnetosféra	^ v	1 ≤ ≥
4	Atmosféra	^ v	1 ≤ ≥
5	Velká rudá skvrna	^ v	1 ≤ ≥
6	Prstence	^ v	1 ≤ ≥
7	Měsíce	^ v	1 ≤ ≥
8	Galileovské měsíce	^ v	1 ≤ ≥
9	Io	^ v	2 ≤ ≥
10	Europa	^ v	2 ≤ ≥
11	Ganymedes	^ v	2 ≤ ≥
12	Callisto	^ v	2 ≤ ≥
13	Výzkum Jupiteru	^ v	1 ≤ ≥
14	☞ Charakteristika	^ v	1 ≤ ≥

*Obrázek 7.10: Řazení a nastavování úrovně
u kapitoly Jupiter*

Články, které mají nastavenou druhou úroveň, se v seznamu studijních článků ve vedlejším navigačním menu v uživatelském rozhraní zobrazují jako odsazené. Na obrázku 7.11 jsou to články 9 – 11.



Obrázek 7.11: Seznam článků
v kapitole Jupiter

7.1.2.13 Tvorba autotestů

Jak jsem již psal v kapitole 4.5 Autotesty na stránce 45, autotesty se sestavují zcela automaticky. Pořadí otázek i odpovědí je vždy náhodné a každý autotest je tedy jedinečný. Pro jejich vytvoření tedy stačí do databáze pouze zadat otázky.

Otázky se mohou zadat v administračním rozhraní pod oblíbenými nebo dalšími položkami vybráním možnosti *Vložení nové otázky* z vedlejšího menu (obrázek 7.12 na straně 96).

Formulář pro vložení otázky má několik položek. Předně je to *Otázka* a čtyři odpovědi *a*, *b*, *c* a *d*. Odpověď *d* není třeba vyplňovat. V případě jejího nevyplnění je tato možnost systémem ignorována a otázka je zobrazena jen se třemi možnými odpověďmi. Odpověď, která je vyplněna jako první, tedy odpověď *a*, je považována za správnou. Všechny ostatní odpovědi jsou vyhodnoceny jako špatné.

Pole *Kapitola* obsahuje zařazení otázky do některé z kapitol kurzu. Otázka se objeví v autotestu této kapitoly. Pokud existuje taková kapitola, které není přiřazena žádná otázka, není mezi jejími kapitolami autotest přítomný.

Posledním polem je zaškrťovací pole *Smazáno*. Otázky, které mají toto pole aktivní (zaškrtnuté), se v autotestech nezobrazí.

Oblíbené

Zdroje obrázků

[Vložit](#)
[Editace](#)

Články

[Seznam](#)
[Vložení nového](#)
[Řazení](#)

Aktualizace článků

BURST

Autotest

[Editace otázek](#)
[Vložení nové otázky](#)

Vložení nové otázky

Otázka:
a:
b:
c:
d:
Kapitola:
Smazáno: ☐

Obrázek 7.12: Oblíbené položky administrace a vložení nové otázky

Editace otázek k autotestům se provede obdobně jako editace zdrojů obrázků. Kliknutím na položku *Editace otázek* v oblíbených nebo dalších položkách administrčního rozhraní se zobrazí seznam všech otázek. Kliknutím na ikonu ve sloupci *Editace* se zobrazí formulář (obrázek 7.13), kde je možné změnit jakýkoliv atribut vybrané otázky.

[<<<— Předchozí otázka](#) [Následující otázka —>>>](#)

ID otázky: 5

Otázka:

a:

b:

c:

d:

Kapitola:

Deleted: ☐

Obrázek 7.13: Editace autotestových otázek

7.1.2.14 Správa uživatelů

Editace záznamu uživatele

1 - admin

2 - test

Jméno	Heslo	Administrátor	Oprávnění
test	d9b1d7db4cd	0	1

Obrázek 7.14: Editace uživatele

Správa uživatelů dovoluje administrátorovi určit kteří uživatelé mají právo do kurzu přistupovat. Registraci nového uživatele může provést administrátor v administraci

uživatelů kliknutím na položku *Vložení nového* nebo sám student. V případě, že se registruje sám student, musí po jeho zaregistrování administrátor jeho konto aktivovat nastavením pole *Oprávnění* na hodnotu „1“. Uživatelé, kteří nemají tuto hodnotu nastavenou, se do kurzu nedostanou.

Editace uživatelů se provádí kliknutím na možnost *Editace* a vybráním uživatele (obrázek 7.14). Heslo se před uložením kóduje algoritmem MD5²³. Ani administrátor tedy nemá přístup k heslům ostatních uživatelů.

7.2 Tutoring

Osoba, která vede studenty v průběhu kurzu, radí a pomáhá jim, se v odborné literatuře většinou nazývá tutor. Ve studijních člancích, které jsem připravil pro distanční kurz *Tělesa sluneční soustavy* i v této práci, však používám označení vyučující. Toto označení využívám, protože je kurz určen především pro žáky základních škol, kde se nejčastěji setkávají právě s učiteli či vyučujícími.

Je třeba rozlišovat mezi pojmy *tutor* a *autor*. Autor je osoba, nejčastěji odborný pedagogický pracovník, který kurz sestavil a vytvořil všechny studijní texty. Podle Příručky pro tutorý distančního vzdělávání [29] je tutor „Metodický zprostředkovatel distančního studia a hodnotitel průběžných výsledků.“ V některých případech může být tutor totožný s autorem. Tento případ je ideální pro pilotní běh kurzu, kdy může autor, který je zároveň tutorem, objevit skryté nedostatky kurzu a ještě během prvního běhu je opravovat.

Pro další běhy kurzů je pravděpodobnější, že bude kurz tutorovat někdo jiný, většinou ale také s odbornými a pedagogickými předpoklady. Příručka [29] uvádí několik předpokladů pro práci tutora.

23 MD5 je hashovací funkce. Výsledek této funkce se nazývá hash. Hash je jedinečný pro každou kombinaci vstupních znaků. Důležité je, že neexistuje způsob, jak z hashe zpětně získat vstupní hodnotu, a proto se často používá právě k ukládání hesel databázi. Ani v případě průniku do databáze není totiž hacker schopný získat hesla uživatelů.

Především je to *osobní zájem* o předmět kurzu i studenta. Tutor je ten, kdo studenty k jejich práci motivuje, a ten, na koho se studenti musí obrátit s problémy. Pokud má tutor se studenty diskutovat o probírané látce, musí mít pochopitelně i *odborné znalosti*. Tutor nemusí být v předmětu kurzu špičkovým odborníkem, ale měl by mít v tématu dobrý přehled. S odbornými znalostmi souvisí i technické schopnosti. Tutor musí být seznámen s ovládáním a správou kurzu. Měl by ovládat všechny multimediální prostředky a prvky informačních technologií, které daný kurz využívá. Měl by mít také *technické vybavení* na úrovni potřeb kurzu.

Zásadní vlastnosti tutora jsou ale jeho *komunikační dovednosti a schopnost empatie*. Tutor je v pozici pedagogického pracovníka a je nutné, aby zvládal specifika komunikace se skupinou studentů (ať je tvořena dospělými, nebo dětmi). Protože setkávání mezi tutorem a studenty neprobíhá prezenčně, je důležité dohodnout si termíny, kdy bude tutor přítomen v kurzu. Tutor musí tyto termíny dodržovat. Jinak nastane situace, kdy student nebude pokračovat ve studiu, protože nebude mít od tutora dostatečnou zpětnou vazbu.

7.2.1 Tutoriál

Jako jedna ze součástí distančních kurzů se používá tutoriál. Tutoriál je setkání všech účastníků kurzu. Často se používá pro seznámení účastníků s tématem kurzu, ale i účastníků s tutorem. V neposlední řadě také k seznámení účastníků mezi sebou. Tito lidé vytvoří na následujících několik týdnů úzce spolupracující sociální skupinu a jejich vzájemné osobní setkání pomůže jejímu rychlejšímu upevnění.

Často se také používá závěrečný tutoriál. To je tutoriál, který se uskutečňuje na konci kurzu a slouží k uzavření studia a intenzivní přípravě na závěrečnou zkoušku.

Při používání mého systému tak, jak navrhuji, nebude tvorba tutoriálů nezbytná. Při jeho použití v rámci jedné třídy či školy předpokládám, že tutoriál zastoupí jedna vyučovací hodina, kdy se žáci seznámí s cílem a ovládáním systému. Další setkávání v průběhu kurzu bude pravděpodobně probíhat ve škole.

7.2.2 Průběh kurzu

Optimální průběh kurzu *Tělesa sluneční soustavy* by měl obsahovat vstupní i výstupní tutoriál. Na vstupním tutoriálu by měli být žáci seznámeni s cílem kurzu, jeho ovládáním a systémem diskusí. Žákům musí být vysvětlena úloha diskuse a musí být také informováni o způsobu použití diskuse jako prostředku pro odevzdávání výsledků úkolů a cvičení. Musí jim také být sdělena adresa webového rozhraní i kontakt na vyučujícího. Zkušenosti z ostatních kurzů ukazují, že studenti distančních kurzů by měli mít na tutora více kontaktů. Za minimum je většinou považován email a telefon. V případě technických problémů na straně studenta je většinou nemožné o těchto problémech informovat tutora emailem.

Studenti musí být dále seznámeni se všemi podmínkami, které musí splnit, aby kurzem úspěšně prošli. Protože je kurz určen pro žáky základních škol, předpokládám začlenění hodnocení kurzu do celkového hodnocení práce žáka na vysvědčení. Způsob jejího začlenění nechávám na samotném učiteli fyziky. Pro větší motivaci však navrhuji možnost tvorby certifikátů o absolvování kurzu. Žáci by tak kromě výsledného hodnocení a jeho začlenění do výsledné známky z fyziky získali certifikát, který by se mohl předávat například na konci školního roku při předávání vysvědčení. Tento certifikát, nejlépe potvrzený ředitelem školy, by pak žáci mohli používat například při různých přijímacích řízeních. Tato možnost jistě značně zvýší motivaci žáků úspěšně projít celým kurzem.

Předpokládám, že vyučující mého kurzu využije možnosti zamezení zobrazení některým kapitolám (kapitoly 7.1.1 a 9.1). V tomto případě je nejvýhodnější rozdělit kurz na dvě části. První část bude obsahovat kapitolu *Planety* a dále kapitoly o terestrických planetách. V kapitole *Planety* se nachází úvodní slovo autora a základní informace o planetách sluneční soustavy. Druhá část kurzu bude pak obsahovat kapitoly o joviálních planetách a kapitolu o dalších tělesech sluneční soustavy, kde se nachází krátké části o trpasličích planetách a zajímavých planetkách a kometách.

Součástí každého studijního článku je odkaz na příslušnou diskusi. Do této diskuse by měli studenti směřovat veškeré své dotazy. Pro užitečný vývoj diskuse je důležité, aby byla kvalitně moderována. Moderátorem diskuse je pochopitelně vyučující. Aby studenti měli zaručenou zpětnou vazbu, je důležité, aby vyučující reagoval na jejich dotazy co možná nejdříve. V opačném případě studenti získají pocit, že na jejich připomínky není brán ze strany vyučujícího ohled a nebudou diskuse využívat.

Součástí každé kapitoly je krátký autotest, kde mají studenti možnost ověřit si své znalosti. Studenti musí být informováni o tom, že výsledky autotestů nejsou nikam zaznamenávány. Slouží jen pro jejich kontrolu.

Odevzdané úkoly a cvičení musí být vyučujícím co nejdříve opraveny a výsledky oznámeny studentům. Jedině tak student bude vždy vědět, že se může jeho pozornost přesunout k jinému problému a nebude s napětím čekat, zda byl jeho poslední úkol přijat či ne.

Po úspěšném prostudování všech kapitol a odevzdání úkolů předpokládám vytvoření závěrečného tutoriálu. Zde se žáci sejdou s vyučujícím, který zhodnotí jejich celkové výsledky a poděkuje za projevený zájem a aktivitu.

8 Vyhodnocení

Součástí mé disertační práce je pochopitelně také vyhodnocení pedagogické účinnosti kurzu. V první fázi jsem testoval účinnost na studentech předmětu Astronomie pro každého. Tento předmět je na katedře obecné fyziky vyučován jako předmět, který má za úkol zvyšovat zájem studentů zejména nefyzikálních oborů o astronomii a přírodní vědy.

Studenti, kteří navštěvují semináře předmětu Astronomie pro každého, studují nej-různější fakulty Západočeské univerzity. Pro získání zkušební statistiky jsem tyto studenty vybral, protože strukturou svého zaměření pokrývají celé spektrum vědních oborů. Nacházejí se mezi nimi studenti přírodovědných, technických i humanitních oborů. V dalších fázích vyhodnocování účinnosti kurzu se zaměřuji na žáky druhého stupně základních škol a na žáky ze Základní školy pro zrakově postižené v Plzni.

8.1 Zkušební statistika

Zkušební statistika proběhla na seminářích Astronomie pro každého. Kromě samotného testování účinnosti kurzu jsem požádal studenty, aby mě při procházení studijních textů upozornili na veškeré nesrovnalosti a problémy, na které narazí. Výsledné připomínky se týkaly především technické stránky kurzu a použitého systému diskusí. Žádná z připomínek se netýkala nepochopení probíraných témat.

Celý soubor dat je součástí přílohy E v souboru *./testy/zkusebni_statistika.ods*. Z dat byly odstraněny osobní údaje studentů (jména a studijní čísla), která sloužila pouze pro kontrolu skutečné účasti studentů.

8.1.1 Metodika testování

Studenti byli rozděleni do čtyř skupin podle semináře, který navštěvovali. Každá skupina byla na začátku semináře seznámena s cílem mé práce a účelem testu. Poté byl všem studentům zadán první test (tzv. pretest). Účelem pretestu je zjistit vstupní úroveň znalostí studentů. Po vyplnění testu byla studentům zadána adresa s elektronickou verzí práce. Na této adrese se nacházelo množství materiálů, které studenti mohli prostudovat a vypracovat otázky na úkoly a cvičení. Součástí webového rozhraní byla i elektronická verze testu. Tu studenti vyplňovali po prostudování studijních článků. Tento test (tzv. posttest) složí k určení výstupní úrovně znalostí studentů. Srovnáním výsledků pretestu a posttestu je možné určit didaktickou účinnost materiálů.

8.1.2 Celkové výsledky

První fáze testování se zúčastnilo celkem 196 studentů. Druhé fáze pak 80 studentů (tabulka 8.1). Znamená to, že výstupní data byla shromážděna od 40,8 % studentů, kteří se účastnili vstupní fáze²⁴.

<i>Počet hodnotících</i>	
Pretest	196
Posttest	80

Tabulka 8.1.: Počet hodnotících zkušební fáze

Celkové výsledky se nacházejí v tabulce 8.2. Srovnáním výsledků z obou fází je vidět, že v pretestu bylo správně zodpovězeno průměrně 11,21 otázek z 25 (44,86 %). V posttestu se úspěšnost studentů výrazně zvýšila. Průměrně bylo z 25 otázek správně zodpovězeno 23,36 otázky. To je celkem 93,45 % správných odpovědí.

<i>Celkové výsledky</i>					<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
	<i>Po</i>	<i>Út</i>	<i>St</i>	<i>Čt</i>	<i>Celkem</i>	<i>Celkem</i>
<i>Otázek</i>	11,18	11,16	11,77	11,75	11,21	23,36
<i>%</i>	44,73	44,62	43,08	47	44,86	93,45

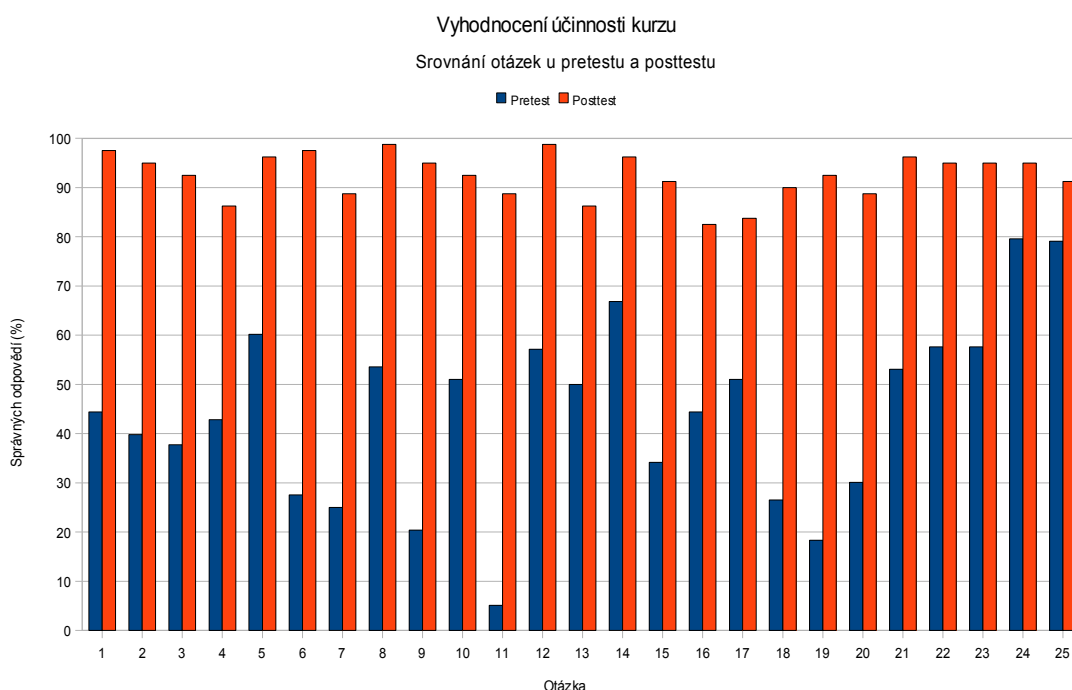
Tabulka 8.2.: Celkové výsledky zkušební fáze

²⁴ Kompletní data se nachází v příloze E, v souboru ./testy/zkusebni_statistika.odt.

Přírůstek správně zodpovězených otázek tedy činí 48,59 %. Toto číslo ukazuje, že přírůstek znalostí studentů byl značný.

8.1.3 Výsledky podle otázek

Tabulka výsledků podle jednotlivých otázek je součástí přílohy E. Z dat je sestaven graf na obrázku 8.1. Tento graf ukazuje procentní zastoupení správných odpovědí v pretestu a posttestu. Na grafu je vidět, jak velké bylo zlepšení úspěšnosti odpovědí v obou fázích testování u jednotlivých otázek.



Obrázek 8.1: Vyhodnocení podle otázek

Vyhodnocením grafu zjistíme, že v první fázi testování odpovědělo nejméně studentů správně na otázky číslo 11 a 19. U těchto otázek bych se rád zastavil. Otázka číslo 11 se týká poměru zatmění Měsíce a Slunce. Špatný výsledek této otázky ukazuje, že studenti nemají představu o souvislosti zatmění Měsíce a zatmění Slunce.

Drtivá většina studentů se domnívá, že zatmění Měsíce nastává častěji než zatmění Slunce. To je pochopitelné, protože běžná pozorování tento názor potvrzují. Studenti si

ale neuvědomují rozdíl mezi velikostí stínu Země a Měsíce. Dále správně nechápou, že postavení Slunce, Země a Měsíce při obou úkazech od sebe nejsou příliš odlišná. Pouze menší velikost Měsíce způsobuje, že měsíční stín je mnohem kratší než pozemský a tudíž že nedokáže zakrýt Slunce pro celý povrch Země.

Druhá otázka s nejmenším procentem správných odpovědí (číslo 19) se týká srovnání přivrácené a odvrácené strany Měsíce. Studenti nemají představu o vzhledu odvrácené strany Měsíce. Z vlastní zkušenosti mohu říct, že většina studentů, kterým jsem obrázky obou polokoulí Měsíce ukazoval, byla překvapena, když mohla obě poloviny Měsíce srovnat.

Naopak mě příjemně překvapilo, že studenti měli i v pretestu poměrně dobrou představu o novém pojmu *trpasličí planeta* (otázka 24), a o posloupnosti fází měsíce (otázka 14).

8.1.4 Vyhodnocení

Vyhodnocení výsledků ukázalo, že distanční kurz má dobré předpoklady pro nasazení v praxi. Několik drobných technických nedostatků, které se během testování se studenty objevilo, bylo odstraněno.

Všechny studijní texty byly prostudovány 80 studenty a těmito studenty byl vyplněn závěrečný test. Test ukázal, že ve všech případech došlo ke zvýšení úrovně znalostí studentů. Otázky, které byly v pretestu zodpovězeny nejhůře, se v posttestu naopak zařadily mezi otázky s nejvyšší celkovou úspěšností. Ukazuje se tedy, že kurz má dobré zaměření právě na témata, která jsou studenty chápána nejméně.

8.2 Základní školy

Testování účinnosti na základních školách bylo problematické. Astronomie je zařazována na konec posledního ročníku a nepodařilo se mi najít příliš učitelů, kteří by byli ochotni ji zařadit do svého plánu dříve. Přesto bych rád poděkoval svému kolegovi,

Mgr. Lukáši Jánskému, který mi umožnil otestovat účinnost na třech svých třídách. Jednalo se o třídy ze sedmého, osmého a devátého ročníku. Podařilo se tak pokrýt ročníky z téměř celého druhého stupně.

8.2.1 Celkové výsledky

Celkové výsledky nebyly podle očekávání tak výrazné, jako celkové výsledky zkušební statistiky²⁵. V sedmém ročníku byl procentní přírůstek správných odpovědí 7,4 %, v osmém 13,2 % a v devátém 7,2 %. Tabulka 8.3 udává pro každý ročník průměrné počty správně zodpovězených otázek, a to absolutně i procentuálně.

		<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Rozdíl</i>
7. ročník	Průměr otázek	9,77	11,61	1,81
	Průměr (%)	39,8	46,45	7,37
8. ročník	Průměr otázek	9,52	12,83	3,31
	Průměr (%)	38,07	51,3	13,23
9. ročník	Průměr otázek	9,68	11,49	1,8
	Průměr (%)	38,74	45,95	7,21

Tabulka 8.3.: Celkové výsledky žáků ZŠ podle ročníku

Protože v některých případech došlo k tomu, že procento správných odpovědí bylo nižší v posttestu, tedy po prostudování materiálů, domnívám se, že žáci nevěnovali správnému vyplnění testů dostatečnou pozornost. To lze vyzorovat ze statistiky prvních šesti otázek. Tam byli žáci všech tříd mnohem úspěšnější. V sedmé třídě je průměr přírůstků správných odpovědí prvních šesti otázek 16,3 %, v osmé 38,7 % a v deváté třídě 21,1 %. Domnívám se proto, že žáci všech ročníků pečlivě prostudovali pouze část o Merkuru. Testové otázky, týkající se ostatních těles, které byly do testu zahrnuty, pravděpodobně vyplňovali podle svých předchozích odpovědí. V některých případech jsem musel ze získaných dat vymazat záznamy, které vznikly tím, jak žáci vyplňovali test metodou pokus-omyl. V některých případech bylo od žáků zaznamenáno až 20 odpovědí.

²⁵ Kompletní statistika (včetně získaných dat) se nachází v příloze E, v souboru *./testy/zs_vyhodnoceni.ods*.

Oba výsledky (všech otázek i prvních šesti) vypovídají o tom, že úroveň znalostí žáků byla v průměru navýšena. Většího přírůstku by bylo možno dosáhnout například hodnocením výsledku testu, nebo jinou motivací studentů.

8.2.2 Další testování

V další fázi testování didaktické účinnosti kurzu budu zkoumat dlouhodobé zvýšení úrovně poznatků žáků. Pro tento cíl si vyberu dvě třídy stejného ročníku. Jedna třída bude absolvovat výuku astronomie prostřednictvím mého kurzu a druhá bude *referenční*. Ta absolvuje část astronomie, která se zabývá planetami, běžnými metodami v klasické výuce. Výsledky obou těchto skupin budou po skončení výuky srovnány.

Protože však není možné narušit učební plány učitelů základních škol změnou pořadí výuky jednotlivých částí fyziky, bude tento výzkum proveden v době, kdy výuka astronomie na základních školách probíhá. Z tohoto důvodu nebude možné zařadit výsledky výzkumu do práce. Jeho výsledky budou podrobně prezentovány při obhajobě této práce. Získaná data budou do práce volně vložena jako příloha.

9 Praktická část

V této části své práce ukazuji konkrétní výsledek vývoje kurzu. Můj kurz se zabývá výukou astronomických poznatků o planetách a dalších malých tělesech sluneční soustavy, které jsou přístupné pro žáky druhého stupně základních škol.

Kurz, který budu nadále popisovat, má pomáhat učitelům ve výuce astronomických poznatků. Kurz se člení do kapitol a studijních článků. Typická kapitola se zabývá jednou planetou a jejími měsíci. Každý studijní článek se zabývá jedním tématem. Pro účely vývoje systému a samotného kurzu jsem nejdříve vytvořil tři kapitoly, které se zabývají různými druhy těles. Byla to planeta Merkur, Měsíc a malá tělesa sluneční soustavy (především jejich srážky se Zemí). Tyto tři části jsem vybral proto, abych mohl již na začátku tvorby kurzu posoudit, zda je navržená struktura kurzu vhodná. Tyto články jsem dále využil při první fázi ověřování didaktické účinnosti kurzu.

Jak se ukázalo později, z hlediska struktury kurzu nebylo příliš výhodné zařazení článků do stejné úrovně. Nebylo možné rozlišit články zabývající se například planetou a jejími měsíci. Proto jsem vytvořil dvojúrovňovou strukturu studijních článků. Články, které jsou zařazeny do druhé úrovně, jsou v seznamu článků odsazeny. Je tak vytvořena optická struktura, která pomáhá členění textu.

Optická struktura textu je výhodná zejména v kapitole *Další tělesa*. Pomáhá zde rozlišit obecké články (například *Planetky*) od článků, které se zabývají konkrétními tělesy (například planetky *Eros* a *Itokawa*).

9.1 Určení kurzu

Distanční kurz, který vytvářím, je určen pro žáky druhého stupně základní školy. U těchto žáků je třeba určit úroveň předkládaných informací a odbornosti textu. U žáků druhého stupně ZŠ není možné předpokládat okamžité porozumění odborným termínům (afélium, perihélium, ekliptika). Proto vždy, když se v textu nějaký odborný termín objeví, je uvedeno i jeho stručné vysvětlení (viz termín *elongace* v kapitole *Merkur* na straně nebo termín *perioda rotace* v kapitole *Merkurova rotace* na straně). Student, který se s takto vysvětleným termínem setká poněkolikáté, si tento termín zapamatuje a případné další studium odborných textů pro něj bude snazší.

U webových materiálů je většinou problém zajistit, aby student procházel text v pořadí, které je z hlediska strukturování informací nejvhodnější. Lze toho dosáhnout různými způsoby. V první řadě je možné určit, který uživatel si bude moci kdy přečíst nějaký článek. Tuto možnost lze začlenit do systému, který nedovolí uživateli prohlédnout si určitou stránku před určeným časem (student tak na každou kapitolu dostane například týden). Samozřejmě je možné ohraničit zobrazení kapitoly i tak, aby student tuto kapitolu nemohl zobrazit po určeném termínu. Výhodou tohoto řešení je, že všichni studenti mohou v určitém časovém období studovat stejnou část kurzu. Všechna diskuse a ostatní aktivity, které budou v rámci studia probíhat, se budou týkat právě této kapitoly. Mezi nevýhodami tohoto způsobu bych zmínil ztrátu svobody. Zvláště v případě vymezení přístupu do určitého časového období jsou studenti nuceni držet se přesně připraveného časového plánu.

Druhou možností je nechat všechny studijní aktivity otevřené pro všechny studenty. Výhodou tohoto řešení je samozřejmě svoboda volby studovaného objektu a časového rozvržení. Pro diskuse to ale není příliš vhodné, protože každý student může studovat něco jiného. V případě dotazu není zajištěno, že ostatní studenti mají již stejnou část prostudovanou.

Obě tyto možnosti jsou v praxi použitelné. Pokud by se kurz orientoval na dospělé studenty, byla by pravděpodobně nejvhodnější druhá možnost, která dává každému volnost a počítá s tím, že studenti budou této volnosti používat zodpovědně. Protože je ale kurz určen pro žáky základních škol, není možné předpokládat, že žáci ve věku mezi 14ti a 15ti lety budou této svobody užívat uvážene.

Administrátor kurzu má v tomto případě jednoduchou možnost, jak zamezit zobrazení některých kapitol. V administračním rozhraní kurzu je možné kapitoly mazat a obnovovat (kapitola 7.1.1 Správa témat a kapitol na straně 79). Smazání kapitoly nezpůsobí její odstranění z kurzu, ale pouze její nezobrazení. Obnovením kapitoly se tedy kapitola vrátí na své místo v seznamu kapitol a může být studenty zobrazena a studována.

9.2 Použití kurzu

Učitel, který by svým žákům chtěl zprostředkovat astronomické poznatky, může tento kurz použít paralelně ke klasické výuce. V tomto případě je možné v předem určených termínech s žáky diskutovat o jejich postupu a problémech a zodpovídat jejich dotazy. Pokud by byl kurz použit tímto způsobem, sloužil by jen jako počítačová podpora výuky. V diskusních fórech by pravděpodobně neprobíhala příliš živá diskuse, protože by si žáci mezi sebou většinu problémů mohli vyřešit mezi sebou ve třídě (popřípadě osobně s vyučujícím). Diskusní fóra v kurzech by sloužila pouze jako prostředí k odevzdávání úkolů.

V případě použití v rámci školy je možné použít kurz ve více třídách zároveň. Kurz by tak, především na velkých základních školách, procházelo mnohem více studentů. V tomto případě již není pravděpodobné, že se všichni žáci budou stýkat například o přestávkách, a je tedy pravděpodobné, že diskuse již bude probíhat i ve fórech.

Je zde ale i možnost spojení více základních škol, které by kurz mohly používat současně. V tomto případě je možnost nabídnout účast v kurzu pouze žákům, kteří mají o tato témata zájem.

9.3 Rozbor kapitoly Merkur

V této části bych rád rozebral strukturu kapitoly *Merkur*. Kapitola je do studijních článků rozdělena podle několika hledisek. Protože tato kapitola bude pravděpodobně první, kterou budou žáci studovat, obsahuje několik odborných termínů. Na úrovni základní školy se nedá předpokládat, že budou žáci tyto termíny znát. Proto je vždy, když se nějaký odborný termín v textu objeví, termín vysvětlen. Často se u vysvětlení nachází i schematický obrázek, který pochopení zjednodušuje.

V prvním studijním článku *Merkur* jsou žáci seznámeni s historií pozorování této planety, původem jejího jména a základními fyzikálními charakteristikami. Dozví se zde jak planeta vypadá a jak ji můžeme ze Země pozorovat. Protože je zmíněn odborný termín (*elongace*), je tento termín názorně vysvětlen pomocí obrázku. Do této kapitoly jsem zařadil i zmínku o slabé Merkurově atmosféře.

V dalším článku *Povrch* je pomocí většího množství fotografií předveden Merkurův povrch. Je zde také první zmínka o sondě, která tyto fotografie pořídila. V pořadí třetí studijní článek se nazývá *Struktura* a zabývá se složením Merkuru. Jádro této planety je srovnáno s jádrem planety Země a je zjištěno, že ve srovnání se Zemí má Merkur své jádro velice velké. Protože v současné době neexistuje obecně platná teorie, která by tuto skutečnost vysvětlovala, jsou ve článku naznačeny tři nejpravděpodobnější teorie. Součástí tohoto článku je úkol, který dává žákům možnost zkusit si vybrat jednu z uvedených teorií a v diskusi si tento názor obhájit. Situace je podobná úkolu z kapitoly o vzniku Měsíce. Rozdíl je pouze v tom, že v případě Měsíce existují důkazy, které jednu z teorií potvrzují. Tyto důkazy jsou v článku uvedeny a žáci tedy mohou rozhodovat fundovaně. V případě Merkuru se samozřejmě jedná o pouhé spekulace. Na

konci článku je zmínka o tekutém jádře planety Merkur a o magnetosféře, která je toho důsledkem.

Další článek *Magnetosféra* navazuje na předchozí článek o vnitřní struktuře. Tento článek zjednodušeně vysvětluje, proč se předpokládalo, že terestrické planety nemohou mít tekuté jádro, které je podmínkou pro vznik magnetosféry. Poukazuje také na překvapení, které způsobilo její objevení. Dále je ve článku zjednodušeně vysvětlen princip slapových sil, které se na ohřívání jádra podílejí. S termínem slapových sil se žáci setkají ještě několikrát v případě planety Země a galileovských měsíců planety Jupiter. Princip slapových sil je podrobněji vysvětlen v článku *Slapové síly* zařazeném do kapitoly *Země*.

Další dva studijní články se zabývají pohybem Merkuru v prostoru. První článek se zaměřuje na jeho rotaci kolem vlastní osy a na oběh kolem Slunce. Kombinace uvedených hodnot způsobuje, že pro pozorovatele na Merkur se slunce pohybuje výrazně odlišně než na Zemi. Tato skutečnost je vysvětlena a zároveň i znázorněna na interaktivní animaci. Úkol, který je součástí článku, nutí žáky uvědomit si, co je na Merkur rok a co je na Merkur den (neplatí zde totiž, že den je kratší než rok). Poprvé se žáci setkávají s termínem siderická a synodická perioda. Tyto termíny jsou pak v dalších článcích (především zabývajících se Měsícem) postupně vysvětlovány.

V článku *Merkurova trajektorie* se žáci dozví, že Merkur je planetou s největší eliptičností a největším sklonem od ekliptiky (pojem *ekliptika* bude později také zpřesněn v kapitole *Země*). Eliptičnost souvisí i s úhlovým průměrem Slunce. Pojem *úhlový průměr* je v textu vysvětlen pomocí obrázku a následně je použit v úkolu. S eliptičností dráhy souvisí i stáčení perihélia Merkuru. Tento jev je v článku popsán a je popsána i jeho historie. Zmíněno je i potvrzení obecné teorie relativity, který tento jev poskytl.

Výzkumem Merkuru se zabývá předposlední článek. Popisuje všechny sondy, které se na výzkumu Merkuru podílely nebo podílet budou. Článek zmiňuje i nejnovější výzkum, který při svém průletu 14. ledna 2008 provedla sonda Messenger.

Poslední studijní článek obsahuje tabulku, která shrnuje všechny důležité charakteristiky Merkuru. Žáci zde najdou všechny hodnoty potřebné k plnění úkolů a všechny další hodnoty o které by se mohli zajímat.

9.4 Elektronické verze

Off-line verze systému i s uvedenými studijními aktivitami se nachází na přiloženém CD-ROM jako příloha E. Pro správnou funkci je nutno postupovat podle instrukcí v souboru *./cti_me.txt*. On-line verze kurzu se nachází na URL: <http://pluto.pef.zcu.cz/nedoma/disertace/>. Přihlásit se do systému je možné pod jménem „test“ s heslem „123“ jako administrátor (bude umožněn přístup do administračního rozhraní a budou zobrazeny všechny výsledky úkolů a cvičení) nebo pod jménem „test_student“ s heslem „123“ jako student (výsledky úkolů a cvičení nebudou zobrazeny).

9.5 Tištěná verze kurzu

Textová verze, které je součástí práce, vznikla převedením webových stránek do tištěné verze. Protože ve webové formě je používáno poměrně velké množství odkazů a dalšího rozšiřujícího materiálu, není možné považovat tištěnou verzi za plnohodnotnou. V textu je možné narazit na hypertextové odkazy, které jsou v případě webového rozhraní zvýrazněny barvou, podtržením a ikonkou, která informuje o typu odkazu. V textové verzi je na přítomnost hypertextového odkazu upozorněno ikonkou podtržením a vytučněním.

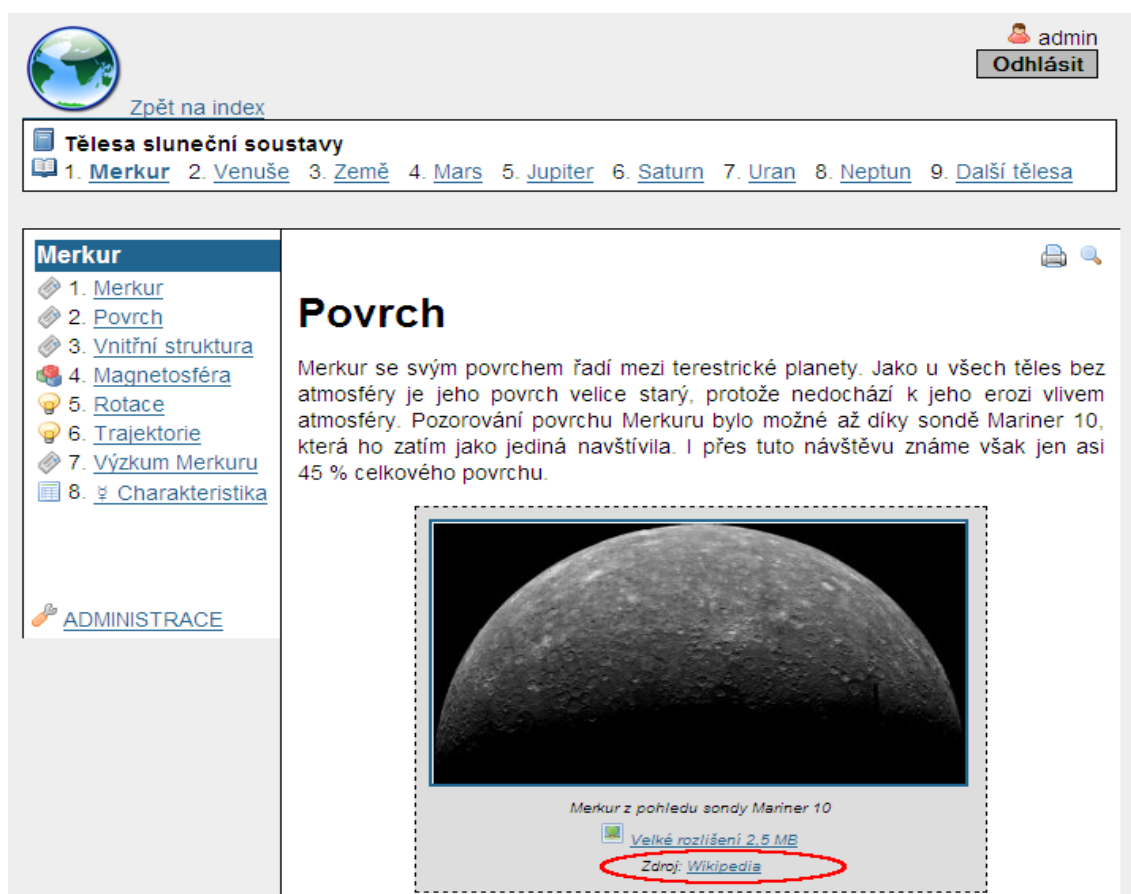
V tištěné verzi nejsou dále zahrnuty články *Charakteristika*. Tyto články jsou součástí všech kapitol, které se zabývají planetami. Články jsou tvořeny tabulkou, která shrnuje všechny základní charakteristiky planety (její průměr, vzdálenost od Slunce, oběžnou dobu apod.). Smyslem těchto tabulek je jednak shrnout všechna důležitá čísla, která se týkají konkrétní planety, a dále i hodnoty, které se budou používat v příkladech

a cvičeních. Není tedy nutné u každého úkolu zadávat potřebné charakteristiky planet. Studenti se tak učí pracovat s tabulkami, vyhledávat potřebné hodnoty apod.

Součástí tištěné verze kurzu není také část článku *Definice těles sluneční soustavy* v kapitole *Další tělesa*. Jedná se o anglický originál textu, který definuje rozdělení těles sluneční soustavy do kategorií. Umístění této části článku do této verze práce není třeba, protože nepřináší nic nového.

V tištěné verzi se nachází i výsledky úkolů a cvičení. Ty se zobrazují pouze uživatelům, kteří mají administrátorská práva. Uživatelům kteří tyto práva nemají, nejčastěji právě studenti, se žádné výsledky nezobrazí. Součástí přílohy D jsou zadání a výsledky některých cvičení. Zadání těchto úkolů se totiž nachází v externích souborech, které nejsou v tištěné verzi dostupné. Konkrétně se jedná o úkoly v kapitolách 9.7.7 Merkurova trajektorie a 9.9.9 Měsíční fáze.

V následujícím textu se dále nenacházejí odkazy na zdroje obrázků. Ty se nacházejí v off-line nebo on-line verzi celého kurzu. Vždy pod obrázkem se nachází příslušný odkaz (obrázek 9.1).



Obrázek 9.1: Ukázka studijního článku Povrch v kapitole Merkur

9.6 Planety

9.6.1 Planety sluneční soustavy

Na 26. zasedání ☐ **Mezinárodní astronomické unie IAU** v ☐ **Praze** byla přijata nová definice těles sluneční soustavy. Část této definice, která vymezuje pojem planety zní:

Planeta je nebeské těleso, které

1. obíhá okolo Slunce,

2. má dostatečnou hmotnost, aby jeho vlastní gravitace překonala vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze (přibližně kulového) a
3. vyčistilo okolí své dráhy.

Podle této definice známe tedy celkem osm planet: Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun.

Planety můžeme dělit několika způsoby. Podle velikosti na **malé** (Merkur, Venuše, Země, Mars) a **obří** (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) a podle celkového složení povrchu na **kamenné** (Merkur, Venuše, Země, Mars) a **plynné** (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun). Srovnáním je vidět, že všechny malé planety jsou zároveň kamenné a obří planety jsou všechny plynné.

9.6.1.1 Kamenné planety

Všechny kamenné planety mají pevný povrch. Protože je jedním ze zástupců této skupiny Země, nazývá se tato skupina **terestrické planety** (Terra je latinský název Země). Terestrické planety mají následující společné vlastnosti:

1. pevný povrch,
2. velká průměrná hustota,
3. slabá nebo žádná atmosféra,
4. malý počet měsíců,
5. žádné prstence.



*Obrázek 9.2: Barevná fotografie
Merkuru (408 kB), Zdroj: IAN*



*Obrázek 9.3: Snímek ze sondy Pioneer
Venus Orbiter (1979), Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.4: Východní polokoule Země,
Zdroj: visibleearth.nasa.gov*



*Obrázek 9.5: Valles Marineris
z pohledu sondy Viking,
Zdroj: msss.com*

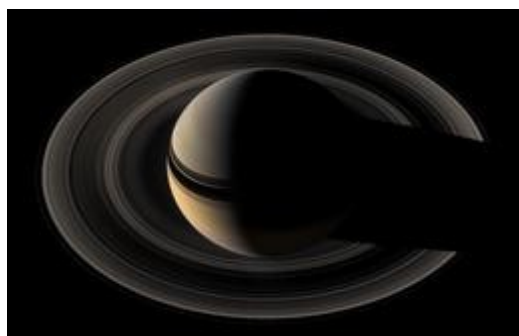
9.6.1.2 Plynné planety

Plynné planety jsou označovány jako **joviální planety** (podle latinského jména boha Jupitera – Jovus). Společnými znaky těchto planet jsou:

1. žádný pevný povrch,
2. malá průměrná hustota,
3. rozsáhlá atmosféra,
4. velký počet měsíců,
5. soustava prstenců.



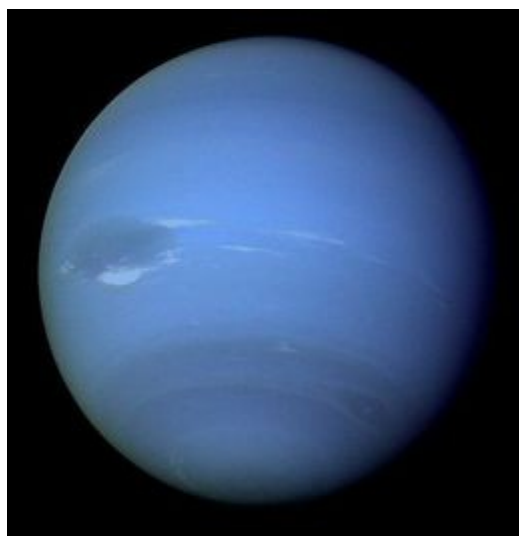
Obrázek 9.6: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA



Obrázek 9.7: Stín planety Saturn na prstencích (0,5 MB), Zdroj: NASA



Obrázek 9.8: Uran, Zdroj: NASA

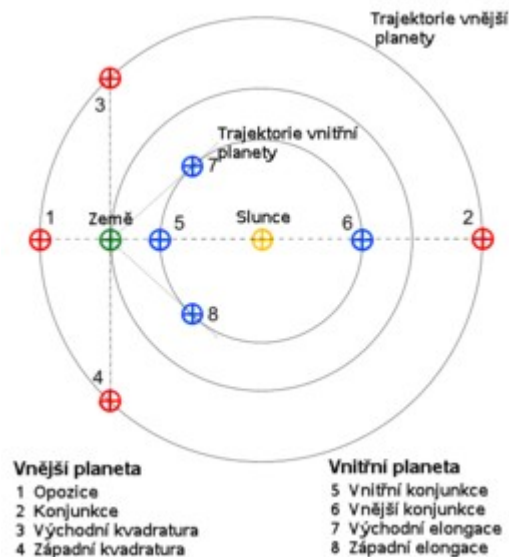


Obrázek 9.9: Neptun, Zdroj: NASA

9.6.1.3 Dělení podle pozice ve sluneční soustavě

Podle pozice ve sluneční soustavě můžeme všechny planety rozdělit na **vnitřní** a **vnější**. Vnitřními planetami jsou takové planety, které obíhají Slunce v menších vzdálenostech než Země. Jsou jimi tedy Merkur a Venuše. Vnější planety jsou takové planety, které Slunce obíhají ve větší vzdálenosti než Země. Jsou to Mars, Jupiter, Saturn, Uran a Neptun.

Podle vzájemných pozic Země a vnitřní nebo vnější planety rozeznáváme několik významných poloh. U **vnitřních planet** se jedná o **vnitřní a vnější konjunkci** a **maximální východní a západní elongaci**. **Konjunkce** nastává, když je vnitřní planeta v blízkosti spojnice mezi Zemí a Sluncem. Ani v jedné pozici není vnitřní planeta pozorovatelná. V případě vnější konjunkce je planeta schována za Sluncem. V případě vnitřní konjunkce je sice Zemi nejbližší, ale vnitřní planeta není pozorovatelná protože je Zemi přivrácena její neosvětlená část (výjimkou je přechod planety přes sluneční disk). Maximální elongace je největší možná úhlová vzdálenost mezi planetou a Sluncem.



Obrázek 9.10: Významné pozice planet

Upraveno v GIMPu, Zdroj: astunit.com

U **vnějších planet** rozeznáváme **opozici**, **konjunkci** a **východní a západní kvadraturu**. V konjunkci planeta není pozorovatelná ze stejného důvodu jako u vnější konjunkce vnitřní planety. Nejlepší pozorovací podmínky nastávají v době opozice, kdy je planeta

nejblíže Zemi a je pozorovatelná po celou noc. U vnějších planet se téměř nevyskytují fáze. Nejmenší osvětlenou část planety můžeme pozorovat v období kvadratury, kdy je úhel Slunce–Země–planeta roven 90° . I v této fázi je vždy vidět více než 90 % osvětleného povrchu planety.

9.6.2 Malá modrá tečka

V roce 1990 se sonda **Voyager 1** otočila, aby ještě naposledy vyfotografovala všechny planety. Na jednom snímku se nachází i naše Země. Fotografie je vytvořena ze vzdálenost 6,4 miliardy kilometrů. Oranžové pruhy jsou způsobené rozptylem slunečního světla. Země je zvýrazněna modrým kroužkem.



Obrázek 9.11: Malá modrá tečka,

Zdroj: Wikipedie

Spolu se Zemí byly vyfotografovány i ostatní planety a Slunce. Zleva to jsou Neptun, Uran, Saturn, Slunce, Venuše, Země a Jupiter. Mars a Merkur jsou pro zachycení příliš malé.



Obrázek 9.12: Rodinný portrét, Zdroj:
NASA

9.7 Merkur

9.7.1 Merkur

Merkur je první a nejmenší planeta sluneční soustavy. Je dokonce menší než dva měsíce (Ganymed u Jupiteru a Titan u Saturnu), i když jeho hmotnost je větší než hmotnosti těchto měsíců. První záznamy o pozorování pocházejí již ze třetího tisíciletí před Kristem, kdy byla tato planeta pozorována Babyloňany. Římané ho pojmenovali podle boha **Mercuria**, který byl římským bohem obchodu. V ostatních kulturách byla tato planeta nazývána například jako **Hermes** (Řekové), **Nabu** (Babyloňané), **Buddha** (Indové), **Vodní hvězda** (Číňané, Korejci, Japonci a Vietnamci) nebo **Hvězda tepla** u Hebrejců. Řeční astronomové až do pátého století před Kristem považovali tuto planetu za dvě tělesa. Jedno se objevovalo ráno a druhé večer. Teprve později byla obě tato tělesa ztotožněna. V římské kultuře byl díky svému rychlému pohybu na obloze považován za posla bohů. Proto je **Mercurius** vyobrazován s okřídlenými botami.



Obrázek 9.13: Mercurius,

Zdroj: Wikipedie

Merkur obíhá ze všech planet nejbližší Slunci. Na čtvereční metr jeho povrchu dopadá nejvíce tepla ze všech planet. Jeho povrch se tak díky Slunci zahřívá na obrovské teploty. Na denní straně teplota stoupá až k $427\text{ }^{\circ}\text{C}$. Noční strana se ochladí až na $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento obrovský rozdíl má dvě příčiny. Jednak je to extrémně slabá atmosféra, která není schopna část tepla zadržet a ohřívat jím i noční stranu (tak, jak se to děje u Země a Venuše), jednak je to pomalá Merkurova rotace (o té se dozvíte více v článku *Rotace*).

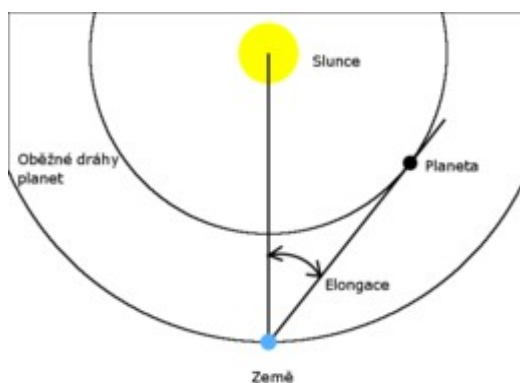


Obrázek 9.14: Složenina snímků ze sondy
Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení
2,5 MB, Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.15: Povrch Merkuru,
Zdroj: NASA

Pozorování Merkuru je poměrně obtížné kvůli malé vzdálenosti od slunce. Je možné jen brzy ráno, když Merkur vyjde dříve než slunce, nebo těsně po západu slunce, když se nachází na opačné straně od slunce. Jinak se vždy nachází v těsné blízkosti slunce a utápí se v jeho záři. Největší úhlová vzdálenost mezi Merkurem a Sluncem, takzvaná **maximální elongace**, je pouze $28,3^\circ$. Vysvětlení tohoto pojmu je na dalším obrázku (poměry velikostí a vzdáleností neodpovídají skutečnosti). Kromě Merkuru můžeme maximální elongaci pozorovat ještě u Venuše. Je tedy pozorovatelná pouze u planet, které obíhají blíže Slunci než Země (**vnitřní planety**).



Obrázek 9.16: Elongace je největší
úhlová vzdálenost planety a slunce,
Vytvořeno v GIMPu

9.7.2 Atmosféra

Merkurova atmosféra je extrémně slabá. Dosahuje tlaku jen asi 10 Pa (což by na Zemi bylo považováno za vakuum). Je tvořena částicemi slunečního větru a také částicemi z Merkurova povrchu, které byly vyraženy slunečním větrem. Částice atmosféry mají velkou kinetickou energii. Rychlost těchto částic je často větší než úniková rychlost z Merkuru, a tak tyto částice mohou planetu opustit. Protože je atmosféra velice řídká, tyto částice se velice málo srážejí mezi sebou. Pohybují se nejčastěji po balistických trajektoriích (ovlivňovány pouze tíhovou silou) a častěji se srážejí s povrchem Merkuru než samy mezi sebou.

9.7.3 Povrch

Planeta Merkur má pevný povrch, malou velikost a velkou průměrnou hustotu. Řadí se tedy mezi terestrické planety. Jako u všech těles bez atmosféry je jeho povrch velice starý, protože nedochází k jeho erozi vlivem atmosféry. Pozorování povrchu Merkuru bylo možné až díky sondě Mariner 10, která ho zatím jako jediná navštívila. I přes tuto návštěvu známe však jen asi 45 % celkového povrchu.



*Obrázek 9.17: Složenina snímků ze sondy
Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení
2,5 MB, Zdroj: Wikipedia*

Celý Merkur je poset impaktními krátery, které byly vytvořeny při dopadech planetek a komet. V minulosti byly tyto události velice časté. V současnosti jejich četnost klesla, takže povrch Merkura je velmi dlouho bez jakýchkoliv změn.



*Obrázek 9.18: Povrch Merkuru,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.19: Povrch Merkuru,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.20: Povrch Merkuru,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.21: Kráter Brahms,
Zdroj: NASA*

Na některých místech jeho povrchu jsou patrné zlomy (na dalším obrázku). Ty vznikly jako důsledek postupného vychládání Merkurova jádra. Chladnoucí železné jádro se začalo vlivem teplotní roztažnosti zmenšovat. Stále ještě plastický plášť se nové velikosti jádra dokázal přizpůsobit. To ale nedokázala pevná kůra, která popraskala. Tyto praskliny můžeme pozorovat na spoustě snímků. Za povšimnutí stojí praskliny, které protínají některé velké krátery. Je z nich jasné pořadí vzniku těchto struktur.

Nejdříve vznikl kráter a až poté prasklina. To může pomoci určit, kdy k tomuto popraskání došlo.



Obrázek 9.22: Zlomy na povrchu,

Zdroj: NASA

9.7.4 Struktura

I když je Merkur nejmenší z terestrických planet, má druhou nejvyšší hustotu. Větší průměrnou hustotu má pouze Země. Z toho je jasné, že musí mít velice velké kovové jádro. Předpokládaná struktura planety je vidět na následujícím obrázku. Oblast označená číslicí 3 je jádro. Zatímco zemské jádro zaujímá asi 17 % objemu celé planety, u Merkuru je to asi 42 %. Jádro je složeno převážně ze železa. Číslicí 2 je označen plášť. Ten je 600 kilometrů silný. Na něm leží vnější vrstva, asi 100 kilometrů silná kůra.



Obrázek 9.23: Vnitřní struktura

Merkuru, Zdroj: www.nfs.gov



Obrázek 9.24: Vnitřní struktura

Merkuru, Zdroj: Wikipedie

Velká hustota Merkuru a malá tloušťka jeho pláště vede astronomy k domněnce, že část jeho pláště v minulosti zmizela. Je několik teorií, které vysvětlují, jak k tomu mohlo dojít.

- Kůra byla z planety odnesena při srážce s velkou planetkou, která vyvrhla povrchové vrstvy do okolního prostoru. Podobná teorie byla vytvořena i pro vysvětlení vzniku Měsíce.
- Těsně po vzniku sluneční soustavy nebylo Slunce energeticky stabilizované a jeho energetický výkon mohl být velice odlišný od současného. V okolí Merkuru mohla být teplota 2 500–3 500 K (možná i 10 000 K). Tato extrémní teplota by způsobila vypaření celého Merkurova povrchu, který by vytvořil tenkou atmosféru. Tato atmosféra by byla velice rychle „sfouknuta“ slunečním větrem.
- Ještě před zformováním planet, když se Slunce a všechna tělesa formovala ze solární mlhoviny, byl sluneční vítr mnohem silnější než v současnosti. Mohlo se stát, že (především v blízkosti Slunce) docházelo k vyražení lehčích atomů pryč

z okolí Merkuru. To by mělo za následek, že stavební materiál, ze kterého se Merkur později zformoval, obsahoval mnohem více železa a méně lehčích prvků než materiál v ostatních částech sluneční soustavy.

Je velice těžké rozhodnout, která z těchto teorií je nejbližší pravdě. Naštěstí každá předpovídá jiné složení Merkurova povrchu. Obě sondy, které budou Merkur v blízké budoucnosti zkoumat, jsou vybaveny spektroskopickými přístroji, které zjistí přesné složení jeho povrchu. Na základě těchto faktů bude možné zjistit zajímavé informace o minulosti této planety.

Úkol:

Napiš do diskuse, která teorie je podle **tvého** názoru nejpravděpodobnější. Nezapomeň přitom, že žádný názor nemůže být označen za jediný správný ani za špatný, protože v současnosti není dostatek informací, které by mohly jednu teorii označit za správnou.

Výsledek:

U tohoto úkolu není žádný názor špatný ani správný. Důležité je, aby si studenti svůj názor dokázali obhájit.

Zajímavá je otázka tekutosti železného jádra. Panovala domněnka, že díky své malé velikosti nemůže mít Merkur tekuté jádro. Takto malá planeta by musela velice rychle vychladnout. Překvapení bylo, když sonda Mariner 10 objevila magnetické pole. Toto pole je sice velice slabé (jen asi 1 % pozemského), ale jelikož je magnetické pole terrestrických planet vytvářeno právě tekutým kovovým jádrem, bylo jasné, že alespoň část jádra planety musí být tekutá.

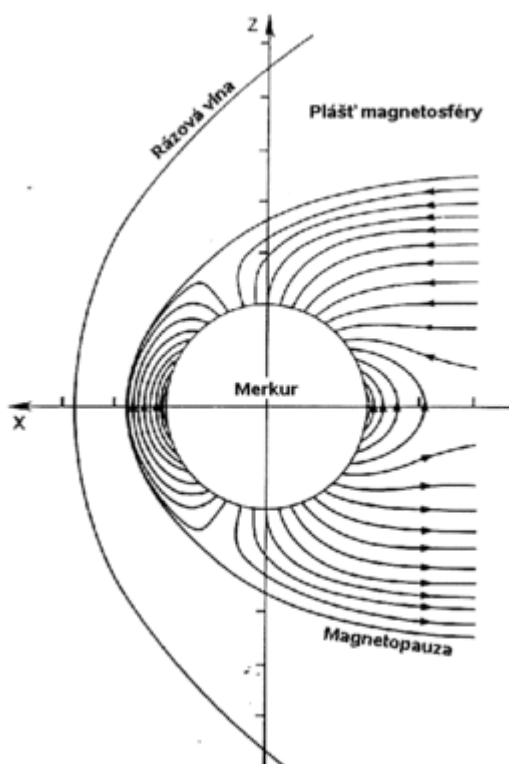
Potvrzení existence tekutého jádra bylo provedeno na základě radarových pozorování Merkuru. Pomocí radarů byla přesně změřena doba rotace planety. Na základě naměřených dat se mohly začít pozorovat její drobné odchylky. U planety bez pevného jádra je totiž rotace zcela pravidelná. V případě Merkuru byly ale zjištěny drobné nepravidelnosti, které jsou následkem různé rotace jádra a pláště. Ukazuje se tedy, že část jádra je stále ještě tekutá. To dokládá přítomnost lehčích prvků v jádře (například síry),

která snižuje teplotu, při které je kov tekutý, a pomáhá tak udržet jádro tekuté i v případě nižší teploty.

9.7.5 Magnetosféra

Sonda Mariner 10, jediná, která zatím Merkur zkoumala, objevila při svých průletech kolem planety slabé magnetické pole. Toto pole dosahovalo na denní straně 100 nT a na noční straně 400 nT. To je zhruba 1 % zemského magnetického pole. Nikdo do doby objevu neočekával, že tak malá planeta, jakou je Merkur, může mít vlastní magnetické pole.

Podmínkou ke vzniku magnetosféry je přítomnost tekutého železného jádra. Jeho rotací je pak generován magnetický moment. Planety však postupem času chladnou a tekuté jádro tuhne. Menší planety chladnou pochopitelně rychleji než větší. Předpokládalo se tedy, že z terestrických planet budou mít magnetické pole jen Země a Venuše (u Venuše se nakonec ukázalo, že tomu tak není). Merkur podle předpokladů magnetické pole vytvářet neměl a jeho magnetosféra neměla existovat.



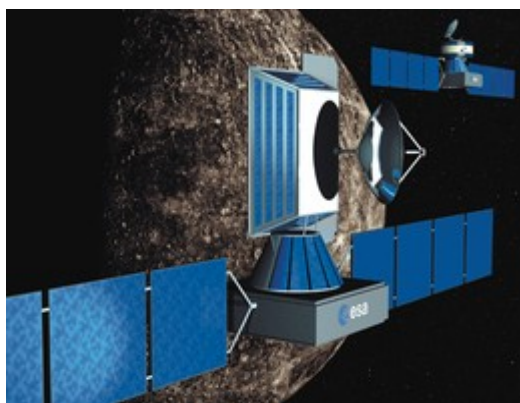
Obrázek 9.25: Magnetosféra Přeloženo
z angličtiny, Zdroj: www-ssc.igpp.uc

Sonda Mariner 10 však toto magnetické pole objevila. To je důkaz toho, že jádro Merkuru je i v současnosti tekuté (například planeta Mars s více než dvojnásobným průměrem má již jádro vychladlé). Je tedy jasné, že jádro musí být na Merkur zahříváno. Za nejpravděpodobnější zdroj tohoto ohřevu jsou považovány slapové síly, kterými na Merkur působí Slunce.

Silné slapové síly vznikají jako důsledek poměrně malé vzdálenosti Merkuru od Slunce a jako důsledek jeho velmi výstřední trajektorie. Slapové síly jsou obdobné silám, kterými působí na Zemi Měsíc. V případě Země dochází k přílivům a odlivům pozemských oceánů, které jsou ovlivňovány výslednicí sil v soustavě Země–Měsíc. V případě Merkuru, který se nachází velice blízko Slunci, však dochází k mnohem silnějšímu efektu, kdy je celý Merkur stlačován. Dochází k podobnému jevu jako při hnětení plastelíny, která se po chvíli ohřeje. V tomto případě se ohřívá Merkurovo jádro, které tak nemůže vychladnout jako jiná tělesa, které nemají žádný další zdroj energie. Slapo-

vý ohřev se uplatňuje na dalších tělesech ve sluneční soustavě. Jsou to především měsíce obřích planet (Io, Europa, Enceladus).

Dalším studiem Merkurovy magnetosféry se budou zabývat sonda **Messenger**, která v roce 2011 přejde po sérii průletů na oběžnou dráhu, a sonda **BepiColombo**. Její start je ale plánován až na rok 2013. Merkurova magnetosféra je pro astronomy důležitá, protože je to jediný případ, kdy můžeme pozorovat magnetosféru bez interakce s atmosférou. U jediné další planety, kde je magnetosféra generována pomocí jádra planety (u Země), dochází k interakci magnetosféry a atmosféry. U Merkuru je však magnetosféra neporušená a můžeme ji tak sledovat bez narušení.



Obrázek 9.26: Umělecká představa sondy BepiColombo, Zdroj: Wikipedie

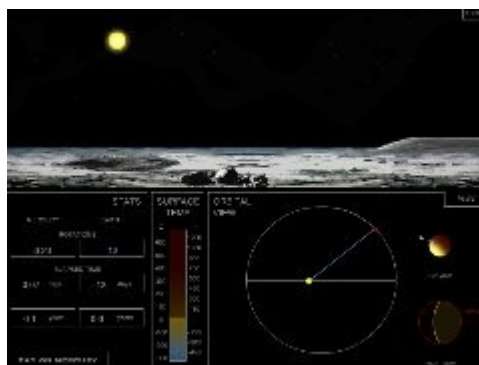
9.7.6 Merkurova rotace

Giovanni Schiapparelli v roce 1880 pozoroval Merkur a došel k závěru, že Merkur má vázanou rotaci podobně jako Měsíc. Ke stejnému závěru došli i další pozorovatelé. Teprve v roce 1962, když byl Merkur pozorován radioastronomy, se zjistilo, že tomu tak není. Tepelné vyzařování odvrácené strany bylo totiž mnohem větší, než se předpokládalo. V případě vázané rotace by odvrácená strana nebyla nikdy vystavena slunečnímu svitu a byla by daleko chladnější.

V roce 1965 se podařilo (opět pomocí radarových měření) určit *periodu rotace* Merkuru (doba, za kterou se planeta otočí kolem své osy o 360°). Po několika zpřesněních byla nakonec za přispění sondy Mariner 10 vypočítána na 58,6 dne. Jak si později

všiml Giuseppe Colombo, doba oběhu Merkuru kolem Slunce (88 dní) a jeho rotace kolem vlastní osy jsou v poměru 3:2. To znamená, že na tři otočení kolem osy připadají dva oběhy kolem Slunce. Merkurova rotace tedy není vázaná, ale rezonuje s oběžnou dráhou v uvedeném poměru.

Kliknutím na další obrázek spustíte Java applet, který názorně ukazuje, jak by vypadal den na Merkur, pokud byste se nacházeli na 45° severní šířky. Po kliknutí na tlačítko PLAY se applet spustí. Můžete pozorovat trajektorii Merkuru kolem Slunce, jeho rotaci i pozici pozorovatele vůči Slunci. Za povšimnutí dále stojí změna úhlové velikosti Slunce. Vzhledem k tomu, že Merkur má nejvýstřednější dráhu ze všech planet, je i změna velikosti slunečního disku v periheliu a afelu nejvíce patrná.



Obrázek 9.27: ☐ Animace dne na Merkur, Zdroj: btc.montana.edu

Úkol:

Hodnota periody rotace Merkura kolem vlastní osy, uvedená v článku, udává, za jak dlouho se Merkur otočí kolem vlastní osy o 360° (tzv. **siderická perioda**). Za jak dlouho se ale slunce dostane pro pozorovatele na Merkur do stejné pozice jako předcházející den? Jak dlouho musí pozorovatel čekat, než může pozorovat například dva východy slunce? Tato doba se nazývá **synodická perioda**

Porovnej dobu oběhu Merkuru kolem Slunce a dobu mezi dvěma východy Slunce na určitém místě povrchu.

Výsledek:

Mezi dvěma východy slunce musí Merkur dvakrát oběhnout Slunce. Jeden den na Merkurů je tedy dlouhý dva roky (176 pozemských dní). Den je tedy delší než rok.

9.7.6.1 Sklon osy

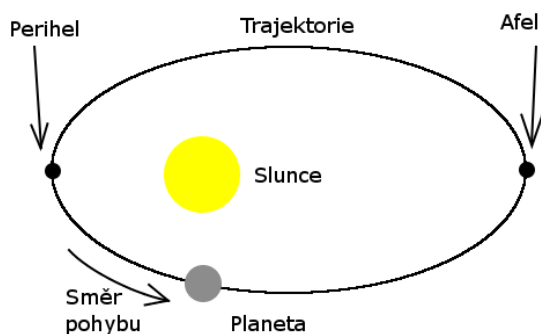
Sklon Merkurovy osy (úhel mezi kolmicí k rovině oběhu a osou rotace) je nejmenší ze všech planet. Činí asi $0,1^\circ$. Pozorovatel na Merkurů by tak nebyl schopen pozorovat střídání ročních období jako na Zemi. Slunce se vždy pohybuje po nebeském rovníku Merkuru.

9.7.7 Merkurova trajektorie

Ze všech planet sluneční soustavy vyniká Merkurova trajektorie ve dvou hlediscích. Má největší excentricitu a největší sklon od ekliptiky.

9.7.7.1 Eliptičnost trajektorie

Planeta Merkur se nejbližší ke Slunci přibližuje na 0,3 AU (*perihélium*, *perihel*, *přísluní*) a nejvzdálenější místo její dráhy (*afélium*, *afel*, *odsluní*) je ve vzdálenosti 0,46 AU. V porovnání s ostatními planetami je mezi těmito hodnotami největší podíl. Větší eliptičnost trajektorie mělo z původních planet jen Pluto (to již ale planetou není). Eliptičnost trajektorie je naznačena na následujícím obrázku. Na obrázku jsou pojmy vysvětleny pro obecnou planetu. Měřítko obrázku neodpovídá skutečnosti.



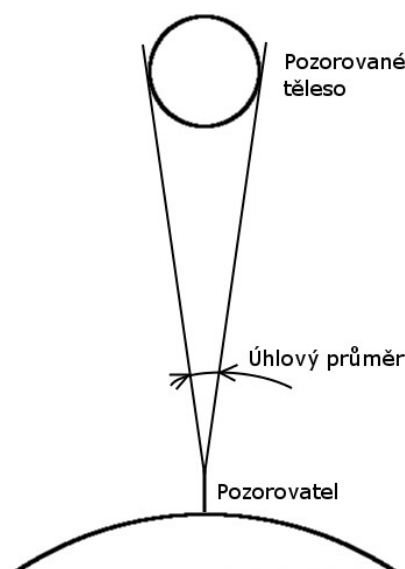
Obrázek 9.28: Trajektorie planety,
Vytvořeno v GIMPu

Vzdálenost od Slunce se u Merkuru velice výrazně mění. S tím se mění i úhlový průměr Slunce. To je patrné z Java appletu, který naleznete [zde](#). Z něj je vytvořen obrázek, který toto ilustruje. Změnu postavení planety dosáhneme kliknutím na tlačítko INFO.



Obrázek 9.29: Srovnání velikosti Slunce
ze Země a z Merkuru (upraveno
v GIMPu), Zdroj: btc.montana.edu

Úhlový průměr je úhlová velikost objektu. Tímto objektem může být libovolné těleso. V našem případě je to Slunce pozorované z Merkuru, ale můžeme pozorovat i úhlové průměry hvězd, planet, galaxií, ... Většinou se ale tato hodnota měří na Zemi. Na následujícím obrázku je měření této veličiny popsáno.



Obrázek 9.30: Úhlový průměr,

Vytvořeno v GIMPu

Úkol:

Jaký úhlový průměr má Slunce z povrchu Merkuru, když se nachází v perihéliu a jaký když se nachází v aféliu? Průměr Slunce je 1 391 000 km (poloměr je tedy 695 500 km). Vzdálenost Merkuru od Slunce můžete najít v článku [Charakteristika](#).

Výsledek:

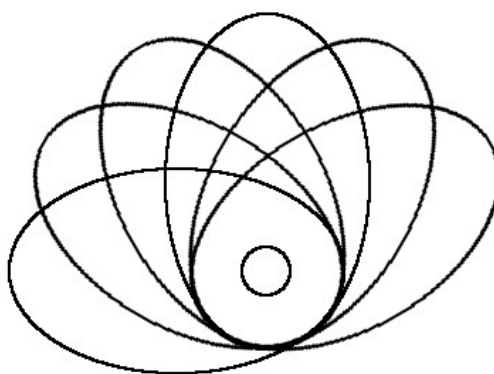
Správné řešení je v souboru  merkur_trajektorie.odt²⁶.

9.7.7.2 Stáčení perihelu

Stáčení perihelu je znázorněno na dalším obrázku. Jedná se o to, že dráha planety není v prostoru stálá. Stáčí se ve směru oběhu planety s periodou 2 254 let (5 600" za století). Tento jev je z velké části způsoben gravitační interakcí s ostatními planetami. Teoretickými výpočty se ale zjistilo že vlivem ostatních planet se perihélium stáčí

²⁶ Součást přílohy D.

o hodnotu $5\,557''$. Zbývajících $43''$ zůstávalo nevysvětleno. Jedno z vysvětlení byla zatím neznámá planeta, kterou se astronomové neúspěšně snažili objevit. Vysvětlení podal až roku 1916 **Albert Einstein**, když publikoval svoji *obecnou teorii relativity*. Tím se bezesbýtku vysvětlilo zbývajících $43''$ a zároveň se získal jeden z prvních důkazů o platnosti teorie relativity. Na následujícím obrázku je stáčení perihelu znázorněno. Ve skutečnosti však není tak výrazné.

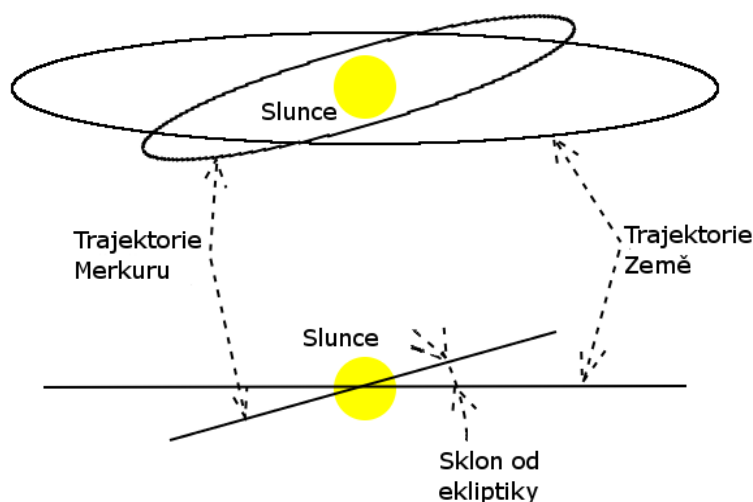


Obrázek 9.31: Stáčení perihelu

Merkuru, Vytvořeno v GIMPu

Stáčení perihelu se samozřejmě týká i ostatních planet, ale neodehrává se tak viditelně. Například u Země je asi $1''$ za století, což je velice těžko měřitelná hodnota. U vzdálenějších planet je toto číslo ještě menší.

9.7.7.3 Sklon od ekliptiky



Obrázek 9.32: Sklon trajektorie

Merkuru, Vytvořeno v GIMPu

Ekliptika je rovina, v níž obíhá Země okolo Slunce. Všechny ostatní planety obíhají přibližně v této rovině. Největší odchylku od ekliptiky má právě Merkur. Tato odchylka je přibližně 7° .

9.7.8 Výzkum Merkuru

Jedinou kosmickou sondou, která až donedávna fotografovala planetu Merkur, byla americká sonda Mariner 10. Ze Země vystartovala 3. listopadu 1973 a v letech 1974–75 se třikrát přiblížila k Merkur. Protože však byl Merkur při všech průletech přivrácen ke Slunci stejnou stranou, bylo zmapováno jen asi 45 % jeho povrchu.

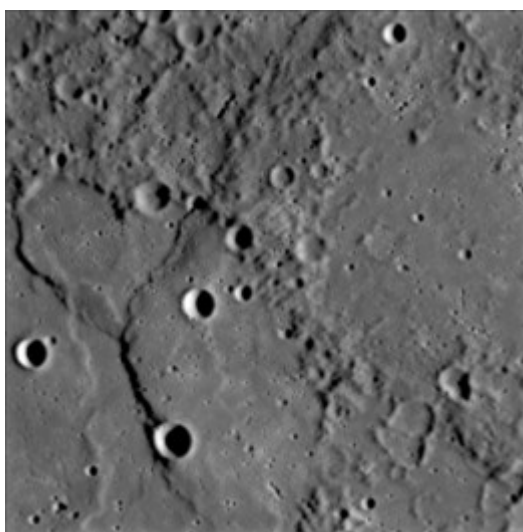


*Obrázek 9.33: Sonda Mariner 10,
Zdroj: Wikipedia*



*Obrázek 9.34: Složenina snímků ze sondy
Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení
2,5 MB, Zdroj: Wikipedia*

Nejnovější kapitolu v průzkumu Merkuru napsala sonda Messenger, která 14. ledna 2008 vykonala první ze tří plánovaných průletů kolem Merkuru před navedením na oběžnou dráhu. Sonda pozorovala i donedávna neznámou odvrácenou stranu a mimo jiné pořídila i první barevný snímek Merkuru



*Obrázek 9.35: Detail povrchu Merkuru
ze sondy Messenger (2008) (754 kB),
Zdroj: IAN*

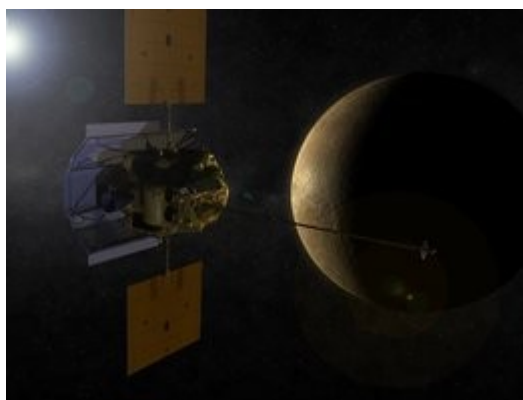


*Obrázek 9.36: Barevná fotografie
Merkuru (408 kB), Zdroj: IAN*

9.7.8.1 Budoucí průzkum

3. srpna 2004 odstartovala na svojí cestu k Merkuru americká sonda Messenger (MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry and Ranging). Sonda se při své

cestě jednou gravitačně urychlila u Země, dvakrát u Venuše a po třech dalších gravitačních manévrech u Merkuru (první z nich již proběhl) bude nakonec navedena na oběžnou dráhu Merkuru v březnu 2011.



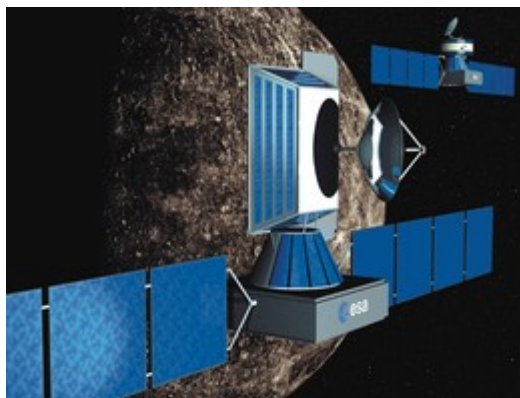
Obrázek 9.37: Sonda Messenger při přiletu k Merkuru, Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.38: Messenger u Země, Zdroj: www.kosmo.cz

Cílem mise je zmapovat celý povrch Merkuru, jeho gravitační pole a jeho magnetosféru a také krátery v okolí pólů, které nemusí být nikdy vystaveny přímému slunečnímu světlu.

V současnosti se připravuje další sonda pro průzkum Merkuru, BepiColombo. Její start je naplánován na rok 2013. Vzniká na základě spolupráce Evropské vesmírné agentury (ESA) a Japonské kosmické agentury. Sonda se bude skládat ze dvou částí. Jedna (MPO – Mercury Planetary Orbiter) bude zkoumat povrch a druhá (MMO – Mercury Magnetospheric Orbiter) bude zkoumat magnetické pole této planety.



Obrázek 9.39: Umělecká představa sondy BepiColombo, Zdroj: Wikipedie

9.8 Venuše

9.8.1 Venuše

Venuše je druhá planeta sluneční soustavy. Je pojmenovaná podle římské bohyně lásky **Venuše** (řecká obdoba je bohyně **Afrodita**). Byla známa již starým Babyloňanům, kteří ji také pojmenovali po bohyni lásky **Ištar**. Díky její velké jasnosti se dá předpokládat, že byla známa mnohem dříve. Staří Egypťané ji považovali za dvě tělesa. Za dvě tělesa ji považovali i Řekové, kteří ale tato tělesa ztotožnili ve čtvrtém století před naším letopočtem. Při vhodných podmínkách je jedním z nejjasnějších objektů na obloze. Pokud se objevuje na večerní obloze, nazývá se **večernice**. Na večerní obloze se nazývá **jitřenka**. Již malými dalekohledy je rozpoznatelná její fáze.



Obrázek 9.40: Venuše,

Zdroj: Wikipedie

Venuše je často nazývána sestrou Země. Obě planety jsou totiž téměř stejně veliké (průměr Země je jen o několik set kilometrů větší). Ze všech terestrických planet má Venuše nejrozsáhlejší atmosféru. Na povrchu planety panuje tlak mnohonásobně větší než na Zemi. Silná atmosféra, téměř výhradně tvořena oxidem uhličitým, a malá vzdálenost od Slunce jsou důvody, proč na Venuši panují teploty přesahující 400°C.



Obrázek 9.41: Zrození Venuše (Sandro

Botticelli – 1486), Zdroj: Wikipedie

Díky velice nepřátelskému prostředí, které na Venuši panuje, bylo pro lidstvo velice obtížné získat základní informace o jejím povrchu. Celý povrch je ukryt pod hustou, neprůhlednou atmosférou. Prvními sondami, které bezpečně dosedly na její povrch, byly sovětské sondy programu **Veněra**. Mezi další průzkumníky můžeme počítat například americkou sondu **Magellan**, která zmapovala povrch pomocí radarových měření. Nejnovější sondou, která v současnosti zkoumá atmosféru Venuše, je evropská sonda *Venus Express*.



Obrázek 9.42: Venuše bez atmosféry,
Zdroj: aldebaran.cz



Obrázek 9.43: Povrch Venuše z Veněry
13, Zdroj: NASA

9.8.2 Atmosféra Venuše

Venušina atmosféra je mnohem mohutnější než atmosféra Země. Tlak na povrchu Venuše je 9 321,9 kPa. To je mnohem více než atmosférický tlak na Zemi. Složení atmosféry je v následující tabulce.

Složení atmosféry

Oxid uhličitý	96 %
Dusík	3 %
Oxid siřičitý	Stopové množství
Oxid uhelnatý	Stopové množství
Chlorovodík	Stopové množství

Tabulka 9.1: Složení atmosféry Venuše

Cvičení:

Spočítej, kolikrát větší je tlak na povrchu Venuše než na Zemi.

Výsledek:

Tlak na Venuši je 9 321,9 kPa a na Zemi 101,32 kPa. Tedy $9\,321,9/101,32 = 92$. Tlak na povrchu Venuše je 92krát větší než tlak na povrchu Země.

V malých množstvích atmosféra dále obsahuje oxid siřičitý, vodní páry, oxid uhelnatý, ale i chlorovodík nebo kyselinu sírovou. Sondám zkoumajícím Venuši se podařilo zaznamenat blesky v atmosféře.



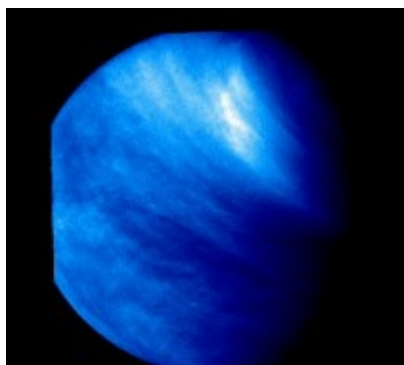
Obrázek 9.44: Snímek ze sondy Pioneer Venus Orbiter (1979), Zdroj: Wikipedie



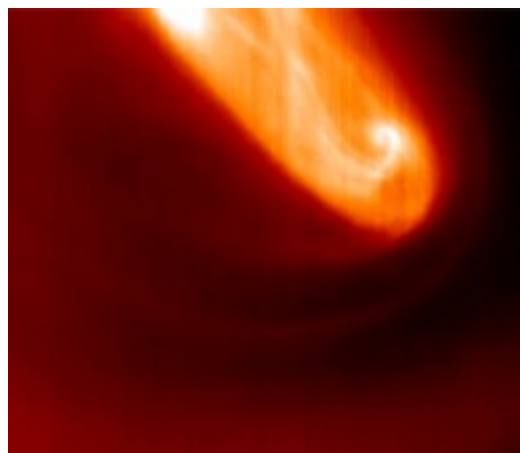
Obrázek 9.45: Snímek Venuše ze sondy Venus Express, Zdroj: ESA

Díky kombinaci složení, tlaku a povrchové teploty je Venuše extrémně nepřívětivá. První sondy, které vstoupily do atmosféry Venuše, byly rozdrceny tlakem nebo poškozeny obrovskou teplotou. Dokonce ani sondy **Veněra**, které na povrchu Venuše přistály, nevydržely pracovat déle než přibližně hodinu.

9.8.2.1 Venus Express



Obrázek 9.46: Animace zachycující dynamiku atmosféry, Zdroj: ESA



Obrázek 9.47: Oblast jižního pólu, Zdroj: ESA

Venus Express je první evropská sonda zkoumající Venuši. K Venuši dorazila 11. dubna 2006 a je určena pro zkoumání chemického složení atmosféry a její dynamiky. Mezi vybavení sondy patří několik spektrometrů, analyzátor plazmatu, magnetometr a kamera schopná zaznamenávat atmosféru v různých spektrech. Sonda není určena k výzkumu povrchu, takže neobsahuje žádný radar. Je ale schopná zachytit teplo z případné sopečné činnosti. Sonda objevila velké větrné víry na obou pólech planety i proudění atmosféry. Toto proudění má na rovníku vzestupný charakter (vzduch je tam ohříván). Pak je ve velkých výškách je unášen k pólům, kde opět klesá a ochlazuje se.



Obrázek 9.48: Venus Express, Zdroj: ESA



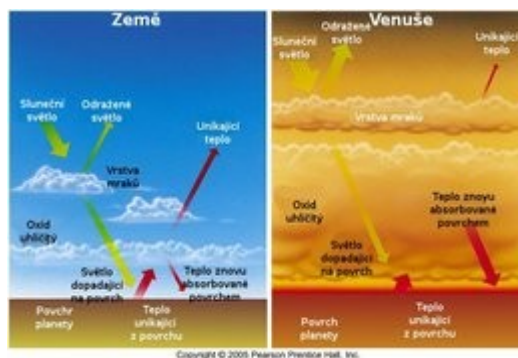
Obrázek 9.49: Venus Express, Zdroj: ESA

9.8.3 Teplota na Venuši

Na povrchu Venuše panuje průměrná teplota 462 °C. To je největší teplota ze všech terestrických planet. Je dokonce větší než teplota na denní straně Merkuru. Největší jsou teploty v oblasti rovníku, kde dosahují až 500 °C. Teplotní rozdíly během dne a noci zde prakticky neexistují. Neplatí tedy, že na straně přivrácené ke Slunci je větší teplota než na odvrácené straně. Velice silné větrné proudění (v malých výškách je jeho rychlost v řádu kilometrů za hodinu, ale ve velkých výškách dosahuje proudění rychlostí až 300 kilometrů za hodinu) způsobuje, že vzduch, který se ohřeje na denní straně planety je rychle transportován na noční stranu.

Velká povrchová teplota na Venuši je způsobená **skleníkovým efektem**. Tento efekt známe i ze Země, kde zvyšuje průměrnou teplotu asi o 15 °C. Bez skleníkového efektu by bylo klima na Zemi mnohem chladnější.

Skleníkový efekt ohřívá Venuši mnohem více. **Skleníkový efekt** spočívá v tom, že oxid uhličitý zabrání teplu, které je akumulováno v atmosféře, opustit planetu. Další teplo, které Venuše zachytí tedy ohřeje atmosféru ještě více. Tento efekt tedy musí být u Venuše, jejíž atmosféra je z 96 % tvořena skleníkovým plynem (CO²), velice silný. Schéma **skleníkového efektu** je na následujícím obrázku

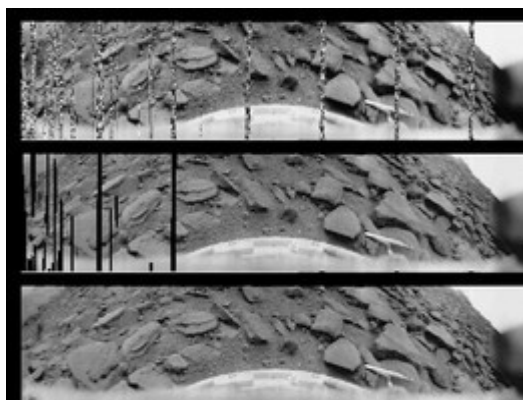


Obrázek 9.50: Princip skleníkového efektu
Přeloženo z angličtiny,
Zdroj: physics.uoregon.edu

9.8.4 Povrch Venuše

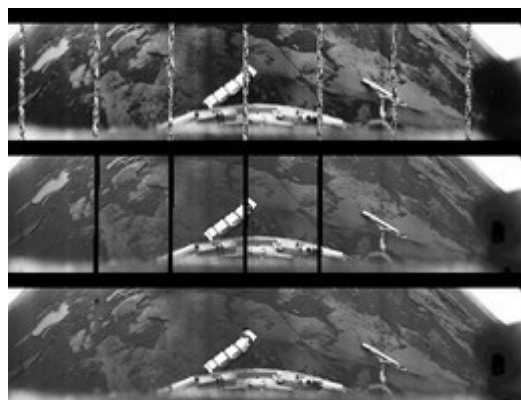
Protože atmosféra Venuše je velice hustá a neprůhledná, není možné povrch planety spatřit optickými prostředky. Proto byla tvář nejbližší planety dlouho zahalena tajemstvím. V minulosti se často díky podobné velikosti Venuše a Země předpokládalo, že Venuše je velice podobná Zemi. Předpokládalo se, že v blízkosti pólů Venuše panuje příhodné prostředí pro život. O rovníkových oblastech se předpokládalo, že jsou tvořeny rozsáhlými pouštěmi. Již první moderní pozorování tyto domněnky vyvrátila.

První snímky povrchu přinesly sovětské sondy **Veněra**. 22. října 1978 to byla **Veněra 9** a 25. října 1978 **Veněra 10**. Tyto sondy ukázaly, že povrch Venuše je velice silně erodovaný rychlým atmosférickým prouděním. **Veněra 13** vyfotografovala první barevný snímek povrchu Venuše, který můžete vidět na obrázcích dole.



Obrázek 9.51: Povrch ze sondy Veněra

9, Zdroj: *russianspaceweb.com*



Obrázek 9.52: Povrch ze sondy Veněra

10, Zdroj: *russianspaceweb.com*

Obrázky ze sond **Veněra** byly zajímavé, ale neodpověděly na otázku, jak vypadá celý povrch Venuše. Proto byla sestrojena americká sonda **Magellan**. Tato sonda využila toho, že přes hustou Venušinu atmosféru jsou propouštěny radarové signály. Během mnoha oběhů kolem Venuše byl celý její povrch zmapován a byl vytvořen 3D model povrchu planety. Na základě těchto map vznikla také například tato [!\[\]\(d5d7044e5caf6907399af2dced8d6ff8_img.jpg\) interaktivní mapa povrchu \(anglicky\)](#).

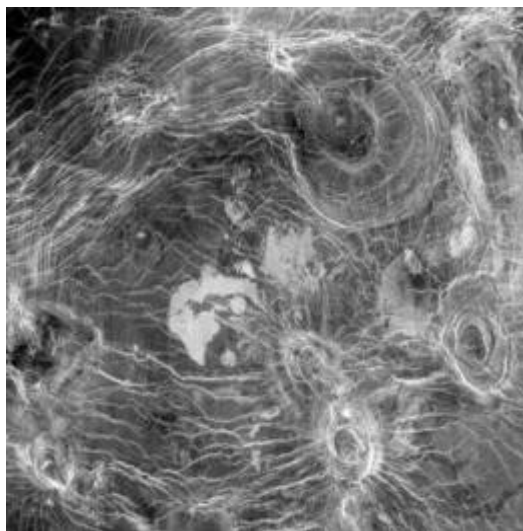


Obrázek 9.53: Venuše bez atmosféry,

Zdroj: aldebaran.cz

Na mapách povrchu je možno nalézt dvě rozsáhlé vrchoviny. ***Ištařina země*** a ***Afroditina země***. První z nich obsahuje nejvyšší horu Venuše ***Maxwell Montes***, která je přibližně o dva kilometry vyšší než Mount Everest. Kromě této nejvyšší hory jsou všechny povrchové útvary pojmenované ženskými jmény. Na Venuši se nachází i mnoho impaktních kráterů. Žádné z nich ale nejsou menší než zhruba 2 kilometry.

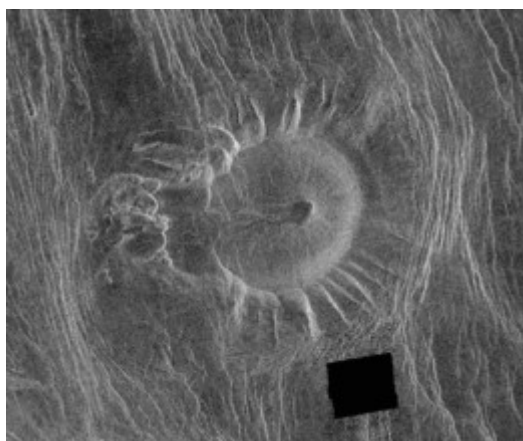
Na povrchu se nachází velké množství útvarů vulkanického původu, které nemají na Zemi ani na jiných planetách obdoby. Jsou to například ***arachnoidy***, které vypadají jako pavoučí síť, nebo velké dómy o průměru 25 kilometrů. Jejich výška nad okolním terénem je asi 750 metrů. Dále zde můžeme najít sopku, která tvarem připomíná klíště. Toto klíště má průměr 30 kilometrů.



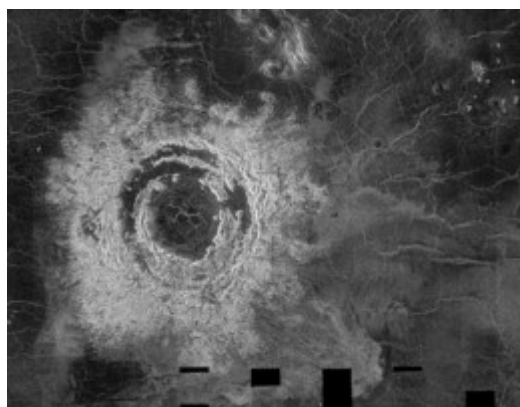
Obrázek 9.54: Arachnoidy,
Zdroj: aldebaran.cz



Obrázek 9.55: Velké kruhové dómy,
Zdroj: aldebaran.cz



Obrázek 9.56: Klíště, Zdroj: NASA



Obrázek 9.57: Kráter Mona Lisa
(průměr 86 kilometrů), Zdroj: NASA

Úkol:

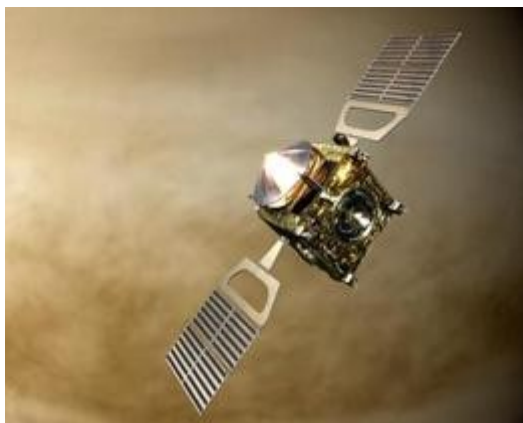
Proč se na Venuši nenacházejí malé impaktní krátery?

Výsledek:

Malé impaktní krátery se na Venuši nenacházejí protože všechna menší tělesa, která vstoupí do její atmosféry, shoří. Pouze větší tělesa vydrží sestup atmosférou a dopadnou na povrch.

Většina povrchu Venuše je stará jen 300–500 miliónů let. Většina povrchu (85–90 %) je tvořena ztuhlými výtoky lávy. Sopečná činnost byla v minulosti na Venuši velice výrazná. Nachází se tam tisíce velkých i malých sopek a většina geologických útva-

rů je sopečného původu. Je otázkou, zda je vulkanická činnost na Venuši aktivní i dnes. Pro silnou atmosféru není možné přímo pozorovat případné aktivní sopky. Sonda **Venus Express** je určena ke zkoumání atmosféry. Její přístroje na měření teploty jsou však schopny zachytit sopečnou aktivitu skrytou pod atmosférou. Pokud jsou na Venuši nějaké aktivní sopky, jistě se to brzy dozvíme.



Obrázek 9.58: *Venus Express*,
Zdroj: ESA



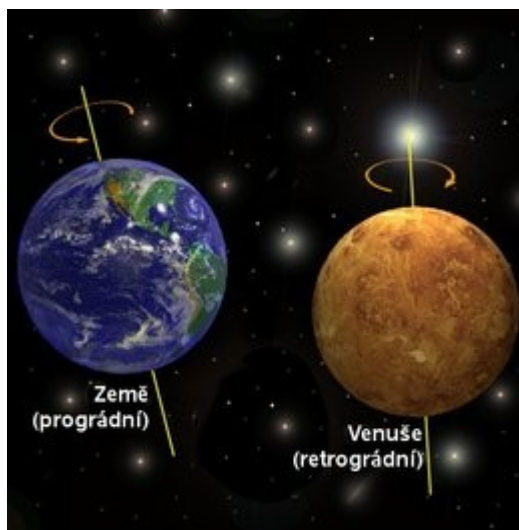
Obrázek 9.59: *Umělecká představa*
aktivní sopky na Venuši, Zdroj: ESA

9.8.5 Rotace a magnetosféra

Venuše má nejpomalejší rotaci ze všech planet. Jedno otočení kolem osy trvá celých 243 dní. To je o celých 19 dní déle, než trvá Venušin rok. Pokud se podíváte do tabulky ve studijním článku ☐ **Charakteristika**, zjistíte, že údaj o délce dne je záporný (−243 dní). Tímto způsobem je vyjádřeno, že Venuše rotuje opačným směrem než ostatní planety. Ostatní planety s výjimkou Uranu rotují od západu k východu. Při pohledu od severního pólu tedy proti směru hodinových ručiček. Venuše rotuje po směru hodinových ručiček. Tento typ rotace se nazývá **retrográdní** a používá se například i u měsíců velkých planet, které se nepohybují obvyklým směrem.

To, že ostatní planety rotují ve stejném smyslu, vychází z období vzniku sluneční soustavy, kdy u většiny těles převládl jeden směr rotace. Venuše se tedy s největší pravděpodobností v době těsně po svém vzniku otáčela ve stejném směru. Změna směru rotace je důsledkem její dávné srážky s větší planetkou. Nedošlo však k jejímu zastavení. K tomu by bylo třeba obrovské množství energie. Místo toho došlo k otočení

Venuše „vzhůru nohama“. Proto, když se opět podíváte na Venušinu charakteristiku, je sklon její osy od roviny oběhu téměř 180° (přesněji 177°).



Obrázek 9.60: Retrográdní rotace

Venuše Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: ucar.edu



Obrázek 9.61: Animace rotace Země

a Venuše, Zdroj: YouTube

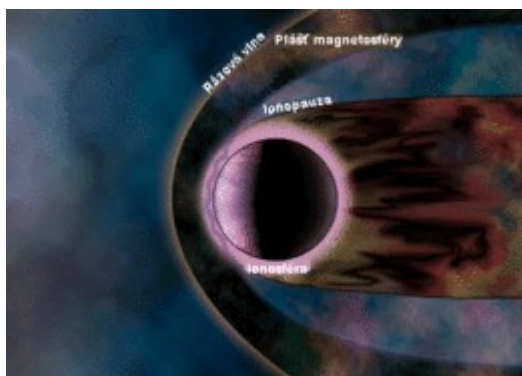
Sluneční den (doba mezi dvěma kulminacemi slunce na obloze) je na Venuši mnohem kratší, než doba potřebná k otočení kolem osy o 360° . Tato doba je 116,75 pozemského dne. Zajímavostí je, že doba mezi dvěma vnitřními opozicemi Venuše je

téměř přesně 5 Venušinych slunečních dnů (584 dní). Jestli je důvodem této synchronizace slapové působení Země na Venuši nebo je to jen náhoda zatím není známo.

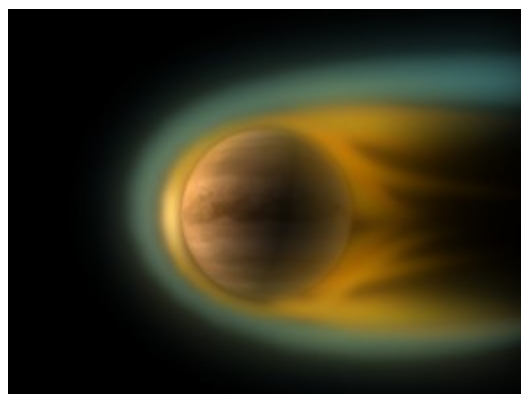
9.8.5.1 Trajektorie

Všechny planety se podle **Keplerových zákonů** pohybují po elipsách, které jsou podobné kruhovým trajektoriím. Ze všech planet je právě Venušina trajektorie nejvíce podobná kruhu. Její excentricita (podíl mezi velkou a malou poloosou) je pouze 0,006 8 (Země – 0,016).

9.8.5.2 Magnetosféra



Magnetosféra Venuše
Přeloženo z angličtiny
Zdroj: yesserver.space.swri.edu



Umělecká představa magnetosféry
Zdroj: ESA

Magnetosféra Venuše je vytvářena interakcí **slunečního větru** s **ionosférou** Venušiny atmosféry. V ionosféře se nachází vrstva označovaná jako **ionopauza**. V ní jsou nabitě částice, které interagují se slunečním větrem. Částice atmosféry, které se dostanou nad ionopauzu, jsou strženy a odneseny spolu se slunečním větrem. Venušina magnetosféra se proto nazývá **indukovaná**.

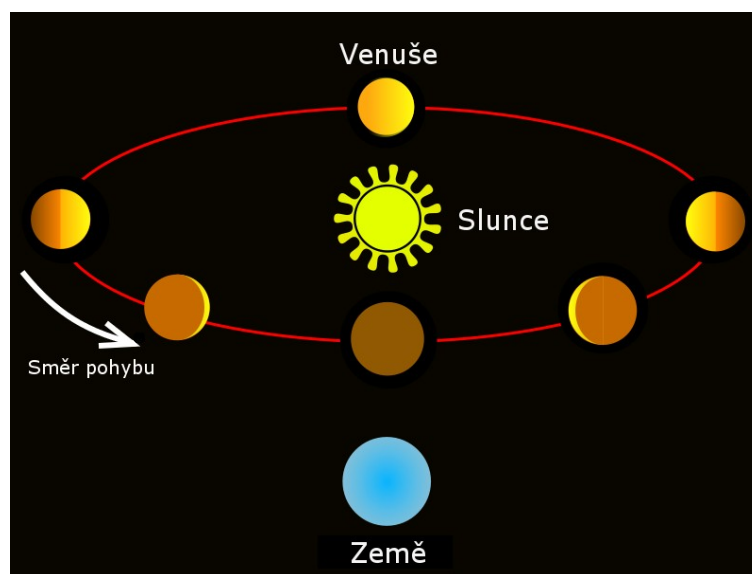
Vlastní magnetosféra Venuše je velice slabá. To je pro astronomy zatím záhada, protože se předpokládalo, že planeta podobné velikosti jako Země bude mít i podobnou magnetosféru. Nepřítomnost magnetosféry jistě souvisí s vnitřní stavbou Venuše. Existují tři základní teorie, které nepřítomnost magnetosféry vysvětlují:

1. Velice pomalá rotace kolem vlastní osy, která není dostatečně rychlá na to, aby magnetosféra vznikla pomocí efektu dynama. Podle počítačových simulací by ale i tato její pomalá rotace měla stačit na vytvoření slabší magnetosféry
2. Další možností je, že Venuše nemá pevné jádro. Nitro Země se ochlazuje díky unikům tepla při pohybech kontinentů. Pokud by teplo nemohlo z nitra Venuše unikat, nevychladlo by dostatečně pro zformování pevného jádra. V tomto případě by v jádře nedocházelo k pohybu, který je nutný při tvorbě magnetosféry. Tato teorie by mohla také vysvětlit velké množství Venušíných sopek.
3. Poslední teorií je, že Venušino jádro již dávno vychladlo a je již celé pevné. V tomto případě také nedochází k nutnému pohybu.

9.8.6 Fáze Venuše

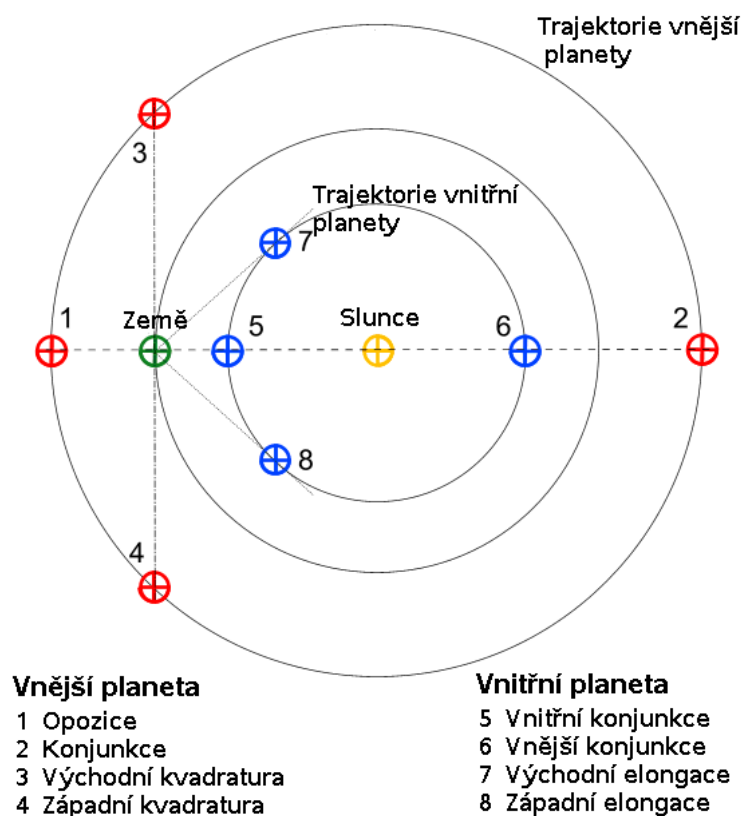
Pokud je pozorovatelná, je Venuše po Slunci a měsíci třetím nejjasnějším objektem na obloze. To je dáno velkou blízkostí Venuše Zemi, ale také díky husté atmosféře, která odráží až 30 % světla zpět do vesmíru. Při pozorování Venuše máme ze Země ale ztíženou situaci. Protože se Venuše nachází blíže Slunci než Země, můžeme u ní, podobně jako u Měsíce, pozorovat fáze.

Různé fáze z pohledu ze Země jsou vidět na následujícím obrázku. Venuše se pohybuje podle šipky. Jedním rozdílem mezi fázemi Měsíce a Venuše je, že dorůstající Venuše má tvar písmene **C** a couvající tvar písmene **D**. To je dáno pozicí Venuše a směrem jejího pohybu.



Obrázek 9.62: Příčina vzniku fází
u Venuše Upraveno v GIMPU,
Zdroj: Wikipedie

Další rozdíl mezi fázemi Měsíce a Venuše je to, že Měsíc nemění svůj **úhlový průměr** v závislosti na fázi. U Venuše je tomu jinak. Fáze Venuše je závislá na její pozici vůči Zemi a na pozici je závislá i vzdálenost od Země a tedy úhlový průměr Venuše. Jak můžete vidět z předchozího obrázku, když je Venuše v blízkosti novu, je se Zemí v **konjunkci** a má tedy největší úhlový průměr. V blízkosti úplňku je v **opozici**. Je tedy nejdále od Země a její úhlový průměr je nejmenší. Na dalším obrázku jsou pojmy **opozice** a **konjunkce** vysvětleny.



Obrázek 9.63: Významné pozice planet

Upraveno v GIMPu, Zdroj: astunit.com

Na dalším obrázku je série snímků Venuše, které byly vyfotografovány během roku 2002. Všechny snímky jsou ve stejném měřítku, takže můžete jednoduše pozorovat změnu relativní velikosti a fáze Venuše.



Obrázek 9.64: Série snímků Venuše

v poměru velikostí,

Zdroj: spacestationinfo.com

Cvičení:

Pokud je Venuše ráno nebo večer viditelná, vezměte triedr nebo malý dalekohled a určete její fázi.

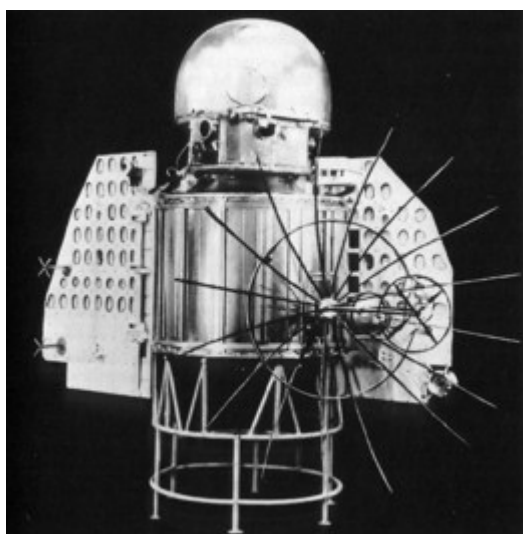


Obrázek 9.65: Obrázek 9.53: Venuše

a Měsíc, Zdroj: NASA

9.8.7 Výzkum Venuše

Venuše se Zemi přibližuje na nejmenší vzdálenost ze všech planet. Proto byla první planetou, k níž začaly startovat kosmické sondy. Kompletní výčet sond je přístupný na stránkách [Databáze kosmických sond](#). Tou úplně první, která se vydala na cestu, byla 12. února 1961 sovětská sonda **Veněra 1**. Bohužel bylo během cesty s touto sondou ztraceno spojení.



Obrázek 9.66: Veněra 1,

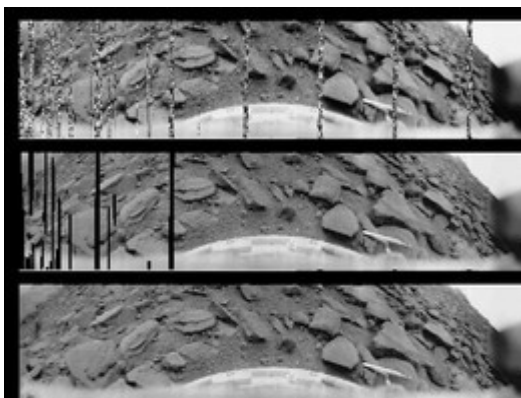
Zdroj: Wikipedie



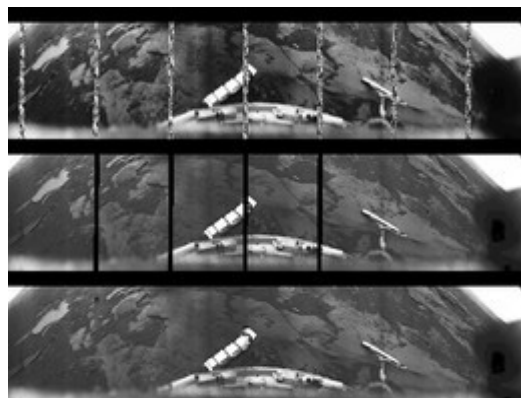
Obrázek 9.67: Mariner 2,

Zdroj: Wikipedie

První sondou, která se skutečně k Venuši dostala, byla o rok později americká sonda **Mariner 2**. Další pokusy se zabývaly především průletem kolem Venuše a koncem šedesátých let přistáním. První sondy, které měly přistát na povrchu, byly většinou zničeny mnoho kilometrů nad povrchem. První sonda, která se dostala až na povrch, byla opět sovětská sonda **Veněra 7** 17. srpna 1970. Až o pět let později se sondám **Veněra 9** a **Veněra 10** podařilo získat snímky povrchu. Tyto snímky společně s fotografiemi sondy **Veněra 10** můžete vidět níže.



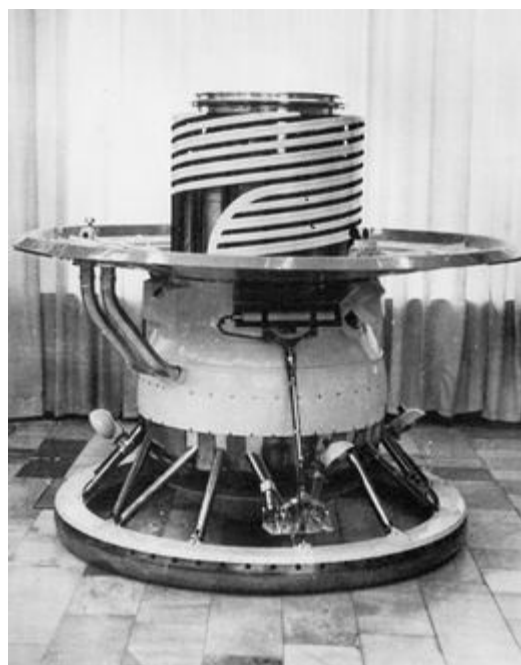
Obrázek 9.68: Povrch ze sondy Veněra 9, Zdroj: russianspaceweb.com



Obrázek 9.69: Povrch ze sondy Veněra 10, Zdroj: russianspaceweb.com



Obrázek 9.70: Orbitální část sondy Veněra 10, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.71: Přistávací část sondy Veněra 10, Zdroj: Wikipedie

Koncem sedmdesátých let zkoumala Venuši i americká sonda **Pioneer 13**, která do atmosféry vypustila čtyři atmosférická pouzdra. V roce 1971 přistála na povrchu i sonda **Veněra 13**, která odeslala na Zem první barevné snímky.



*Obrázek 9.72: Přistávací část sondy
Veněra 13, Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.73: Pohled do dálky,
Zdroj: fas.org*



*Obrázek 9.74: Povrch Venuše
z Veněry 13, Zdroj: NASA*



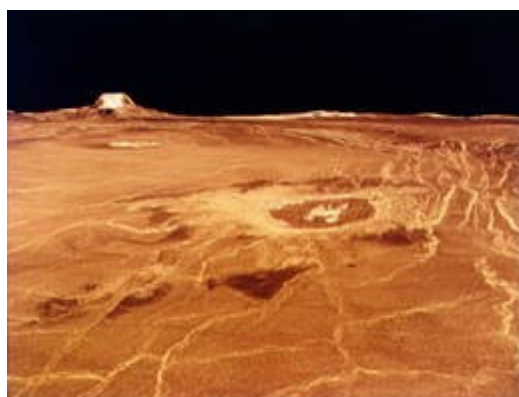
*Obrázek 9.75: Povrch Venuše
z Veněry 13, Zdroj: NASA*

V roce 1990 se k Venuši dostala americká sonda **Magellan**. Tato sonda měla na palubě radar, kterým byla schopna zmapovat celý povrch. Kvůli neprůhledné atmosféře nebyl povrch Venuše znám. Tato sonda ho během následujících čtyř let zmapovala s rozlišením 100 metrů.



Obrázek 9.76: Sonda Magellan,

Zdroj: Wikipedie



*Obrázek 9.77: 3D model povrchu na
základě dat ze sondy Magellan,*

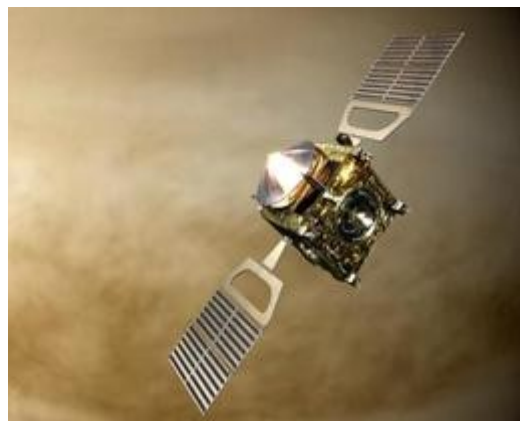
Zdroj: Wikipedie

Nejnovější sondou, která zkoumá Venuši, je evropská sonda **Venus Express**. Tato sonda má za cíl zkoumat Venušinu atmosféru, především její chemické složení a dynamiku. Více informací o této sondě můžete získat například na stránkách [☐ Databáze kosmických sond](#).



Obrázek 9.78: Venus Express,

Zdroj: ESA



Obrázek 9.79: Venus Express,

Zdroj: ESA

9.9 Země

9.9.1 Země

Země, známá také pod latinskými názvy *Terra*, *Tellus* a řeckým jménem *Gaia*, je třetí planetou sluneční soustavy. Ze všech kamenných (*terestrických*) planet je největší a je jedinou planetou, na které se vyvinul život. Podle latinského jména Země se malé kamenné planety nazývají *terestrickými*.



Obrázek 9.80: Východní polokoule
Země, Zdroj: visibleearth.nasa.gov

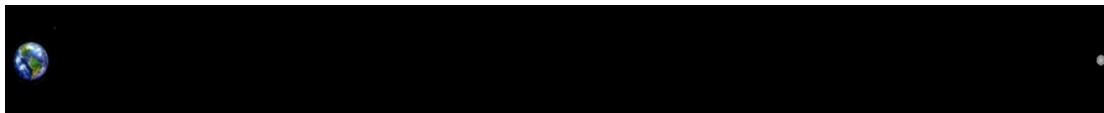


Obrázek 9.81: Západní polokoule
Země, Zdroj: visibleearth.nasa.gov

Při pohledu z vesmíru má modrou barvu, kterou získává díky oceánům, které pokrývají více než 70 % procent jejího povrchu. Její atmosféra je směsí dusíku a kyslíku a dosahuje do výšky několika set kilometrů. Atmosférický tlak na povrchu je 101,3 kPa. Na obrázcích můžete vidět pohled na Zemi z vesmíru. Patrné jsou oceány, oblačnost i kontinenty s vegetací.

Jediným přirozeným satelitem Země je *Měsíc*. Je to jeden z největších satelitů sluneční soustavy a také jediné vesmírné těleso (kromě Země), na kterém se procházel člověk. Měsíc má vůči Zemi vázanou rotaci a proto je z jejího povrchu vidět vždy jen

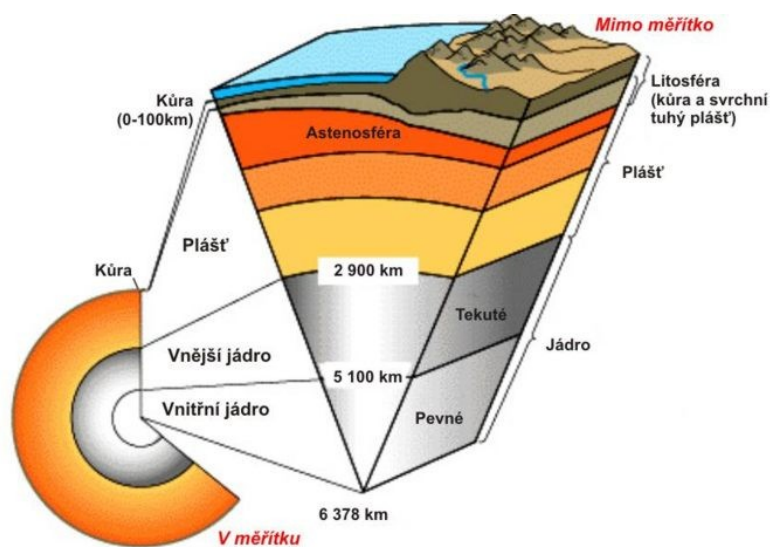
jedna jeho polovina. Na dalším obrázku můžete vidět Zemi s Měsícem ve skutečném měřítku tak, jak by je viděl cestovatel ze vzdálené kosmické lodě.



Obrázek 9.82: Země a Měsíc ve skutečném poměru, Zdroj: Wikipedie

9.9.2 Stavba Země

Země se skládá z několika vrstev, které mají odlišné vlastnosti. Zkoumání těchto vrstev je možné pouze díky seismologickým měřením. Těmito vrstvami jsou: **kůra**, **plášť** a **jádro**. Každá z těchto vrstev se dá dále rozdělit ještě do dalších částí. Následující výčet není konečný. Mezi jednotlivými vrstvami se dále nacházejí různé přechodové vrstvy (Guttenbergova diskontinuita, Mohorovičičova diskontinuita – známá též jako MOHO a další), které se od okolních vrstev liší fyzikálními i chemickými vlastnostmi.



Obrázek 9.83: Vnitřní stavba Země, Zdroj: geologie.vsb.cz

Kůra je svrchní vrstva. Je to jediná vrstva, kterou je možno zkoumat přímo. Rozděluje se na kůru **oceánskou** a **kontinentální**. Větší část povrchu Země je tvořena oceánskou kůrou. Oceánská kůra mnohem mladší než pevninská. Vznikla většinou

vulkanickou činností v *oceánských hřbenech*. To jsou místa, například ve středu Atlantického oceánu, kde dochází k neustálým výronům magmatu, které zapříčiňuje vzdalování litosférických desek. Oceánská kůra dosahuje hloubky 15 kilometrů. Kontinentální kůra je stará a má menší hustotu než oceánská. Proto je „nadmášena“ na plastické astenosféře. Je také mnohem mocnější a dosahuje hloubky až 50 kilometrů.

Plášť je prostřední vrstva. Část pláště, která je hraniční vrstvou mezi pláštěm a kůrou, se nazývá *astenosféra*. Je to plastická vrstva, na které „plavou“ litosférické desky. Nachází se mezi hloubkami 60 a 250 kilometrů. Plášť zasahuje až do hloubky kolem 2 900 kilometrů.

Jádro je vnitřní část Země. *Vnější jádro* se nachází mezi hloubkami 2 900 a 5 100 kilometrů. Tato vrstva je tekutá a vodivá. Díky konvekčnímu proudění vodivé látky vzniká magnetické pole, které tvoří zemskou *magnetosféru*. Zcela ve středu Země se nachází *vnitřní jádro*. To začíná v hloubce 5 100 kilometrů. Předpokládá se, že vnitřní jádro je pevné a že je tvořeno železem s malou příměsí niklu. Teplota, která zde panuje, je asi 5 000 °C. Hodnota tlaku se pohybuje kolem $141 \cdot 10^9$ Pa.

9.9.2.1 Chemické složení

Chemické složení vrstev je různé. Když Země vznikala, probíhal proces *diferenciace*. Země byla v té době celá tekutá a prvky byly promíseny. Docházelo však k tomu, že lehčí prvky byly vynášeny na povrch, zatímco těžší prvky se pohybovaly ke středu Země. Střed Země je tak tvořen především těžkými prvky jako je železo, zatímco křemík a ostatní lehčí prvky vyplavaly na povrch a vytvořily kůru. Předpokládá se, že prvky těžší než železo jsou v jádru buďto velmi vzácné, nebo že často tvoří sloučeniny s lehčími prvky a dostaly se tak do kůry (to je případ například uranu).

Chemické složení jednotlivých vrstev je vypsáno v následující tabulce včetně podílu jejich zastoupení v jednotlivých vrstvách

Oceánská kůra	SiO ₂ 48 %, Al ₂ O ₃ 15 %, CaO 11 %, Fe ₂ O ₃ + FeO 11 % MgO 9 %
Pevninská kůra	SiO ₂ 69 %, Al ₂ O ₃ 14 %, Fe ₂ O ₃ + FeO 4 %
Plášť	SiO ₂ 43 %, MgO 37 %, Fe ₂ O ₃ + FeO 12 %
Jádro	Fe ₂ O ₃ + FeO 90 %, NiO 8 %

Tabulka 9.2: Zastoupení chemických sloučenin v jednotlivých vrstvách Země

Pokud bychom sestavili tabulku podílu prvků na celkové hmotnosti Země, zjistili bychom, že celou polovinu hmotnosti Země tvoří železo a kyslík. V tomto případě se ale nejedná jen o atmosférický kyslík, ale především o kyslík, který je součástí všech oxidů, které tvoří Zemi.

Prvek	Procento hmotnosti
železo:	34,1 %
kyslík:	28,2 %
křemík:	17,2 %
hořčík:	15,9 %
nikl:	1,6 %
vápník:	1,6 %
hliník:	1,5 %
síra:	0,70 %
sodík:	0,25 %
titan:	0,071 %
draslík:	0,019 %
další prvky:	0,53 %

Tabulka 9.3: Zastoupení prvků na Zemi (podle hmotnosti)

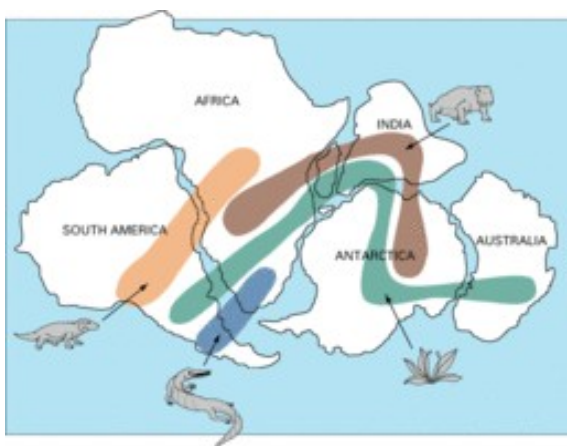
9.9.2.2 Pohyb litosférických desek

V roce 1912 navrhl německý meteorolog a geofyzik **Alfred Wegener** (na obrázku dole) teorii litosférických desek.



*Obrázek 9.84: Alfred Wegener1.
listopadu 1880 – (2. – 3.) listopadu
1930, Zdroj: Wikipedie*

Na mapách světa si všiml, jak do sebe „zapadají“ Jižní Amerika a Afrika. Vypadalo to, jako by kdysi tyto dva kontinenty byly spojené. Tuto teorii potvrdil srovnáním paleontologických a geologických nálezů z obou kontinentů. Dalším výzkumem bylo zjištěno, že všechny kontinenty byly kdysi spojeny do jednoho prakontinentu. Ten byl pojmenován **Pangea**. Na dalším obrázku můžete vidět, že paleontologické nálezy z doby před 225 miliony let je možné nalézt na více kontinentech.



Obrázek 9.85: Rozmístění stejných fosilií na kontinentě Pangea,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.86: Litosférické desky,

Zdroj: Wikipedie

Dalším zkoumáním bylo zjištěno, že celý povrch Země se rozpadá do několika **litosférických desek**. Ty můžete vidět na předchozím obrázku vpravo. Všechny desky jsou neustále v pohybu. Pohybují se rychlostmi v řádu centimetrů za rok (to je přibližně rychlost, jakou člověku rostou nehty). Směr vzájemného pohybu je na obrázku naznačen červenými šipkami. Dnes je možné tyto pohyby měřit například přesnými GPS zařízeními. Na dalších animacích je znázorněno, jak se kontinenty pohybovaly za posledních 200 milionů let. Pohyb litosférických desek ale probíhal i před tímto obdobím. Jejich pohyb má za následek sopečnou činnost, zemětřesení a tvorbu horských masivů. Například Himaláje byly vytvořeny srážkou rychle se pohybující Indické desky s Euroasijskou deskou.



*Obrázek 9.87: Animace pohybu
kontinentů, Zdroj: YouTube*



*Obrázek 9.88: Animace pohybu
kontinentů, Zdroj: YouTube*

9.9.3 Hydrosféra

Předpokládá se, že voda se na Zemi dostala díky kometám. Tato kosmická tělesa jsou tvořena zejména prachem a vodním ledem. V začátcích života sluneční soustavy byla Země bombardována planetkami a kometami v mnohem větší míře než dnes. Každá kometa, která se srazila se Zemí, s sebou nesla jisté množství vody. Za miliony let se tak nashromáždilo takové množství vody, které máme na Zemi dnes. Tato voda ale nebyla slaná. Raná Země měla sladký oceán. Sůl se do oceánů dostala až v průběhu věků, kdy

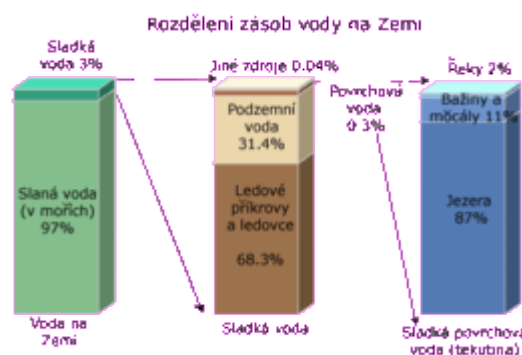
byly soli neustále smývány z pevnin a řekami odnášeny do oceánů. Dnes je známo, že slanost oceánů se v průběhu historie neustále zvyšovala.

Asi 71 % zemského povrchu je pokryto oceány. Celkový objem veškeré vody na Zemi je 1 360 000 000 km³. Rozdělení vody je znázorněno na dalším obrázku vpravo. V tabulce je rozepsáno kolik vody je obsaženo v oceánech, atmosféře, řekách, ... Vidíte, že ve všech světových řekách se nachází pouze 0,000 2 % veškeré vody na Zemi. Tabulka byla převzata a upravena ze stránek ga.water.usgs.gov.



Obrázek 9.89: Voda,

Zdroj: wanderingvisitor.blogspot.com



Obrázek 9.90: Rozdělení vody na Zemi,

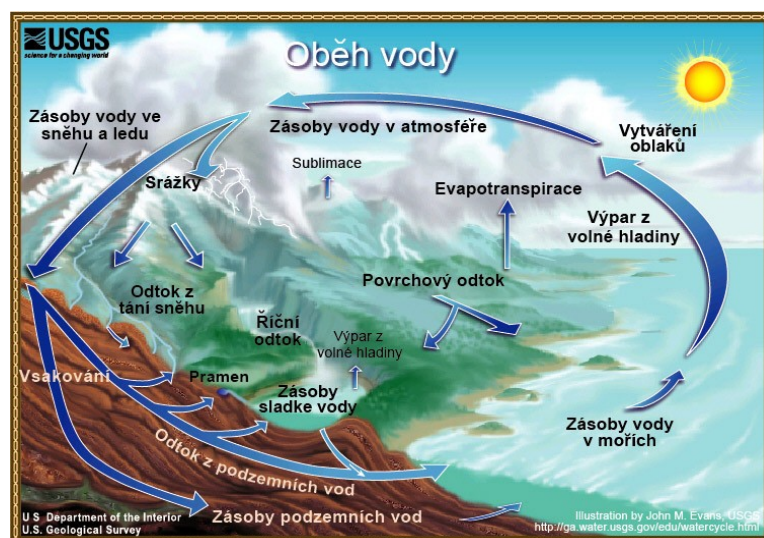
Zdroj: ga.water.usgs.gov

Vodní zdroj	Objem vody v krychlových kilometrech	Procento sladké vody	Procento z celkového objemu vody
Voda v oceánech, mořích a zálivech	1 338 000 000	--	96,5
Voda v ledových příkrovech, ledovcích a věčném sněhu	24 064 000	68,7	1,74
Podzemní voda	23 400 000	--	1,7
Sladká	10 530 000	30,1	0,76
Slaná	12 870 000	--	0,94
Půdní vlhkost	16 500	0,05	0,001
Suchozemský led a věčně zmrzlá půda	300 000	0,86	0,022
Jezera	176 400	--	0,013
Sladká	91 000	0,26	0,007

<i>Vodní zdroj</i>	<i>Objem vody v krychlových kilometrech</i>	<i>Procento sladké vody</i>	<i>Procento z celkového objemu vody</i>
Slaná	85 400	--	0,006
Voda v atmosféře	12 900	0,04	0,001
Voda v bažinách	11 470	0,03	0,000 8
Voda v řekách	2 120	0,006	0,000 2
Voda v rostlinách	1 120	0,003	0,000 1
<i>Celkový objem vody</i>	<i>1 386 000 000</i>	<i>-</i>	<i>100</i>

Tabulka 9.4: Rozdělení vody na Zemi

9.9.3.1 Koloběh vody



Obrázek 9.91: Koloběh vody,

Zdroj: Wikipedie

Koloběh vody je naznačen na předchozím obrázku. Veškerá voda na Zemi se tohoto koloběhu účastní. Základní koloběh vypadá následovně. Voda se v oceánech vlivem slunečního záření vypaří. Jako oblačnost je vzdušným prouděním přenesena nad pevninu. Tam zkondenzuje a ve formě vodních srážek spadne na zem. Zde je využita rostlinami a živočichy, vsákne se do půdy a podobně. Zbytek této vody steče do řek a vrátí se zpět do oceánu. Jak je patrné z obrázku, tento koloběh je mnohem složitější.

Cvičení:

Zkus z předchozí tabulky zjistit, kolik procent veškeré vody na Zemi je člověku lehce přístupná (nenachází se v oceánech, ledové pokrývce apod.).

Výsledek:

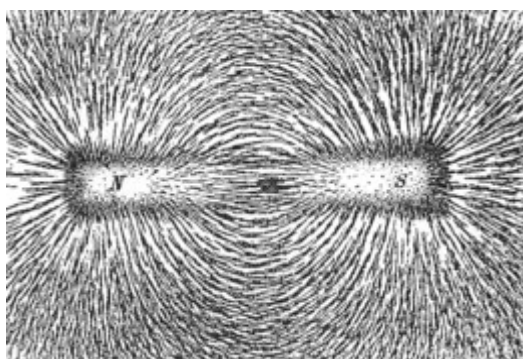
Pokud sečteme podzemní vodu, vodu v sladkovodních jezerech a vodu v řekách, dostaneme, že celková využitelná voda pro člověka je 0,767 2 %.

9.9.4 Zemská magnetosféra

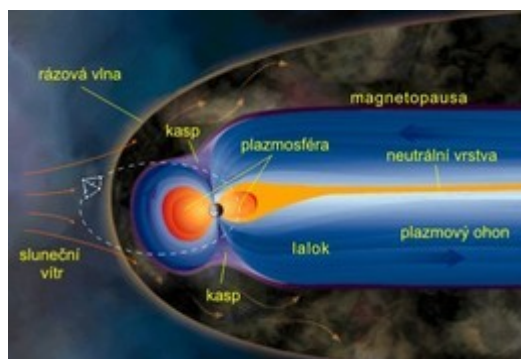
Ze všech kamenných planet má Země nejsilnější magnetické pole. Toto pole je vytvářeno odlišnou rotací *zemského jádra* a *zemské kůry*. Tato rotace není příliš rychlá. Podle astro.cz bylo odvozeno, že rychlost rotace zemského jádra je o 0,3 až 0,5 stupně za rok vyšší vzhledem ke zbývající části planety. To znamená, že jednu otočku „navíc“ vykoná za 720 až 1200 roků. I tato o málo rychlejší rotace ale stačí na to, aby byla vytvořena velice silná magnetosféra.

Magnetosféra je pro nás velice důležitá, protože chrání Zemi před dopadem částic slunečního větru. *Sluneční vítr* je proud nabitých částic (protony, elektrony, alfa částice, ...), které odlétají ze Slunce v důsledku jeho činnosti. Jeho rychlost je až 400 kilometrů za sekundu. Bez magnetosféry by docházelo k pronikání těchto částic až na zemský povrch a to by mělo neblahé důsledky na život. Také by docházelo k vyrážení částic z atmosféry, která by mohla zaniknout.

Tlak slunečního větru deformuje magnetosféru. Bez tohoto vlivu by magnetické pole planet vypadalo podobně jako magnetické pole tyčového magnetu. Vlivem slunečního větru dochází na straně přivrácené ke Slunci ke stlačování, na straně odvrácené naopak protahování do dlouhého ohonu. Na následujících obrázcích je vidět magnetické pole tyčového magnetu a Země.



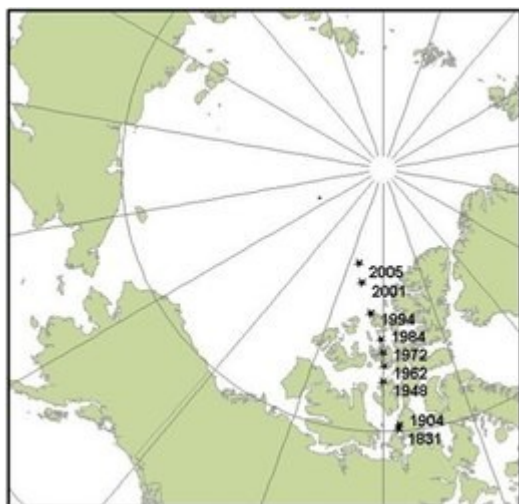
Obrázek 9.92: Magnetické pole tyčového magnetu, Zdroj: Wikipedie



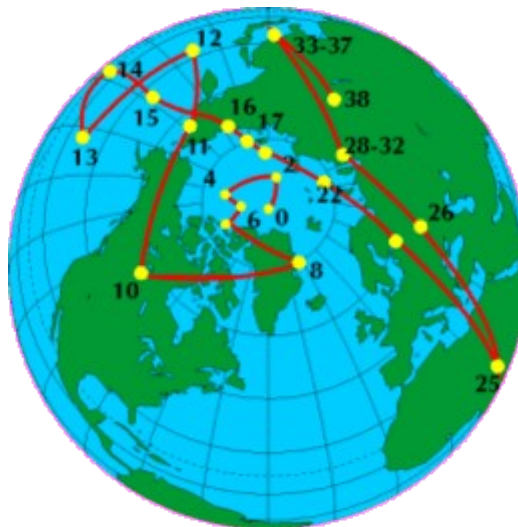
Obrázek 9.93: Zemská magnetosféra, Zdroj: aldebaran.cz

9.9.4.1 Magnetický pól

Magnetický pól je místo, kde se sbíhají magnetické indukční čáry. Magnetické pole je na tomto místě kolmé k zemskému povrchu. Osa magnetického pole Země je od rotační osy Země skloněna asi o 11° . Tento úhel se ale s časem mění. Poloha magnetických pólů totiž není stálá. Kromě denních změn, které jsou způsobeny rotací Země kolem vlastní osy, se dlouhodobě přesunuje. Jak můžete vidět na dalším obrázku, v minulém století se jižní magnetický pól nacházel v severních oblastech Kanady. Koncem minulého století se ale vydal na relativně rychlou cestu přes Severní ledový oceán směrem na Sibiř. Roční posun byl nejdříve 10 kilometrů za rok, ale zvýšil se až na 50 kilometrů za rok. Na vedlejším obrázku můžete vidět, že ani ve vzdálenější minulosti nebyl jižní magnetický pól klidný. Čísla u jednotlivých bodů označují polohu severního magnetického pólu v tisících let. Pochopitelně i severní magnetický pól se pohybuje v Antarktidě podobně.



Obrázek 9.94: Poloha jižního magnetického pólu, Zdroj: osel.cz

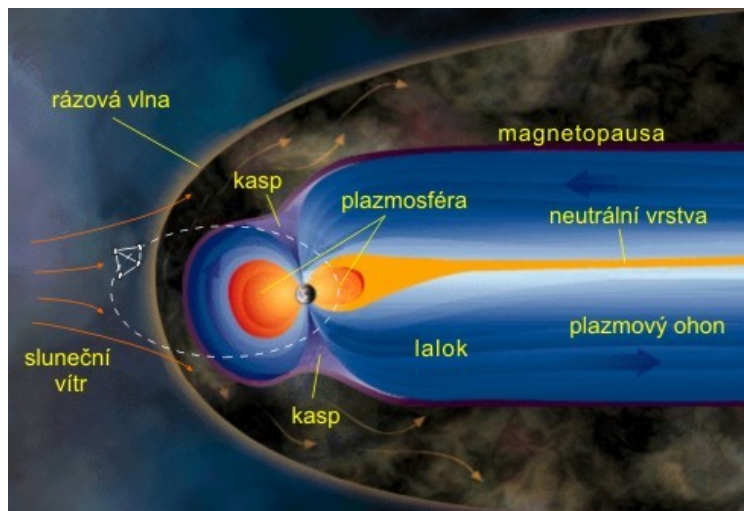


Obrázek 9.95: Dlouhodobý pohyb jižního magnetického pólu, Zdroj: gsc.nrcan.gc.ca

9.9.4.2 Poznámka:

Označení magnetických pólů je trochu zmatené. V zeměpisu se jako severní magnetický pól označuje ten magnetický pól, který se nachází blízko Sseverního geografického pólu. Fyzikálně je ale tento magnetický pól jižní. Zjistit to můžete například tak, že si ho zkusíte zaměřit pomocí kompasu. Severní část stříelky kompasu ukazuje na sever. Z fyziky ale víte, že severní část magnetu je přitahována k jižní části jiného magnetu. Proto se v okolí Sseverního geografického pólu musí nacházet jižní magnetický pól Země.

9.9.4.3 Polární záře



Obrázek 9.96: Zemská magnetosféra,

Zdroj: aldebaran.cz

Množství částic i rychlost slunečního větru se může silně měnit. Je závislé především na fázi sluneční aktivity. Největší množství částic i rychlosti tedy nabývá v maximu sluneční činnosti. Nabité částice se v magnetosféře pohybují podle magnetických indukčních čar. Částice se tedy na indukčních čárách „svezou“ až do oblastí nad magnetickým pólem, kde mohou oblastmi označovanými jako **kasp** (vidět je můžete na předchozím obrázku vpravo) vniknout až do zemské atmosféry. Jejich interakcí s molekulami plynu v atmosféře dochází ke vzniku světelných fotonů a vzniká tak **polární záře**. Pokud je těchto částic větší množství, vznikají **magnetické bouře**. Ty mohou narušit radiovou komunikaci a jsou tak nebezpečné například pro leteckou dopravu.



Obrázek 9.97: Polární záře nad Aljaškou, Zdroj: NASA



Obrázek 9.98: Polární záře z Mezinárodní kosmické stanice, Zdroj: NASA

9.9.5 Zemská atmosféra

Země je jedinou známou planetou s dusíkovou-kyslíkovou atmosférou. Atmosférický tlak na povrchu Země je průměrně 101,3 kPa. Tlak velmi kolísá s nadmořskou výškou, zeměpisnou polohou i aktuálním počasím. Mezi kamennými tělesy sluneční soustavy není tlak na povrchu Země nejvyšší. Vyšší tlak je na Saturnovu měsíci Titanu (160 kPa) a na planetě Venuši. Tam je tlak dokonce 9 321,9 kPa (90krát vyšší než na Zemi).



Obrázek 9.99: Pohled na atmosféru Země z Apollo 11, Zdroj: NASA

Složení zemské atmosféry můžete vidět v následující tabulce. 99 % objemu atmosféry je tvořeno směsí dusíku a kyslíku.

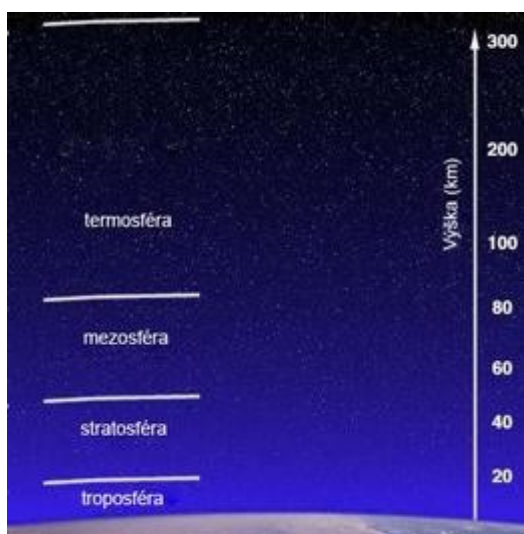
<i>Plyn</i>	<i>Podíl v jednotkovém objemu</i>
Dusík	78,084 %
Kyslík	20,946 %
Argon	0,934 %
CO ₂	0,035 %
Neon	0,001 82 %
Helium	0,000 524 %
Metan	0,000 17 %
Krypton	0,000 14 %
Vodík	0,000 055 %

Tabulka 9.5: Chemické složení atmosféry Země

V zemské atmosféře se dále vyskytuje nezanedbatelné množství vodní páry. Její množství silně kolísá především v závislosti na lokálním počasí. Podle podmínek může vodní pára kondenzovat do mraků, kde se vytvářejí vodní kapky, sněhové vločky nebo kroupy. Atmosféra tak plní nezastupitelnou úlohu v **koloběhu vody** (o něm se dozvíte více v kapitole Povrch Země).

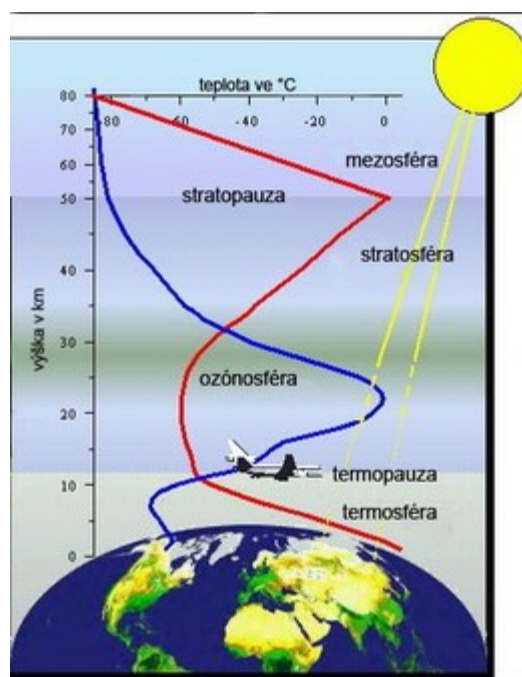
9.9.5.1 Atmosférické vrstvy

Se stoupající výškou se snižuje atmosférický tlak. Ve výšce zhruba 5 kilometrů je atmosférický tlak poloviční než při hladině moře. Podle závislosti výšky a teploty rozeznáváme několik vrstev atmosféry, které mají různé vlastnosti. Jejich výškové rozdělení je na následujícím obrázku vlevo. Na pravém obrázku je červenou čarou znázorněna závislost teploty na nadmořské výšce. Modrou čarou je dále znázorněno množství ozonu.



Obrázek 9.100: Vrstvy atmosféry,

Zdroj: www.terradaaily.com



Obrázek 9.101: Závislost teploty na nadmořské výšce,

Zdroj: astro.pef.zcu.cz

- **Troposféra** – je nejnižší vrstva atmosféry. Na pólech sahá do výšky 7 km a na rovníku až do výšky 17 km. Její teplota klesá s rostoucí výškou.
- **Stratosféra** – sahá od konce troposféry až do výšky 50 kilometrů. Její teplota s nadmořskou výškou vzrůstá.
- **Mezosféra** – sahá od konce stratosféry do výšky 80–85 kilometrů. Její teplota s nadmořskou výškou opět klesá.
- **Termosféra** – sahá od konce mezosféry až do výšky zhruba 500–600 kilometrů. Teplota se vzrůstáním nadmořské výšky stoupá.
- **Exosféra** – je nejvyšší vrstvou atmosféry. Ve výšce kolem 1 000 kilometrů pozvolna přechází do meziplanetárního prostoru.

Mezosféra a termosféra jsou někdy souhrnně označovány jako **ionosféra**. V této vrstvě se nachází velké množství elektricky nabitých částic. Nepostradatelnou vrstvou je **ozónová vrstva**. Nachází se přibližně ve výšce 20–30 kilometrů. V této vrstvě dochází

k rozkládání nebezpečného ultrafialového záření, které by jinak mělo nepříznivý vliv na pozemský život. V minulosti došlo lidskou činností k narušení této vrstvy, ale jako následek celosvětového snažení o omezení chemikálií, které ozon rozkládají, se množství ozonu v atmosféře začíná opět zvyšovat.

Úkol:

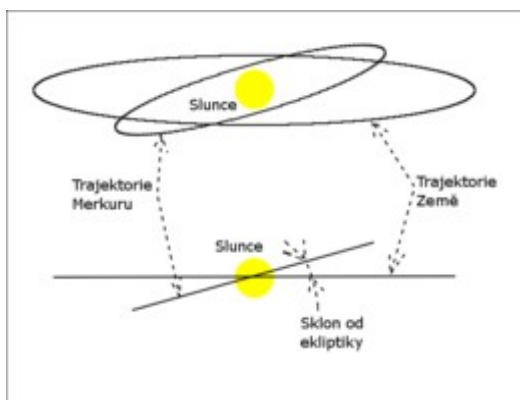
S rostoucí výškou hustota atmosféry velice rychle klesá. Do výšky 30 kilometrů je shromážděno 99 % celkové hmotnosti atmosféry. Vypočítejte, kolik procent celkového objemu atmosféry to je. Jako konec atmosféry použijte výšku 1 000 kilometrů, kde exosféra přechází do meziplanetárního prostoru.

Výsledek:

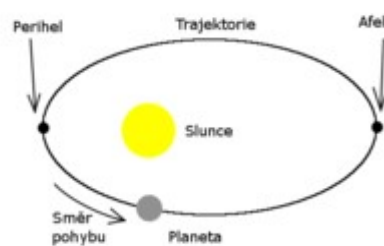
Výpočet se nachází v souboru  **zeme_atmosfera.odt**²⁷. 99 % hmotnosti atmosféry se nachází v méně než třech procentech jejího celkového objemu.

9.9.6 Pohyb Země kolem Slunce

Země se kolem Slunce pohybuje po eliptické trajektorii. Rovina trajektorie Země se nazývá **ekliptika**. Ekliptika se používá jako základní rovina pro planety ve sluneční soustavě. Ostatní planety se pohybují v rovinách, které jsou od **ekliptiky** skloněny o určitý úhel. Na levém obrázku dole můžete vidět sklon trajektorie Merkuru.



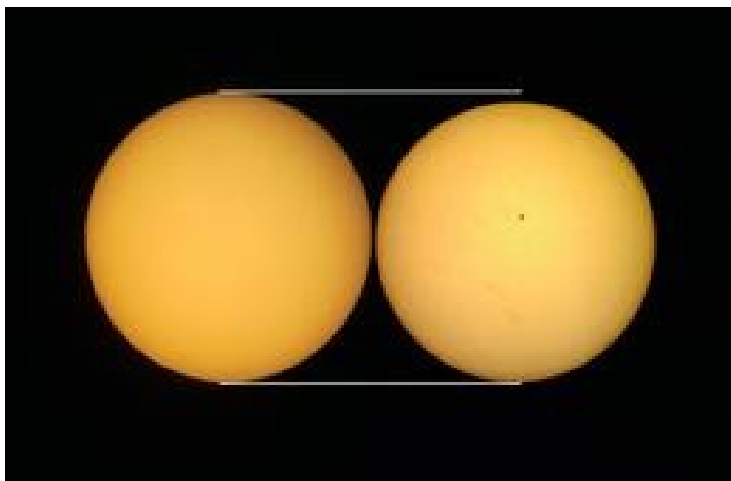
Obrázek 9.102: Sklon trajektorie Merkuru, Vytvořeno v GIMPu



Obrázek 9.103: Trajektorie planety, Vytvořeno v GIMPu

²⁷ Součást přílohy D.

Protože se Země pohybuje po *eliptické trajektorii*, není vždy stejně vzdálená od Slunce. Podobně jakou u ostatních planet, existují dva význačné body: perihel a afel (perihélium a afélium). *perihélium* je takový bod trajektorie, kdy je Země (obecně však jakákoliv jiná planeta) nejbližší Slunci. Afélium je naopak bod trajektorie, který je od Slunce vzdálen nejvíce.



Obrázek 9.104: Srovnání úhlového průměru Slunce při pozorování ze Země v perihéliu a aféliu, Zdroj: astro.cz

V perihéliu je Země Slunci nejbližší, a tak je jeho úhlový průměr největší, jak můžete vidět na předchozím obrázku. Zdálo by se, že když je Země v perihéliu, musí být na Zemi zima. Zdá se to logické, protože na Zemi dopadne menší množství tepla. Sezónní změny teploty jsou ale mnohem více určované sklonem zemské osy a vzdálenost od Slunce nemá velký význam. Proto, když je Země nejbližší Slunci, je zrovna na severní polokouli leden. Země se do nejvzdálenějšího bodu své trajektorie dostane v červenci.

Když je Země v blízkosti perihélia, pohybuje se podle Keplerových zákonů rychleji než v blízkosti afélia. To můžeme zjistit i podle tabulky, do které si zaneseme délku ročních období. Zjistíme, že na severní polokouli je podzim a zima o přibližně tři dny kratší než jaro a léto. Tento rozdíl je způsoben právě větší rychlostí, kterou se Země pohybuje. Na jižní polokouli je tomu ale naopak. Zima je tam o tři dny delší než léto. Je možné také vysledovat rozdíl mezi těmito ročními obdobími, který je způsoben právě

eliptičností dráhy. Pokud by nedcházelo k orizdébá vzduchu, byly vy zimy na severní polokouli teplejší než na jižní polokouli. Stejně tak by léta na severu byla chladnější než na jihu.

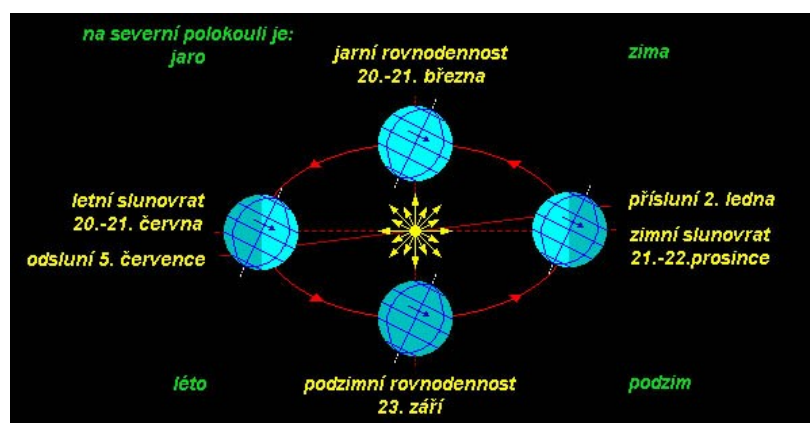
Roční období Doba trvání

Jaro	92 d 22 h
Léto	93 d 14 h
Podzim	89 d 17 h
Zima	89 d 1 h

Tabulka 9.6: Délka trvání ročních období na severní polokouli

9.9.6.1 Střídání ročních období

Jak již bylo řečeno výše, střídání ročních období nemá za následek změna vzdálenosti Země od Slunce. Mnohem větší vliv na klima na Zemi má **sklon osy Země**. Je to odchylka směru osy Země od kolmice k její trajektorii. Tento sklon je $23,45^\circ$. Osa Země směřuje stále do stejného směru, v současnosti její severní část téměř přesně míří na hvězdu **Polárka**. Směr osy otáčení se v prostoru nemění.



Obrázek 9.105: Sklon osy Země během

roku, Zdroj: observatory.cz

To, že je osa Země skloněná a její směr se nemění znamená, že intenzita světla, které dopadá na určitou zeměpisnou šířku, je v každém bodě trajektorie jiná. Díky sklonu osy dochází v průběhu roku k opakovanému přiklání a odklání severní a jižní polokoule. V lednu, když je na severní polokouli zima, je severní polokoule od Slunce

odkloněna. Díky většímu úhlu dopadajících paprsků je jejich intenzita snížena. Tato situace je znázorněna v pravé části předchozího obrázku.

9.9.6.2 Pohyb slunce po obloze

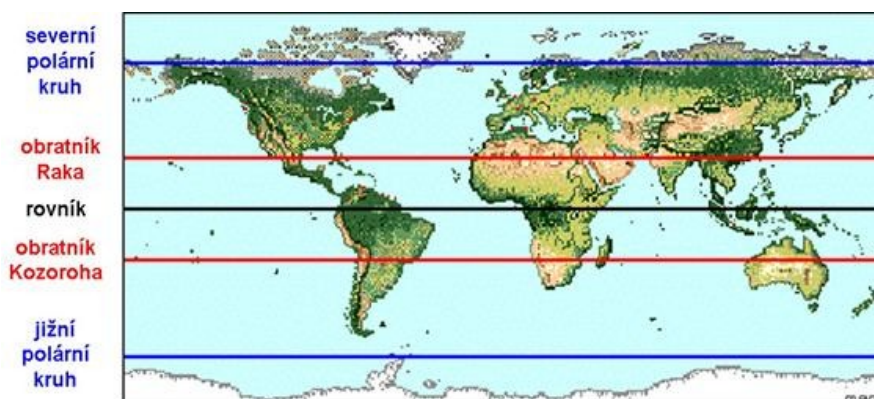
Slunce se díky sklonu zemské osy pohybuje po obloze v každém ročním období jinak. V zimě, kdy je Slunci přikloněna jižní polokoule, u nás nevystupuje příliš vysoko nad obzor. V okamžiku **zimního slunovratu**, který nastává kolem 21. prosince, se slunce nachází přímo nad jižním **obratníkem Kozoroha**. U nás v zimě jsou proto dny mnohem kratší než noci. V souvislosti s tím dopadají sluneční paprsky na jižní pól a nastává tam **polární den** (na obrázku dole můžete vidět celodenní trajektorii slunce na jižním pólu). Na severním pólu je **polární noc**. Od zimního slunovratu se začíná slunce přesunovat nad rovník. Kolem 21. března slunce překračuje rovník. Toto datum je důležité proto, že noc i den jsou stejně dlouhé. Proto se tento okamžik nazývá **jarní rovnodennost**.



Obrázek 9.106: Sluneční trajektorie,
když je na jižním pólu polární den,

Zdroj: gdargaud.net

Po jarní rovnodennosti se slunci přiklání severní polokoule a u nás nastává jaro. Kolem 21. června nastává **letní slunovrat**, kdy je Slunce nad **obratníkem Raka**. U nás začíná astronomické léto. Na severní polokouli nastává léto, které je charakteristické dlouhými dny a krátkými nocemi. Slunce vystupuje mnohem výše nad obzor než v zimě. Na severním pólu je polární den, na jižním polární noc. Ve chvíli, kdy se slunce dostává opět nad rovník, nastává **podzimní rovnodennost**. Ta je vždy kolem 23. září. Den je opět stejně dlouhý jako noc. Poté je slunci přikloněna opět jižní polokoule Země a celý cyklus se opakuje.



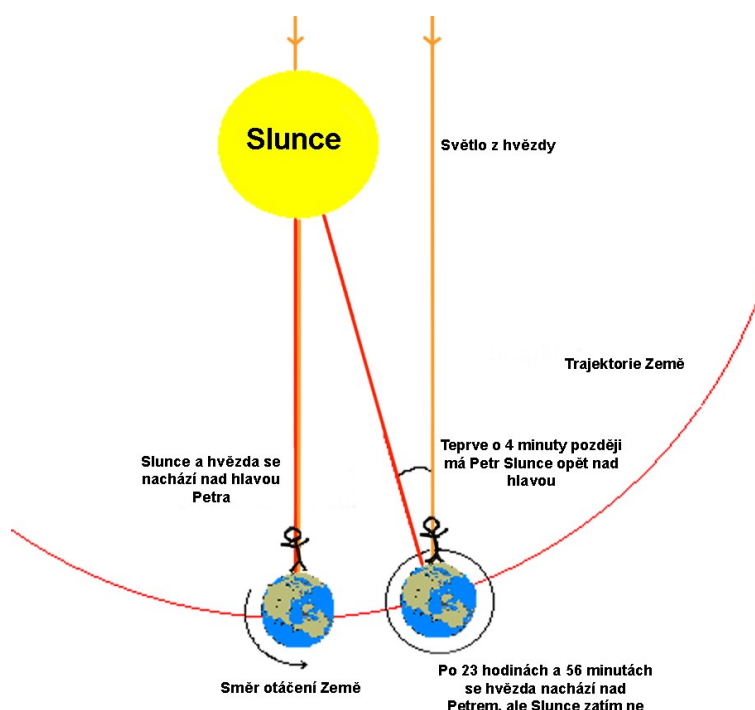
Obrázek 9.107: Význačné rovnoběžky,

Zdroj: astro.pef.zcu.cz

Význačné rovnoběžky můžete vidět na předchozím obrázku. Jsou jimi **obratník Raka**, **obratník Kozoroha**, **severní polární kruh** a **jižní polární kruh**. Význam obratníků byl již vysvětlen. Jejich severní a jižní geografická šířka je rovna sklonu zemské osy. Obratník Raka má tedy severní šířku $23,45^\circ$, jižní šířka obratníku Kozoroha je také $23,45^\circ$. Polární kruhy jsou takové zeměpisné šířky, kde nastávají polární dny a noci. Slunce tak je buď nad obzorem stále, nebo je stále skryto pod ním. Jejich zeměpisné šířky jsou $66,55^\circ$ severní šířky a $66,55^\circ$ jižní šířky. Toto číslo můžete získat také tak, že od geografické šířky pólu (90°) odečtete sklon zemské osy ($90^\circ - 23,45^\circ = 66,55^\circ$).

9.9.7 Rotace kolem vlastní osy

Země rotuje kolem vlastní osy jednou za 23 hodin 56 minut a 4,9 sekund. Tento časový úsek se nazývá **siderický den**. Je to doba, za kterou se Země otočí kolem vlastní osy o 360° . Jeden den na Zemi ale trvá přesně 24 hodin. Malý časový rozdíl je způsoben oběhem Země kolem Slunce. Celá situace je znázorněna na dalším obrázku (měřítko neodpovídá skutečnosti). Za jeden siderický den se Země otočí kolem vlastní osy o 360° . Za tuto dobu se ale Země posune o malý kousek po své oběžné dráze. Na Zemi je pro nás ale podstatnější pohyb Slunce než hvězd. Proto, abychom na Zemi mohli pozorovat Slunce ve stejné poloze jako předchozí den, musí se Země ještě o malý kousek pootočit. Toto pootočení trvá právě ty necelé čtyři minuty, které chybějí siderickému dnu do 24 hodin. Doba pootočení není po celý rok stejná. Závisí i na pozici Země na její trajektorie. Rychlost oběhu Země je totiž jiná v okolí perihélie a afélie.



Obrázek 9.108: Země obíhá kolem

Slunce, Zdroj: astro.pef.zcu.cz

Úkol:

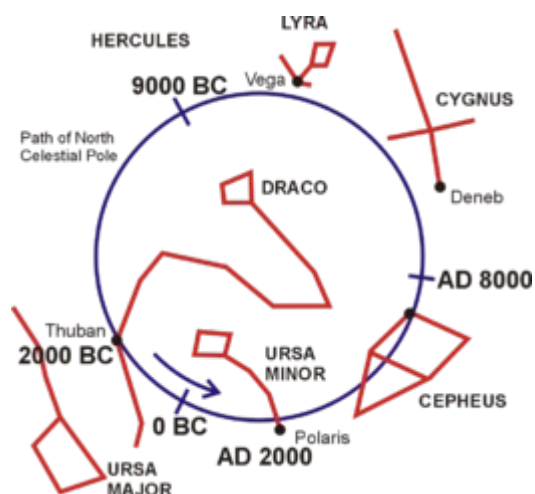
Zjisti o kolik stupňů se na své trajektorii posune Země za jeden den.

Výsledek:

Trajektorii, která má 360° , oběhne Země za 365 dní. Stačí proto vydělit celou trajektorii počtem dní v roce. Tedy $360/365 = 0,986^\circ$. Země se tedy pohybuje rychlostí $0,986^\circ$ za den.

9.9.7.1 Precese

Precese je pomalý pohyb, který koná zemská osa. Vychází z toho, že Země se při své rotaci chová jako setrvačnick. Průsečík zemské osy s nebeskou sférou (**nebeský pól**) koná kruhový pohyb. Plnou kružnici opíše zemská osa za 25 800 let. Tomuto časovému období říkáme **platónský rok**. Na dalším obrázku můžete vidět, kudy **severní nebeský pól** prochází. Význačná časová údobí jsou znázorněna letopočtem. Například můžete vidět, že roku 2 000 před naším letopočtem plnila úlohu Polárky hvězda Thuban ze souhvězdí Draka. Kolem roku 14 000 bude tuto úlohu plnit hvězda Vega ze souhvězdí Lyra.



Obrázek 9.109: Změna polohy
severního nebeského pólu,
Zdroj: Wikipedie

9.9.8 Měsíc

Měsíc je jediným přirozeným satelitem Země. Je to šestý největší měsíc ve sluneční soustavě, ale v porovnání s velikostí mateřské planety je to měsíc největší.



Obrázek 9.110: 🌐 Animace měsíčních
fází (500 kB), Zdroj: US Naval
Observatory

Měsíc má zhruba čtvrtinový průměr oproti Zemi. Nemá atmosféru a jeho povrch je tedy vystaven bombardování malých těles. Znamky toho si Měsíc nese na svém povrchu ve formě obrovského množství kráterů, jejichž velikosti jsou od centimetrů do stovek

kilometrů. Největší kráter na Měsíci má průměr 2 240 km. Je to zároveň největší kráter ve sluneční soustavě. Bohužel se nachází na odvrácené straně, takže ho ze Země pozorovat nemůžeme.

Měsíci vděčíme i za život na Zemi. Jeho gravitace pomáhá stabilizovat sklon osy Země. Na Zemi tak nedochází k prudkým změnám klimatu, které by rozšíření života na Zemi zabraňovaly. Měsíc svou přítomností také působí jako zemský štít a může zachycovat nebo odkloňovat některé planety, které by na Zemi mohly dopadnout.



*Obrázek 9.111: První krok Neila
Armstronga na Měsíci,
Zdroj: Wikipedia*

Měsíc je kromě Země jediným vesmírným tělesem, kterého se dotkla lidská noha. K přistání na Měsíci došlo v roce 1969 a v sedmdesátých letech se návštěva na Měsíci ještě několikrát opakovala.

9.9.9 Měsíční fáze

Díky oběhu Měsíce kolem Země přibližně v rovině ekliptiky můžeme v různých částech jeho trajektorie pozorovat různé **měsíční fáze**. Měsíc má při svém oběhu osvětlenou (tak jako všechna ostatní kulová tělesa) vždy jen jednu polovinu svého povrchu. Z pohledu ze Země můžeme však pozorovat vždy jen jistou část jeho osvětlené polokoule. Celou osvětlenou polokouli Měsíce můžeme pozorovat jen v okamžiku, když se Slunce, Země a Měsíc nacházejí přibližně v jedné přímce v tomto pořadí (pokud by

se středy těles nacházely přibližně v přímce, došlo by k zatmění Měsíce). Měsíc je tak z pohledu ze Slunce za Zemí a ze Země můžeme pozorovat celou jeho osvětlenou část. Říkáme, že Měsíc je v **úplňku**. Když se naopak Měsíc dostane mezi Slunce a Zemí, je jeho osvětlená část přivrácená ke Slunci a neosvětlená část je přivrácená k Zemí. Měsíc v tuto chvíli nevidíme vůbec a říkáme že, je Měsíc v **novu**.



Obrázek 9.112:  Animace měsíčních fází (500 kB), Zdroj: US Naval Observatory

Další měsíční fáze nastávají, když se Měsíc nachází v jiných částech své trajektorie. Kromě úplňku a novu je viditelná vždy pouze část měsíce. Jako počátek měsíčního cyklu uvažujme například **nov**. Po novu začne měsíc růst. V **první čtvrti** je viditelná právě polovina měsíce. Měsíc v tuto chvíli vypadá pro pozorovatele na severní polokouli tak, že jeho pravá polovina je osvětlená a levá polovina osvětlená není. Po dalším růstu měsíce nastává **úplněk**, kdy je vidět měsíc celá osvětlená část Měsíce. Po úplňku se měsíc začíná zmenšovat až do **třetí čtvrti**, kdy je viditelná levá část měsíce (opět ze severní polokoule). Měsíční cyklus samozřejmě končí tam, kde začal, tedy v **novu**.

Na [!\[\]\(23d9fc146e83b5c3013cfa32c784f8d5_img.jpg\) **těchto**](#) stránkách naleznete názorný applet, který vám objasní, jak to vypadá s oběhem Měsíce kolem Země.

S měsíčními fázemi samozřejmě souvisí i to, kdy Měsíc vychází a zapadá. Vaším úkolem bude doplnit tabulku s východy a západy Měsíce. Měla by vám k tomu stačit vlastní představivost, ale můžete využít i astronomické ročenky nebo kalendáře.

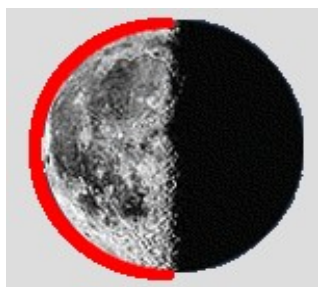
Úkol:

Stáhni si  tento²⁸ soubor a doplň do něj vynechané údaje. Vyplněný soubor pošli soukromým kanálem do diskuse konzultantovi.

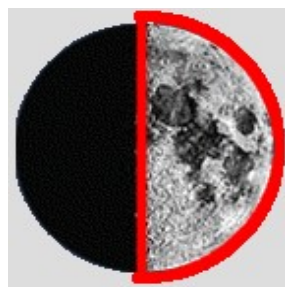
Výsledek:

Vyplněný soubor je možno stáhnout  zde²⁹.

Každý pozná, když je Měsíc v úplňku, ale dokážete poznat podle jeho fáze, jestli bude dříve úplněk nebo nov? Jestli jsme právě v první nebo poslední čtvrti? Existuje velice jednoduché pravidlo jak to poznat. Stačí se na Měsíc podívat a přirovnat si ho k písmenu C nebo D. Když vypadá jako velké písmeno **C**, znamená to, že Měsíc **Couvá**. A když vypadá jako velké **D**, znamená to, že Měsíc **Dorůstá**. Jen je třeba dát si pozor na to, na jaké polokouli se nacházíte. Na jižní totiž stojíte „hlavou dolů“ a pravidlo tedy funguje přesně naopak.



Obrázek 9.113: C jako Couvá
(upraveno v GIMPu),
Zdroj: moon.felk.cvut.



Obrázek 9.114: D jako Dorůstá
(upraveno v GIMPu),
Zdroj: moon.felk.cvut.

Cvičení:

I v jiných jazycích existují podobná pravidla. Zkus najít pravidla alespoň v těch jazycích, kterými vládneš.

Výsledek:

Latina: Měsíc v tomto případě „lže“, protože latinská slova **Cresco** – stoupat a **Descendo** – klesat znamenají podle pravidla opak skutečnosti. Když tedy měsíc při-

²⁸ Součást přílohy D.

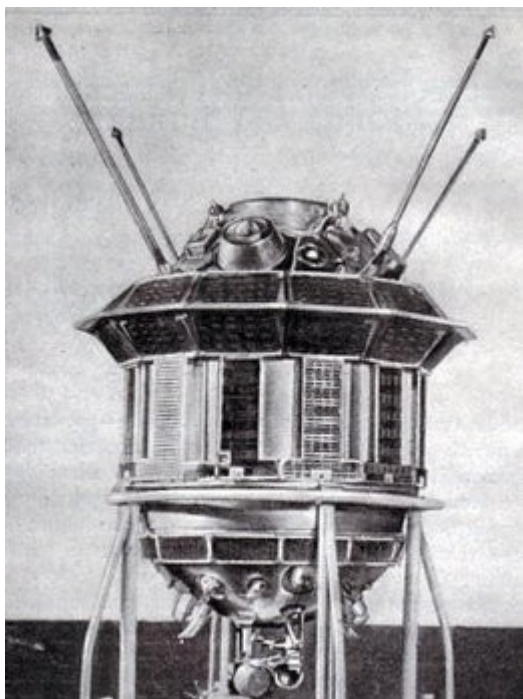
²⁹ Součást přílohy D.

pomíná písmeno C, měl by podle slova Cresco růst, ale ve skutečnosti se osvětlená část zmenšuje a naopak.

Angličtina: Protože používá převzatá slova z latiny, je v angličtině pravidlo obdobné jako v latině: **Crescend** – stoupat (Měsíc ve skutečnosti ubývá) a **Descend** – klesat (Měsíc na obloze roste)

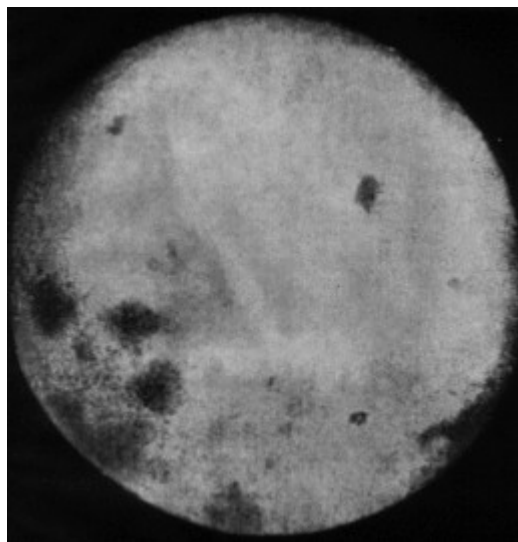
9.9.10 Dvě tváře Měsíce

Díky rovnosti oběžné doby Měsíce kolem Země a periody rotace Měsíce kolem vlastní osy je k Zemi natočená vždy jen jedna jeho polokoule. Díky *libracím* můžeme vidět i malou část měsíčního povrchu z odvrácené strany (nejvíce ale několik procent). Z povrchu Země tedy není druhá polokoule pozorovatelná. První sondou, která odvrácenou stranu Měsíce vyfotografovala, byla sovětská sonda **Luna 3**. Startovala 4. října 1959 a 7. října pořídila první fotografie.



Obrázek 9.115: Sovětská sonda Luna 3,

Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.116: Fotografie odvrácené strany Měsíce ze sondy Luna 3 (317 kB), Zdroj: Wikipedia

Již na prvních snímcích bylo patrné, že odvrácená strana se značně liší od přivrácené. Na první pohled je vidět, že neobsahuje žádná tzv. moře (jsou patrné pouze dvě tmavší oblasti). Odvrácená strana je pahorkatina posetá velkým množstvím impaktních kráterů.

O chemickém složení odvrácené strany není známo nic, protože všechny mise Apollo, které na Měsíci přistály, i všechny sondy provádějící automatické odběry vzorků přistávaly na straně přivrácené. Bylo to z důvodu snazší komunikace se Zemí, protože z odvrácené strany by nebylo možné přímo komunikovat s řídicím střediskem.



Obrázek 9.117: 90° západně,

Zdroj: Wikipedia



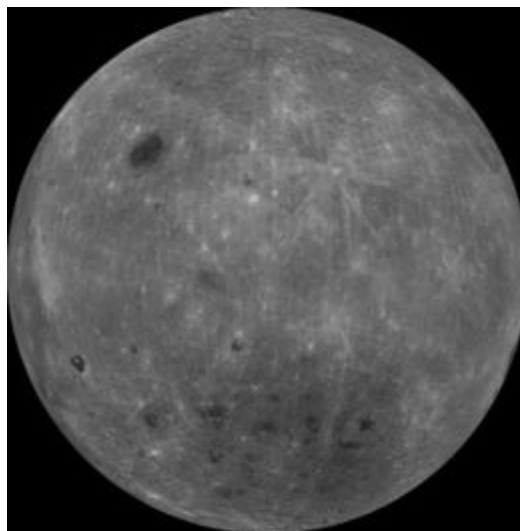
Obrázek 9.118: Přivrácená strana,

Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.119: 90° východně,

Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.120: Odvrácená strana,

Zdroj: Wikipedia

Cvičení:

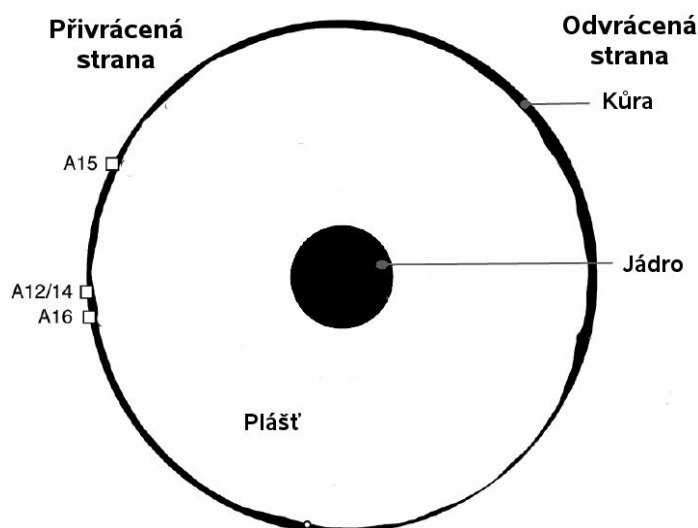
Zkus alespoň přibližně odhadnout, jakou plochu zabírají moře na přivrácené a na odvrácené polokouli Měsíce.

Výsledek:

Moře pokrývají asi 16 % celkového povrchu Měsíce. Na přivrácené straně tvoří asi 30 % povrchu a na odvrácené zhruba pouhá dvě procenta.

9.9.11 Vznik Měsíce

Vnitřní stavba Měsíce je obdobná jako u terestrických planet. Pod vrstvou pevné *kůry* se nachází plastický *plášť*. Měsíční *jádro* má průměr asi 700 km. Jeho celková hmotnost je jen asi 4 % hmotnosti celého Měsíce. Zemské jádro naproti tomu má celých 35 % hmotnosti Země. Porovnáním je tedy vidět, že měsíční jádro je oproti zemskému velice malé.



Obrázek 9.121: Vnitřní struktura

Měsíce Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: Wikipedia

Chemické složení Měsíce je podle vzorků přivezených na Zemi posádkami Apollo a automatickými sondami velice podobné pozemskému. Jediný rozdíl je v tom, že měsíční horniny obsahují velice málo železa. S přihlédnutím k nám již známému faktu, že měsíční jádro je velice malé a jádra kamenných těles se skládají především ze železa, je jasné i to, že celkové množství železa na celém Měsíci je poměrně malé.



Obrázek 9.122: Vzorek měsíční horniny, který byl přivezen posádkou Apollo 15, Zdroj: Wikipedia

Máme zde tedy dvě základní odlišnosti Měsíce a Země:

1. Měsíc má malé jádro a
2. obsahuje velice málo železa.

Cvičení:

Teorií o tom, jak Země přišla ke svému satelitu, existuje několik. Na základě jejich rozboru bys měl/a být schopný/á zjistit, jak tyto teorie souhlasí nebo nesouhlasí s těmi-to skutečnostmi a rozhodnout, která teorie je nejpravděpodobnější. Výsledek svých úvah prezentuj v diskusi k této kapitole.

Výsledek:

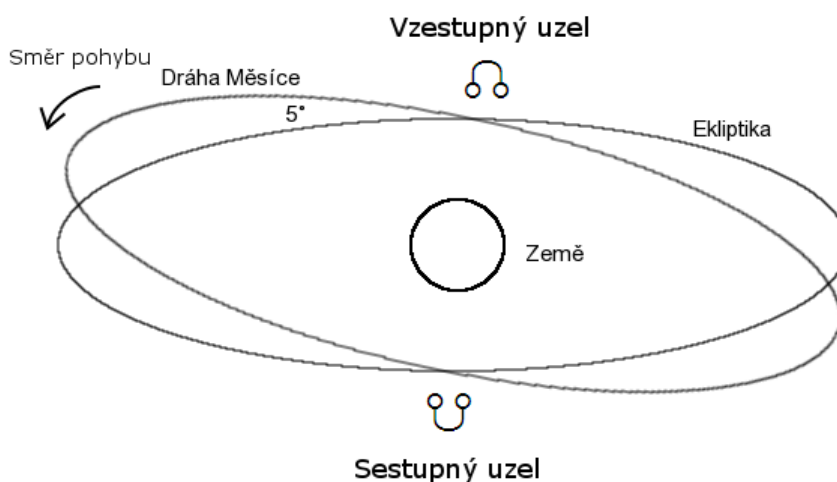
V současnosti je jako nejpravděpodobnější uznávaná teorie velkého impaktu. Dobře popisuje proč má Měsíc tak malé železné jádro (jádro impaktující protoplanety bylo pohlceno zemí) i stejné složení jako Země (kůry Prazemě a protoplanety byly před zformováním obou těles dobře promíchány).

9.9.11.1 Teorie o vzniku měsíce

1. Teorie společné akrece předpokládá, že Měsíc vznikl společně se Zemí v protoplanetárním disku. Obě tato tělesa vznikla tedy současně ve stejné části protoplanetárního disku.
2. Teorie odtržení říká, že Země v minulosti rotovala velikou rychlostí. V důsledku silné odstředivé síly na rovníku a toho, že kůra Země nebyla ještě zcela ztuhlá, se v rovníkových oblastech vytvořila vyboulenina, která se utrhla a dostala se až na odstředivou dráhu, kde se zformovala a vytvořila Měsíc.
3. Teorie zachycení spekuluje o tom, že Měsíc vznikl v jiné části protoplanetárního disku. Díky jeho neuspořádané trajektorii se při svém přiblížení ke Slunci příliš přiblížil k Zemi a v důsledku gravitačního přitahování se již z gravitačního pole Země neodpoutal. Obě tělesa tedy vznikla v jinou dobu, v jiné části sluneční soustavy.
4. Teorie velkého impaktu říká, že se Země těsně po svém vzniku srazila s tělesem (velikosti Marsu). Při obrovské srážce bylo vyvrženo velké množství materiálu na oběžnou dráhu Země. Část tohoto materiálu dopadla zpět na Zemi a z části se zformoval Měsíc. Protože byla srážka tečná, nebylo jí zasaženo zemské jádro a většina vyvrženého materiálu byla součástí svrchních vrstev. Země a Měsíc se tedy zformovaly ze stejného „mraku“ částic s tím, že Země měla k dobru ještě své původní jádro.

9.9.12 Pohyb Měsíce v prostoru

Měsíc obíhá kolem Země ve stejném směru jako je její rotace kolem osy (tedy od západu k východu). Jeho dráha je vůči ekliptice skloněná o $5^{\circ}08'43''$. Jeho dráha tedy protíná ekliptiku ve dvou bodech. Nazýváme je vzestupný uzel a sestupný uzel. Vzestupný uzel je ten, kde Měsíc překračuje ekliptiku směrem k severnímu nebeskému pólu. Sestupný je samozřejmě ten, kde Měsíc překračuje ekliptiku směrem k jižnímu nebeskému pólu. Symbol pro vzestupný uzel je $\odot$ a pro sestupný $\oslash$.



Obrázek 9.123: Trajektorie Měsíce se vstupním a výstupním uzlem, Vytvořeno v GIMPu

Rozeznáváme různé periody oběhu Měsíce.

- Siderický měsíc – je doba, ze kterou se Měsíc otočí o 360° vůči hvězdám. Jeho délka je 27 dní 7 hodin 43 minut a 11,5 sekundy.
- Synodický měsíc – je doba oběhu Měsíce vůči Slunci. Je to tedy doba mezi dvěma stejnými měsíčními fázemi, která činí 29 dní 12 hodin 44 minut a 2,8 sekundy.
- Tropický měsíc – doba mezi dvěma průchody Měsíce jarním bodem (bod, kde se slunce nachází přibližně 21. března). Trvá 27 dní 7 hodin 43 minut a 4,6 sekundy.
- Anomalistický měsíc – je interval mezi okamžiky, kdy Měsíc dosáhne stejné anomálie. Odpovídá době mezi dvěma průchody přízemím (perigeem). Tento interval trvá 27 dní 13 hodin 18 minut a 33,1 sekundy.
- Drakonický měsíc – doba mezi dvěma průchody výstupním uzlem. Je dlouhý 27 dní 5 hodin 5 minut a 35,8 sekundy.

Cvičení:

Která z měsíčních period je pro nás nejlépe pozorovatelná a proč?

Výsledek:

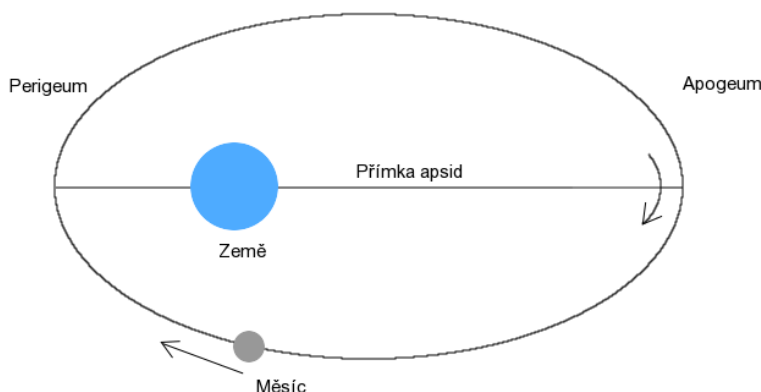
Nejlépe pozorovatelný je synodický měsíc. Na obloze můžeme jednotlivé fáze měsíce pozorovat pouhým okem.

9.9.12.1 Stáčení uzlové přímky

Uzlová přímka je spojnice vzestupného a sestupného bodu. Tato přímka se otáčí proti pohybu Měsíce a jeden celý oběh vykoná za 18,66 roků. Tato perioda se nazývá periodou saros a úzce souvisí se zatměními Slunce a Měsíce. Více se o tom dozvíte v kapitole o zatmění.

9.9.12.2 Stáčení přímky apsid

Přímka apsid je spojnice mezi perigeem (bodem trajektorie nejbližší Zemi) a apogee (bodem trajektorie nejdále od Země). Tato přímka se vlivem relativistických efektů otáčí ve směru pohybu Měsíce jednou za přibližně devět let. Podobný efekt můžeme pozorovat například u stáčení perihelia planety Merkur.



Obrázek 9.124: Stáčení přímky apsid,
Vytvořeno v GIMPu

9.9.13 Librace

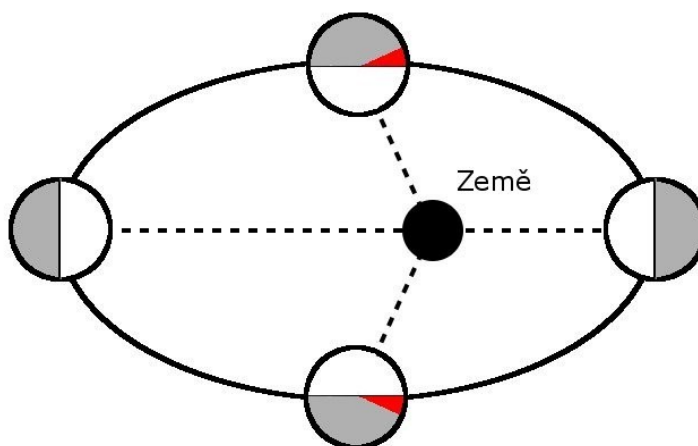
Librace natáčení měsíce ze strany na stranu. Díky libracím můžeme během jednoho oběhu Měsíce pozorovat větší část jeho povrchu. Při pohledu na kouli můžeme z jednoho místa vidět vždy maximálně 50 % jejího povrchu. Díky libracím je pozemskému pozorovateli odkryto celých 59 % měsíčního povrchu.



Obrázek 9.125:  Animace měsíčních fází (500 kB), Zdroj: US Naval Observatory

Librací je několik typů. Ilustrační obrázky neodpovídají skutečnému měřítku.

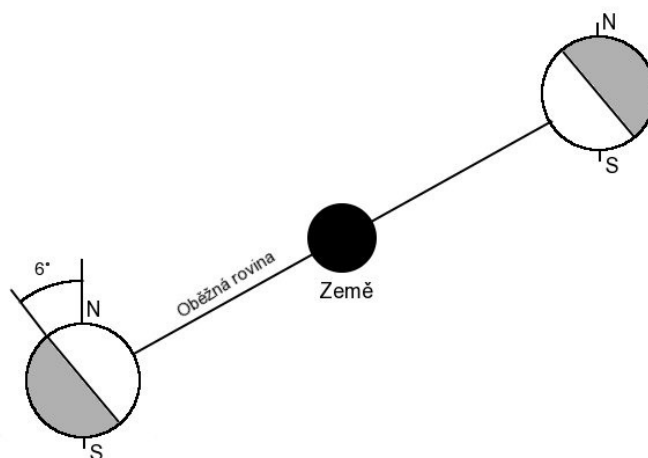
Optická librace v délce – Měsíc neobíhá kolem Země po kružnici, ale po elipse. To má ten následek, že v perigeu se pohybuje o něco rychleji než v apogeu. Rychlost jeho rotace kolem vlastní osy však těmto rozdílům nepodléhá a je stále stejná. Díky tomu rotace kolem měsíční osy občas zaostává a občas zase předbíhá rotaci kolem Země a odkrývá nám tak východní a západní části měsíčního povrchu až o $7^{\circ} 54'$. Na obrázku jsou různé polohy Měsíce vůči Zemi (velikosti ani vzdálenosti těles nejsou ve skutečném poměru). Část Měsíce, která je viditelná jen díky libracím je označena červeně.



Obrázek 9.126: Optická librace v délce,

Vytvořeno v GIMPu

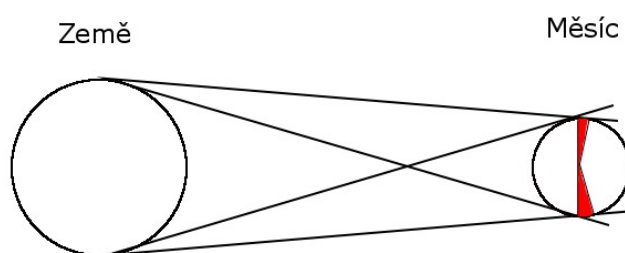
Optická librace v šířce – tak jako je zemská osa rotace vychýlená od roviny ekliptiky, je i osa rotace Měsíce vychýlená od roviny jeho oběhu o $6^\circ 41'$. To má za následek odhalování severních a jižních oblastí. Celkem můžeme tedy pozorovat dalších $6^\circ 50'$ měsíčního povrchu. Opět se podívejte na názorný obrázek



Obrázek 9.127: Optická librace v šířce,

Vytvořeno v GIMPu

Optická librace paralaktická – soustavu Země a Měsíce nemůžeme považovat za soustavu dvou hmotných bodů, ale musíme počítat i s velikostmi obou těles. Při pohledu na Měsíc závisí i na tom, ze kterého místa Země Měsíc pozorujeme. Při rotaci Země se totiž naše stanoviště neustále přesunuje společně s ní. Maximální efekt nastává na rovníku, kde je rozdíl mezi oběma stanovišti až 12 000 kilometrů. Rozdíl mezi východem Měsíce a jeho kulminací je až 1° (u východu a západu Měsíce tedy 2°).



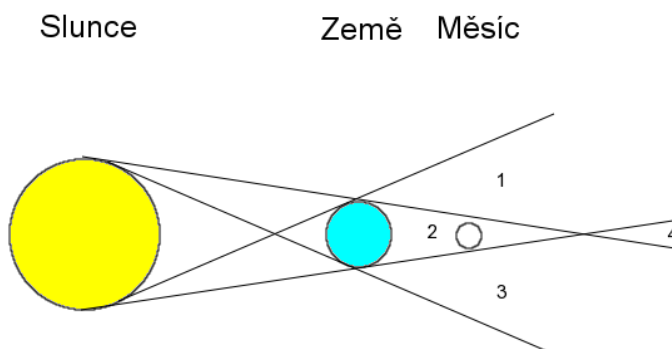
*Obrázek 9.128: Optická librace
paralaktická, Vytvořeno v GIMPu*

Fyzická librace – kromě všech optických librací však dochází i k libraci fyzické. Měsíc totiž není kulové těleso, ale je mírně protažený směrem k Zemi. V důsledku gravitačního působení Země a Slunce tak dochází k pomalému kývavému pohybu. Tento pohyb však v maximu dosahuje hodnot jen asi dvě desetiny úhlové minuty.

9.9.14 Zatmění Měsíce

Zatmění Měsíce nastává ve chvíli, kdy jsou středy Slunce, Země a Měsíce přibližně v jedné přímce (v uvedeném pořadí). Země pochopitelně vrhá stín. Tento stín má dvě složky: takzvanou umbru čili plný stín a penumbru čili polostín. Obě dvě složky vznikají díky nezanedbatelnému průměru zdroje světla (Slunce) a stínícího objektu (Země). V závislosti na tom, jakou část stínu projde Měsíc rozlišujeme několik typů zatmění. Polostínové zatmění je takové, kdy Měsíc vejde pouze do penumbry (polostínu) zem-

ského stínu. Takové zatmění je pozorovatelné jen jako zmenšení jasnosti Měsíce. Částečné zatmění je takové, kdy Měsíc vstoupí do umbry (plného stínu) jen částí svého povrchu. Při takovém zatmění můžeme pozorovat část Měsíce relativně jasnou (nachází se v polostínu) a zbývající část zatemnělou. Posledním typem zatmění je úplné (totální) zatmění. Při tomto druhu zatmění se celý Měsíc nachází v plném stínu.



*Obrázek 9.129: Situace, při které dojde
k zatmění Měsíce, Vytvořeno v GIMPu*

Na předcházejícím obrázku je celá situace schematicky znázorněna (vzdálenosti a velikosti objektů neodpovídají skutečnosti). V oblastech 1, 3 a 4 je polostín. Pokud se Měsíc ocitne alespoň částí svého povrchu v oblastech 1 a 3, nastane polostínové zatmění. Do oblasti 4 se Měsíc nikdy nedostane, protože umbra zemského stínu je dlouhá $1,3 \cdot 10^6$ km a maximální vzdálenost Měsíce od Země je pouhých $406,697 \cdot 10^3$ km. Pokud se Měsíc dostane do oblasti 2 pouze částí svého povrchu, nastane částečné zatmění. Z této oblasti je Slunce zcela zastíněno Zemí. Pokud se do této oblasti dostane Měsíc celý, nastane úplné zatmění.



Obrázek 9.130: Průběh měsíčního

zatmění 3. dubna 2007,

Zdroj: Wikipedia

Jedinou podmínkou pro vznik měsíčního zatmění je tedy to, aby byla všechna tři tělesa v řadě. K tomu ale nemůže dojít každý měsíční oběh, protože rovina trajektorie Měsíce je vůči ekliptice skloněna o 5° a jediné dva body, které mají tyto dvě roviny společné, jsou vstupní a výstupní uzel. K uskutečnění zatmění může dojít ve chvíli, kdy se Měsíc v opozici k Zemi nachází v těsné blízkosti jednoho z uzlů.

Úkol:

Stáhni si  **tento³⁰** soubor s tabulkou všech měsíčních zatmění až do roku 2020 a urči, kolikrát za rok dochází k měsíčnímu zatmění.

V jednotlivých kalendářních měsících zkus odhadnout, zda se zatmění vyskytuje stále v jeden den, nebo zda se výskyt zatmění přesouvá. Pokud se zatmění nepřesouvá, vysvětli, z jakého důvodu jsou vstupní a výstupní uzly stále na stejném místě, a pokud zjistíš, že se přesouvají, vysvětli, z jakého důvodu se uzly přesouvají.

Své odpovědi pošli soukromým kanálem svému učiteli.

Výsledek:

Zatmění Měsíce je pozorovatelné vždy zhruba dvakrát za rok. Časový rozdíl mezi dvěma zatměními je přibližně šest měsíců. Zatmění v následujícím roku nastávají vždy dříve než v roce minulém. To je způsobeno stáčením přímky apsid vůči hvězdám.

Měsíc ovšem ani při úplném zatmění není zcela černý. Díky zemské atmosféře se totiž část slunečního světla lomí a dostane se i do zemského stínu. Protože se červené složky spektra v atmosféře lámou více než modré, je většina tohoto světla z červeného

³⁰ Součást přílohy D.

konce spektra. Měsíční povrch, skrytý v plném stínu, se tak pozorovateli jeví jako načervenalý.



*Obrázek 9.131: Srovnání dvou
měsíčních zatmění, Zdroj: Wikipedia*

Jak je vidět z předchozího obrázku, každé zatmění je jiné. Barva Měsíce totiž velice závisí na stavu zemské atmosféry. Pokud je atmosféra čistá, můžeme pozorovat načervenalý Měsíc. Pokud ale dojde k zašpinění atmosféry nějakými částicemi (vodní páry, vodní kapky, oxidy síry, prach), můžeme pozorovat Měsíc neobvykle tmavý. K takovýmto tmavým zatměním dochází například po sopečných výbuších, kdy se do atmosféry uvolní velké množství prachu a tento prach následně sluneční světlo rozptýlí. K prvnímu spojení sopečného výbuchu a velice tmavého zatmění došlo již v roce 1641, když došlo k výbuchu sopky Avoe.

Nejlepší informace o zatměních Měsíce můžete získat na stránkách [NASA](#) ze kterých je převzata i následující tabulka. Zatmění, označená symbolem ✓ jsou pozorovatelná z Evropy. Zatmění označená symbolem ✗ z Evropy pozorovatelná nejsou.

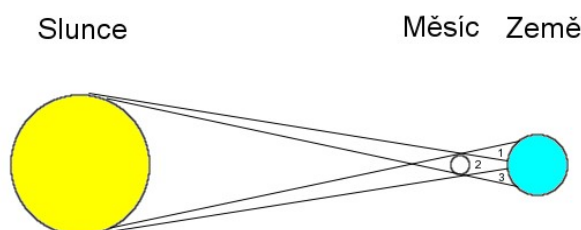
<i>Datum zatmění</i>	<i>Druh</i>	<i>Doba totality</i>	<i>Pozorovatelné</i>
24. dubna 2005	Penumbra	-	✗
17. října 2005	Částečné	00h58m	✗
14. března 2006	Polostínové	-	✓
7. září 2006	Částečné	-	✓
3. března 2007	Total	01h14m	✓
28. srpna 2007	Total	01h31m	✗
21. února 2008	Total	00h51m	✓
16. srpna 2008	Částečné	-	✓

<i>Datum zatmění</i>	<i>Druh</i>	<i>Doba totality</i>	<i>Pozorovatelné</i>
9. února 2009	Polostínové -		✓
7. července 2009	Polostínové -		✗
6. srpna 2009	Polostínové -		✓
31. prosince 2009	Částečné	01h02m	✓
26. června 2010	Částečné	02h44m	✗
21. prosince 2010	Úplné	01h13m	✓

Tabulka 9.7: Zatmění Měsíce do roku 2010

9.9.15 Zatmění Slunce

Podobně jako u zatmění Měsíce, tak i při zatmění Slunce musejí být středy všech těles přibližně v jedné přímce. Tentokrát ale v pořadí: Slunce, Měsíc, Země. Pouze v této konfiguraci dojde k tomu, že Měsíc může vrhat svůj stín na Zemi.



Obrázek 9.132: Situace, při které dojde k zatmění Slunce, Vytvořeno v GIMPu

Měsíc, stejně jako Země, vrhá svůj vlastní stín. V případě, že by velikost Měsíce byla srovnatelná se Zemí, by sluneční zatmění byla obdobná měsíčním. Protože je ale Měsíc podstatně menší, je situace odlišná. Hlavní odlišnost je v tom, že měsíční umbra je mnohem kratší. Pokud budeme uvažovat střední vzdálenosti Slunce a Měsíce, zjistíme, že měsíční stín je dlouhý $373 \cdot 10^3$ km. Střední vzdálenost Země – Měsíc je však $384 \cdot 10^3$ km. Srovnáním je jasné, že se v této situaci měsíční stín nedotkne povrchu Země a ze Země nebude úplné zatmění pozorovatelné.

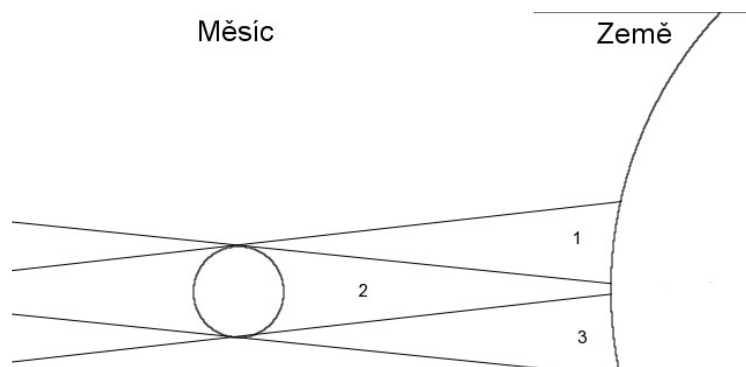
Aby bylo možné z povrchu Země pozorovat úplné zatmění Slunce, je nutné, aby kromě podmínek polohy Měsíce (v konjunkci a v blízkosti jednoho z uzlů) byla splněna ještě další podmínka. Měsíc se musí nacházet co možná nejbližší Zemi a zároveň Země se musí nacházet co možná nejdále od Slunce. Jen v tomto případě bude úhlový průměr Měsíce (pohybující se, v závislosti na vzdálenosti, mezi 29,3' a 34,1' větší než ve střední hodnotě a úhlový průměr Slunce (pohybující se mezi 31,6' a 32,7') bude menší. Měsíc bude tedy veliký 34,1' a slunce jen 31,6'. K úplnému zatmění tedy dojde jen tehdy, když je úhlová velikost Slunce nejvýše rovna velikosti Měsíce. V opačném případě dojde k zatmění prstencovému, které je popsáno níže.

Dalším rozdílem oproti měsíčnímu zatmění je to, že díky malé velikosti stínu (a tím i polostínu) se nikdy nemůže celá Země do těchto oblastí vejít (a to ani do polostínu). Z toho důvodu je zatmění Slunce pozorovatelné vždy jen na malé části zemského povrchu. To je velký rozdíl oproti zatmění Měsíce, které je viditelné na celé noční polokouli planety. Pro konkrétní místo na povrchu Země tedy platí, že měsíční zatmění z něj bude pozorovatelné mnohem častěji než sluneční. Nejde tedy hovořit o tom, do jaké pozice se dostane celá Země, ale musíme se soustředit na konkrétní bod na povrchu (nehybného pozorovatele).

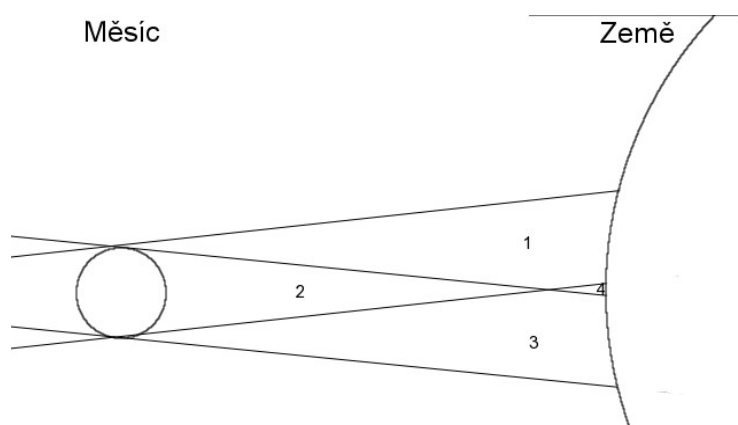
Proto rozlišujeme následující typy zatmění Slunce.

- částečné zatmění je takové, kdy se pozorovatel dostane do polostínu Měsíce. K tomu dojde na obou obrázcích tehdy, když se pozorovatel bude nacházet v oblastech číslo 1 a 3.
- úplné zatmění nastane, když bude situace odpovídat levému obrázku a pozorovatel se bude nacházet v oblasti číslo 2.
- prstencové zatmění odpovídá pravému obrázku a tomu, když se pozorovatel nachází v oblasti 4.

Jejich schematické zobrazení je na dalších obrázcích (velikosti těles ani jejich vzdálenosti neodpovídají skutečnosti):



Obrázek 9.133: Úplné zatmění Slunce,
Vytvořeno v GIMPu



Obrázek 9.134: Prstencové zatmění
Slunce, Vytvořeno v GIMPu

9.9.15.1 Úplné zatmění Slunce

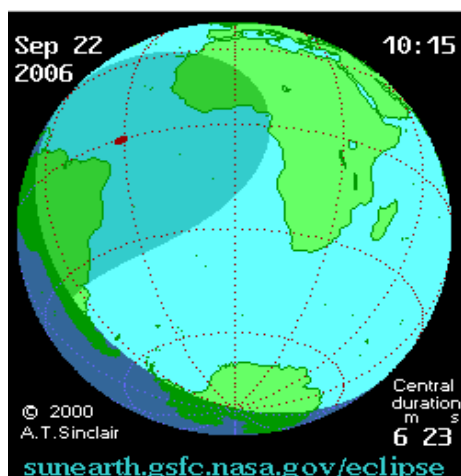


Obrázek 9.135: Průběh úplného
zatmění Slunce (po kliknutí),
Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.136: 🖼️ Animace úplného
zatmění Slunce (2,2 MB),
Zdroj: Wikipedia

Jak již bylo napsáno, k úplnému zatmění Slunce dojde tam, kde se pozorovatel nachází v úplném stínu Měsíce. Na zemském povrchu je tato oblast široká jen stovky kilometrů. Díky otáčení Země kolem vlastní osy se tato oblast plného stínu roztáhne do pásu, který může mít na délku několik tisíc kilometrů. Tomuto pásu se říká pás totality. Pokud se pozorovatel nachází v pásu totality, uvidí úplné zatmění Slunce. Na tomto odkazu naleznete mapu pásu totality pro zatím poslední úplné zatmění Slunce ve střední Evropě ☐ **11. srpna 1999**. Vidíte, že České republice se tento pás těsně vyhnul.



Obrázek 9.137: Průběh zatmění Slunce na zemském glóbu, Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.138: Stín na zemském povrchu z oběžné dráhy,

Zdroj: Wikipedia

Na  **další** mapce uvidíte mapu jediného úplného zatmění roku 2008. Tato mapa ukazuje, kde se bude nacházet pás totality, z jakých míst bude pozorovatelná určitá část slunečního disku a nakonec i kdy k zatmění dojde. Jak můžete vidět, toto zatmění bude v naší republice v 11:45 a Slunce bude zakryto z 20 až 30 %.

9.9.15.2 Částečné zatmění Slunce

Jak již bylo naznačeno v předchozím textu, úplné zatmění nastane jen v poměrně malé oblasti. Z mnohem větší oblasti je pozorovatelné částečné zatmění. Platí, že u každého úplného zatmění je částečné zatmění, ale neplatí to naopak. Měsíční stín může totiž Zemi úplně minout a na Zemi se promítne jen polostín.

Úkol:

Ze stránek  **NASA Eclipse Home Page** zjisti, kdy proběhne další zatmění Slunce viditelné u nás po roce 2008, čas maxima a maximální zakrytí slunečního disku v procentech. Při určování času zatmění nezapomeň, že data v mapce jsou v univerzálním čase (UT) a musíš je tedy převést do středoevropského času (SEČ) nebo do středoevropského letního času (SELČ) – podle toho, který bude platit.

Výsledek:

Příští u nás viditelné zatmění proběhne 4. ledna 2011. Největší fáze bude v 8:25 UT. Protože v lednu platí středoevropský čas (SEČ) je potřeba přičíst jednu hodinu. To znamená, že největší fáze nastane asi v 9:25 (SEČ). V tuto chvíli bude vidět jen asi 20 % slunce.

Další zatmění u nás proběhne až 20. března 2015. U nás proběhne největší fáze v 9:45 UT. Protože v březnu platí středoevropský čas (SEČ) je třeba přičíst jednu hodinu. To znamená že největší fáze nastane zhruba v 10:45 SEČ. V největší fázi bude vidět pouze asi 30 % slunce.

9.9.15.3 Prstencové zatmění Slunce

Jak již bylo řečeno výše, v případě, kdy Měsíc je v apogeu (nejdále od Země) a zároveň Země v perihelu (nejblíže Slunci), může dojít k situaci, že úhlová velikost Slunce je 31,6' a úhlová velikost Měsíce celých 34,1'. Pokud dojde v tomto období k zatmění, není Měsíc dostatečně veliký na to, aby zakryl celé slunce. V oblastech, které se nacházejí v polostínu Měsíce, bude pozorovatelné obyčejné částečné zatmění, ale v oblasti, kde by bylo normálně pozorovatelné úplné zatmění je pozorované zatmění prstencové.

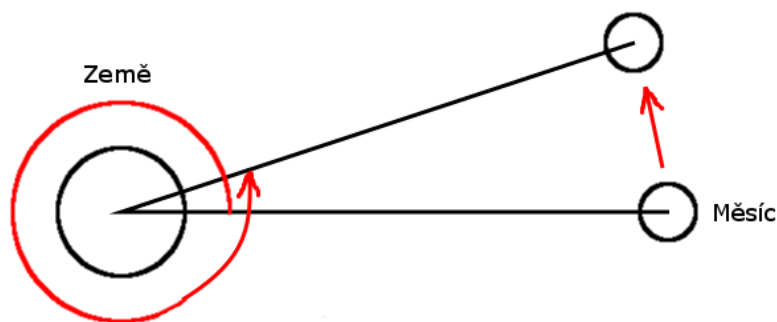


*Obrázek 9.139: Prstencové zatmění
slunce, Zdroj: Wikipedie*

Z předchozího obrázku je patrné, že u prstencového zatmění je pozorovatelná pouze ta část Slunce, kterou Měsíc nedokáže zakrýt. V porovnání s úplným zatměním je jasné, že nelze pozorovat sluneční korónu (vrchní vrstvy atmosféry), a proto nejsou tato zatmění užitečná při pozorování Slunce. Naproti tomu efekt slunečního kroužku je velice neobvyklý a tato zatmění jsou právě proto vyhledávána turisty.

9.9.16 Slapové síly

Slapové síly se v přímořských oblastech projevují pravidelným stoupáním a klesáním hladiny moře. Doba mezi dvěma stejnými fázemi cyklu (například od přílivu k přílivu) je dlouhá 12 hodin a 25 minut. Zhruba dvakrát za den se tedy hladina moře zvedne a opět klesne. Zajímavé je, že tento denní cyklus trvá 24 hodin a 50 minut. 24 hodin trvá Zemi, než se vůči Slunci otočí okolo vlastní osy. Zbývajících 50 minut přesně koresponduje s denním časovým posunem východu měsíce. Je tedy patrné, že hlavní příčinou slapových jevů je působení Měsíce na Zemi.

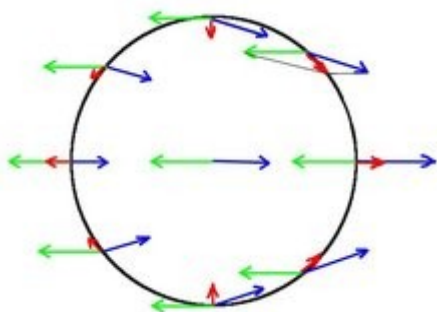


*Obrázek 9.140: Díky oběhu Měsíce
okolo Země přicházejí příliv a odliv
každý den o 50 minut později,
Vytvořeno v GIMPu*

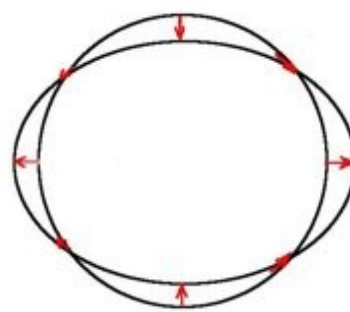
Následující situace je popsána v soustavě spojené se středem Země. Střed Země je vůči této soustavě v klidu. Na každý bod na povrchu Země působí (kromě sil, které jsou navzájem v rovnováze) dvojice sil. První je gravitační síla Měsíce (na obrázku vyznačena modrými šipkami). Síla, která působí na části Země se stejnou hmotností (jednotková hmotnost) je pro všechny části různá (záleží totiž na konkrétní vzdálenosti vybrané části od Měsíce).

Druhá síla, která působí na všechny části Země s jednotkovou hmotností, souvisí s pohybem oceánů společně se Zemí. Je to síla, která působí na střed Země a která způsobuje, že střed Země je v klidu a nepohybuje se vlivem gravitační síly směrem k Měsíci. Tato síla je tedy stejně velká jako gravitační síla Měsíce, ale působí v opačném směru. Působí na všechny části Země stejně. Nezáleží na tom, zda je část s jednotkovou hmotností součástí oceánu nebo se nachází ve středu Země. Na obrázcích je vyznačena zelenými šipkami.

Obrázky jsou kresleny pro pozorovatele, který se nachází nad pólem Země. Její obrys je tedy shodný s rovníkem. Výslednice sil, která se získá vektorovým součtem, je znázorněna červeně. Obrázky nejsou ve skutečném měřítku.



Obrázek 9.141: Směry výslednice sil, která působí na oceány, Vytvořeno v GIMPu



Obrázek 9.142: Voda v oceánech se chová podle výslednice sil, Vytvořeno v GIMPu

Na obrázku je vidět, že ve směrech k Měsíci a od Měsíce se hladina moří zvedá, a že ve směrech kolmých hladina moří klesá. Takto by situace vypadala pouze za předpokladu, že celý povrch Země by byl pokryt souvislou vrstvou vody. Ve skutečnosti je však vše komplikováno přítomností Slunce a také přítomností pevnin. Slunce je jediným dalším tělesem, které má na Zemi pozorovatelný vliv. Slunce je sice mnohem vzdálenější než Měsíc ($R_{\odot} = 390 R_{\oplus}$), je ale také mnohem hmotnější ($M_{\odot} = 27 \cdot 10^6 M_{\oplus}$). Jeho vliv je tak sice menší než u Měsíce, ale není zanedbatelný.

Úkol:

Spočítej, kolikrát větší gravitační silou působí na Zemi Měsíc než Slunce když víš, že slapové síly jsou úměrné hmotnosti a nepřímo úměrné třetí mocnině vzdálenosti.

Výsledek:

Z předchozího textu vyplývá, že Slunce je 390krát vzdálenější než Měsíc a že je 27-milionkrát hmotnější. Proto platí, že $27\,000\,000/390^3 = 0,46$. Výsledkem je bezrozměrné číslo, které udává, že velikost slapových sil Slunce je 46 % velikosti slapových sil Měsíce.

Slapové síly pocházející od Měsíce a od Slunce se navzájem ovlivňují. Někdy dochází k jejich vzájemnému vyrušení, někdy se navzájem posilují. K posilování dochází vždy, když je Měsíc v úplňku a v novu. V těchto pozicích působí slapy vyvolané Měsícem a Sluncem na stejné přímce. Na pobřeží tedy můžeme pozorovat velice vysoký pří-

liv (*skočný*). V případě, že je Měsíc v první nebo ve třetí čtvrti, slapy od Měsíce působí na přímce kolmé k přímce, na které působí slapy od Slunce. V tomto případě se oba vlivy odečtou a na pobřeží můžeme pozorovat příliv nízký.

Příliv a odliv nelze pozorovat na každém pobřeží. Výška vzedmutí hladiny výrazně závisí na charakteru pobřeží a na tvaru mořského dna v jeho blízkosti. Ve francouzské Normandii je rozdíl hladin až 12,5 metru. Nachází se zde několik ostrůvků (Fort National, Le Grand Bé, Le Petit Bé) na které se může člověk dostat suchou nohou právě při maximálním odlivu. Ostrov Le Petit Bé je na obrázcích dole.



Obrázek 9.143: Ostrov Le Petit Bé za odlivu, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.144: Ostrov Le Petit Bé za přílivu, Zdroj: Wikipedie

Největší rozdíl hladin byl zaznamenán v zálivu Fundy u Nového Skotska v Severní Americe. Tento rozdíl činil 19 metrů. Záliv Fundy v přílivu a odlivu můžete vidět na následujících obrázcích. Nejedná se však o nejvyšší rozpětí hladin.



Obrázek 9.145: Záliv Fundy za odlivu,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.146: Záliv Fundy za přílivu,

Zdroj: Wikipedie

Díky charakteru pobřeží nemusí nejvyšší příliv nastat ve chvíli, kdy je Měsíc v nadhlavníku (*zenitu*). Masa vody, která je při přílivy přemísťována, je zpoždována třením. Může také narazit na překážku a zpozdit se. Aktuální fáze hladiny může být různá i pro přístavy, které jsou poměrně blízko sebe. Tomu se pochopitelně musí přizpůsobit lodní doprava.

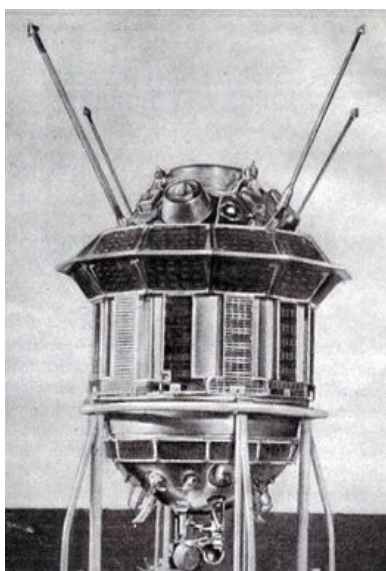
Slapovými silami na sebe mohou pochopitelně působit všechna tělesa, která se pohybují ve velké blízkosti. Pomocí slapových sil jsou zahřívány některé měsíce obřích planet (například měsíc Io, který vykazuje silnou vulkanickou činnost) a dokonce i planeta Merkur (která si díky tomu udržuje poměrně silné magnetické pole). Vždy však platí že se tato tělesa musí nacházet v těsné blízkosti mnohem hmotnějšího tělesa. Na Zemi mají tedy pozorovatelný vliv pouze Měsíc a Slunce.

9.9.17 Výzkum Měsíce

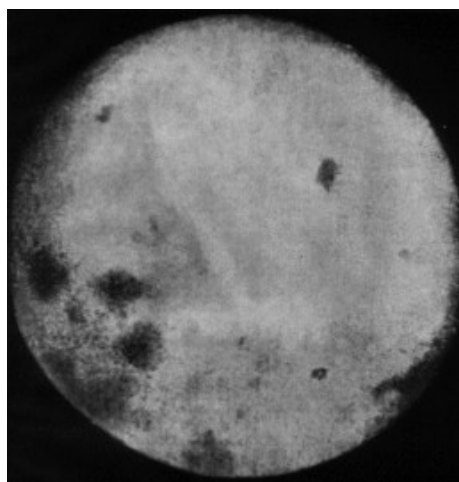
Měsíc je po Slunci nejvýraznější kosmické těleso, které můžeme pozorovat, pouhým okem na něm můžeme pozorovat mnoho útvarů. Již v 16. století vyslovil Leonardo da Vinci hypotézu, že Měsíc je hmotné těleso, těžší než vzduch. Na počátku 17. století Galileo Galilei objevil svým dalekohledem krátery na měsíčním povrchu. Postupem času vznikají první mapy povrchu.

První novodobé pokusy dobýt Měsíc začínají na konci 50. let dvacátého století. V prestižním závodu Sovětského svazu a Spojených států amerických o dobývání vesmíru byl Měsíc, jako nejbližší kosmické těleso, brzy chápán jako cíl všeho snažení. V počátcích kosmického závodu získávali úspěchy spíše Sověti. Vyslali první umělou družici Země (Sputnik) i prvního kosmonauta (Jurij Gagarin). Američané se tedy po počátečních neúspěších rozhodli vyslat člověka na Měsíc. V následujících odstavcích se budeme zabývat nejdůležitějšími sondami, které zkoumaly Měsíc. Jejich kompletní výčet je možné získat například na stránkách [Databáze kosmických sond](#).

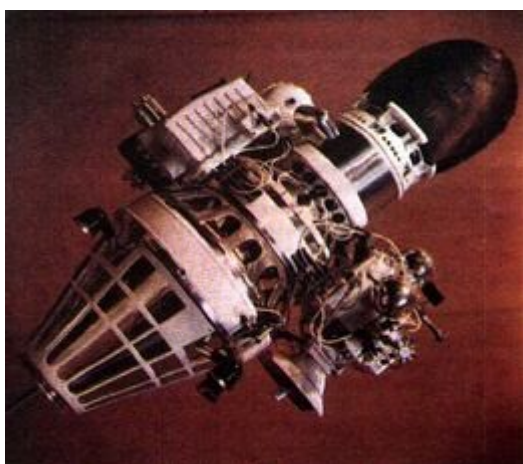
Ale i na Měsíci dosáhli prvních úspěchů Sověti, když 4. 10. 1959 jejich sonda **Luna 3** jako první vyfotografovala odvrácenou stranu Měsíce.



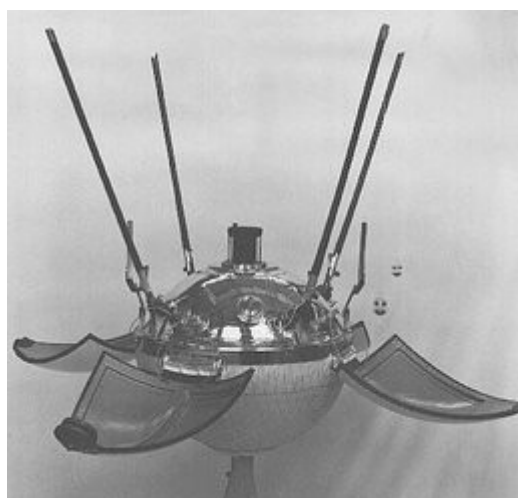
Obrázek 9.147: Sovětská sonda Luna 3,
Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.148: Fotografie
odvrácené strany Měsíce ze sondy
Luna 3 (317 kB), Zdroj: Wikipedia



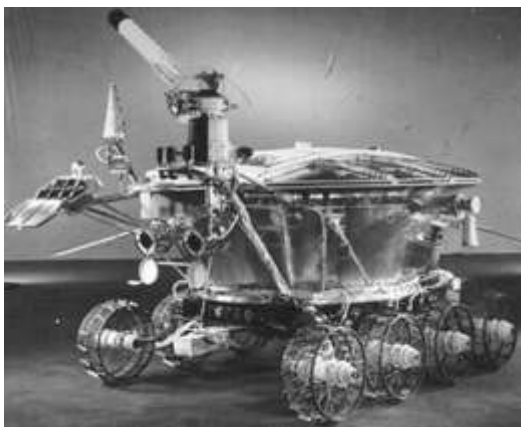
*Obrázek 9.149: Luna 9,
Zdroj: Wikipedie*



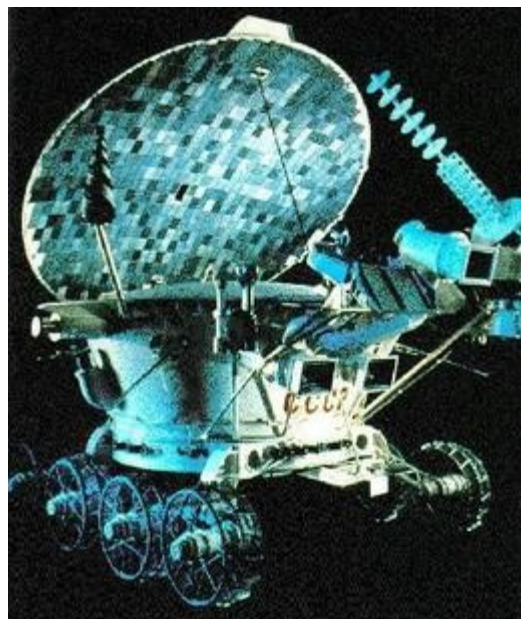
*Obrázek 9.150: Přistávací pouzdro
Luny 9, Zdroj: Wikipedie*

Další úspěšnou sondou programu Luna byla **Luna 9**, která jako první vypustila pouzdro, které 3. února 1966 měkce dosedlo na měsíční povrch, a poslala na Zem první snímky měsíčního povrchu.

Vůbec nejzajímavější byla ale mise sond **Luna 17** a **Luna 21**. Tyto sondy vysadily v letech 1970 a 1973 na povrchu Měsíce vozítka pojmenovaná **Lunochod 1** a **Lunochod 2**. Tato vozítka (ne nepodobná vozítkům Spirit a Opportunity, která dnes brázdí povrch Marsu) fungovala na Měsíci několik měsíčních dní (pozor, na Měsíci je jeden den roven 27 pozemským dnům). V případě Lunochodu 1 to bylo dokonce 11 dní. Ten po povrchu Měsíce ujel zhruba 10 kilometrů a vytvořil 20 000 obrázků televizní kamerou. Lunochod 2 byl v provozu sice jen 4 měsíční dny, ale po povrchu najezdil 37 kilometrů.



*Obrázek 9.151: Lunochod 1,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.152: Lunochod 2,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.153: Povrch Měsíce se
stopami Lunochodu 1, Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.154: Model Lunochodu 2
Velké rozlišení 0,8 MB,
Zdroj: www.raumfahrt-ausstellung.de*

Cvičení:

Zkus se zamyslet nad tím, jak byly sondy Lunochod řízeny. V sedmdesátých letech neexistovala počítačová technika, která automaticky vypočítává nejvýhodnější trasu sondy na Marsu.

Výsledek:

U sond Lunochod nebylo zapotřebí, aby byly řízeny automaticky. Měsíc se nachází pouze jednu světelnou vteřinu od Země, takže je možné sondy řídit v reálném čase. Na Marsu je ale zpoždění signálu v desítkách minut. Tam je zapotřebí již automatické řízení sond.

9.9.18 Program Apollo

Americká snaha o výzkum Měsíce byla po dlouhou dobu méně úspěšná než ta sovětská. Proto 25. května 1961 vyhlásil tehdejší americký prezident **John Fitzgerald Kennedy** program Apollo. Jeho cílem bylo do konce desetiletí dopravit bezpečně člověka na Měsíc a zpět. Nejznámější část projevu zněla v originálu: „...*I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the Moon and returning him safely to the Earth. No single space project in this period will be more impressive to mankind, or more important in the long-range exploration of space; and none will be so difficult or expensive to accomplish...*“

Nejprve ale bylo třeba připravit cestu pro budoucí přistání člověka na Měsíci. Byly tedy navrhнутy sondy **Surveyor**. Těchto sond bylo celkem sedm a kromě druhé, která při přistání havarovala, všechny ostatní v letech 1966 – 1968 úspěšně přistály na povrchu Měsíce. Sondu Surveyor 3 dokonce v roce 1969 našla posádka Apolla 12 a dopravila část sondy zpět na Zemi.



Obrázek 9.155:  *Surveyor 3 Velké rozlišení 0,5 MB, Zdroj: Wikipedie*



Obrázek 9.156:  *Astronaut u sondy Surveyor 3 Velké rozlišení 4,8 MB, Zdroj: Wikipedie*

Pro tak náročnou cestu bylo třeba vytvořit kompletně novou techniku. Prvním krokem byla konstrukce rakety, která by byla schopna vše potřebné vynést na oběžnou dráhu. Tou raketou se stal **Saturn V**. Jejím konstruktérem byl **Wernher von Braun**. Tento německý konstruktér raket V2 se na sklonku druhé světové války vzdal spojencům. Ti tohoto nejvýznamnějšího konstruktéra raketových motorů přesunuli do Ameriky a zapojili do svých budoucích výzkumů. Raketa **Saturn V**, kterou von Braun postavil, měla celkovou výšku 111 metrů a největší průměr 10 metrů. Raketa byla třístupňová. Každý stupeň se po vyčerpání paliva oddělil a shořel v atmosféře. První stupeň měl osm motorů, které spalovaly tekutý kyslík a letecký petrolej. V ostatních stupních byl jako palivo použit tekutý vodík a tekutý kyslík jako okysličovadlo. Tato raketa byla schopna na oběžnou dráhu Země dopravit 118 000 kilogramů užitečného nákladu. Více se o této raketě dozvíte například [zde](#).



*Obrázek 9.157: Raketa Saturn V,
Zdroj: Wikipedie*

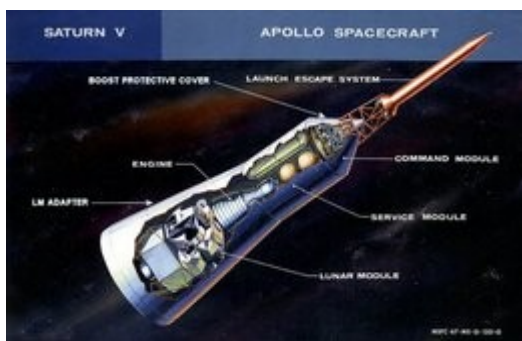


*Obrázek 9.158: Saturn V a její konstruktér
Wernher von Braun*

 Velké rozlišení 1,0 MB,

Zdroj: Wikipedie

Dalším krokem bylo navržení a vyrobení kosmické lodě a přistávacího modulu. Tato loď se jmenovala **Apollo** a byla složená se tří částí. velitelského modulu (Command Module – CM), servisního modulu (Service Module – SM) a lunárního modulu (Lunar Module – LM). Lunární modul se dále skládal ze sestupné a vzestupné části. Na špičce velitelského modulu se nacházel únikový systém, který měl v případě problémů vynést velitelskou část, ve které byli umístěni všichni astronauté, do bezpečí. Naštěstí nebyla během žádné mise na Měsíc zapotřebí. Fotografie z testu záchranného systému můžete vidět dole. Celá kosmická loď **Apollo** byla umístěna na špičce rakety **Saturn V**. Po dosažení oběžné dráhy se odhodily kryty, které chránily lunární modul, velitelská a servisní část se otočily a spojily se s lunárním modulem. V této konfiguraci se vydala posádka na cestu k Měsíci.



Obrázek 9.159: Kosmická loď Apollo,
Zdroj: Wikipedie

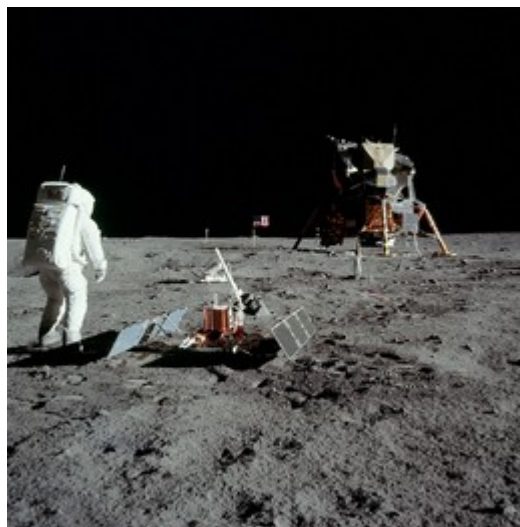


Obrázek 9.160: Únikový systém při
testu, Zdroj: Wikipedie

Po přiletu k Měsíci se dvojice astronautů přesunula do lunárního modulu. Třetí astronaut měl velice nevděčnou roli a musel zůstat ve velitelském modulu. Na povrch Měsíce se nikdy nedostal. Došlo k oddělení obou částí (lunárního modulu od velitelského a servisního) a lunární modul přistál na Měsíci. Astronauté měli v tuto chvíli několik hodin na průzkum Měsíce. S pozdějšími misemi se jejich čas prodlužoval a poslední tři mise měly dokonce ve výbavě i lunární vozítko (Lunar Rover), které značně rozšířilo jejich pohyblivost.



Obrázek 9.161: Lunární modul na Měsíci, Zdroj: Wikipedie



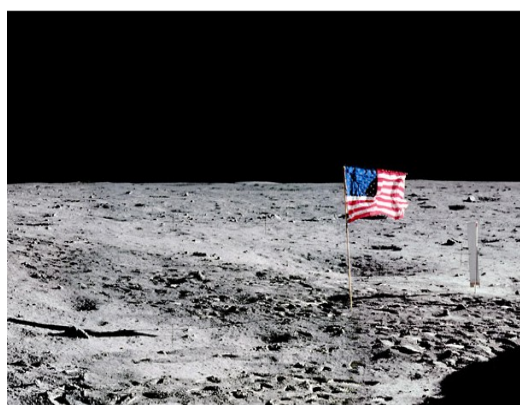
Obrázek 9.162: Astronaut instaluje měřicí přístroje, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.163: Buzz Aldrin stojí před vlajkou

 *Velké rozlišení 1,2MB*

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.164: Panorama místa přistání Apolla 11, Zdroj: Wikipedie

Pro odlet z Měsíce byla použita vzestupná část lunárního modulu. Spodní zlatá část, kterou můžete vidět na předchozích obrázcích (sestupná část), byla na Měsíci zanechána. Bylo to pro snížení hmotnosti, kterou bylo třeba dopravit zpět na oběžnou dráhu Měsíce. Po spojení vzestupné části lunárního modulu se servisní a velitelskou částí Apolla se astronauté přemístili do velitelské části. Zbytek lunárního modulu byl odpojen a za-

nechán na oběžné trajektorii Měsíce. Protože byla tato trajektorie nestabilní, po několika obězích vzestupná část lunárního modulu dopadla na povrch Měsíce. Servisní a velitelský modul se vydaly zpět k Zemi. Po přiletu byl odpojen i servisní modul, který shořel v zemské atmosféře.

Jedinou částí celé 111 metrů vysoké rakety Saturn V a lodi Apollo, která se vrátila zpět na Zem, byl tedy velitelský modul. V něm se nacházeli všichni tři astronauté a všechny vzorky hornin, které nasbírali na povrchu Měsíce. Pro návrat na Zem bylo zvoleno mokré přistání (splashdown). Na trojici padáků se velitelský modul snesl do Tichého oceánu, odkud byl vyloven americkým námořnictvem.



Obrázek 9.165: Splashdown, Zdroj: Wikipedie

Cvičení:

Proč je velitelský modul společně se servisním aerodynamický, zatímco lunární modul ne?

Výsledek:

Velitelský a servisní modul jsou aerodynamické protože jsou na špičce rakety Saturn V po celou dobu letu atmosférou. Lunární modul nepotřebuje aerodynamický tvar proto, protože je odhalen až nad zemskou atmosférou a po celou svou cestu se s žádnou atmosférou, kvůli které by musel mít speciální tvar, nesetká. Jeho tvar je proto ryze účelný.

9.9.19 Přistání na Měsíci

V následující tabulce můžete vidět seznam všech pilotovaných letů Apollo včetně jejich významu.

<i>Jméno</i>	<i>Datum startu</i>	<i>Význam</i>
Apollo 7	11. října 1968	První let Apolla a rakety Saturn IB s posádkou.
Apollo 8	21. prosince 1968	První oblet Měsíce a použití rakety Saturn V s posádkou.
Apollo 9	3. března 1969	První let lunárního modulu s posádkou.
Apollo 10	18. května 1969	První oblet Měsíce lunárním modulem s posádkou.
Apollo 11	16. července 1969	První přistání lidí na Měsíci – 20. července.
Apollo 12	14. listopadu 1969	
Apollo 13	11. dubna 1970	Zásobník kyslíku explodoval během cesty, přistání bylo zrušeno
Apollo 14	31. ledna 1971	
Apollo 15	26. července 1971	První mise s měsíčním vozítkem.
Apollo 16	16. dubna 1972	První přistání na měsíční vrchovině.
Apollo 17	7. prosince 1972	Poslední let Apolla k Měsíci, první noční start, jediná mise s profesionálním geologem

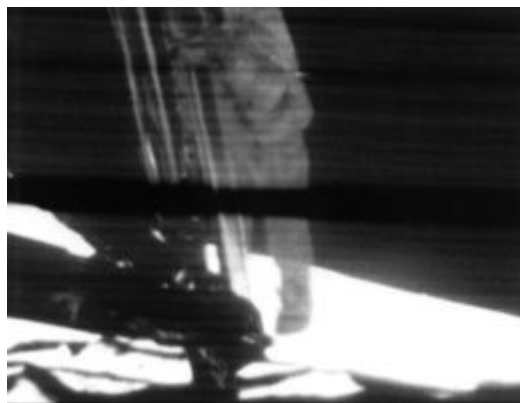
Tabulka 9.8: Lety kosmických lodí Apollo

9.9.19.1 Apollo 11

Jak si můžete spočítat z předchozí tabulky, na Měsíci přistálo celkem 6 misí Apolla. První z nich bylo **Apollo 11**, které přistálo 20. července 1969. Velitelem lodi byl **Neil Armstrong**, pilotem velitelského modulu **Michael Collins** a pilotem lunárního modulu **Buzz Aldrin**. Michael Collins se jako pilot velitelského modulu na povrch Měsíce nedostal. Na dalším obrázku jsou všichni tři astronauté a první krok Neila Armstronga na Měsíci.



Obrázek 9.166: Armstrong, Collins, Aldrin, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.167: První krok Neila Armstronga na Měsíci, Zdroj: Wikipedia

9.9.19.2 Apollo 13

Apollo 13 odstartovalo 11. dubna 1970. Jeho posádku tvořili **Jim Lovell**, **John Swigert** a **Fred Haise**. Bylo to jediné Apollo, u kterého nastaly tak vážné problémy, že bylo nutno zrušit plánované přistání na Měsíci. 56 minut po startu dostali astronauté rozkaz promíchat nádrže tekutým kyslíkem. Vinou špatného termostatu a elektrického zkratu došlo k výbuchu, který silně poškodil servisní modul. Astronauté přišli o většinu elektrické energie a kyslík. Okamžitě po zhodnocení poškození bylo přistání na Měsíci zrušeno a vypracován plán na návrat na Zem. Astronauté se přesunuli do lunárního modulu, který závadou nebyl postížen. Po obletu Měsíce se nakonec podařilo všechny tři astronauty dopravit bezpečně na Zem. Po oddělení velitelského a servisního modulu byl astronauty z velitelského modulu pořízen snímek poškozeného servisního modulu. Ten můžete vidět dole vpravo a můžete tak zhodnotit rozsah poškození. Události tohoto letu jsou dramatizovány ve slavném filmu ☐ **Apollo 13**. Více o průběhu letu se dozvíte na stránkách ☐ **wikipedie** nebo ☐ **Malé encyklopedie kosmonautiky**.



Obrázek 9.168: Lovell, Swigert a Haise,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.169: Poškozená servisní
sekte, Zdroj: Wikipedie

9.9.19.3 Apollo 15

Součástí **Apollo 15** bylo poprvé i lunární vozítko (Lunar Rover). Toto vozítko sloužilo k rychlejšímu cestování astronautů. Astronautům se tak značně rozšířil okruh, ze kterého mohli odebírat vzorky. V následující tabulce je vypsána vzdálenost, kterou se s jednotlivými vozítky podařilo najet. Všechny výlety byly pochopitelně plánovány tak, aby v případě jakýchkoliv potíží (například závada na vozítku) byli astronauté schopni dojít zpět k lunárnímu modulu pěšky.

<i>Mise</i>	<i>Dráha</i>	<i>Čas</i>	<i>Nejdelší výlet</i>	<i>Max. vzdálenost</i>
Apollo 15	27,76 km	3h 02 m	12,47 km	5,0 km
Apollo 16	26,55 km	3h 26 m	11,59 km	4,5 km
Apollo 17	35,89 km	4h 26 m	20,12 km	7,6 km

Tabulka 9.9: Jízdy lunárních vozítek

Lunární rover bylo jednoduché vozítko se dvojicí sedaček. Můžete ho vidět na dalším obrázku. Pro transport bylo toto vozítko složeno a uloženo v sestupné části lunárního modulu. Astronauté ho tedy museli na povrchu Měsíce složit.



Obrázek 9.170: Lunární vozítko,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.171: Lunární rover,

Zdroj: YouTube

Na videu můžete vidět lunární vozítko v akci. Pro přehrání stačí kliknout na tlačítko Play. Přehrávání začne v prohlížeči. Všimněte si prachu, který odlétává od kol lunárního vozítka. Na Zemi by se za vozítkem tvořila oblaka prachu. Na Měsíci, kde není atmosféra, tomu tak není. Každá prachová částice se pohybuje po balistické dráze, která je ovlivňována pouze gravitací, a brzy dosedne zpět na povrch Měsíce.

Cvičení:

Proč všechny pilotované i automatické mise na Měsíc přistávaly na přivrácené straně?

Výsledek:

Bylo to z důvodu snadné komunikace se Zemí. Žádný radiový signál z odvrácené strany Měsíce by se na Zem nedostal. Bylo by třeba vytvořit soustavu umělých družic Měsíce, které by tento signál přeměrovali na Zem.

V následující tabulce je množství vzorků hornin, které byly jednotlivými misemi dopraveny na Zem. Můžete vidět, že každá další mise přivezla více vzorků než předchozí. Jedinou misí, které se účastnil profesionální geolog, byla **Apollo 17**. Všichni ostatní astronauté byli piloty amerického letectva. Na Zemi jsou ovšem k dispozici i jiné vzorky měsíčních hornin. Některé sovětské sondy **Luna** automaticky odebraly vzorky půdy a v návratovém pouzdru je poslal, na Zem.

<i>Jméno</i>	<i>Množství vzorků</i>
Apollo 11	22 kg
Apollo 12	34 kg
Apollo 14	43 kg
Apollo 15	77 kg
Apollo 16	95 kg
Apollo 17	111 kg
Celkem	382 kg

Tabulka 9.10: Vzorky měsíčních hornin získané astronauty Apollo

9.10 Mars

9.10.1 Mars

Mars je čtvrtou planetou sluneční soustavy. Je pojmenován podle římského boha války **Marta** (1. pád Mars). Řecké jméno je **Áres**. Pojmenování po bohu války je pravděpodobně zapříčiněno načervenalou barvou této planety, která byla přirovnávána k barvě krve. Další starověká jména této planety jsou odvozená od babylónského boha moru Nergala, staroegyptského boha nebes Hora nebo hindského Mangala.



Obrázek 9.172: Martova socha,

Zdroj: Wikipedie

Mars má poloviční průměr než Země. Slunce oběhne přibližně jednou za dva roky a den na Marsu trvá jen o 37 minut déle než na Zemi. Protože je Mars po Venuši nejbližší planetou, stojí v popředí zájmu planetárního výzkumu. Na Marsu se v minulosti nacházelo velké množství tekoucí vody, která však v minulosti zmrzla nebo opustila planetu. O Marsu je dále uvažováno jako o první planetě, na které přistane lidská posádka a založí zde základnu. Na dalších obrázcích můžete vidět Mars z pohledu **Hubblova kosmického dalekohledu** a sondy **Viking**.



Obrázek 9.173: Pohled na Mars
z Hubblova kosmického dalekohledu,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.174: Valles Marineris
z pohledu sondy Viking,
Zdroj: msss.com

9.10.2 Povrch Marsu

Povrch Marsu můžeme rozdělit na dvě části. Severní polokoule je poměrně rovná, tvořená nížinami. Jižní polokoule je naproti tomu tvořená vrchovinami a její průměrná výška je vyšší. Nachází se na ní také mnohem více kráterů než na severní části. I když má Mars poloviční poloměr než Země, nachází se na jeho povrchu útvary, které jsou mnohem větší než na Zemi. Na Marsu se nachází **Olympus Mons**. Je to největší sopka sluneční soustavy, která má výšku 21 kilometrů. Dále se zde nachází systém kaňonů **Valles Marineris**.

9.10.2.1 Valles Marineris

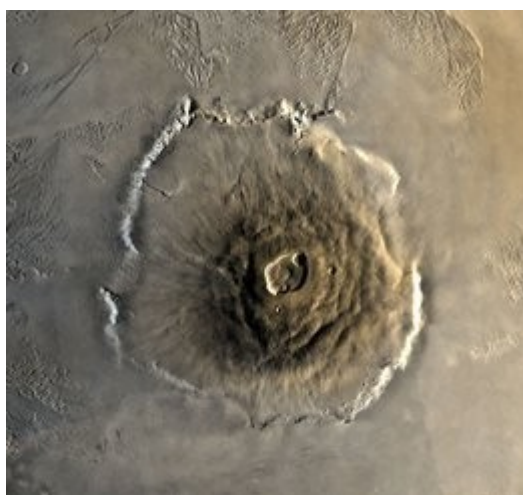
Systém kaňonů Valles Marineris se nachází v blízkosti rovníku. Na délku měří tento systém přes 4 000 kilometrů. Hloubka je 5–6 kilometrů a průměrná šířka je 100 kilometrů. Největší šířka je 400–600 kilometrů. Největší podobný pozemský útvar, Grand Canyon v Coloradu, je pouze 800 kilometrů dlouhý a 1,6 kilometru hluboký. Valles Marineris byl objeven sondou **Mariner 9** v roce 1971 a podle ní dostal své jméno. Nachází se na dalším obrázku.



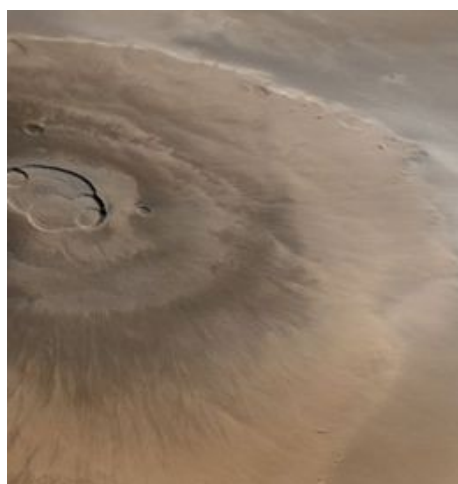
*Obrázek 9.175: Valles Marineris
z pohledu sondy Viking,
Zdroj: msss.com*

9.10.2.2 Olympus Mons

Olympus Mons je největší sopkou sluneční soustavy. Jméno ***Olympus Mons*** v latině znamená ***Hora Olymp***. Její výška dosahuje 21 kilometrů a průměr základny 600 kilometrů. Jako štítová sopka vznikla při vyvrhování lávy. Protože byla tato sopka aktivní po velice dlouhou dobu, mohla narůst až do dnešní velikosti.



*Obrázek 9.176: Celkový pohled na
Olympus Mons, Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.177: Detail vrcholu
Olympus Mons,
Zdroj: Wikipedie*

Nachází se v oblasti **Tharsis** ve které se nachází další tři „menší“ sopky **Ascraeus Mons**, **Pavonis Mons** a **Arsia Mons**. Tyto tři sopky mají výšku 14–18 kilometrů.



Obrázek 9.178: Oblast Tharsis

 Velké rozlišení 1,8 MB,

Zdroj: Wikipedie

9.10.2.3 Poznámka:

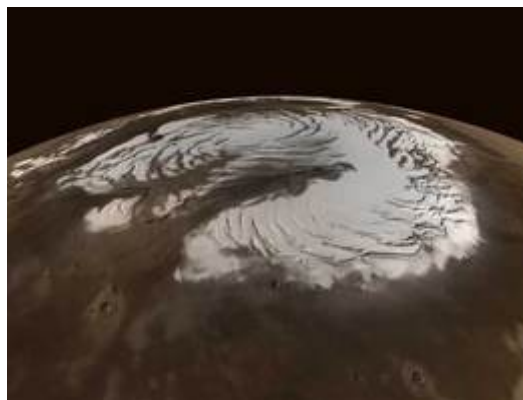
Na Zemi se výška hor určuje podle nadmořské výšky. Na Marsu se žádné moře nenachází, přesto se často mluví o nadmořské výšce i v případě Marsu. Umělá mořská hladina byla na Marsu vytvořena jako průměrný gravitační povrch. Opírá se o tlak vzduchu. Nulová hladina byla určena tam, kde je tlak vzduchu 610,5 Pa. Proto se na povrchu Marsu nacházejí často i objekty se zápornou nadmořskou výškou.

9.10.2.4 Polární čepičky

Polární čepičky jsou na Marsu tvořeny vodním ledem, ale také suchým ledem (zmrzlý CO_2). Polární čepičky nejsou stálé, jako v případě Země, ale během roku se výrazně proměňují. Největší jsou v zimě, kdy 25–30 % atmosférického oxidu uhličitého na pólech zmrzne a tyto čepičky narostou. V létě se polární čepičky zmenšují, protože suchý led sublimuje na plyn. Polární čepičky jsou malými dalekohledy dobře pozorovatelné i ze Země. Na obrázcích můžete vidět celkový pohled na Mars z **Hubbleova kosmického dalekohledu** a ze sondy **Mars Global Surveyor**.



*Obrázek 9.179: Pohled na Mars
z Hubbleova kosmického dalekohledu,
Zdroj: Wikipedie*

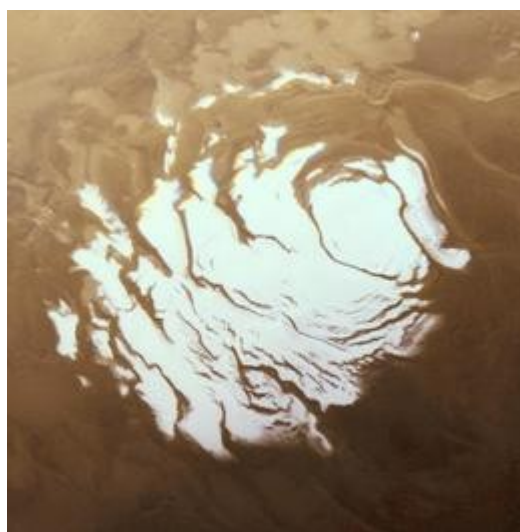


*Obrázek 9.180: Severní polární
čepička, Zdroj: Wikipedie*

Severní polární čepička se z větší části skládá ze zmrzlé vody. Menší část zde tvoří zmrzlý oxid uhličitý. Narozdíl od ní, se jižní polární čepička skládá téměř zcela ze zmrzlého oxidu uhličitého. Na dalších obrázcích můžete vidět jak tyto polární čepičky vypadají.



*Obrázek 9.181: Severní polární čepička
- Viking, Zdroj: astro.pef.zcu.cz*



*Obrázek 9.182: Jižní polární čepička -
Viking, Zdroj: astro.pef.zcu.cz*

Během roku mění polární čepičky výrazně svoji velikost. Zatímco v zimě jsou jasně patrné, v létě téměř zmizí. Na dalším obrázku je vidět srovnání velikosti severní polární čepičky během jednoho marsovského roku. Všechny obrázky jsou zaznamenány pomocí **Hubblova kosmického dalekohledu**.



*Obrázek 9.183: Změna rozsahu polární čepičky během roku,
Zdroj: hubblesite.org*

9.10.2.5 Albedové oblasti

Při pozorování ze Země má Mars charakteristickou načervenalou barvu. Ta je dána velkým obsahem oxidů železa, které jsou součástí Marsova povrchu. Teprve menšími dalekohledy je možné na Marsu pozorovat detaily. Ze Země sice není možné pozorovat jednotlivé povrchové útvary, ale je možné pozorovat změny jasnosti a barvy určitých oblastí. Tyto oblasti se nazývají **albedové oblasti** (albedo = odrazivost). Albedové oblasti se tedy liší množstvím odraženého světla. Mezi albedové oblasti se počítají i **polární čepičky**, jejichž odrazivost je nejvyšší. Tyto oblasti jsou pozorovány i malými dalekohledy. Pozorovat je ale může i **Hubblův kosmický dalekohled**.



*Obrázek 9.184: Pohled na Mars
z Hubblova kosmického dalekohledu,
Zdroj: Wikipedie*

Úkol:

Albedo je veličina, která nabývá hodnot mezi 0 a 1. Udává, jaká část světla je odražena. Vyjádři následující hodnoty v procentech:

$$a = 0,85$$

$$a = 0,23$$

$$a = 0,6$$

Jestliže je albedo $a = 0,32$, kolik procent světla je absorbováno?

Výsledek:

$$a = 85 \%$$

$$a = 23 \%$$

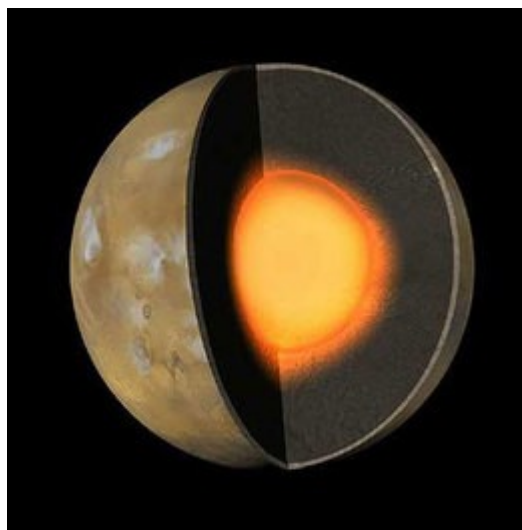
$$a = 60 \%$$

Absorbováno je $100 - 32 = 68 \%$ dopadajícího světla.

9.10.3 Areografie

Areografie je vědní disciplína, která se zabývá popisování povrchu Marsu. Slovo vzniká stejně jako slovo geografie. V případě Země se používá předpona geo–, v případě Marsu pak předpona areo–, která má původ v řeckém jménu boha Marta. Podobně se může tento pojem tvořit i pro ostatní planety a měsíce.

Poznávání nitra jiných planet je v současnosti možné pouze pomocí teoretických modelů. Ty používají známé hodnoty hmotnosti, poloměru a momentu setrvačnosti k tomu, aby navrhly rozložení hmotnosti uvnitř planety. Dále je pak možné ze znalosti poměrů panujících při vzniku planety určit průměrné zastoupení prvků, které planetu tvoří. Kombinací těchto postupů je možné vytvořit alespoň přibližný model nitra cizí planety. Vnitřní složení Marsu můžete vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 9.185: Vnitřní složení Marsu,

Zdroj: NASA

Kůra Marsu je poměrně různorodá. Její tloušťka kolísá mezi 10 a 100 kilometry. Na severní polokouli je kůra mnohem tenčí než na polokouli jižní. Nejsilnější je kůra v oblasti **Tharsis**, kde se nacházejí velké sopky včetně největší sopky **Olympus Mons**. Měření tloušťky martěanské kůry bylo provedeno pomocí sond, které dovedou velice přesně měřit svoji polohu. Je tak možné odhalit drobné gravitační anomálie, které souvisí s mocností planetární kůry.

Na Marsu neexistuje nic, co by připomínalo deskovou tektoniku tak, jak ji známe ze Země. To se vysvětluje velkou tloušťkou marsovské kůry, která nepopraskala tak, jako na Zemi.

Plášť je silný 1 000–2 000 kilometrů. Velikost **jádra** není přesně známá. Pokud je složené ze stejných materiálů jako zemské, byl by jeho průměr 1 250 kilometrů. Pokud by se skládalo z lehčích látek (například příměsí síry), byl by jeho průměr kolem 2 000 kilometrů.

9.10.3.1 Magnetosféra

Mars v současnosti nemá žádnou magnetosféru. Je to způsobeno rychlým vychladnutím jeho jádra. V minulosti magnetosféru měl. Její přítomnost odhalila sonda **Mars Global Surveyor**, když detekovala magnetismus povrchových vrstev, které byly v minulosti zmagnetovány.

9.10.4 Marsovská atmosféra

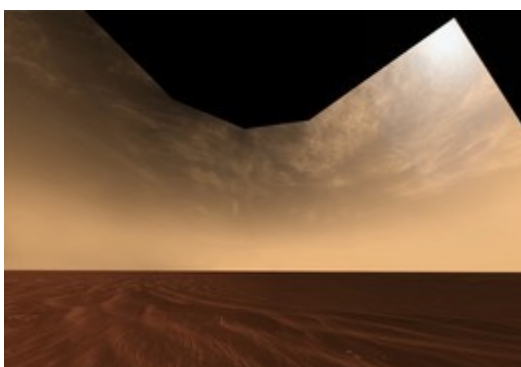
Oproti Zemi je atmosféra Marsu velice řídká. Tlak na povrchu planety se pohybuje mezi 600 a 1 000 Pa. Tyto hodnoty odpovídají tlakům panujícím na Zemi ve výškách kolem 30 kilometrů. I přes to ale na Marsu dochází k sezónním změnám počasí. Složení atmosféry je zapsáno v následující tabulce.

<i>Plyn</i>	<i>Zastoupení</i>
Oxid uhličitý	95,32 %
Dusík	2,7 %
Argon	1,6 %
Kyslík	0,13 %
Oxid uhelnatý	0,07 %
Vodní pára	0,03 %
Oxid dusnatý	0,013 %

Tabulka 9.11: Složení atmosféry Marsu

9.10.4.1 Oblačnost

I přes to, že atmosféra je na Marsu velice tenká, můžeme zde ojediněle pozorovat i oblačnost. Ta vzniká ve výškách kolem 15 kilometrů (někdy ale podstatně výše). Je tvořená krystalky zmrzlého CO₂. Kromě této vysoké oblačnosti se v rovníkových oblastech tvoří nízká oblačnost, tzv. ranní mlhy, která je tvořená vodní párou. Na obrázcích můžete vidět, jak oblačnost zaznamenala sonda **Opportunity**.



Obrázek 9.186: Oblačnost –
Opportunity, Zdroj: *apod.nasa.gov*



Obrázek 9.187: Oblačnost –
Opportunity, Zdroj: *space.com*

Cvičení:

Na Zemi je obloha modrá, protože je modrá část slunečního spektra nejvíce rozptylována v atmosféře. Tento princip funguje obecně ve všech atmosférách. Proč ale na předchozím barevném obrázku vidíš, že marsovská obloha je červená?

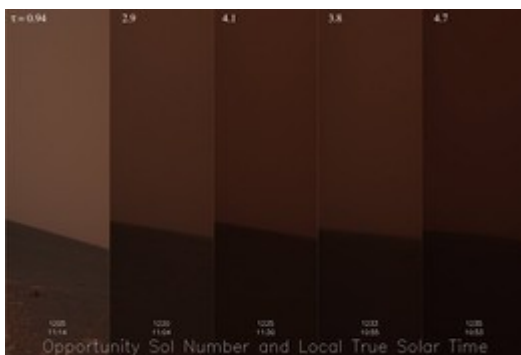
Výsledek:

V marsovské atmosféře je rozptýleno velké množství prachu, které jí dává načervenalou barvu.

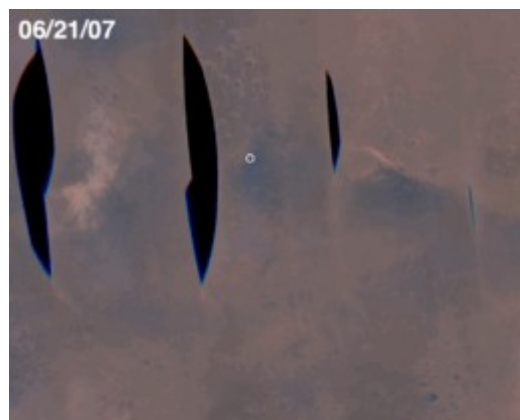
9.10.4.2 Prachové bouře

Prachová bouře vzniká, když silné atmosférické proudění zvedne do atmosféry prachové částičky nebo písek. Na Zemi vznikají prachové bouře především v pouštních oblastech, kde je velké množství písku, který není vázán vegetací. Pouští je pokryta

většina povrchu Marsu, takže vznik písečných pouští je na Marsu častější. Na dalším obrázku můžete vidět, jak jednu takovou prachovou bouři přecházelo vozítko **Opportunity**. Na jednotlivých obrázcích je vidět změna množství světla v oblasti.



Obrázek 9.188: Prachová bouře
z pohledu vozítka Opportunity,
Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.189: Animace prachové
bouře - MRO (2,7 MB), Zdroj: NASA

Prachové bouře na Marsu mají tu zvláštnost, že občas pokryjí celou planetu. Pokud prachová bouře naroste do takových rozměrů, je možné ji pozorovat i ze Země. Na povrchu Marsu totiž nejsou vidět obvyklé **albedové oblasti**. Místo nich má celý Mars stejnou barvu. Jednu takovou prachovou bouři zachytil **Hubblův kosmický dalekohled** i **Mars Global Surveyor**.



Obrázek 9.190: Globální prachová
bouře - HST Velké rozlišení 0,5 MB,
Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.191: Globální prachová
bouře - MGS Velké rozlišení 0,6 MB,
Zdroj: mars.jpl.nasa.gov

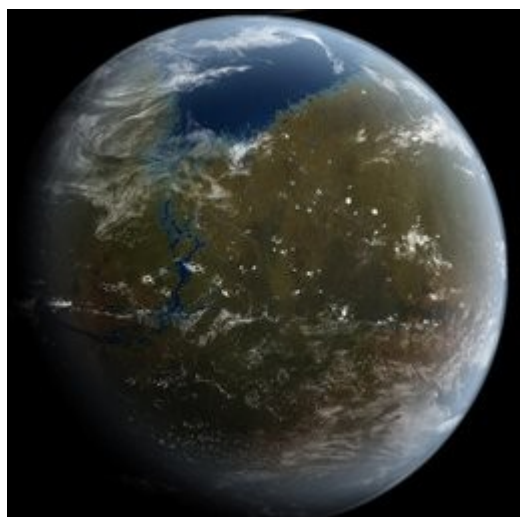
9.10.5 Voda na Marsu

Dávnou přítomnost vody na povrchu Marsu dokládají mnohé morfologické pozůstatky po její činnosti. Patří sem například říční koryta, sedimentační vrstvy či pozůstatky zaplavených oblastí. Sondy **Spirit** a **Opportunity** na povrchu Marsu našly minerály, které nemohou vzniknout jinak, než za přítomnosti tekoucí vody, což dále potvrzuje přítomnost tekuté vody. Vědci ale stále nejsou jednotní v názoru, jak Mars ve své minulosti vypadal. Podle některých vypadal po celou svou historii prakticky stejně jako v současnosti a tekoucí voda se na jeho povrchu objevovala spíše výjimečně. Většinou jako důsledek vulkanické činnosti, která rozpustila velké zásoby ledu a způsobila rozsáhlé záplavy.

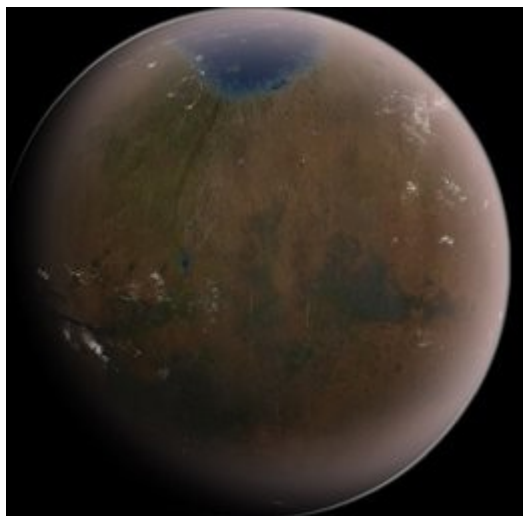
Další skupina vědců předpokládá, že na Marsu existoval v minulosti obrovský oceán. Vlivem ochlazování oceán zamrzl a vlivem snižování atmosférického tlaku, který se snižoval jak planeta ztrácela atmosféru, unikla část vody do meziplanetárního prostoru. Podle této teorie byl Mars asi před 3 miliardami let velice podobný Zemi. Měl relativně hustou atmosféru a na jeho povrchu se nacházel obrovský oceán. Tento oceán se nacházel na severní polokouli, kde se v současnosti nachází rozsáhlé nížiny. Na sérii obrázků můžete vidět, jak mohl Mars vypadat ve své historii.



Obrázek 9.192: Mars před 4 miliardami let, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.193: Mars před 3 miliardami let, Zdroj: Wikipedie



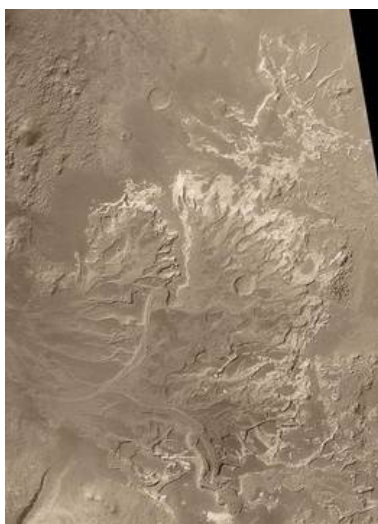
Obrázek 9.194: Mars před 2 miliardami
let, Zdroj: Wikipedie



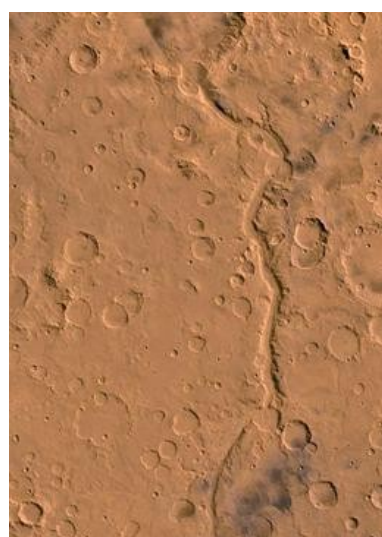
Obrázek 9.195: Mars v současnosti,
Zdroj: Wikipedie

9.10.5.1 Pozůstatky po činnosti vody

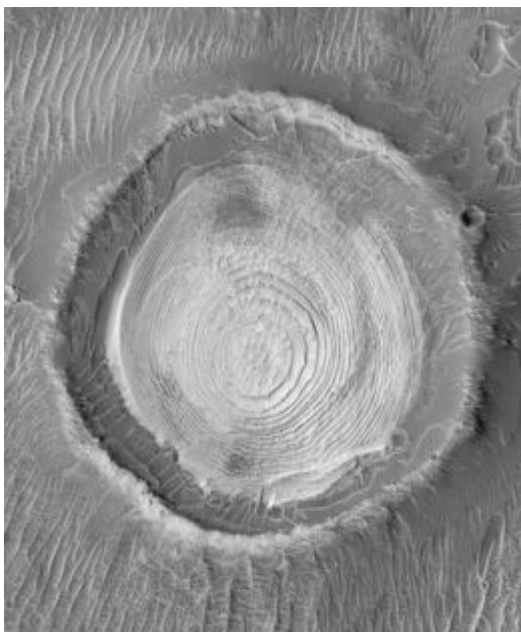
Dodnes je možné na povrchu Marsu nalézt pozůstatky po činnosti tekoucí vody. Na dalších obrázcích můžete vidět například říční deltu a říční koryto. V kráteru ***Schiaparelli*** se nachází sedimentární vrstvy, které vznikaly , když voda v tomto kráteru vysychala. Na posledním snímku je dobře patrný útvar, který si pravděpodobně vyhloubil výlev podzemní vody na vnitřní straně kráteru.



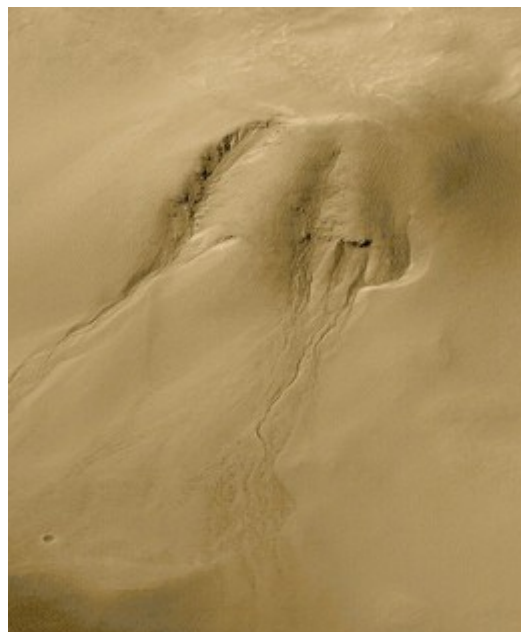
Obrázek 9.196: Říční delta,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.197: Koryto řeky,
Zdroj: Wikipedie



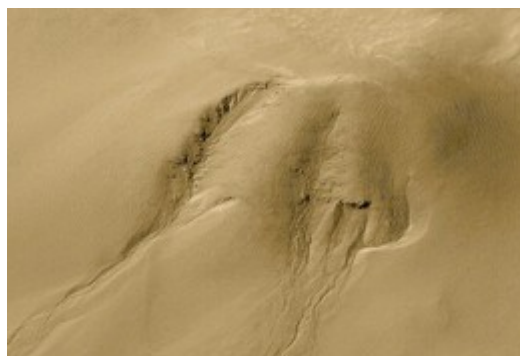
Obrázek 9.198: Sedimentární vrstvy
v kráteru Schiaparelli, Zdroj: NASA



Obrázek 9.199: Výlev podzemní vody
(0,4 MB), Zdroj: Wikipedie

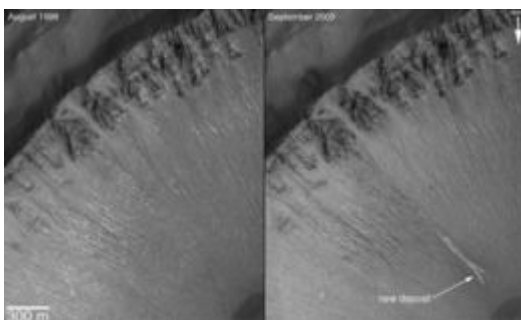
9.10.5.2 Tekoucí voda v současnosti

Podle některých pozorování je možné, že se na Marsu nachází tekoucí voda i v současnosti. Maximální letní teplota a atmosférický tlak na Marsu přesahuje hodnoty, při nichž může voda existovat v kapalném skupenství. Podzemní voda by pak mohla tát a stékat po vnitřních stěnách kráterů tak, jak se to zřejmě stalo v případě kráteru na obrázku.



Obrázek 9.200: Výlev podzemní vody
(0,4 MB), Zdroj: Wikipedie

V letech 1999 a 2005 vyfotografovala sonda **Mars Global Surveyor** stejnou oblast, kterou můžete vidět na následujícím obrázku. Na novějším snímku se objevilo něco, co vypadalo jako důsledek stékání vody po stěně kráteru. V současnosti není jasné, jaký jev byl příčinou odhalení světlejšího podloží, ale uvažuje se i o písku, který se vlivem gravitace svezl po stěně kráteru. Tento snímek (i s lehce odlehčeným důkazem přítomnosti vody na Marsu) si můžete prohlédnout níže.



Obrázek 9.201: Tekoucí voda?

 Velké rozlišení 1,7 MB, Zdroj: NASA



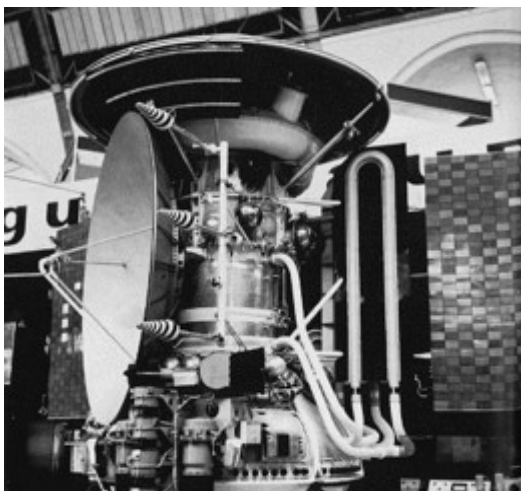
Obrázek 9.202: Voda na Marsu,

Zdroj: neuling.org

9.10.6 Výzkum Marsu

Mars je pro nás jednou z nejbližších planet a také jednou z nejzajímavějších. Díky své podobnosti se Zemí je uvažován jako další logický krok při přímém výzkumu vesmíru. Od počátku kosmických letů byl cílem velkého množství sond, které překračuje možnosti tohoto textu. Kompletní výčet všech sond, které navštívily Mars můžete najít na stránkách  **Databáze kosmických sond**. V následujícím textu jsou uvedeny pouze nejzajímavější a nejdůležitější sondy.

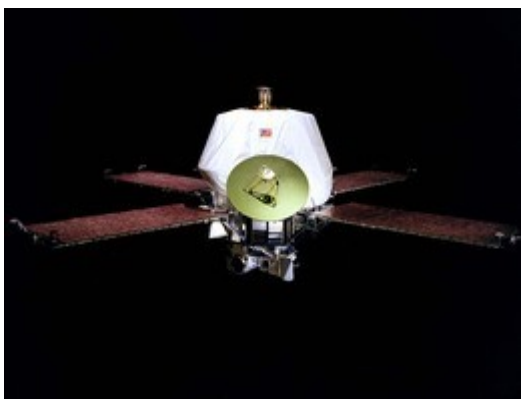
První pokusy o průlet okolo Marsu začali Sověti podnikat už v roce 1960. Většina sond jejich programu **Mars**, ale i amerického programu **Mariner**, byla v počátcích neúspěšná. V roce 1971 se podařilo sovětské sondě **Mars 3** měkce přistát na povrchu Marsu a 20 sekund vysílat data na Zemi. Ve stejném roce Marsu dosáhla americká sonda **Mariner 9**, jejíž orbitální snímky se staly základem všech pozdějších map povrchu.



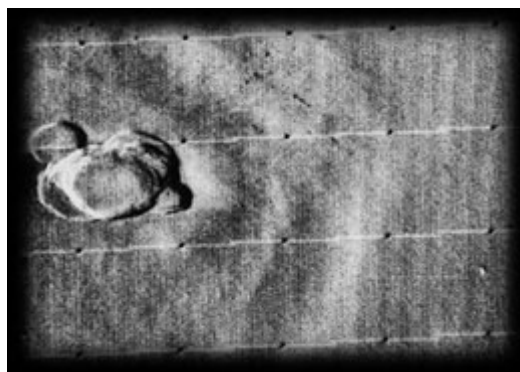
*Obrázek 9.203: Sovětská sonda Mars 3,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.204: Mars z pohledu sondy
Mars 3, Zdroj: strykfoto.org*



*Obrázek 9.205: Americká sonda
Mariner 9, Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.206: Detail Olympu Mons ze
sondy Mariner 9, Zdroj: Wikipedie*

9.10.6.1 Sonda Viking

V roce 1975 byla k Marsu vyslána dvojice sond **Viking**. Tyto sondy se skládaly z orbitální části a přistávacího modulu. K přistání na povrchu došlo v roce 1976. Obě tyto sondy pracovaly několik let a jejich činnost byla ukončena až v letech 1980, respektive 1981.

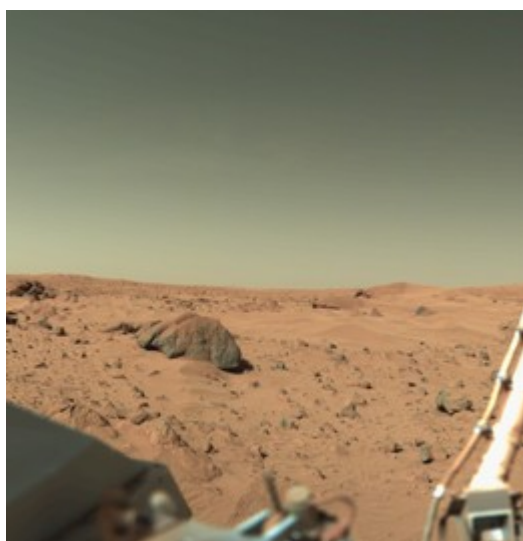


Obrázek 9.207: Orbitální část sondy Viking, Zdroj: Wikipedie

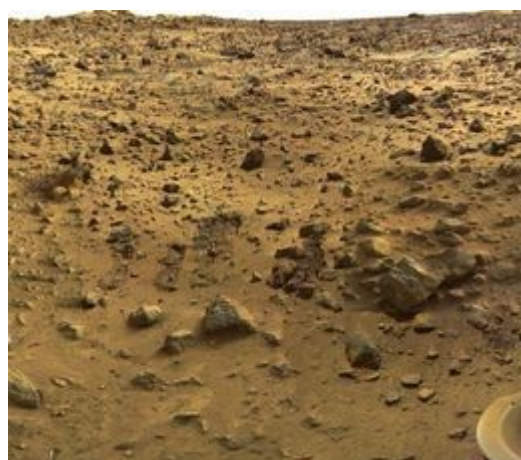


Obrázek 9.208: Přistávací část sondy Viking, Zdroj: Wikipedie

Na následujících obrázcích můžete vidět okolí přistání obou sond. Na posledním obrázku je pro představu velikosti vyfotografován americký astronom **Carl Sagan**. Na snímcích je dobře patrný ráz povrchu, který je možné nalézt i v místech přistání dalších povrchových sond.



Obrázek 9.209: Okolí přistání Vikingu 1, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.210: Detail povrchu ze sondy Viking 1, Zdroj: NASA



Obrázek 9.211: Okolí přistání Vikingu

2 Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.212: Viking a Carl Sagan

Zdroj: Wikipedie

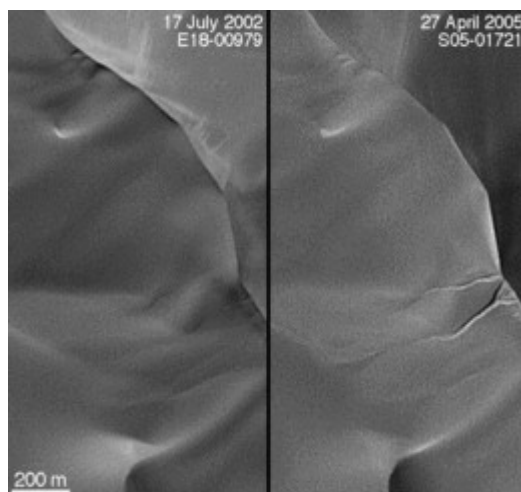
9.10.6.2 Mars Global Surveyor

Jedna z vůbec nejúspěšnějších sond, která byla v činnosti téměř 10 let, byla **Mars Global Surveyor** (MGS). Tato sonda odstartovala roku 1996 a byla aktivní až do konce roku 2006. Vinou špatné aktualizace softwaru se natočila chybně vůči Slunci a přišla o zdroj energie. Za téměř 10 let poslala na Zemi 240 000 fotografií povrchu Marsu a její pozorování byla základem pro určení místa přistání sondy Opportunity. Nalezla zásoby ledu, které se nacházejí pod povrchem, a za 10 let pozorovala dlouhodobé změny klimatu. Tuto sondu společně s několika jejími snímky můžete vidět na obrázcích dole.



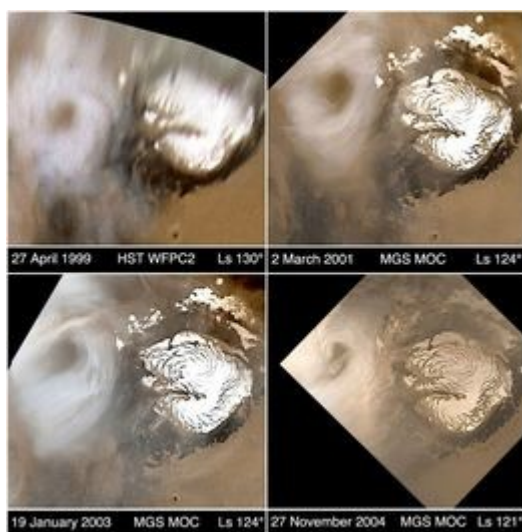
Obrázek 9.213: Mars Global Surveyor,

Zdroj: NASA



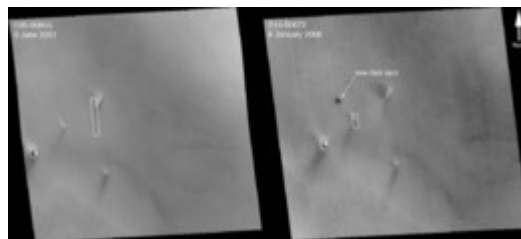
Obrázek 9.214: Nové útvary na dunách,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.215: Opakující se počasí
během několika let

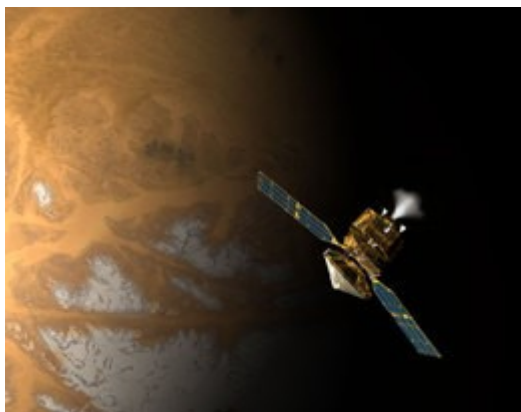
 Velké rozlišení 0,8 MB, Zdroj: NASA



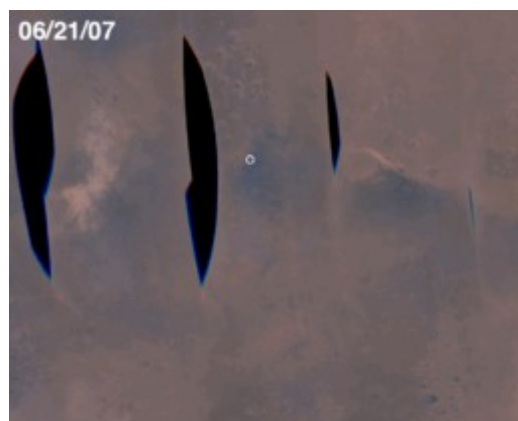
Obrázek 9.216: Odhalení nového
kráteru, Zdroj: NASA

9.10.6.3 Mars Reconnaissance Orbiter

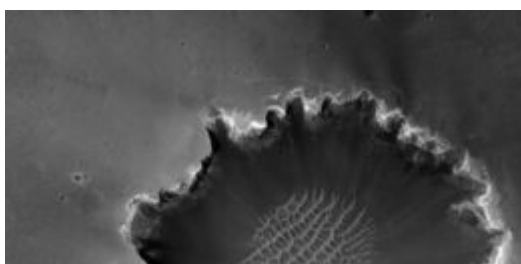
Sonda **Mars Reconnaissance Orbiter** (MRO) dorazila k Marsu na začátku roku 2006, takže předchází sondu MGS „vystřídala“. Díky pokročilejší technologii má mnohem citlivější kameru a dokáže tak na povrchu zaznamenat menší detaily. Kromě této kamery s vysokým rozlišením (HiRISE) je na její palubě například spektrometr nebo radar. Tato sonda také slouží jako retranslační družice, která zprostředkovává komunikaci mezi Zemí a dalšími sondami, které operují na povrchu Marsu (**Spirit**, **Opportunity**).



Obrázek 9.217: *Mars Reconnaissance Orbiter*, Zdroj: NASA



Obrázek 9.218: Animace prachové bouře - MRO (2,7 MB), Zdroj: NASA



Obrázek 9.219: *Kráter Victoria a stopy Opportunity*

Velké rozlišení 1 MB, Zdroj: NASA



Obrázek 9.220: *Lavina v pohybu*

Velké rozlišení 0,3 MB, Zdroj: NASA

Sondě MRO se podařilo 19. února 2008 vyfotografovat sesuv laviny, který byl zapříčiněn postupujícím jarem a odtáváním polární čepičky. Tento snímek můžete vidět v předchozí sérii obrázků. Na jiném snímku je detail kráteru **Victoria** i se stopami vozítka **Opportunity**.

9.10.7 Průzkumníci

Mezi všemi sondami, které zkoumaly Mars, vynikají tři vozítka, která zkoumala povrch. Jsou to **Sojourner** (součást sondy **Mars Pathfinder**), **Spirit** a **Opportunity**.

9.10.7.1 Mars Pathfinder

Mars Pathfinder byla planetární sonda, která na Marsu přistála 4. července 1997. Její součástí bylo vozítko **Sojourner**. Hlavním úkolem povrchového modulu **Pathfin-**

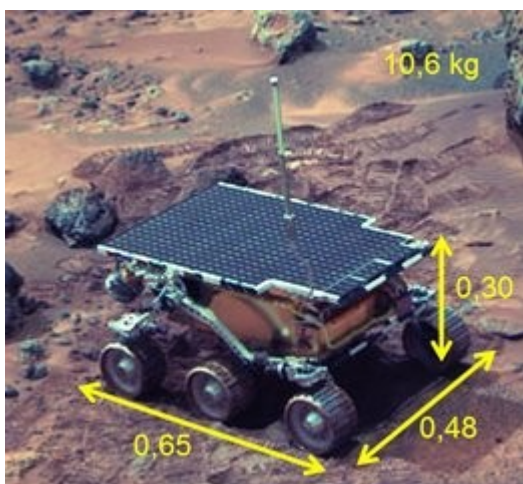
der bylo zkoumání počasí a fotografování blízkého okolí místa přistání. Pod solárními panely, které byly během letu složené (můžete je vidět na obrázcích), bylo schováno vozítko **Sojourner**. Jeho úkolem bylo zvětšit akční rádius sondy a zkoumat složení hornin. Proto obsahovalo rentgenový spektrometr a další přístroje, které zkoumaly vlastnosti hornin. Vozítko **Sojourner** můžete vidět na následující sérii obrázků. Doba trvání mise byla plánována zhruba na měsíc, ale díky dobrému stavu vozítka trvala celé tři měsíce (83 solů).



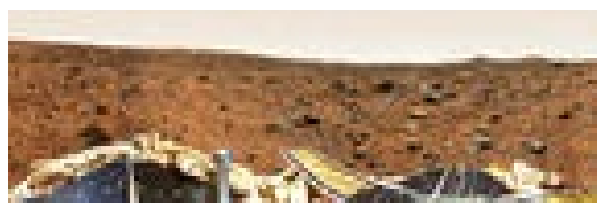
Obrázek 9.221: Sonda Pathfinder a vozítko Sojourner před startem, Zdroj: NASA



Obrázek 9.222: Sojourner zkoumá kámen, Zdroj: NASA



Obrázek 9.223: Vozítko Sojourner a jeho rozměry, Zdroj: NASA



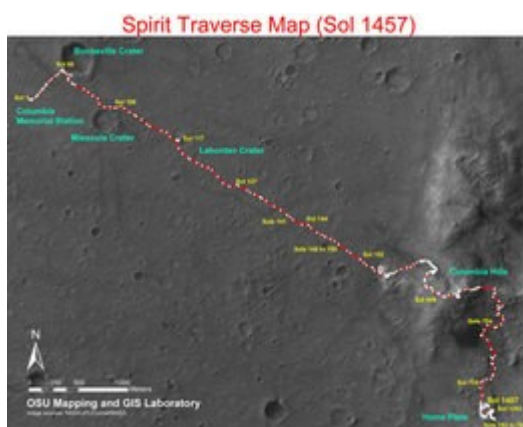
Obrázek 9.224: Panorama místa přistání Pathfinderu, Zdroj: NASA

Sojourner bylo šestikolové vozítko. Jeho rozměry můžete vidět na dalším obrázku (0,65 m x 0,48 m x 0,30 m, hmotnost 10,6 kg). Velikostí by se dalo přirovnat k větší

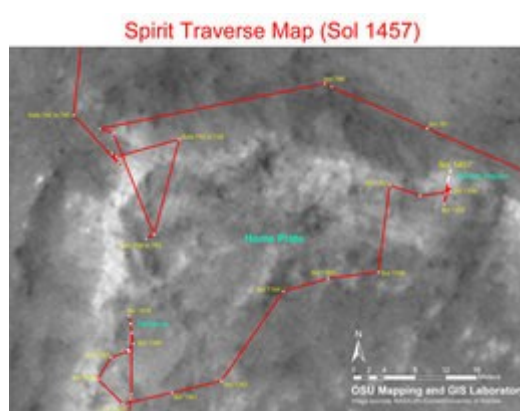
mikrovlnné troubě. Rychlost jízdy byla $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Za dobu své mise vozítko najelo celkem 80 metrů okolo **Pathfinderu**. Nevzdálilo se od něj více než na 8 metrů. Vytvořilo 550 snímků a provedlo 16 chemických analýz vzorků hornin.

9.10.7.2 Mars Exploration Rover (MER)

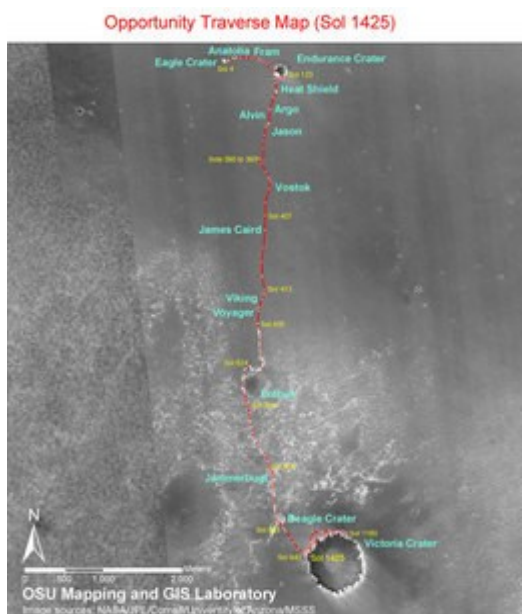
Mars Exploration Rover je název mise, kterou podnikla vozítka **Spirit** a **Opportunity**. Vozítka na Marsu přistála 4. a 25. ledna 2004. Narozdíl od předchozího vozítka nebyla vázaná na přistávací pouzdro a mohla se vydat na jakoukoliv vzdálenost. Jejich mise byla plánována na 90 marsovských dní (tzv. *solů*), ale díky výborné kondici jsou tato vozítka v době psaní tohoto textu (březen 2008) stále v provozu. Jejich životnost se blíží 1 500 solů. Na snímcích dole můžete vidět mapy tras těchto vozítek.



Obrázek 9.225: Celá trasa vozítka Spirit (sol 1457), Zdroj: NASA



Obrázek 9.226: Detail okolí současné pozice Spiritu (sol 1457), Zdroj: NASA

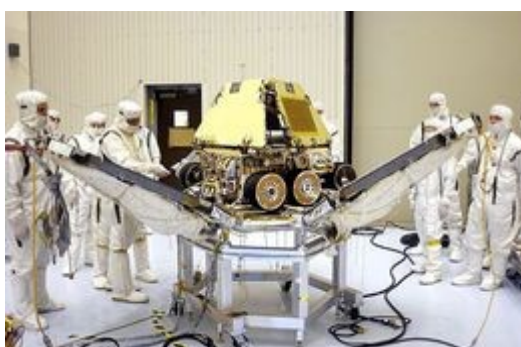


Obrázek 9.227: Celá trasa vozítka
Opportunity (sol 1425), Zdroj: NASA

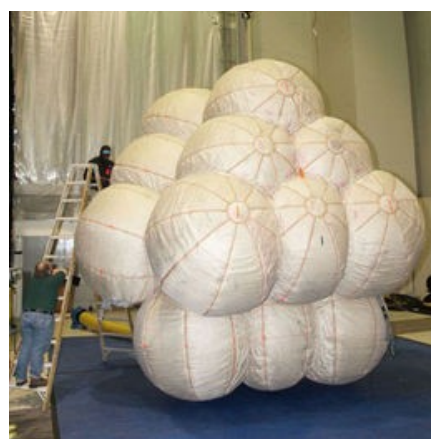


Obrázek 9.228: Současná pozice
vozítka Opportunity (sol 1425),
Zdroj: NASA

Obě vozítka **Spirit** a **Opportunity** jsou identické konstrukce. Podobně jako vozítko **Sojourner** mají šest kol, které lze ovládat jednotlivě. Na teleskopickém stožáru se nachází stereoskopická kamera, která je schopná pořizovat 3D snímky povrchu Marsu. Tato kamera je opatřena filtry, takže je možné získávat i informace o geologickém složení. Na svrchní straně sondy jsou solární panely. Na snímku dole můžete vidět srovnání velikosti těchto sond s vozítkem **Sojourner**.



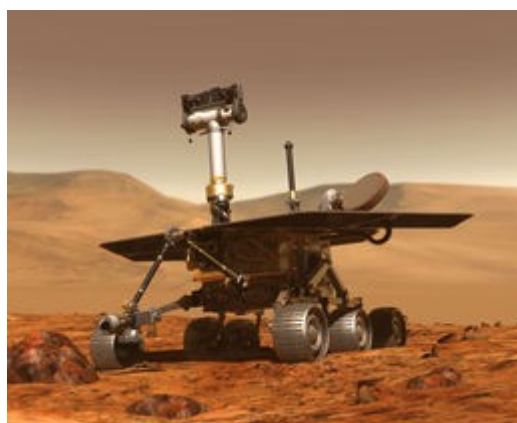
Obrázek 9.229: Vozítko MER před
startem, Zdroj: NASA



Obrázek 9.230: Nafouknuté přistávací
airbasy, Zdroj: Wikipedie

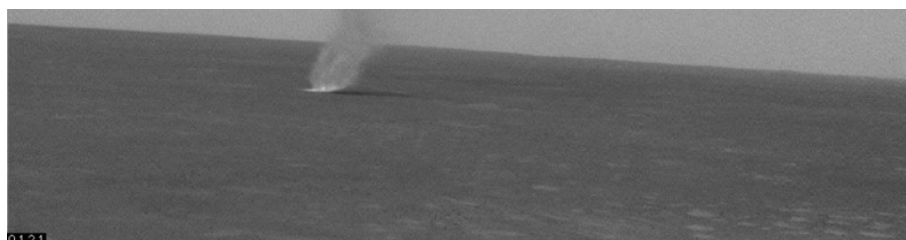


Obrázek 9.231: Srovnání MER
a Sojourneru, Zdroj: NASA



Obrázek 9.232: Umělecká představa
vozítka MER na povrchu Marsu,
Zdroj: Wikipedie

Původně se předpokládalo, že se na nich bude usazovat jemný prach a bude se tak postupně snižovat jejich účinnost až do doby, kdy již nebude pro provoz sondy dostatek energie. Díky větrnému proudění a větrným vírům, kterým se začalo přezdívat **dust devil**, se však dařilo udržovat povrch solárních panelů čistý. To je vedle výborné technické kondice hlavní důvod, proč jsou obě vozítka v provozu tak dlouho.



Obrázek 9.233: Série snímků zachycujících „dust devil“,
Zdroj: Wikipedie

Úkol:

Vozítka na Marsu nelze řídit v reálném čase protože časové zpoždění je příliš velké. Proto mají vozítka umělou inteligenci, která je dovede řídit sama.

Časové zpoždění signálu je doba, za kterou světlo urazí cestu ze Země na Mars. Vypočítej, jak dlouho to světlu trvá, když je Mars v opozici a když je v konjunkci. Tyto pojmy jsou vysvětleny v kapitole [Planety](#). Rychlost rádiového signálu je ve vakuu rovná rychlosti světla $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výsledek:

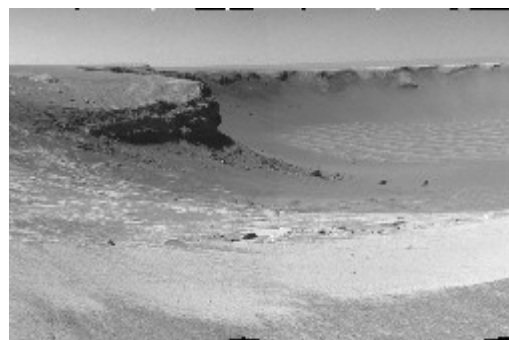
V případě konjunkce je čas 4,3 minuty, v případě opozice 20,8 minut. Výpočet je možné stáhnout v souboru  **mars_pruzkumnici.odt**³¹.

Na  **animaci 1 (5 MB)**,  **animaci 2 (4 MB)** a  **animaci 3 (10 MB)** můžete vidět průběh letu a přistání této sondy. Všechny animace je nejprve třeba stáhnout do počítače.

V současné chvíli se vozítko **Spirit** připravuje k zimnímu spánku v oblasti Columbia Hills. Vozítko **Opportunity** zkoumá kráter **Victoria**. Po několikaměsíčním zkoumání tohoto kráteru z jeho okraje se vozítku podařilo nalézt bezpečnou cestu do středu tohoto kráteru, takže je **Opportunity** první sondou, která zkoumá vnitřek mimozemského kráteru.



Obrázek 9.234: Kráter Victoria,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.235: Pohled na kráter
Victoria z Kachní zátoky, Zdroj: NASA

9.10.8 Měsíce Marsu

Ze čtyř terestrických (kamenných) planet má Mars největší počet přirozených satelitů. Oba jeho měsíce jsou ale velice malé. Největší rozměr většího z nich je asi 27 kilometrů. Ani jeden měsíc nemá kulový tvar. K tomu, aby kosmické těleso mělo kulový

³¹ Součást přílohy D.

tvár, je třeba, aby bylo dostatečně veliké. Teprve u těles o průměru několika set kilometrů je jejich gravitační síla natolik silná, že je vytvaruje do přibližně kulového tvaru. Jak se dozvíte v ostatních částech tohoto kurzu, drtivá většina všech planetek a malých měsíců nemá pravidelný tvar.

9.10.8.1 *Phobos*

Phobos je větším ze dvou měsíců Marsu. Je pojmenován po synovi boha **Phoba**, syna **Marta**. V překladu znamená jeho jméno Strach. Jeho rozměry jsou 27 x 21,6 x 18,8 kilometrů. Objeven byl 17. srpna 1877 americkým astronomem **Asaphem Hallem**. Fotografován byl například sondami Mariner 9 Viking 1 a sovětskou sondou Phobos v roce 1988. Nejnovější fotografie pocházejí z dubna roku 2008. Pořídila je sonda **Mars Reconnaissance Orbiter**. Tyto fotografie se nacházejí níže.



Obrázek 9.236: *Phobos* (MRO – 2008),

Zdroj: NASA



Obrázek 9.237: Detail kráteru *Stickney*
(MRO – 2008)

 Velké rozlišení 3,5 MB,

Zdroj: astro.cz

Na povrchu Phobose se nachází velký kráter **Stickney** pojmenovaný po dívčím jménu Hallovy manželky. Měsíc Phobos má, podobně jako Měsíc, vázanou rotaci (doba oběhu je stejná jako doba rotace kolem vlastní osy). Oba měsíce mají svůj původ s největší pravděpodobností v **hlavním pásu planetek**, odkud byly Marsem zachyceny.



Obrázek 9.238: Phobos,

Zdroj: spaceflightnow.com



Obrázek 9.239: Kráter Stickley,

Zdroj: NASA

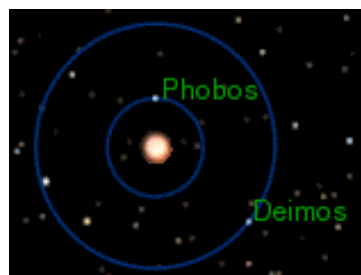
Charakteristika

Velká poloosa	9 380 km
Numerická excentricita	0,015 1
Pericentrum	9 522 km
Apocentrum	9 238 km
Perioda (oběžná doba)	0,319 dne (7,66 h)
Sklon dráhy k rovníku	1,093°
Rozměry	27,0×21,6×19,8 (22,2 ± 0,30) km
Hmotnost	(1.070 ± 0,085) × 10 ¹⁶ kg
Průměrná hustota	1,867 ± 0,076 g/cm ³
Gravitační zrychlení	0,0019 až 0,0084 m/s ²
Úniková rychlost	0,011 km/s
Perioda rotace	7,66 h
Sklon rotační osy	~ 0°
Povrchová teplota	−40 °C (233 K)

Tabulka 9.12: Charakteristika měsíce Phobos



Obrázek 9.240: Animace obou Marsových měsíců, Zdroj: NASA

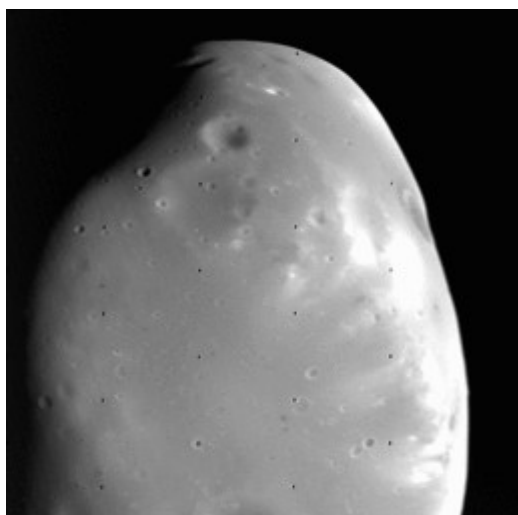


Obrázek 9.241: Trajektorie obou měsíců (měřítko vzdáleností odpovídá skutečnosti), Zdroj: Wikipedie

9.10.8.2 Deimos

Deimos je druhým známým měsícem Marsu. Pojmenován je také podle syna **Marta**, boha **Deima**. Jeho jméno znamená Hrůza a je bratrem **Phoba**. Objeven byl také astronomem **Asaphem Hallem** 11. srpna 1877 (šest dní před objevem většího z měsíců).

Stejně jako **Phobos** je i **Deimos** pravděpodobně zachycenou planetkou. Jeho povrch je poset několika většími krátery. Pokryt je jemným prachem. Rotace tohoto měsíce je stejně jako u druhého satelitu vázaná s Marsem.



Obrázek 9.242: Deimos, Zdroj: NASA

Charakteristika

Velká poloosa	23 460 km
Numerická excentricita	0,000 2
Pericentrum	23 455 km
Apocentrum	23 462 km
Perioda (oběžná doba)	1,262 440 7 dne (30,3 h)
Sklon dráhy k rovníku	0,93°
Rozměry	15,0×12,0×10,4 (12,4 ± 0,36) km
Hmotnost	(2,244 ± 0,15) × 10 ¹⁵ kg
Průměrná hustota	2,247 ± 0,251 g/cm ³
Gravitační zrychlení	0,003 9 m/s ²
Úniková rychlost	0,006 9 km/s
Perioda rotace	30,3 h
Sklon rotační osy	~ 0°
Povrchová teplota	−40 °C (233 K)

Tabulka 9.13: Charakteristika měsíce Deimos

9.11 Jupiter

9.11.1 Jupiter

Jupiter je pátou a největší planetou sluneční soustavy. Je pojmenován podle vládce římských bohů **Jupitera**. Jeho řecký protějšek je **Zeus**.



Obrázek 9.243: Jupiter a Thetis

Zdroj: Wikipedie

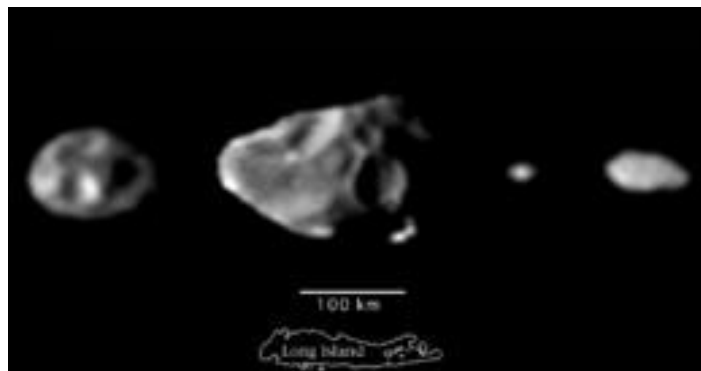
Jupiter je typickým zástupcem obřích plyných planet. Někdy se podle něj tyto planety nazývají **joviální** (joviální je příslovcem slova Jupiter). Jupiter je se svým průměrem 142 984 km největší planetou sluneční soustavy.



Obrázek 9.244: Jupiter z pohledu sondy

Cassini (2000), Zdroj: NASA

Jeho atmosféra je viditelně rozdělena do mnoha pásů. V atmosféře se také vyskytují četné bouře. Největší z nich, *Velká rudá skvrna*, má srovnatelný průměr jako Země.



Obrázek 9.245: *Thebe, Amalthea, Adrastea a Metis*, Zdroj: NASA

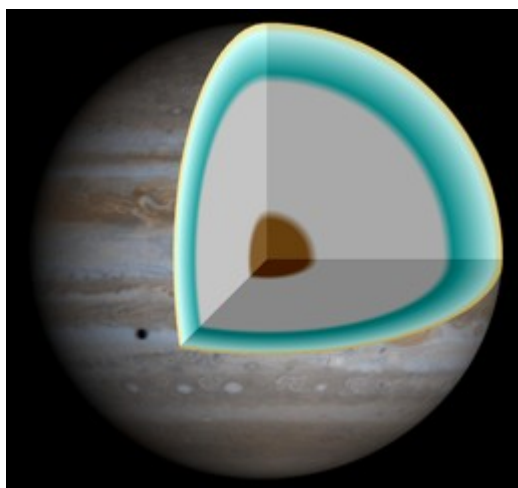
Jupiter má 63 známých měsíců. Čtveřici největších objevil již v roce 1610 **Galileo Galilei**. Největší přirozený satelit Jupiteru je měsíc *Ganymedes*, který je největším měsícem sluneční soustavy a zároveň je větší než planeta Merkur. Měsíc *Io* je prvním tělesem (mimo Země), na kterém byla objevena aktivní sopečná činnost. Na měsíci *Europa* se s největší pravděpodobností nachází tekutý oceán a měsíc *Callisto* má ze všech satelitů nejstarší povrch.



Obrázek 9.246: *Galileovské měsíce*, Zdroj: NASA

9.11.2 Vnitřní stavba

Jupiterova *atmosféra* (na obrázku oranžově) dosahuje do hloubky 1 000 kilometrů. V této hloubce přechází ve vnější plášť, který je tvořen kapalným vodíkem a heliem (zeleňá barva).



Obrázek 9.247: Vnitřní stavba Jupiteru,

Zdroj: Wikipedie

Vnější plášť je tvořen kapalným vodíkem a heliem. Jeho tloušťka je 22 500 kilometrů. V hloubkách kolem 23 500 kilometrů je tlak $3 \cdot 10^{11}$ Pa a teplota kolem 10 000 °C. Vodík v této oblasti ztrácí svůj elektronový obal a dostává se do stavu **kovového vodíku**. Tento stav je charakteristický vysokou elektrickou vodivostí. Vrstva kovového vodíku (na obrázku bíle) má hloubku 33 000 kilometrů. Tato vrstva je zodpovědná za vznik obří Jupiterovy magnetosféry, která nemá u ostatních planet obdoby. Magnetosféra Saturnu, která je druhá nejrozsáhlejší po Jupiterově magnetosféře, je 30násobně slabší.

V centru Jupiteru se nachází **pevné jádro** (na obrázku hnědě). Jeho poloměr je přibližně 14 000 kilometrů. Je větší než celá Země. V centrálních oblastech panuje podle výpočtů teplota 36 000 °C a tlak 3 000–4 500 GPa.

Úkol:

Jupiter je největší a nehmotnější planetou sluneční soustavy. Zjisti, zda mají ostatní planety v součtu větší hmotnost než Jupiter.

Výsledek:

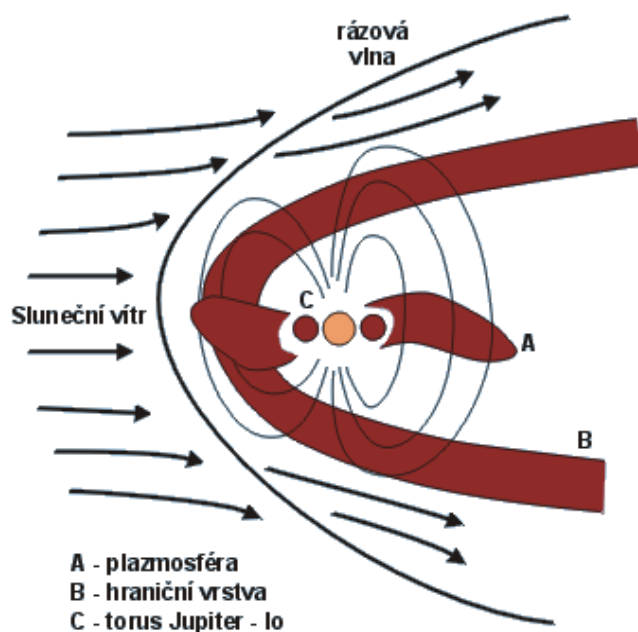
Nemají. Souhrnná hmotnost ostatních planet je $768,6 \cdot 10^{24}$ kg. Hmotnost Jupitera je $1\,899 \cdot 10^{24}$ kg. Jupiter má tedy více než dvojnásobnou hmotnost než ostatní planety dohromady.

9.11.2.1 Teplo

Měřením infračerveného záření se přišlo na to, že Jupiter vydává o 60 % více záření, než kolik ho získává od Slunce. Zdroje tohoto tepla jsou tři: teplo, které si Jupiter udržel z doby svého vzniku; teplo, které se vytváří díky gravitačnímu smršťování Jupitera; a teplo, které je vytvářeno rozpadem radioaktivních prvků.

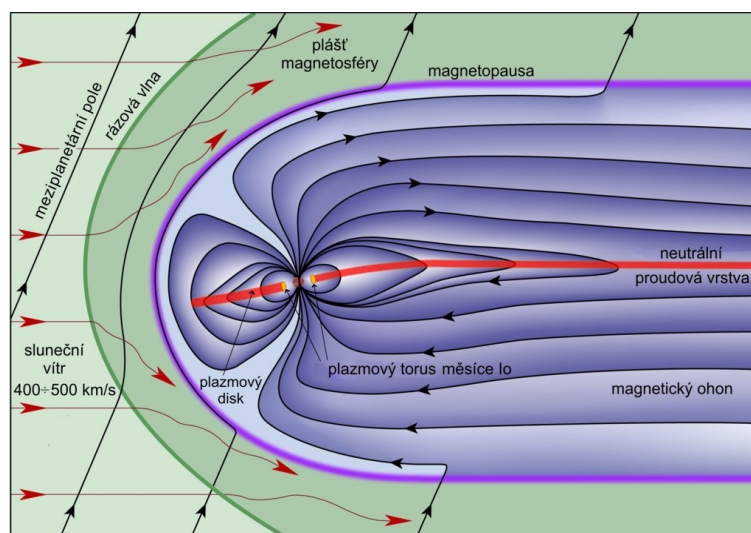
9.11.3 Magnetosféra

Magnetické pole Jupiteru je asi 20 000krát silnější než Země. Na straně přivrácené ke Slunci dosahuje do vzdálenosti až 90 poloměrů Jupitera (6,4 milionů kilometrů). Její chvost může zasahovat až za oběžnou dráhu Saturnu, což je 5 astronomických jednotek (750 milionů kilometrů). V magnetickém poli jsou zachycovány nabitě částice a vytvářejí plazmosféru, která je na následujícím obrázku označena písmenem A. Nejbližší Jupiterův měsíc Io vyvrhuje ze svého nitra velké množství nabitých částic, které vytvářejí v oblasti jeho trajektorie nabitý pás (na obrázku označen jako C).



Obrázek 9.248: Jupiterova magnetosféra, Zdroj: astro.pef.zcu.cz

Všechny Jupiterovy měsíce se nacházejí uvnitř magnetosféry a ty nejbližší navíc uvnitř plazmosféry. V plazmosféře se vyskytuje velké množství nabitých částic, které v okolí měsíců vytvářejí silnou radiaci.

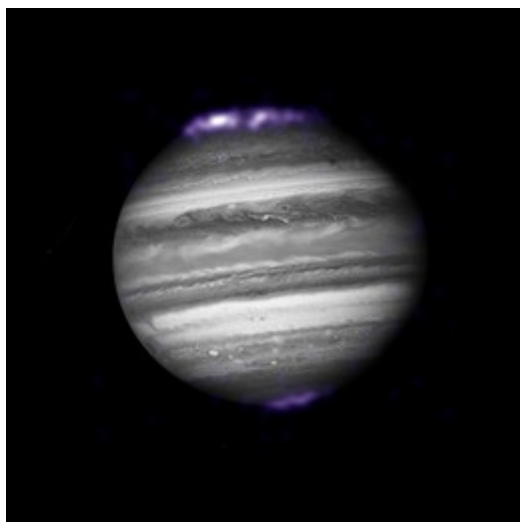


Obrázek 9.249: Magnetosféra Jupiteru, Zdroj: aldebaran.cz

Osa magnetického pole je od rotační osy odkloněna o $9,6^\circ$. To je hodnota srovnatelná se Zemí.

9.11.3.1 Polární záře

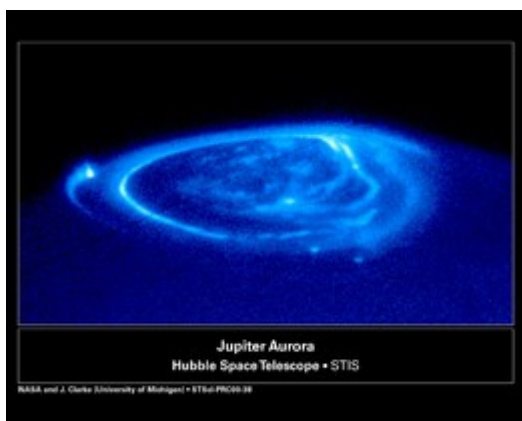
Jupiterova magnetosféra je příčinou vzniku polárních září. Nabité částice jsou magnetickými indukčními čarami směřovány do polárních oblastí, kde se srážejí s molekulami plynů v atmosféře a způsobují vznik světla. Na dalším obrázku je Jupiter z **Hubbleova kosmického dalekohledu** s jasnou polární září. Stejně jako u všech ostatních planet, polární záře vzniká současně na severním i jižním pólu.



Obrázek 9.250: Polární záře,

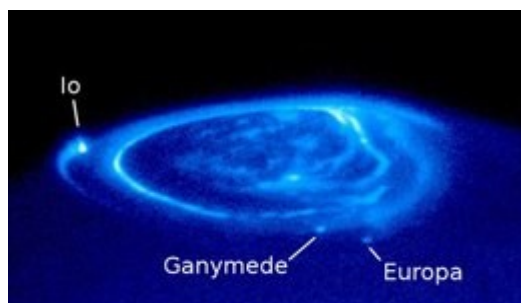
Zdroj: NASA

Na dalším obrázku je detail polární záře. Je jasné vidět, že její tvar je silně deformován. Deformace je způsobena přítomností tří nejbližších galileovských měsíců. Io a Europa jsou nejbližší (Io navíc vytváří okolo své trajektorie prstenec nabitých částic) a Ganymedes má svoji vlastní magnetosféru. S nimi pak interaguje Jupiterova magnetosféra, která je jimi ovlivňována a deformována. Na obrázku můžeme tedy vidět celkem tři „artefakty“, které zde po sobě zanechaly uvedené měsíce. Podle polohy „artefaktů“ lze zpětně určit polohu měsíců.



Obrázek 9.251: Detail polární záře

 Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA



Obrázek 9.252: Deformace vlivem měsíců, Zdroj: stsci.edu

Úkol:

Proč nepozorujeme podobnou deformaci i na Zemi?

Výsledek:

Podobný jev nepozorujeme proto, protože Zemské magnetické pole je příliš slabé a nedosahuje až k Měsíci. Měsíc se nalézá vně zemského magnetického pole a nemůže ho ovlivnit tak, jak to dělají měsíce Jupiteru, které se nalézají uvnitř magnetosféry.

9.11.4 Atmosféra

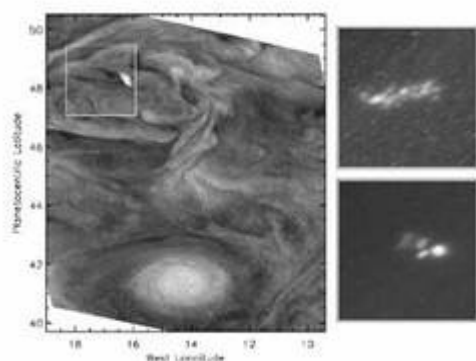
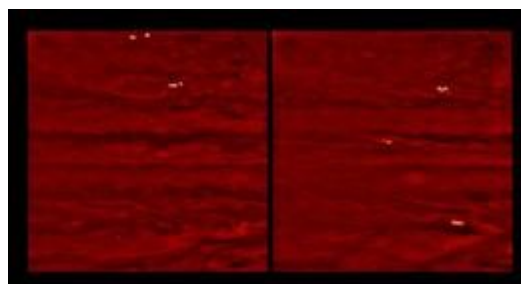
Jupiterova atmosféra dosahuje tloušťky asi 1 000 km. Atmosférické proudění dosahuje rychlostí až 400 kilometrů za hodinu a rozděluje atmosféru do několika tmavších a světlejších pásů, které se pohybují rovnoběžně s rovníkem. Tmavší oblasti se nazývají **pásy**, světlejší pak **pásma**. Teplota horních vrstev mračen je $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Směrem ke středu planety narůstá rychle tlak i teplota. Tlak a teplota, která je na povrchu Země, se na Jupiteru vyskytuje v hloubce kolem 60 kilometrů. V hloubce 1 000 kilometrů přechází atmosféra do kapalného pláště. Panují zde podmínky, za nichž již vodík, který je hlavním plynem v Jupiterově atmosféře je kapalný. Chemické složení atmosféry je uvedeno v následující tabulce.

Složení atmosféry

Vodík	~86 %
Hélium	~14 %
Metan	0,1 %
Vodní páry	0,1 %
Amoniak	0,0 2%
Etan	0,000 2%

Tabulka 9.14: Složení atmosféry Jupiteru

Různé chemické prvky a sloučeniny dávají atmosféře Jupitera velkou barevnost. Červená barva je dána sloučeninami fosforu a síry, které změnou barvy reagují na ultrafialové záření ze Slunce. Bílá oblaka jsou zbarvena krystalky amoniaku. Je zde také metan, etan, voda, fosfin, kyanovodík, oxid uhličitý a další prvky. Jak je vidět z dalších obrázků, v Jupiterově atmosféře dochází často i k bouřkám s blesky, které jsou tisícinásobně silnější než na Zemi.

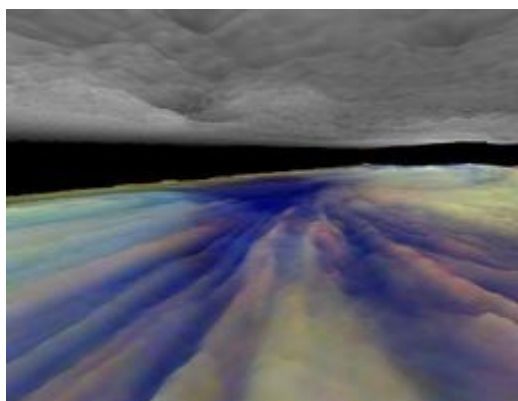
*Obrázek 9.253: Blesky v atmosféře,**Zdroj: NASA**Obrázek 9.254: Blesky v atmosféře,**Zdroj: astronnet.ru*

Pásky a pásma mají rozdílné vlastnosti. Na další animaci je vidět celá Jupiterova atmosféra rozvinutá do plochy. Můžete na ní pozorovat, že každý pás a pásmo se pohybuje vlastní rychlostí. Na rozhraní sousedících pásů a pásem dochází k častým turbulencím.



Obrázek 9.255:  Animace dynamiky
atmosféry, Zdroj: NASA

Na dalším snímku se nachází 3D vizualizace měření sondy **Galileo**, která do atmosféry Jupitera vyslala sestupové pouzdro. Ukázalo se, že mraky se v atmosféře vyskytují minimálně ve dvou vrstvách.



Obrázek 9.256: Struktura oblačnosti,
Zdroj: NASA

9.11.4.1 Bouře

V atmosféře Jupitera se nachází velké množství bouří. Některé z těchto bouří mají bílou barvu, jiné jsou zbarveny do hněda. Tyto bouře často v atmosféře vznikají a zanikají. Pouze některé bouře můžeme pozorovat po delší časové období. Největší anticyklona je nazývána jako **Velká rudá skvrna**. Touto bouří se zabývá samostatný studijní článek.



Obrázek 9.257: Velká bouře,

Zdroj: NASA

Na následujícím obrázku můžete po zvětšení vidět složitou pásovou strukturu a velké množství malých i velkých bouří. U jižního okraje se nachází *Velká rudá skvrna*. Obrázek byl pořízen sondou **Cassini-Huygens** v roce 2000.



Obrázek 9.258: Jupiter z pohledu sondy

Cassini (2000), Zdroj: NASA

9.11.5 Velká rudá skvrna

Velká rudá skvrna je největší anticyklóna Jupiteru i sluneční soustavy. Její průměr je srovnatelný se Zemí. Větrny, které ji tvoří, mají rychlost až 640 km/s. Poprvé byla pozorovaná **Giovanim Cassinim** již v roce 1665 a od té doby se v Jupiterově atmosféře nachází. Je možné, že se jedná o stálý prvek na Jupiteru. Pohybuje se na rozhraní dvou pásů na jeho jižní polokouli.



Obrázek 9.259: *Velká rudá skvrna ve falešných barvách, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.260: *Velká rudá skvrna v pravých barvách, Zdroj: NASA*

Skvrna se otáčí proti směru hodinových ručiček. Jedna otočka trvá přibližně 6 dní. I když podle snímků vypadá, že se nachází ve stejné výšce jako ostatní oblačnost, její nejvyšší části jsou zhruba o 8 kilometrů výše než ostatní mračna.



Obrázek 9.261: Jupiter z pohledu sondy

Cassini (2000), Zdroj: NASA

Níže se nacházejí animace **Velké rudé skvrny**. Můžete zde pozorovat její rotaci a dynamiku okolních částí atmosféry. Obě animace pocházejí z **Voyageru 1**.



Obrázek 9.262: Animace Velké rudé skvrny, Zdroj: NASA



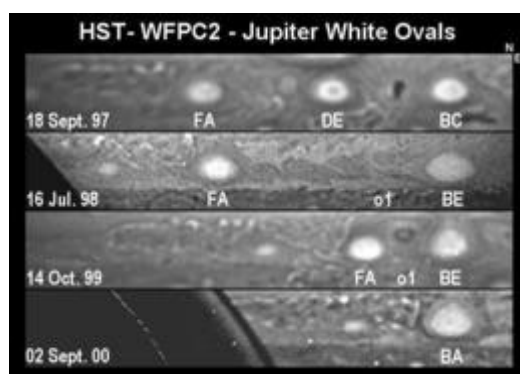
Obrázek 9.263: Velká rudá skvrna, Zdroj: NASA

Způsob vzniku a tak dlouhého života **Velké rudé skvrny** není zatím dostatečně vysvětlen. Zdá se ale, že bouře, která dosáhne určité velikosti, může z nižších vrstev atmosféry dopravit na sluneční světlo některé sloučeniny fosforu. Tyto sloučeniny reagují s ultrafialovým světlem a dávají skvrně hnědočervenou barvu. Při reakci je ale uvolněno

teplo, které slouží jako zdroj energie pro *Velkou rudou skvrnu*. Tuto domněnku potvrzuje i objev nové skvrny s podobnou barvou.

9.11.5.1 Malá rudá skvrna

Na konci minulého století došlo ke spojení několika menších vírů v jižní části atmosféry. Postup spojování je můžete vidět na spodním obrázku. Nově vzniklá bouře dostala označení BA.



Obrázek 9.264: Spojování malých bouří, Zdroj: NASA

V roce 2006 si astronomové všimli, že tato bouře získala stejnou barvu, jakou má Velká rudá skvrna. Pravděpodobně došlo k tomu, že i tato bouře získala přístup ke stejným zdrojům energie ukrytým v nižších částech atmosféry, ze kterých může čerpat i Velká rudá skvrna. Na dalším snímku vlevo se nachází obě rudé skvrny vedle sebe (snímek je zachycen z jižní polokoule, takže je jih nahoře). Na pravém snímku je kombinace Jupitera ve viditelném a infračerveném spektru. Je vidět, že obě rudé skvrny jsou teplejší než jejich okolí.



Obrázek 9.265: Nová rudá skvrna,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.266: Obě rudé skvrny

vyzařují teplo, Zdroj: NASA

Cvičení:

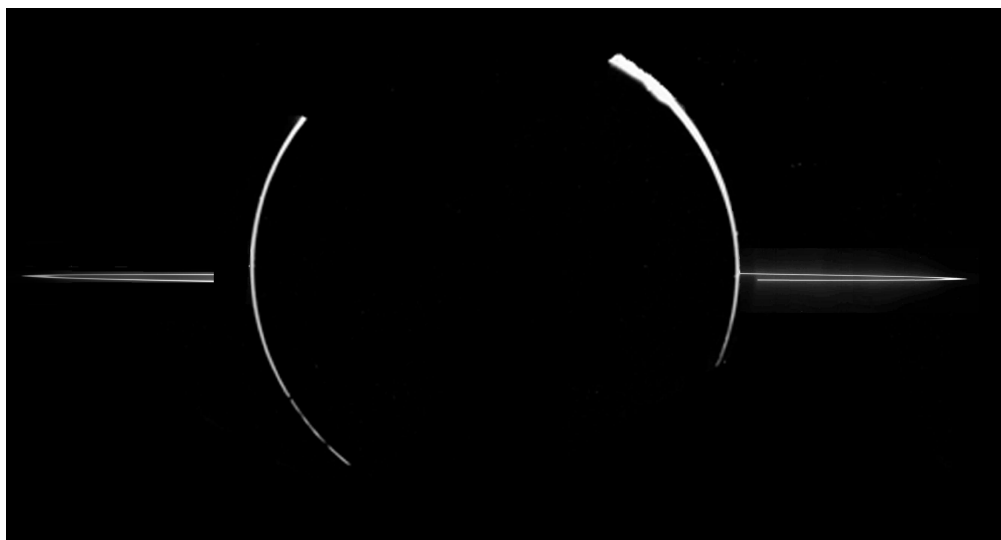
Jak bys pojmenoval/a nově vzniklou skvrnu? Poděl se s ostatními v diskusi.

Výsledek:

Nová rudá skvrna je přezdívána nejčastěji jako Red Jr. Existuje ale také pojmenování Not-so-big-Great-Red-Spot v překladu Ne tak velká rudá skvrna.

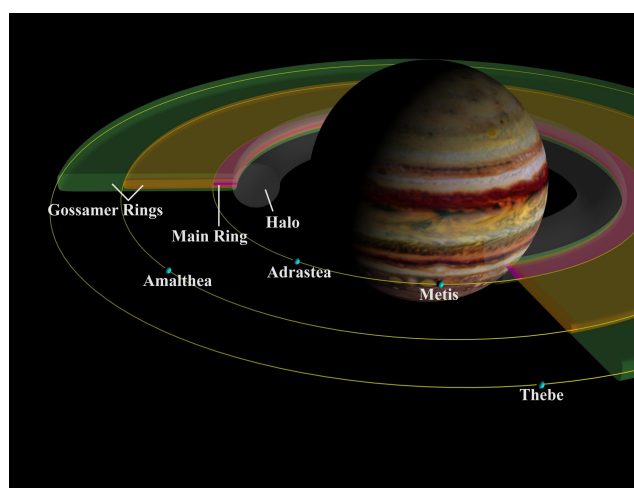
9.11.6 Soustava prstenců

Jupiterovy prstence byly objeveny sondou **Voyager 1** v roce 1979. Ze Země byly dlouho nepozorovatelné. Teprve v posledních letech je možné je zachytit pomocí největších teleskopů světa nebo **Hubbleovým kosmickým dalekohledem**. Prstence také důkladně prozkoumala orbitální část sondy **Galileo**.



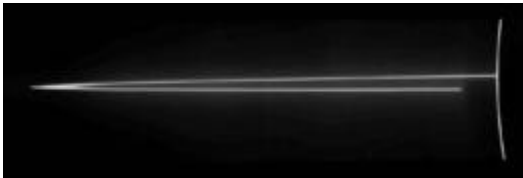
Obrázek 9.267: Jupiterovy prstence, Zdroj: NASA

Na obrázku je soustava Jupiterových prstenců znázorněna ve skutečném poměru vzdáleností. Prstence sestávají ze čtyř částí. Nejblíže Jupiteru se nachází slabý a rozptýlen *halo ring* (na obrázku šedě). Růžově je na obrázku vyznačen *hlavní prstenec* (Main ring). Hlavní prstenec je tvořen prachem z měsíce *Adrastea*. Dva *rozptýlené prstence* (gossamer ring) jsou vyznačeny žlutě a zeleně. Jsou pojmenovány podle měsíců *Amalthea* a *Thebe*, které jsou zdrojem materiálu, ze kterého jsou prstence vytvořené. Jmenují se tedy *Amalthea gossamer* a *Thebe gossamer*



Obrázek 9.268: Struktura prstenců,
Zdroj: NASA

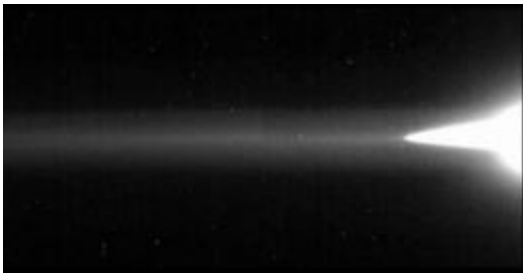
Prstence jsou tvořeny především prachem. Všechny se nacházejí uvnitř trajektorie nejbližšího galileovského měsíce *Io*.



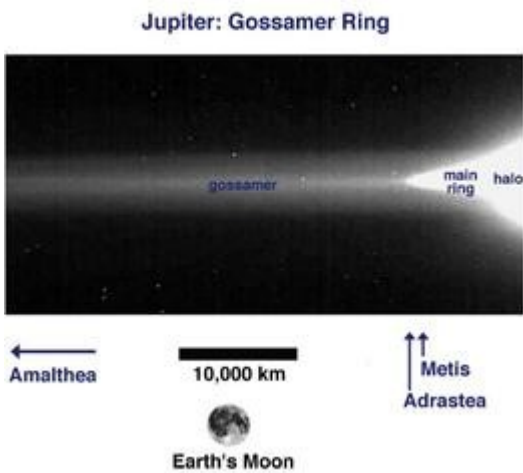
Obrázek 9.269: Hlavní prstenec,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.270: Detail hlavního
prstence, Zdroj: NASA



Obrázek 9.271: Rozptýlený prstenec,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.272: Všechny prstence Měsíc
jako měřítko, Zdroj: NASA

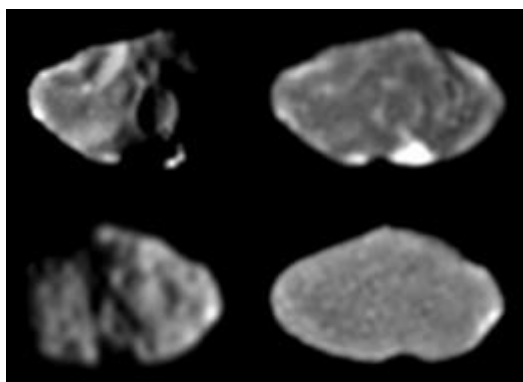
Jméno	Vzdálenost od povrchu	Šířka	Tloušťka
Halo prstenec	92 000–122 500 km	30 500 km	12 500 km
Hlavní prstenec	122 500–129 000 km	6 500 km	30–300 km
Prstenec <i>Amalthea</i> <i>gossamer</i>	129 000–182 000 km	53 000 km	2 000 km
Prstenec <i>Thebe</i> <i>gossamer</i>	129 000–226 000 km	97 000 km	8 400 km

Tabulka 9.15: Jupiterovy prstence

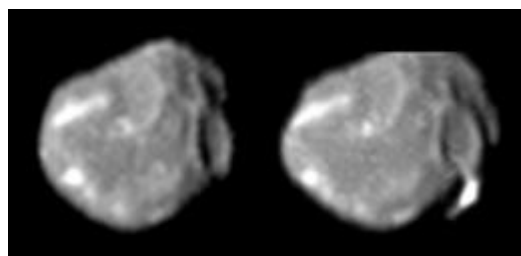
9.11.7 Jupiterovy měsíce

V současnosti je známo celkem 63 přirozených satelitů Jupiteru. Jejich kompletní výčet se nachází na konci tohoto článku. Po čtveřici největších měsíců, kterým se věnují samostatné články, je pátý největší měsíc *Amalthea*. Tento měsíc byl objeven v roce 1892 americkým astronomem **Edwardem Emersonem Barnardem**. Pojmenován je po mýtické víle *Amaltheie*, která kojila Jupitera kozím mlékem. I ostatní Jupiterovy měsíce jsou pojmenovány podle postav, které úzce souvisí s životem boha Jupitera.

Amalthea je zároveň pátým měsícem Jupitera, který byl objeven. Její tvar je velice nepravidelný a dosahuje rozměrů 270 x 165 x 150 km.

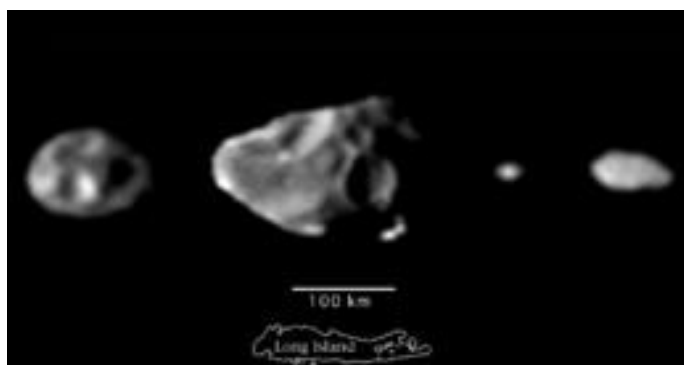


*Obrázek 9.273: Měsíc Amalthea,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.274: Měsíc Amalthea,
Zdroj: NASA*

Na dalším obrázku můžete vidět srovnání velikostí malých vnitřních měsíců (Metis, Adrasthea, Amalthea a Thebe).



Obrázek 9.275: *Thebe, Amalthea, Adrastea a Metis*, Zdroj: NASA

9.11.7.1 Skupiny měsíců

Všechny Jupiterovy měsíce lze rozdělit do sedmi skupin. Členové jednotlivých skupin mají často velice podobné vlastnosti. Těmito skupinami jsou:

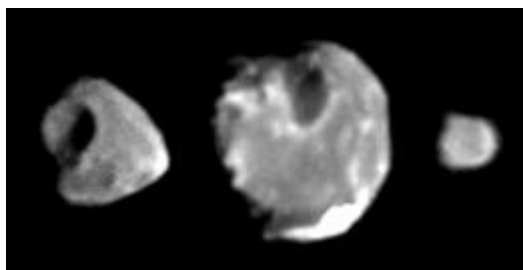
1. **Vnitřní skupina** – čtveřice malých měsíců, které obíhají blíže Jupiteru než největší Galileovské měsíce. Těmito měsíci jsou Metis, Adrastea, Amalthea a Thebe.
2. **galileovské měsíce** – čtyři největší měsíce Jupitera objevené Galileo Galileem. Jsou to Io, Europa, Ganymed a Callisto.
3. **Themisto** – měsíc, který obíhá mezi drahou Callisto a další skupinou Himalia.
4. **Himalia** – skupina měsíců, které obíhají ve vzdálenosti 11–12 milionů kilometrů.
5. **Ananke** – sklon roviny oběhu je u této skupiny 149° . Vzdálenost od Jupiteru přibližně 21 200 000 kilometrů.
6. **Carme** – skupina měsíců ve vzdálenosti přibližně 23 400 000 kilometrů se sklonem dráhy 165° .
7. **Pasiphae** – zbývající skupina, ve které se nacházejí všechny vzdálené měsíce.

Úkol:

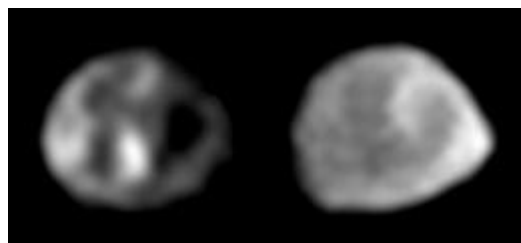
Proč mohou mít některé měsíce stejné trajektorie?

Výsledek:

Předpokládá se, že některé skupiny měsíců pocházejí z většího tělesa, které se ale v minulosti rozpadlo. Všechna tělesa, která z něj vznikla, se stále pohybují po přibližně stejné dráze.



Obrázek 9.276: *Thebe, Amalthea*
a *Metis*, Zdroj: NASA



Obrázek 9.277: *Thebe*, Zdroj: NASA

9.11.8 Galileovské měsíce

Galileovskými měsíce se nazývá čtveřice měsíců, které objevil v lednu roku 1610 **Galileo Galilei**. O rok dříve sestrojil Galileo Galilei svůj první dalekohled. Při pozorování Jupitera si Galileo všiml, že se v blízkosti Jupitera nachází čtveřice jasných bodů. I když tyto body neustále měnily svou relativní pozici vůči Jupiteru, pohybovaly se stále v jeho blízkosti. Galileo Galilei s brzy uvědomil, že jasné body musí být gravitačně svázány s Jupiterem a že jsou tedy jeho měsíce. Galileo tedy objevil první přirozené satelity jiné planety. Galileovské měsíce byly vážným problémem pro tehdy přijímanou **geocentrickou soustavu**. Byly to totiž první známé objekty, které se nepohybovaly okolo Země, ale okolo jiného nebeského tělesa. Na obrázcích se vedle Galileova portrétu nachází stránka z jeho zápisníku, na které můžete vidět jeho zápisky i s nákresy nově objevených měsíců.



Obrázek 9.278: Galileo Galilei
(15 února 1564 – 8. ledna 1642),
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.279: Galileovy poznámky,
Zdroj: Wikipedie

Na následujícím obrázku jsou všechny čtyři měsíce ve skutečném poměru velikostí.
Pro ilustraci je zobrazena také část Jupitera.



Obrázek 9.280: Galileovské měsíce,

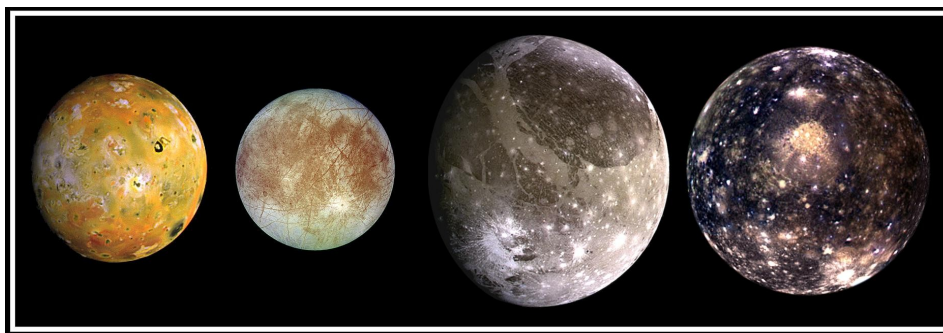
Zdroj: NASA

Největší je **Ganymedes**. Je to zároveň největší měsíc celé sluneční soustavy. Jeho průměr je dokonce větší než průměr Merkuru (Merkur má ovšem větší hmotnost). **Calisto** je druhým největším měsícem Jupiteru a třetím ve sluneční soustavě (po Titanu). Jeho velikost je srovnatelná s Merkurem. Zbylé menší měsíce jsou **Io** a **Europa**. Jejich základní charakteristiky naleznete níže v tabulce.

<i>Jméno</i>	<i>Průměr</i>	<i>Hmotnost</i>	<i>Hustota</i>	<i>Vzdálenost</i>	<i>Doba oběhu</i>
Io	3 643 km	$8,93 \cdot 10^{22}$ kg	$3\,528 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	421 800 km	1,77 dne
Europa	3 122 km	$4,80 \cdot 10^{22}$ kg	$3\,014 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	671 100 km	3,55 dne
Ganymede	5 262 km	$1,48 \cdot 10^{22}$ kg	$1\,942 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1 070 400 km	7,16 dne
Callisto	4 821 km	$1,08 \cdot 10^{22}$ kg	$1\,834 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1 882 700 km	16,69 dne

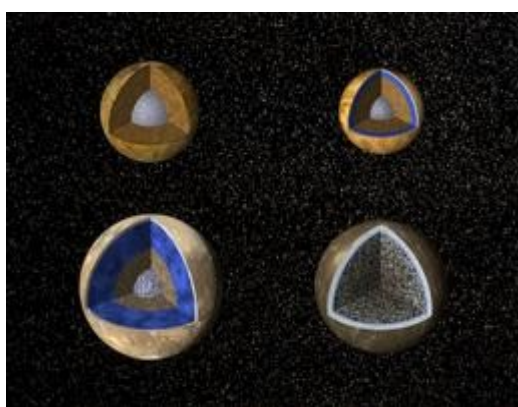
Tabulka 9.16: Galileovské měsíce

Všechny měsíce mají **vázanou rotaci** podobně jako Měsíc. Jsou tedy Jupiteru přivraceny stále stejnou stranou.



Obrázek 9.281: Galileovské měsíce, Zdroj: NASA

9.11.8.1 Struktura



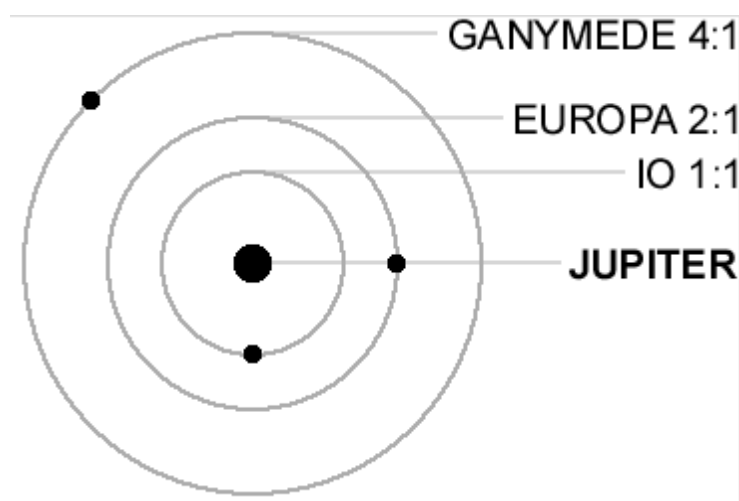
Obrázek 9.282: Struktura měsíců,

Zdroj: NASA

Na obrázku je znázorněna vnitřní struktura všech měsíců. Kromě Callisto mají všechny měsíce kovové jádro (šedá barva) vrstvou křemičitanů (hnědá barva). Zatímco u měsíce Io je tato vrstva zároveň povrchem, u Europy a Ganymedu je dále přítomna vrstva ledu nebo vody (modrá barva). V případě Ganymedu je to ledová vrstva (modrá barva), která je na povrchu zakryta prachem (bílá barva), v případě Europy je to pravděpodobně vrstva vody (modrá barva), která je přikryta ledem (bílá barva). Svoji vnitřní strukturou se zcela odlišuje měsíc Callisto, který tvořen směsicí horniny a ledu (hnědá barva). Měsíc Callisto je dalším tělesem, u kterého je možná přítomnost vrstvy tekuté vody mezi pláštěm a kůrou.

9.11.8.2 Trajektorie

Měsíce obíhají Jupiter v *prográdním směru* (ve stejném směru jako se Jupiter otáčí kolem vlastní osy). Oběžné doby prvních tří měsíců jsou synchronizovány. Na každý jeden oběh měsíce Ganymeda připadají dva oběhy měsíce Europa a čtyři oběhy měsíce Io. Nejlepší představu si uděláte z následující animace. Synchronizace oběžných period není nic ojedinělého. Běžně ji můžeme pozorovat i u jiných měsíců nebo malých těles sluneční soustavy.

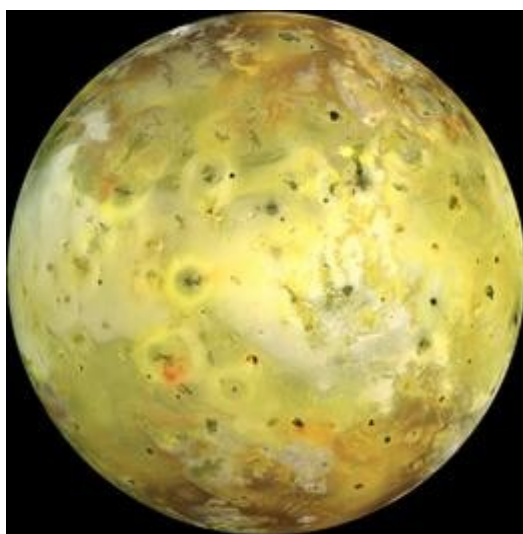


Obrázek 9.283: Rezonance oběžných dob,

Zdroj: Wikipedie

9.11.9 Io

Io je galileovský měsíc, jehož dráha je nejbližší Jupiteru. Pojmenován je podle Heřiny kněžky *Io*, která se stala milenkou Dia. Povrch Io je velice rozmanitý a barevný. Analýzou snímků z **Voyageru 1** byla na tomto měsíci v roce 1979 objevena aktivní sopečná činnost.



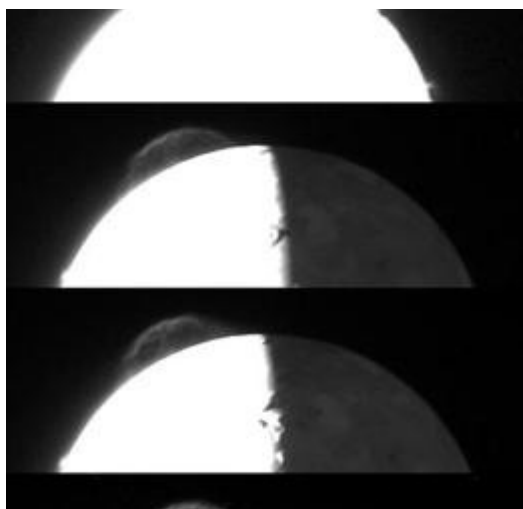
Obrázek 9.284: Měsíc Io, Zdroj: NASA



Obrázek 9.285: Výtrysky z vulkánů,

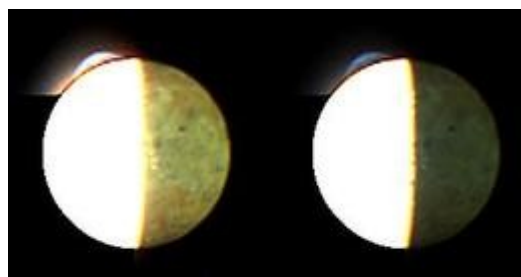
Zdroj: astro.pef.zcu.cz

Sopečnou činnost pozorovaly i další sondy sonda **Galileo** i sondy, které okolo Jupitera pouze prolétaly. Poslední takovou sondou byl **New Horizons**. Obrázek z něj je na dalším snímku.



Obrázek 9.286: Časový sled výtrysku

(New Horizons), Zdroj: NASA

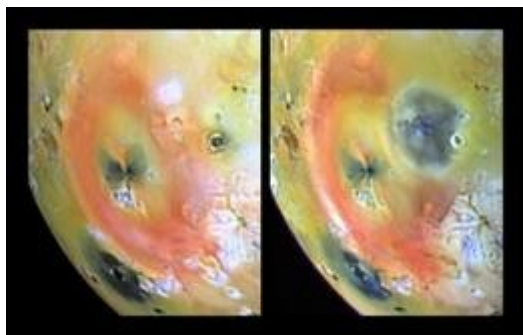


Obrázek 9.287: Detail výtrysku (New

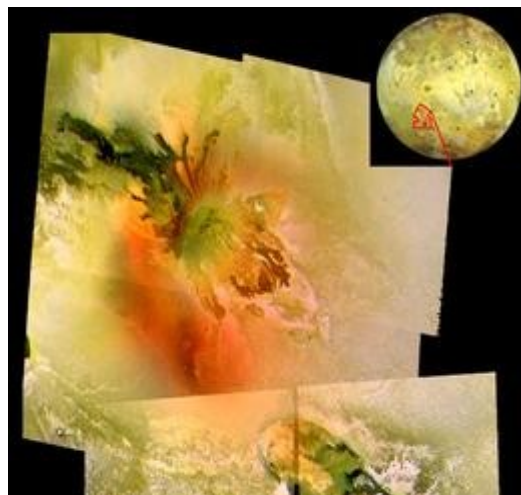
Horizons), Zdroj: NASA

Voyager 1 a **Voyager 2** pozorovali celkem 6 aktivních sopek. Dalším pozorováním bylo identifikováno několik desítek aktivních a neaktivních vulkánů. Všechny jsou pojmenovány po bozích slunce a ohně různých národů. Tyto vulkány jsou označovány jako **patera**. Níže můžete vidět dvojici snímků malého kráteru **Pillan patera**. Levý snímek je

z dubna 1997, pravý ze září téhož roku. Je vidět, že mezi těmito daty došlo k erupci, při které bylo vyvrženo velké množství tmavého prachu.



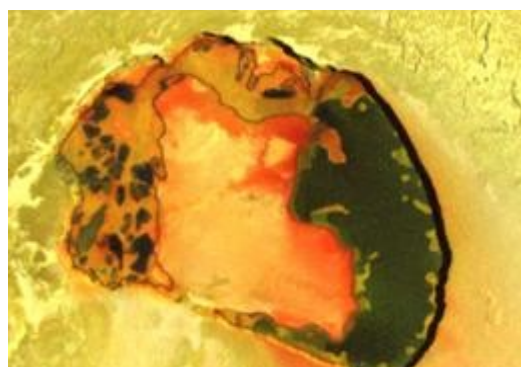
Obrázek 9.288: *Následky sopečného výbuchu, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.289: *Oblast Culann-Tohil, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.290: *Krátery na povrchu Io, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.291: *Tupan patera, Zdroj: NASA*

Podobně vypadají místa, kam dopadl materiál i z ostatních vulkánů. Na snímku vlevo dole je zachyceno okolí sopky **Culann patera**. Různé barvy povrchu jsou vytvářeny sírou, která byla při erupci vyvržena. Můžete pozorovat i proudy lávy, které sopka vyvrhla. Na pravém snímku je zachycena **Tvashtar catena** v rozmezí tří měsíců v letech 1999 a 2000. Je možné pozorovat tekoucí lávu, která se rozlévá desítky kilometrů od sopečného kráteru.

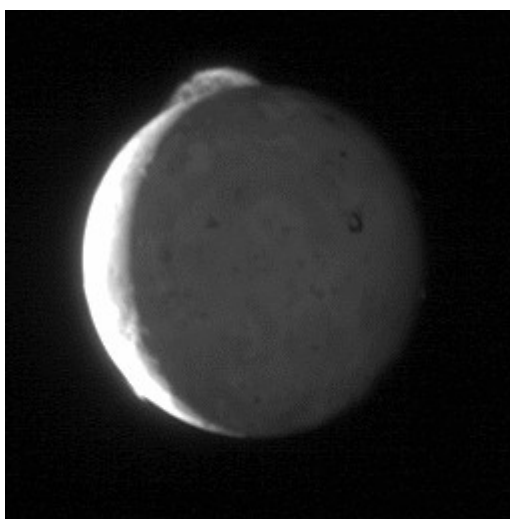


Obrázek 9.292: *Tvashtar Catena* –
výlev lávy, Zdroj: NASA



Obrázek 9.293: *Detail Culann patera*
(falešné barvy), Zdroj: NASA

Sonda **New Horizons** pořídila animaci prachu vyvrhovaného ze sopky ***Tvashta Catena*** až do výšky 300 kilometrů.

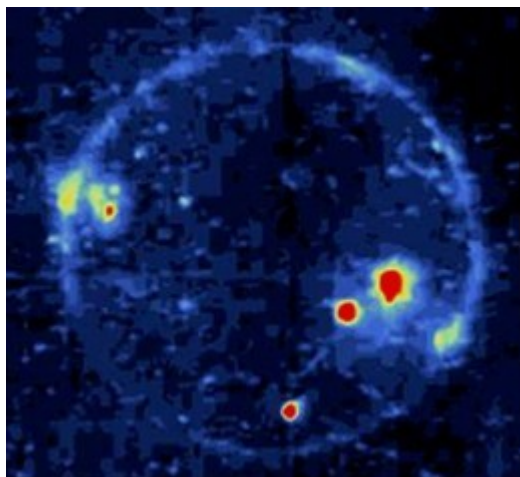


Obrázek 9.294: *Erupce Tvashtar*
catena, Zdroj: NASA

9.11.9.1 Zdroj tepla

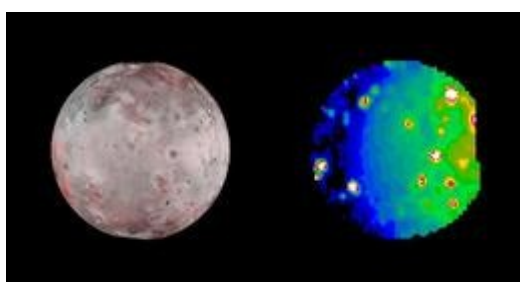
Zdrojem tepla pro mohutnou sopečnou aktivitu na malém měsíci Io jsou slapové síly Jupiteru. Io je ze všech velkých měsíců Jupiteru nejbližší a působí na něj tedy největší gravitační síla od Jupiteru. Dále na něj ale působí i gravitační síly od ostatních měsíců (především Europy a Ganymedu). Ve chvíli největšího přiblížení těchto měsíců je povrch Io deformován podobně jako oceány na Zemi. Narozdíl od Země, kde je nejvyšší vzedmutí oceánu maximálně 19 metrů, je maximální vzedmutí povrchu Io více než

100 metrů. Tímto způsobem je nitro Io neustále zahříváno a získává tak dostatek energie pro svou sopečnou činnost. Na snímku jsou v infračerveném spektru viditelné výrony lávy s teplotou 1 500 °C.



*Obrázek 9.295: Aktivní sopky
v infračerveném oboru,
Zdroj: aldebaran.cz*

Na dalším obrázku je dvojice snímků Io. Levý snímek je ve viditelném spektru, pravý ve spektru infračerveném, které odhaluje teplotní rozdíly různých částí povrchu. I když je průměrná teplota povrchu -143°C , je na infračerveném snímku vidět, že v blízkosti aktivních sopek dosahuje teplota až 17°C .



*Obrázek 9.296: Io ve viditelném
a v infračerveném oboru, Zdroj: NASA*

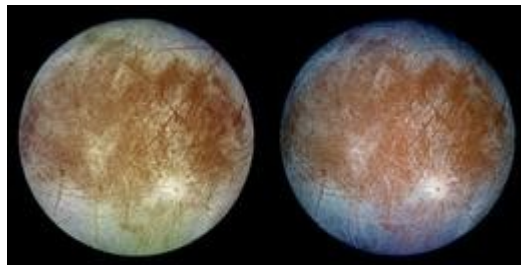
9.11.10 Europa

Europa je druhým nejbližším galileovským měsícem. Pojmenována byla podle Di-
ovy milenky, tyrské princezny **Europy**, podle které je pojmenován i pozemský konti-

nent. Europa je nejmenší z galileovských měsíců. Je asi o 300 kilometrů menší než Měsíc.

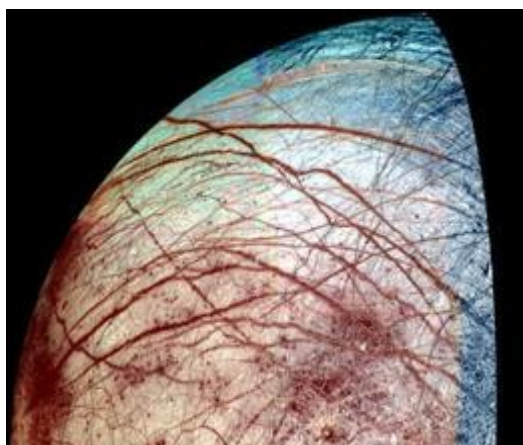


*Obrázek 9.297: Zapadající Europa,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.298: Europa v přirozených
a falešných barvách, Zdroj: NASA*

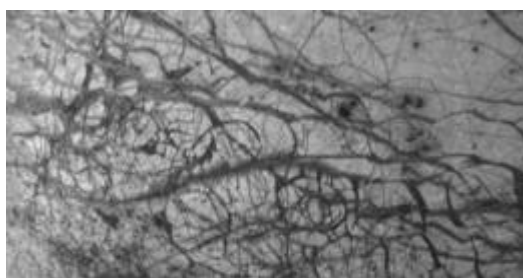
Díky složení svého povrchu je to nejsvětlejší Jupiterův měsíc. Celý její povrch je totiž tvořen ledem. Můžeme na něm pozorovat velké množství trhlin a puklin, které vznikají následkem slapových sil Jupiteru a ostatních velkých měsíců. Na následujících snímcích můžete pukliny vidět.



*Obrázek 9.299: Zvýraznění puklin,
Zdroj: NASA*

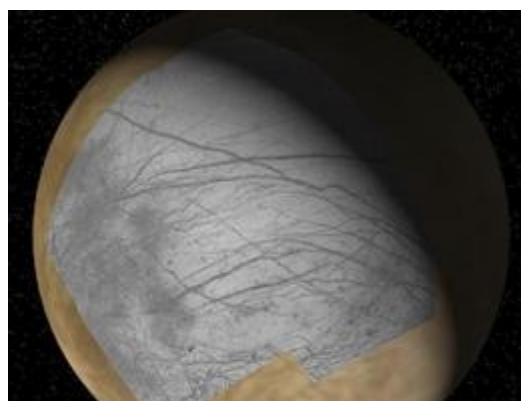


*Obrázek 9.300: Kry
Zdroj: NASA*



Obrázek 9.301: Rozpraskaný povrch,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.302: Pohled z Galilea,

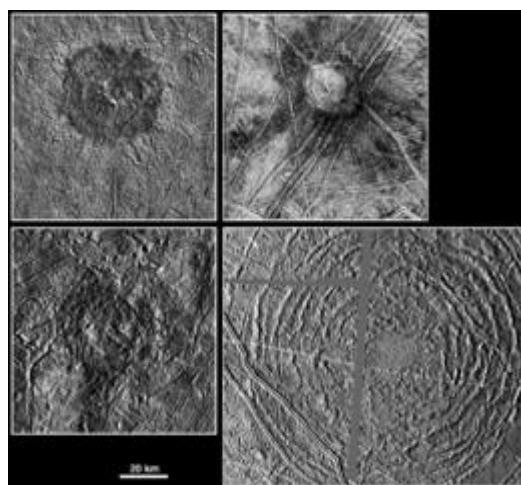
Zdroj: NASA

Impaktní krátery větší než 20 kilometrů jsou na Europě vzácností. Na obrázku vpravo se nacházejí čtyři velké impaktní krátery **Pwyll**, **Cilix**, **Tyre**, a **Mannann'an**. Malý počet kráterů naznačuje nízké stáří povrchu. Do nových kráterů, stejně jako puklin v ledu, se rychle dostane tekoucí vodo, která téměř okamžitě zmrzne. Nově vzniklé útvary jsou poměrně rychle zahlazeny.



Obrázek 9.303: Detail puklin,

Zdroj: NASA

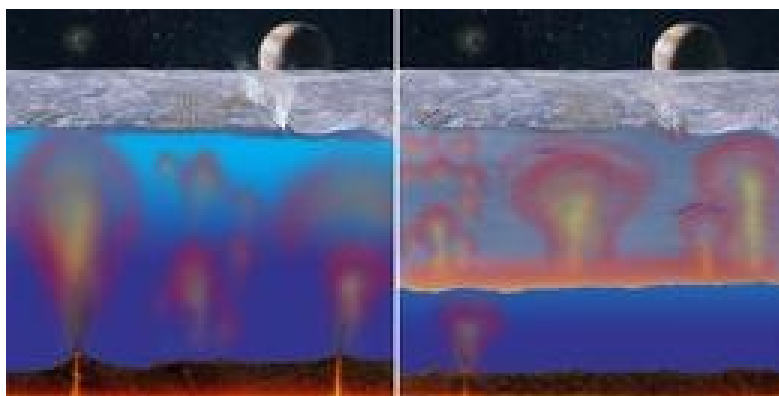


Obrázek 9.304: Krátery, Zdroj: NASA

9.11.10.1 Podpovrchový oceán

Snímky povrchu Europy naznačují, že by se pod tlustou vrstvou ledu mohl nacházet tekutý oceán. Dostatek tepla získává Europa, podobně jako Io, **slapovým ohřevem**. Zatím není jisté, jak tlustá je vrstva ledu. Možné jsou dva modely, které jsou znázorněné na dalším obrázku. Pokud je tepla dostatek, je možné, že ledová vrstva relativně tenká

(levý obrázek). Také je ale možné, že tepla není dostatek, a většina vody je zmrzlá. Ten je pak zahříván slabou vrstvou vody (pravý obrázek). Na potvrzení těchto domněnek si však budeme muset počkat.



Obrázek 9.305: Možné podoby oceánu,

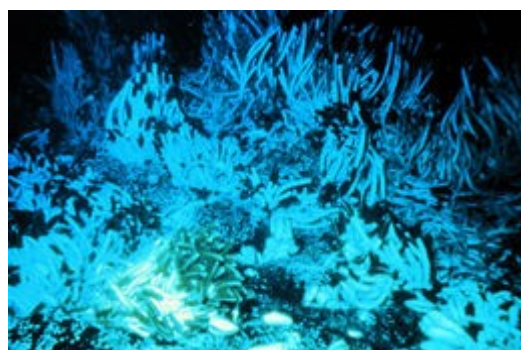
Zdroj: NASA

Po Marsu je Europa dalším kandidátem, kde je možné hledat ve sluneční soustavě život. Na metr čtvereční povrchu Europy dopadá asi třicetina světla a tepla, které dopadá na Zemi. Proto není dostatek tepla na jejím povrchu, kde se teploty pohybují okolo $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dostatek tepla ale může být na dně oceánu. I na Zemi se vyskytují organismy, které žijí v kilometrových hloubkách bez přístupu slunečního světla. Tyto organismy se shlukují v místech, kde vyvěrá voda ohřátá na geologickém podloží, které kromě tepla přináší i důležité minerály. Podobně by mohl vypadat i život na Europě.

Pro výzkum Europy je navržena sonda Evropské kosmické agentury **Jovian Europa Orbiter**. Její start není ale zatím určen. Tato sonda bude obsahovat několik částí. Kromě orbitální části a povrchového modulu bude obsahovat i malou ponorku. Po provrtání ledové vrstvy bude vypuštěna ponorka, která prozkoumá oceán. Tato mise se ale bude potýkat s velkými technickými obtížemi způsobenými například zatím neznámou tloušťkou ledu. Umělecký návrh sondy můžete vidět na dalším obrázku. Dále si můžete prohlédnout pozemské organismy, které jsou velice podobné těm, které by na Europě mohly přežít.



Obrázek 9.306: Návrh ponorky pro studium oceánu, Zdroj: NASA



Obrázek 9.307: Pozemský život na dně oceánu, Zdroj: NASA

9.11.11 Ganymedes

Ganymedes je největším měsícem Jupitera. Pojmenován byl podle **Ganymeda**, který byl číšníkem bohů a Jupiterovým oblíbencem. Průměr Ganymeda je větší než průměr planety Merkur. Proto, pokud by obíhal po samostatné dráze kolem Slunce, byl by považován za planetu. Je to zároveň jediný měsíc, u kterého bylo objeveno magnetické pole.



Obrázek 9.308: Ganymedes, Zdroj: Wikipedie

Povrch Ganymeda je velice starý a jsou na něm stopy silné geologické činnosti. Jeho povrch je rozlámáný do ker. Mezery jsou vyplněny novějším povrchem, který je zachycen na prvním z následujících snímků. Na druhém snímku je Ganymedes zachycen nejprve v infračerveném spektru, poté ve spektru viditelném a nakonec jsou oba tyto obrazy zkombinovány. Je tak možné odhalit různé složení povrchových oblastí.



Obrázek 9.309: Povrchové zlomy (450 kB), Zdroj: NASA



Obrázek 9.310: Kombinace viditelného a infračerveného snímku, Zdroj: NASA

Na povrchu Ganymedu je možné nalézt velké množství impaktních kráterů. To je dáno velkým stářím jeho povrchu a blízkostí Jupiteru. Ten svou velkou hmotností často zachycuje planetky, které následně narazí do Jupitera nebo některého z měsíců. Mezi krátery můžeme najít i **řetězce kráterů**. Způsobují je planetky, které byly ještě před dopadem roztrhány silnou gravitací Jupiteru. Všechny části si zachovávají dráhu původního tělesa a když dopadnou na nějaký měsíc vytvoří mnoho malých kráterů, které jsou umístěné těsně za sebou.

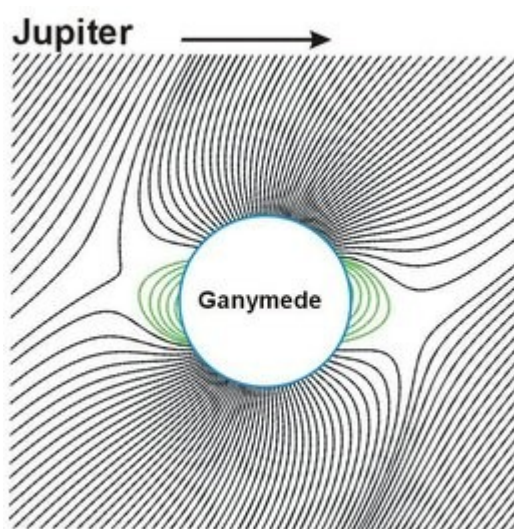


Obrázek 9.311: Nové impaktní krátery, Zdroj: NASA



Obrázek 9.312: Řetězec kráterů, Zdroj: NASA

Ganymed a Europa jsou jediné známé měsíce s detekovaným magnetickým polem. Jeho magnetické pole je patrně vytvářeno proudy v tekutém kovovém jádře. Protože se Ganymed i ostatní měsíce pohybují v Jupiterově magnetosféře, je Ganymedova magnetosféra součástí Jupiterovy. Většina magnetických indukčních čar je uzavřena v Jupiterově magnetosféře. Pouze malá část, která je na následujícím obrázku vyznačena zeleně, je uzavřena v magnetosféře Ganymeda.



Obrázek 9.313: Siločáry magnetického pole (upraveno), Zdroj: NASA

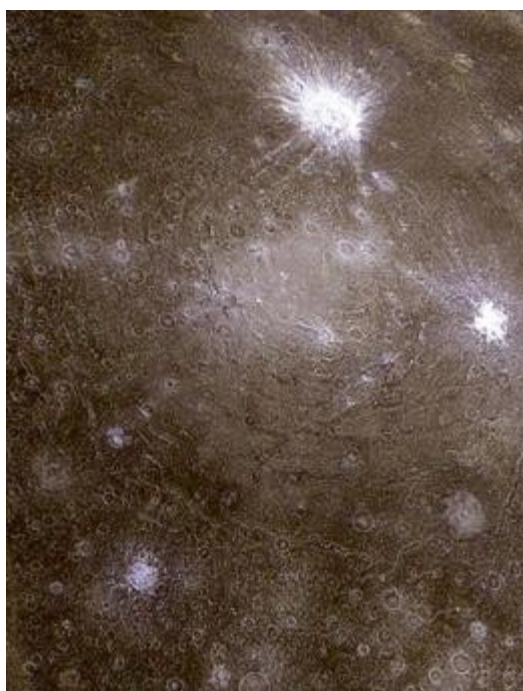
9.11.12 Callisto

Callisto je čtvrtým velkým měsícem Jupitera. Pojmenován byl podle nymfy **Callisto**, kterou žárlivá Héra proměnila v medvědici, protože si ji Zeus oblíbil. Je to třetí největší měsíc sluneční soustavy a svou velikostí je srovnatelná s Merkurem.

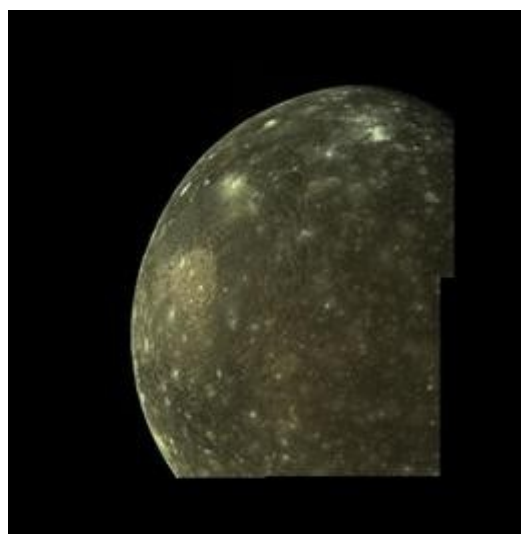


Obrázek 9.314: Callisto, Zdroj: NASA

Ze všech ostatních těles sluneční soustavy je povrch Callisto nejvíce poset krátery. Jeho stáří tak dosahuje až 4 miliardy let a vznikl tedy krátce po vzniku sluneční soustavy. Na povrchu se nacházejí dvě **impaktní pánve**. Jsou to obrovské soustředné kruhy, které vznikly následkem velké srážky. Středová část větší z nich má průměr 600 kilometrů a celkový průměr 3 000 kilometrů. Jmenuje se **Valhalla**. Menší má celkový průměr 1 600 kilometrů a jméno **Asgard**.



*Obrázek 9.315: Pánev Asgard,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.316: Pánev Valhalla,
Zdroj: NASA*

Cvičení:

Na obrázku níže jsou Jupiterovy galileovské měsíce seřazeny podle velikosti. Dokážeš je pojmenovat?

Výsledek:

V pořadí zleva: Ganymed, Callisto, Io, Europa.



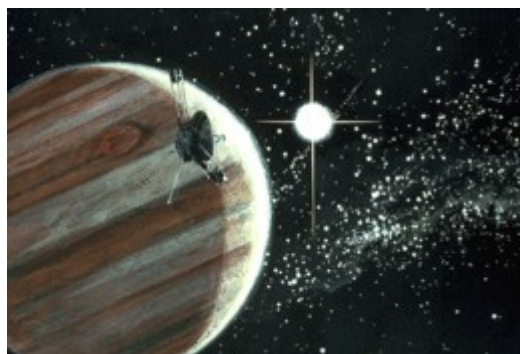
*Obrázek 9.317: Galileovské měsíce,
Zdroj: NASA*

9.11.13 Výzkum Jupiteru

První sondy, které zkoumaly Jupiter, byly sondy **Pioneer 10** a **Pioneer 11**. Ty vystartovaly v letech 1972 a 1973 a prolétly kolem Jupiteru v prosinci 1973 a 1974.



*Obrázek 9.318: Pioneer 10,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.319: Pioneer 10 u Jupiteru,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.320: Jupiter z Pioneeru 10,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.321: Jupiter z Pioneeru 10,
Zdroj: Wikipedie*

Tyto sondy byly zkonstruovány nejen pro vědecké účely, ale i pro výzkum meziplanetárního prostředí a prostředí v blízkosti Jupiteru. Jejich úkolem bylo připravit podmínky pro úspěšnou misi sond **Voyager**.



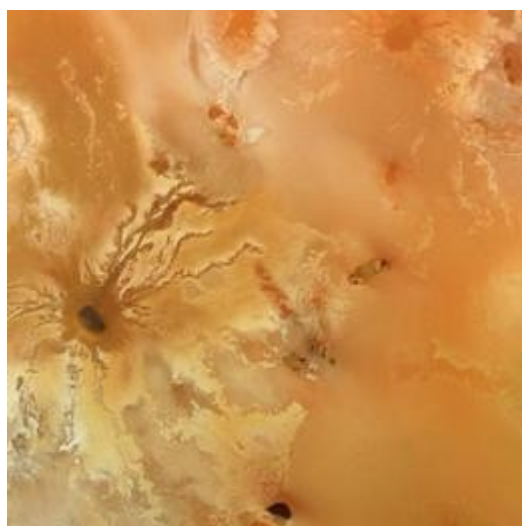
*Obrázek 9.322: Voyager 1,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.323: Start Voyageru 1,
Zdroj: Wikipedie*



*Obrázek 9.324: Animace Velké rudé
skvrny, Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.325: Io ze sondy Voyager 1,
Zdroj: Wikipedie*

Sonda **Voyager 1** vystartovala 5. září 1977 a kolem Jupiteru prolétla v březnu 1979. **Voyager 2** vystartoval 20. srpna 1977 a proletěl kolem Jupiteru v červenci roku 1979. Oba Voyagery zaznamenaly obrovské množství objevů. Objevily Jupiterovy prstence, vulkanickou činnost na měsíci Io a získaly detailní snímky velkých měsíců i Jupiterovy atmosféry.

Dalším průzkumníkem Jupiteru a jeho měsíců byla sonda **Galileo**. Na své cestě k Jupiteru fotografovala ☐ **planetky** *Ida* a *Gaspra*. Vystartovala roku 1989 a u Jupitera zakotvila v roce 1995. V tomtéž roce vypustila do atmosféry Jupitera sondu, která měřila její fyzikální i chemické vlastnosti. Před přiletem k Jupiteru pozorovala dopad komety Shoemaker-Levy 9, která zasáhla Jupiter. Mise sondy **Galileo** byla několikrát prodloužena. V roce 2003 byla sonda záměrně navedena do atmosféry, kde shořela.



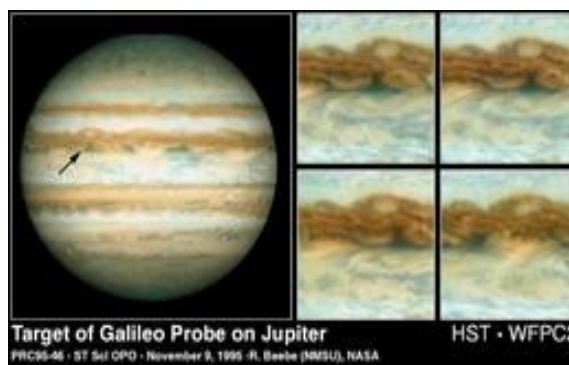
Obrázek 9.326: Sonda Galileo,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.327: *Ida* a *Dactyl* ze sondy
Galileo, Zdroj: Wikipedie



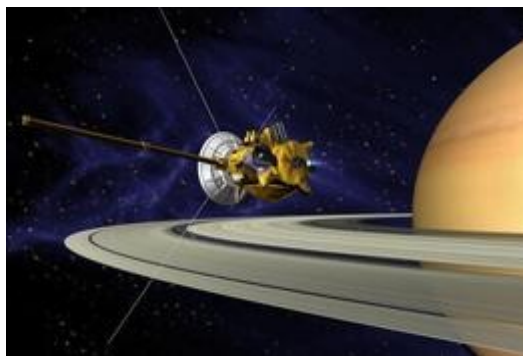
Obrázek 9.328: Sestupná část sondy
Galileo, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.329: Místo sestupu
atmosférické části sondy Galileo,
Zdroj: NASA

Dalšími sondami, které zkoumaly Jupiter, jsou sondy **Cassini-Huygens** (2000) a **New Horizons** (2007), které prolétaly kolem Jupiteru na cestě za vlastními cíli (Sa-

turn resp. Pluto). Cassini-Huygens prolétl kolem Jupitera v roce 2000, New Horizons v roce 2007.



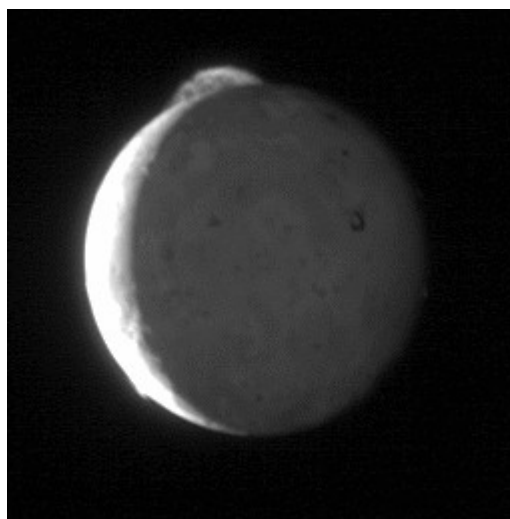
Obrázek 9.330: Sonda Cassini–Huygens, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.331: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA

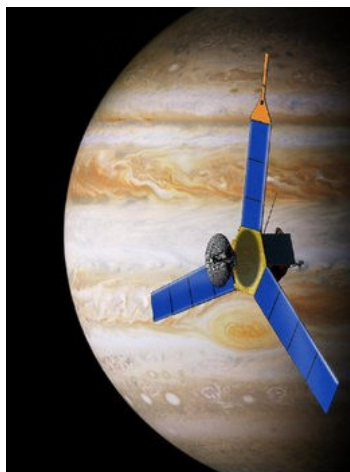


Obrázek 9.332: New Horizons, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.333: Erupce Tvashtar catena, Zdroj: NASA

V budoucnosti plánuje NASA sondu **Jupiter Polar Orbiter (Juno)**. Její start je plánován na rok 2011. Další plány počítají s průletovými sondami **Jupiter Flyby with Probes**, které by měly startovat roku 2020. Dalším tělesem, které bude v následujících desetiletích čelit zájmu kosmických sond, bude měsíc Europa. Na rok 2015 je plánována sonda **Europa Explorer** a v roce 2030 přistání se sondou **Europa Lander**.



*Obrázek 9.334: Juno,
Zdroj: juno.wisc.edu*

9.12 Saturn

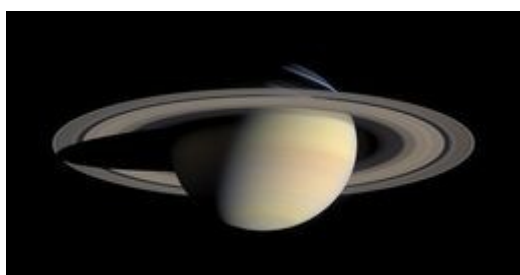
9.12.1 Saturn

Saturn je šestá planeta sluneční soustavy. Pojmenována byla podle římského boha času, kalendáře, zemědělství a sklizně **Saturna**. Jeho řeckým protějškem byl **Kronos**. Saturnovým otcem byl Uran, jeho synem pak Jupiter. Hebrejci tuto planetu pojmenovali jako **Shabbathai**, Turci jako **Zuhal** a v Indii se používal název **Sani**. Saturn je nejvzdálenější planetou, kterou je možno pozorovat pouhým okem.



Obrázek 9.335: Saturn, Zdroj: Wikipedie

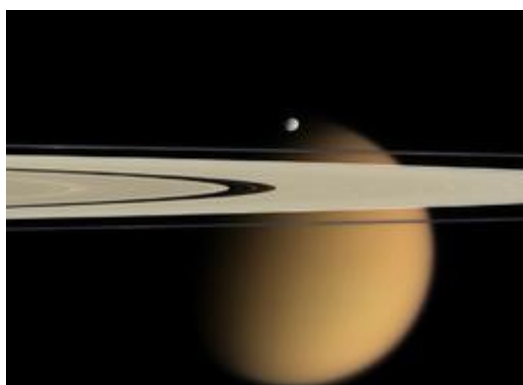
Na většině Saturnových snímcích nejvíce zaujmou jeho prstence. Protože nejsou viditelné pouhým okem, byly objeveny až v sedmnáctém století. Skládají se z myriád prachových zrněk. Největší části prstenců dosahují velikosti pouhých několika desítek metrů.



Obrázek 9.336: Saturn

 Velké rozlišení 5,0 MB, Zdroj: NASA

Dnes je známo celkem 60 přirozených satelitů Saturnu. Tento počet ale jistě v budoucnosti poroste. Podrobným zkoumáním se ukazuje, že každý měsíc je individualitou. Nejsou zde dva měsíce, které by si byly podobné. Největším měsícem je **Titan**, druhý největší měsíc sluneční soustavy a jediný měsíc s hustou atmosférou. Měsíc **Enceladus** vykazuje kryovulkanickou aktivitu a vysílá do svého okolí proudy ledových částíček a plynu.



*Obrázek 9.337: Titan, Epimetheus
a prstence, Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.338: Enceladus,
Zdroj: Wikipedie*

9.12.2 Vnitřní stavba

Saturn je druhá největší planeta sluneční soustavy. Jeho rovníkový průměr je 120 000 kilometrů. Jeho polární průměr je 108 000 kilometrů. To znamená, že ze všech planet je Saturn nejvíce zploštělý do tvaru rotačního elipsoidu. Další zajímavostí Saturnu je jeho průměrná hustota. Ta totiž dosahuje pouze $700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. To je méně než hustota vody v pozemských podmínkách, která je $1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Saturn by tedy v oceánu plaval. Saturn je jediná planeta, která má nižší průměrnou hustotu než voda.



Obrázek 9.339: Saturn



Velké rozlišení 5,0 MB, Zdroj: NASA

Saturn je plynná planeta. To znamená, že nad relativně malým jádrem se rozprostírá obří atmosféra. **Jádro** Saturnu je pravděpodobně složeno z těžších prvků, které se nacházejí i na Zemi. Jeho velikost je však ve srovnání se Zemí trojnásobná a předpoklá-

daná teplota dosahuje téměř 12 000 °C. Nad jádrem se nachází rozsáhlá vrstva vodíku v (metalickém) stavu, který tvoří **plášť** Saturnu. **Metalický (kovový) vodík** je forma vodíku, která vzniká při jeho velkém stlačení. Elektronové obaly molekul vodíku jsou roztrhány a elektrony se tak pohybují volně mezi jádry vodíku. Protože mají stejné vlastnosti i kovy, chová se tato část planety, jako kdyby byla tvořena kovem. Díky velké vrstvě tohoto „kovu“ je generována silná Saturnova **magnetosféra**. Celkové zastoupení prvků, které tvoří Saturn, je v následující tabulce. Další stopové prvky, jako je voda, metan, amoniak a těžší prvky jsou zastoupeny v malém počtu. Složení nitra Saturnu se odlišuje od složení jeho atmosféry. Ta je rozebrána níže.

Složení planety

Vodík (H₂) 75 %

Helium 25 %

Tabulka 9.17: Chemické složení Saturnu

Nejvyšší vrstvu tvoří **atmosféra**. Jádro volně přechází v oceán kapalného vodíku a hélia a tento oceán opět volně přechází v atmosféru, která je tvořena molekulárním vodíkem (H₂) a héliem. Tyto přechody jsou pozvolné a proto nemůžeme hovořit o povrchu plyných planet. Plynná část atmosféry zasahuje až 1 000 kilometrů pod viditelné vrcholky mraků, které můžeme pozorovat. V následující tabulce je vypsáno složení Saturnovy atmosféry.

Složení atmosféry

Vodík (H₂) 96 %

Helium 3 %

Metan 0,4 %

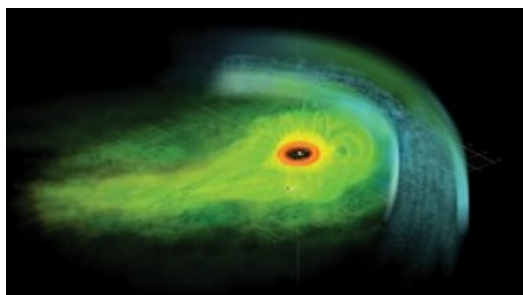
Amoniak 0,01 %

Tabulka 9.18: Chemické složení Saturnovy atmosféry

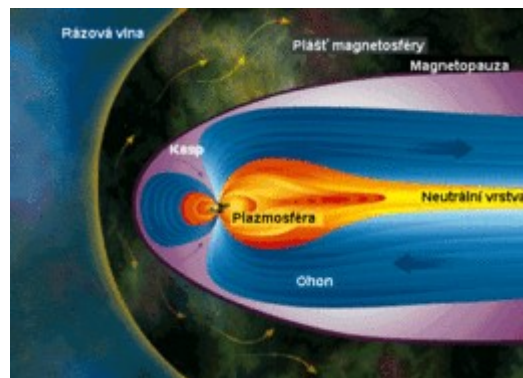
9.12.3 Magnetosféra

Magnetosféra je vytvářena díky vrstvě metalického vodíku. Uvnitř Saturnovy magnetosféry se nacházejí jeho prstence i mnohé měsíce. Na následujícím obrázku je

magnetosféra vizualizována. Co do tvaru vypadá Saturnova magnetosféra podobně jako zemská. Na straně přivrácené ke Slunci je stlačována slunečním větrem a na odvrácené straně je vytvářen dlouhý ohon. Magnetické pole je asi 580krát větší než zemské, ale 30násobně menší než magnetické pole Jupiteru.



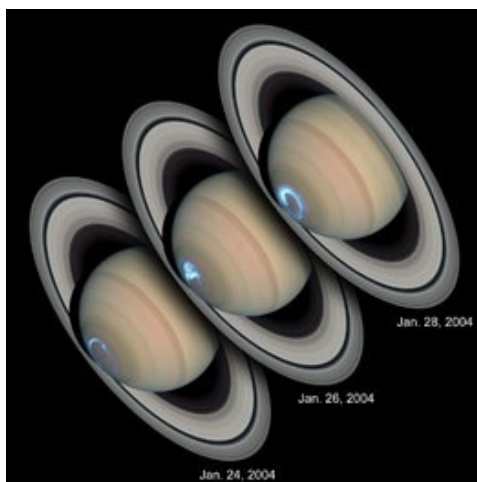
Obrázek 9.340: Vizualizace magnetosféry, Zdroj: NASA



Obrázek 9.341: Saturnova magnetosféra, Přeloženo z angličtiny, Zdroj: yesserver.space.swri.edu

9.12.3.1 Polární záře

Díky rozsáhlé magnetosféře můžeme v okolí Saturnových magnetických pólů pozorovat polární záře. Jedná se o obdobu polárních září, které můžeme pozorovat na Zemi. Na dalších obrázcích můžete polární záře pozorovat.



Obrázek 9.342: Vývoj polární záře, Zdroj: NASA

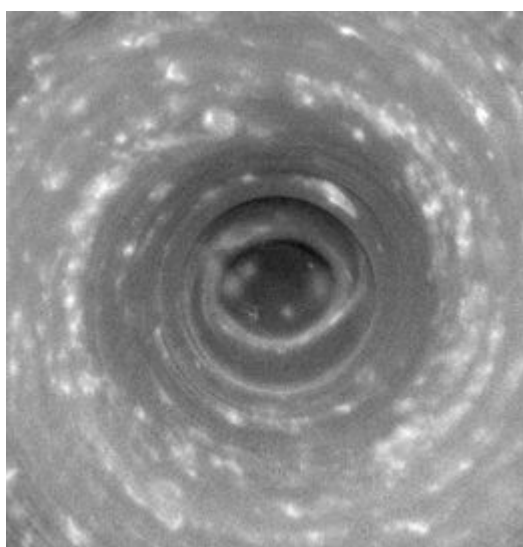


Obrázek 9.343: Polární záře, Zdroj: NASA

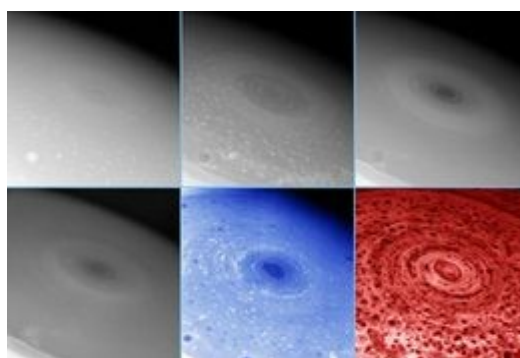
9.12.4 Polární oblasti

Obě polární oblasti Saturnu jsou velice zajímavé. Na obou byly nalezeny zajímavé útvary, které nemají v atmosférách ostatních planet obdobu.

Na jižním pólu objevila sonda **Cassini** obrovskou cyklónu. Její průměr je 8 000 kilometrů. Rychlost větru dosahuje až 550 km/h. Tato cyklóna pevně usazena nad jižním pólem planety. Zatím není jasné, jak se bude v budoucnu vyvíjet.  [Zde \(500 kB\)](#) si můžete přehrát sérii po sobě zachycených snímků.

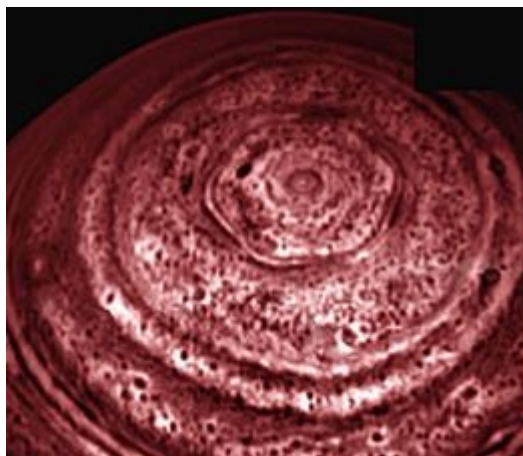


Obrázek 9.344: Cyklóna nad jižním pólem, Zdroj: NASA

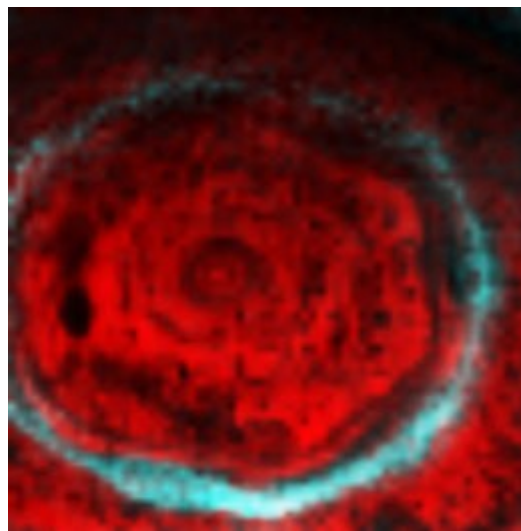


Obrázek 9.345: Jižní pól v několika spektrech, Zdroj: NASA

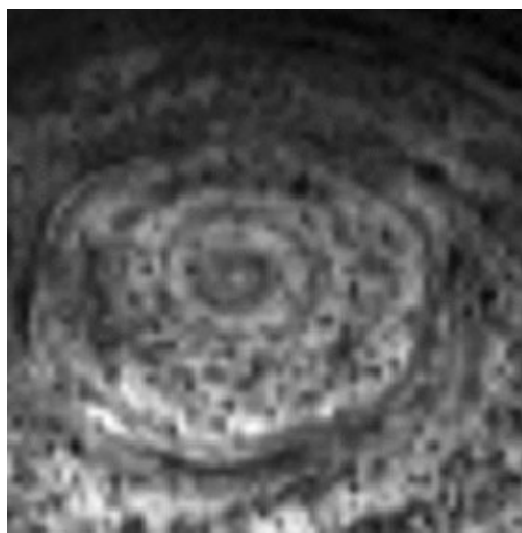
Na severním pólu byla v roce 1980 sondou **Voyager** šestiúhelníková struktura v mracích. Můžete ji vidět na následujících obrázcích. Zvláštností je, že šestiúhelník je stálý, nerozpadá se a rotuje jako celek. Délka jedné jeho strany je 13 800 kilometrů a rotační perioda je 10 hodin a 39 minut. Způsob jeho vzniku je zatím neznámý. Jeho obrázky a animaci jeho pohybu najdete níže.



Obrázek 9.346: Šestiúhelník na severním pólu, Zdroj: Wikipedie



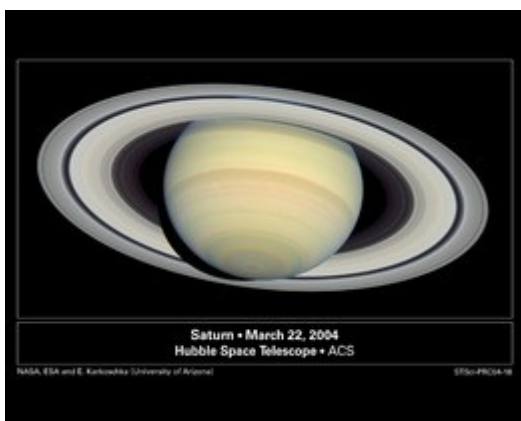
Obrázek 9.347: Polární záře nad severním pólem, Zdroj: NASA



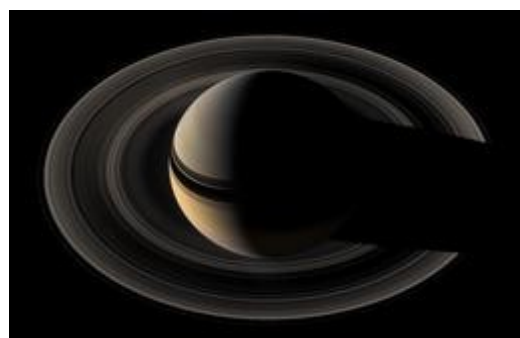
Obrázek 9.348: Animace pohybu na severním pólu (4,0 MB), Zdroj: NASA

9.12.5 Saturnovy prstence

Při pohledu na planetu Saturn každého nejdříve upoutá jeho rozsáhlá soustava prstenců, která předčí prstence všech ostatních planet. Prstence Saturnu byly známy již od prvních pozorování dalekohledem **Galileo Galilei** v roce 1610. V roce 1655 je **Christian Huygens** popsal jako disk. Průměr soustavy prstenců je až 280 000 kilometrů. Jejich tloušťka ale nedosahuje ani jednoho kilometru.



Obrázek 9.349: Saturn z pohledu Hubblova kosmického dalekohledu (0,5 MB), Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.350: Stín planety Saturn na prstencích (0,5 MB), Zdroj: NASA

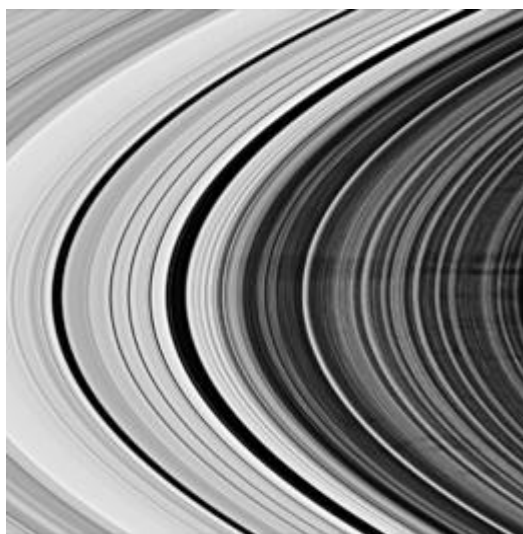
Prstence jsou tvořeny obrovským počtem částic. Jejich velikosti se pohybují od milimetrů po desítky metrů. Částice v prstencích se často spojují do větších celků a opět se rozpadají. Složeny jsou především z ledu.



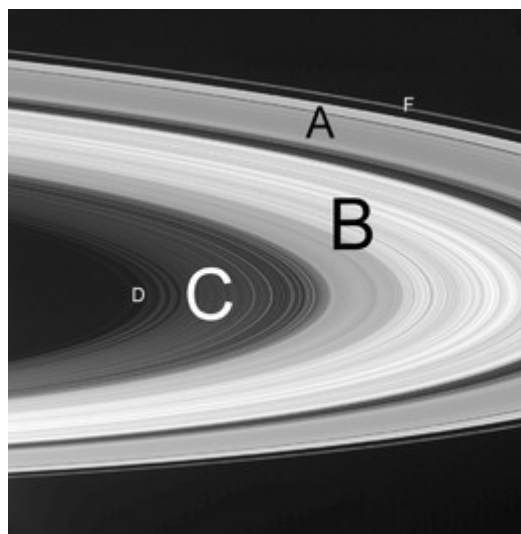
Obrázek 9.351: Prstence (planeta byla odstraněna), Zdroj: NASA

Stáří soustavy prstenců není známo. Podle některých teorií je prstenec stejně starý jako Saturn. Podle jiných vznikl relativně nedávno (před 100 miliony lety). Není proto zatím jisté, zda měl Saturn prstence vždy, ani zda je bude mít i nadále. Prstence vznikly pravděpodobně rozpadem měsíce o průměru přibližně 300 kilometrů.

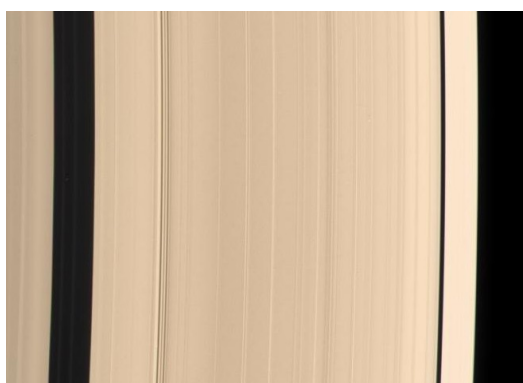
V minulosti byly prstence chápány jako pevný disk, který se pohybuje nad Saturnovým rovníkem. V roce 1675 však italský astronom **Giovanni Domenico Cassini** objevil v prstenci mezeru, která se nazývá **Cassiniho dělení**. Začalo být zřejmé, že prstenec nemůže být pevný objekt. První kosmické sondy zjistily, že prstence se dělí na další menší skupiny. Dnes je jasné, že každý prstenec se dělí na velký počet slabších prstýnků. Prstence se označují jako prstenec A, B, C, D, E, F a G.



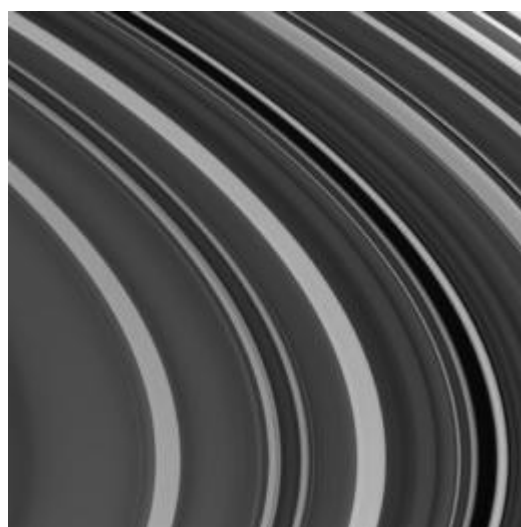
Obrázek 9.352: Detail prstenců,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.353: Prstence s popisky,
Zdroj: Wikipedie

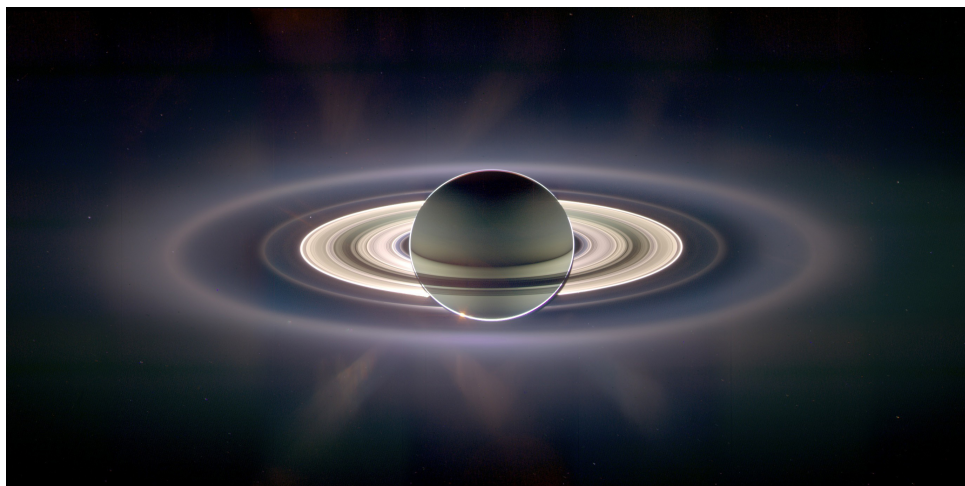


Obrázek 9.354: Barevný detail všech
prstenců (0,6 MB), Zdroj: NASA



Obrázek 9.355: Detail prstenců,
Zdroj: NASA

Ze Země je pozorovatelná jen část prstenců. za hranicí hlavních prstenců se nachází ještě početná skupina mnohem slabších prstenců. Tyto prstence byly objeveny až planetárními sondami. Na dalším snímku můžete vidět celou Saturnovu soustavu prstenců, jak ji zachytila sonda **Cassini**. V době vzniku snímku byla sonda v Saturnově stínu. Slunce tedy osvětlovalo všechny prstence.



Obrázek 9.356: Zatmění Slunce z pohledu sondy Cassini, Zdroj: NASA

Úkol:

Proč nemůže být soustava prstenců Saturnu pevným diskem?

Výsledek:

Pevný disk by se vlivem vnitřního pnutí rozpadl. Podle Keplerových zákonů mají vzdálenější tělesa delší oběžnou dobu než bližší. U pevného disku by musely všechny části obíhat Saturn stejnou rychlostí. To však není podle Keplerových zákonů možné.

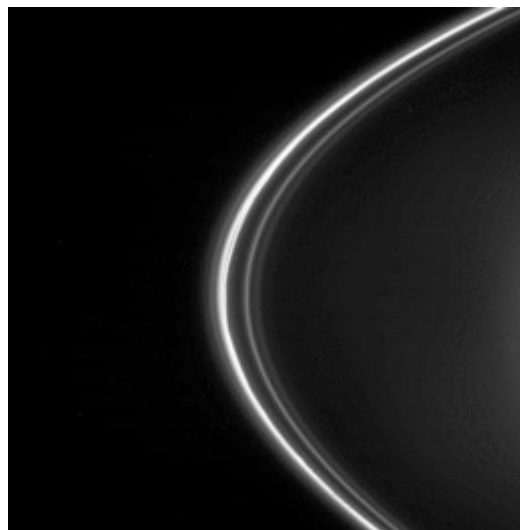
9.12.5.1 Pastýřské měsíce

V rovině prstenců se vyskytuje několik malých měsíců. Tyto měsíce jsou označovány jako **pastýřské měsíce**. Pojmenování vychází z toho, že měsíce svým gravitačním působením udržují strukturu prstenců. Pokud se měsíc nachází uvnitř prstence, zachycuje částice ve svém okolí a vytváří tak mezery v prstencích. Některé měsíce mohou být naopak příčinou vzniku prstence. Například na měsíci Enceladus se nacházejí gejzíry,

které vyvrhují značné množství ledu a plynu. Je tak vytvářen tenký prstenec označený jako *prstenec E*.



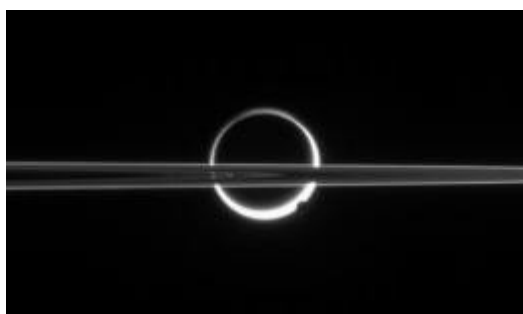
Obrázek 9.357: *Prometheus odsává materiál z prstence, Zdroj: NASA*



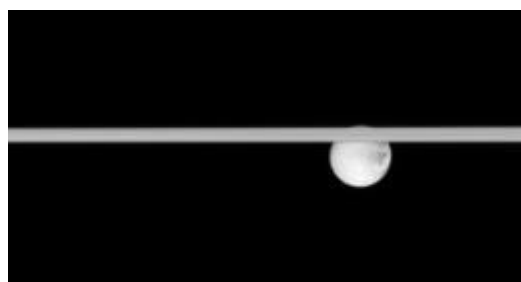
Obrázek 9.358: 🎞 Animace uchání prstenců pastýřským měsícem, Zdroj: ciclops.org

9.12.6 Měsíce Saturnu

Dnes je známo již 60 přirozených satelitů Saturnu. Jejich kompletní výčet můžete nalézt na konci tohoto článku nebo také například [zde \(anglicky\)](#) a na stránkách astro.pef.zcu.cz (česky).



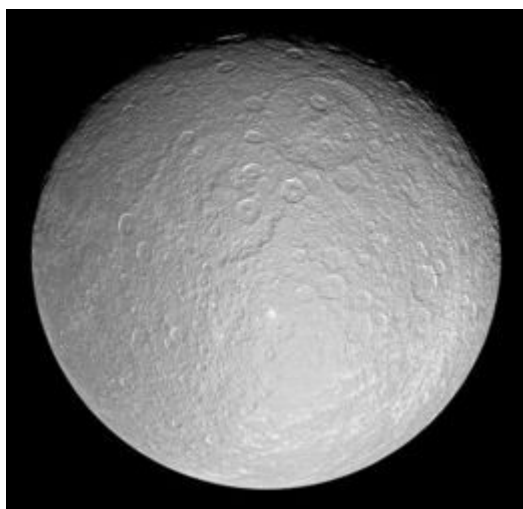
Obrázek 9.359: *Prstence a měsíce Titan a Enceladus, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.360: *Měsíc Dione, Zdroj: NASA*

Největším měsícem je **Titan**, o kterém pojednává samostatný článek. Druhým největším měsícem je měsíc **Rhea**. Ten byl objeven roku 1672 **Giovannim Cassinim**. Prů-

měr Rhey je 765 kilometrů. V nedávné době bylo předpovězeno, že tento měsíc může mít svou vlastní soustavu prstenců. V současnosti není znám žádný „měsíc měsíce“. Vznik podobné soustavy neumožňuje planeta, která by svým gravitačním polem takovou soustavu brzy rozbila. Měsíc Rhea je ale dostatečně velký na to, aby si mohl udržet malou soustavu prstenců. Tato domněnka je podepřena měřeními magnetometrů na palubě sondy **Cassini**. Zatím se existenci prstence nepodařilo potvrdit.



Obrázek 9.361: Rhea

 Velké rozlišení 2,3 MB, Zdroj: NASA



Obrázek 9.362: Možný prstenec
u měsíce Rhea, Zdroj: NASA

Dalším zajímavým měsícem je **Iapetus** (někdy psáno též jako Japetus). Na jeho rovníku se nachází až 20 kilometrů vysoký horský hřeben, který se táhne po celé jeho délce. Jak tento hřeben vznikl, je dodnes záhadou. Další záhadou je jeho povrch. Jedna jeho polokoule je velice tmavá (odráží jen asi 3–5 % světla, které na ni dopadne) zatímco druhá polokoule je světlá (odráží až 50 % světla). Způsob vzniku je pravděpodobně v tom, že na náběžnou stranu měsíce dopadá tmavý materiál, který se nachází v blízkosti jeho trajektorie. Protože má Iapetus (stejně jako ostatní měsíce) vázanou rotaci, je náběžná strana stále stejná a materiál se tak neusazuje na opačnou polokouli.



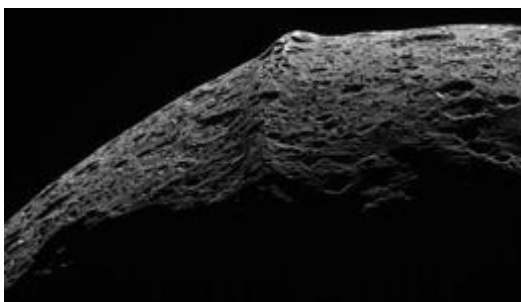
Obrázek 9.363: *Iapetus*

 Velké rozlišení 1,6 MB, Zdroj: NASA



Obrázek 9.364: *Tmavá strana Iapeta,*

Zdroj: NASA



Obrázek 9.365: *Rovníkový hřeben,*

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.366: *Přechodná zóna,*

Zdroj: NASA

Zajímavý je i měsíc **Mimas**. Se svým průměrem 400 kilometrů se stále řadí mezi větší měsíce. Na tomto měsíci je nejzajímavější obrovský (na jeho poměry) kráter Herschel s průměrem 130 kilometrů. Srážka, která vytvořila takto velký kráter, měsíc téměř roztrhala na kusy.



Obrázek 9.367: Mimas, Zdroj: NASA

Cvičení:

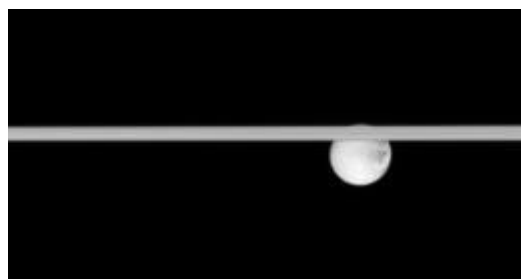
Nepřipomíná vám měsíc Mimas nějaký objekt ze slavného filmu?

Výsledek:

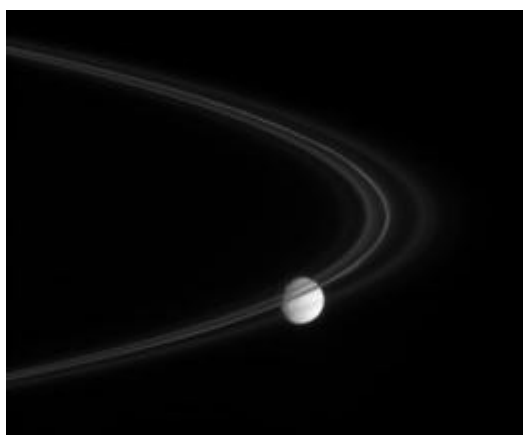
Hvězda smrti (Death Star) z Hvězdných válek (Star Wars). Obrázek je [zde](#).



*Obrázek 9.368: Prstence a měsíce Titan
a Enceladus, Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.369: Měsíc Dione,
Zdroj: NASA*



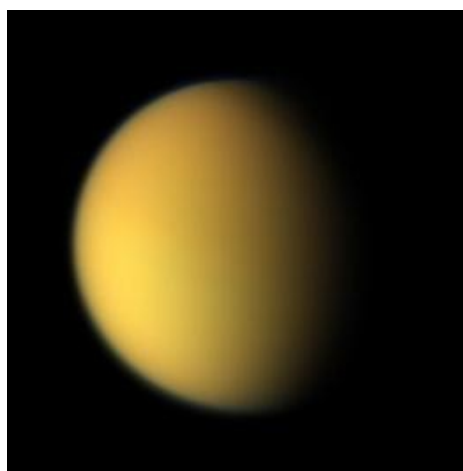
*Obrázek 9.370: Měsíc Mimas,
Zdroj: NASA*



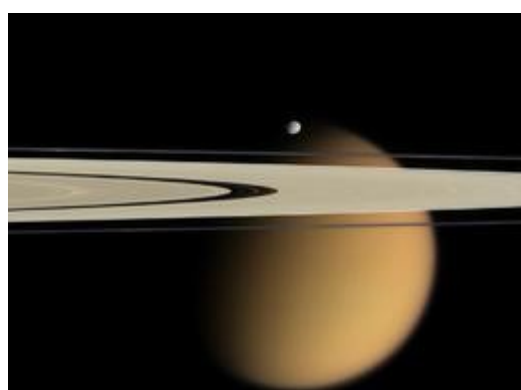
*Obrázek 9.371: Prometheus odsává
materiál z prstence, Zdroj: NASA*

9.12.7 Titan

Titan je největší z měsíců planety Saturn. Je to druhý největší měsíc sluneční soustavy a je dokonce větší než planeta Merkur. Byl objeven v roce 1655 holandským astronomem **Christiaanem Huygensem**. Pojmenován byl po **Titánech**, synech boha **Ura**na a bohyně **Gaie**.



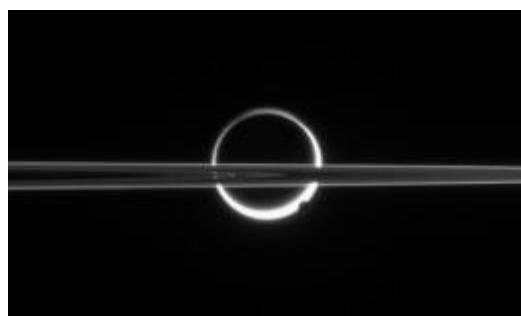
Obrázek 9.372: Titan, Zdroj: NASA



*Obrázek 9.373: Titan, Epimetheus
a prstence, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.374: Titan, Dione
a prstence, Zdroj: NASA



Obrázek 9.375: Prstence a měsíce Titan
a Enceladus, Zdroj: NASA

Úkol:

Titan je větší než Měsíc. Které další přirozené satelity planet jsou větší než Měsíc?

Výsledek:

Je to Ganymedes a Callisto, oba měsíce Jupitera.

9.12.7.1 Atmosféra

Titan je jediným měsícem, který má silnou atmosféru. Jeho atmosféra je složena především z dusíku a malé části metanu. Tabulka jejího složení se nachází pod tímto odstavcem. Tlak na povrchu tohoto měsíce je asi 1,5krát větší než na Zemi. Atmosféra není průhledná, a tak většina Titanova povrchu je známa jen z radarových měření.

Složení atmosféry

Dusík	98,4 %
Metan	1,6 %

Tabulka 9.19: Chemické složení atmosféry Titanu

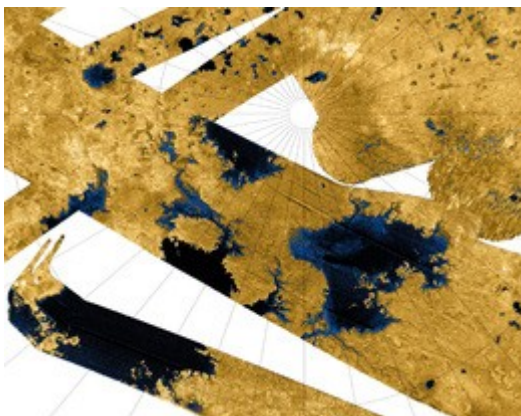


Obrázek 9.376: Atmosféra Titanu, jak ji viděl Voyager 1, Zdroj: Wikipedie

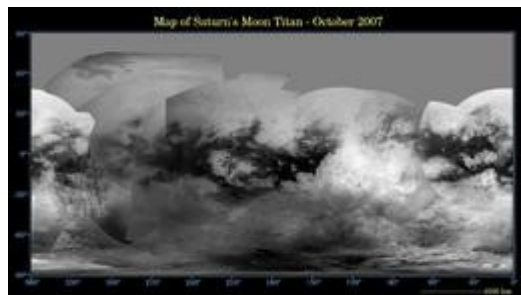
Atmosféra sahá až do výše 200 kilometrů. Její neprůhlednost pravděpodobně způsobují složité uhlovodíky. Teplota na povrchu se pohybuje kolem $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$. V okolí této teploty se metan může vyskytovat ve všech třech skupenstvích, podobně jako voda na Zemi.

9.12.7.2 Povrch

Z Titanova povrchu jsou známy především části, které vyfotografovala sonda **Huygens** a části, které radarově změřila sonda **Cassini**. Podle měření sondy **Cassini** se v současnosti v okolí jižního pólu nacházejí rozsáhlé oblasti, které jsou pokryty kapalnými uhlovodíky. Břehy těchto jezer byly patrné i na snímcích sondy **Huygens**. V okolí jejího přistání ale žádná jezera pozorovaná nebyla. Podle známé dynamiky atmosféry nejsou jezera na Titanu stálá. Na severní polokouli se jezera vypařují a kondenzují na jižní polokouli. Proto jsou jezera pozorována jen v okolí jižního pólu. Jezera jsou patrná na radarových snímcích jako tmavé oblasti, protože hladké plochy radarové vlny nerozptylují.



Obrázek 9.377: Jezera na severním pólu Titanu, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.378: Mapa známého povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie

Úkol:

Najdi způsob využití poznatku, kdy je využita vlastnost hladkého povrchu, který nerozptyluje radarové vlny.

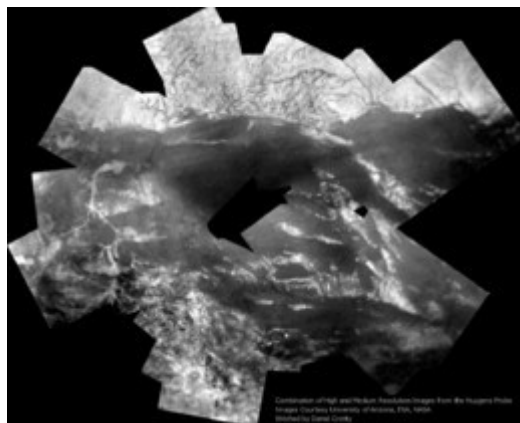
Výsledek:

Je to například u vojenských letadel typu Stealth, které jsou díky svému tvaru (a použitým materiálům) „neviditelné“.

Na snímcích, které při svém sestupu vytvořila **Huygens**, jsou patrná říční koryta. Ta dokládají, že v určitých fázích Titanova roku se na jeho povrchu nachází kapalina, která tato koryta vytváří. Fotografie ze sestupu sondy **Huygens** jsou na následující sérii obrázků.



Obrázek 9.379: První dostupný snímek povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.380: Mozaika sestupových snímků, Zdroj: anthony.lieken.net



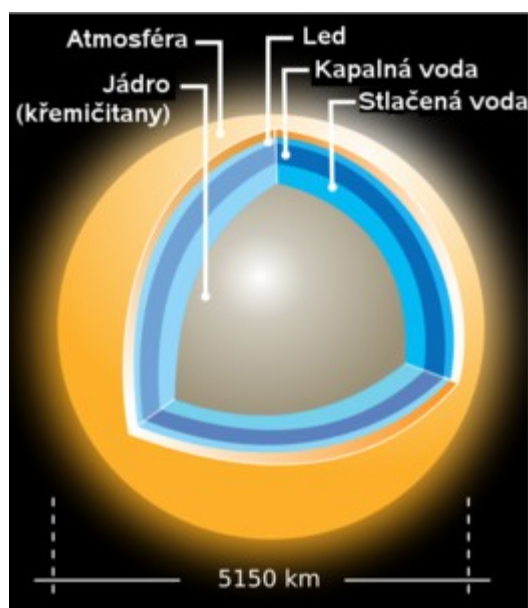
Obrázek 9.381: Detail povrchu Titanu, Zdroj: anthony.lieken.net



Obrázek 9.382: První dostupný snímek povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie

9.12.7.3 Nitro

O vnitřní stavbě Titanu toho v současnosti není příliš známo. Podle měření sondy **Cassini** se zdá, že pod pevnou kůrou, která tvoří povrch, se nachází oceán tekuté vody, na které kůra „plave“.



Obrázek 9.383: Vnitřní struktura

Titanu, Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: Wikipedie

Charakteristika

Poloměr	2 575 km
Hmotnost	1 345,5 1020 kg
Střední vzdálenost	1 121 830 km
Sklon dráhy	0,33°
Výstřednost dráhy	0,029 192
Oběžná doba	15,945 420 68 dní
Rotační perioda	15,945 420 68 dní
Gravitační zrychlení na rovníku	1,352 m·s ⁻²
Hustota	1 881 kg·m ⁻³

Tabulka 9.20: Charakteristika měsíce Titan

9.12.8 Enceladus

Měsíc Enceladus byl objeven **Williamem Herschellem** v roce 1789. Pojmenován byl po jednom z **Titánů**. Až do přiletu sondy **Cassini** to byl poměrně nezajímavý měsíc. Jeho jediná výjimečnost tkvěla v tom, že jeho povrch měl ze všech těles sluneční soustavy největší odrazivost (*albedo*).



*Obrázek 9.384: Enceladus,
Zdroj: Wikipedie*

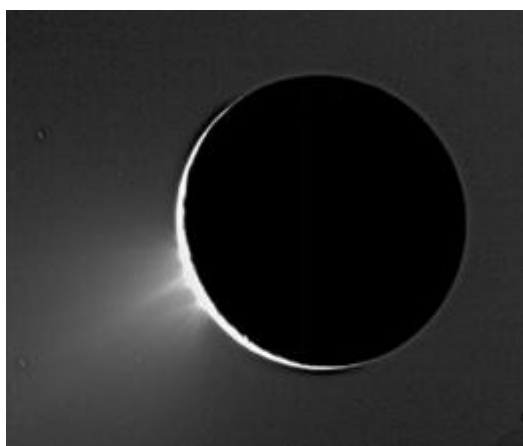


*Obrázek 9.385: Enceladus a Titan,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.386: Srovnání velikosti
Enceladu a Britských ostrovů,
Zdroj: NASA*

Na novějších snímcích sondy **Cassini** byly objeveny výtrysky plynu z povrchu tohoto měsíce (na následující sérii snímků). Při dalším průletu okolo tohoto měsíce se sonda **Cassini** odvážíla proletět tímto výtryskem a vyfotografovat oblast, kde výtrysk vzniká. Podle analýzy proudu částic se jedná o ledové částičky.

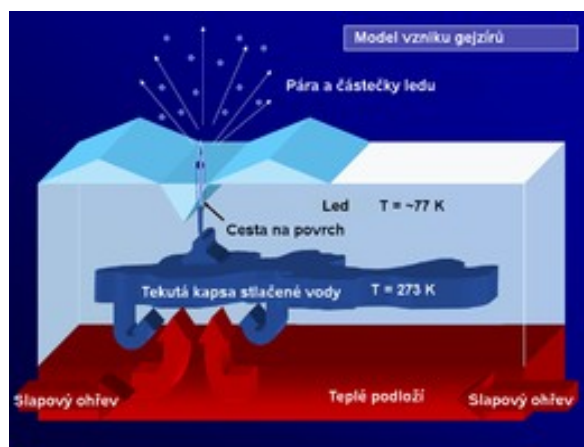


Obrázek 9.387: Výtrysk plynu z povrchu Enceladu, Zdroj: NASA

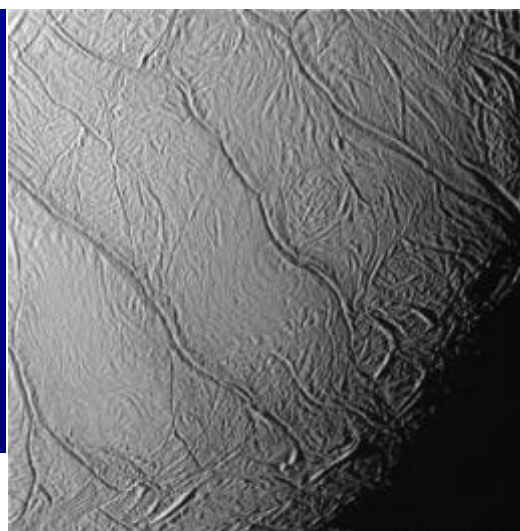


Obrázek 9.388: Měsíc Enceladus a prstenec F, Zdroj: NASA

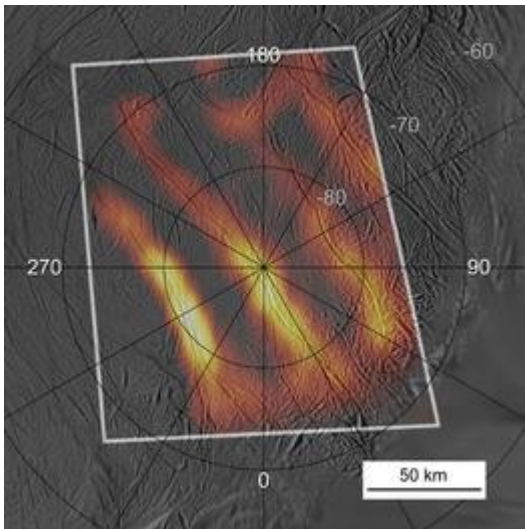
Již dříve bylo jasné, že povrch Enceladu je tvořen vodním ledem. Pod vrstvou ledu se mělo nacházet pevné skalní podloží. Podle aktivity měsíce se předpokládá, že skalní podloží je zahříváno **slapovým ohřevem**. S ním jsme se už dříve setkali například u Merkuru. Teplé podloží vytváří „kapsy“ kapalné vody. Když tlak v této kapse vlivem zvyšující se teploty stoupne, vytvoří se v povrchovém ledu puklina a část kapalné vody je katapultována do okolního prostoru. Voda samozřejmě téměř okamžitě zmrzne. Na dalších snímcích můžete vidět schéma vzniku tohoto úkazu a fotografie jižního pólu Enceladu.



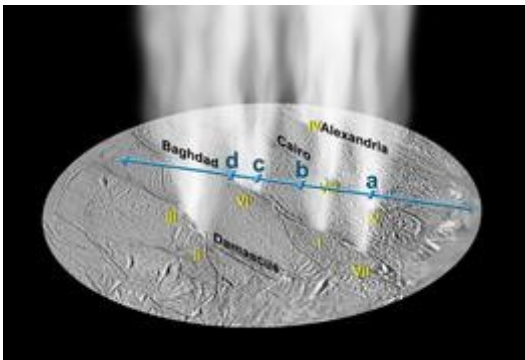
Obrázek 9.389: Způsob vzniku výtrysků
Přeloženo z angličtiny,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.390: Tygří škrábance,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.391: Teplotní mapa jižního pólu Enceladu (0,5 MB), Zdroj: NASA



Obrázek 9.392: Označení míst výtrysků (0,4 MB), Zdroj: NASA

Měření teploty povrchu ukazují, že na jižním pólu tohoto měsíce je povrchová teplota ledu o 93 °C vyšší než na severním. Teplejší oblasti jsou vidět na předchozích obrázcích. Srovnáním tepelných map a skutečných fotografií je jasné, že teplejší oblasti se nacházejí přesně v místech tzv. „tygřích škrábanců“. Zde se nacházejí místa, odkud vycházejí ledové výtrysky (na posledním z předchozích obrázků).

Charakteristika

Rozměry (km)	256,3×247,3×244,6 km
Hmotnost ()	0,73
Střední vzdálenost	238 020 km
Sklon dráhy	0,00
Výstřednost dráhy	0,004 52
Oběžná doba	1,370 217 855 dní
Rotační perioda	1,370 217 855 (dní)
Gravitační zrychlení na rovníku	0,111 m·s ⁻²
Hustota	1 200 kg·m ⁻³

Tabulka 9.21: Charakteristika měsíce Enceladus

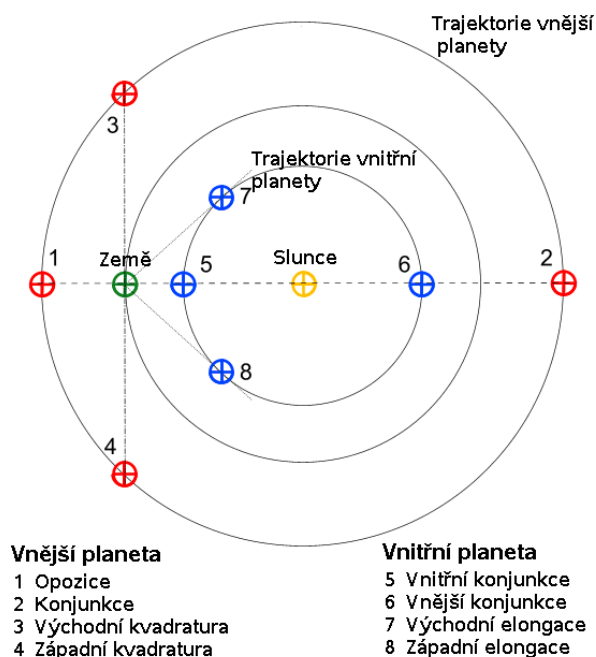
9.12.9 Pozorování planety Saturn

Saturn je druhá největší planeta sluneční soustavy a proto je na noční obloze dostatečně jasná na to, aby byla pozorovatelná pouhým okem. Zároveň je to poslední planeta, která je pozorovatelná. Uran a Neptun již pouhým okem neuvidíte.



Obrázek 9.393: Saturn v malém dalekohledu, Zdroj: home.zcu.cz/~smid

Saturn a ostatní vnější planety nevykazují fáze jako Měsíc a vnitřní planety. Je to proto, že Země je vzhledem k jejich vzdálenosti vždy blízko u Slunce a ze všech částí její trajektorie je vždy viditelná většina osvětlené části (nejméně 90 %). Nejlepší pozorovací podmínky nastávají, když je Saturn na opačné straně od Slunce než Země (v *opozici*). Co to je opozice snadno pochopíte z následujícího obrázku. Saturn, Země a Slunce se v tu chvíli nacházejí v blízkosti jedné přímky tak, že Země je mezi oběma tělesy. Vzdálenost Země–Saturn je tedy nejkratší.



Obrázek 9.394: Významné pozice planet

Upraveno v GIMPu, Zdroj: astunit.com

Již v malém dalekohledu jsou pozorovatelné jeho prstence. Nejsou ale pozorovatelné vždy stejně. Saturnova osa rotace je skloněna o $26,73^\circ$ od roviny trajektorie. Rovina prstenců je tedy od roviny trajektorie skloněna o stejný úhel. Při pozorování prstenců je tedy důležité, jak je k nám Saturn nakloněn.



Obrázek 9.395: Saturn v roce 2004,

Zdroj: home.zcu.cz/~smid



Obrázek 9.396: Saturn v roce 2005,

Zdroj: home.zcu.cz/~smid



Obrázek 9.397: Saturn v roce 2007,

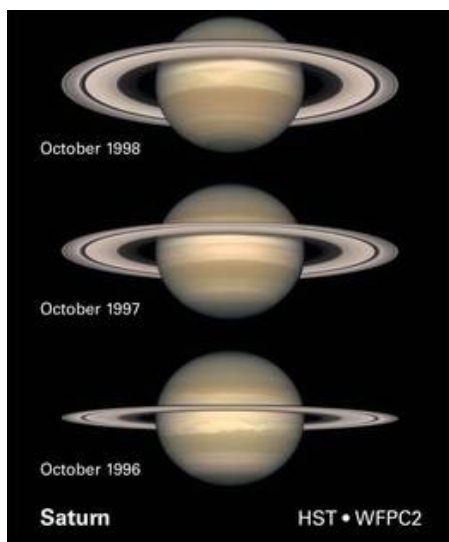
Zdroj: home.zcu.cz/~smid



Obrázek 9.398: Saturn v roce 2008,

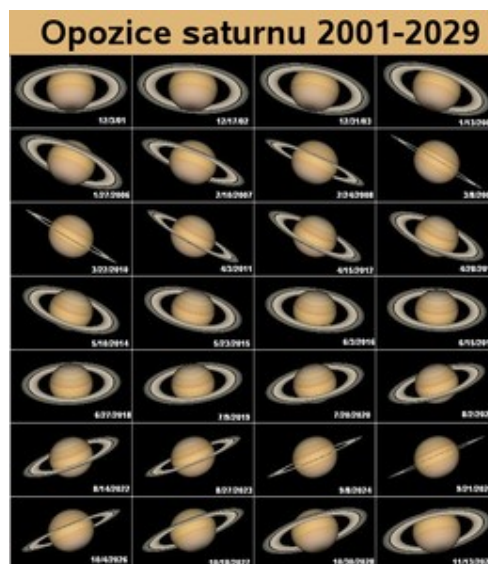
Zdroj: home.zcu.cz/~smid

Během Saturnova roku nastávají okamžiky maximálního naklonění, kdy se na prstence díváme z pozice nad nebo pod jejich rovinou, a okamžiky, kdy se nacházíme v rovině prostenců a prstence tak nejsou viditelné vůbec. Lepší představu získáte díky následujícím obrázkům. Na prvním je několik obrázků Saturnu ze Země. Na druhém jsou simulovány všechny opozice Saturnu od roku 2001 až do roku 2029. Je vidět, že při některých opozicích jsou prstence pozorovatelné a že při některých pozorovatelné nejsou.



Obrázek 9.399: Naklání prstenců během několika minulých opozic,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.400: Budoucí opozice Saturnu Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: Wikipedie

Na stránkách ☐ **Štefánikovy hvězdárny Praha** můžete shlédnout video zákrytu Saturnu Měsícem z roku 2007.

Úkol:

Pouze jeden ze snímků pod tímto úkolem je vyfotografovaný ze Země. Který to je? Podle čeho jej můžeš poznat?

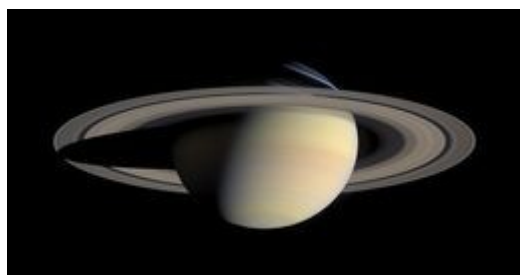
Výsledek:

Je to obrázek a). Ze Země lze pozorovat jen malá část prstence, který je ve stínu, protože vnější planety vidíme vždy téměř jako úplněk.



Obrázek 9.401: Obrázek a),

Zdroj: NASA



Obrázek 9.402: Obrázek b),

Zdroj: NASA

9.12.10 Výzkum Saturnu

Saturn byl zatím navštíven pouhou čtveřicí sond. První tři sondy **Pioneer 11**, **Voyager 1** a **Voyager 2** kolem Saturnu pouze proletěly. Nejnovější sonda **Cassini–Huygens** zkoumá Saturn a jeho měsíce již několik let.

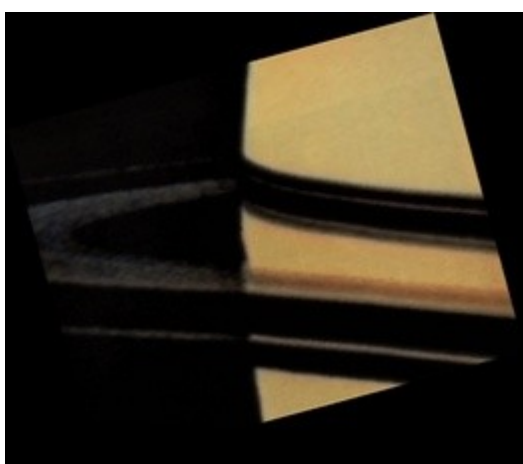
Sonda **Pioneer 11** byla vypuštěna roku 1973. Byla to druhá sonda zkoumající Jupiter a první sonda, která zkoumala Saturn. Sonda **Pioneer 11** využila gravitačního zrychlení (*gravitační prak*) k urychlení cesty k Saturnu. Po největším přiblížení k Saturnu (20 000 kilometrů) pokračuje tato sonda na cestě ze sluneční soustavy. **Pioneer 11** zkoumal prstence, objevil prstenec F a měřil teplotu Titanu. Na palubě této sondy se nacházela zlatá deska s pozdravem pro případné mimozemské nálezce (můžete ji vidět na jednom z obrázků).



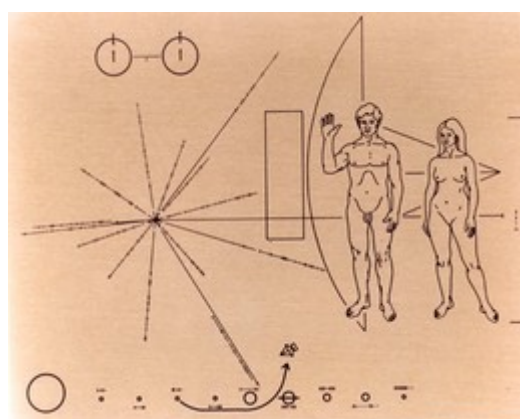
Obrázek 9.403: *Pioneer 11 u Saturnu,*
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.404: *Saturn z pohledu sondy*
Pioneer 11, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.405: *Detail Saturnu*
a prstenců ze sondy Pioneer 11,
Zdroj: Wikipedie



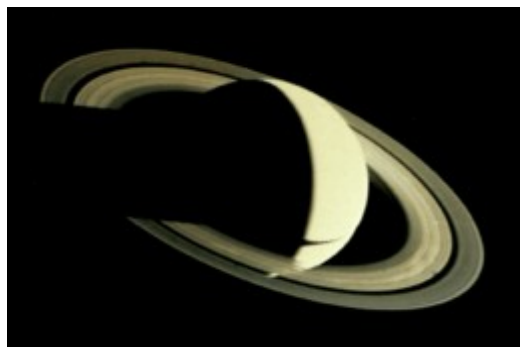
Obrázek 9.406: *Plaketa jako pozdrav ze*
Země, Zdroj: Wikipedie

Voyager 1 byl druhým Saturnovým návštěvníkem. Stejně jako **Pioneer 11** kolem Saturnu v roce 1980 pouze prolétl. O rok později kolem Saturnu prolétl **Voyager 2**, sesterská sonda **Voyageru 1**. Narozdíl od **Voyageru 1**, který po průletu pokračoval mimo sluneční soustavu, **Voyager 2** využil gravitačního urychlení a v dalších letech navštívil i poslední dvě planety – Uran a Neptun. Obě tyto sondy obsahovali **zlatou desku** podobnou té na sondách **Pioneer**. Součástí pozdravu byla navíc ještě zlatá deska, kde se nachází velké množství fotografií a nahrávek z celého světa. Více se o ní dočtete v kapitole o Neptunu.



Obrázek 9.407: *Voyager 1*,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.408: *Saturn z pohledu sondy*

Voyager 1

 Velké rozlišení 3,0 MB, Zdroj: NASA

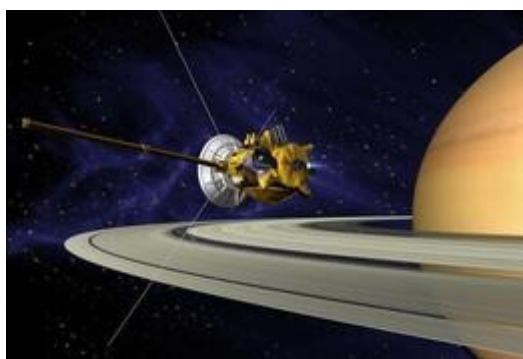


Obrázek 9.409: *Atmosféra Titanu, jak ji*
viděl Voyager 1, Zdroj: Wikipedie

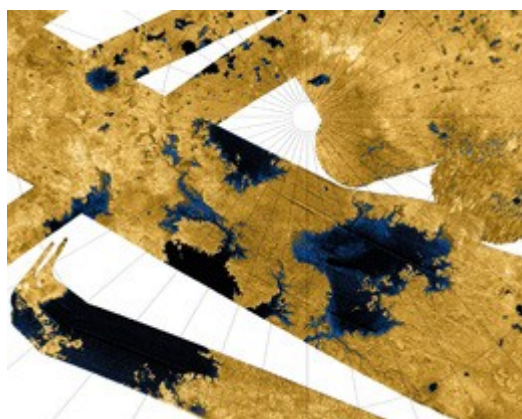


Obrázek 9.410: *Iapetus (Voyager 1)*,
Zdroj: Wikipedie

Zatím posledním návštěvníkem Saturnu je sonda **Cassini–Huygens**. K Saturnu dorazila v roce 2004. Koncem tohoto roku se od sondy **Cassini** odpoutalo pouzdro **Huygens**, které měkce přistálo na Titanu a poskytlo tak první obrázky z povrchu tohoto zajímavého měsíce. Sonda **Cassini** pokračuje ve výzkumu Saturnu, jeho prstenců a měsíců i v současnosti. Mezi její největší úspěchy patří objev kryovulkanické aktivity na měsíci Enceladus a objev jezer kapalného metanu na povrchu Titanu.



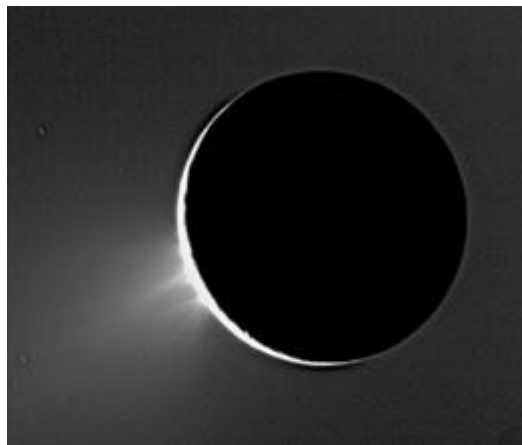
Obrázek 9.411: Sonda Cassini–Huygens, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.412: Jezera na severním pólu Titanu, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.413: Obarvený snímek povrchu, Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.414: Výtrysk plynu z povrchu Enceladu, Zdroj: NASA

9.13 Uran

9.13.1 Uran

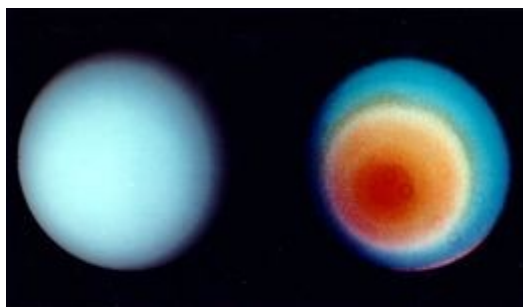
Uran je sedmá planeta sluneční soustavy. Je pojmenována po řeckém bohu nebes **Uranu**, který byl otcem **Krona (Saturna)**. Je to, vedle Země, jediná planeta, která není pojmenována po římském bohu.



Obrázek 9.415: Uran,

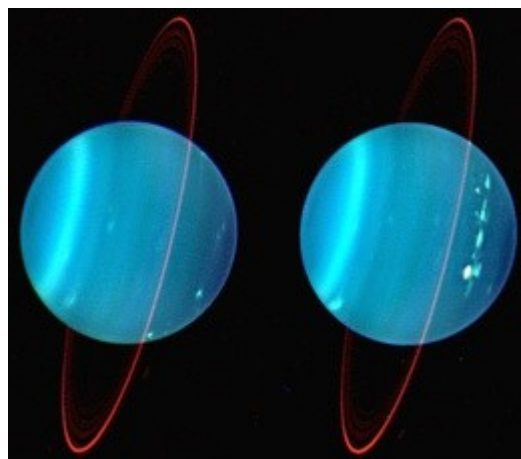
Zdroj: mitologia.com

Uran byl objeven v roce 1781 anglickým astronomem **Williamem Herschelem**. Pojmenován byl nejdříve jako **Georgium Sidus** na počest anglického krále Jiřího III. Později bylo navrženo jméno **Uran** aby bylo zachováno pojmenování planet podle antických bohů. Uran byl však před svým objevením několikrát pozorován již od konce sedmnáctého století. Byl však vždy mylně považován za hvězdu.



Obrázek 9.416: Teplotní mapa Uranu,

Zdroj: NASA

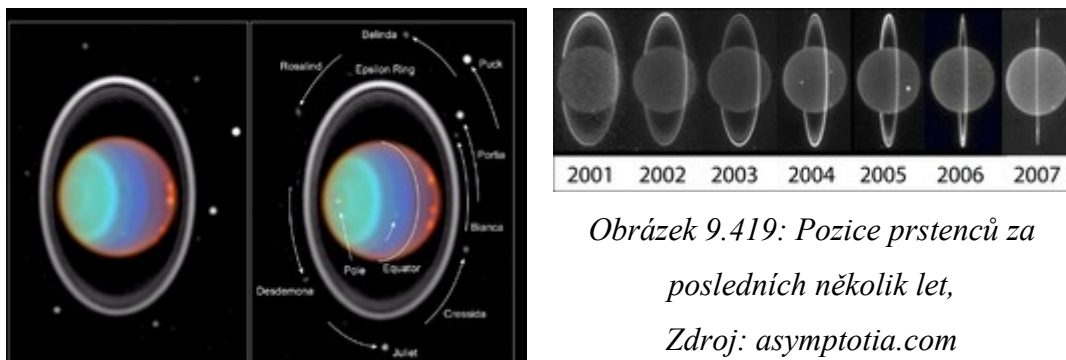


Obrázek 9.417: Množství bouří,

Zdroj: astronomy.com

Uran je plynný obr, třetí největší planeta sluneční soustavy. V její atmosféře je velké množství metanu, a proto má na snímcích modrou barvu. V době průletu sondy

Voyager 2 nebyly pozorovány žádné atmosférické jevy. Jejich známky byly ale později objeveny **Hubbleovým kosmickým dalekohledem**. Uran se v mezidobí mezi pozorováními přesunul na své trajektorii do jiné pozice a na pozorovaných částech se změnila roční období.



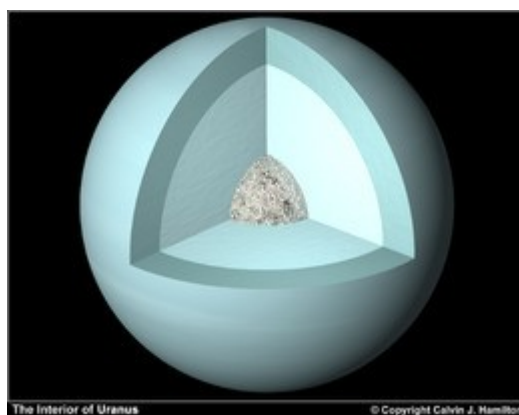
Obrázek 9.418: Uranova rodina
měsíců, Zdroj: NASA

Obrázek 9.419: Pozice prstenců za
posledních několik let,
Zdroj: asymptotia.com

9.13.2 Vnitřní stavba

Uran má ze všech obřích planet nejmenší hmotnost. Jeho hmotnost je menší než Neptunova, i když má Uran se svými 51 118 kilometry asi o 2 000 kilometrů větší průměr. Menší je ale jeho průměrná hustota, která činí $1\,300\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Uran a Neptun obří planety, svým složením velice odlišní od předchozích plynných obřů Jupiteru a Saturnu.

Podle modelů je Uranovo **jádro** velice malé, s hmotností pouze 0,55 hmotnosti Země. Tlak, který panuje v jádře, je asi 800 GPa při teplotě zhruba 4 700 °C.



Obrázek 9.420: Vnitřní stavba Uranu,

Zdroj: solarviews.com

Plášť je tvořen především vodním, čpavkovým a metanovým ledem. Tyto ledy ale nejsou pevné, jak jsme zvyklí ze Země, ale jsou díky vysokému tlaku kapalné. Tato kapalina je často označována jako **ledový oceán**. Má velice velkou elektrickou vodivost.

Stejně jako ostatní plynní obři nemá ani Uran pevný povrch. Jeho **atmosféra** volně přechází v plášť. Chemické složení Uranovy atmosféry můžete najít v následující tabulce.

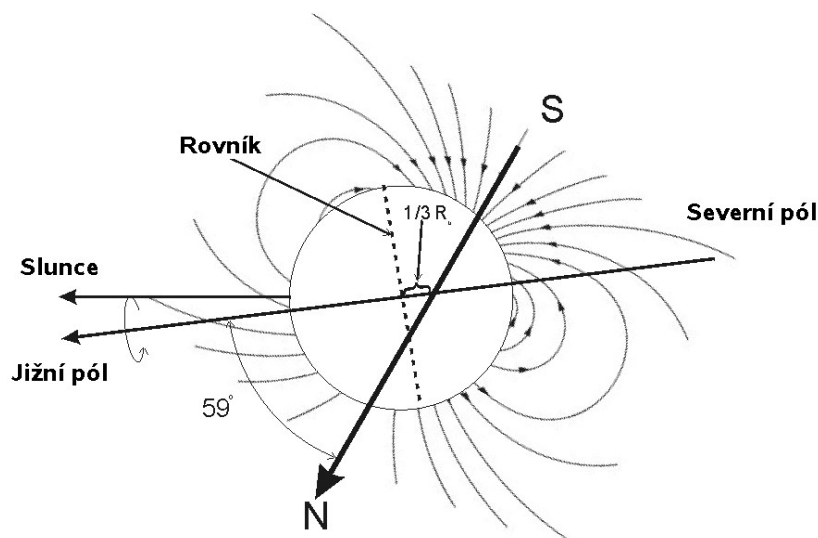
Složení atmosféry

Molekulární vodík – H ₂	83%
Hélium	15%
Metan	2,3%
Vodík	0,009%

Tabulka 9.22: Chemické složení atmosféry Uranu

9.13.3 Magnetosféra

V porovnání s magnetosférami ostatních planet je Uranova magnetosféra velice zajímavá. Její sklon od rotační osy je celých 59°. Narozdíl od ostatních planet není její střed ve středu planety. Střed je totiž posunut o téměř třetinu poloměru směrem k povrchu planety. Magnetosféra tedy není vytvářena v jádře planety, ale v jejím plášti. Na následujícím obrázku je celá situace znázorněna.



Obrázek 9.421: Magnetosféra

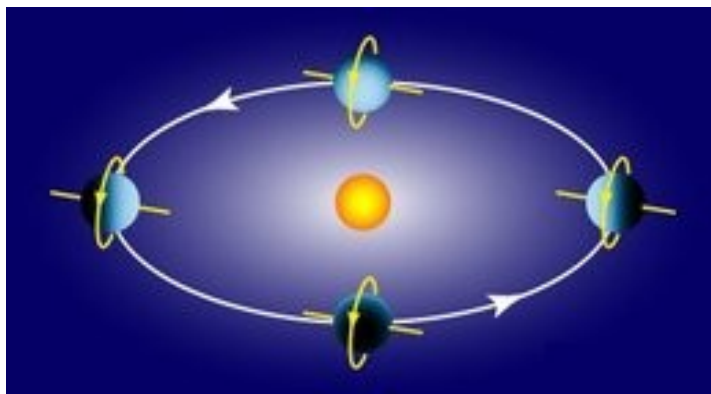
Uranu Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: Wikipedie

9.13.4 Sklon osy

Sklon Uranovy osy je $97,86^\circ$. To znamená, že osa rotace leží téměř v rovině oběhu a Uran se tak v některých fázích své trajektorie „kutálí“. To má několik zajímavých důsledků pro jeho podnebí. Takovýto sklon osy je pravděpodobně důsledkem srážky velké planetky s vznikajícím Uranem.

Směr osy rotace všech planet je při krátkodobém pozorování stálý. V případě Země míří severní část osy do blízkosti hvězdy Polárka. I u Uranu je směr osy rotace stálý. Proto mohou během Uranova roku, který trvá 84 let, nastat dvě mezní situace. Osa míří ve směru ke Slunci nebo osa je kolmá na spojnici planety se Sluncem. Lépe můžete situaci pochopit z následujícího obrázku. Situace je popisována pro zjednodušený případ planety, jejíž sklon rotační osy by byl přesně 90° . Na dalším obrázku se nachází Uran v různých pozicích vůči Slunci. Měřítko neodpovídá skutečnosti.



*Obrázek 9.422: Uran v různých
pozicích vůči SlunciUpraveno
v GIMPu, Zdroj: physics.hku.hk*

V případě že osa míří ke Slunci, je po celou čtvrtinu uranova roku osvětlen jeden Uranův pól. Druhý pól je bez přísunu slunečního světla. Pro pozorovatele, který by se nacházel na osvětleném pólu, nastává polární den a zároveň léto. Doba jejich trvání je přibližně 42 let. V případě, že osa rotace míří přesně na Slunce, pro pozorovatele se slunce nepohybuje. Jak se Uran pohybuje po své trajektorii, začíná slunce vykonávat spirálovitý pohyb kolem nadhlavníku. Spirála se postupně zvětšuje, až se slunce dotkne obzoru a pomalu zapadne. V tuto chvíli začíná pro pozorovatele 42 let dlouhá polární noc a zima. Na opačném pólu začíná polární den a léto. Na adrese strobio.nau.edu se nachází applet, který vám pomůže s pochopením pohybu Uranu kolem Slunce. Animace se spustí kliknutím na zelené tlačítko *Play*.

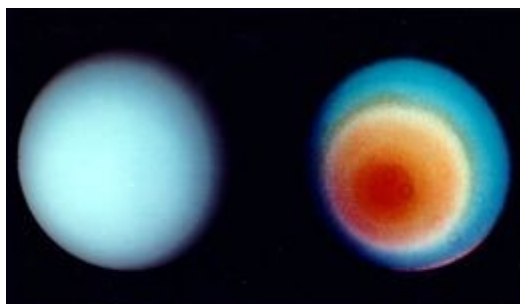
Pro pozorovatele nacházejícího se na rovníku se slunce chová odlišně. Začneme slunce pozorovat v okamžiku, kdy je jeho osa kolmá na spojnici planety a Slunce. Slunce vychází na východě a na západě zapadá, jak je běžné na Zemi. Během roku se ale body východu a západu slunce začnou přesouvat k jednomu z pólů. Když je slunce přesně nad pólem, nastává na určitou dobu i na rovníku neustálý den. Slunce se poté začne pohybovat opět nad rovník a stejným způsobem nad druhý pól.

Cvičení:

Kdyby to bylo možné, kde bys raději bydlel/a? Na pólu Uranu, kde je 42 let den a 42 let noc, nebo na rovníku, kde se noc a den střídají pravidelněji?

9.13.5 Počasí

V době průletu sondy **Voyager 2** nebyly v Uranově atmosféře pozorovány žádné atmosférické jevy. Uran vypadal jako modrá koule bez jakékoliv aktivity. Na následujícím snímku je fotografie Uranu v pravých barvách i v barvách falešných, které ukazují na změnu teploty. V době průletu sondy byl přivrácen ke Slunci Uranův jižní pól. Můžeme tak sledovat teplotní mapu jižní polokoule, která ukazuje teplejší polární oblasti a chladnější rovník.



Obrázek 9.423: Teplotní mapa Uranu,

Zdroj: NASA

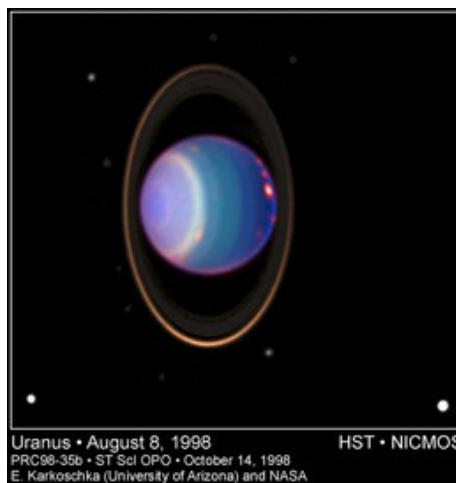
Díky dlouhodobému pozorování **Hubbleova kosmického dalekohledu** se ale ukazuje, že Uranova atmosféra vykazuje podobné změny, které můžeme pozorovat na ostatních planetách.



Obrázek 9.424: Dvojice bouří

v atmosféře Uranu,

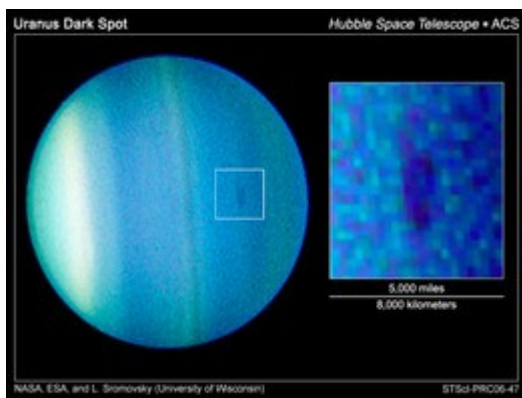
Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.425: Oblačnost,

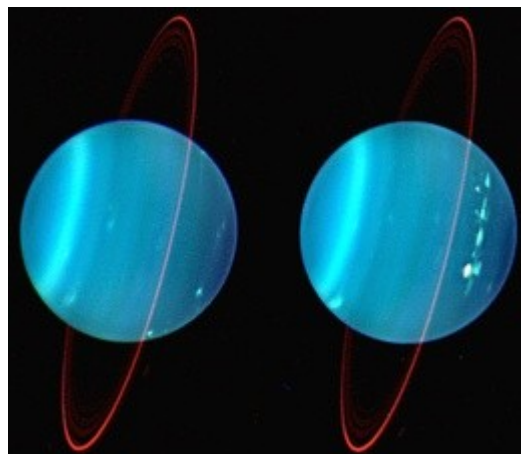
Zdroj: hubblesite.org

Na snímcích je možné pozorovat oblaka v atmosféře i bouře, které se občas vyskytují. Na jednom snímku byla zachycena dokonce i temná skvrna, podobná té, která byla pozorována na Neptunu.



Obrázek 9.426: Temná skvrna,

Zdroj: Wikipedie

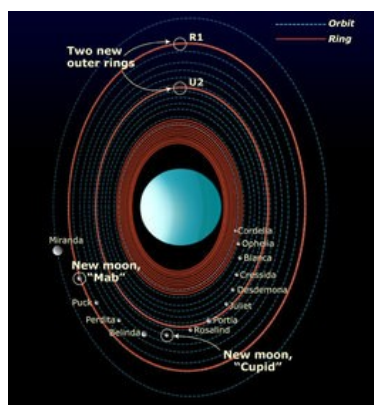


Obrázek 9.427: Množství bouří,

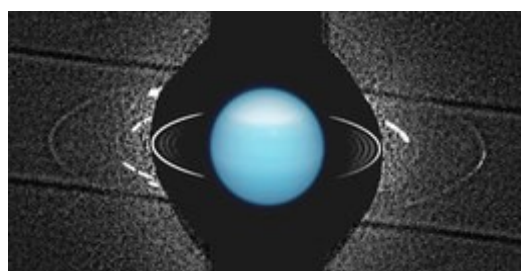
Zdroj: astronomy.com

9.13.6 Prstence

V současnosti je známo 13 prstenců Uranu. Nejjasnější je označován jako *prstenec epsilon*. Na následujícím obrázku je zachycena Uranova soustava prstenců a měsíců. Prstence jsou označeny červenou barvou. Prstence s prozatímním označením R1 a U2 byly objeveny v roce 2005. Další snímek ukazuje, jak byly tyto prstence objeveny. Uran je uměle odstíněn tak, aby jeho jasnost nepřebíjela jas prstenců.

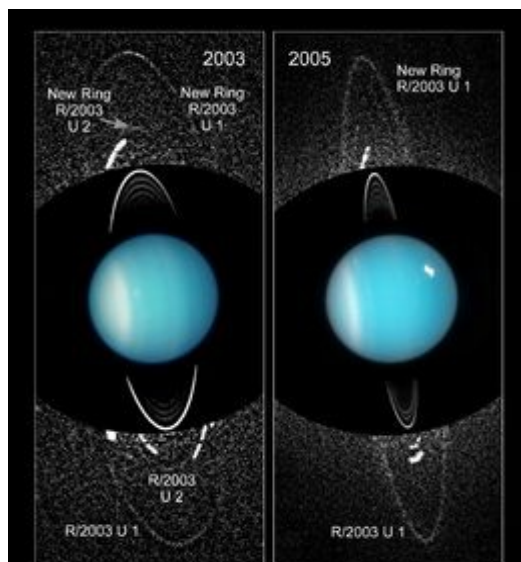


Obrázek 9.428: Uranova soustava prstenců a měsíců, Zdroj: NASA



Obrázek 9.429: Nově objevené prstence, Zdroj: NASA

Na upravených snímcích z let 2003 a 2005 jsou tyto prstence zachyceny také. Na originálních snímcích byl Uran taktéž odstíněn. Poté byly snímky zkombinovány s jinými obrázky Uranu ve stejné velikosti. Výsledek tedy zachycuje Uran i jeho prstence.



Obrázek 9.430: Nové prstence v letech

2003 a 2005 (500 kB),

Zdroj: hubblesite.org

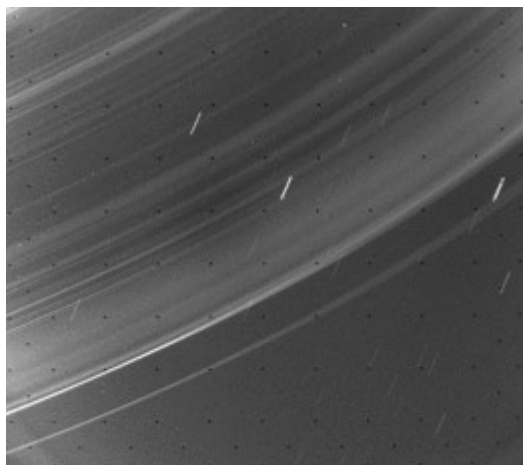
Další snímek ukazuje Uran a jeho prstence v různých vlnových délkách (2,2 a 1,6 μm). Dále také předvádí schopnosti adaptivní optiky na havajském dalekohledu Keck.



Obrázek 9.431: Uran pozorovaný ze ZeměPřeloženo

z angličtiny, Zdroj: NASA

Další snímky ukazují strukturu prstenců. Tyto snímky byly zachyceny sondou **Voyager 2**.



Obrázek 9.432: Prstence z Voyageru 2,

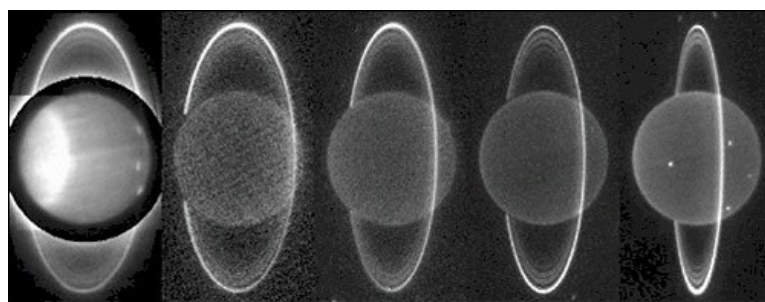
Zdroj: NASA



Obrázek 9.433: Prstence z Voyageru 2,

Zdroj: NASA

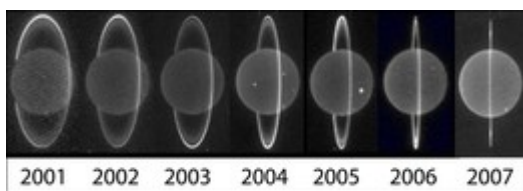
9.13.6.1 Natáčení prstenců



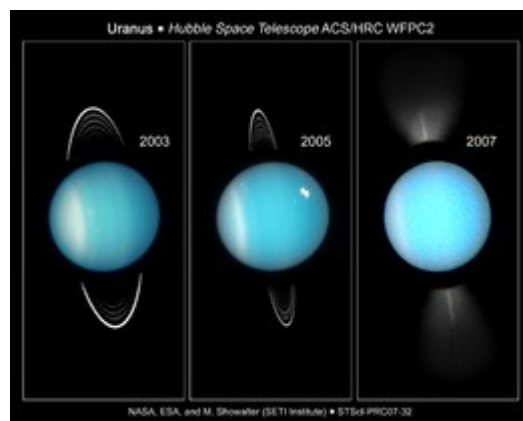
Obrázek 9.434: Natáčení Uranových

prstenců, Zdroj: NASA

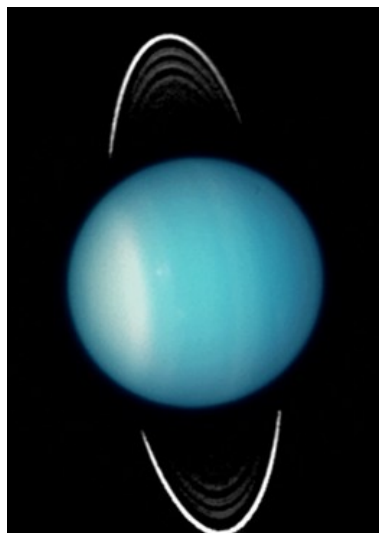
Uran, stejně jako Saturn, natáčí své prstence k Zemi pod různými úhly. V některých částech jeho trajektorie jsou prstence nastaveny tak, že je můžeme pozorovat přímo celé, v jiných částech trajektorie jsou nám prstence téměř schovány, protože na ně pohlížíme z boku. Jak můžete vidět z následujících obrázků, to se stalo právě v roce 2007. Příště budeme prstence takto pozorovat až za 42 let v roce 2049.



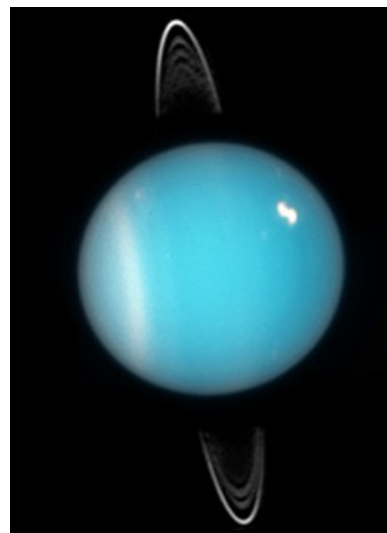
*Obrázek 9.435: Pozice prstenců za posledních několik let,
Zdroj: asymptotia.com*



*Obrázek 9.436: Srovnání prstenců v posledních letech,
Zdroj: hubblesite.org*



*Obrázek 9.437: Prstence v roce 2003,
Zdroj: hubblesite.org*

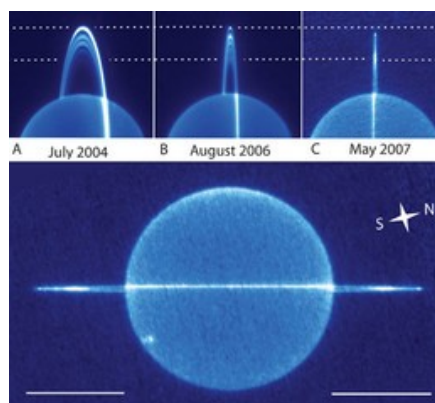


*Obrázek 9.438: Prstence v roce 2005,
Zdroj: hubblesite.org*

Na následujícím snímku je Uran v infračerveném spektru zachycen spolu s měsíci Miranda a Ariel.



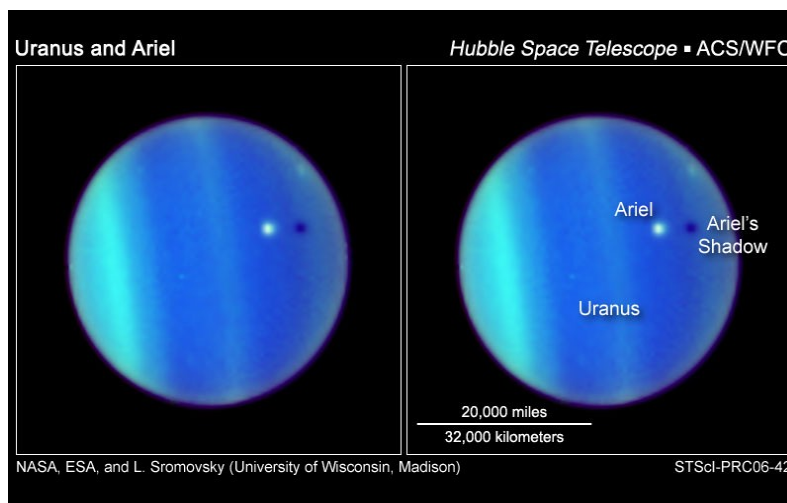
Obrázek 9.439: Uran v infračerveném spektru, Zdroj: NAOJ



Obrázek 9.440: Prstence Uranu, Zdroj: news.nationalgeographic.com

9.13.7 Měsíce

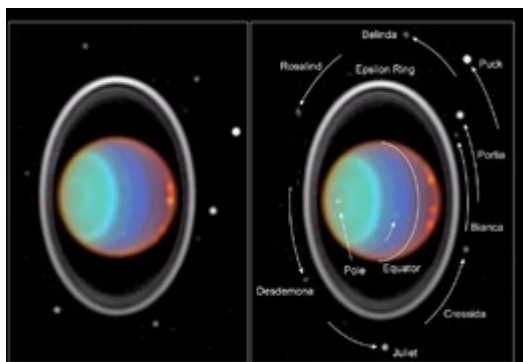
Uran má celkem 27 známých měsíců. Jejich kompletní výčet naleznete na konci tohoto článku nebo například na stránkách astro.pef.zcu.cz. Narozdíl od ostatních planet, kdy jsou měsíce pojmenovávány podle bájných hrdinů, jsou měsíce Uranu pojmenovávány podle postav z divadelních her **Williama Shakespeara** a **Alexandra Popeho**. Můžeme zde tedy najít například Desdemonu, Ofélii i Julii.



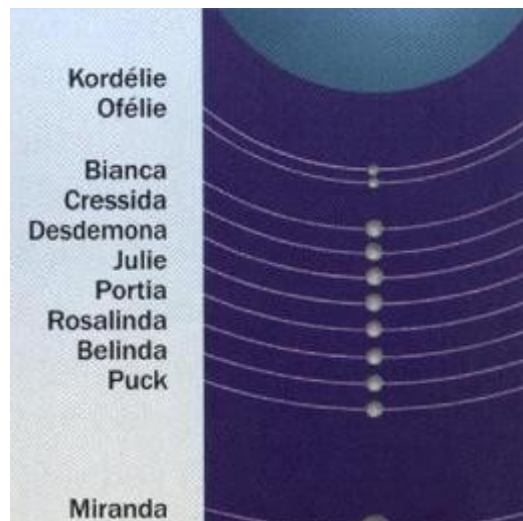
Obrázek 9.441: Uran a jeho měsíc Ariel, Zdroj: hubblesite.org

Na levém snímku se nachází Uran, jeho prstence i několik měsíců. Vše je v pravé části snímku popsáno. Na pravém snímku se nachází trajektorie všech měsíců. Jejich

vzdálenost od Uranu je v měřítku velikosti Uranu. Velikosti měsíců jsou sice ve stejném měřítku, ale toto měřítko není stejné jako u trajektorií. Všechny měsíce obíhají v rovině rovníku. Sklon jejich roviny oběhu je vůči rovině oběhu Uranu stejný, jako sklon Uranovy osy.



Obrázek 9.442: Uranova rodina
měsíců, Zdroj: NASA



Obrázek 9.443: Měsíce,
Zdroj: astro.pef.zcu.cz

Největším měsícem je **Titania**. Objeven byl roku 1787 **Williamem Herschelem**. Jeho povrch pokrývá velké množství malých kráterů, několik větších a také hluboké zlomy. Stejně jako u ostatních měsíců byla zmapována pouze jižní polokoule Titanie, která byla v době průletu **Voyageru 2** osvětlena Sluncem.



Obrázek 9.444: Titania, Zdroj: NASA

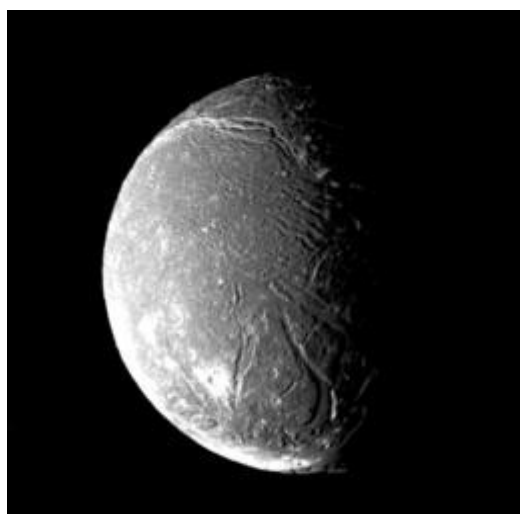


Obrázek 9.445: Titania,
Zdroj: Wikipedie

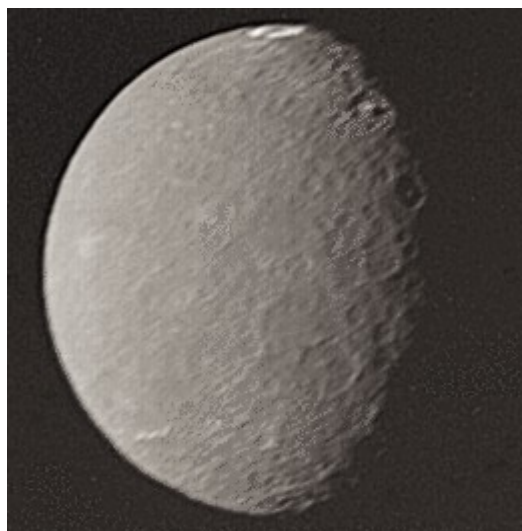
Dalším měsícem je **Oberon**. Na jeho povrchu se nacházejí opět impaktní krátery a pohoří dosahující výšky až 6 kilometrů. Dvojice měsíců **Ariel** a **Umbriel** má prakticky totožný průměr a stejnou hustotu. Oba měsíce ale vypadají naprosto rozdílně. **Ariel** je nejjasnější měsíc Uranu. Jeho povrch je pokryt velkým množstvím obřích kaňonů, které připomínají Valles Marineris na Marsu. Způsob jejich vzniku je ale neznámý. Oproti tomu **Umbriel** je nejtmavší měsíc Uranu. Jeho povrch je velice starý a je poset velkým množstvím kráterů.



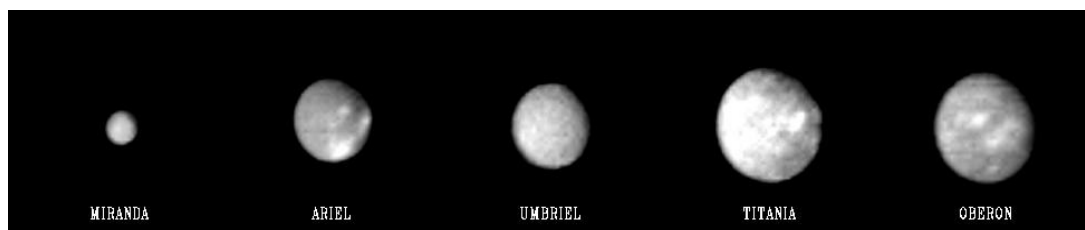
Obrázek 9.446: Oberon, Zdroj: NASA



Obrázek 9.447: Ariel, Zdroj: NASA



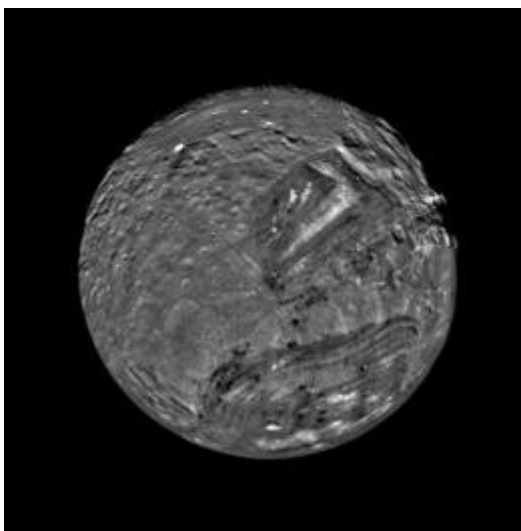
*Obrázek 9.448: Umbriel,
Zdroj: Wikipedie*



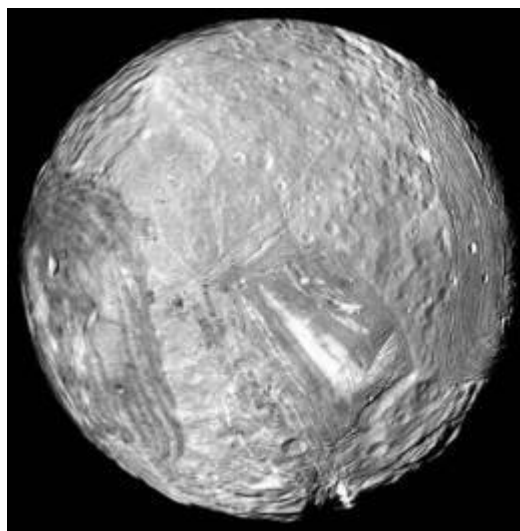
*Obrázek 9.449: Srovnání velikosti
největších měsíců, Zdroj: NASA*

9.13.8 Miranda

Nejzajímavější povrch má pátý největší měsíc **Miranda**. Byla objevena **Gerardem Kuiperem** v roce 1948. Jméno pochází ze hry **Bouře** od **Williama Shakespeara**

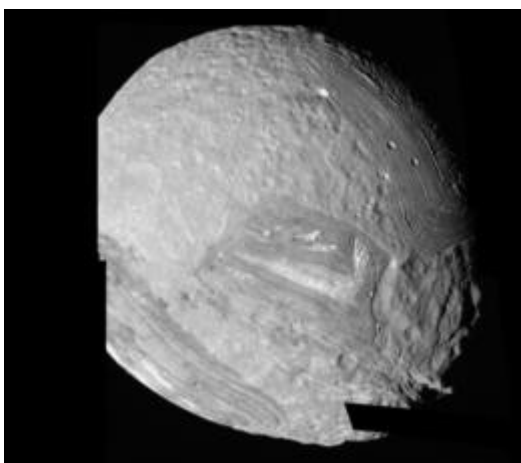


Obrázek 9.450: *Miranda*, Zdroj: NASA

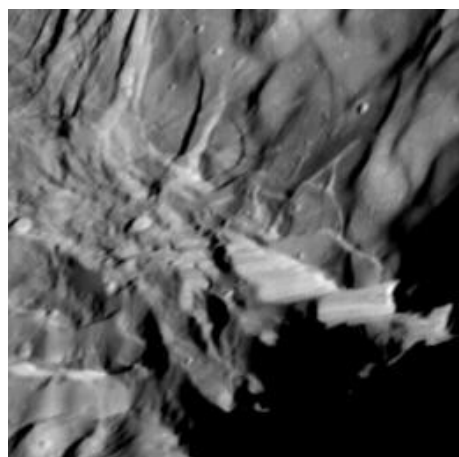


Obrázek 9.451: *Miranda*,
Zdroj: Wikipedie

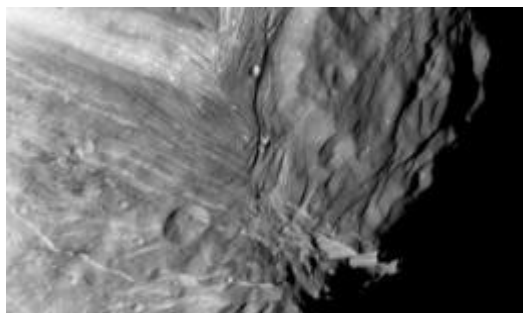
Na první pohled je vidět, že povrch tohoto měsíce je velice nesourodý. Nacházejí se zde staré části, poseté množstvím kráterů, i části, které jsou mladší a vykazují různé uspořádání v pruzích. Nachází se zde velké množství obřích zlomů a kaňonů, které jsou několikrát hlubší než Valles Marineris na Marsu.



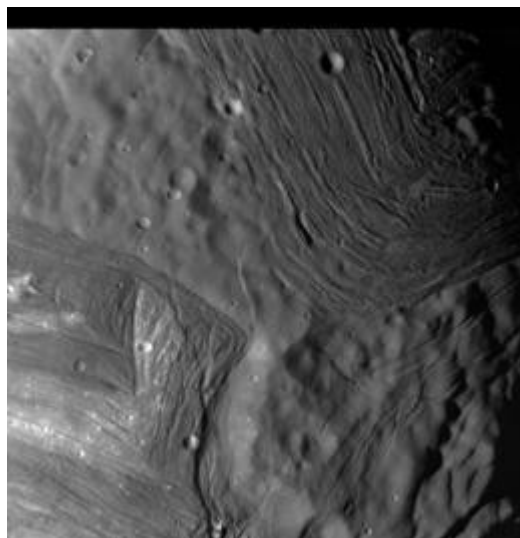
Obrázek 9.452: *Detail povrch Mirandy*,
Zdroj: NASA



Obrázek 9.453: *Detail povrch Mirandy*,
Zdroj: NASA

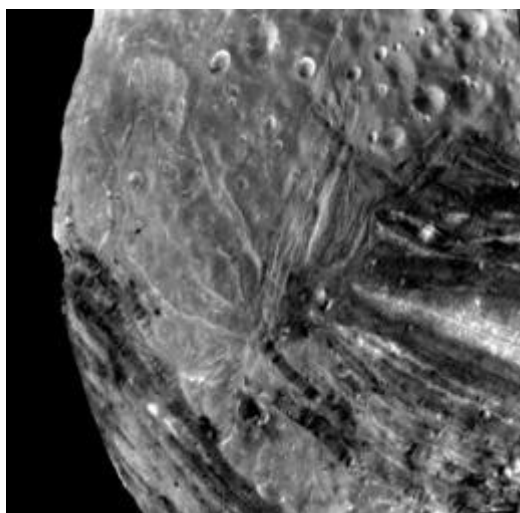


*Obrázek 9.454: Detail povrch Mirandy,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.455: Detail povrch Mirandy,
Zdroj: NASA*

Takto nesourodý povrch vznikl několikanásobným rozdrcením tohoto měsíce. Měsíc se pokaždé znovu „poskládal“ dohromady. Ne vždy ale každý kus zaujal své původní místo, a tak můžeme dnes nahlížet i do částí, které bývaly kdysi částí pláště a jádra. Pruhy, které můžeme pozorovat na povrchu, jsou tedy pravděpodobně části pláště, které se diferenciovaly (proces, při němž těžší částice klesají k jádru, a lehčí částice stoupají k povrchu).



*Obrázek 9.456: Povrchové kaňony,
Zdroj: NASA*

Charakteristika

Hmotnost	$6,33 \cdot 10^{19}$ kg
Rovníkový průměr	470 km
Střední vzdálenost od Uranu	129 780 km
Rotační doba	1,413 479 dní
Oběžná doba	1,413 479 dní
Průměrná povrchová teplota	-187 °C

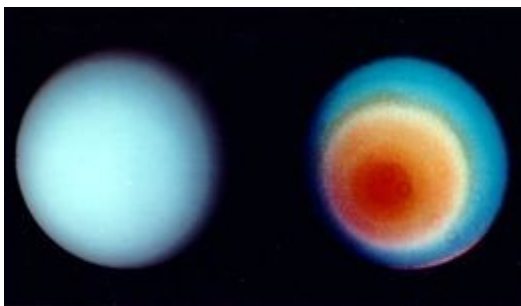
Tabulka 9.23: Charakteristika měsíce Miranda

9.13.9 Výzkum Uranu

Uran byl zkoumán pouze sondou **Voyager 2** v lednu roku 1986. Sonda proletěla 81 000 kilometrů nad vrcholky oblačnosti. V době průletu byla ke Slunci natočena jižní polokoule.

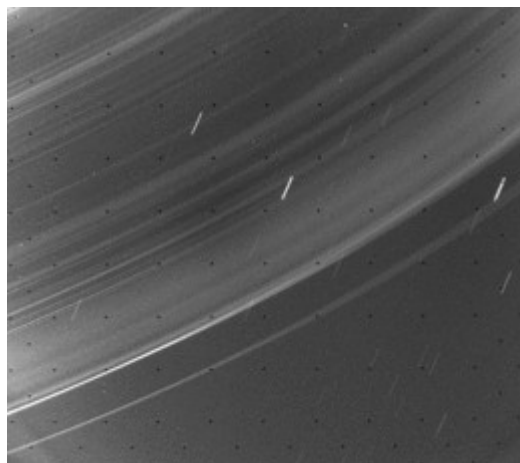
*Obrázek 9.457: Voyager 2,**Zdroj: Wikipedie*

Voyager 2 objevil zvláštní magnetické pole Uranu, 10 nových měsíců a potvrdil existenci prstenců. O sondě **Voyager 2** se dozvíte více v kapitole o [☐ Neptunu](#).



Obrázek 9.458: Teplotní mapa Uranu,

Zdroj: NASA



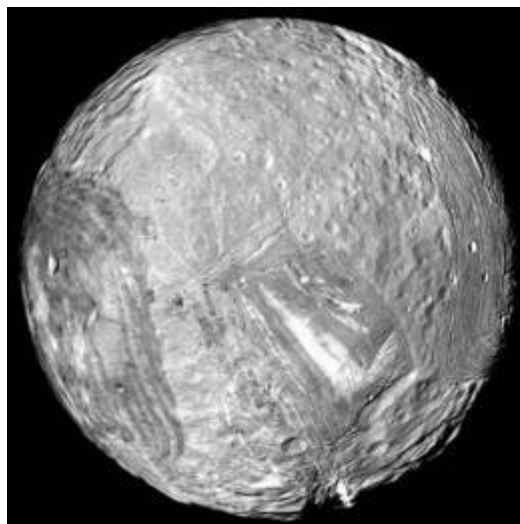
Obrázek 9.459: Prstence z Voyageru 2,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.460: Prstence z Voyageru 2,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.461: Miranda,

Zdroj: Wikipedie

V současnosti neprobíhá žádná další mise, která by zkoumala Uran, ani taková mise není v dlouhodobých plánech žádné kosmické agentury.

9.14 Neptun

9.14.1 Neptun

Neptun je osmá, poslední planeta sluneční soustavy. V devatenáctém století bylo objeveno, že planeta Uran se značně odchyluje od vypočtené polohy. Bylo navrženo, že tyto odchylky by mohla zatím neznámá planeta. Angličtí a francouzští astronomové se ji snažili objevit. Anglické předpovědi polohy se snažil vypočítat astronom **John Adams**, ale nebyly úspěšné. Planeta byla nakonec objevena byla 23. září 1846 německým astronomem **Johannem Gottfriedem Gallem** a studentem **Louisem d'Arrestem** na základě předpovědi matematika **Urbaina Jeana Josepha Le Verriera**. Jeho předpověď byla natolik přesná, že nová planeta byla objevena hned první noc po obdržení souřadnic s odchylkou necelého stupně. Zajímavostí je, že tuto planetu pozoroval již v letech 1612 a 1613 **Galileo Galilei**, který ji však považoval za slabou hvězdu.



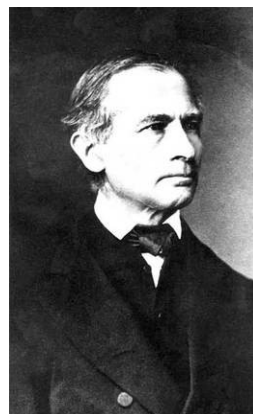
Obrázek 9.462: Neptun,

Zdroj: *students.ou.edu*

Planeta se nejdříve nazývala jako **Planeta za Uranem** nebo podle matematika, který vypočítal její polohu, jako **Le Verrier**. Nakonec bylo ale navrženo a světovou veřejností přijato jméno **Neptun** a pokračovalo se tak v tradici pojmenovávat planety podle římských bohů. **Neptun** byl římským bohem moře. Jeho řecký protějšek je bůh **Poseidon**.

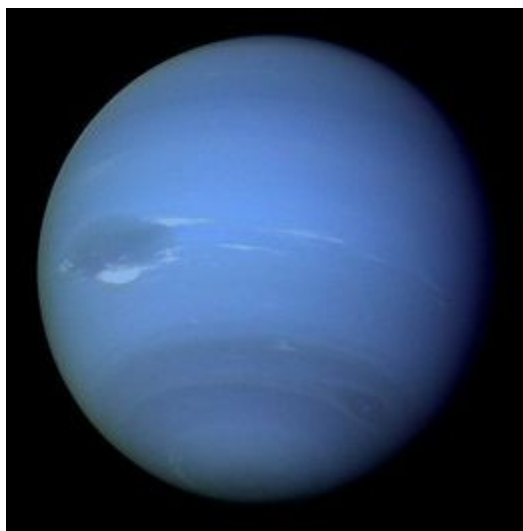


*Obrázek 9.463: Urbain Jean Joseph
Le Verrier
(11. března 1811 – 23. září 1877),
Zdroj: Wikipedie*

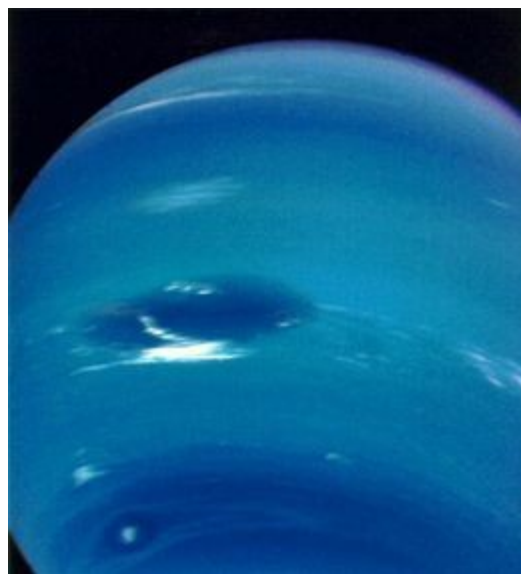


*Obrázek 9.464: Johann Gottfried Galle
(9. června 1812 – 10. července 1910),
Zdroj: Wikipedie*

Neptun je plynný obr, velice podobný předposlední planetě Uran. V jeho modré atmosféře byla objevena oblaka a obří bouře. Jeho atmosféra je místem, kde vanou nejrychlejší větry v celé sluneční soustavě.



Obrázek 9.465: Neptun, Zdroj: NASA



*Obrázek 9.466: Detail Velké temné
skvrny, Zdroj: NASA*

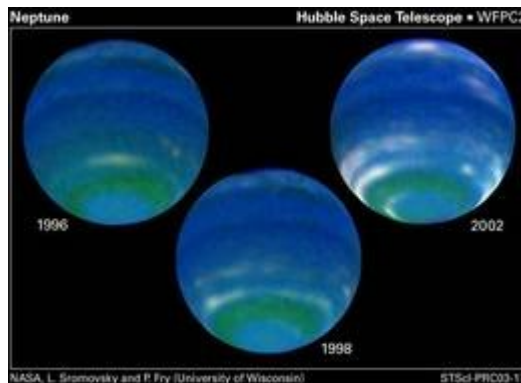
Jediná sonda, která Neptun navštívila, **Voyager 2**, objevila slabou soustavu prstenců, magnetické pole a gejzíry plynu a prachu na jeho největším měsíci Tritonu. Jediné

moderní poznatky o této planetě jsou dostupné z pozorování **Hubbleova kosmického dalekohledu**, které se nacházejí níže.



Obrázek 9.467: Série snímků Neptunu,

Zdroj: hubblesite.org

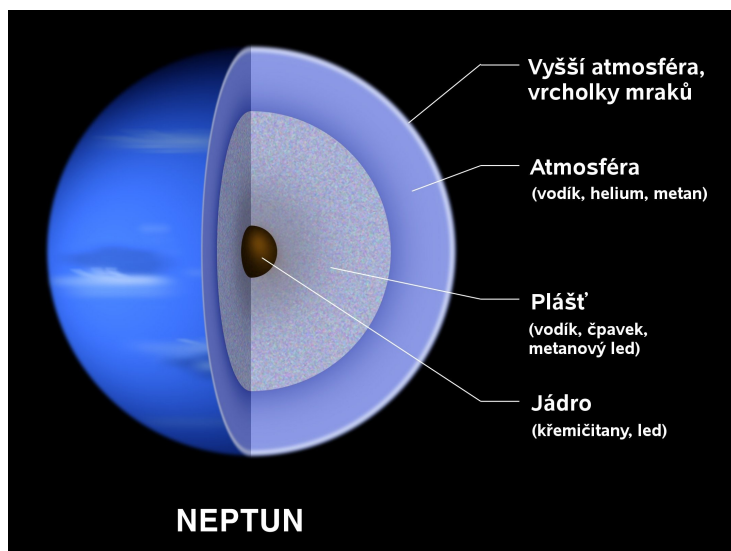


Obrázek 9.468: Sezónní změny na

Neptunu (HST), Zdroj: hubblesite.org

9.14.2 Vnitřní stavba

Neptun je velice podobný planetě Uran. Obě planety mají podobnou velikost. Neptunův průměr je 49 528 kilometrů (asi o 2 000 kilometrů menší než Uranův).



Obrázek 9.469: Vnitřní struktura Neptunu Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: NASA

Jádro je složeno ze železa, niklu a křemičitanů. Podle modelů je asi 1,2násobně větší než Země. Teplota v jádře dosahuje až k 5 000 °C.

Vplášti je velké zastoupení vody, čpavku, metanu a dalších prvků. Teplota zde dosahuje 1 700–4 700 °C. Souhrnná hmotnost pláště je odhadována na 10–15 hmotností Země. I přes svou velkou teplotu je plášť Neptunu nazýván **ledový oceán**. Směs vody a amoniaku má za těchto podmínek, stejně jako u Uranu, velkou elektrickou vodivost a podílí se na vzniku magnetosféry.

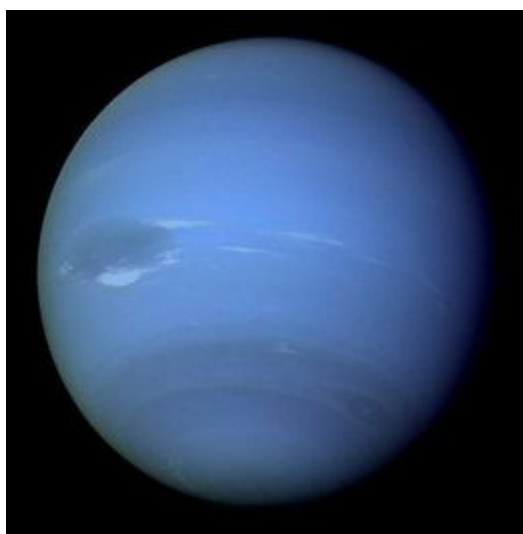
Nejvyšší vrstvou je **atmosféra**. Obsahuje velké příměsi metanu, amoniaku a vody. V nižších hloubkách s přibývajícím teplotou a tlakem kondenzuje do kapalného oceánu, který tvoří plášť.

9.14.3 Magnetosféra

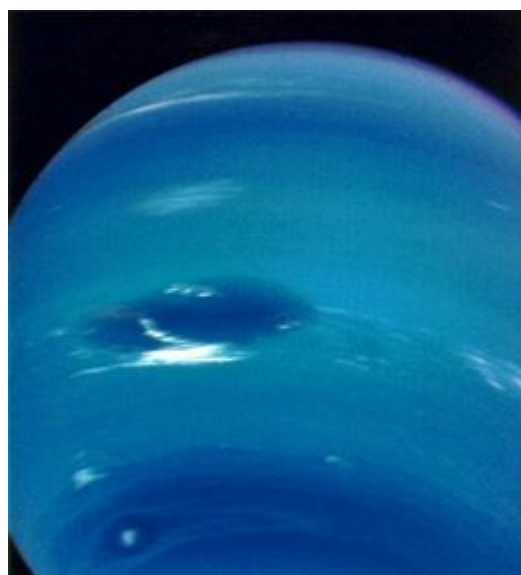
Sklon magnetické osy od osy rotační je v případě Neptunu celých 47°. I zde připomíná Neptun planetu Uran. Střed magnetického pole je 13 500 kilometrů nad středem planety (0,55 poloměru), což znamená, že je blíže povrchu planety. Objev tohoto typu magnetosféry vyvrátil teorie, že podobná vlastnost Uranovy magnetosféry je výsledkem sklonu jeho rotační osy.

9.14.4 Atmosféra

I u Neptuna je modré zabarvení jeho atmosféry způsobeno metanem, který absorbuje červenou část světelného spektra. V nejvyšších vrstvách je atmosféra tvořena, stejně jako atmosféry Jupiteru a Saturnu, především vodíkem a heliem. Teprve v nižších vrstvách se začíná koncentrace ostatních prvků zvyšovat.



Obrázek 9.470: Neptun, Zdroj: NASA



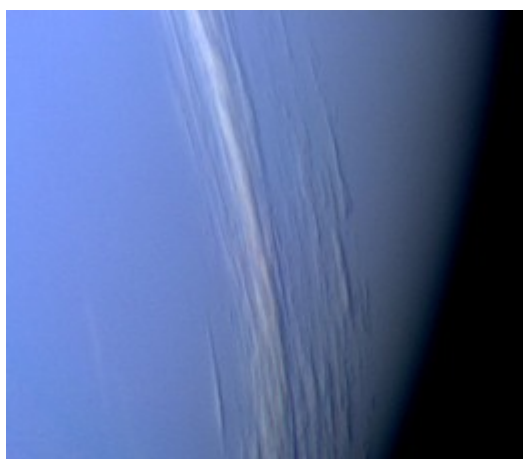
Obrázek 9.471: Detail Velké temné skvrny, Zdroj: NASA

Složení atmosféry

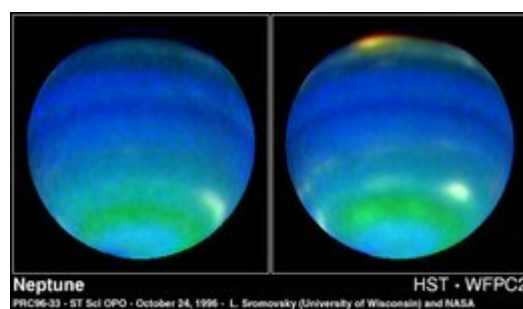
Vodík – H_2	$80,0 \pm 3,2 \%$
Hélium	$19,0 \pm 3,2 \%$
Metan – CH_4	$1,5 \pm 0,5 \%$
Deuterium – HD	$0,019 \pm 2 \%$
Etan – C_2H_6	$0,000 \pm 15 \%$

Tabulka 9.24: Chemické složení atmosféry Neptunu

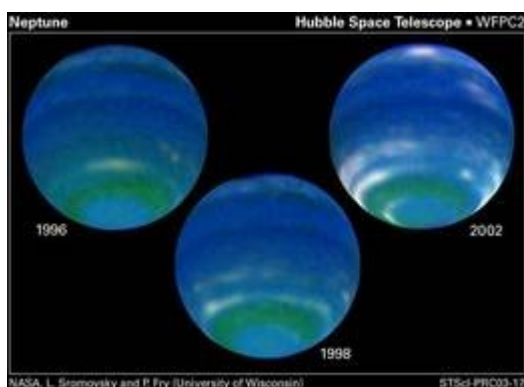
V Neptunově atmosféře byly pozorovány mraky. Předpokládá se, že jejich složení se liší v závislosti na výšce, ve které se vyskytují. Nejvyšší vrstva mraků je složena především z metanu, protože nastávají podmínky, za kterých metan kondenzuje. Pod nimi se nacházejí mraky amoniaku a sulfanů (H_2S) nebo vody. Oblačnost, která vrhala stín na mračnou pokrývku pod ní, můžete vidět na prvním obrázku z následující série. Nacházejí se o 50–110 kilometrů výše a jejich rozměry dosahují 50–150 kilometrů.



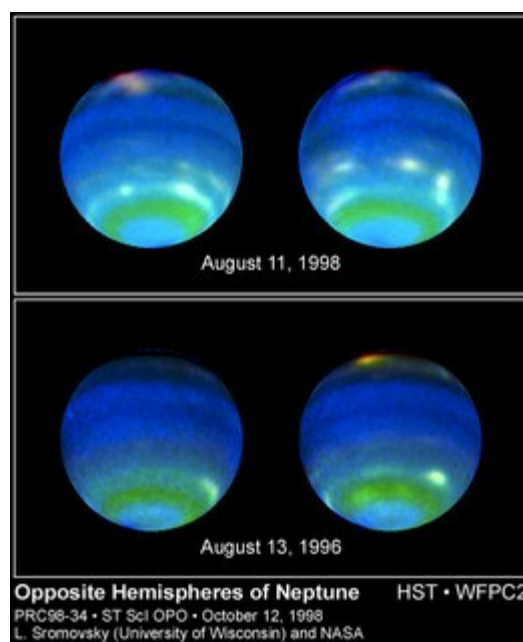
Obrázek 9.472: Oblačnost,
Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.473: Oblačnost zachycená
HST, Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.474: Sezónní změny na
Neptunu (HST), Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.475: Oblačnost (HST),
Zdroj: hubblesite.org

Neptun je místem, kde vanou nejrychlejší větry v celé sluneční soustavě. Maximální rychlosti zde dosahují až 2 000 kilometrů za hodinu. Mraky, které jste viděli na předchozích obrázcích dosahují rychlostí 100–1 000 kilometrů za hodinu. V nejvyšších vrstvách nad rovníkem jsou rychlosti atmosférického proudění až 1 500 kilometrů za hodinu.

Úkol:

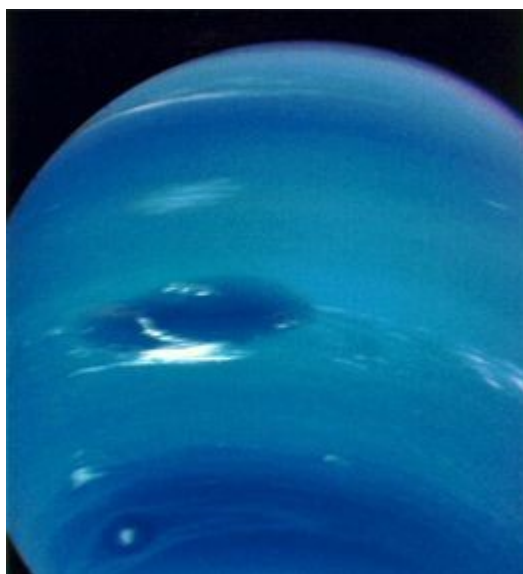
Na Neptunu jsou pozorovány také změny, které jsou závislé na ročních obdobích. Jak dlouho trvá na severní polokouli Neptunu například jaro?

Výsledek:

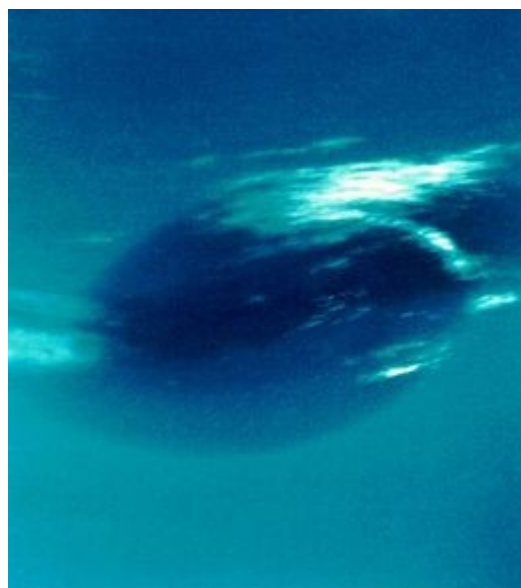
Neptunu trvá 165 let, než dokončí jeden oběh slunce. Proto je jeho jaro (obecně kterékoliv roční období) dlouhé celých 41 let.

9.14.5 Bouře

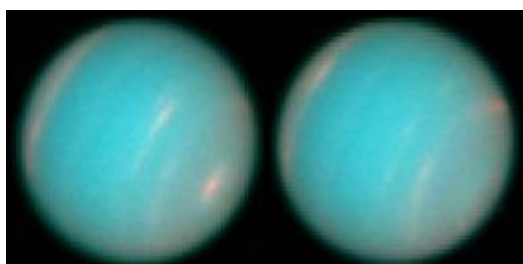
Sonda **Voyager** při svém průletu v roce 1989 objevila v atmosféře několik významných bouří. Největší z nich byla pojmenována jako *Velká temná skvrna* (podobně jako největší bouře u Jupitera). Její rozměry dosahovaly $13\,000 \times 6\,600$ kilometrů. Její velikost lze přirovnat k velikosti Země. Nejvyšší naměřená rychlost větrů byla 2 400 kilometrů za hodinu.



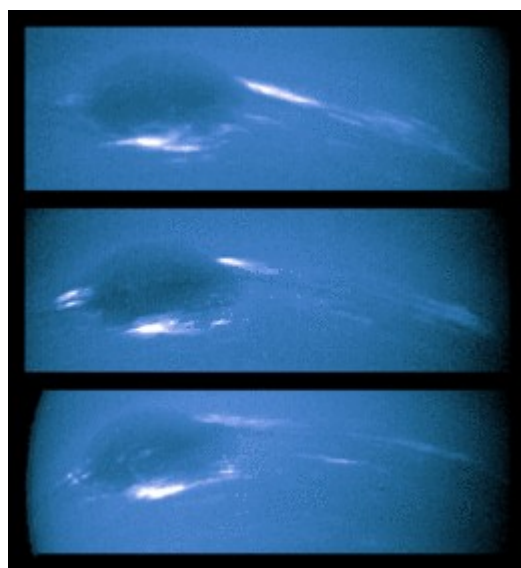
Obrázek 9.476: Detail Velké temné skvrny, Zdroj: NASA



Obrázek 9.477: Velká temná skvrna, Zdroj: NASA



Obrázek 9.478: Neptun bez Velké temné skvrny, Zdroj: NASA

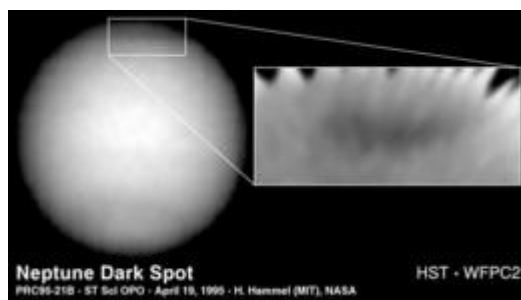


Obrázek 9.479: Velká temná skvrna, Zdroj: uoregon.edu

Narozdíl od **Velké rudé skvrny**, která je v Jupiterově atmosféře stálá, **Velká temná skvrna** zmizela. Zjistil to v roce 1994 **Hubblův kosmický dalekohled**, který fotografoval Neptunovu atmosféru. Současně ale zjistil, že v severní polární oblasti začala vznikat nová temná skvrna.

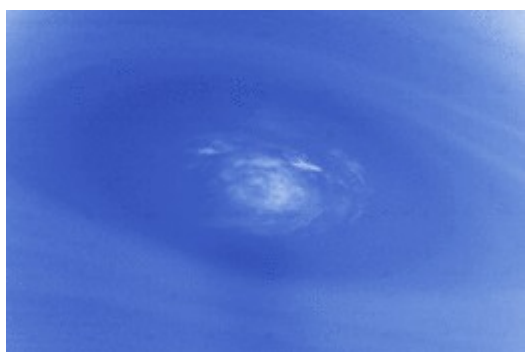


Obrázek 9.480: Série snímků Neptunu, Zdroj: hubblesite.org



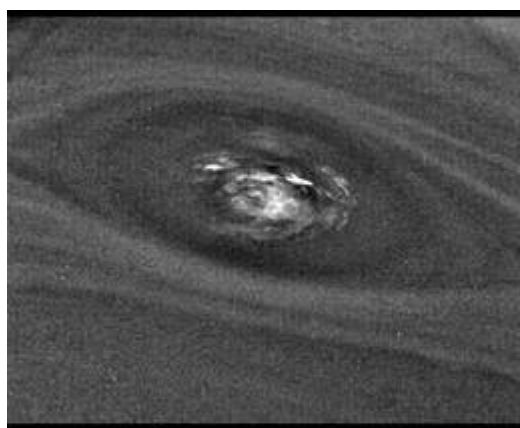
Obrázek 9.481: Nová temná skvrna, Zdroj: hubblesite.org

Kromě **Velké temné skvrny** se na jižní polokouli v atmosféře nacházela ještě **Malá temná skvrna**. Na začátku pozorování byl její střed temný, ale během průletu sondy **Voyager** se nad ním vytvořila bílá oblaka.



Obrázek 9.482: Malá temná skvrna,

Zdroj: solarviews.com



Obrázek 9.483: Malá temná skvrna,

Zdroj: NASA

Kromě obou temných skvrn byl v atmosféře pozorován ještě oblak pro svůj rychlý pohyb pojmenovaný jako **Scooter**. Během dalšího pozorování byla objevena ještě rychlejší oblaka. Nacházela se mezi Velkou a Malou temnou skvrnou.

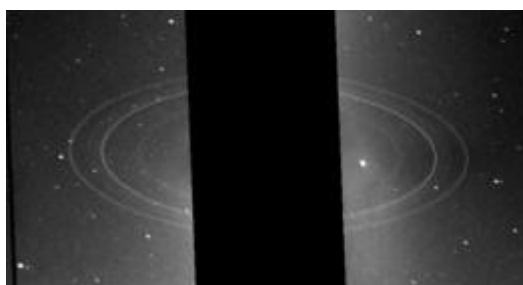


Obrázek 9.484: Velká a Malá temná skvrna a Scooter,

Zdroj: norsknettskole.no

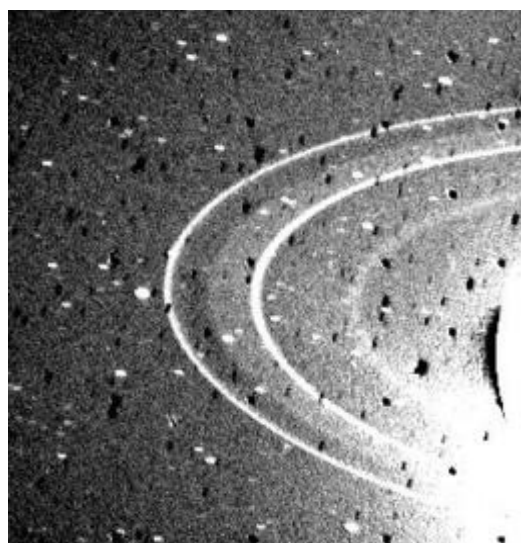
9.14.6 Neptunovy prstence

Jako všechny ostatní obří planety má i Neptun soustavu prstenců. V jeho případě se jedná o velice slabé prstence. Proto byly všechny objeveny až při průletu sondy **Voyager 2** v roce 1989. Jejich soupis se nachází v následující tabulce.



Obrázek 9.485: Neptunovy prstence,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.486: Neptunovy prstence,

Zdroj: NASA

<i>Jméno</i>	<i>Poloměr</i>	<i>Šířka</i>
Galle	41 900 km	2000 km
nejistý	50 000 km	rozsáhlý
LeVerrier	53 200 km	110 km
Lassell	53 200–57 200 km	4 000 km
Arago	57 200 km	100 km
nepojmenovaný	61 950 km	
Adams	62 933 km	50 km

Tabulka 9.25: Prstence Neptunu

Nejsilnější je prstenec **Adams**. Tento prstenec se skládá ze čtyř částí. Tři z nich byly pojmenovány po ideálech francouzské revoluce (**Liberté**, **Égalité**, **Fraternité**) a čtvrtý jako **Courage**.



Obrázek 9.487: Detail prstenců,

Zdroj: Wikipedie

9.14.7 Měsíce

Neptun má celkem 13 známých přirozených satelitů. Největší z nich je **Triton**. O ostatních měsících není dostatek informací, protože byly fotografovány hlavně sondou **Voyager 2**, která objevila celkem 5 měsíců. Kromě největšího Tritonu není žádný další měsíc natolik velký, aby se zformoval do kulatého tvaru. Tvary dalších měsíců jsou tedy nepravidelné. Jejich kompletní seznam můžete najít na konci tohoto článku nebo například na stránkách astro.pef.zcu.cz.

Druhý největší Neptunův měsíc je **Proteus**. Jeho průměr je zhruba 200 kilometrů. To je hranice, kdy již objekt začíná nabývat kulový tvar. Neptun obíhá ve vzdálenosti 98 000 kilometrů a jeden oběh trvá 26 hodin a 54 minut. Díky odrazivosti (*albedu*) pouhých 6 % je to jeden z nejtmavších objektů ve sluneční soustavě.

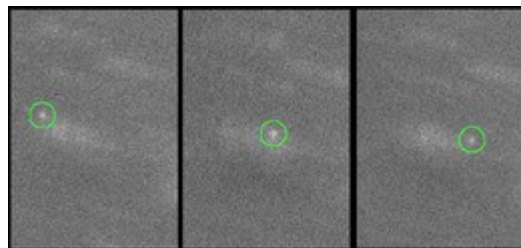


Obrázek 9.488: Proteus, Zdroj: Wikipedie

Dalším měsícem je *Nereida*, která byla objevena v roce 1949 astronomem **Gerardem Kuiperem**. Nejlepší obrázek pořídila opět sonda **Voyager 2** ze vzdálenosti 4,7 milionů kilometrů. Její trajektorie je velice eliptická a vzdálenost od Neptunu se tedy pohybuje mezi 1 353 600 a 9 623 700 kilometry.

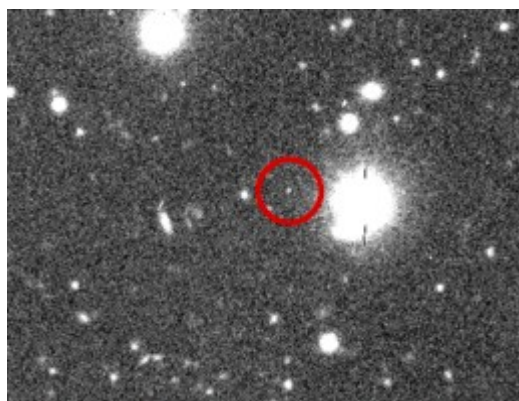


*Obrázek 9.489: Nereida,
Zdroj: Wikipedie*



Obrázek 9.490: Halimede, Zdroj: NASA

Zajímavostí je, že dva nové satelity Psamathe a Neso (rok objevu 2002, resp. 2003) mají nejdelší oběžnou periodu ze všech měsíců. Jejich průměrná vzdálenost od Neptunu je 125krát větší než vzdálenost Měsíce od Země. Jeden oběh těmito měsíci trvá celých 25 let.



*Obrázek 9.491: Psamathe,
Zdroj: Wikipedie*

9.14.8 Triton

Triton je největší z Neptunových měsíců. Jeho průměr je 2 700 kilometrů. Objeven byl 10. října 1846 britským astronomem **Williamem Lassellem**. Stalo se tak pouhých 17 dní poté, co byla objevena planeta Neptun. Pojmenován byl po řeckém bohu **Tritonovi**, synovi boha Neptuna. Poprvé bylo jméno Triton navrženo koncem devatenáctého století, ale trvalo dalších několik desítek let, než bylo oficiálně přijato.

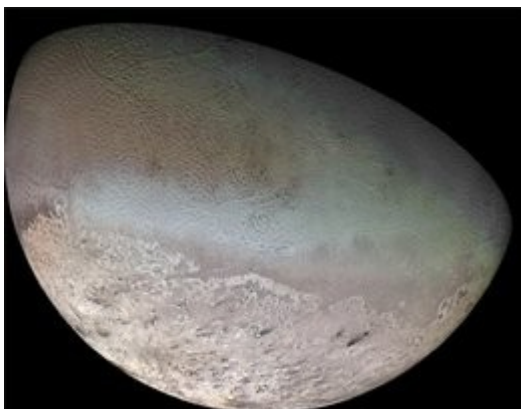
Triton je jediným velkým měsícem, který obíhá planetu po **retrográdní** trajektorii. To znamená, že obíhá planetu ve směru hodinových ručiček (sledováno od severního pólu), tedy v opačném směru, než je rotace planety. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že Triton byl Neptunem zachycen. Pro tuto teorii hovoří také fakt, že Triton má vnitřní složení podobné jako **Pluto** a ostatní tělesa **Kuiperova pásu**. Triton je tedy pravděpodobně bývalým příslušníkem této skupiny těles.



Obrázek 9.492: Neptun a Triton,

Zdroj: NASA

Průlet sondy **Voyager 2** proběhl velice blízko tohoto měsíce, takže jeho snímky jsou velice kvalitní. I když je Triton nejchladnější těleso v celé sluneční soustavě (povrchová teplota $-235\text{ }^{\circ}\text{C}$ – pouhých 38 K) byly na jeho povrchu pozorovány gejzíry, které chrlí dusíkatý plyn a tmavé částičky prachu. Ty se usazují na jeho povrchu a můžete je vidět na prvním následujícím obrázku.



Obrázek 9.493: Triton

 *Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.494: Srpek Tritonu,
Zdroj: NASA*

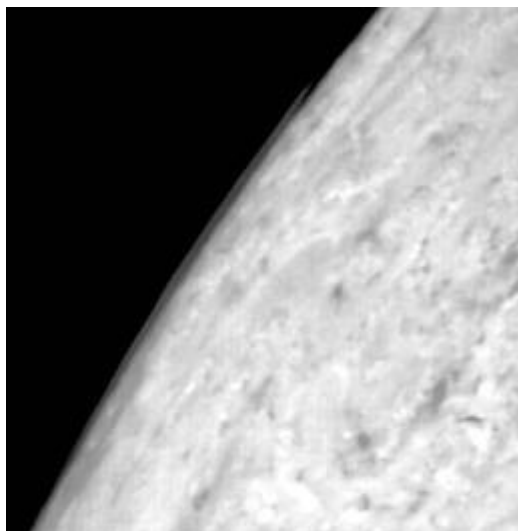


*Obrázek 9.495: Triton z dálky,
Zdroj: NASA*



*Obrázek 9.496: Detail povrchu
Tritonu, Zdroj: NASA*

U Tritonu byla pozorována velice slabá atmosféra s povrchovým tlakem pouze 1,4–1,9 Pa. Složena je především z dusíku a stopového množství metanu. V atmosféře byly pozorovány mraky tvořené krystalky dusíku.



Obrázek 9.497: Tritonova oblačnost,

Zdroj: Wikipedie

Úkol:

Již jsi se setkal se spoustou různých měsíců. Navrhni princip vzniku vulkanické aktivity Tritonu.

Výsledek:

Zdroj jeho vnitřního tepla bude s největší pravděpodobností slapový ohřev. Stejně jako v případech měsíců Ió, Europa, Enceladus apod.

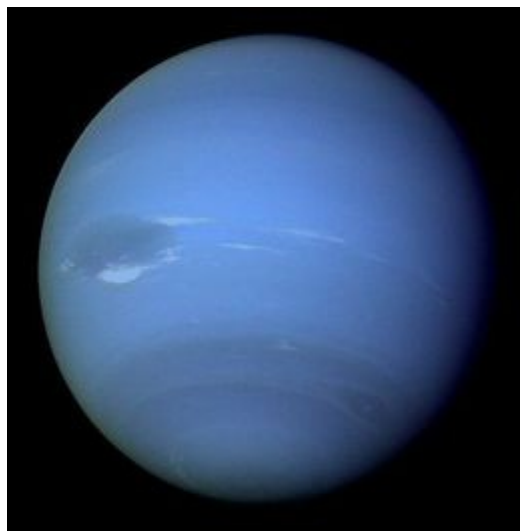
9.14.9 Výzkum Neptunu

Jako nejvzdálenější planeta byl Neptun zkoumán pouze sondou **Voyager 2**, která v roce 1989 proletěla 4 800 kilometrů nad severním pólem planety. Při svém průletu objevila bouře v atmosféře, magnetické pole, Neptunovy prstence a gejzíry na největším Neptunově měsíci Tritonu.

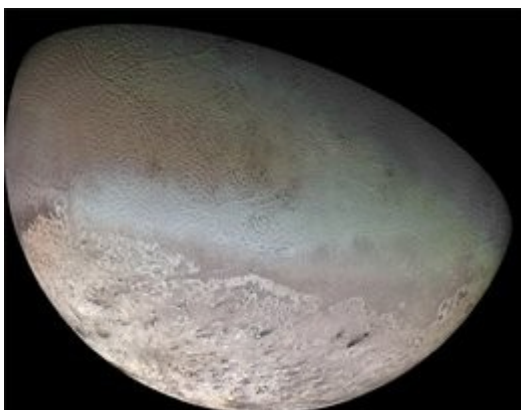


Obrázek 9.498: Voyager 2,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.499: Neptun, Zdroj: NASA



Obrázek 9.500: Triton

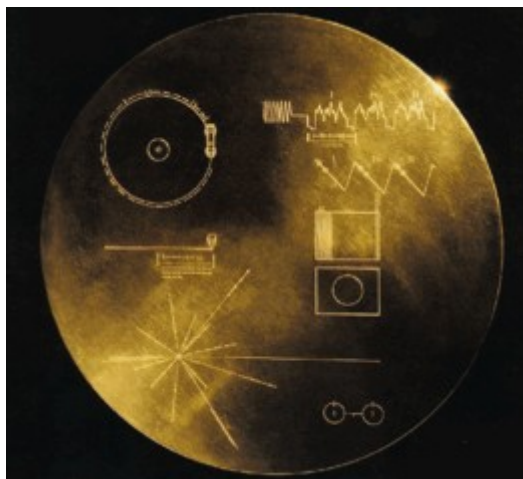
 *Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.501: Neptun a Triton,

Zdroj: NASA

Obě sondy **Voyager** nesou zlatou desku s pozdravy ze Země. Tyto desky byly vytvořeny jako symbol světového míru. Nacházejí se na nich fotografie ze Země, hudba nejrůznějších žánrů, zvuky (štěkající pes, ...) a pozdravy v mnoha světových jazycích (včetně češtiny). Na ochranném obalu desky je zároveň symbolický návod na její správné přehrání. Pravděpodobnost, že by byla tato deska skutečně nějakou blízkou mimozemskou inteligentní civilizací přehrána, je však minimální.



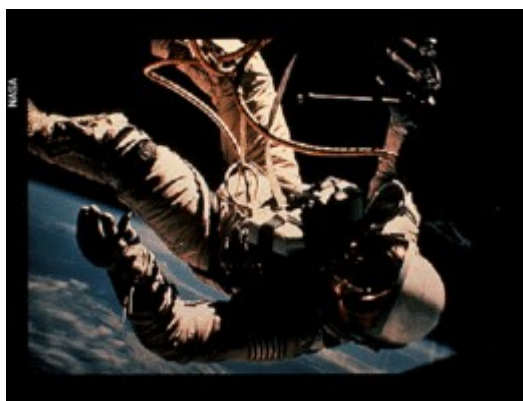
Obrázek 9.502: Obal nahrávky,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.503: Pozlacená deska,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.504: Obrázek astronauta
uložený na desce, Zdroj: NASA



Obrázek 9.505: Obrázek letadla
uložený na desce, Zdroj: NASA

Voyager 2 nyní směřuje do souhvězdí **Dalekohled**. Jeho rychlost je 17,110 kilometrů za sekundu a vzdálenost od Slunce 15 804 000 000 kilometrů. Je to druhý nejvzdálenější objekt, který byl vytvořen člověkem. Současná poloha je zaznamenána na stránkách [Heavens Above \(anglicky\)](#). Týdenní hlášení o stavu sondy se nachází na stránkách [NASA \(anglicky\)](#).

Cvičení:

Co myslíš, bude nahrávka na palubě některého z Voyagerů někdy nalezena? Svoje nápady směřuj do diskuse.

Výsledek:

Toto téma slouží k rozvinutí diskuse.

V současnosti neprobíhá žádná další mise, která by měla za cíl výzkum Neptunu a jeho měsíců. Jediná mise, o které se do budoucna uvažuje, je **Neptune Orbiter**. Nejbližší možný datum startu je ale až v roce 2030, viz nasa.gov (anglicky).

9.15 Další tělesa

9.15.1 Definice těles sluneční soustavy

Po dlouhých jednáních byla na 26. zasedání [Mezinárodní astronomické unie IAU](#) v [Praze](#) vytvořena nová definice planety. Kategorie planet byla přesně definována, protože ve vzdálených oblastech sluneční soustavy bylo objeveno těleso, které bylo větší než nejmenší do té doby známá planeta (Pluto). Toto těleso bylo později pojmenováno jako Eris.

V případě, že by byla zachována předchozí situace, kdy mohlo být do kategorie planet zařazeno těleso větší než nejmenší planeta, stal by se i Eris planetou. Toto byl do budoucna neudržitelný stav. Parametry dalekohledů se neustále vylepšují, a proto je jisté, že v nejvzdálenějších oblastech sluneční soustavy budou objevována stále nová tělesa a některá z nich jistě budou ještě větší než Eris. Hrozilo tak nebezpečí, že počet planet bude neustále růst.

9.15.1.1 Vývoj počtu planet sluneční soustavy

Podobná situace již v minulosti nastala. Bylo to v devatenáctém století, kdy byla objevena první tělesa tzv. hlavního pásu planetek. Tehdy se oficiální počet planet rozrostl až na 23 těles. Teprve po zásahu Johanna Enckeho byl tento počet snížen opět na 8. Devátá planeta Pluto byla objevena až v roce 1930.

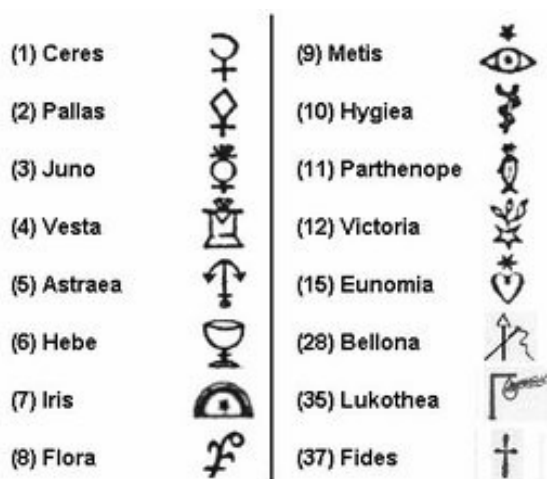
Prvním z těles objevených v oblasti dnes známé jako hlavní pás planetek byla „planeta“ Ceres. Ta byla objevena italským astronomem Giuseppem Piazzim symbolicky v první den devatenáctého století 1. ledna 1801. Jeho objev byl uvítán s radostí, protože Ceres byla objevena přesně v místech, kde se podle tehdejších výpočtů měla nacházet „chybějící“ planeta.

Ve stejné oblasti ale byla objevena další tělesa:

1801 – Ceres
1802 – Pallas
1804 – Juno
1807 – Vesta
1845 – Astraea

V roce 1846 byla objevena v té době nejvzdálenější planeta sluneční soustavy – Neptun.

V roce 1807 měla tedy sluneční soustava 11 planet v pořadí od Slunce: Merkur, Venuše, Země, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter, Saturn, Herschel (dnes známá jako Uran). V roce 1851 bylo již planet 23 (všech osm klasických planet + Ceres, Pallas, Vesta, Juno, Astraea, Hebe, Iris, Flora, Metis, Hygiea, Parthenope, Victoria, Egeria, Irene, Eunomia, všechny umístěné mezi Marsem a Jupiterem).



Obrázek 9.506: Symboly některých nových planet, Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.507: Johann Franz Encke
(23. září 1791 – 26. srpen 1865),

Zdroj: Wikipedia

Bylo jasné, že je současná situace neudržitelná. Ve stejné oblasti se objevovalo stále více těles a tato tělesa byla stále menší a menší a hrdé označení planeta si podle mínění mnoha astronomů nezasluhovala. Prvním, kdo změnil tento stav byl Johann Encke, který v roce 1851 ve své astronomické ročence snížil počet planet na 12. Mezi planetami nechal ještě první čtyři objevená nová tělesa (Ceres, Pallas, Juno a Vesta). V roce 1864 vyškrtl i tato čtyři tělesa a snížil počet planet na 8.

Tento počet vydržel až do roku 1930, kdy americký astronom Clyde Tombaugh objevil za oběžnou drahou Neptunu těleso, později pojmenované jako Pluto. Planet bylo tedy 9. Ke snížení na osm došlo v roce 2006, kdy byla vytvořena nová definice planety, která Pluto vyškrtl a vytvořila pro něj novou skupinu trpasličích planet. Do této kategorie zatím patří Ceres, Pluto a Eris.

Následující text je převzat ze stránek  **astro.cz**. Překlad byl upraven, aby odpovídal správným termínům.

9.15.1.2 Rozhodnutí IAU: Definice planety

Současná pozorování mění naše chápání planetárních soustav a je důležité, aby názvosloví odráželo naše současné znalosti. To se zvláště týká označení „planety“. Slovo „planeta“ původně označovalo tuláky (poutníky), kteří byli známi jen jako světla pohybující se po obloze. Nedávné objevy nás přivedly k vytvoření takové nové definice, kterou můžeme získat na základě dostupných vědeckých informací.

Rozhodnutí 5A

IAU proto rozhoduje, že planety a ostatní tělesa naší sluneční soustavy se budou dělit do tří kategorií následujícím způsobem:

1. Planeta^a je nebeské těleso, které

a. obíhá okolo Slunce,

a Těmito osmi planetami jsou: Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran a Neptun.

- b. má dostatečnou hmotnost, aby jeho vlastní gravitace překonala vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze (přibližně kulového) a
- c. vyčistilo okolí své dráhy.

2. Trpasličí planeta je nebeské těleso, které

- a. obíhá okolo Slunce,
- b. má dostatečnou hmotnost, aby jeho vlastní gravitace překonala vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze (přibližně kulového)^b,
- c. nevyčistilo okolí své dráhy a
- d. není satelitem.

3. 3.S výjimkou satelitů by všechny ostatní objekty^c obíhající okolo Slunce měly být označovány společným termínem malá tělesa sluneční soustavy.

Rozhodnutí IAU: Pluto

Rozhodnutí 6A

IAU dále rozhoduje:

Pluto je dle výše uvedené definice trpasličí planetou a je shledáno prototypem nové kategorie transneptunických objektů.

Zdroj:  astro.cz

9.15.2 Trpasličí planety

Trpasličí planety jsou podle definice všechna tělesa, která nejsou planetami, obíhají okolo Slunce, mají dostatečnou hmotnost, aby jejich vlastní gravitace překonala vnitřní

b IAU zahájí proces prověření objektů blízko této hranice a jejich zařazení mezi trpasličí planety nebo do jiné kategorie.

c Mezi ně v současnosti počítáme většinu planetek sluneční soustavy, většinu transneptunických objektů (TNO), komet a další malá tělesa.

síly pevného tělesa, takže dosáhly tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze (přibližně kulového), nevyčistily okolí své dráhy a nejsou satelitem. Ze známých těles této definici vyhovují Ceres, Pluto a Eris. Charakteristiky těchto těles se nacházejí v následující tabulce.



Obrázek 9.508: Umělecká představa trpasličích planet,

Zdroj: *ascadiastreet.com*

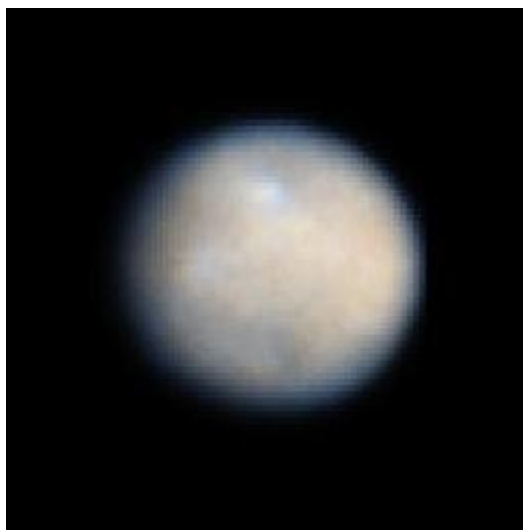
Jméno	Ceres	Pluto	Eris
MPC číslo	1	134340	136199
Oblast sluneční soustavy	Pás planetek	Kuiperův pás	Rozptýlený disk
Průměr	941±32 km	2306±30 km	2400±100 km
Hmotnost	$9,5 \times 10^{20}$ kg	$1,305 \times 10^{22}$ kg	$\sim 1,67 \times 10^{22}$ kg
Střední rovníkový poloměr	471 km	1 148,07 km	~1 200 km
Hustota	2 080 kg·m ⁻³	2 000 kg·m ⁻³	2 100 kg·m ⁻³
Rovníkové tíhové zrychlení	0,27 m·s ⁻²	0,60 m·s ⁻²	~0,68 m·s ⁻²
Úniková rychlost	0,51 m·s ⁻²	1,2 m·s ⁻²	~1,3 m·s ⁻²
Otočka kolem osy	0,3781 dní	-6,38718 dní	
Poloměr oběžné dráhy	2,5–2,9 AU 413 715 000 km	29,66–49,30 AU 5 906 376 200 km	37,77–97,56 AU 10 210 000 000 km
Doba oběhu	4,599 let	248,09 let	557 let
Výstřednost dráhy	0,080	0,248 807 66	0,44177
Sklon dráhy k ekliptice	10,587°	17,14175°	44,187°
Průměrná povrchová teplota	167 K	40 K	30 K

<i>Jméno</i>	<i>Ceres</i>	<i>Pluto</i>	<i>Eris</i>
<i>Počet přirozených satelitů</i>	0	3	1
<i>Datum objevu</i>	1. ledna 1801	18. února 1930	21. října 2003

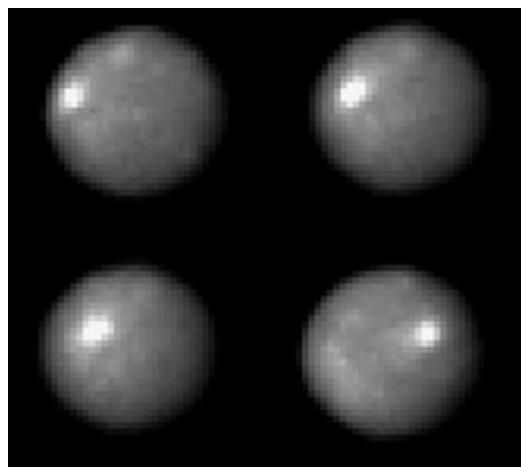
Tabulka 9.26: Trpasličí planety

9.15.3 1 Ceres

Ceres byla v době svého objevu považována za planetu. Později byla překlasifikována na planetku. v roce 2006 byl její statut opět přehodnoce a nyní je trpasličí planetou. Objevil ji italský astronom **Giuseppe Piazzi** 1. ledna 1801. Až do roku 1864 byla Ceres považována za planetu. Pojmenována je po sicilské bohyni úrody **Ceres**.

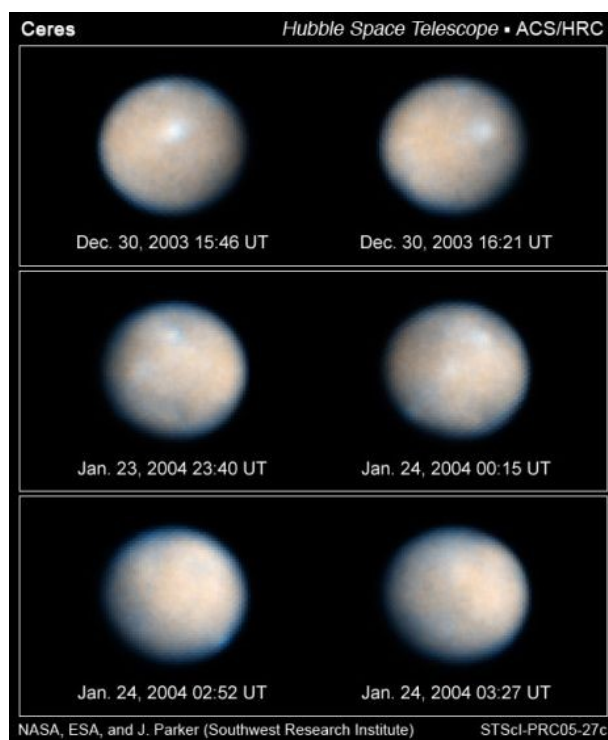


Obrázek 9.509: Ceres, Zdroj: NASA



Obrázek 9.510: Ceres, Zdroj: NASA

Oběžná dráha trpasličí planety Ceres se nachází v **hlavním pásu planetek**. S průměrem kolem 950 km je to největší zástupce v hlavním pásu planetek. Ani za pomoci nejvýkonnějších dalekohledů není možné detailně vyfotografovat její povrch. Z nejlepších snímků je patrné, že se na povrchu nachází bílá skvrna, pravděpodobně velký impaktní kráter. Dno kráteru obnažuje hlubší vrstvy, které jsou pravděpodobně složeny z ledu.



Obrázek 9.511: Ceres, Zdroj: NASA

9.15.3.1 Výzkum

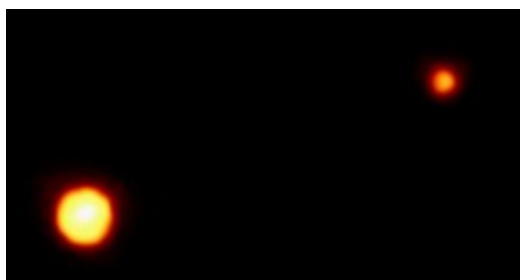
K trpasličí planetě Ceres v září 2007 vystartovala sonda **DAWN**. Sonda bude nejprve rok zkoumat planetku *Vesta* a poté se vydá na cestu k **Ceres**. K té doletí v roce 2015.



Obrázek 9.512: Sonda DAWN,
Zdroj: NASA

9.15.4 9.15.4 134 340 Pluto

Pluto druhá trpasličí planeta sluneční soustavy. Pojmenována je podle římského boha podsvětí **Pluta**. Jeho řeckým protějškem je **Hádes**. Pluto bylo objeveno v roce 1930 americkým astronomem **Clydem Tombaughem**. Později bylo objeveno na fotografiích z roku 1915. V té době si ho však nikdo nevšiml. Jeden oběh okolo Slunce trvá Plutu celých 248 let.

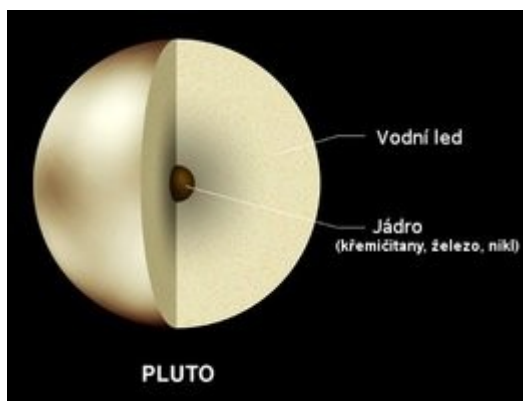


Obrázek 9.513: Pluto a Charon (HST),

Zdroj: NASA

9.15.4.1 Složení

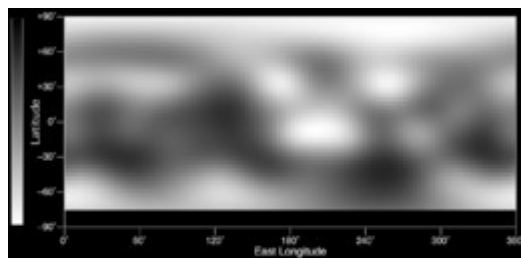
Předpokládá se, že jádro Pluta tvoří směs křemičitanů a kovů. Jádro je v porovnání s vrstvou ledu velice malé. Nejlepší mapa povrchu Pluta, která existuje díky **Hubblemu kosmickému dalekohledu**, ukazuje na jeho povrchu světlejší a tmavší oblasti.



Obrázek 9.514: Vnitřní struktura

Pluta Přeloženo z angličtiny,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.515: Mapa povrchu Pluta,

Zdroj: NASA

9.15.4.2 Atmosféra

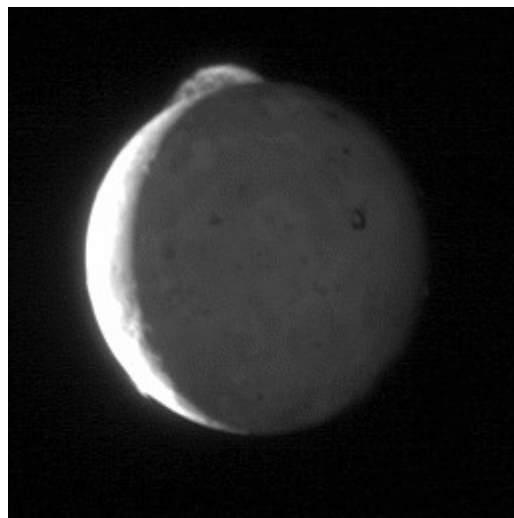
Atmosféra Pluta je velice slabá. Předpokládá se, že se vytváří pouze v blízkosti perihélia, kdy na Pluto dopadá dostatek záření na to, aby mohly sublimovat dusík, metan a oxid uhelnatý, které se nacházejí na povrchu. Vytváří se tak slabá atmosféra, která však při vzdálení Pluta od Slunce opět zmizí (plyny zmrznou). Tlak atmosféry na povrchu je v maximu pouhých 0,3 Pa.

9.15.4.3 Výzkum Pluta

V roce 2006 odstarovala k Plutu sonda **New Horizons**. Současnou pozici sondy si můžete nalézt na stránkách [New Horizons Web Site \(anglicky\)](#). Sonda v roce 2007 prolétala okolo Jupiteru, který pozorovala. Zachytila mimo jiné i videosekvenci, která ukazuje aktivní sopku Tvashtar na měsíci Io. Tuto sekvenci můžete vidět níže. Sonda **New Horizons** dorazí k Plutu v roce 2015. Po průletu bude pokračovat dále do oblasti **Kuiperova pásu**, který bude jako první sonda zkoumat.



Obrázek 9.516: *New Horizons*,
Zdroj: *Wikipedie*



Obrázek 9.517: *Erupce Tvashtar catena*, Zdroj: *NASA*

9.15.5 Měsíce Pluta

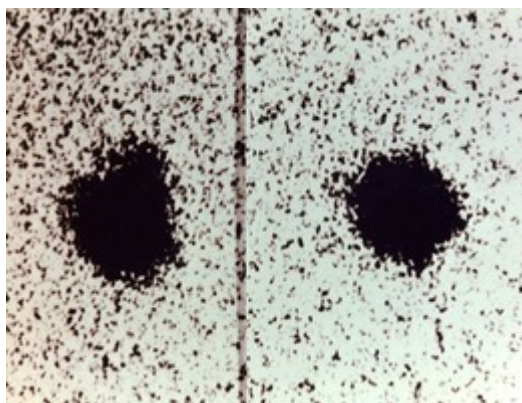
V současnosti jsou známy tři měsíce Pluta. Jejich jména jsou Charon, Nix a Hydra.



*Obrázek 9.518: Pluto (uprostřed)
a jeho měsíce, Zdroj: hubblesite.org*

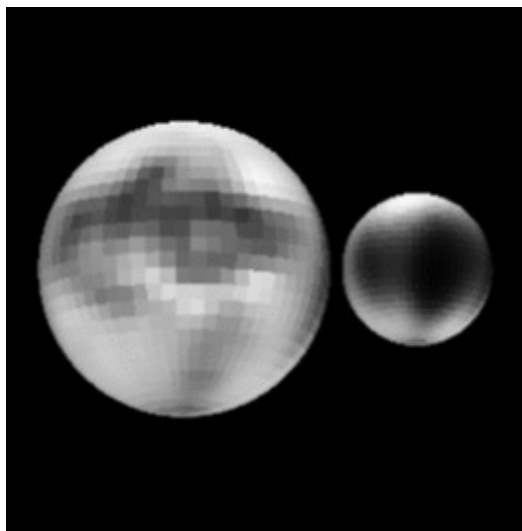
9.15.5.1 Charon

Charon je největším Plutovým měsícem. Pojmenován byl podle převozníka **Charona**, který v řecké mytologii převážel mrtvé přes řeku Styx do podsvětí.



*Obrázek 9.519: Objevení Charona,
Zdroj: NASA*

Charon byl objeven v roce 1978. Na snímku nahoře se nachází dvojice snímků Pluta. Srovnáním je vidět, že v některých okamžicích má Pluto hruškovitý tvar. Pro těleso velikosti Pluta (2 400 km v průměru) je nemožné, aby mělo tvar výrazně odlišný od koule. Proto bylo brzy jasné, že se jedná o měsíc.



*Obrázek 9.520: Srovnání Pluta
a Charona, Zdroj: NASA*

Průměr Charona je 1 200 kilometrů, což je přibližně polovina průměru Pluta. Soustava Pluto–Charon byla proto často označována za dvojplanetu.



*Obrázek 9.521: Pohled z Charonu na
Pluto, Zdroj: NASA*

9.15.5.2 Nix a Hydra

V roce 2005 byly objeveny dva nové měsíce Pluta. Pojmenovány byly **Nix** a **Hydra**. Jejich jména vycházejí z řecké mytologie. **Nix** byla řeckou bohyní temnoty a noci. **Hydra** byla bájná příšera, která chránila podsvětí.

Vzdálenosti Nix a Hydry od Pluta jsou 48 700 km a 64 800 km. Rovina oběhu je totožná s rovinou oběhu Charonu. Oběžné doby jsou 24,8 dne a 38,2 dne.



Obrázek 9.522: Nově objevené měsíce,

Zdroj: hubblesite.org



Obrázek 9.523: Pohled z Nix,

Zdroj: hubblesite.org

9.15.5.3 Vznik měsíců

Měsíce pravděpodobně vznikly při velké srážce, kterou Pluto prodělalo ve své dávné historii. Při této srážce bylo Pluto zcela roztrháno. Z částí se postupně znovu vytvořilo Pluto společně s největším měsícem Charonem. Oba menší měsíce Nix a Hydra jsou pak zbylé trosky po této srážce.

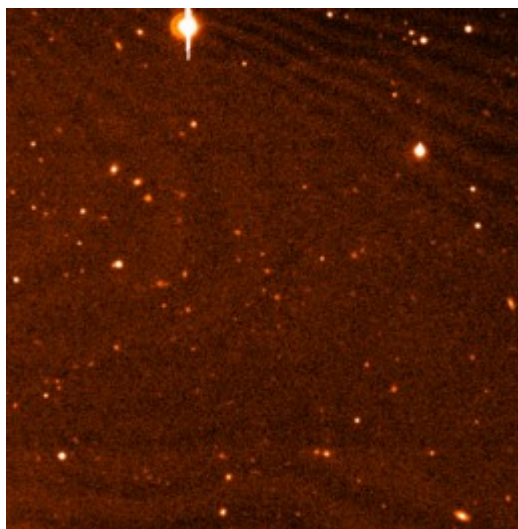


Obrázek 9.524: Dávná srážka Pluta,

Zdroj: astro.cz

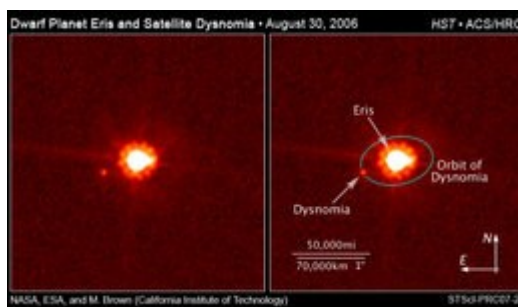
9.15.6 9.15.6 136 199 Eris

Eris je třetí známou trpasličí planetou. Objevena byla 21. října 2003. Pojmenována je po řecké bohyni sváru **Eris**. Neoficiálně se tato trpasličí planeta dříve jmenovala Xena.



Obrázek 9.525: Eris (v pravé střední části), Zdroj: Wikipedie

Její průměr je odhadován na 2 400 kilometrů. To znamená, že je přibližně o 100 kilometrů větší než Pluto. V době, kdy byla Eris objevena, bylo Pluto považováno za planetu. Proto měla Eris nárok na zařazení do seznamu planet jako desátá planeta. V roce 2006 bylo ale na konferenci IAU rozhodnuto, že bude, společně s Plutem a Ceres, zařazena do nové kategorie **trpasličí planeta**. Na obrázku je modrou elipsou naznačena trajektorie Dysnomie.



Obrázek 9.526: Eris a Dysnomia,
Zdroj: NASA

9.15.6.1 *Dysnomia*

V roce 2005 byl u Eris objeven malý měsíc. Oficiální jméno je ***Dysnomia*** po dceři bohyně ***Eris***. Jeho průměr je odhadován na 150 km. Doba jejího oběhu Eris je 15,77 dne a pohybuje se ve vzdálenosti 37 370 kilometrů.



*Obrázek 9.527: Pohled na Eris
a Slunce, Zdroj: NASA*

9.15.7 Malá tělesa sluneční soustavy

Malá tělesa sluneční soustavy jsou všechna tělesa, která nezapadají do skupiny planet nebo trpasličích planet. Mezi tato tělesa patří planetky a komety.

Planetky (někdy označované anglicismem asteroidy) jsou shluky skal nebo ledu o velikostech desítek metrů až stovek kilometrů. Většina dnes známých planetek se pohybuje mezi planetami Mars a Jupiter. Tato oblast je nazývána hlavní pás planetek. Jsou ale známy planetky, které se pohybují ve vnitřní části sluneční soustavy (uvnitř dráhy Marsu), nebo planetky, které se pohybují až za drahou Neptunu. Tato oblast je nazývána Kuiperův pás.



Obrázek 9.528: Ida a Dactyl ze sondy Galileo ,Zdroj: NASA



Obrázek 9.529: Gaspra, Zdroj: solarviews.com

Komety jsou malá tělesa sluneční soustavy, která se většinou pohybují po eliptických trajektoriích s velkou výstředností. Když se na své dráze přiblíží ke Slunci výrazně změni svoji podobu. Vlivem slunečního tepla vzniká výrazný ohon. Trajektorie některých komet byla v minulosti změněna gravitačním působením Jupitera a nyní se pohybují v hlavním pásu planetek. Některé komety pocházejí z Kuiperova pásu. Perioda těchto komet je menší než 200 let. Další část komet pochází z Oortova oblaku. To je kulový oblak kometárních jader ve vzdálenosti až 10 000 astronomických jednotek od Slunce. Periody těchto komet jsou větší než 200 let (mohou být ale i několik tisíc let). Tyto komety nejsou označovány jako periodické.



Obrázek 9.530: Kometa McNaught (2007), Zdroj: cas.kopule.cz

9.15.8 Planetky

Planetky (někdy označované anglicismem asteroidy) jsou shluky skal nebo ledu o velikostech desítek metrů až stovek kilometrů. Většina dnes známých planetek se pohybuje mezi planetami Mars a Jupiter. Tato oblast je nazývána **hlavní pás planetek**. Jsou ale známy planetky, které se pohybují ve vnitřní části sluneční soustavy (uvnitř dráhy Marsu), nebo planetky, které se pohybují až za drahou Neptunu. Tato oblast je nazývána **Kuiperův pás**, a tělesa, které se v ní nacházejí se nazývají jako **TransNeptunické Objekty** (TNO). Více o dělení planetek do skupin se dozvíte v článku

[Skupiny planetek.](#)



Obrázek 9.531: *Ida a Dactyl ze sondy*

Galileo, Zdroj: NASA



Obrázek 9.532: *Gaspra,*

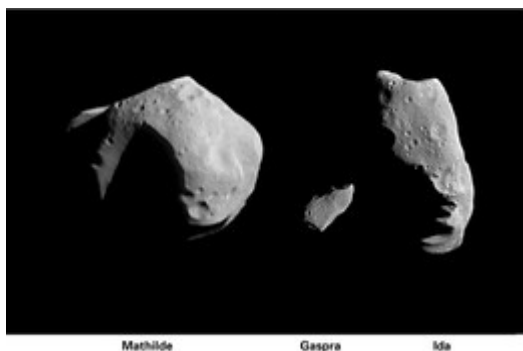
Zdroj: solarviews.com

Přibližně 75 % všech planetek je tvořeno uhlíkatými sloučeninami. Tyto planetky jsou označovány jako **C-planetky** (C je chemická značka uhlíku). Dalších 27 % planetek je tvořeno směsí niklu a křemičitanů. Označovány jsou jako **S-planetky** (S – stone/kámen). Zbytek planetek je tvořen především směsí niklu a železa. To jsou **M-planetky** (M – metallic/železné). Všechny skupiny se dále dělí do množství podskupin.

Obrázek 9.533: *Mathilde*, Zdroj: NASAObrázek 9.534: *Itokawa*, Zdroj: NASA

9.15.8.1 Výzkum planetek

První planetky fotografované z blízkosti byly **951 Gaspra** (1991) a **243 Ida** se svým měsícem **Dactylem** (1993). Obě tyto planetky byly fotografovány sondou **Galileo**, které je plánovaně potkala při své cestě k Jupiteru. Planetky **253 Mathilde** a **433 Eros** byly fotografovány sondou **NEAR – Shoemaker**. Další fotografované planetky jsou **9969 Braille**, **5535 Annefrank** a **25143 Itokawa**.



Obrázek 9.535: Srovnání velikostí některých planetek, Zdroj: NASA

Obrázek 9.536: *Eros*, Zdroj: NASA

9.15.9 Skupiny planetek

V celé sluneční soustavě se nachází velké množství skupin objektů. Tělesa se do skupin rozdělují především podle jejich trajektorií. V dalším textu se budeme zabývat pouze vybranými skupinami.



Obrázek 9.537: Největší planetky ve srovnání se Zemí, Zdroj: NASA

9.15.9.1 Blízkozemní planetky

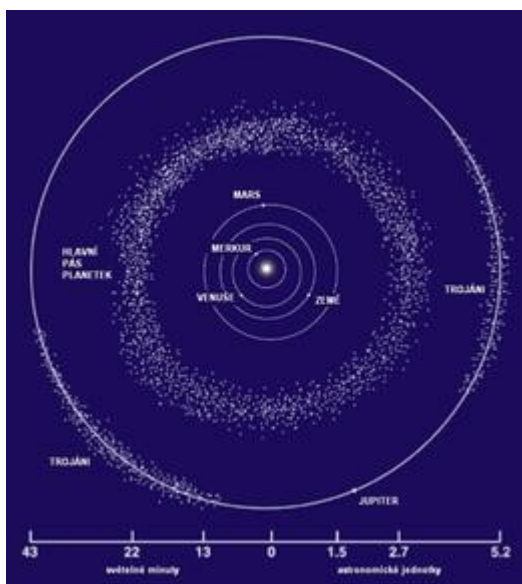
Blízkozemní planetky je souhrné označení pro skupiny planetek, které kříží dráhu Země, nebo se k ní přibližují. V současnosti je známo několik tisíc těchto planetek. Některé z těchto planetek, jejichž dráhy protínají zemskou, hrozí nárazem do Země.



Obrázek 9.538: Eros, Zdroj: NASA

9.15.9.2 Hlavní pás planetek

Hlavní pás planetek je oblast sluneční soustavy mezi trajektoriemi planet Mars a Jupiter. V této oblasti se nachází velké množství planetek. Mezi nimi i trpasličí planeta ☐ **Ceres**, která je největším objektem v této oblasti. Těchto planetek je v současnosti známo několik set tisíc.



Obrázek 9.539: Hlavní pás planetek,

Zdroj: Wikipedie

9.15.9.3 Trojané

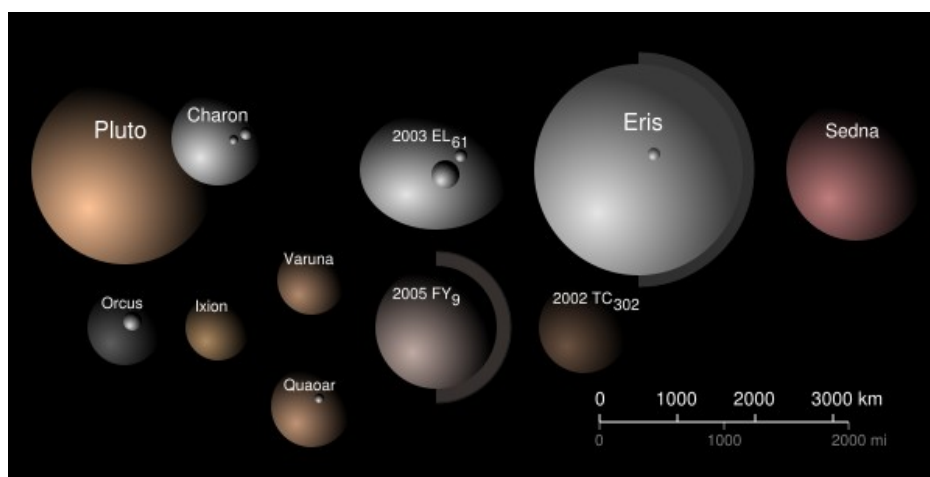
Planetky označované jako **Trojané** jsou planetky, které obíhají na stejné trajektorii jako Jupiter. Jejich oběžná doba je stejná jako oběžná doba Jupitera a tak nehrozí jejich srážka s Jupiterem. Známo je přibližně 2 000 zástupců této skupiny. Pojmenovávají jsou podle hrdinů trojské války. Jejich pozice jsou zaznamenány v předchozím obrázku.

9.15.9.4 Transneptunické objekty

Transneptunické objekty (TNO) jsou planetky, jejichž dráhy leží za oběžnou drahou Neptunu. Mezi tyto objekty patří i trpasličí planetky ☐ **Pluto** a ☐ **Eris**. Známo je přibližně 2 000 těchto planetek.



Obrázek 9.540: Ida a Dactyl ze sondy Galileo, Zdroj: NASA



Obrázek 9.541: Největší transneptunické objekty, Zdroj: Wikipedie

9.15.10 433 Eros

Eros je planetka objevená v roce 1898 a pojmenovaná podle řeckého boha lásky. Je to první známý zástupce skupiny blízkozemních planetek.

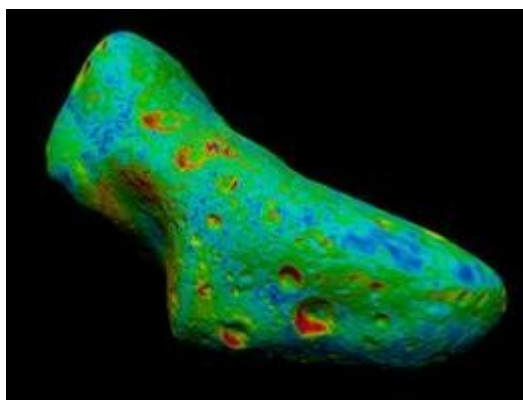


Obrázek 9.543: Eros v barvě,
Zdroj: NASA

Obrázek 9.542: Eros, Zdroj: NASA

Eros je nepravidelná planetka s rozměry $13 \times 13 \times 33$ km připomínající obří burský oříšek. Je druhou největší blízkozemní planetkou. Následující obrázky jsou gravitační mapou planetky Eros. Červené oblasti bychom na Zemi označili jako kopce, zelené jako roviny a modré jako nížiny. Míč, hozený do červené oblasti, by se kutálel přes zelenou

do modré, kde by se zastavil. Z obrázku je patrné, že míč hozený na stěnu největšího kráteru, by se nepohyboval do kráteru, ale ven z kráteru a pravděpodobně by se zastavil až na jednom z konců planetky.



Obrázek 9.544: Mapa gravitace,
Zdroj: NASA

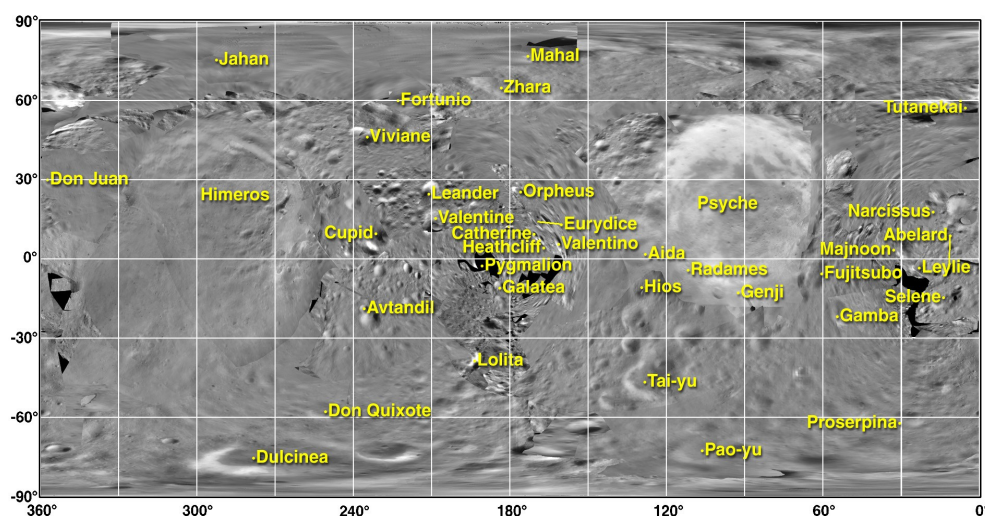


Obrázek 9.545: Mapa gravitace,
Zdroj: NASA

Na povrchu planetky Eros se nachází velké množství malých impaktních kráterů. Dva největší jsou pojmenovány **Himeros** a **Psyché**. Mapa planetky je na dalším obrázku. Na dalším snímku, pořízeném z výšky 50 kilometrů, je možné pozorovat balvany v kráteru Psyché



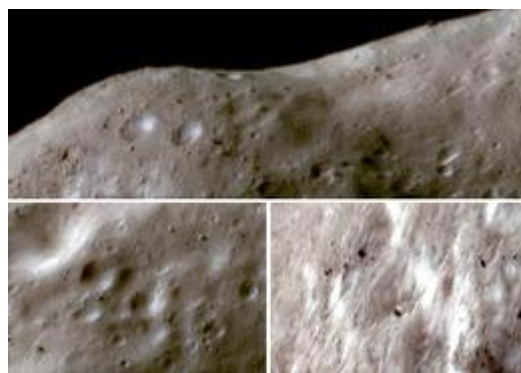
Obrázek 9.546: Kráter Psyché, Zdroj: NASA



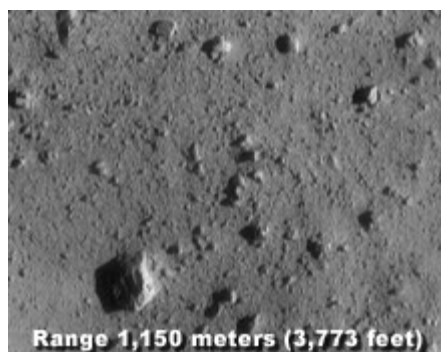
Obrázek 9.547: Mapa Erosu, Zdroj: astro.cz

9.15.10.1 Výzkum

V roce 1992 byla vypuštěna sonda *Near Earth Asteroid Rendezvous – Shoemaker* (*NEAR Shoemaker*). Byla to první sonda, která měla zkoumat planetku. 14. února 2000 přešla sonda na oběžnou dráhu okolo této planetky a celý rok ji zkoumala. Nejnížší oběžná dráha byla pouhých 25 kilometrů nad povrchem planetky.

Obrázek 9.548: NEAR – Shoemaker,
Zdroj: WikipedieObrázek 9.549: Detaily povrchu,
Zdroj: NASA

K ukončení mise NEAR došlo 12. února 2001, když se sonda pokusila na planetce přistát. Během sestupu vytvořila zatím nejdetailnější snímky povrchu planetky. Sonda dosedla rychlostí 6,4 kilometrů za hodinu. Sonda bohužel nebyla schopna po přistání vysílat žádná data. Celá sestupová sekvence včetně posledního nedokončeného snímku se nachází níže.



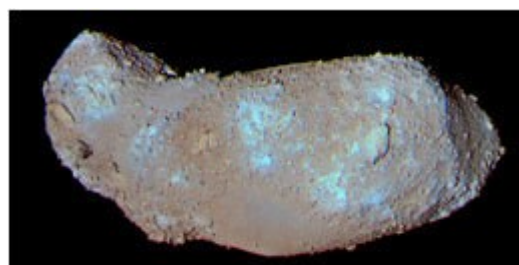
Obrázek 9.550: Sestupová
sekvence, Zdroj: NASA

9.15.11 25143 Itokawa

Itokawa byla objevena v roce 1998. Její rozměry jsou pouze $535 \times 294 \times 209$ m. Pojmenována je po **Hideu Itokawovi**, významném japonském konstruktéru raket. Jedná se o další planetku, která byla cílem sondy. Na detailních snímcích je vidět, že povrch této planetky se výrazně odlišuje od povrchu planetky ☐ **Eros**. Na jejím povrchu se nenalézají žádné impaktní krátery. Místo nich je zde velké množství balvanů.

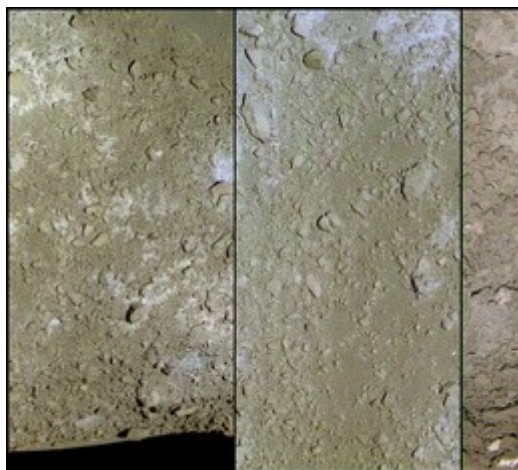


Obrázek 9.551: Itokawa, Zdroj: NASA



Obrázek 9.552: Barevná Itokawa,
Zdroj: JAXA

Tato planetka byla zkoumána japonskou sondou **Hayabusa**. Sonda byla vypuštěna roku 2003 a k planetce dorazila po dvou letech. Hlavní část mise sondy **Hayabusa** spočívala v odebrání vzorku povrchu a jejich návratu na Zemi. Pro jejich odběr sonda dvakrát přistála na povrchu planetky. V současné době se sonda vrací k Zemi. Bohužel není dodnes jasné, zda byl odběr vzorků hornin úspěšný.



Obrázek 9.553: Detail povrchu,

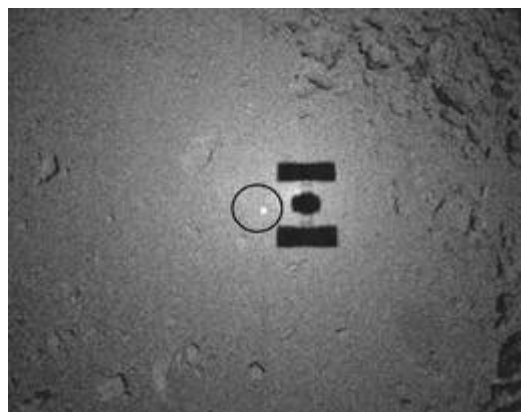
Zdroj: wanderingspace.net

Ani další část mise nedopadla úspěšně. Mělo dojít k vypuštění malého skákacího robota **MINERVA**, který měl využít malé gravitace planetky a prozkoumat ho pomocí malých skoků. Robot byl však vypuštěn ve špatný okamžik a planetku minul. Na dalším obrázku je vidět sonda **Hayabusa** při odběru vzorku, robot **MINERVA** a odrazný terčík, který sonda na planetku před odběrem shodila. Bylo to z důvodu snadnějšího navádění.



Obrázek 9.554: Hayabusa,

Zdroj: Wikipedie



Obrázek 9.555: Stín sondy Hayabusa na planetce, Zdroj: newscientist.com

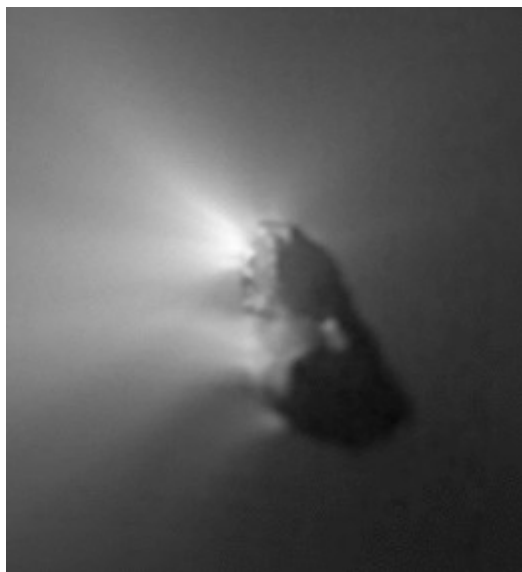
9.15.12 *Komety*

Komety jsou malá tělesa sluneční soustavy, která se většinou pohybují po eliptických trajektoriích s velkou výstředností. Když se na své trajektorii přiblíží ke Slunci, výrazně změní svoji podobu. Vlivem slunečního záření vzniká výrazný ohon.



*Obrázek 9.556: Kometa McNaught
(2007), Zdroj: cas.kopule.cz*

Jádro komety je tvořené ledem s příměsí prachu. Když se dostane kometa blízko ke Slunci (většinou do vzdálenosti Jupitera), začne vlivem tepla led sublimovat a spolu s prachem uniká z povrchu komety. Vytváří se **koma**. Koma je slabá atmosféra komety. Kometa má velice slabou gravitaci, a tak se plyny a prach v komě neudrží v jejím gravitačním působení a jsou „sfouknuty“ slunečním větrem.



*Obrázek 9.557: Jádro Halleyovy
komety, Zdroj: NASA*

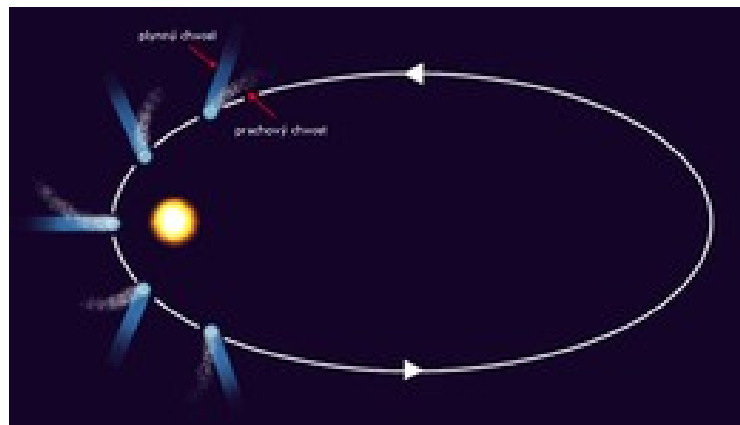
Vytváří se **ohon**. U některých komet se vytvoří jeden ohon, u jiných dva (jako například u komety **Hale-Bopp**). Modrý ohon je tvořen ionty. Atomy plynů se sráží s nabitými částicemi slunečního větru, získávají jejich energii a opět ji vyzařují v podobě namodralého světla. Žlutý ohon je tvořen prachem. Ten rozptyluje sluneční světlo.



*Obrázek 9.558: Kometa Hale-Bopp
(1997), Zdroj: Wikipedie*

Ionový ohon (plynný ohon) komety vždy směřuje od Slunce (to je vidět z následujícího obrázku). Na nabitě ionty plynů působí kromě tlaku slunečního záření i elektromagnetické síly. Na prachové částice, které tvoří **prachový ohon**, působí pouze tlak slunečního větru. Mají zároveň mnohem větší hmotnost a jsou proto slunečním větrem

unášeny menší rychlostí a více si zanechávají původní pohyb komety. Prachový ohon tak za iontovým vždy zaostává (viz následující obrázek).



Obrázek 9.559: Směr ohonů v závislosti na poloze vůči Slunci, Zdroj: Wikipedie

Protože jsou ohony komet vytvářeny materiálem, který komety tvoří, při každém přiblížení Slunci se kometa zmenší. Například nejznámější **Halleyova kometa** ztratí při každém svém návratu ke Slunci metrovou vrstvu materiálu. Až sublimují i poslední zbytky ledu, Halleyova kometa se rozpadne a zanikne. Rozpad komety jsme mohli pozorovat například u komety **73P/Schwassmann-Wachmann**.



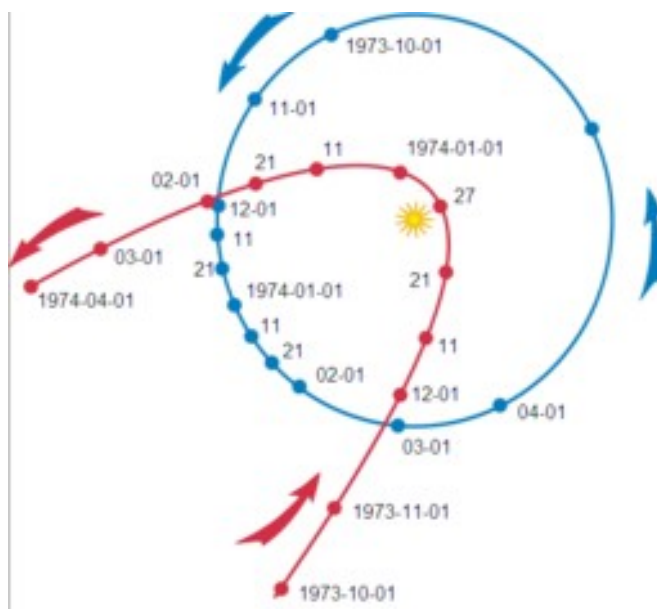
Obrázek 9.560: Rozpad komety Schwassman-Wachmann (2006), Zdroj: hubblesite.org

Cvičení:

Pozorovali jste někdy kometu? Podělte se s ostatními o zážitky.

9.15.12.1 Pohyb komety

Komety se pohybují po silně výstředných eliptických trajektoriích. Vezměme si opět za příklad Halleyovu kometu. Její přísluní (perihélium) je pouhých 0,5 AU od Slunce. Zato její odsluní (afélium) je 35,1 AU od Slunce. Kometa tak výrazně mění svoji vzdálenost od Slunce. Na obrázku je červeně vyznačená trajektorie komety, modře pak trajektorie Země.



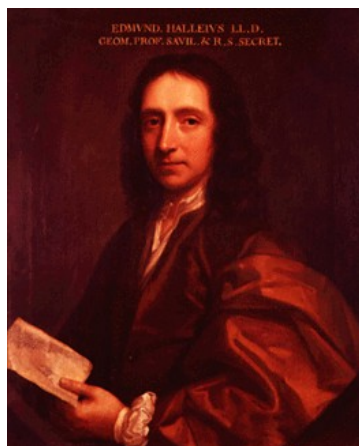
Obrázek 9.561: Trajektorie komety Kohoutek,

Zdroj: NASA

Kromě vzdálenosti od Slunce kometa výrazně mění i rychlost. V aféliu se pohybuje velice pomalu. Jak se pohybuje směrem ke Slunci, její rychlost výrazně roste a v perihéliu je rychlost nejvyšší. To můžete vidět i z předchozího obrázku. Zaznamenána je trajektorie komety 391P/Kohoutek včetně pozic, kde se kometa vyskytovala v různých dnech. Srovnáním datumů můžete pozorovat výrazné zrychlení v období pohybu poblíž perihélia.

9.15.13 Halleyova kometa

Kometa **1P/Halley** je první kometou, která byla rozpoznána jako periodická. **Edmond Halley** si jako první všiml několika výrazných komet. Komety byly pozorovány v letech 1531, 1607 a 1682. Halley předpokládal, že se jedná o jednu kometu s periodou přibližně 75 let a předpověděl její návrat na rok 1758. Kometa se objevila až na sklonku tohoto roku. Později se zjistilo, že zpoždění bylo způsobeno gravitačním působením Jupiteru a Saturnu. Na počest objevu periodicity byla kometa pojmenována po Halleiovy.



Obrázek 9.562: Edmond Halley (8. listopadu 1656 – 14. ledna 1742), Zdroj: NASA



Obrázek 9.563: Halleyova kometa (1986), Zdroj: Wikipedie

Naposledy se Halleyova kometa ke Slunci přiblížila v roce 1986. Protože se jednalo o významnou událost, byla důkladně zkoumána. Na její průzkum byla vyslána pětice sond: sovětské **Vega 1** a **Vega 2**, evropská sonda **Giotto** a japonské sondy **Suisei** a **Sakigake**.



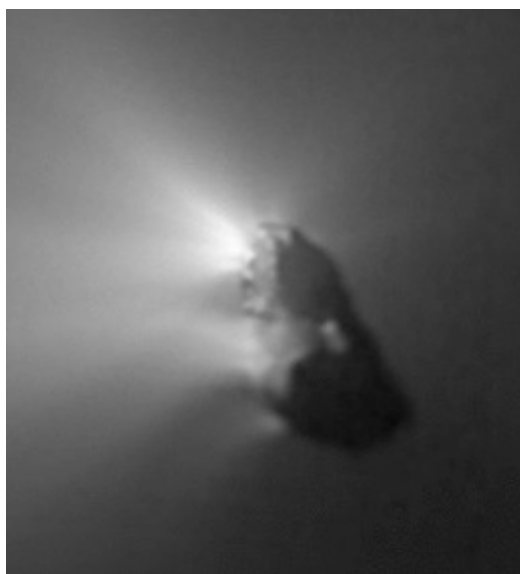
Obrázek 9.564: Halleyova kometa
(1986), Zdroj: NASA



Obrázek 9.565: Halleyova kometa
(1910), Zdroj: nytstore.com

9.15.13.1 Struktura

Koma Halleyovy komety měla průměr přibližně 100 miliónů kilometrů. Velikost jejího jádra je oproti tomu zanedbatelná, pouhých $15 \times 8 \times 8$ kilometrů. V přísluní dosahuje teplota jejího povrchu až 77°C a každou sekundu z něj unikne několik tun prachu a plynu.



Obrázek 9.566: Jádro Halleyovy
komety, Zdroj: NASA

Úkol:

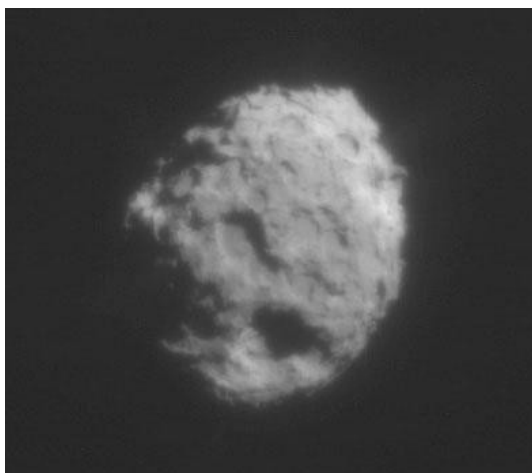
Kdy dojde k dalšímu přiblížení Halleyovy komety ke Slunci?

Výsledek:

Bude to v roce 2061.

9.15.14 81P/Wild

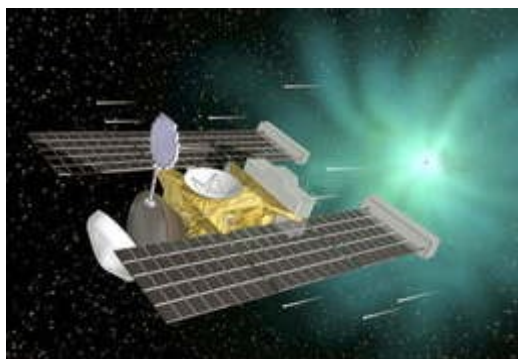
Kometa *81P/Wild* byla objevena v roce 1978 švýcarským astronomem **Paulem Wildem**. Je to další z komet, které byly navštíveny meziplanetárními sondami.



Obrázek 9.567: Kometa Wild,

Zdroj: NASA

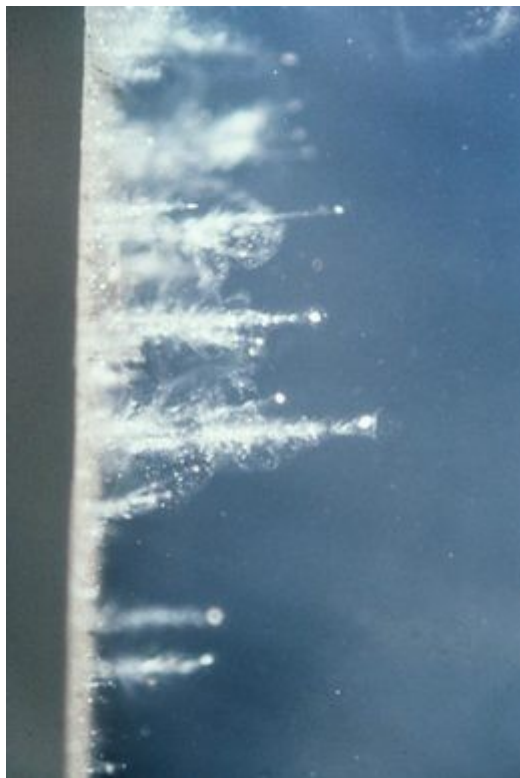
Na jejím povrchu se nachází velké množství kráterů. Tyto krátery ale nejsou vytvořeny srážkami s jinými tělesy. Krátery jsou místa, ze kterých je v přísluní vyvrhován plyn a prach. Podobné krátery můžete pozorovat i na ostatních kometách.



Obrázek 9.568: Stardust,

Zdroj: Wikipedie

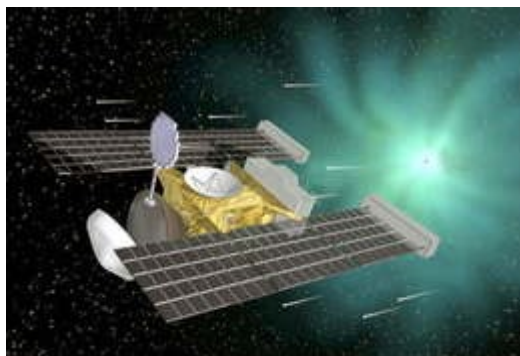
Sonda, která zkoumala tuto kometu se, jmenovala **Stardust**. Jejím úkolem bylo dostat se do blízkosti komety a zachytit částice, které jsou z jejího povrchu strhávány slunečním větrem. K tomu sloužil zvláštní materiál *aerogel*. Na obrázku níže můžete vidět zkoušky tohoto materiálu.



Obrázek 9.569: Test aerogelu,

Zdroj: NASA

15. ledna 2006 došlo k oddělení návratového pouzdra od vlastní sondy a návratové pouzdro přistálo v americkém státě Nevada.

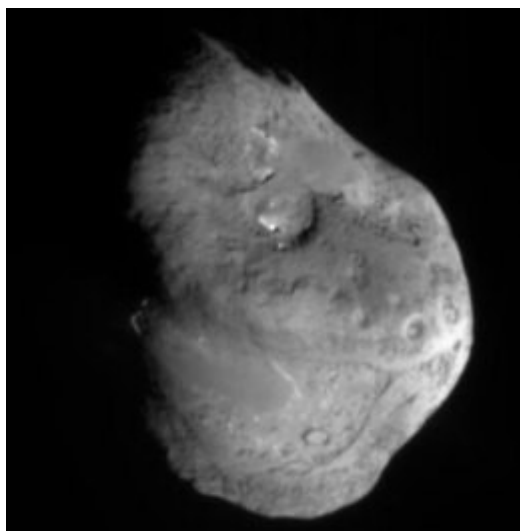


Obrázek 9.570: Stardust,

Zdroj: Wikipedie

9.15.15 9P/Tempel

Kometa **9P/Tempel** byla objevena v roce 1867 **Ernstem Tempel**em. Kometa se občas přiblíží k Jupiteru, který ovlivní její trajektorii. To se stalo naposledy v roce 1881. Kometa se pohybuje v **hlavním pásu planetek** a nevykazuje výraznou aktivitu jako ostatní komety (koma, ohon). V roce 2005 byla zkoumána sondou **Deep Impact**. V roce 2011 bude zkoumána sondou **Stardust**, jejíž mise byla prodloužena.



Obrázek 9.571: Kometa Tempel,

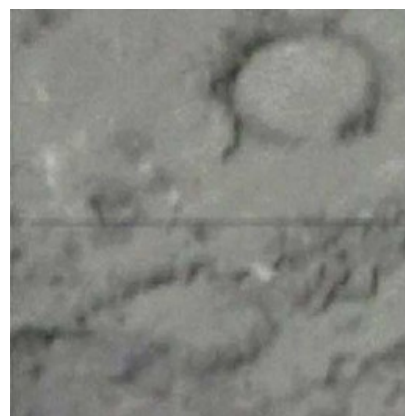
Zdroj: Wikipedie

Mise **Deep Impact** měla zjistit složení komety novou metodou. Z hlavní části sondy se těsně před setkáním oddělil **impaktor** s hmotností 370 kilogramů, který měl kometu zasáhnout. To se podařilo a astronomové tak získali zajímavé informace o struktuře ko-

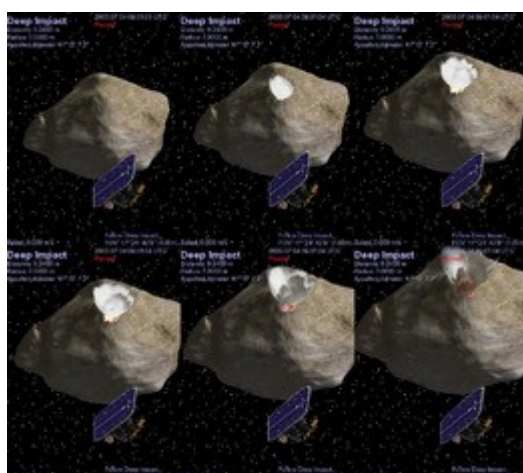
mety. Zjistilo se například, že kometa je tvořena materiálem, který velice připomíná sních.



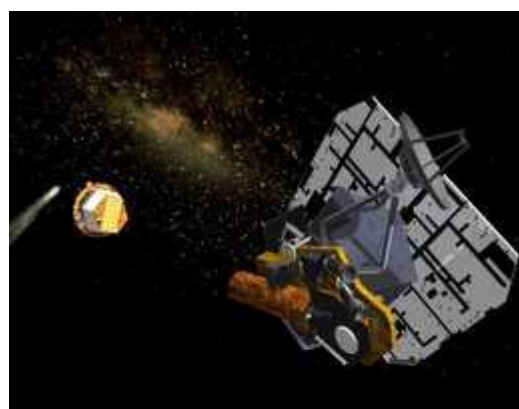
Obrázek 9.572: *Impakt, Zdroj: Wikipedie*



Obrázek 9.573: *Poslední snímek impaktoru, Zdroj: NASA*



Obrázek 9.574: *Simulace polohy sondy, Zdroj: Wikipedie*



Obrázek 9.575: *Sonda Deep Impact (impaktor je vypuštěn), Zdroj: Wikipedie*

9.15.16 Srážky planetek se Zemí

Vzhledem k vysokému počtu planetek pohybujících se v blízkosti Země je samozřejmé, že existuje jisté riziko srážky Země s tímto objektem. Aktuální polohu blízkozemních planetek můžete zjistit [zde](#). Animovaný pohyb planetek je na animaci [zde](#) (5,1 MB) nebo [zde](#) (1,4 MB).

O reálnosti nebezpečí je řada důkazů. Všechny terestrické planety a měsíce planet jsou pokryty krátery. Měsíc, ale i Merkur, Mars, Ganymed a ostatní tělesa jsou pokryta řadou kráterů. Tyto krátery můžeme najít i na Zemi. Je jich sice řádově méně než například u Měsíce, ale na Zemi probíhá celá řada jevů, které zabraňují vzniku kráterů, nebo ty již vzniklé zahlazují. Nejdůležitější efekt má atmosféra, která zničí veškeré úlomky, mající průměr menší než asi 1 metr a hmotnost 1 tunu. Když už na povrch Země nějaké těleso dopadne a vytvoří impaktní kráter, je tento kráter geologickými silami a další erozní činností (vzdušné proudění, vegetace, ...) poměrně rychle zasypán a vyhlazen, takže se na povrchu Země nenachází tolik kráterů jako na jiných tělesech.

Úkol:

Najděte ☐ **na mapě Země** největší impaktní kráter v Evropě i na celé planetě.

Výsledek:

Největším světovým kráterem zobrazeným na mapě je kráter Chicxulub ve střední americe s průměrem 170 km. Největším evropským je finský kráter Lappajarvi s průměrem 23 kilometrů

Na obrázcích můžete vidět dva z pozemských kráterů. Oba se sice velice liší velikostí i stářím, ale je na nich patrné jak výrazný vliv má eroze. Větší z nich je do dnešní doby patrný jen díky tomu, že má obrovské rozměry.

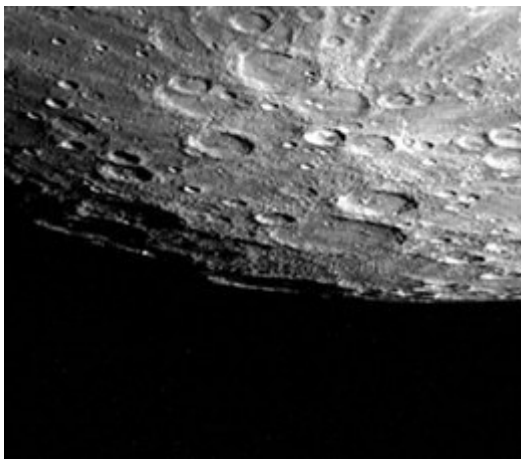


Obrázek 9.576: Arizona, 50 000 let, průměr 1,1 km, hloubka 200 m (960 kB), Zdroj: NASA



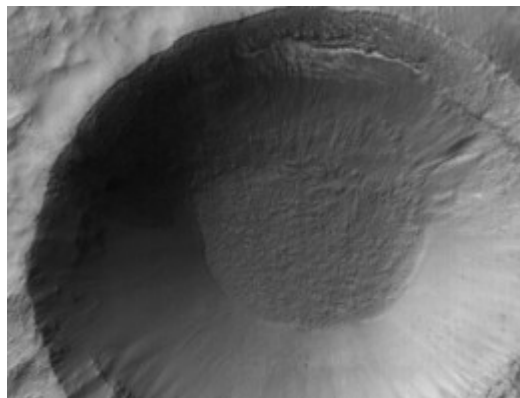
Obrázek 9.577: Kanada, 212 milionů let, průměr 100 km (220 kB), Zdroj: NASA

Na dalších obrázcích je planeta Merkur a marsovský kráter. Srovnáním marsovského a pozemského kráteru je na první pohled patrné, že mezi nimi není mnoho rozdílů. Země je sice chráněná před dopadem velice malých těles, ale před dopadem velkých planetek, které by způsobily obrovské škody, chráněna není.



Obrázek 9.578: Kráter na Merkuru,

Zdroj: NASA



Obrázek 9.579: Kráter na Marsu,

Zdroj: NASA

9.15.17 Srážky planetek se Zemí v minulosti

Země již v minulosti prodělala nejednu srážku s planetkou. Svědčí o tom nejeden zachovalý kráter, který můžeme na Zemi nalézt. Některé z nich můžete najít na stránkách

 geology.com.

9.15.17.1 Záhada dinosaurů

Každý dopad většího tělesa s sebou přináší velké riziko pro život na Zemi. Naštěstí se pravděpodobnost zásahu snižuje se zvyšujícím se průměrem planetky. To znamená, že skutečně globální katastrofy jsou velice ojedinělým jevem. Podle velikosti planetky se dají její ničivé účinky rozdělit do následující tabulky.

<i>Průměr tělesa</i>	<i>Četnost srážek</i>	<i>Důsledky</i>
do 50 m	do 1 roku většinou shoří v atmosféře	
75 m	1 000 let zničí město	
160 m	5 000 let zničí velkoměsto	
350 m	15 000 let zničí malý stát (Malta)	
700 m	63 000 let zničí střední stát (ČR)	
1 700 m	250 000 let zničí velký stát (Francie)	
10 000 m	100 mil. let globální katastrofa	

Tabulka 9.27: Četnost srážek Země s planetkami

V minulosti Země již několikrát došlo k těm největším srážkám. Zatím asi poslední globální katastrofou je srážka s planetkou, které se připisuje za vinu vymření dinosaurů. I když stále existují teorie o tom, že dinosauři nebyli vyhubeni pádem planetky, je nepopiratelný fakt, že před 65 miliony let náhle a nečekaně vymřely všechny velké druhy. Také je zde fakt, že po celé Zemi se dají vystopovat vrstvy materiálu bohatého na iridium (na Zemi takřka nenalezitelný prvek, který ale často obsahují planetky) právě v hloubce, která odpovídá 65 milionům let.

Dlouhou dobu se hledal kráter, který byl při tomto dopadu vytvořen, a nalezen byl na poloostrově Yucatán ve Střední Americe. Pojmenován byl jako Chicxulub. I jeho stáří bylo odhadnuto na 65 milionů let. Logickým závěrem je, že spolu všechny tyto události souvisí a že pokud pád planetky dinosaury přímo nevyhubil, na jejich vymření se přinejmenším podílel. Odhadnutý průměr planetky je 10 km. Při jeho dopadu byla uvolněna energie 500 zettajoulů ($5 \cdot 10^{23}$ J) což odpovídá 100 teratunám TNT. V současnosti má val kráteru průměr 180 kilometrů. Díky stáří již není prakticky viditelný a objeven byl až po podrobném zkoumání map pořízených ze satelitů. Jeho umístění můžete vidět na dalším obrázku.



Obrázek 9.580: Radarový snímek kráteru Chicxulub, který podle teorií zapříčinil vyhynutí dinosaurů, Zdroj: Wikipedia

Pro úplnost je třeba dodat, že dinosauři ve skutečnosti nevymřeli. Sice poměrně náhle zmizely všechny velké druhy, ale některé menší druhy přežily do dnešní doby a stali se z nich ptáci.

9.15.17.2 Tunguzská událost

Mnohem současnější událost se odehrála 30. června 1908 na Sibiři. Ve výšce 5 až 10 kilometrů zde explodovala planetka nebo jádro komety, které před tím prolétalo atmosférou.



Obrázek 9.581: Mapa ukazující epicentrum tunguzské události, Zdroj: Wikipedia

Díky tomu, že těleso nedopadlo na zemský povrch, ale explodovalo ve výšce, se sice nevytvořil žádný kráter, ale ničivým následkům se nezabránilo. Tlaková vlna, kterou exploze vyvolala, srovnala se zemí přes 2 000 čtverečních kilometrů lesa. Kmeny stromů ležely (a některé jsou dodnes patrné) v jednom směru a sbíhaly se do jednoho místa.

Toto místo odpovídalo centru výbuchu. V naprostém středu některé stromy stály podobně jako domy ve městě Hirošima, kde byla na sklonku druhé světové války odpálena atomová bomba.

První expedice, která zkoumala zasaženou oblast, byla uskutečněna až v roce 1921. Tu vedl ruský vědec Leonid Kulik. I když od samotné události uběhlo již 13 let, byly následky na zasažené oblasti stále dobře patrné. Kulik jako první oblast vědecky zkoumal, vytvořil první fotografie a vyslechl svědky. Bohužel na místě nenalezl žádné meteority ani zbytky po vybuchnuvším tělesu.



Obrázek 9.582: Stromy povalené tlakovou vlnou, Zdroj: Wikipedia



Obrázek 9.583: Leonid Kulik (1883–1942), Zdroj: Wikipedia

9.15.18 Potenciálně nebezpečné planetky – PHA

Název PHA vznikl z anglického **P**otentially **H**azardous **A**steroids. Jedná se o planetky, jejichž trajektorie je blízká trajektorii Země a u kterých tedy hrozí budoucí srážka. V současnosti existuje několik programů na jejich objevování. Do kategorie PHA jsou zařazeny jen planetky, jejichž dráhové elementy jsou v jistých mezích. Jejich maximální přiblížení k Zemi je menší 0,05 AU ($7,5 \cdot 10^6$ km) a jejich minimální velikost

je 150 metrů. Planetky, které jsou menší nebo se Zemi nepřibližují, nejsou do této kategorie zařazeny.

Úkol:

Na stránkách spaceweather.com najdeš seznam několika nejbližších přiblížení PHA těles k Zemi. Ze stránek Near Earth Objects zjisti o těchto tělesech podrobnosti (velikost, minimální přiblížení, pravděpodobnost srážky) a tato svá zjištění prezentuj v diskusi.

Výsledek:

Situace s mění prakticky každým dnem. Aktuální hodnoty je třeba určit vždy v průběhu kurzu. Správná odpověď by měla vypadat následovně:

Planetka 2008 TC1 bude mít největší přiblížení 5. února 2008. Její průměr je 13 metrů a největší přiblížení bude na vzdálenost 0,3 vzdálenosti Měsíce (115 200 km). Riziko srážky se Zemí je asi $9,2 \cdot 10^{-5}$.



*Obrázek 9.584: Srážka planetky se
Zemí, Zdroj: NASA*

10 Závěr

Hlavním výsledkem mé práce je distanční kurz, který obsahuje velké množství studijních článků, aktivit a testů. Distanční kurz je určen pro žáky druhého stupně základní školy. Uplatní se ale i na víceletých gymnáziích nebo v zájmových astronomických kroužcích. Studijní články obsahují informace o všech tělesech sluneční soustavy (planety, trpasličí planety, malá tělesa sluneční soustavy). Všechny články obsahují množství obrázků, tabulek, úkolů a cvičení.

Dalším výsledkem práce je komplexní systém, který slouží jako technická podpora distančního kurzu. Systém umožňuje kompletní administraci celé struktury kurzu, shromažďuje informace o všech použitých obrázcích, sestavuje a vyhodnocuje autotesty. Struktura distančního kurzu využívá několik logických úrovní. Jednotlivé prvky je možné vkládat na libovolné místo kurzu. K tomu slouží administrační rozhraní, které všechny tyto akce podporuje.

Všechny prvky kurzu jsou součástí databázového systému. Žádná z nich není v systému pevně dána, a proto je možné tyto části jednoduše měnit. Protože je programové zázemí kurzu psáno tak, aby bylo maximálně jednoduché, je při případných technických problémech možné do základního kódu kurzu zasáhnout a upravit ho. Stejně tak je možné změnit i celou strukturu systému a zasahovat i do rozvržení webového rozhraní. Součástí webového rozhraní je také systém diskusí, který v kurzu plní funkci interakce mezi turem kurzu a studenty, ale také mezi studenty navzájem.

Protože je celý systém vytvářen výhradně pomocí technologií, jejichž licence dovolují jejich bezplatné a legální použití, nejsou rozšiřování tohoto systému kladeny ani žádné právní překážky.

Velkou pozornost při vytváření distančního kurzu i jeho technické podpory jsem věnoval přístupnosti zrakově postiženým. Při zobrazování webových stránek je možné se přepnout do alternativní verze, která upravuje některá specifika textu tak, aby byl přístupný zrakově postiženým. Jedná se především o zápis fyzikálních jednotek, které nejsou hlasovými čtečkami ani Braillovými řádky správně interpretovány.

Při úpravách webového prostředí pro zrakově postižené mi významnou pomocí přispěl Jaroslav Tichý. Při několika konzultacích mi poskytl svůj pohled na celé webové prostředí a studijní články. Pomohl mi tak odhalit problematická místa. Na základě jeho návrhů vzniklo velké množství úprav systému i samotných studijních článků. Za jeho pomoc bych mu zde rád poděkoval.

Součástí práce je také ověření didaktické účinnosti kurzu na několika skupinách žáků a studentů. V další fázi ověřování didaktické účinnosti kurzu budu zkoumat dvě třídy druhého stupně základní školy, z nichž jedna bude vyučována klasicky a druhá distančně. Protože však není možné narušit učební plány učitelů základních škol změnou pořadí výuky jednotlivých částí fyziky, bude tento výzkum proveden v době, kdy výuka astronomie na základních školách probíhá. Z tohoto důvodu nebude možné zařadit výsledky výzkumu do práce. Jeho výsledky budou podrobně prezentovány při obhajobě této práce. Získaná data budou do práce volně vložena jako příloha.

Seznam obrázků

Obrázek 3.1: E-learningový nástroj Adobe Breeze.....	35
Obrázek 4.1: Optické členění textu.....	39
Obrázek 4.2: Obrázky oddělené od textu.....	40
Obrázek 4.3: Srovnávání obrázků.....	41
Obrázek 4.4: Cvičení se zobrazeným výsledkem.....	43
Obrázek 4.5: Autotest.....	45
Obrázek 4.6: Vyhodnocení testu.....	46
Obrázek 5.1: Rozvržení domovské stránky.....	50
Obrázek 5.2: Hlavní navigační menu (aktivovaná je kapitola Země).....	51
Obrázek 5.3: Vedlejší navigační menu v kapitole Země.....	52
Obrázek 5.4: Administrační rozhraní.....	53
Obrázek 5.5: Obrázky v textu.....	55
Obrázek 5.6: Cvičení.....	56
Obrázek 5.7: Úkol.....	56
Obrázek 5.8: Zvýrazněné tlačítko pro přípravu stránky k tisku.....	57
Obrázek 5.9: Zvýraznění odkazu.....	60
Obrázek 5.10: Odkaz na soubor typu .odt.....	61
Obrázek 5.11: Výstup z textového prohlížeče Lynx.....	62
Obrázek 5.12: Charakteristika Merkuru ve verzi pro zrakově postižené.....	65
Obrázek 6.1: Odkaz na diskusi.....	75
Obrázek 6.2: Přiřazení diskusí a kapitol.....	76
Obrázek 7.1: Hlavní stránka administrace.....	78
Obrázek 7.2: Přiřazení kapitoly do tématu.....	79
Obrázek 7.3: Potvrzení správného zařazení kapitoly.....	80
Obrázek 7.4: Řazení kapitol.....	81
Obrázek 7.5: Editace témat.....	82
Obrázek 7.6: Hromadná aktualizace článků.....	83
Obrázek 7.7: Editace článku ve FCKeditoru.....	84
Obrázek 7.8: Vkládání obrázků.....	88
Obrázek 7.9: Editace zdroje obrázku.....	90
Obrázek 7.10: Řazení a nastavování úrovně u kapitoly Jupiter.....	94
Obrázek 7.11: Seznam článků v kapitole Jupiter.....	95
Obrázek 7.12: Oblíbené položky administrace a vložení nové otázky.....	96
Obrázek 7.13: Editace autotestových otázek.....	97
Obrázek 7.14: Editace uživatele.....	97
Obrázek 8.1: Vyhodnocení podle otázek.....	104
Obrázek 9.1: Ukázka studijního článku Povrch v kapitole Merkur.....	115
Obrázek 9.2: Barevná fotografie Merkuru (408 kB), Zdroj: IAN.....	117
Obrázek 9.3: Snímek ze sondy Pioneer Venus Orbiter (1979), Zdroj: Wikipedie.....	117
Obrázek 9.4: Východní polokoule Země, Zdroj: visibleearth.nasa.gov.....	117
Obrázek 9.5: Valles Marineris z pohledu sondy Viking, Zdroj: msss.com.....	117
Obrázek 9.6: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA.....	118
Obrázek 9.7: Stín planety Saturn na prstencích (0,5 MB), Zdroj: NASA.....	118
Obrázek 9.8: Uran, Zdroj: NASA.....	118
Obrázek 9.9: Neptun, Zdroj: NASA.....	118
Obrázek 9.10: Významné pozice planet Upraveno v GIMPu, Zdroj: astunit.com.....	119
Obrázek 9.11: Malá modrá tečka, Zdroj: Wikipedie.....	120
Obrázek 9.12: Rodinný portrét, Zdroj: NASA.....	121

Obrázek 9.13: Mercurius, Zdroj: Wikipedie.....	122
Obrázek 9.14: Složenina snímků ze sondy Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení 2,5 MB, Zdroj: Wikipedia.....	123
Obrázek 9.15: Povrch Merkuru, Zdroj: NASA.....	123
Obrázek 9.16: Elongace je největší úhlová vzdálenost planety a slunce, Vytvořeno v GIMPu.....	123
Obrázek 9.17: Složenina snímků ze sondy Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení 2,5 MB, Zdroj: Wikipedia.....	124
Obrázek 9.18: Povrch Merkuru, Zdroj: NASA.....	125
Obrázek 9.19: Povrch Merkuru, Zdroj: NASA.....	125
Obrázek 9.20: Povrch Merkuru, Zdroj: NASA.....	125
Obrázek 9.21: Kráter Brahms, Zdroj: NASA.....	125
Obrázek 9.22: Zlomy na povrchu, Zdroj: NASA.....	126
Obrázek 9.23: Vnitřní struktura Merkuru, Zdroj: www.nfs.gov.....	127
Obrázek 9.24: Vnitřní struktura Merkuru, Zdroj: Wikipedie.....	127
Obrázek 9.25: MagnetosféraPřeloženo z angličtiny, Zdroj: www-ssc.igpp.uc.....	130
Obrázek 9.26: Umělecká představa sondy BepiColombo, Zdroj: Wikipedie.....	131
Obrázek 9.27: Animace dne na Merkuru, Zdroj: btc.montana.edu.....	132
Obrázek 9.28: Trajektorie planety, Vytvořeno v GIMPu.....	134
Obrázek 9.29: Srovnání velikosti Slunce ze Země a z Merkuru (upraveno v GIMPu), Zdroj: btc.montana.edu.....	134
Obrázek 9.30: Úhlový průměr, Vytvořeno v GIMPu.....	135
Obrázek 9.31: Stáčení perihelu Merkuru, Vytvořeno v GIMPu.....	136
Obrázek 9.32: Sklon trajektorie Merkuru, Vytvořeno v GIMPu.....	137
Obrázek 9.33: Sonda Mariner 10, Zdroj: Wikipedia.....	138
Obrázek 9.34: Složenina snímků ze sondy Mariner 10 (201 kB) Velké rozlišení 2,5 MB, Zdroj: Wikipedia.....	138
Obrázek 9.35: Detail povrchu Merkuru ze sondy Messenger (2008) (754 kB), Zdroj: IAN.....	138
Obrázek 9.36: Barevná fotografie Merkuru (408 kB), Zdroj: IAN.....	138
Obrázek 9.37: Sonda Messenger při přeletu k Merkuru, Zdroj: Wikipedia.....	139
Obrázek 9.38: Messenger u Země, Zdroj: www.kosmo.cz.....	139
Obrázek 9.39: Umělecká představa sondy BepiColombo, Zdroj: Wikipedie.....	140
Obrázek 9.40: Venuše, Zdroj: Wikipedie.....	141
Obrázek 9.41: Zrození Venuše (Sandro Botticelli – 1486), Zdroj: Wikipedie.....	141
Obrázek 9.42: Venuše bez atmosféry, Zdroj: aldebaran.cz.....	142
Obrázek 9.43: Povrch Venuše z Veněry 13, Zdroj: NASA.....	142
Obrázek 9.44: Snímek ze sondy Pioneer Venus Orbiter (1979), Zdroj: Wikipedie.....	143
Obrázek 9.45: Snímek Venuše ze sondy Venus Express, Zdroj: ESA.....	143
Obrázek 9.46: Animace zachycující dynamiku atmosféry, Zdroj: ESA.....	144
Obrázek 9.47: Oblast jižního pólu, Zdroj: ESA.....	144
Obrázek 9.48: Venus Express, Zdroj: ESA.....	144
Obrázek 9.49: Venus Express, Zdroj: ESA.....	144
Obrázek 9.50: Princip skleníkového efektuPřeloženo z angličtiny, Zdroj: physics.uoregon.edu.....	145
Obrázek 9.51: Povrch ze sondy Veněra 9, Zdroj: russianspaceweb.com.....	146
Obrázek 9.52: Povrch ze sondy Veněra 10, Zdroj: russianspaceweb.com.....	146
Obrázek 9.53: Venuše bez atmosféry, Zdroj: aldebaran.cz.....	147
Obrázek 9.54: Arachnoidy, Zdroj: aldebaran.cz.....	148
Obrázek 9.55: Velké kruhové dómy, Zdroj: aldebaran.cz.....	148

Obrázek 9.56: Klíště, Zdroj: NASA.....	148
Obrázek 9.57: Kráter Mona Lisa (průměr 86 kilometrů), Zdroj: NASA.....	148
Obrázek 9.58: Venus Express, Zdroj: ESA.....	149
Obrázek 9.59: Umělecká představa aktivní sopky na Venuši, Zdroj: ESA.....	149
Obrázek 9.60: Retrogradní rotace VenušePřeloženo z angličtiny, Zdroj: ucar.edu.....	150
Obrázek 9.61: Animace rotace Země a Venuše, Zdroj: YouTube.....	150
Obrázek 9.62: Příčina vzniku fází u Venuše Upraveno v GIMPU, Zdroj: Wikipedie. .	153
Obrázek 9.63: Významné pozice planet Upraveno v GIMPU, Zdroj: astunit.com.....	154
Obrázek 9.64: Série snímků Venuše v poměru velikostí, Zdroj: spacestationinfo.com	155
Obrázek 9.65: Obrázek 9.53: Venuše a Měsíc, Zdroj: NASA.....	155
Obrázek 9.66: Veněra 1, Zdroj: Wikipedie.....	156
Obrázek 9.67: Mariner 2, Zdroj: Wikipedie.....	156
Obrázek 9.68: Povrch ze sondy Veněra 9, Zdroj: russianspaceweb.com.....	157
Obrázek 9.69: Povrch ze sondy Veněra 10, Zdroj: russianspaceweb.com.....	157
Obrázek 9.70: Orbitální část sondy Veněra 10, Zdroj: Wikipedie.....	157
Obrázek 9.71: Přistávací část sondy Veněra 10, Zdroj: Wikipedie.....	157
Obrázek 9.72: Přistávací část sondy Veněra 13, Zdroj: Wikipedie.....	158
Obrázek 9.73: Pohled do dálky, Zdroj: fas.org.....	158
Obrázek 9.74: Povrch Venuše z Veněry 13, Zdroj: NASA.....	158
Obrázek 9.75: Povrch Venuše z Veněry 13, Zdroj: NASA.....	158
Obrázek 9.76: Sonda Magellan, Zdroj: Wikipedie.....	159
Obrázek 9.77: 3D model povrchu na základě dat ze sondy Magellan, Zdroj: Wikipedie	159
Obrázek 9.78: Venus Express, Zdroj: ESA.....	159
Obrázek 9.79: Venus Express, Zdroj: ESA.....	159
Obrázek 9.80: Východní polokoule Země, Zdroj: visibleearth.nasa.gov.....	160
Obrázek 9.81: Západní polokoule Země, Zdroj: visibleearth.nasa.gov.....	160
Obrázek 9.82: Země a Měsíc ve skutečném poměru, Zdroj: Wikipedie.....	161
Obrázek 9.83: Vnitřní stavba Země, Zdroj: geologie.vsb.cz.....	161
Obrázek 9.84: Alfred Wegener1. listopadu 1880 – (2. – 3.) listopadu 1930, Zdroj: Wikipedie.....	164
Obrázek 9.85: Rozmístění stejných fosilií na kontinentě Pangea, Zdroj: Wikipedie....	165
Obrázek 9.86: Litosférické desky, Zdroj: Wikipedie.....	165
Obrázek 9.87: Animace pohybu kontinentů, Zdroj: YouTube.....	166
Obrázek 9.88: Animace pohybu kontinentů, Zdroj: YouTube.....	166
Obrázek 9.89: Voda, Zdroj: wanderingvisitor.blogspot.com.....	167
Obrázek 9.90: Rozdělení vody na Zemi, Zdroj: ga.water.usgs.gov.....	167
Obrázek 9.91: Koloběh vody, Zdroj: Wikipedie.....	168
Obrázek 9.92: Magnetické pole tyčového magnetu, Zdroj: Wikipedie.....	170
Obrázek 9.93: Zemská magnetosféra, Zdroj: aldebaran.cz.....	170
Obrázek 9.94: Poloha jižního magnetického pólu, Zdroj: osel.cz.....	171
Obrázek 9.95: Dlouhodobý pohyb jižního magnetického pólu, Zdroj: gsc.nrcan.gc.ca	171
Obrázek 9.96: Zemská magnetosféra, Zdroj: aldebaran.cz.....	172
Obrázek 9.97: Polární záře nad Aljaškou, Zdroj: NASA.....	173
Obrázek 9.98: Polární záře z Mezinárodní kosmické stanice, Zdroj: NASA.....	173
Obrázek 9.99: Pohled na atmosféru Země z Apolla 11, Zdroj: NASA.....	173
Obrázek 9.100: Vrstvy atmosféry, Zdroj: www.terraily.com.....	175
Obrázek 9.101: Závislost teploty na nadmořské výšce, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	175
Obrázek 9.102: Sklon trajektorie Merkuru, Vytvořeno v GIMPU.....	176

Obrázek 9.103: Trajektorie planety, Vytvořeno v GIMPu.....	176
Obrázek 9.104: Srovnání úhlového průměru Slunce při pozorování ze Země v perihéliu a aféliu, Zdroj: astro.cz.....	177
Obrázek 9.105: Sklon osy Země během roku, Zdroj: observatory.cz.....	178
Obrázek 9.106: Sluneční trajektorie, když je na jižním pólu polární den, Zdroj: gdargaud.net.....	179
Obrázek 9.107: Význačné rovnoběžky, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	180
Obrázek 9.108: Země obíhá kolem Slunce, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	181
Obrázek 9.109: Změna polohy severního nebeského pólu, Zdroj: Wikipedie.....	182
Obrázek 9.110: Animace měsíčních fází (500 kB), Zdroj: US Naval Observatory.....	182
Obrázek 9.111: První krok Neila Armstronga na Měsíci, Zdroj: Wikipedie.....	183
Obrázek 9.112: Animace měsíčních fází (500 kB), Zdroj: US Naval Observatory.....	184
Obrázek 9.113: C jako Couvá (upraveno v GIMPu), Zdroj: moon.felk.cvut.....	185
Obrázek 9.114: D jako Dorůstá (upraveno v GIMPu), Zdroj: moon.felk.cvut.....	185
Obrázek 9.115: Sovětská sonda Luna 3, Zdroj: Wikipedie.....	186
Obrázek 9.116: Fotografie odvrácené strany Měsíce ze sondy Luna 3 (317 kB), Zdroj: Wikipedie.....	186
Obrázek 9.117: 90° západně, Zdroj: Wikipedie.....	187
Obrázek 9.118: Přivrácená strana, Zdroj: Wikipedie.....	187
Obrázek 9.119: 90° východně, Zdroj: Wikipedie.....	187
Obrázek 9.120: Odvrácená strana, Zdroj: Wikipedie.....	187
Obrázek 9.121: Vnitřní struktura MěsícePřeloženo z angličtiny, Zdroj: Wikipedie.....	188
Obrázek 9.122: Vzorek měsíční horniny, který byl přivezen posádkou Apolla 15, Zdroj: Wikipedie.....	189
Obrázek 9.123: Trajektorie Měsíce se vstupním a výstupním uzlem, Vytvořeno v GIMPu.....	191
Obrázek 9.124: Stáčení přímky apsid, Vytvořeno v GIMPu.....	192
Obrázek 9.125: Animace měsíčních fází (500 kB), Zdroj: US Naval Observatory.....	193
Obrázek 9.126: Optická librace v délce, Vytvořeno v GIMPu.....	194
Obrázek 9.127: Optická librace v šířce, Vytvořeno v GIMPu.....	194
Obrázek 9.128: Optická librace paralaktická, Vytvořeno v GIMPu.....	195
Obrázek 9.129: Situace, při které dojde k zatmění Měsíce, Vytvořeno v GIMPu.....	196
Obrázek 9.130: Průběh měsíčního zatmění 3. dubna 2007, Zdroj: Wikipedie.....	197
Obrázek 9.131: Srovnání dvou měsíčních zatmění, Zdroj: Wikipedie.....	198
Obrázek 9.132: Situace, při které dojde k zatmění Slunce, Vytvořeno v GIMPu.....	199
Obrázek 9.133: Úplné zatmění Slunce, Vytvořeno v GIMPu.....	201
Obrázek 9.134: Prstencové zatmění Slunce, Vytvořeno v GIMPu.....	201
Obrázek 9.135: Průběh úplného zatmění Slunce (po kliknutí), Zdroj: Wikipedie.....	201
Obrázek 9.136: Animace úplného zatmění Slunce (2,2 MB), Zdroj: Wikipedie.....	201
Obrázek 9.137: Průběh zatmění Slunce na zemském glóbu, Zdroj: Wikipedie.....	202
Obrázek 9.138: Stín na zemském povrchu z oběžné dráhy, Zdroj: Wikipedie.....	202
Obrázek 9.139: Prstencové zatmění slunce, Zdroj: Wikipedie.....	204
Obrázek 9.140: Díky oběhu Měsíce okolo Země přicházejí příliv a odliv každý den o 50 minut později, Vytvořeno v GIMPu.....	205
Obrázek 9.141: Směry výslednice sil, která působí na oceány, Vytvořeno v GIMPu.	206
Obrázek 9.142: Voda v oceánech se chová podle výslednice sil, Vytvořeno v GIMPu	206
Obrázek 9.143: Ostrov Le Petit Bé za odlivu, Zdroj: Wikipedie.....	207
Obrázek 9.144: Ostrov Le Petit Bé za přílivu, Zdroj: Wikipedie.....	207
Obrázek 9.145: Záliv Fundy za odlivu, Zdroj: Wikipedie.....	208

Obrázek 9.146: Záliv Fundy za přílivu, Zdroj: Wikipedie.....	208
Obrázek 9.147: Sovětská sonda Luna 3, Zdroj: Wikipedia.....	209
Obrázek 9.148: Fotografie odvrácené strany Měsíce ze sondy Luna 3 (317 kB), Zdroj: Wikipedia.....	209
Obrázek 9.149: Luna 9, Zdroj: Wikipedie.....	210
Obrázek 9.150: Přistávací pouzdro Luny 9, Zdroj: Wikipedie.....	210
Obrázek 9.151: Lunochod 1, Zdroj: Wikipedie.....	211
Obrázek 9.152: Lunochod 2, Zdroj: Wikipedie.....	211
Obrázek 9.153: Povrch Měsíce se stopami Lunochodu 1, Zdroj: Wikipedie.....	211
Obrázek 9.154: Model Lunochodu 2 Velké rozlišení 0,8 MB, Zdroj: www.raumfahrt- ausstellung.de.....	211
Obrázek 9.155: Surveyor 3 Velké rozlišení 0,5 MB, Zdroj: Wikipedie.....	213
Obrázek 9.156: Astronaut u sondy Surveyor 3 Velké rozlišení 4,8 MB, Zdroj: Wikipedie.....	213
Obrázek 9.157: Raketa Saturn V, Zdroj: Wikipedie.....	214
Obrázek 9.158: Saturn V a její konstruktér Wernher von Braun Velké rozlišení 1,0 MB, Zdroj: Wikipedie.....	214
Obrázek 9.159: Kosmická loď Apollo, Zdroj: Wikipedie.....	215
Obrázek 9.160: Únikový systém při testu, Zdroj: Wikipedie.....	215
Obrázek 9.161: Lunární modul na Měsíci, Zdroj: Wikipedie.....	216
Obrázek 9.162: Astronaut instaluje měřicí přístroje, Zdroj: Wikipedie.....	216
Obrázek 9.163: Buzz Aldrin stojí před vlajkou Velké rozlišení 1,2MB Zdroj: Wikipedie.....	216
Obrázek 9.164: Panorama místa přistání Apolla 11, Zdroj: Wikipedie.....	216
Obrázek 9.165: Splashdown, Zdroj: Wikipedie.....	217
Obrázek 9.166: Armstrong, Collins, Aldrin, Zdroj: Wikipedie.....	219
Obrázek 9.167: První krok Neila Armstronga na Měsíci, Zdroj: Wikipedia.....	219
Obrázek 9.168: Lovell, Swigert a Haise, Zdroj: Wikipedie.....	220
Obrázek 9.169: Poškozená servisní sekce, Zdroj: Wikipedie.....	220
Obrázek 9.170: Lunární vozítko, Zdroj: Wikipedie.....	221
Obrázek 9.171: Lunární rover, Zdroj: YouTube.....	221
Obrázek 9.172: Martova socha, Zdroj: Wikipedie.....	223
Obrázek 9.173: Pohled na Mars z Hubblova kosmického dalekohledu, Zdroj: Wikipedie	224
Obrázek 9.174: Valles Marineris z pohledu sondy Viking, Zdroj: msss.com.....	224
Obrázek 9.175: Valles Marineris z pohledu sondy Viking, Zdroj: msss.com.....	225
Obrázek 9.176: Celkový pohled na Olympus Mons, Zdroj: Wikipedie.....	225
Obrázek 9.177: Detail vrcholu Olympus Mons, Zdroj: Wikipedie.....	225
Obrázek 9.178: Oblast Tharsis Velké rozlišení 1,8 MB, Zdroj: Wikipedie.....	226
Obrázek 9.179: Pohled na Mars z Hubblova kosmického dalekohledu, Zdroj: Wikipedie	227
Obrázek 9.180: Severní polární čepička, Zdroj: Wikipedie.....	227
Obrázek 9.181: Severní polární čepička - Viking, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	227
Obrázek 9.182: Jižní polární čepička - Viking, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	227
Obrázek 9.183: Změna rozsahu polární čepičky během roku, Zdroj: hubblesite.org....	228
Obrázek 9.184: Pohled na Mars z Hubblova kosmického dalekohledu, Zdroj: Wikipedie	229

Obrázek 9.185: Vnitřní složení Marsu, Zdroj: NASA.....	230
Obrázek 9.186: Oblačnost – Opportunity, Zdroj: apod.nasa.gov.....	232
Obrázek 9.187: Oblačnost – Opportunity, Zdroj: space.com.....	232
Obrázek 9.188: Prachová bouře z pohledu vozítka Opportunity, Zdroj: Wikipedie.....	233
Obrázek 9.189: Animace prachové bouře - MRO (2,7 MB), Zdroj: NASA.....	233
Obrázek 9.190: Globální prachová bouře - HST Velké rozlišení 0,5 MB, Zdroj: hubblesite.org.....	233
Obrázek 9.191: Globální prachová bouře - MGS Velké rozlišení 0,6 MB, Zdroj: mars.jpl.nasa.gov.....	233
Obrázek 9.192: Mars před 4 miliardami let, Zdroj: Wikipedie.....	234
Obrázek 9.193: Mars před 3 miliardami let, Zdroj: Wikipedie.....	234
Obrázek 9.194: Mars před 2 miliardami let, Zdroj: Wikipedie.....	235
Obrázek 9.195: Mars v současnosti, Zdroj: Wikipedie.....	235
Obrázek 9.196: Říční delta, Zdroj: NASA.....	235
Obrázek 9.197: Koryto řeky, Zdroj: Wikipedie.....	235
Obrázek 9.198: Sedimentární vrstvy v kráteru Schiaparelli, Zdroj: NASA.....	236
Obrázek 9.199: Výlev podzemní vody (0,4 MB), Zdroj: Wikipedie.....	236
Obrázek 9.200: Výlev podzemní vody (0,4 MB), Zdroj: Wikipedie.....	236
Obrázek 9.201: Tekoucí voda? Velké rozlišení 1,7 MB, Zdroj: NASA.....	237
Obrázek 9.202: Voda na Marsu, Zdroj: neuling.org.....	237
Obrázek 9.203: Sovětská sonda Mars 3, Zdroj: Wikipedie.....	238
Obrázek 9.204: Mars z pohledu sondy Mars 3, Zdroj: stryckfoto.org.....	238
Obrázek 9.205: Americká sonda Mariner 9, Zdroj: Wikipedie.....	238
Obrázek 9.206: Detail Olympu Mons ze sondy Mariner 9, Zdroj: Wikipedie.....	238
Obrázek 9.207: Orbitální část sondy Viking, Zdroj: Wikipedie.....	239
Obrázek 9.208: Přistávací část sondy Viking, Zdroj: Wikipedie.....	239
Obrázek 9.209: Okolí přistání Vikingu 1, Zdroj: Wikipedie.....	239
Obrázek 9.210: Detail povrchu ze sondy Viking 1, Zdroj: NASA.....	239
Obrázek 9.211: Okolí přistání Vikingu 2 Zdroj: Wikipedie.....	240
Obrázek 9.212: Viking a Carl Sagan Zdroj: Wikipedie.....	240
Obrázek 9.213: Mars Global Surveyor, Zdroj: NASA.....	240
Obrázek 9.214: Nové útvary na dunách, Zdroj: NASA.....	240
Obrázek 9.215: Opakující se počasí během několika let Velké rozlišení 0,8 MB, Zdroj: NASA.....	241
Obrázek 9.216: Odhalení nového kráteru, Zdroj: NASA.....	241
Obrázek 9.217: Mars Reconnaissance Orbiter, Zdroj: NASA.....	242
Obrázek 9.218: Animace prachové bouře - MRO (2,7 MB), Zdroj: NASA.....	242
Obrázek 9.219: Kráter Victoria a stopy Opportunity Velké rozlišení 1 MB, Zdroj: NASA.....	242
Obrázek 9.220: Lavina v pohybu Velké rozlišení 0,3 MB, Zdroj: NASA.....	242
Obrázek 9.221: Sonda Pathfinder a vozítko Sojourner před startem, Zdroj: NASA.....	243
Obrázek 9.222: Sojourner zkoumá kámen, Zdroj: NASA.....	243
Obrázek 9.223: Vozítko Sojourner a jeho rozměry, Zdroj: NASA.....	243
Obrázek 9.224: Panorama místa přistání Pathfinderu, Zdroj: NASA.....	243
Obrázek 9.225: Celá trasa vozítka Spirit (sol 1457), Zdroj: NASA.....	244
Obrázek 9.226: Detail okolí současné pozice Spiritu (sol 1457), Zdroj: NASA.....	244
Obrázek 9.227: Celá trasa vozítka Opportunity (sol 1425), Zdroj: NASA.....	245
Obrázek 9.228: Současná pozice vozítka Opportunity (sol 1425), Zdroj: NASA.....	245

Obrázek 9.229: Vozítko MER před startem, Zdroj: NASA.....	245
Obrázek 9.230: Nafouknuté přistávací airbagy, Zdroj: Wikipedie.....	245
Obrázek 9.231: Srovnání MER a Sojourneru, Zdroj: NASA.....	246
Obrázek 9.232: Umělecká představa vozítka MER na povrchu Marsu, Zdroj: Wikipedie.....	246
Obrázek 9.233: Série snímků zachycujících „dust devil“, Zdroj: Wikipedie.....	246
Obrázek 9.234: Kráter Victoria, Zdroj: NASA.....	247
Obrázek 9.235: Pohled na kráter Victoria z Kachní zátoky, Zdroj: NASA.....	247
Obrázek 9.236: Phobos (MRO – 2008), Zdroj: NASA.....	248
Obrázek 9.237: Detail kráteru Stickney (MRO – 2008).....	248
Obrázek 9.238: Phobos, Zdroj: spaceflightnow.com.....	249
Obrázek 9.239: Kráter Stickley, Zdroj: NASA.....	249
Obrázek 9.240: Animace obou Marsových měsíců, Zdroj: NASA.....	250
Obrázek 9.241: Trajektorie obou měsíců (měřítko vzdáleností odpovídá skutečnosti), Zdroj: Wikipedie.....	250
Obrázek 9.242: Deimos, Zdroj: NASA.....	250
Obrázek 9.243: Jupiter a Thetis Zdroj: Wikipedie.....	252
Obrázek 9.244: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA.....	252
Obrázek 9.245: Thebe, Amalthea,Adrastea a Metis, Zdroj: NASA.....	253
Obrázek 9.246: Galileovské měsíce, Zdroj: NASA.....	253
Obrázek 9.247: Vnitřní stavba Jupiteru, Zdroj: Wikipedie.....	254
Obrázek 9.248: Jupiterova magnetosféra, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	256
Obrázek 9.249: Magnetosféra Jupiteru, Zdroj: aldebaran.cz.....	256
Obrázek 9.250: Polární záře, Zdroj: NASA.....	257
Obrázek 9.251: Detail polární záře Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA.....	258
Obrázek 9.252: Deformace vlivem měsíců, Zdroj: stsci.edu.....	258
Obrázek 9.253: Blesky v atmosféře, Zdroj: NASA.....	259
Obrázek 9.254: Blesky v atmosféře, Zdroj: astronnet.ru.....	259
Obrázek 9.255: Animace dynamiky atmosféry, Zdroj: NASA.....	260
Obrázek 9.256: Struktura oblačnosti, Zdroj: NASA.....	260
Obrázek 9.257: Velká bouře, Zdroj: NASA.....	261
Obrázek 9.258: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA.....	261
Obrázek 9.259: Velká rudá skvrna ve falešných barvách, Zdroj: NASA.....	262
Obrázek 9.260: Velká rudá skvrna v pravých barvách, Zdroj: NASA.....	262
Obrázek 9.261: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA.....	263
Obrázek 9.262: Animace Velké rudé skvrny, Zdroj: NASA.....	263
Obrázek 9.263: Velká rudá skvrna, Zdroj: NASA.....	263
Obrázek 9.264: Spojování malých bouří, Zdroj: NASA.....	264
Obrázek 9.265: Nová rudá skvrna, Zdroj: NASA.....	265
Obrázek 9.266: Obě rudé skvrny vyzařují teplo, Zdroj: NASA.....	265
Obrázek 9.267: Jupiterovy prstence, Zdroj: NASA.....	266
Obrázek 9.268: Struktura prstenců, Zdroj: NASA.....	266
Obrázek 9.269: Hlavní prstenec, Zdroj: NASA.....	267
Obrázek 9.270: Detail hlavního prstence, Zdroj: NASA.....	267
Obrázek 9.271: Rozptýlený prstenec, Zdroj: NASA.....	267
Obrázek 9.272: Všechny prstenceMěsíc jako měřítko, Zdroj: NASA.....	267
Obrázek 9.273: Měsíc Amalthea, Zdroj: NASA.....	268
Obrázek 9.274: Měsíc Amalthea, Zdroj: NASA.....	268

Obrázek 9.275: Thebe, Amalthea, Adrastea a Metis, Zdroj: NASA.....	269
Obrázek 9.276: Thebe, Amalthea a Metis, Zdroj: NASA.....	270
Obrázek 9.277: Thebe, Zdroj: NASA.....	270
Obrázek 9.278: Galileo Galilei (15 února 1564 – 8. ledna 1642), Zdroj: Wikipedie.....	271
Obrázek 9.279: Galileovy poznámky, Zdroj: Wikipedie.....	271
Obrázek 9.280: Galileovské měsíce, Zdroj: NASA.....	272
Obrázek 9.281: Galileovské měsíce, Zdroj: NASA.....	273
Obrázek 9.282: Struktura měsíců, Zdroj: NASA.....	273
Obrázek 9.283: Rezonance oběžných dob, Zdroj: Wikipedie.....	274
Obrázek 9.284: Měsíc Io, Zdroj: NASA.....	275
Obrázek 9.285: Výtrysky z vulkánů, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	275
Obrázek 9.286: Časový sled výtrysku (New Horizons), Zdroj: NASA.....	275
Obrázek 9.287: Detail výtrysku (New Horizons), Zdroj: NASA.....	275
Obrázek 9.288: Následky sopečného výbuchu, Zdroj: NASA.....	276
Obrázek 9.289: Oblast Culann-Tohil, Zdroj: NASA.....	276
Obrázek 9.290: Krátery na povrchu Io, Zdroj: NASA.....	276
Obrázek 9.291: Tupan patera, Zdroj: NASA.....	276
Obrázek 9.292: Tvashtar Catena – výlev lávy, Zdroj: NASA.....	277
Obrázek 9.293: Detail Culann patera (falešné barvy), Zdroj: NASA.....	277
Obrázek 9.294: Erupce Tvashtar catena, Zdroj: NASA.....	277
Obrázek 9.295: Aktivní sopky v infračerveném oboru, Zdroj: aldebaran.cz.....	278
Obrázek 9.296: Io ve viditelném a v infračerveném oboru, Zdroj: NASA.....	278
Obrázek 9.297: Zapadající Europa, Zdroj: NASA.....	279
Obrázek 9.298: Europa v přirozených a falešných barvách, Zdroj: NASA.....	279
Obrázek 9.299: Zvýraznění puklin, Zdroj: NASA.....	279
Obrázek 9.300: Kry Zdroj: NASA.....	279
Obrázek 9.301: Rozpraskaný povrch, Zdroj: NASA.....	280
Obrázek 9.302: Pohled z Galilea, Zdroj: NASA.....	280
Obrázek 9.303: Detail puklin, Zdroj: NASA.....	280
Obrázek 9.304: Krátery, Zdroj: NASA.....	280
Obrázek 9.305: Možné podoby oceánu, Zdroj: NASA.....	281
Obrázek 9.306: Návrh ponorky pro studium oceánu, Zdroj: NASA.....	282
Obrázek 9.307: Pozemský život na dně oceánu, Zdroj: NASA.....	282
Obrázek 9.308: Ganymedes, Zdroj: Wikipedie.....	282
Obrázek 9.309: Povrchové zlomy (450 kB), Zdroj: NASA.....	283
Obrázek 9.310: Kombinace viditelného a infračerveného snímku, Zdroj: NASA.....	283
Obrázek 9.311: Nové impaktní krátery, Zdroj: NASA.....	283
Obrázek 9.312: Řetězec kráterů, Zdroj: NASA.....	283
Obrázek 9.313: Siločáry magnetického pole (upraveno), Zdroj: NASA.....	284
Obrázek 9.314: Callisto, Zdroj: NASA.....	285
Obrázek 9.315: Pánev Asgard, Zdroj: NASA.....	286
Obrázek 9.316: Pánev Valhalla, Zdroj: NASA.....	286
Obrázek 9.317: Galileovské měsíce, Zdroj: NASA.....	286
Obrázek 9.318: Pioneer 10, Zdroj: Wikipedie.....	287
Obrázek 9.319: Pioneer 10 u Jupiteru, Zdroj: Wikipedie.....	287
Obrázek 9.320: Jupiter z Pioneeru 10, Zdroj: Wikipedie.....	287
Obrázek 9.321: Jupiter z Pioneeru 10, Zdroj: Wikipedie.....	287
Obrázek 9.322: Voyager 1, Zdroj: Wikipedie.....	288
Obrázek 9.323: Start Voyageru 1, Zdroj: Wikipedie.....	288

Obrázek 9.324: Animace Velké rudé skvrny, Zdroj: NASA.....	288
Obrázek 9.325: Io ze sondy Voyager 1, Zdroj: Wikipedie.....	288
Obrázek 9.326: Sonda Galileo, Zdroj: Wikipedie.....	289
Obrázek 9.327: Ida a Dactyl ze sondy Galileo, Zdroj: Wikipedie.....	289
Obrázek 9.328: Sestupná část sondy Galileo, Zdroj: Wikipedie.....	289
Obrázek 9.329: Místo sestupu atmosférické části sondy Galileo, Zdroj: NASA.....	289
Obrázek 9.330: Sonda Cassini–Huygens, Zdroj: Wikipedie.....	290
Obrázek 9.331: Jupiter z pohledu sondy Cassini (2000), Zdroj: NASA.....	290
Obrázek 9.332: New Horizons, Zdroj: Wikipedie.....	290
Obrázek 9.333: Erupce Tvashtar catena, Zdroj: NASA.....	290
Obrázek 9.334: Juno, Zdroj: juno.wisc.edu.....	291
Obrázek 9.335: Saturn, Zdroj: Wikipedie.....	292
Obrázek 9.336: Saturn Velké rozlišení 5,0 MB, Zdroj: NASA.....	292
Obrázek 9.337: Titan, Epimetheus a prstence, Zdroj: NASA.....	293
Obrázek 9.338: Enceladus, Zdroj: Wikipedie.....	293
Obrázek 9.339: Saturn Velké rozlišení 5,0 MB, Zdroj: NASA.....	293
Obrázek 9.340: Vizualizace magnetosféry, Zdroj: NASA.....	295
Obrázek 9.341: Saturnova magnetosféra, Přeloženo z angličtiny, Zdroj: yesserver.space.swri.edu.....	295
Obrázek 9.342: Vývoj polární záře, Zdroj: NASA.....	295
Obrázek 9.343: Polární záře, Zdroj: NASA.....	295
Obrázek 9.344: Cyklóna nad jižním pólem, Zdroj: NASA.....	296
Obrázek 9.345: Jižní pól v několika spektrech, Zdroj: NASA.....	296
Obrázek 9.346: Šestiúhelník na severním pólu, Zdroj: Wikipedie.....	297
Obrázek 9.347: Polární záře nad severním pólem, Zdroj: NASA.....	297
Obrázek 9.348: Animace pohybu na severním pólu (4,0 MB), Zdroj: NASA.....	297
Obrázek 9.349: Saturn z pohledu Hubblova kosmického dalekohledu (0,5 MB), Zdroj: hubblesite.org.....	298
Obrázek 9.350: Stín planety Saturn na prstencích (0,5 MB), Zdroj: NASA.....	298
Obrázek 9.351: Prstence (planeta byla odstraněna), Zdroj: NASA.....	298
Obrázek 9.352: Detail prstenců, Zdroj: NASA.....	299
Obrázek 9.353: Prstence s popisky, Zdroj: Wikipedie.....	299
Obrázek 9.354: Barevný detail všech prstenců (0,6 MB), Zdroj: NASA.....	299
Obrázek 9.355: Detail prstenců, Zdroj: NASA.....	299
Obrázek 9.356: Zatmění Slunce z pohledu sondy Cassini, Zdroj: NASA.....	300
Obrázek 9.357: Prometheus odsává materiál z prstence, Zdroj: NASA.....	301
Obrázek 9.358: Animace cuchání prstenců pastýřským měsícem, Zdroj: ciclops.org.....	301
Obrázek 9.359: Prstence a měsíce Titan a Enceladus, Zdroj: NASA.....	301
Obrázek 9.360: Měsíc Dione, Zdroj: NASA.....	301
Obrázek 9.361: Rhea.....	302
Obrázek 9.362: Možný prstenec u měsíce Rhea, Zdroj: NASA.....	302
Obrázek 9.363: Iapetus Velké rozlišení 1,6 MB, Zdroj: NASA.....	303
Obrázek 9.364: Tmavá strana Iapeta, Zdroj: NASA.....	303
Obrázek 9.365: Rovníkový hřeben, Zdroj: Wikipedie.....	303
Obrázek 9.366: Přejíždějící zóna, Zdroj: NASA.....	303
Obrázek 9.367: Mimas, Zdroj: NASA.....	304
Obrázek 9.368: Prstence a měsíce Titan a Enceladus, Zdroj: NASA.....	304

Obrázek 9.369: Měsíc Dione, Zdroj: NASA.....	304
Obrázek 9.370: Měsíc Mimas, Zdroj: NASA.....	305
Obrázek 9.371: Prometheus odsává materiál z prstence, Zdroj: NASA.....	305
Obrázek 9.372: Titan, Zdroj: NASA.....	305
Obrázek 9.373: Titan, Epimetheus a prstence, Zdroj: NASA.....	305
Obrázek 9.374: Titan, Dione a prstence, Zdroj: NASA.....	306
Obrázek 9.375: Prstence a měsíce Titan a Enceladus, Zdroj: NASA.....	306
Obrázek 9.376: Atmosféra Titanu, jak ji viděl Voyager 1, Zdroj: Wikipedie.....	307
Obrázek 9.377: Jezera na severním pólu Titanu, Zdroj: Wikipedie.....	308
Obrázek 9.378: Mapa známého povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie.....	308
Obrázek 9.379: První dostupný snímek povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie.....	309
Obrázek 9.380: Mozaika sestupových snímků, Zdroj: anthony.lieken.net.....	309
Obrázek 9.381: Detail povrchu Titanu, Zdroj: anthony.lieken.net.....	309
Obrázek 9.382: První dostupný snímek povrchu Titanu, Zdroj: Wikipedie.....	309
Obrázek 9.383: Vnitřní struktura Titanu, Přeloženo z angličtiny, Zdroj: Wikipedie.....	310
Obrázek 9.384: Enceladus, Zdroj: Wikipedie.....	311
Obrázek 9.385: Enceladus a Titan, Zdroj: NASA.....	311
Obrázek 9.386: Srovnání velikosti Enceladu a Britských ostrovů, Zdroj: NASA.....	311
Obrázek 9.387: Výtrysk plynu z povrchu Enceladu, Zdroj: NASA.....	312
Obrázek 9.388: Měsíc Enceladus a prstenec F, Zdroj: NASA.....	312
Obrázek 9.389: Způsob vzniku výtrysků Přeloženo z angličtiny, Zdroj: Wikipedie.....	312
Obrázek 9.390: Tygří škrábance, Zdroj: Wikipedie.....	312
Obrázek 9.391: Teplotní mapa jižního pólu Enceladu (0,5 MB), Zdroj: NASA.....	313
Obrázek 9.392: Označení míst výtrysků (0,4 MB), Zdroj: NASA.....	313
Obrázek 9.393: Saturn v malém dalekohledu, Zdroj: home.zcu.cz/~smid.....	314
Obrázek 9.394: Významné pozice planet Upraveno v GIMPu, Zdroj: astunit.com.....	315
Obrázek 9.395: Saturn v roce 2004, Zdroj: home.zcu.cz/~smid.....	315
Obrázek 9.396: Saturn v roce 2005, Zdroj: home.zcu.cz/~smid.....	315
Obrázek 9.397: Saturn v roce 2007, Zdroj: home.zcu.cz/~smid.....	316
Obrázek 9.398: Saturn v roce 2008, Zdroj: home.zcu.cz/~smid.....	316
Obrázek 9.399: Naklánění prstenců během několika minulých opozicí, Zdroj: NASA.....	316
Obrázek 9.400: Budoucí opozice Saturnu Přeloženo z angličtiny, Zdroj: Wikipedie.....	316
Obrázek 9.401: Obrázek a), Zdroj: NASA.....	317
Obrázek 9.402: Obrázek b), Zdroj: NASA.....	317
Obrázek 9.403: Pioneer 11 u Saturnu, Zdroj: Wikipedie.....	318
Obrázek 9.404: Saturn z pohledu sondy Pioneer 11, Zdroj: Wikipedie.....	318
Obrázek 9.405: Detail Saturnu a prstenců ze sondy Pioneer 11, Zdroj: Wikipedie.....	318
Obrázek 9.406: Plaketa jako pozdrav ze Země, Zdroj: Wikipedie.....	318
Obrázek 9.407: Voyager 1, Zdroj: Wikipedie.....	319
Obrázek 9.408: Saturn z pohledu sondy Voyager 1 Velké rozlišení 3,0 MB, Zdroj: NASA.....	319
Obrázek 9.409: Atmosféra Titanu, jak ji viděl Voyager 1, Zdroj: Wikipedie.....	319
Obrázek 9.410: Iapetus (Voyager 1), Zdroj: Wikipedie.....	319
Obrázek 9.411: Sonda Cassini–Huygens, Zdroj: Wikipedie.....	320
Obrázek 9.412: Jezera na severním pólu Titanu, Zdroj: Wikipedie.....	320
Obrázek 9.413: Obarvený snímek povrchu, Zdroj: Wikipedie.....	320
Obrázek 9.414: Výtrysk plynu z povrchu Enceladu, Zdroj: NASA.....	320
Obrázek 9.415: Uran, Zdroj: mitologya.com.....	321
Obrázek 9.416: Teplotní mapa Uranu, Zdroj: NASA.....	321

Obrázek 9.417: Množství bouří, Zdroj: astronomy.com.....	321
Obrázek 9.418: Uranova rodina měsíců, Zdroj: NASA.....	322
Obrázek 9.419: Pozice prstenců za posledních několik let, Zdroj: asymptotia.com.....	322
Obrázek 9.420: Vnitřní stavba Uranu, Zdroj: solarviews.com.....	323
Obrázek 9.421: Magnetosféra UranuPřeloženo z angličtiny, Zdroj: Wikipedie.....	324
Obrázek 9.422: Uran v různých pozicích vůči SlunciUpraveno v GIMPu, Zdroj: physics.hku.hk.....	325
Obrázek 9.423: Teplotní mapa Uranu, Zdroj: NASA.....	326
Obrázek 9.424: Dvojice bouří v atmosféře Uranu, Zdroj: hubblesite.org.....	326
Obrázek 9.425: Oblačnost, Zdroj: hubblesite.org.....	326
Obrázek 9.426: Temná skvrna, Zdroj: Wikipedie.....	327
Obrázek 9.427: Množství bouří, Zdroj: astronomy.com.....	327
Obrázek 9.428: Uranova soustava prstenců a měsíců, Zdroj: NASA.....	327
Obrázek 9.429: Nově objevené prstence, Zdroj: NASA.....	327
Obrázek 9.430: Nové prstence v letech 2003 a 2005 (500 kB), Zdroj: hubblesite.org.....	328
Obrázek 9.431: Uran pozorovaný ze ZeměPřeloženo z angličtiny, Zdroj: NASA.....	328
Obrázek 9.432: Prstence z Voyageru 2, Zdroj: NASA.....	329
Obrázek 9.433: Prstence z Voyageru 2, Zdroj: NASA.....	329
Obrázek 9.434: Natáčení Uranových prstenců, Zdroj: NASA.....	329
Obrázek 9.435: Pozice prstenců za posledních několik let, Zdroj: asymptotia.com.....	330
Obrázek 9.436: Srovnání prstenců v posledních letech, Zdroj: hubblesite.org.....	330
Obrázek 9.437: Prstence v roce 2003, Zdroj: hubblesite.org.....	330
Obrázek 9.438: Prstence v roce 2005, Zdroj: hubblesite.org.....	330
Obrázek 9.439: Uran v infračerveném spektru, Zdroj: NAOJ.....	331
Obrázek 9.440: Prstence Uranu, Zdroj: news.nationalgeographic.com.....	331
Obrázek 9.441: Uran a jeho měsíc Ariel, Zdroj: hubblesite.org.....	331
Obrázek 9.442: Uranova rodina měsíců, Zdroj: NASA.....	332
Obrázek 9.443: Měsíce, Zdroj: astro.pef.zcu.cz.....	332
Obrázek 9.444: Titania, Zdroj: NASA.....	333
Obrázek 9.445: Titania, Zdroj: Wikipedie.....	333
Obrázek 9.446: Oberon, Zdroj: NASA.....	334
Obrázek 9.447: Ariel, Zdroj: NASA.....	334
Obrázek 9.448: Umbriel, Zdroj: Wikipedie.....	334
Obrázek 9.449: Srovnání velikosti největších měsíců, Zdroj: NASA.....	334
Obrázek 9.450: Miranda, Zdroj: NASA.....	335
Obrázek 9.451: Miranda, Zdroj: Wikipedie.....	335
Obrázek 9.452: Detail povrch Mirandy, Zdroj: NASA.....	335
Obrázek 9.453: Detail povrch Mirandy, Zdroj: NASA.....	335
Obrázek 9.454: Detail povrch Mirandy, Zdroj: NASA.....	336
Obrázek 9.455: Detail povrch Mirandy, Zdroj: NASA.....	336
Obrázek 9.456: Povrchové kaňony, Zdroj: NASA.....	336
Obrázek 9.457: Voyager 2, Zdroj: Wikipedie.....	337
Obrázek 9.458: Teplotní mapa Uranu, Zdroj: NASA.....	338
Obrázek 9.459: Prstence z Voyageru 2, Zdroj: NASA.....	338
Obrázek 9.460: Prstence z Voyageru 2, Zdroj: NASA.....	338
Obrázek 9.461: Miranda, Zdroj: Wikipedie.....	338
Obrázek 9.462: Neptun, Zdroj: students.ou.edu.....	339
Obrázek 9.463: Urbain Jean Joseph Le Verrier.....	340
Obrázek 9.464: Johann Gottfried Galle.....	340
Obrázek 9.465: Neptun, Zdroj: NASA.....	340

Obrázek 9.466: Detail Velké temné skvrny, Zdroj: NASA.....	340
Obrázek 9.467: Série snímků Neptunu, Zdroj: hubblesite.org.....	341
Obrázek 9.468: Sezónní změny na Neptunu (HST), Zdroj: hubblesite.org.....	341
Obrázek 9.469: Vnitřní struktura Neptunu Přeloženo z angličtiny, Zdroj: NASA.....	341
Obrázek 9.470: Neptun, Zdroj: NASA.....	343
Obrázek 9.471: Detail Velké temné skvrny, Zdroj: NASA.....	343
Obrázek 9.472: Oblačnost, Zdroj: Wikipedie.....	344
Obrázek 9.473: Oblačnost zachycená HST, Zdroj: hubblesite.org.....	344
Obrázek 9.474: Sezónní změny na Neptunu (HST), Zdroj: hubblesite.org.....	344
Obrázek 9.475: Oblačnost (HST), Zdroj: hubblesite.org.....	344
Obrázek 9.476: Detail Velké temné skvrny, Zdroj: NASA.....	345
Obrázek 9.477: Velká temná skvrna, Zdroj: NASA.....	345
Obrázek 9.478: Neptun bez Velké temné skvrny, Zdroj: NASA.....	346
Obrázek 9.479: Velká temná skvrna, Zdroj: uoregon.edu.....	346
Obrázek 9.480: Série snímků Neptunu, Zdroj: hubblesite.org.....	346
Obrázek 9.481: Nová temná skvrna, Zdroj: hubblesite.org.....	346
Obrázek 9.482: Malá temná skvrna, Zdroj: solarviews.com.....	347
Obrázek 9.483: Malá temná skvrna, Zdroj: NASA.....	347
Obrázek 9.484: Velká a Malá temná skvrna a Scooter, Zdroj: norsknettskole.no.....	347
Obrázek 9.485: Neptunovy prstence, Zdroj: NASA.....	348
Obrázek 9.486: Neptunovy prstence, Zdroj: NASA.....	348
Obrázek 9.487: Detail prstenců, Zdroj: Wikipedie.....	349
Obrázek 9.488: Proteus, Zdroj: Wikipedie.....	349
Obrázek 9.489: Nereida, Zdroj: Wikipedie.....	350
Obrázek 9.490: Halimede, Zdroj: NASA.....	350
Obrázek 9.491: Psamathe, Zdroj: Wikipedie.....	350
Obrázek 9.492: Neptun a Triton, Zdroj: NASA.....	351
Obrázek 9.493: Triton	
Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA.....	352
Obrázek 9.494: Srpek Tritonu, Zdroj: NASA.....	352
Obrázek 9.495: Triton z dálky, Zdroj: NASA.....	352
Obrázek 9.496: Detail povrchu Tritonu, Zdroj: NASA.....	352
Obrázek 9.497: Tritonova oblačnost, Zdroj: Wikipedie.....	353
Obrázek 9.498: Voyager 2, Zdroj: Wikipedie.....	354
Obrázek 9.499: Neptun, Zdroj: NASA.....	354
Obrázek 9.500: Triton	
Velké rozlišení 2,0 MB, Zdroj: NASA.....	354
Obrázek 9.501: Neptun a Triton, Zdroj: NASA.....	354
Obrázek 9.502: Obal nahrávky, Zdroj: NASA.....	355
Obrázek 9.503: Pozlacená deska, Zdroj: Wikipedie.....	355
Obrázek 9.504: Obrázek astronauta uložený na desce, Zdroj: NASA.....	355
Obrázek 9.505: Obrázek letadla uložený na desce, Zdroj: NASA.....	355
Obrázek 9.506: Symboly některých nových planet, Zdroj: Wikipedia.....	357
Obrázek 9.507: Johann Franz Encke	
(23. září 1791 – 26. srpen 1865), Zdroj: Wikipedia.....	357
Obrázek 9.508: Umělecká představa trpasličích planet, Zdroj: ascadiastreet.com.....	360
Obrázek 9.509: Ceres, Zdroj: NASA.....	361
Obrázek 9.510: Ceres, Zdroj: NASA.....	361
Obrázek 9.511: Ceres, Zdroj: NASA.....	362
Obrázek 9.512: Sonda DAWN, Zdroj: NASA.....	362

Obrázek 9.513: Pluto a Charon (HST), Zdroj: NASA.....	363
Obrázek 9.514: Vnitřní struktura PlutaPřeloženo z angličtiny, Zdroj: NASA.....	363
Obrázek 9.515: Mapa povrchu Pluta, Zdroj: NASA.....	363
Obrázek 9.516: New Horizons, Zdroj: Wikipedie.....	364
Obrázek 9.517: Erupce Tvashtar catena, Zdroj: NASA.....	364
Obrázek 9.518: Pluto (uprostřed) a jeho měsíce, Zdroj: hubblesite.org.....	365
Obrázek 9.519: Objevení Charona, Zdroj: NASA.....	365
Obrázek 9.520: Srovnání Pluta a Charona, Zdroj: NASA.....	366
Obrázek 9.521: Pohled z Charonu na Pluto, Zdroj: NASA.....	366
Obrázek 9.522: Nově objevené měsíce, Zdroj: hubblesite.org.....	367
Obrázek 9.523: Pohled z Nix, Zdroj: hubblesite.org.....	367
Obrázek 9.524: Dávná srážka Pluta, Zdroj: astro.cz.....	367
Obrázek 9.525: Eris (v pravé střední části), Zdroj: Wikipedie.....	368
Obrázek 9.526: Eris a Dysnomia, Zdroj: NASA.....	368
Obrázek 9.527: Pohled na Eris a Slunce, Zdroj: NASA.....	369
Obrázek 9.528: Ida a Dactyl ze sondy Galileo ,Zdroj: NASA.....	370
Obrázek 9.529: Gaspia, Zdroj: solarviews.com.....	370
Obrázek 9.530: Kometa McNaught (2007), Zdroj: cas.kopule.cz.....	370
Obrázek 9.531: Ida a Dactyl ze sondy Galileo, Zdroj: NASA.....	371
Obrázek 9.532: Gaspia, Zdroj: solarviews.com.....	371
Obrázek 9.533: Mathilde, Zdroj: NASA.....	372
Obrázek 9.534: Itokawa, Zdroj: NASA.....	372
Obrázek 9.535: Srovnání velikostí některých planetek, Zdroj: NASA.....	372
Obrázek 9.536: Eros, Zdroj: NASA.....	372
Obrázek 9.537: Největší planetky ve srovnání se Zemí, Zdroj: NASA.....	373
Obrázek 9.538: Eros, Zdroj: NASA.....	373
Obrázek 9.539: Hlavní pás planetek, Zdroj: Wikipedie.....	374
Obrázek 9.540: Ida a Dactyl ze sondy Galileo, Zdroj: NASA.....	374
Obrázek 9.541: Největší transneptunické objekty, Zdroj: Wikipedie.....	375
Obrázek 9.542: Eros, Zdroj: NASA.....	375
Obrázek 9.543: Eros v barvě, Zdroj: NASA.....	375
Obrázek 9.544: Mapa gravitace, Zdroj: NASA.....	376
Obrázek 9.545: Mapa gravitace, Zdroj: NASA.....	376
Obrázek 9.546: Kráter Psyché, Zdroj: NASA.....	376
Obrázek 9.547: Mapa Erosu, Zdroj: astro.cz.....	377
Obrázek 9.548: NEAR – Shoemaker, Zdroj: Wikipedie.....	377
Obrázek 9.549: Detaily povrchu, Zdroj: NASA.....	377
Obrázek 9.550: Sestupová sekvence, Zdroj: NASA.....	378
Obrázek 9.551: Itokawa, Zdroj: NASA.....	378
Obrázek 9.552: Barevná Itokawa, Zdroj: JAXA.....	378
Obrázek 9.553: Detail povrchu, Zdroj: wanderingspace.net.....	379
Obrázek 9.554: Hayabusa, Zdroj: Wikipedie.....	379
Obrázek 9.555: Stín sondy Hayabusa na planetce, Zdroj: newscientist.com.....	379
Obrázek 9.556: Kometa McNaught (2007), Zdroj: cas.kopule.cz.....	380
Obrázek 9.557: Jádro Halleyovy komety, Zdroj: NASA.....	381
Obrázek 9.558: Kometa Hale-Bopp (1997), Zdroj: Wikipedie.....	381
Obrázek 9.559: Směr ohonů v závislosti na poloze vůči Slunci, Zdroj: Wikipedie.....	382
Obrázek 9.560: Rozpad komety Schwassman-Wachmann (2006), Zdroj: hubblesite.org.....	382
Obrázek 9.561: Trajektorie komety Kohoutek, Zdroj: NASA.....	383

Obrázek 9.562: Edmond Halley(8. listopadu 1656 – 14. ledna 1742), Zdroj: NASA.	384
Obrázek 9.563: Halleyova kometa (1986), Zdroj: Wikipedie.....	384
Obrázek 9.564: Halleyova kometa (1986), Zdroj: NASA.....	385
Obrázek 9.565: Halleyova kometa (1910), Zdroj: nytstore.com.....	385
Obrázek 9.566: Jádro Halleyovy komety, Zdroj: NASA.....	385
Obrázek 9.567: Kometa Wild, Zdroj: NASA.....	386
Obrázek 9.568: Stardust, Zdroj: Wikipedie.....	386
Obrázek 9.569: Test aerogelu, Zdroj: NASA.....	387
Obrázek 9.570: Stardust, Zdroj: Wikipedie.....	388
Obrázek 9.571: Kometa Tempel, Zdroj: Wikipedie.....	388
Obrázek 9.572: Impakt, Zdroj: Wikipedie.....	389
Obrázek 9.573: Poslední snímek impaktoru, Zdroj: NASA.....	389
Obrázek 9.574: Simulace polohy sondy, Zdroj: Wikipedie.....	389
Obrázek 9.575: Sonda Deep Impact (impaktor je vypuštěn), Zdroj: Wikipedie.....	389
Obrázek 9.576: Arizona, 50 000 let, průměr 1,1 km, hloubka 200 m (960 kB), Zdroj: NASA.....	390
Obrázek 9.577: Kanada, 212 milionů let, průměr 100 km (220 kB), Zdroj: NASA.....	390
Obrázek 9.578: Kráter na Merkuru, Zdroj: NASA.....	391
Obrázek 9.579: Kráter na Marsu, Zdroj: NASA.....	391
Obrázek 9.580: Radarový snímek kráteru Chicxulub, který podle teorií zapříčinil vyhynutí dinosaurů, Zdroj: Wikipedie.....	393
Obrázek 9.581: Mapa ukazující epicentrum tunguzské události, Zdroj: Wikipedie.....	393
Obrázek 9.582: Stromy povalené tlakovou vlnou, Zdroj: Wikipedie.....	394
Obrázek 9.583: Leonid Kulik (1883–1942), Zdroj: Wikipedie.....	394
Obrázek 9.584: Srážka planety se Zemí, Zdroj: NASA.....	395

Seznam tabulek

Tabulka 2.1.: Použité programy.....	23
Tabulka 2.2.: Použité grafické prvky z balíku famfamfam.....	24
Tabulka 2.3.: Použité grafické prvky z balíku Nuvola icon set.....	25
Tabulka 2.4.: Použité grafické prvky z balíku Noia Style Open Office icons.....	25
Tabulka 5.1.: RGB kódy použitých barev.....	55
Tabulka 6.1.: Popis složek v kořenovém adresáři.....	67
Tabulka 6.2.: Popis souborů v kořenovém adresáři.....	67
Tabulka 6.3.: Hlavní stránky projektu.....	69
Tabulka 6.4.: Základní struktura databáze.....	73
Tabulka 6.5.: Struktura diskusního fóra.....	75
Tabulka 7.1.: Seznam značek pro formátování textu.....	85
Tabulka 7.2.: Formátovací značky pro vkládání obrázků.....	91
Tabulka 7.3.: Seznam druhů ikon.....	92
Tabulka 8.1.: Počet hodnotících zkušební fáze.....	103
Tabulka 8.2.: Celkové výsledky zkušební fáze.....	103
Tabulka 8.3.: Celkové výsledky žáků ZŠ podle ročníku.....	106
Tabulka 9.1: Složení atmosféry Venuše.....	142
Tabulka 9.2: Zastoupení chemických sloučenin v jednotlivých vrstvách Země.....	163
Tabulka 9.3: Zastoupení prvků na Zemi (podle hmotnosti).....	163
Tabulka 9.4: Rozdělení vody na Zemi.....	168
Tabulka 9.5: Chemické složení atmosféry Země.....	174
Tabulka 9.6: Délka trvání ročních období na severní polokouli.....	178
Tabulka 9.7: Zatmění Měsíce do roku 2010.....	199

Tabulka 9.8: Lety kosmických lodí Apollo.....	218
Tabulka 9.9: Jízdy lunárních vozítek.....	220
Tabulka 9.10: Vzorky měsíčních hornin získané astronauty Apollo.....	222
Tabulka 9.11: Složení atmosféry Marsu.....	231
Tabulka 9.12: Charakteristika měsíce Phobos.....	249
Tabulka 9.13: Charakteristika měsíce Deimos.....	251
Tabulka 9.14: Složení atmosféry Jupiteru.....	259
Tabulka 9.15: Jupiterovy prstence.....	267
Tabulka 9.16: Galileovské měsíce.....	272
Tabulka 9.17: Chemické složení Saturnu.....	294
Tabulka 9.18: Chemické složení Saturnovy atmosféry.....	294
Tabulka 9.19: Chemické složení atmosféry Titanu.....	306
Tabulka 9.20: Charakteristika měsíce Titan.....	310
Tabulka 9.21: Charakteristika měsíce Enceladus.....	313
Tabulka 9.22: Chemické složení atmosféry Uranu.....	323
Tabulka 9.23: Charakteristika měsíce Miranda.....	337
Tabulka 9.24: Chemické složení atmosféry Neptunu.....	343
Tabulka 9.25: Prstence Neptunu.....	348
Tabulka 9.26: Trpasličí planety.....	361
Tabulka 9.27: Četnost srážek Země s planetkami.....	392

Abecední rejstřík

Autotest.....	45
Formátovací značky.....	85
Hlavní stránky.....	69
Jednoduchost.....	15
Korespondenční kurzy.....	34
Legálnost.....	23
Otevřenost.....	19
Posttest.....	103
Pretest.....	103
Přístupnost.....	20
Standardizované rozhraní.....	20
Svoboda volby.....	17
Tutor.....	98
Tutoriál.....	33, 99
Validnost.....	22
Videokonference.....	35
Vyučovací automat.....	36
Webdesign.....	48

Seznam použité literatury

1. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [Cit. 2008-02-11]. URL: <<http://www.rvp.cz/sekce/58> RVP citováno dne 11.2.2008>.
2. DURUSAU, Patrick – BRAUER, Michael. *Open Document Format for Office Applications (OpenDocument) v1.0(Second Edition)*. 2006. URL: <<http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/>>.
3. *World Wide Web Consortium*. URL: <<http://www.w3.org>>.
4. *Unicode Consortium*. URL: <<http://www.unicode.org/>>.
5. ISO, *Information technology – Universal Multiple-Octet Coded Character Set (UCS)*. 2003. URL: <[http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c039921_ISO_IEC_10646_2003\(E\).zip](http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c039921_ISO_IEC_10646_2003(E).zip)>.
6. JAMES, Mark. *Silk Icons*. [cit. 2007-05-15]. URL: <<http://www.famfamfam.com/lab/icons/silk/>>.
7. NASA, *NASA Copyright Notification*. [cit. 2007-06-07]. URL: <http://lisar.larc.nasa.gov/UTILS/copyright.cgi>.
8. *Wikipedie*. URL: <<http://cs.Wikipedie.org>>.
9. VALIŠOVÁ, Alena – Kasíková, Hana. *Pedagogika pro učitele*. Praha – Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1734-0.
10. KALHOUS, Zdeněk – OBST, Otto. *Školní didaktika*. Praha – Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X.
11. SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. Praha – Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1821-7.
12. ŠVARCOVÁ, Iva. *Základy pedagogiky*. Praha – VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-537-2.
13. KOTRBA, Tomáš – LACINA, Lubor. *Praktické využití aktivizačních metod ve výuce*. Brno – Společnost pro odbornou literaturu, 2007. ISBN 978-80-87029-12-1.
14. *Historie e-learningu v České Republice*. [Cit. 2008-02-06]. Masarykova univerzita v Brně. URL: <<http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003p/xstrites.htm>>.
15. NEDOMA, Jan. *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 3 – Systémy pro distanční výuku*. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2007. ISBN 978-80-7043-603-5.
16. *Informace o studiu v programech celoživotního vzdělávání*. [Cit. 2008-02-07]. Technická univerzita v Liberci. URL: <<http://www.oa.svitavy.cz/gaudeamus/Tul/cdv.doc>>.
17. *ZÁKON 561 o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon) ze dne 24. září 2004*. [Cit. 2008-02-06]. Sagit. URL: <<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb04561&cd=76&typ=r>>.
18. MECHLOVÁ, Erika. *Tvorba E-learningových kurzů pro technické obory*. Ediční středisku VŠU – Technická Univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1165-0.

19. POWELL, Thomas. *Webdesign - Komplettní průvodce*. Praha – Computer Press, 2004. ISBN 80-7226-949-6.
20. POWELL, Thomas. *Webdesign - Complete Reference Second Edition*, USA, McGraw-Hill Companies. 2002. ISBN 0-07-222422-8.
21. KRUG, Steve. *Web design - Nenuťte uživatele přemýšlet!*. Praha – Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-892-9.
22. ŠPINAR, David. *Tvoříme přístupné webové stránky*. Praha – Zoner Press, 2004. ISBN 80-86815-11-0.
23. ŠPINAR, D – PAVLÍČEK, R. *Pravidla tvorby přístupného webu*. [Cit. 2007-09-08]. URL: <<http://www.pravidla-pristupnosti.cz/>>.
24. ZAJÍC, Petr. *Seriál o PHP*. [Cit. 2007-01-10]. URL: <http://www.linuxsoft.cz/article_list.php?offset=0&id_kategorie=181>.
25. CASTAGNETTO, J. – HARISH, R. *Programujeme PHP profesionálně*. Praha – Computer Press, 2004. ISBN 80-7226-310-2.
26. JANOVSKEÝ, Dušan. *Jak psát web – HTML*. [Cit. 2006-12-5]. URL: <<http://www.jakpsatweb.cz/html/>>.
27. LACKO, Luboslav. *SQL Hotová řešení*. Praha – Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-975-5.
28. JANOVSKEÝ, Dušan. *Jak psát web – CSS*. [Cit. 2006-12-8]. URL: <<http://www.jakpsatweb.cz/html/>>.
29. ZLÁMALOVÁ, Helena. *Příručka pro tutorýy distančního vzdělávání*. Ostrava – Technická univerzita Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0280-5.
30. KOPECKÝ, Kamil. *E-learning (nejen) pro pedagogy*. Olomouc – HANEX, 2006. ISBN 80-85783-50-9.
31. *Infotech 2007 – sborník příspěvků*. Olomouc, Katedra technické a informační výchovy, 2007. ISBN 978-80-7220-301-7.
32. *SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ z konference a soutěže eLearning 2007*. Hradec Králové – Gaudeamus, 2007. ISBN 978-80-7041-573-3.
33. GRIMUS, Margarete. *elearning – eTeaching – eEducation*. Brno, Paido 2003. ISBN 80-7315-052-2.
34. BOLDIŠ, Petr. *Bibliografické citace dokumentu podle CSN ISO 690 a CSN ISO 690-2: Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typu dokumentu. Verze 3.0 (2004)*. c 1999–2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004. URL: <<http://www.boldis.cz/citace/citace2.pdf>>.

Resumé

The result of my work is e-learning system. It is capable to support various distant courses, which can be implicated into classical education or completely standalone courses taught only by computer support. I believe that in future my system will be used not only on department of general physics, where it is being developed, but also on various types of schools.

The system enables complete administration of whole structure of a courses. This structures utilizes several logical levels and it is possible to place particular study articles to any place of the course. To support that there is advanced administration interface which allow to edit structure of the course, amount of chapters and many more options.

All components of the course are entered in database system. None of them is determined and therefore it is possible to change any parameters for any components. If there was a problem with systems' functionality, it would be easy to change the basic code. That is because it was written in the simplest way that is possible. There is as well option to change whole structure of courses and even it is possible to change basic layout of all web pages.

Part of a web interface is also a discussion system, which perform a function of interactivity between course moderator and students but also between students among themselves.

Because whole system is made exclusively with usage of open technologies which are allowed to use by licenses, there are no legal difficulties in spreading my system into various users. I was very careful in choosing technologies, software and sources. All from above listed possibilities I used are open to developers or has free license. There is no problem with using pictures from internet sources, because all of them are selected from NASA, Wikipedie or other sources. NASA's license allow using their materials for educational reasons. All pictures on Wikipedie are public domain or have their own sources written below. For other sources, and also for NASA and Wikipedie, I am strictly citing the address of source, which I have to do because of copyright law in the Czech Republic.

Next step in development of my system will dwell especially in creating some autotests, which will be automatically generated and which will allow students to test their gained knowledge. Students will have great opportunity to test themselves, check the answer and read the correct one in case of choosing the wrong possibility. Another step, I will consider in future, will be bonding a script for logging in my distant system with the script for logging in the discussion forum. This will lead to easier way to login into system and adding posts into discussions.

I consider evaluation of learning process as the biggest future goal. When the course will be mostly complete and filled with data, I will let my Astronomy students to go through the current version of the course and, according to their suggestion, I will optimize the functionality of the system and study activities.

As another goal I will put emphasize an accessibility of web interface. I do not want to have some difficulties in using my system for blind users. In first phase, I want to test my web interface with several blind persons which will help me with reaching that goal. In the other phase, I would like to make course and all study activities accessible for persons with this handicap. Thanks to my contacts with Pilsen branch of Lion's club, which is concerned with helping to blind and similarly handicapped, I was offered to try my course on basic school for blind and sight handicapped children in Pilsen. I would like to adapt study activities to be accessible for all users with this handicap.

Přílohy

Příloha A

NASA Langley Research Center - Multimedia Repository NASA Copyright Notification



GENERAL CONDITIONS:

NASA materials may not be used to state or imply the endorsement by NASA or by any NASA employee of a commercial product, service or activity, or used in any other manner that might mislead.

NASA should be acknowledged as the source of its material.

It is unlawful to falsely claim copyright or other rights in NASA material.

NASA shall in no way be liable for any costs, expenses, claims or demands arising out of use of NASA's cassettes and photographs by a recipient's distributees.

NASA personnel are not authorized to sign indemnity or hold harmless statements, release from copyright infringement, or documents granting exclusive use rights.

PHOTOGRAPHY:

Photographs are not protected by copyright unless noted. If copyrighted, permission should be obtained from the copyright owner prior to use. If not copyrighted, photographs may be reproduced and distributed without further permission from NASA. If a recognizable person appears in a photograph, use for commercial purposes may infringe a right of privacy or publicity and permission should be obtained from the recognizable person.

CONTACT:

If further information or assistance is needed, you may contact:

NASA Headquarters Office of Public Affairs Media Services Division News and Imaging Branch Code PM 300 E St., SW Washington, DC 29546 Telephone: (202) 358-1900

[Home](#) | [Copyright](#) | [FAQ](#) | [Privacy](#) | [Comment or Question](#)

NASA Official: Bill von Offenheim (lisar@larc.nasa.gov) **Date:** 02/04/2002

Příloha B

§ 31 Citace

1. Do práva autorského nezasahuje ten, kdo

a) užije v odůvodněné míře výňatky ze zveřejněných děl jiných autorů ve svém díle,

b) užije výňatky z díla nebo drobná celá díla pro účely kritiky nebo recenze vztahující se k takovému dílu, vědecké či odborné tvorby a takové užití bude v souladu s poctivými zvyklostmi a v rozsahu vyžadovaném konkrétním účelem,

c) užije dílo při vyučování pro ilustrační účel nebo při vědeckém výzkumu, jejichž účelem není dosažení přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu, a nepřesáhne rozsah odpovídající sledovanému účelu;

vždy je však nutno uvést, je-li to možné, jméno autora, nejde-li o dílo anonymní, nebo jméno osoby, pod jejímž jménem se dílo uvádí na veřejnost, a dále název díla a pramen.

2. Do práva autorského nezasahuje ani ten, kdo výňatky z díla nebo drobná celá díla citovaná podle odstavce 1 písm. a) nebo b) dále užije; ustanovení odstavce 1 části věty za středníkem platí obdobně.

Příloha C

Tato licence je dostupná na stránkách <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>

Creative Commons Attribution 2.5

You are free:

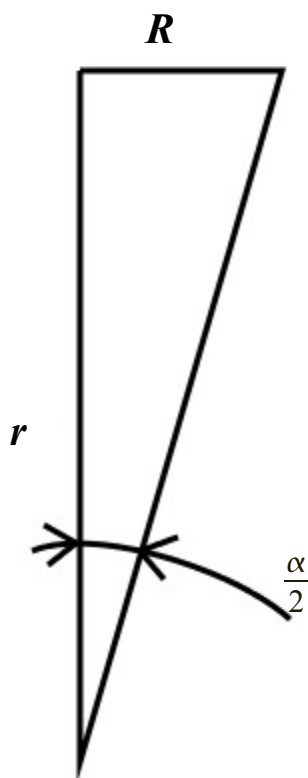
- **to Share** — to copy, distribute and transmit the work
- **to Remix** — to adapt the work

Under the following conditions:

- **Attribution.** You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work).
- For any reuse or distribution, you must make clear to others the license terms of this work. The best way to do this is with a link to this web page.
- Any of the above conditions can be waived if you get permission from the copyright holder.
- Nothing in this license impairs or restricts the author's moral rights.

Příloha D

Výsledek úkolu z kapitoly 9.7.7 Merkurova trajektorie na straně 133:



$$R = 695\,500 \text{ km}$$

$$r_P = 46\,000\,000 \text{ km}$$

$$r_A = 69\,820\,000 \text{ km}$$

$$\frac{\alpha_P}{2} = \arcsin\left(\frac{R}{r_P}\right) = \frac{695\,500}{46\,000\,000} = 0,866^\circ = 0^\circ 52'$$

$$\alpha_P = 1^\circ 43'$$

$$\frac{\alpha_A}{2} = \arcsin\left(\frac{R}{r_A}\right) = \frac{695\,500}{69\,820\,000} = 0,57^\circ = 0^\circ 34'$$

$$\alpha_A = 1^\circ 08'$$

Zadání úkolu z kapitoly 9.9.9 Měsíční fáze na straně 183:

Úkol: vyplňte tabulku. Používejte slova jako: ráno, večer, poledne, půlnoc

	<i>Východ</i>	<i>Kulminace</i>	<i>Západ</i>
Nov	ráno		
První čtvrt'			
Úplněk			ráno
Poslední čtvrt'		ráno	

Výsledek úkolu z kapitoly 9.9.9 Měsíční fáze na straně 183:

	<i>Východ</i>	<i>Kulminace</i>	<i>Západ</i>
Nov	ráno	poledne	večer
První čtvrt'	poledne	večer	půlnoc
Úplněk	večer	půlnoc	ráno
Poslední čtvrt'	půlnoc	ráno	poledne

Zadání úkolu z kapitoly 9.9.14 Zatmění Měsíce na straně 195:

Datum	Druh	Doba trvání (doba trvání totální fáze)
3. březen 2007	úplné	01h14m
28. srpen 2007	úplné	01h31m
21. únor 2008	úplné	00h51m
16. srpen 2008	částečné	-
9. únor 2009	polostínové	-
7. červenec 2009	polostínové	-
6. srpen 2009	polostínové	-
31. prosinec 2009	částečné	01h02m
26. červen 2010	částečné	02h44m
21. prosinec 2010	úplné	03h29m 01h13m
15. červen 2011	úplné	03h40m 01h41m
10. prosinec 2011	úplné	03h33m 00h52m
4. červen 2012	částečné	02h08m
28. listopad 2012	polostínové	-
25. duben 2013	částečné	00h32m

Datum	Druh	Doba trvání (doba trvání totální fáze)
25. květen 2013	polostínové	-
18. říjen 2013	polostínové	-
15. duben 2014	úplné	03h35m 01h19m
8. říjen 2014	úplné	03h20m 01h00m
4. duben 2015	úplné	03h30m 00h12m
18. září 2015	úplné	03h21m 01h13m
23. březen 2016	polostínové	-
18. srpen 2016	polostínové	-
16. září 2016	polostínové	-
11. únor 2017	polostínové	-
7. srpen 2017	částečné	01h57m
31. leden 2018	úplné	03h23m 01h17m
27. červenec 2018	úplné	03h55m 01h44m
21. leden 2019	úplné	03h17m 01h03m
16. červenec 2019	částečné	02h59m
10. leden 2020	polostínové	-
5. únor 2008	polostínové	-
5. červenec 2020	polostínové	-
30. listopad 2020	polostínové	-

Zadání úkolu z kapitoly 9.9.5 Zemská atmosféra na straně 173.

Označme si V_Z objem Země. $V_{Z+99\%}$ je pak celkový objem Země a atmosféry, která obsahuje 99 % hmotnosti. V_{Z+A} je celkový objem Země a atmosféry do výšky 1 000 km.

Jednotlivé průměry jsou tedy následující

$$r_Z^3 = 6\,378\,km$$

$$r_{Z+99\%}^3 = 6\,408\,km$$

$$r_{Z+A}^3 = 6\,738\,km$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_Z^3$$

$$V_Z = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 6\,378^3 = 1\,086 \cdot 10^9\,km^3$$

$$V_{Z+99\%} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{Z+99\%}^3$$

$$V_{Z+99\%} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 6\,408^3 = 1\,102 \cdot 10^9\,km^3$$

$$V_{Z+A} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{Z+A}^3$$

$$V_{Z+A} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 6\,738^3 = 1\,682 \cdot 10^9\,km^3$$

$$V_A = V_{Z+A} - V_Z = (1\,682 - 1\,086) \cdot 10^9 = 596 \cdot 10^9\,km^3$$

$$V_{99\%} = V_{Z+99\%} - V_Z = (1\,102 - 1\,086) \cdot 10^9 = 16 \cdot 10^9\,km^3$$

$$n = \frac{596}{16} \cdot 100 = 2,68\%$$

Příloha E

K práci je přiložené CD-ROM s off-line verzí vytvořeného kurzu, elektronickou verzí této práce a originálním textem licencí GNU GPL a GNU LGPL.

V kořenovém adresáři na přiloženém CD je několik složek. Níže je jejich výpis včetně popisu jejich obsahu.

- *./data* – zde jsou uložena všechna data. V souboru *./data/system.zip* se nachází samotný systém. V souboru *./data/database.sql* je vyexportovaná databáze včetně všech dat, která jsou součástí distančního kurzu. Dále se zde nachází soubor *./data/system_xampplite.zip*, kde se nachází kompletní systém včetně lokálního serveru xampplite.
- *./knihovny* – zde jsou k dispozici neupravené verze knihoven Nuvola Icon Pack, Noia Style Open Office Icons a Silk Icons včetně příslušných licencí a dále použité verze diskusního fóra PhpBB 3.0.0 a textový editor pro web FCKeditor 2.5.1.
- *./licence* – tento adresář obsahuje přeložené i originální texty licencí GNU GPL a GNU LGPL
- *./testy* – zde jsou umístěna data, která byla nashromážděna během testování didaktické účinnosti kurzu.
- *./xampplite* – obsahuje spustitelnou verzi lokálního serveru, na kterém je nainstalován celý systém včetně všech dat. Obsah tohoto adresáře je totožný s archivem v souboru *./data/sysem_xampplite.zip*.