

Obsah

Předmluva

Vesmír před vynálezem dalekohledu

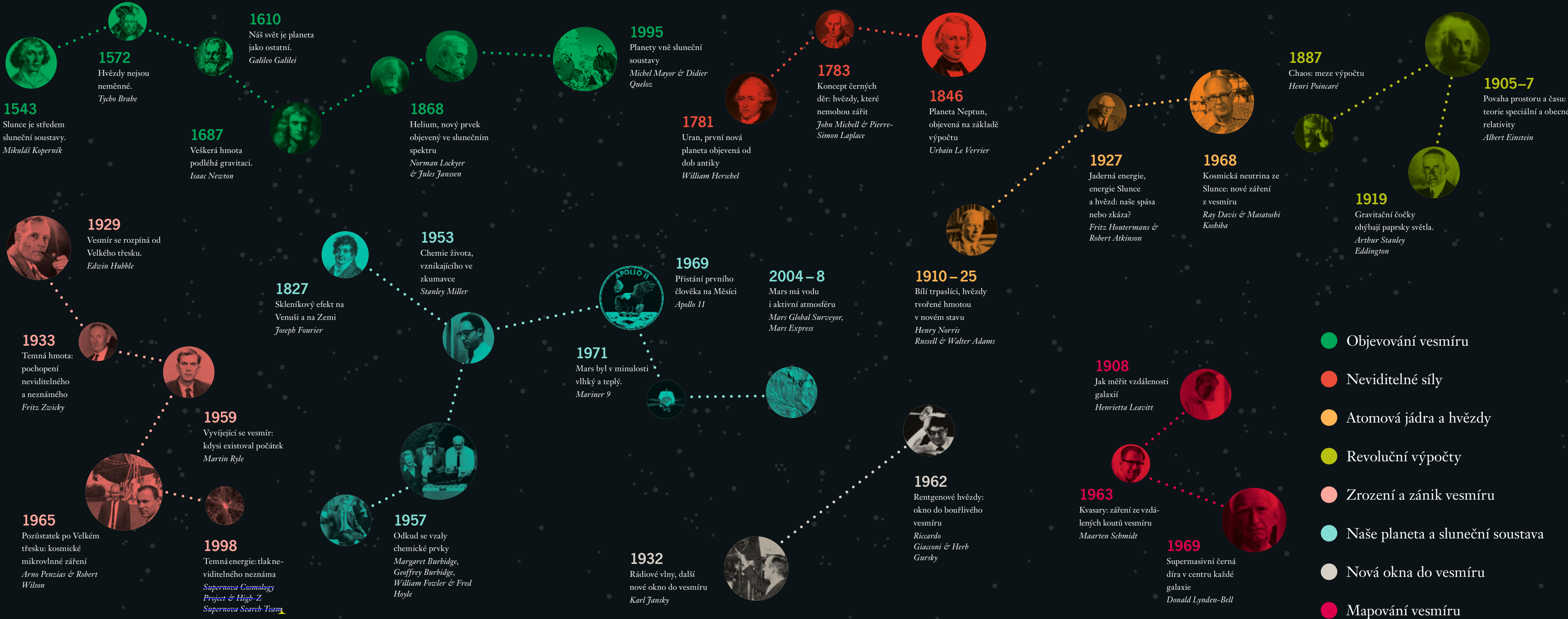
- 1 Sedmero planet 18
Putující hvězdy
 - 2 Hvězdy a souhvězdí 22
Naše pojítka s lidmi doby ledové
 - 3 Mléčná dráha 26
Cesta bohů, duší a poutníků
 - 4 Tvar země 30
Naše planeta, zploštělá koule
 - 5 Souhvězdí jižní oblohy 36
Kolébání zemské osy odhaluje skryté hvězdy
 - 6 Slunce 42
Ve středu sluneční soustavy
-
- ### Objevy ve sluneční soustavě
- 7 Komety 50
Pobromy, dotecky Slunce a „dámská kometa“
 - 8 Jupiterovy měsíce 54
Galileo tříští křišťálové sféry
 - 9 Fáze Venuše 58
Odbalení podoby Koperníkovy soustavy
 - 10 Uran 62
William Herschel objevuje novou planetu
 - 11 Neptun 66
Planeta objevená s pomocí tužky
 - 12 Asteroidy 70
Pozůstatky raného období sluneční soustavy
 - 13 Pluto 74
*Dlouho hledaná a šťastnou náhodou nalezená planeta.
Planeta, která není planetou.*
 - 14 Kuiperův pás 78
Hranice Sluneční soustavy

- 15 Meteory a meteority 82
Padající obloha
- 16 Meteorické roje 86
Uprostřed noci padaly hvězdy jako déšť
- 17 Zemská magnetosféra 90
Naše ochrana před Sluncem
- 18 Komety 96
Sbluky kosmického prachu, nebo ledové kry?
- 19 Podnebí, roční období a počasí na Zemi 100
Astronomické cykly
- 20 Srážky s meteority 104
Barringer, Tilghman a skutečný původ některých kráterů
- 21 O původu Měsíce 110
Ani syn ani bratr Země
- 22 Merkur 118
Pozdní těžké bombardování
- 23 Skleníkový efekt 122
Venuše a Země
- 24 Mars 126
Umírající planeta
- 25 Voda na Marsu a Europě 130
Důkaz mimozemského života?
- 26 Sopky na Io 136
Náhodný objev Lindy Morabitoové
- 27 Saturn a plynní obři 140
Pánové prstenců

Objev dynamického vesmíru

- 28 Hélium 146
Kosmický prvek
- 29 Gravitace 150
Předurčenost a nabodilost
- 30 Teorie relativity 154
Povaha prostoru a času
- 31 Radiové vlny 158
Nové okno do vesmíru
- 32 Rentgenové záření z vesmíru 162
Vesmír vysokých energií
- 33 Proměnné hvězdy 166
Objev hvězdných soustav





- 34 Sirius B a bílí trpaslíci 170
Objev hvězdných škvarků
- 35 Neutronové hvězdy a pulsary 174
Hvězdy jako majáky
- 36 Černé díry 178
Řešení, které přineslo nové otázky

● Naše Galaxie a hvězdy

- 37 Vzdálenosti hvězd 184
Světlo hvězd je světlo minulosti
- 38 Objev naší Galaxie 188
Hvězdy v ostrovním vesmíru
- 39 Mezihvězdné mlhoviny 192
Hvězdy, molekuly, prach a plyn
- 40 Hvězdokupy 196
Mlhoviny pod drobnobledem
- 41 Supernovy 200
Zdroj hvězdného prachu, z něhož jsme stvořeni
- 42 Supernova 1987A 206
Šelesty a zjevení
- 43 Cefeidy – proměnné hvězdy 210
Tlukot hvězd přeměňuje vesmír
- 44 Exoplanety 214
Cizí světy
- 45 Energie Slunce a hvězd 220
Objev jaderné fúze
- 46 Původ prvků 224
Z čeho se tvoří hvězdy
- 47 Uvnitř Slunce 228
Šum a zvonění
- 48 Krabí mlhovina 234
Pozůstatek po výbuchu supernovy
- 49 Planetární mlhoviny 238
Pobled do tajných míst
- 50 Původ hvězd a planet 242
Sluneční mlhovina a protoplanetární disky
- 51 Mezihvězdný prach 246
Opony z diamantů a grafitu, za nimiž se skrývají další objevy

● Objevy ve vesmíru a jeho galaxiích

- 52 Vodík 252
Nejběžnější prvek ve vesmíru
- 53 Galaxie 256
Eliptické, spirální... a jejich srážky
- 54 Magellanova mračna 262
Nejbližší galaxie
- 55 Kvasary 266
Aktivní galaxie
- 56 Superhmotné černé díry 272
Monstra v jádrech galaxií
- 57 Černá díra v naší Galaxii 276
Spící stvůra
- 58 Záblesky záření gama 280
Nejsilnější exploze od Velkého třesku
- 59 Vývoj vesmíru 284
Minulost, přítomnost a budoucnost
- 60 Reliktní záření 288
Dosvit Velkého třesku
- 61 Tma v noci 292
Cybějící galaxie

● Budoucí objevy

- 62 Temná hmota 298
Dosud neodhalené tajemství
- 63 Temná energie 302
Na prahu velkého objevu
- 64 Gravitační vlny 306
Šepot neutronových hvězd a Velkého třesku
- 65 Život ve vesmíru 310
Jsme sami?
- Slovníček 318
- Další literatura 326
- Poděkování 330

Voda na Marsu a Europě

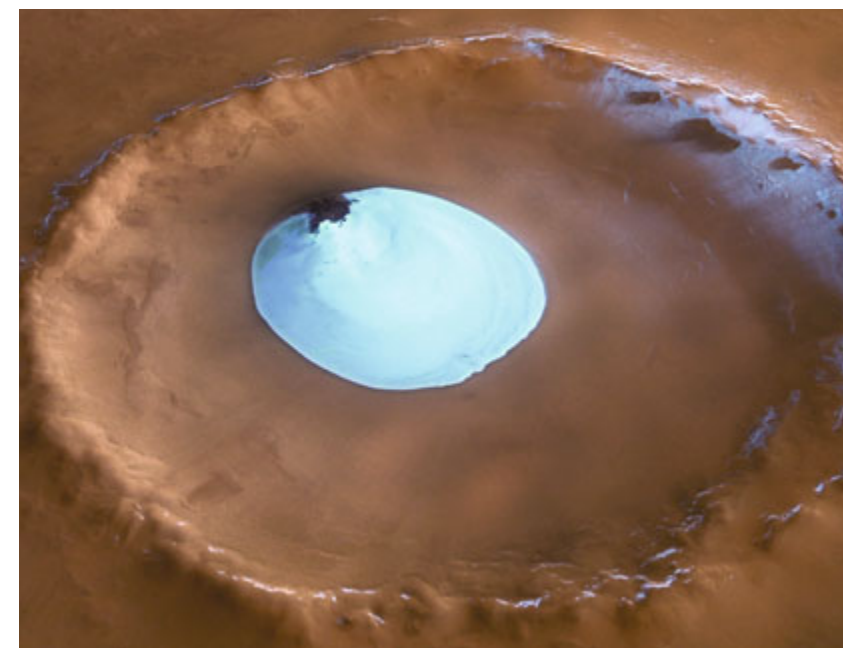
Důkaz mimozemského života?

Voda je hlavní složkou života na Zemi. Kde se ve sluneční soustavě vyskytuje voda, tam je i naděje na nalezení života. Krátery po dopadech meteoritů do bahnitého prostředí, stopy katastrofických povodní, ledovce a koryta utvářená podzemními proudy tekoucí vody – to vše naznačuje, že na Marsu mohl život kdysi existovat. A snad tam existuje i dnes. Mnohem slibnější místo pro nalezení mimozemského života se však ukrývá pod ledovou kůrou jednoho z Jupiterových měsíců, Europy. Ten dokonce obsahuje v souhrnu víc vody než Země.

Když se Mariner 9 v listopadu 1971 přiblížil k Marsu, stal se první družicí, již se podařilo uvést na oběžnou dráhu okolo jiné planety. V tu dobu na Marsu zuřila obrovská prachová bouře a jediné, co mohla sonda pozorovat, byl jižní pól a vrcholky čtyř nejvyšších sopek. Řídící tým na Zemi musel celé dva měsíce čekat, než se atmosféra vyčistila a Mariner mohl začít s fotografováním povrchu. Do října 1972, kdy byla mise ukončena, se na Zemi dostalo celkem na 7 000 snímků.

Úspěch Marineru připravil cestu pro dvě následující mise Viking, které odstartovaly v roce 1975. Každá ze sond se po přiblížení k planetě rozdělila na část, která setrvala na oběžné dráze okolo planety a pořizovala snímky, a přistávací modul. Přistávací moduly Viking pořídily zblízka snímky skalnaté pouště s písečnými dunami a ostrými kameny, jež jsou fragmenty horniny vymrštěnými při dopadech vesmírných těles. Výzkum pokračoval v roce 1997 sondou Mars Pathfinder a v roce 2004 sondami Spirit a Opportunity Rovers, které byly plně mobilní a schopné měnit své působiště. V roce 2007 dosedla na povrch Marsu sonda Phoenix. Mezitím byl detailně zmapován povrch Marsu družicemi na oběžných drahách, Mars Global Surveyor (1997–2006), Mars Odyssey (2001–), Mars Express (2003–) a Mars Reconnaissance Orbiter (2006–).

Povrch Marsu pokrývá spleť mnoha údolí. Některé z nich jsou pozůstatky říčních koryt, které byly součástí marsovského odvodňovacího systému. Na rozdíl od pestré pozemské říční sítě jsou koryta na Marsu hluboká, široká a zcela bez přítoků. Začínají v plné mohutnosti hned u zdroje. Na Marsu je také patrné množství ledovcových útvarů. Chybějící koryta menších toků



1

1 Led na Marsu. Na snímku ze sondy Evropské kosmické kanceláře, Mars Express, je vidět ledová plocha, která se rozprostírá na vyvýšené planině uvnitř nepojmenovaného 35 km širokého kráteru v oblasti Vastitas Borealis poblíž marsovského severního pólu. Jinovatka pokrývá mohutné hradby na okraji kráteru, které vystupují 2 000 m nad jeho dno.

2 Krajina na Marsu. Panoramatický 360° pohled z vozítka Mars Pathfinder. Je vidět množství rozmanitě zabarvených kamenů pocházejících z různých geologických usazenin. V popředí snímku jsou mělké uhlašené prohlubně zasypané půdou a kamením uvolněným při nárazu meteoritu. Na horizontu se vzpínají stěny kráteru zvaného Dvojčata.

2

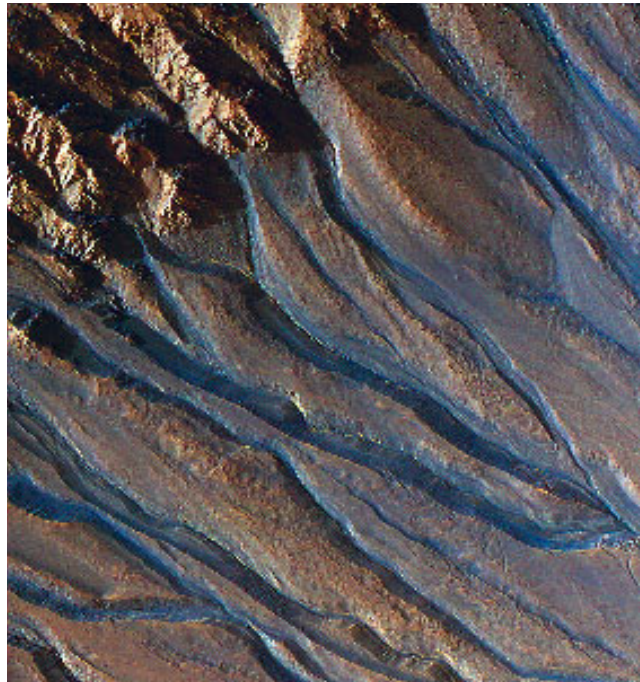
vypovídají o tom, že marsovské řeky nesloužily k odtoku dešťové vody, nicméně povrchovou vodu odváděly. Řeky tekly zprvu pod povrchem, a poté se vynořily zpod ledovců na povrch. Některá údolí vznikla rozmraznutím permafrostu (trvale zmrzlé půdy) v důsledku vyvěrání geotermálních pramenů. Prosakující voda napomohla k narušení a následnému zhroucení pevných struktur zastřešujících podzemní toky.

Kromě řek a podzemních pramenů se na Marsu vyskytovala jezera a moře, která se utvořila v důsledku rozsáhlých povodní trvajících až několik týdnů. Mars Global Surveyor pozoroval několik vyschlých pozůstatků jezer. Zaznamenal také terasovité útesy na vnitřních stěnách kráterů, které zřejmě vznikly soustavným vodním vymíláním. To naznačuje, že některé krátery v minulosti vyplňovala voda. Překvapivým objevem oběžného modulu Viking se stal kráter ozdobený „ostrůvky“ hrdě se tyčícími nad vyprahlou planinou v Ares Vallis v oblasti Chryse Planitia. Kosočtvercový tvar těchto ostrůvků a výška jeho příkrých útesů dosahujících 400 až 600 m nám naznačují, že k jejich zformování došlo při povodni vskutku katastrofických rozměrů. Mars Pathfinder odhalil i další stopy po povodních, jako jsou vodou ohlazené skály a balvany různého složení, které na dnešní místo asi dopravil silný proud.

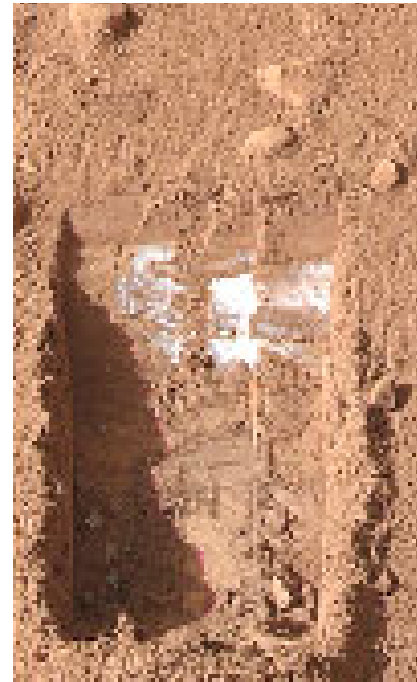
Některé povodně musely dosáhnout hrůzostrašných rozměrů. Když došlo k prolomení přirozené přehrady, protekly oblasti během několika málo dnů statisíce kubických kilometrů vody. Pro srovnání, záplavy na Zemi dosahují jen několika kubických kilometrů. Při největší známé povodni v geologické historii Země se uvolnilo mezi 100 až 1 000 kubických kilometrů vody.

Kde je marsovská voda nyní? Část se nachází v polárních čepičkách, ale mnohem více vody by mohlo být ukryto pod povrchem. Sonda Mars Phoenix Surveyor, která přistála na dosud nejsevernějším místě na Marsu, vyhloubila svým robotickým rypadélkem v chladné půdě sotva pár milimetrů a již našla stopy vodního ledu (obr. 5). Je možné, že větší zásoby ledu leží mnoho metrů hluboko pod povrchem permafrostu.

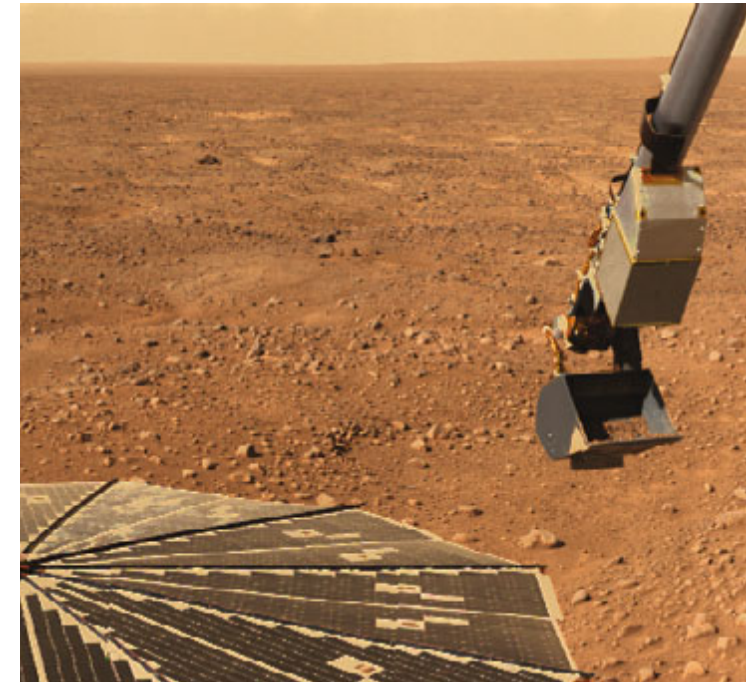
Příležitostně led na Marsu roztává. Některé novější krátery, jako je kráter Yuty, obklopují vnější lalůčky připomínající okvětní lístky. Nic podobného se na Měsíci nebo Merkuru nevyskytuje. Tyto krátery jsou známy jako tzv. „splosh“ krátery, které vznikly dopadem vesmírného tělesa na bahnitý povrch. To je další náznak, že by se pod povrchem Marsu mohl ukrývat vodní led. Ten při dopadu meteoritu roztál a vytvořil bažinu, která následně ztuhla za vzniku pozorovaných geologických útvarů. Také geotermální činnost, tedy teplo uvolňované z planetární kůry, může vyvolat tání ledu. To způsobuje charakteristické zabarvení půdy na okolních útesech.



3
4

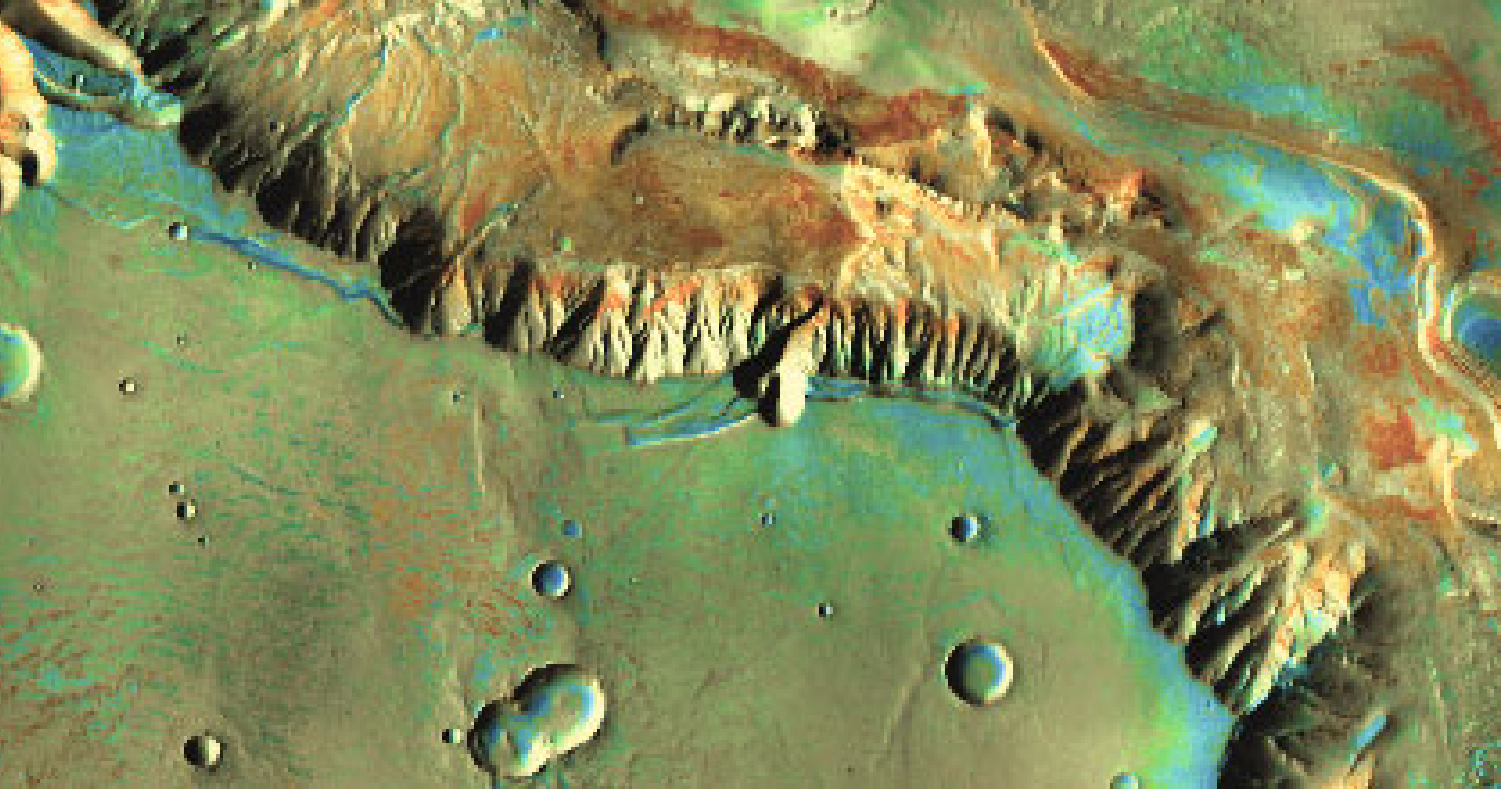


5



6

- 3 Odvodňovací kanály.** Kosmické sondy přinesly první důkazy o tom, že na Marsu kdysi tekla voda. Snímek znázorňuje 160-kilometrový výřez mapy Jižní vrchoviny s odvodňovacími kanály, které již vyschlé pozorovala z oběžné dráhy sonda Mars Reconnaissance Orbiter. Voda tekoucí z vrcholů se slévala do mohutných proudů utvářejících hluboké rokliny.
- 4 Spirit na Manželově kopci.** Na snímku je pojízdné vozítko Spirit na úbočí kopce Husband Hill (Manželův kopec) v dubnu 2005. Husband Hill se nachází v kráteru Gusev. Je to pusté, větrem vymetené místo s kamením, nánosy a písečnými dunami.
- 5 Mizející led.** Jamka vyhloubená rypadélkem sondy Mars Phoenix v červnu 2008 odkryla ledové krystalky. Jakmile byl led z podpovrchových vrstev vystaven působení marsovské tenké atmosféry, jeho část se vypařila během čtyř marťanských dnů (tzv. solů) – srov. snímky vlevo a vpravo.
- 6 Sonda Mars Phoenix.** Rypadélko sondy Mars Phoenix hloubí půdu poblíž severního pólu Marsu a je připraveno odebrat vzorek pro analýzu uvnitř sondy. 31. července 2008 analýza pomocí přístrojů sondy potvrdila přítomnost vody v půdě. Je možné, že mikroorganizmy mohou přežít v marsovské půdě – dostatečně hluboko pod povrchem, kde jsou chráněny před vysušujícím a sterilizujícím účinkem slunečního záru.



7

7 Melas Chasma. Pánev Melas Chasma převyšuje dno kaňonu Vales Marineris o 1 200 metrů. Kdysi byla celá zalitá vodou, o čemž svědčí nánosy půdy z doby, kdy jezero vysychalo. Na obrázku je počítačem upravený snímek ze sondy Mars Odyssey s nepravými barvami zvýrazňujícími povrchové útvary. Jsou zde patrné pokroucené a korozi zabarvené pramínky na úbočí stěn, kde mělo někdejší jezero své břehy.

Přítomnost vody otevírá možnost, že se na Marsu mohl v určitém období minulosti vyvinout život. Na určitých místech planety by dokonce mohl dosud přetrvávat (kap. 65). V této souvislosti stojí za zmínku objev metanu, který od roku 2004 detekují astronomové v marsovské atmosféře pomocí obřích teleskopů na Havajských ostrovech a v Chile a pomocí družice Evropské kosmické agentury Mars Express. Metan se uvolňuje během letního období při tání ledu. Stejný plyn obsažený v zemské atmosféře pochází z vulkanické činnosti, ale také jej produkují bakterie a živočichové. V tuto chvíli by bylo předčasné tvrdit, jakým způsobem se dostává metan do atmosféry Marsu.

Mars není jediným místem ve vesmíru, kde se život mohl zrodit. Dokonce snad není ani tím nejslibnějším místem, kde by lidé mohli pátrat po stopách života. Voda se vyskytuje i na zcela vzdáleném konci sluneční soustavy.

Jupiterův měsíc Europa, který je velký asi jako náš Měsíc, zkoumaly sondy Voyager a Galileo. Tento satelit má pozoruhodně dokonale sférický tvar. Snímky odhalily zvláštní strukturu povrchu, jenž z výšky vypadá jako zvláštní křiklavá dlažba. Pokrývá ho převážně vodní led. Ledové pláně jsou oddělené puklinami,

8 Nedávná vodní aktivita na Marsu. Ke svému údivu odhalili v roce 2004 operátoři mise Mars Global Surveyor změny ve vzhledu jednoho kráteru v pohoří Centaurus ve srovnání se snímky z roku 1999. Sráz na vnitřní straně kráteru byl pokryt světlejším nánosem, jak stékala voda z tajícího ledu po svahu. Patrný je vějíř tvořený čerstvou usazeninou na dně kráteru.

kteří vznikly prasknutím ledové kůry. Održené ledové kry s rozměry velkoměst plují na podpovrchovém oceánu. Starší pukliny se postupně vyhlazují při znovuzamrzání. Přitom dochází ke krystalizaci různých solí, které zbarvují původně bílý led do odstínu červené a hnědé barvy.

Ledový krunýř Evropy může být i více než kilometr mohutný, a je to právě tlak této vrstvy, který spolu s vnitřním teplem udržuje vodu pod ledem v kapalném stavu. V konečném důsledku Europa obsahuje víc vody, než je na Zemi.

Slaný oceán ohříváný pod ledovým krunýřem znamená, že pokud je někde život v naší sluneční soustavě mimo Zemi, pak by mohl být právě na Europě (kap. 65).

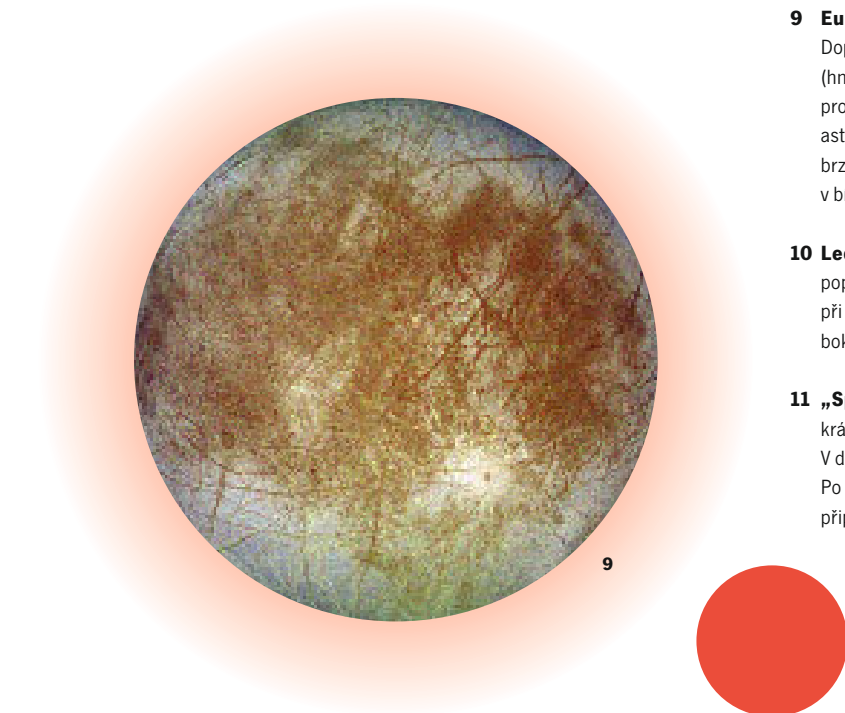


8

9 Europa. Jupiterův měsíc Europa je pokrytý popraskanými ledovými krami. Dopady vesmírných těles a vypařování vodních solí zabarvují ledový povrch (hnědá barva na kontrastně zvýrazněném obrázku). Voda se na povrch prodírá prasklinami v krách ze spodního oceánu. Při srážce s větším asteroidem se může uvolnit a blízké okolí pak zasype čerstvý sněh. Ten však brzy ztrácí svou nápadnou bílou barvu – například kráter Pwyll (tmavá tečka v bílém sněhovém „šplichanci“ nacházejícím se jakoby na pozici 5 hodin).

10 Ledové kry na Europě. Europu pokrývá ledovou krusta, která na místech popraskala v důsledku slapových účinků Jupitera. Nové pukliny se vytváří při každém dalším slapovém dmутi. Zatímco jsou staré bílé kry odstrčeny bokem, nové pukliny opět zamrzají. Tím se postupně rozostřují jejich obrysy.

11 „Splosh“ krátery na Marsu. Yuty je typickým zástupcem tzv. „splosh“ kráterů, které se vytvářejí při dopadu vesmírných těles do zledovatělé půdy. V důsledku srážky půda rychle roztaje a do okolí je vymrštna již jako bahno. Po chvíli bažina opět zamrzá a vytváří charakteristické krajinné útvary, připomínající okvětní lístky slunečnice.



9



10



11



Mezihvězdný prach

Opony z diamantů a grafitu

● Představme si sluneční paprsky prosvítající oknem katedrály. V ostrém proudu světla se vznášejí smítka prachu. Kdybychom dokázali katedrálu uklidit tak, že by v ní zůstalo jen jedno jediné smítko, dosáhla by hustota prachových částic stejné průměrné hodnoty jako v mezihvězdném prostoru. Tam se prachový materiál bohatý na kyslík a uhlík tvoří v supernovách a uvnitř červených obrů. Mezihvězdný prostor vyplňuje látka pocházející z hvězd.

1



2



3

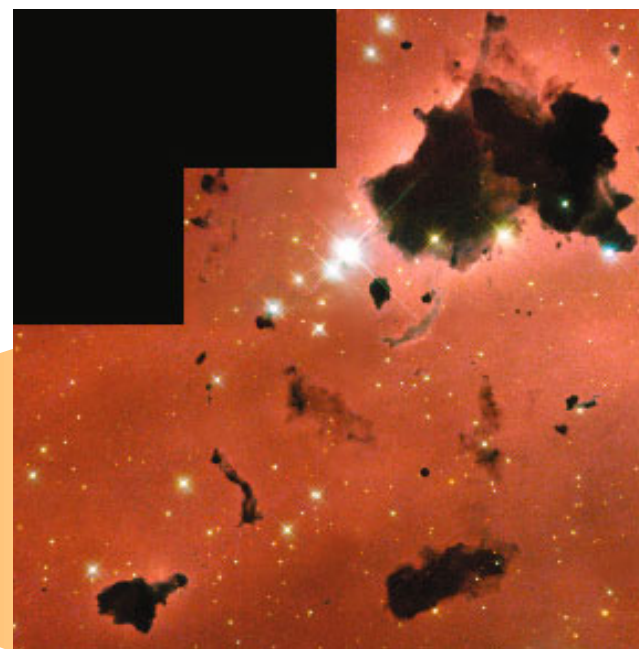
Prachových částic je ve vesmírném prostoru poměrně malé množství. Prostor samotný je však obrovský – počet katedrál, které by se mohly naskládat mezi Zemí a kteroukoli z hvězd, by byl nesmírně velký. Proto se i ojedinělá prachová zrnka mohou podél zorného paprsku nashromáždit a vytvořit zcela neprůhlednou clonu.

V roce 1847 pruský astronom Wilhelm Struve na observatoři v Tartu (dnes Estonsko) přišel jako první s tím, že prostor mezi hvězdami není zcela prázdný. Všiml si, že počet viditelných hvězd v jednotce objemu klesá v Galaxii se vzdáleností od Slunce. Z toho usoudil, že světlo vzdálených hvězd musí být v prostoru něčím pohlcováno – absorbováno. Další důkazy o přítomnosti mezihvězdné látky přinesl v roce 1909 dánský astronom Jacobus

Kapteyn. Objevil, že modřejší hvězdy se na obloze pohybují rychleji než ty načervenalé. Jelikož průměrná vzdálenost rychle se pohybujících hvězd je menší než těch pomalých, Kapteyn odtud dovodil, že světlo vzdálenějších hvězd je načervenalé právě vlivem většího množství mezihvězdného prachu. Podobně jako když prach v nízké zemské atmosféře barví zapadající Slunce do červena. Ke stejnému závěru došel pozorováním hvězdokup v roce 1930 Robert Trumpler z Lickovy observatoře (viz kap. 40), když zjistil, že kupy s malým rozměrem jsou vzdálenější než větší kupy, a navíc jsou slabší, než by odpovídalo jejich vzdálenostem. To je opět způsobeno částečným pohlcením jejich záření v mezihvězdném prachu.

V průběhu prvních dvou desetiletí minulého století americký astronom Edward Emerson Barnard uskutečnil projekt systematického fotografování Mléčné dráhy. Vytvořil atlas, ve kterém pak našel zvláštní tmavé „díry“ na pozadí hvězdných mračen. O jejich existenci astronomové věděli už od dob Williama Herschela a dlouho se domnívali, že se jedná o skutečné prázdné prostory uprostřed rozložení hvězd. Barnard však přišel na to, že jde o „temné objekty, které leží blíže než vzdálené hvězdy“ – temné oblaky neobvykle hustého prachu.

Prachová mračna se soustřeďují směrem k rovině naší Galaxie a způsobují známé rozštěpení Mléčné dráhy podél její středové linie, které pozorujeme ze Země (viz kap. 3). Nejvýraznějších temné mračno se nalézá v souhvězdí Jižního kříže a říká se mu Uhelný pytel. V kultuře jednoho domorodého australského kmenu tuto mlhovinu považují za hlavu pštrosa,



4

1 Mlhovina Severní Amerika (NGC 7000). V popředí této emisní mlhoviny ve tvaru severoamerického kontinentu (na obrázku vlevo) se v místě „Mexického zálivu“ nachází temný oblak, který mlhovinu odděluje od jiné mlhoviny zvané Pelikán (IC 5070 a IC 5067, vpravo). Obě mlhoviny jsou navzájem propojené. Temný oblak leží ve skutečnosti před nimi.

2 Robert Trumpler. Americký astronom narozený ve Švýcarsku, který se proslavil svou prací o hvězdokupách.

3 Edward Barnard. Americký fotograf a později slavný astronom, který využíval fotografii jako nástroj astronomického výzkumu. Podařilo se mu tak učinit řadu objevů. Rovněž sestavil katalog temných mlhovin, dnes známý pod jeho jménem.

4 Thackerayovy globule v emisní mlhovině IC 2944 v souhvězdí Kentaura jsou oblasti tvorby hvězd. Temnou siluetu těchto hustých a neprůhledných mračen mezihvězdného prachu poprvé pozoroval v roce 1950 jihoafrický astronom A. D. Thackeray. Globule jsou v této oblasti neustále narušovány intenzivním ultrafialovým zářením od mladé horké hvězdy. Následkem toho se pravděpodobně rozplynou, takže nedojde k jejich přetvoření v nové hvězdy.



5

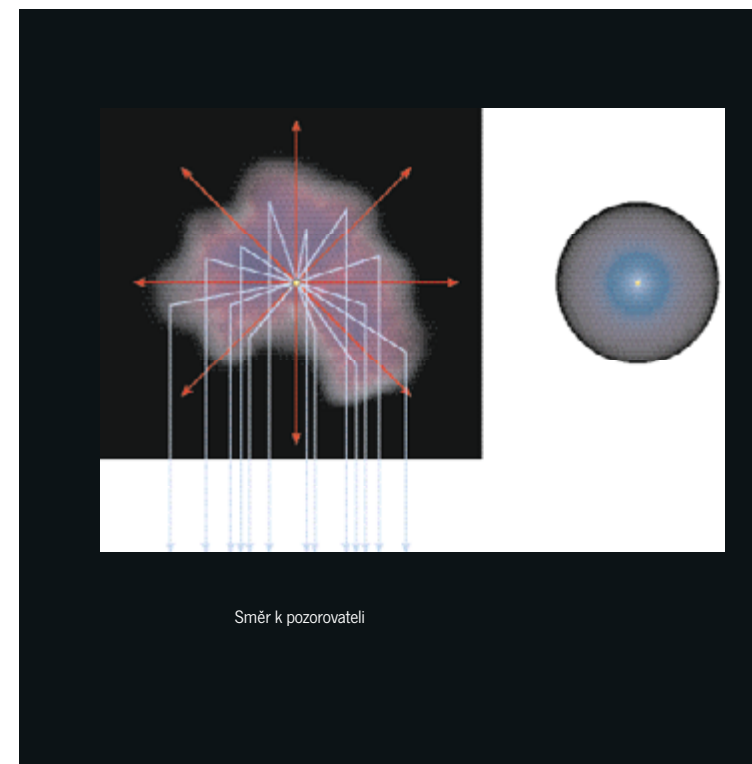
jehož tvar lze rozpoznat v nepravidelné struktuře Mléčné dráhy v oblasti mezi souhvězdími Jižního kříže a Štíra. Jedná se o jediné „suhvězdi“, které netvoří hvězdy, nýbrž temná prachová oblaka.

Zrnka prachu, která se vyskytují blízko jasných hvězd, mohou také odrážet jejich světlo a vytvářet „reflexní mlhoviny“. Nejznámějším příkladem je mlhovina v Plejádách. Hvězdy této otevřené hvězdokupy osvětlují temný oblak, který se vyskytl v jejich blízkosti. Původ této první objevené reflexní mlhoviny objasnil v roce 1913 Vesto Melvin Slipher, tehdejší ředitel Lowellovy observatoře, když při studiu spektra mlhoviny zjistil, že je totožné se spektrem jasných hvězd Plejád.

Sluneční soustava vznikla z mezihvězdného plynu a prachu. Vysoké teploty zničily většinu prachových částic v zárodečné mlhovině, avšak některé meteority (známé jako uhlíkaté chondrity) dodnes obsahují malé částičky s rozdílným složením, než má zbytek meteoritu. Pravděpodobně se jedná o původní mezihvězdná prachová zrna. Tyto částičky poprvé našli v roce 1987 fyzikové z Chicagské univerzity Ed Anders, John Wacker a Tang Ming spolu s fyzikem Washingtonské univerzity Ernem Zinnerem. Z meteoritů se jim podařilo izolovat mezihvězdný diamant a karbid křemíku, a to tak, že zbytek meteoritu rozpustili pomocí kyseliny. O této metodě se někdy mluví jako o „nalezení jehly v kupě sena spálením stohu“.

Sonda Ulysses našla mezihvězdná zrnka ve sluneční soustavě. Na palubě nesla akustické senzory, které detekovaly nárazy jednotlivých částic meziplanetárního prachu. Když sonda v roce 1992 doletěla až za dráhu Jupitera, zaznamenala vyšší než očekávaný počet dopadajících částic. Všechny částice navíc přicházely ze stejného směru a do družice narážely stejnou rychlostí. Ukázalo se, že pocházejí ze stacionárního mezihvězdného prachového mračka, kterým právě prolétává celá sluneční soustava. Do té doby astronomové předpokládali, že se prachová zrna do sluneční soustavy vlivem slunečního větru nemohou dostat. Teď však již víme, že těm větším se to může podařit.

Několik mezihvězdných částiček se podařilo doručit až na Zemi. Sonda Stardust v průběhu let 2000–2004 sbírala pomocí aerogelových panelů částice v meziplanetárním prostoru a v blízkosti komety Wild 2 (čti „Vilt dva“). V lednu roku 2006 pak úspěšně dopravila detektory zpět do Utahu, kde byly zachycené částice analyzovány. Ukázalo se, že většina z nich pochází z komety, ale podařilo se prokázat i zrna meziplanetárního a mezihvězdného původu. Analýza nalezených mezihvězdných částic zjistila drobné diamanty a větší grafitová zrna, pocházející ze supernov, a také částičky karbidu křemíku, oxidu hlinitého, korundu a kyslíčnicku titanu, které vznikají v atmosférách červených obrů ještě předtím, než z nich vzniknou planetární mlhoviny (viz kap. 49).



6

NESMÍRNÉ DÁLKY

Než se člověk začal zabývat hvězdami a nekonečnými prostory mezi nimi, sotva ho napadlo, že ve vesmíru existují věci, které by ho mohly děsit ještě víc než všemožné příšery roztodivných tvarů či dokonce příšery bez jakéhokoli tvaru. Pořídívejte se třeba na ty oblasti temnoty v Mléčné dráze,“ ukázal prstem kamsi nad hlavu ve směru k pokrouceným zákrutám galaxie. „Vidíte tu tajemnou prostoru blízko Labutě? A jižně od rovníku je ještě jedna, daleko pozoruhodnější. Říká se jí až směšně nevhodně, Uhelný pytel. V takových místech se náš zrak snaží proniknout až kamsi daleko za nejslabší záblesky, jaké jsme kdy spatřili.“

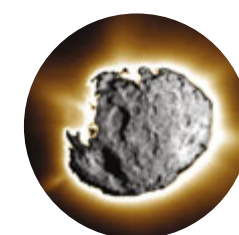
Thomas Hardy, *Dva na věži*, 1882

5 Mlhovina Uhelný pytel (vpravo) je nápadný temný oblak prachu, který zakrývá část jižní Mléčné dráhy. Oblak leží na okraji souhvězdí Jižní kříž (v pravé části snímku).

6 Reflexní mlhovina. Obklopuje-li prachové mračno hvězdu, červená složka jejího světla může uniknout vcelku snadno, zatímco modrá se rozptýlí na zrnech prachu. V důsledku rozptýlení se část modrého světla vydá směrem k nám (vlevo). Mlhovina se proto jeví do modra (vpravo) a přibližně centrována na hvězdu. Okraj může mít červený nádech.

7 Sonda Ulysses se setkává s kometou Hyakutake. Akustické senzory na palubě sondy zaznamenávaly dopad prachových zrn pocházejících z komet, asteroidů a mezihvězdného prostoru.

8 Sonda Stardust měla za úkol prozkoumat prachová zrna komety Wild 2 (i). Vlivem slunečního záření se povrch komety zahřívá a uvolňuje se z něj výtrysky plynu a prachu (ii). K zachycení prachu byly použity panely pokryté lepkavým aerogelem (iii). Zachycené částičky v aerogelu vytvořily stopy (iv). Panely se zachycenými částicemi byly dopraveny zpět na Zemi a podrobeny laboratorní analýze. Takto vypadají prachová zrnka pod mikroskopem (v).



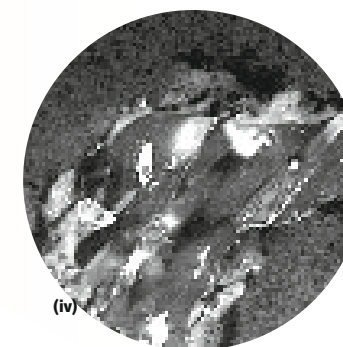
8 (i)



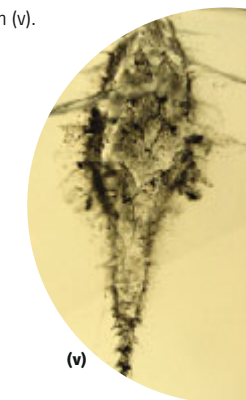
(ii)



(iii)



(iv)

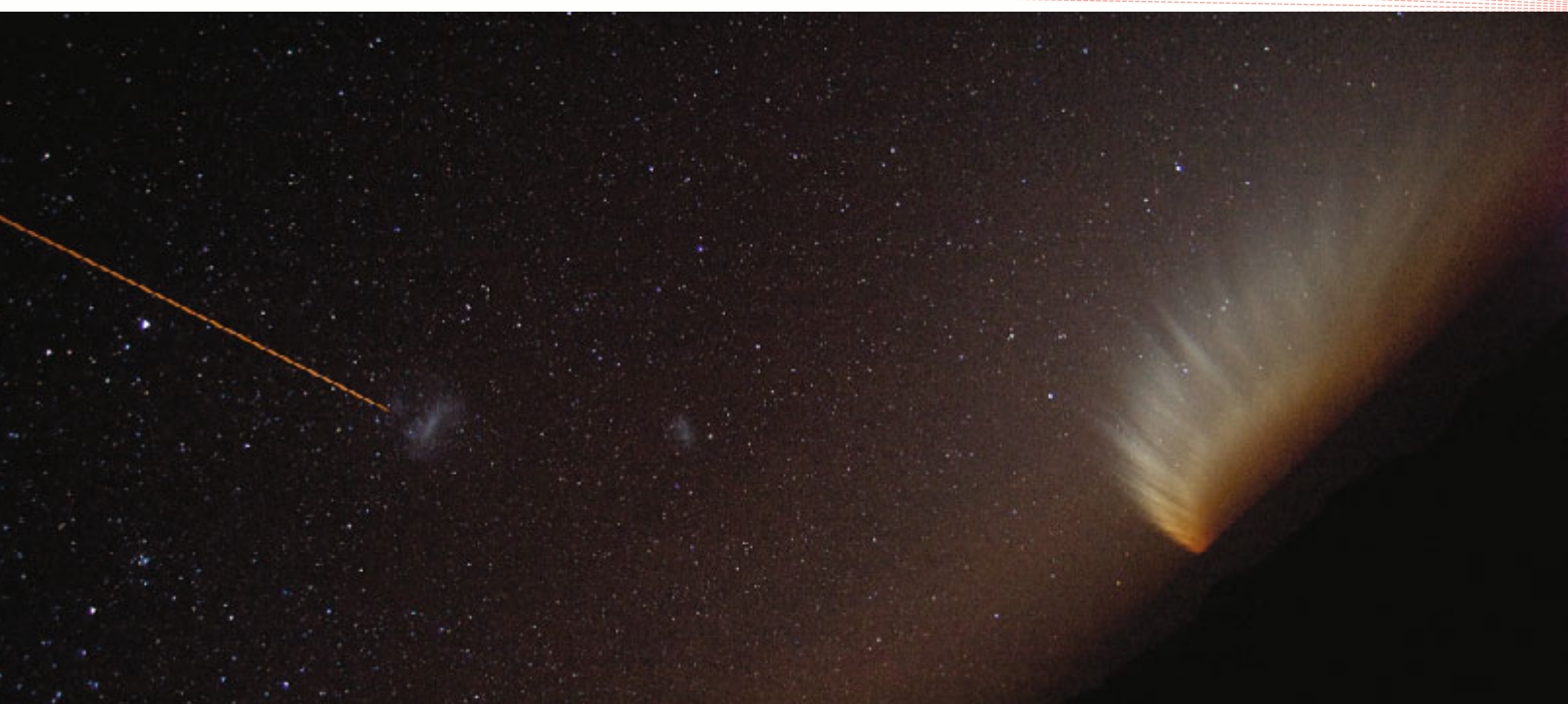


(v)

Magellanova mračna

Nejbližší galaxie

● Silueta Mléčné dráhy se při pohledu z jižní polokoule jeví velmi nepravidelná. Jako by se z ní odtrhly dva kusy, známá Magellanova mračna. Zmínky o nich se objevují už v mytologii mnoha kmenů a národů žijících jižně od rovníku – v Africe, Jižní Americe i v Austrálii. Dnes víme, že tato „oblaka“ jsou ve skutečnosti samostatné blízké galaxie tvořící soustavu společně s naší Galaxií.



2

První písemnou zmínku o Magellanových mračnách lze nalézt v Knize stálic (Book of Fixed Stars) perského astronoma as-Súfího. Velké Magellanovo mračno nazývá Al Bakr – Bílý vůl. As-Súfí píše, že Al Bakr není vidět ze severních arabských států, protože leží příliš blízko jižnímu hvězdnému pólu. Je pozorovatelný teprve z mořské úžiny Badb el Mandeb, což je jižní vyústění Rudého moře do Indického oceánu. Evropané Magellanova mračna prvně spatřili v průběhu raných objevitelských cest do jižních moří. Nazvali je „Oblaka mysu“, odkazující se tak na mys Dobré naděje. Do hvězdných map je roku 1516 zanesl spolu s Jižním křížem italský navigátor Andrea Corsali. Tento dvojité agent vyslaný rodem Medicejských si na tajné portugalské objevitelské misi do Indie poznamenává: „Dva velké oblaky létající nahoru a dolů nad pólem, stále v kruživém pohybu.“

Později historie spojila „Oblaka mysu“ se jménem Fernão de Magalhães e Sousa. Tento neohrožený portugalský kapitán, u nás více známý jako Ferdinand Magellan, velel první výpravě kolem světa (1519–1522). Sám však Oblaka nikdy nespapřil. Byl zabit na Filipínách v průběhu posledních měsíců své cesty. Jeho posádka je však zmiňuje ve svých zápiscích. Magalhãesův navigátor, Ital Antonio Pigafetta, si po překonání průlivu, rovněž dnes zvaného Magalhãesovým jménem, zapsal do deníku: „Jižní obloha není na pohled tak plná hvězd jako severní, neboť je tu mnoho malých hvězd shluknutých do dvou oddělených nejasných oblaků, mezi nimiž svítí jen jedna nebo dvě hvězdy...“ Pro svoji polohu blízko jižnímu nebeskému pólu



3

- 1 Laserový paprsek míří na Velké Magellanovo mračno.** Stanice Paranal, Evropská jižní observatoř. Laser vytváří „umělou hvězdu“, s jejíž pomocí se deformace obrazu způsobené chvěním zemské atmosféry automaticky v reálném čase korigují. Malé Magellanovo mračno je zde též vidět (poblíž středu). Přes horizont se táhne obrovský chvost McNaughtovy komety.
- 2 Středověcí islámští astronomové v istanbulské observatoři Taqi Al-Din's** při práci na ilustraci z roku 1577. Dva astronomové (asi vedoucí) se vpravo nahoře dívají do astrolábů. Čas si odměřují přesýpacími hodinami na stole. Další astronomové používají kvadranty a jiné přístroje. S pomocí kompasů zakreslují údaje do map, seřizují stativ nebo pročítají knihy přinesené z knihovny. Abdurrahmán ibn Umar as-Súfí, jeho kolegové a žáci pravděpodobně sestavili svůj hvězdný katalog v podobné observatoři.
- 3 Magellanova mračna.** První list dopisu (jeho současné kopie) Andrea Corsaliho adresovaném Giulianovi Medicejskému. Obsahuje nejstarší zachovaný náčrt obou Magellanových oblaků. Též prvně označuje Jižní kříž skutečně jako kříž (nahore uprostřed).

byla Magellanova mračna pro mořeplavce užitečnou navigační pomůckou, tak jako Velká medvědice na severní polokouli.

V 17. století byla Magellanova mračna známa více pod svým latinským názvem Nubecula Major a Nubecula Minor (Velké a Malé Magellanovo mračno, zkráceně označované jako LMC a SMC). John Herschel zkoumal obě mračna během své astronomické expedice na mys Dobré naděje v letech 1834–1838. Tvrdil, že vidí proud hvězd, který je spojuje. Objevil a katalogizoval 244 hvězdokup a dvojitých hvězd v Malém Magellanově mračnu a 919 ve Velkém Magellanově mračnu.

Domněnku, že by se mohlo jednat o samostatné galaxie ležící mimo naši Galaxii, vznesl jako první americký astronom Cleveland Abbe. V roce 1867 si všiml, že Mračna vykazují podobnou hustotu mlhovin jako Mléčná dráha. Abbeho hypotéza byla postupně potvrzována studiemi na Boydenově observatoři. Ta byla založena na jižní polokouli Harvardovou observatoří za účelem studia jižní oblohy. Nejprve se nacházela v peruánské Arequipě (1889–1927), později byla přesunuta do jihoafrického Bloemfonteinu. Henrietta Leavittová použila data z těchto observatoří při studiu proměnných hvězd v Magellanových mračnecích a v roce 1908 objevila periodickou změnu jejich jasnosti (kap. 43).

Tyto galaxie patří k nejbližším vesmírným sousedům naší Galaxie – představují dva největší exempláře z přibližně dvou tuctů satelitních galaxií. Na jedné straně jsou od naší Galaxie oddělené, takže je můžeme pozorovat vcelku, a zároveň jsou detailně viditelné díky své relativní blízkosti. To činí z Magellanových mračen neobyčejně důležité objekty. Například v roce 1987, bez jakéhokoli předchozího varování, explodovala ve Velkém Magellanově mračnu supernova 1987A (kap. 42). To umožnilo astronomům podrobně sledovat průběh výbuchu. Vlastnosti původní hvězdy – včetně nesmírně důležité vzdálenosti – znali ještě před explozí samotnou. Byla to historicky první supernova, u níž jsme mohli studovat celý vývoj. Poloha Magellanových mračen blízko jižnímu nebeskému pólu však téměř znemožňuje jejich efektivní pozorování ze severní polokoule. Proto nás neudiví, že se naopak astronomové na jižní polokouli soustředí právě na jejich studium. Pomocí Parkesova rádiového teleskopu v Novém Jižním Walesu objevili P. Wannier, G.T. Wrixon a Don Matheson tzv. Magellanův proud vodíku, který spojuje obě tyto galaxie s naší Galaxií. Oblak vodíku z nich byl vytažen gravitační interakcí během jejich vzájemného obíhání. I kdyby „hvězdný proud“ pozorovaný Herschelem nepřežil ve světle nových poznatků, měl Herschel pravdu, když tvrdil, že Mračna jsou spojená: všechny tři galaxie si vzájemně vyměňují plyn a hvězdy.



4



5



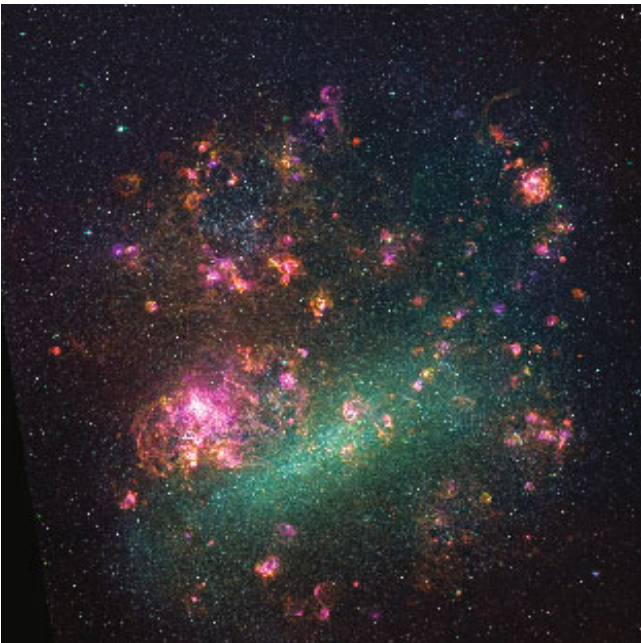
6



8



7



- 4 **Magalhãesova lod' Viktorie**, jejíž posádka pozorovala Magellanova mračna z cípu Jižní Ameriky při své plavbě kolem světa.
- 5 **Fernão de Magalhães** na portrétu ze 16. století (autor neznámý).
- 6 **John Herschel**. Anglický astronom, syn Williama Herschela, soudil, že Mračna jsou navzájem propojena proudem hvězd.
- 7 **Parkesův radioteleskop** v Novém Jižním Walesu.
- 8 **Hvězdokupa NGC 1850** ve Velkém Magellanově mračnu. Je tak blízko, že můžeme celkem snadno rozlišit jednotlivé hvězdy. Rozdíly mezi hvězdami Velkého Magellanova mračna a hvězdami naší Galaxie nám odhalují odlišnosti v jejich vývoji.
- 9 **Velké Magellanovo mračno**. Z „příčky“ hvězd (v dolní polovině obrázku) vystupují dvě řídká ramena červených mlhovin. Jedno směrem vzhůru z levého konce „příčky“, druhé dolů z pravého konce. Velké Magellanovo mračno je tedy spirální galaxií s příčkou.

9

● Astronomové odhadují, že 80 % látky ve vesmíru se ukrývá ve formě nazývané „temná hmota“. Ta není viditelná žádnou v současnosti dostupnou metodou a téměř vše s ní spojené zůstává dosud neodhaleným tajemstvím. Některé vědce to vede až k otázce, zda temná hmota vůbec existuje.



1 Kupa galaxií v souhvězdí Vlasů Bereniky (Coma Cluster). Jedna z nejbližších a nejpočetnějších galaktických kup, která přivedla astronoma Fritze Zwickyho na stopu temné hmoty.

2 Fritz Zwicky. Americký astronom (původem ze Švýcarska), který se pokusil v rámci systému nazývaného „morfologická astronomie“ zaevidovat všechny nebeské objekty. To jej dovedlo až k poznání, že ve vesmíru jako by chybělo velké množství hmoty.

3 Kupa galaxií „Kulka“ (Bullet Cluster, 1E 0657-56) je výsledkem vzájemné srážky dvou kup galaxií. Každá obsahuje množství temné hmoty (modré odstíny). Temná hmota a jednotlivé galaxie prošly skrz sebe jako dvě hejna ryb, zatímco plyn, který obsahovaly, zůstal po srážce na místě mezi oběma kupami.

4 Vera Rubinová. Americká astronomka, která se zabývala rotací galaxií a objevila vliv rozprostřené temné hmoty.

Při pohledu do hlubin vesmíru vidí astronomové nezměrné množství hmoty, která se v podobě hvězd a plynu soustřeďuje v jednotlivých hvězdných ostrovech – galaxiích. Mnoho vodíku a hélia se skrývá rovněž v mohutných plynných oblacích v prostoru mezi galaxiemi. Tento plyn nezáří a neobsahuje většinou ani žádné hvězdy. Jsou to shluky, které se po Velkém třesku neproměnily v galaxie a zůstaly volně v prostoru. Víme o nich jen díky absorpci (pohlcování) ultrafialového záření ze vzdálených kvazarů – světlo kvazarů prochází plynem jako špejle špízem a každý oblak zanechává mezeru ve světelném spektru kvazaru.

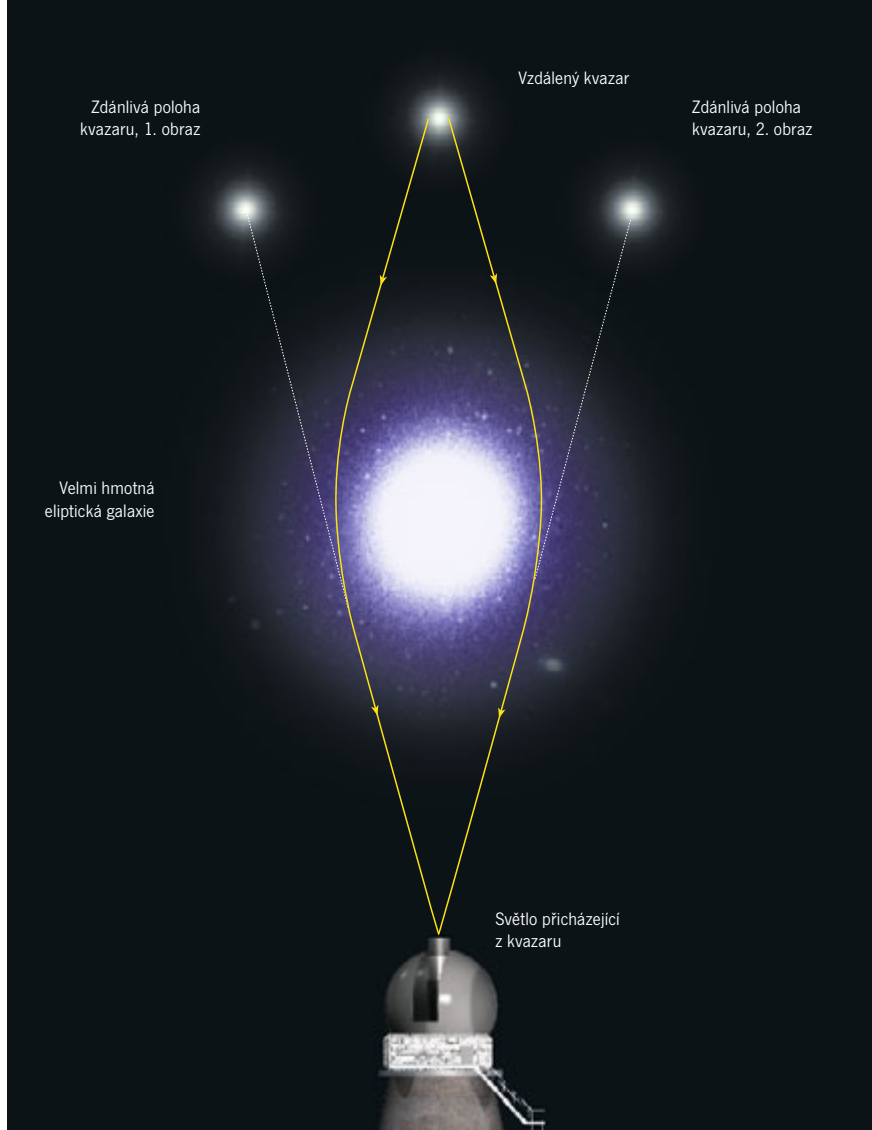
Ve vesmíru je také značné množství hmoty, jejíž přítomnost žádným známým způsobem nedokážeme zaznamenat. Ani prostřednictvím světla, které by vyzařovala, ani tím, že by naopak nějaké záření pohlcovala. Hovoříme o „temné hmotě“.

Tím, kdo temnou hmotu objevil, byl původem švýcarský astronom Fritz Zwicky z Kalifornské techniky. Ve třicátých letech minulého století se rozhodl vypracovat mapu veškerého vesmíru. Za dobrý způsob, jak dát svému plánu počáteční obrysy, považoval změření hmotnosti co největšího množství tehdy známých objektů. V roce 1933 určil hmotnost blízké kupy galaxií v souhvězdí Vlasů Bereniky měřením rychlostí pohybu jednotlivých galaxií v této kupě. Galaxie se pohybovaly daleko rychleji, než Zwicky předpokládal, což naznačovalo, že i celková hmotnost

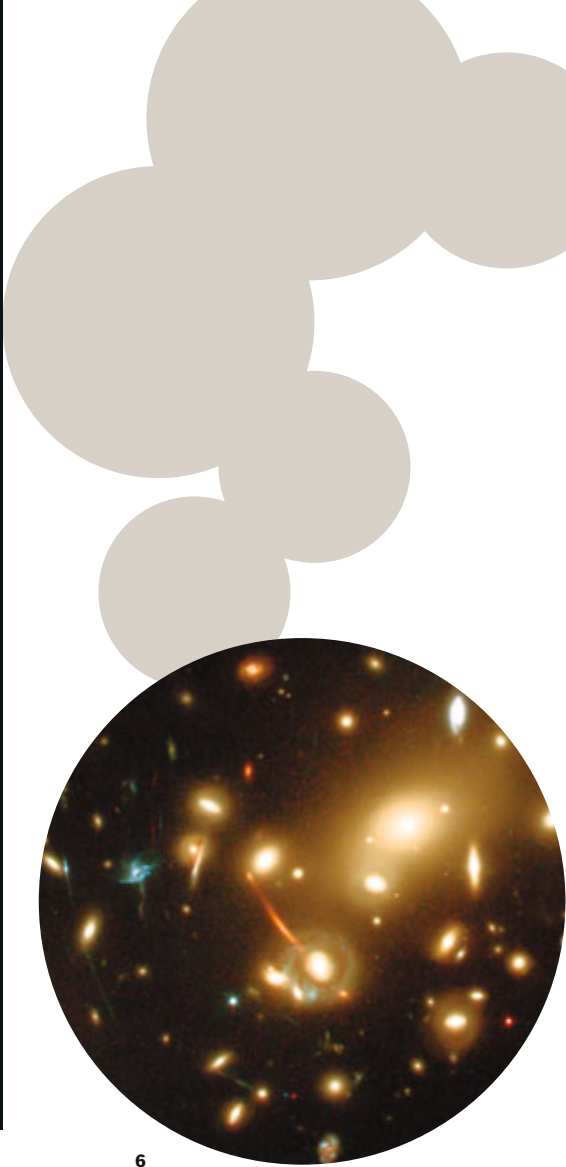
kupy bude mnohem větší, než odhadoval. Z měření pohybů galaxií vycházelo, že se v kupě ukrývá asi 400krát více hmoty, než byla celková hmotnost všech hvězd v kupě určená ze svítivosti jednotlivých galaxií. Zbývajících 399/400 celkové hmotnosti podle jeho slov „někde chybělo“.

Žádný z Zwickyho kolegů v jeho měřeních hmotností kup galaxií a práci na objevu temné hmoty dále nepokračoval – možná proto, že nebylo snadné s ním spolupracovat. Existence temné hmoty však byla potvrzena o čtyřicet let později v menším měřítku, když Vera Rubinová z Carnegieho Institutu ve Washingtonu studovala rotační křivky galaxií. Rubinová získala diplom na Vassarově univerzitě a chtěla pokračovat v Princetonu, ale tam se dozvěděla, že na obor astronomie ženy nepřijímají. Svou kariéru tak udělala na Cornellově univerzitě a na univerzitě v Georgetownu. Pracovala s Kentem Fordem, který vyvinul citlivý spektrograf schopný měřit spektra velice slabých galaxií. Rubinová a Ford použili nový spektrograf k určení toho, jakými rychlostmi ve spirálních galaxiích obíhají hvězdy v různých vzdálenostech od středu. S novým přístrojem dokázali proměřit rychlost rotace i v okrajových částech galaxií, mnohem dále od středu, než to bylo do té doby možné.

Očekávali, že se hvězdy v okrajových částech spirální galaxie budou pohybovat pomaleji než hvězdy blíže ke středu, protože



5



6

Temná hmota

většina hvězd (a tedy většina hmoty) se soustřeďuje v centrálních částech galaxie. Je to stejné, jako ve sluneční soustavě, kde vzdálenější planety obíhají Slunce pomaleji než planety bližší. Rubinová s Fordem objevili, že ve skutečnosti se v každé spirální galaxii pohybují vzdálenější hvězdy prakticky stejně rychle jako hvězdy bližší. To znamená, že galaxie musejí obsahovat množství další hmoty, která není vidět, a to zejména ve vnějších oblastech, kde svítí jen málo hvězd. Typická spirální galaxie obsahuje takto „navíc“ až desetinásobek hmoty viditelné ve formě hvězd. Během roku 1975 začala být Rubinová přesvědčena, že „...to, co vidíme jako spirální galaxie, není tím, čím ve skutečnosti jsou“. Přestože se zpočátku setkávala s nedůvěrou, důkazů pro její tvrzení postupně přibývalo, zejména s konstrukcí přístrojů, jako je například rádioteleskop ve Westerborku v Nizozemí, který měří rotaci volného vodíkového plynu v galaxiích.

V roce 1937 přišel Zwicky s novou metodou na určování hmotnosti galaxií. Pokud náhodou leží nějaká velká galaxie ve směru pohledu na jinou, hodně vzdálenou galaxii, chová se jako „gravitační čočka“. Podle Einsteinovy teorie relativity (kap. 31) zakřivuje gravitační působení galaxie okolní prostor, a tím zvětšuje, deformuje a mění zdánlivou polohu obrazu vzdálené galaxie. Zwicky navrhl, že tento jev je možné využít k určení hmotnosti mezilehlé galaxie. Avšak objevu první gravitační čočky se již nedožil. Ta byla zaznamenána v roce 1979 Dennisem Walschem, Bobem Carswellem a Rayem

Weymannem, kteří hledali malým dalekohledem na observatoři Kitt Peak optické protějšky rádiových pozorování kvazarů. Přitom objevili dvojici stejných kvazarů ležících hned vedle sebe – ve skutečnosti šlo o dva obrazy jediného kvazaru vytvořené gravitační čočkou. Od té doby bylo nalezeno mnoho dalších příkladů gravitačních čoček vytvářených galaktickými kupami. S jejich pomocí tak byla naplněna Zwickyho myšlenka o měření hmotností kup.

Dnes odhadujeme, že 5 % veškeré hmoty vesmíru tvoří hvězdy, 15 % je obsaženo v oblacích mezigalaktického plynu a zbývajících 80 % je skryto v temné hmotě. Podstatu temné hmoty zatím neznáme. Mohl by to být nějaký nový, dosud neobjevený druh těžké elementární částice – různé možnosti jsou známy pod názvy jako „axion“ nebo „WIMP“ (slabě interagující těžké částice). Laboratorní experimenty, které mají za úkol takové částice nalézt, v současnosti probíhají a mohou nám přinést nové důležité objevy. Pokud se temnou hmotu skutečně podaří objevit v laboratoři, bude to srovnatelné s objevem hélia (kap. 29), kdy byla jedna ze základních složek hmoty nejprve nalezena ve vesmíru a teprve posléze i na Zemi. Pokud by se temnou hmotu nalézt nepodařilo, někteří astronomové jsou toho názoru, že musí být něco špatně s naší teorií gravitace a z ní odvozenými závěry, nebo že temná hmota je prostě jen obyčejnou hmotou, která je v nějaké obtížně pozorovatelné podobě. Bud' jak bud', alespoň víme, že na své odhalení čeká jedno hluboké tajemství.



7

- 5 Gravitační čočka.** Pokud je vzdálená galaxie nebo kvazar shodou okolností na jedné přímce s jinou hmotnou galaxií a se Zemí, pak mezilehlá galaxie ohýbá svou gravitací světelné paprsky přicházející od vzdáleného zdroje. Podobně jako čočka tím mění polohu zdroje na obloze a násobí jeho jas.
- 6 Abell 2218.** Kupa galaxií, která působí jako silná čočka. Zvětšuje a deformuje obrazy všech galaxií ležících za ní. Obrazy galaxií v pozadí (oranžové pruhy) jsou čočkou nataženy a prohnuty. Mohou se také znásobit do podoby oblouků okolo středu masivní galaktické kupy.
- 7 Rádioteleskop** ve Westerborku v Nizozemí tvořený soustavou 14 antén umístěných v řadě za sebou.
- 8 Důl Boulby.** Temnou hmotu patrně z větší části tvoří zatím neznámé neutrální těžké částice zvané „neutralina“ nebo „WIMPy“. Pokud je tomu opravdu tak, mohly by být tyto částice odhaleny pomocí experimentů zaměřených na sledování vzácných srážek částic temné hmoty s běžnou pozemskou hmotou. Detektory, jako je tento v dole Boulby na okraji Yorkshirských močálů v Anglii, pracují hluboko pod zemí. Neproniknutelná vrstva skály je chrání před energetickými kosmickými částicemi, jež bez ustání bombardují zemský povrch.



8