



# 11. Vesmír a člověk

Se značným úsilím hledají biologové, astronomové, chemici, geologové, odborníci na počítače i v jiných oborech odpovědi na otázky vztahu člověka a Vesmíru. Podle antropického principu, kterému část vědců věří, byl vznik života ve Vesmíru předurčen už v prvých okamžicích času. Tehdy bylo jen kvarkové-gluonové plazma – stavební materiál – z něhož čtyři interakce (silná, gravitační, elektromagnetická a slabá) vybudovaly systémy dnešního uspořádaného kosmu. Jsme částí Vesmíru a článkem jeho vývoje trvajícího 13,8 miliard roků. Jako bytosti vybavené abstraktním myšlením se považujeme za poslední vývojový stupeň života. Přesněji řečeno: „života na Zemi, modrém kosmickém prášku u hvězdy zvané Slunce“. Připomeňme si v této části stručně náš vztah k Vesmíru.

## Jsme částka Vesmíru

1. Materiál pro výstavbu našeho těla poskytuje Země. Půjčuje nám atomy ve formě potravy. Po dokončení života jí je vrátíme. Země tyto atomy dostala při svém vzniku ze sluneční mlhoviny před 4 a půl miliardami roků. A sluneční mlhovina je dostala při výbuchu obří supernovy před sedmi miliardami roků. Sama supernova je vytvořila z elementárních částic při nesmírném žáru mnoha miliard stupňů. Jsme tedy potomci dávné supernovy.
2. Pro budování a život potřebuje náš organizmus neustále energii. Měření ukazují, že potřebuje tolik energie jako stowattová, neustále zapnutá žárovka. Tu potřebnou energii dostává od Slunce. Ne přímo, ale pomocí zelených rostlin. Záračným procesem (nazývaným *fotosyntéza*) zelené rostliny zachytávají sluneční záření a vytvářejí složité molekuly (například cukry a škroby) bohaté na energii. Přitom uvolňují kyslík. Uskladněnou energii (například v ovoci, obilí, zelenině) přijímá náš organizmus v potravě a uvolňuje ji oksyličováním. Dýchání je opačný proces k fotosyntéze.
3. Vývoj Vesmíru probíhal po 14 miliard roků takovým podivuhodným způsobem, že všechny události směřovaly ke vzniku života na jedné z planet ve Sluneční soustavě. Tomu účelnému dění ve Vesmíru se odborně říká antropický princip (řecké *anthropos* znamená člověk).
4. Není důvodu, proč by život nemohl také vzniknout i na planetách u jiných hvězd – pokud jsou tam příznivé teplotní podmínky a voda. Protože některé planetární soustavy u jiných hvězd jsou o několik miliard roků starší než naše Sluneční soustava, je docela možné, že vývoj života tam pokročil dál než zde na Zemi. Mohli bychom se od nich mnohemu přiučit.

## Jsme článkem v dějinách Vesmíru

1. Dějiny Vesmíru jsou postupným vytvářením věcí (systémů) z elementárních částic. Mohli bychom říci, že vývoj Vesmíru je postupné formování hmoty. Počáteční beztvářá velmi žhavá hmota byla postupně formována (tj. uspořádávána) do složitějších systémů: atomů, molekul, galaxií, hvězd, planet, živých organizmů na planetách... Kdo byli ti stavitelé, kteří formovali hmotu – čili vytvářeli systémy elementárních částic – od atomového jádra až po galaxie? Nazývají se interakce čili síly mezi elementárními částicemi. Jsou čtyři – *jaderná (silná)*, která přitahuje částice v atomovém jádru, *elektrická*, která přitahuje elektrony k protonům, *gravitace*, která je sice ze všech nejslabší, ale přitahuje k sobě všechny částice i na obrovské vzdálenosti a *slabá*, která je zodpovědná za některé rozpady a přeměny částic.
2. Podle dnešního názoru náš Vesmír není věčný, ale vznikl přibližně před čtrnácti miliardami roků nesmírně rychlým výbuchem. Tomu výbuchu se říká *Big Bang* nebo česky Velký třesk. Zlomek sekundy po výbuchu byl Vesmír velice jednoduchý, byla to nesmírně žhavá tláčenice gama fotonů, mezi kterými sem tam zběsile pobíhaly elementární částice (protony, neutrony a elektrony). V prvním období (tzv. zářivém) bylo hlavním činitelem záření. Trvalo 400 tisíc roků.
3. Když byl Vesmír starý 400 tisíc roků, elektrická přitažlivost spojila elektrony s protony, Vznikly tak vodíkové atomy s elektronovým obalem. Z Vesmíru při tom zmizely volné elektrony, které se projevovaly jako „kosmická mlha. Vesmír se stal průhledným. V této době byl ve Vesmíru jen vodík (s trochou hélia a nepatrným množstvím několika dalších lehkých prvků). Nebyly zde žádné těžké prvky, nebyly hvězdy ani planety.
4. Potom přišla na řadu gravitační síla, působící mezi hmotnými částicemi. Proto se doba po 400 000 létech nazývá hmotné období Vesmíru. Gravitační přitažlivost počala po roce 400 000 shlukovat vodíkové (a héliové) atomy do galaxií a hvězd. Trvalo jí to 400 milionů roků, než vytvořila první galaxie a v nich hvězdy. To byla první generace hvězd, složená jen z vodíku a hélia.
5. Po celých 400 milionů roků byl Vesmír bez světla, do doby, než se rozzářily první hvězdy. Tomuto období se říká kosmické temno (temný věk Vesmíru).
6. V nitru první generace hvězd – za teplot mnoha milionů stupňů – jaderná síla spojovala protony a postupně vytvářela atomy všech prvků. Obří hvězdy končí svůj život katastrofickým výbuchem, který se nazývá supernova. Při výbuchu supernovy se atomy dostanou z nitra zanikající hvězdy ven, do prostoru mezi hvězdami. Tam se smíchají s oblaky vodíku a hélia a vytvoří se mlhovina obohacená o všechny prvky, které znají chemici.

7. Pro nás byla životně důležitá jedna z tisíců mlhovin v naší Galaxii. Té mlhovině říkáme Sluneční mlhovina. Vznikla po výbuchu obrovské supernovy před sedmi miliardami roků. Po dvou miliardách roků (tedy před pěti miliardami roků) ji počala stlačovat vzájemná gravitační přitažlivost jejích atomů. Stlačováním se mlhovina zahřívala a v jejím středu vznikalo Slunce.
8. Kolem rodícího se Slunce se otáčel disk plynů a prachu. Říkáme mu protoplanetární disk, neboť z něho gravitace vytvářela planety – včetně naší Země. Stalo se tak před čtyřmi a půl miliardami roků. Připomeňme si, že i v dnešním Vesmíru je mnoho protoplanetárních disků, z nichž gravitace vytváří planety kolem hvězd. Jen ve Velké mlhovině v souhvězdí Orionu jich objevil Hubbleův dalekohled přes 150. Naše Sluneční soustava je zcela obyčejným výtvozem Vesmíru. Je proto nepochopitelné, proč se někteří pozemšťané považují za pány tvorstva.
9. O tom, co se dalo po vzniku planety Země, vypráví geologie. Vznik a vývoj života na Zemi je předmětem paleontologie a o dalším vývoji člověka se dovíme v antropologii.
10. Naše časová osa znázorňuje události ve Vesmíru. Na jejím konci je člověk. Tím však vývoj Vesmíru nekončí. Vznikají nové galaxie, v nich se rodí hvězdy s planetami a pravděpodobně by i tam mohl vzniknout život. Možná inteligentní život, kde člověk člověku je bratrem a inteligence slouží jen k rozvoji života a ne k jeho ničení.
11. Astronomové naslouchají na rádiových vlnách mnoha planetárním soustavám, zda se odněkud neozvou inteligentní bytosti. Pokud se tak stane, bude to velká událost v dějinách člověka.

*Lidé jsou stvořeni k tomu,  
aby se obdivovali Vesmíru a přemýšleli o něm.  
Oni sami nedosahují této vrcholné dokonalosti,  
ale jsou součástí této dokonalosti.*

(Marcus Tullius Cicero)

## 11.1 Úvod

*Jaký je vztah člověka k Vesmíru? Lidstvo hledá po generace odpovědi na mnoho otázek. Kdo je vůbec člověk? Kde se ve Vesmíru nacházíme? V které části jeho existence žijeme? A proč vůbec? Jaká je naše role ve Vesmíru? Oproti Vesmíru jsme jen nepatrnou částičkou a malým článkem vývoje Vesmíru. Přesto vynakládáme nemalé prostředky, abychom zjistili, jaký je náš vesmírný domov a odhalili naši úlohu v tomto světě.*

## 11.2 ① Jak poznáváme Vesmír?

*Jako první se vyvinula vizuální astronomie, která využívá k pozorování Vesmíru světlo. Po dlouhou dobu to byl jediný zdroj našich informací o vzdáleném Vesmíru. Ve 30. letech 20. století vznikla radioastronomie. Dnes sledují Vesmír na rádiových vlnách obří radio-teleskopické sítě. Světelné a rádiové vlny procházejí naší atmosférou. V ostatních oborech elektromagnetického spektra musíme Vesmír sledovat z kosmického prostoru. Za pomoci důmyslných vesmírných observatoří dnes pozorujeme Vesmír v infračerveném, ultrafialovém, rentgenovém i gama oboru. Tím naše možnosti ale nekončí. Do blízkého Vesmíru jsme schopni vyslat sondy, které zkoumají tělesa Sluneční soustavy přímo na místě. Umíme zachytit neutrína ze vzdálených zdrojů, snažíme se polapit gravitační vlny. Možnosti poznávání Vesmíru se s každou nastupující generací dramaticky zvětšují.*

**Radioastronomie** (rádiová astronomie) je moderní obor astronomie, který studuje Vesmír pomocí rádiového záření. Podle způsobu výzkumu se dělí na: (a) *pasivní radioastronomii*, která rádiové vlny z Vesmíru pouze přijímá. Studuje nejen Sluneční soustavu, ale i vzdálený a nejvzdálenější Vesmír (rádiové záření hvězd, mlhovin, zbytků supernov, planetárních mlhovin, obřích molekulárních oblaků, galaxií a kvazarů); (b) *aktivní radioastronomii*, která pomocí radaru vysílá rádiové vlny a po odrazu od nebeského tělesa je přijímá a studuje. Její výzkum je omezen na Sluneční soustavu (polární záře, meteorů, ionosféra, Měsíc, Merkur, Venuše a Slunce).

Podle studovaného objektu se radioastronomie člení na meteorickou, planetární, sluneční, galaktickou a extragalaktickou. Podle umístění přístrojů je radioastronomie buď pozemská, nebo kosmická (z družic a kosmických sond). Pozemská radioastronomie je omezena propustností atmosféry na vlnové délky delší než 1 mm (kmitočty nižší než 300 GHz) a kratší než 10 m (kmitočty vyšší než 30 MHz). Vlny kratší než milimetrové pohlcuje z větší části vodní pára v atmosféře a vlny delší než 10 m se odrážejí v ionosféře zpět do kosmického prostoru. Pozorovací přístroje je nutné vynést nad ionosféru. Pozorování z kosmu dala vznik dlouhovlnné radioastronomii (nízkofrekvenční radioastronomii).

Základními přístroji radioastronomie jsou rádiové teleskopy, rádiové interferometry, spektrografy a radary. Oblasti oblohy, které jsou v rádiovém záření jasnější než okolní obloha, nazýváme rádiové zdroje.

Vznik radioastronomie spadá do počátku 30. let 20. století. Americký inženýr s českými kořeny Karl Jansky (1905–1950) tehdy hledal původ rádiového šumu (tzv. *atmosfériků*), který rušil krátkovlnné spojení mezi loďmi a pobřežím. Zjistil, že zdrojem je střed Galaxie. Objev byl publikován v New York Times v roce 1932, ale zůstal bez povšimnutí až do druhé světové války. Angličtí odborníci zjistili, že intenzivním

zdrojem rádiového záření je také Slunce. Dnes se stalo rádiové Slunce důležitým předmětem radioastronomie.

**Neutrinová astronomie** (neutrino – viz také snímky 2.25, 4.13, 9.17) využívá ke sledování Vesmíru neutrin. Neutrino jsou leptony, které nemají elektrický náboj. Neinteragují ani silně ani elektromagneticky, proto látkou většinou procházejí. Neutrino známe ve třech provedeních – elektronová, mionová a tauonová. Alespoň jedno z neutrin má nenulovou klidovou hmotnost, a proto dochází k tzv. oscilacím neutrin, samovolné přeměně mezi jednotlivými typy. Neutrino dnes umožňují zkoumat nitro Slunce, exploze supernov, procesy v nitru Země a další fyzikální jevy.

**Elektronové neutrino** je částice patřící mezi leptony, vzniká spolu s pozitronem při slabých rozpadech. Jde o částici velmi malé hmotnosti, která interaguje s hmotou jen slabou interakcí, snadno proto hmotou proniká. Jeho existenci předpověděl Wolfgang Pauli v roce 1930 na základě analýzy beta rozpadu. Název neutrino mu dal Enrico Fermi po objevu neutronu v roce 1932 (v italštině znamená neutrino malý neutron). Jeho existence byla potvrzena v roce 1956 v jaderné elektrárně Savannah River v Jižní Karolíně (Frederick Reines, Clyde Cowan).

**Mionové neutrino** doprovází při slabých rozpadech mion (těžký elektron). Má podobné vlastnosti jako neutrino elektronové. Mionové neutrino objevili Leon Lederman, Melvin Schwartz a Jack Steinberger v roce 1962 na urychlovači v Brookhavenu (Long Island, USA). Za tento objev obdrželi Nobelovu cenu za fyziku pro rok 1988.

**Tauonové neutrino** doprovází tauon (supertěžký elektron) při slabých procesech. Bylo objeveno v laboratoři Fermilab v roce 1999 v experimentu DONUT (Do Nu Tau). Z objevitelského týmu jmenujme Philipa Yagera a Vittoria Paoloneho.

## 11.3 Elektromagnetické vlny – zdroj informací

*Fotony záření přinášejí základní informace nejen o našem okolí, ale o celém Vesmíru vůbec. Světlo bylo po staletí našim jediným zdrojem informací o okolním světě. Základem našeho poznávání Vesmíru je světelný obraz, který dokáže zpracovat lidské oko. Ostatní obrazy, například gama, rentgenový, ultrafialový, infračervený, submilimetrový, mikrovlnný, rádiový nebo neutrinový, je nutno nejprve změnit na světelný obor. Takové snímky jsou v nepravých barvách.*

Co měří astronomické přístroje? Nejde jen o to zaznamenat světelný obraz, ale je potřeba z něho získat co nejvíce informací. Nejčastěji se určuje směr, jasnost, spektrum a polarizace světla.

**Směr**, odkud fotony přicházejí, umožní zjistit polohu světelného zdroje. Protože s námi Země obíhá kolem Slunce, hvězdy opisují na obloze malou elipsu, tím menší, čím je hvězda vzdálenější. Z velikosti této elipsy lze dopočítat vzdálenost blízkých hvězd. Tento obor se nazývá *astrometrie*.

**Jasnost** objektu (hvězdy) je dána množstvím fotonů a jejich kmitočtem. Tento obor se nazývá *fotometrie*. Pokud známe i vzdálenost objektu, můžeme odhadnout vyzařovaný výkon.

**Spektrum** objektu (hvězdy) je podíl fotonů různých barev na jasnosti hvězdy. Tento obor se nazývá *spektrofotometrie*. Umožní určit teplotu objektu, chemické složení, radiální pohyb, magnetické pole i další parametry.

**Polarizace** je směr kmitání fotonů. Zabývá se jím *polarimetrie*. Ze stočení roviny polarizace je někdy možné určit magnetické pole a z polarizace reliktního záření je například možné odhadnout období vzniku prvních hvězd ve Vesmíru.

## 11.4 Ze Země – dalekohledy

*Pozorování Vesmíru pozemskými dalekohledy se nám dnes zdá samozřejmostí. Poprvé se na oblohu podíval dalekohledem Galileo Galilei v roce 1609. Šlo o malý dalekohled, neporovnatelný s dnešními obřími přístroji. V prvních dvou třetinách 20. století byl ikonou pozorovací astronomie Haleův dalekohled se zrcadlem o průměru 5 metrů. K největším přístrojům dneška patří Velmi velký dalekohled, anglicky Very Large Telescope, astronomové ho znají pod zkratkou VLT a říkají mu „vé-el-téčko“. Nachází se v chilské poušti Atacama. Jde o čtveřici dalekohledů se souvislými zrcadly, každé z nich má průměr přes 8 metrů. V současnosti se začíná stavba obřího dalekohledu, který se nazývá E-ELT neboli Extra velký evropský dalekohled. Jeho primární zrcadlo bude mít průměr 39 metrů a bude složeno ze 798 segmentů. Dalekohled vyroste na Cerro Armazones v Chile v nadmořské výšce 3060 metrů. Do provozu by měl být uveden po roce 2020. Předpokládá se, že půjde o skutečnou revoluci v pozorovací technice. Dalším ambiciózním projektem je Obří Magellanův dalekohled, který by měl být složen ze sedmi zrcadel o průměru 8,4 metru. Takový přístroj by se choval jako jediné zrcadlo o průměru 25 metrů. Stavba by měla být dokončena v polovině 20. let 21. století.*

**Haleův dalekohled** je pětimetrový přístroj na Mount Palomaru v Jižní Kalifornii. Je pojmenován po americkém slunečním astronomovi Georgi Ellery Haleovi. Přístroj byl uveden do provozu v roce 1948. Nebyl vybaven adaptivní optikou a neklid atmosféry silně snižoval jeho rozlišovací schopnost.

**Velmi velký dalekohled** (VLT, *Very Large Telescope*) – viz snímek 1.26.

**Obří Magellanův dalekohled** (GMT, *Giant Magellan Telescope*) je přístroj, který se bude stavět v chilské poušti Atacama, v lokalitě Cerro Las Campanas (nadmořská výška 2 550 m), kde je 300 čistých pozorovacích nocí v roce. Bude ho tvořit sedm zrcadel o průměru 8,4 m umístěných na jediné montáži. Celková sběrná plocha bude odpovídat jedinému dalekohledu o průměru 25 metrů. Dalekohled je pojmenován po portugalském mořeplavci a objeviteli Ferdinandu Magellanovi.

**Evropský extrémně velký dalekohled** (E-ELT, *European Extremely Large Telescope*) je zatím největším realistickým projektem dalekohledu, který má být postaven v lokalitě Cerro Armazones v Chile, v nadmořské výšce 3060 metrů. Zrcadlo bude mít průměr 39 metrů a bude složeno ze 798 šestiúhelníkových segmentů o šířce 1,4 metry. Sekundární zrcadlo bude mít průměr 4 metry. Kupole má mít výšku 90 metrů a šířku také 90 metrů. Se zprovozněním se počítá na počátku 20. let 21. století.

**Aktivní optika** je způsob korekce nízkofrekvenčních (0,03 Hz a nižších) deformací primárního zrcadla. Poprvé byl systém aktivní optiky vyvinut a použit pro dalekohled NTT (*New Technology Telescope*) o průměru 3,5 metru, který patří ESO a je umístěn na hoře La Silla. Aktivní optika by měla eliminovat především tyto jevy: stálé výrobní vady, tepelné deformace způsobené teplotním gradientem, kompenzace vlastního průhybu zrcadla způsobeného gravitací, kompenzace nízkofrekvenční složky deformace zrcadla způsobené větrem a změny způsobené přechodem mezi Nasmythovým a Cassegrainovým ohniskem. Dnes je nedílnou součástí všech velkých dalekohledů.

**Adaptivní optika** slouží ke korekci vysokofrekvenčních změn obrazu způsobených zejména turbulencí atmosféry (až 1 000 korekcí za sekundu). Korekce se provádí počítačem řízenými posuny a deformacemi pomocných zrcátek. K vyhodnocení aktuálního tvaru vlnoplochy slouží referenční hvězda, která se musí nacházet v blízkosti pozorovaného objektu. Asi v 1 % případů lze využít přirozenou hvězdu (NGS – *Natural Guide Star*). Většinou se používá umělá hvězda (LGS – *Laser Guide Star*), která se vytváří laserovým paprskem fokusovaným do výšky přibližně 90 km, kde zpětným rozptylem vzniká skvrna zářících sodíkových atomů. Druhou možností je využití Rayleighovy difúze ve výškách 10 až 20 km. Umělou hvězdu můžeme vytvořit jakkoli blízko sledovanému objektu, vyvstávají ale problémy spojené s její konečnou výškou a velikostí. Adaptivní optiku využívají všechny velké dalekohledy současnosti.

## 11.5 Ze Země – dalšími přístroji

*Dnes má astronomie i další možnosti a k pozorování Vesmíru nepoužívá jen světlo. Na povrchu Země jsou rozsáhlé sítě radioteleskopů, na levém horním snímku vidíte americkou síť 27 radioteleskopů v Novém Mexiku, její název je Very Large Array, zkratkou VLA.*



*V radiovlnách můžeme spatřit nejchladnější zákoutí Vesmíru. Zcela jiným přístrojem je observatoř Pierra Augera v argentinské pampě. 1 600 detektorů na území o rozloze 3 000 km<sup>2</sup> zachytává sekundární spršky kosmického záření. Několik přístrojů se pokouší zachytit gravitační vlny přicházející z Vesmíru. Na snímku vlevo dole vidíte v tuto chvíli nejcitlivější zařízení tohoto druhu. Říká se mu VIRGO, nachází se v Itálii, a jde o obří interferometr, jehož ramena mají délku 3 kilometry. Bohužel se doposud přímá detekce gravitačních vln nezdařila. Na posledním snímku je IceCube, ledová kostka. Tento detektor neutrin se nachází hluboko pod antarktickým ledem ve vrtech dosahujících do hloubky až 2450 metrů. V ledu je zamrzlých 5 160 fotonásobičů, které monitorují záblesky vzniklé interakcí neutrin s vodou.*

**VLA** (*Very Large Array*) je síť 27 radioteleskopů poskládaných do tvaru písmene Y umístěná v Socorro v Novém Mexiku. Průměr jedné antény je 25 metrů, hmotnost 230 tun. Elektronicky zpracovaná data poskytují rozlišení odpovídající základně 36 kilometrů a citlivost odpovídající jednomu dalekohledu o průměru 130 metrů. Síť provozuje *National Radio Astronomy Observatory* (NRAO) od roku 1980.

**VLBA** (*Very Large Baseline Array*) je síť deseti radioteleskopů rozmístěná od Havajských po Panenské ostrovy s délkou základny 8 600 km. Průměr každé antény je 25 m, provozovatelem je National Science Foundation se sídlem v Novém Mexiku. Síť je v provozu od roku 1993.

**Pierre Auger** je dosud největší projekt pro sledování kosmického záření, pojmenovaný podle objevitele spršek kosmického záření. Observatoř obsahuje celkem 24 fluorescenčních detektorů a 1 600 Čerenkovových detekčních stanic pokrývajících území 3 000 km<sup>2</sup>. Jako vhodné místo byla zvolena Argentina, oblast Pampa Amarilla, což je polovyprahlá planina v blízkosti města Malaragüe. Do projektu, jehož realizace započala v roce 2005, je zapojena i Česká republika. Observatoř je v plném provozu od roku 2007.

**VIRGO** je největší evropský interferometr pro hledání gravitačních vln s délkou ramen 3 km. Je umístěn u vesničky Cascina, 10 km od italské Pisy proslulé svou šikmou věží. Na koncích ramen jsou zavěšena zrcadla, od kterých se odrazí laserový paprsek. Poloha těchto zrcadel je velmi přesně monitorována.

**IceCube** (ledová krychle, ve skutečnosti hranol) je detektor neutrin zamrzlý hluboko v antarktickém ledu. Nachází se v blízkosti Amundsenovy-Scottovy základny, vyrostl v roce 2010. V kilometru krychlovém ledu je zamrzlých 5 160 fotonásobičů, které detekují Čerenkovovo záření nabitých částic vznikajících interakcí neutrin s atomovými jádry v molekulách ledu. Nový detektor nevyrostl na „zelené louce“. Vznikl zvětšením předchozího detektoru AMANDA a umožní další rozvoj neutrinové astronomie.

## 11.6 Z oběžné dráhy – Hubbleův dalekohled

*Hubbleův dalekohled je největší optický dalekohled obíhající Zemi. Původně byl nazván „Kosmický dalekohled“, později pojmenován podle Edwina Powella Hubblea. Byl koncipován jako trvalá družicová observatoř, která slouží mezinárodní astronomii od roku 1990. Vznikl spoluprací americké NASA a Evropské kosmické agentury ESA. Průměr primárního zrcadla tohoto přístroje je 2,4 metru. Hubbleův dalekohled je ikonou současné astronomie a jeho fotografie z blízkého i ze vzdáleného Vesmíru se hluboko vryly do povědomí široké veřejnosti.*

**Hubbleův vesmírný dalekohled (HST, Hubble Space Telescope).** Návrh na stavbu kosmického dalekohledu podala v roce 1962 skupina astronomů pod vedením prof. Lymana Spitzera z Princetonu. Konečný návrh předložila skupina vědců z 38 ústavů až v roce 1977. Dalekohled byl dokončen v roce 1985. Na oběžnou dráhu měl být dalekohled vynesena v roce 1986 raketoplánem. Havárie raketoplánu Challenger v lednu toho roku však posunula vypuštění o čtyři roky.

Když byl 25. dubna 1990 dalekohled úspěšně vynesena raketoplánem Discovery na oběžnou dráhu, bylo zjištěno, že hlavní zrcadlo dalekohledu je chybně vybroušeno (bylo příliš ploché). Okraj zrcadla byl při broušení snížen o 0,002 mm. Bod se zobrazoval jako rozmazaná malá skvrnka a rozlišovací schopnost se tím značně zhoršila. Chybu napravili astronauti po třech letech při prvním obslužném letu. Širokoúhlovou kameru vyměnili za dokonalejší a byl přidán korekční člen (COSTAR, „brýle“), který vykompenzoval vadu hlavního zrcadla pro ostatní tři přístroje. Rozlišovací schopnost se tím podstatně zlepšila.

Hubbleův dalekohled má hmotnost 12 tun. Obíhá Zemi ve výšce 600 km jednou za 95 minut. Je to Ritcheyův-Chrétienův teleskop. Hlavní zrcadlo je z křemene s velmi malou teplotní roztažností, jeho hmotnost je 820 kg a průměr 2,4 m. Nerovnosti na povrchu zrcadla nepřesahují 10 nm. Je pokoveno tenkou vrstvou čistého hliníku, která velmi dobře odráží světlo. Nad ní je ještě tenčí vrstva fluoridu hořčnatého, která chrání hliník před oxidací a odráží ultrafialové záření. Dalekohled pozoruje ve viditelném světle, v ultrafialovém a v infračerveném záření. Ve vzdálenosti 5 m od hlavního zrcadla je umístěno pomocné (sekundární) zrcadlo. Má průměr 30 cm. Odráží dopadající paprsky zpět do otvoru v hlavním zrcadle. K nasměrování dalekohledu slouží katalog obsahující údaje o 19 milionech hvězd. Čidla udržují směr dalekohledu s vysokou přesností (setiny úhlové vteřiny) i během mnohahodinových expozic.

**NASA** (*National Aeronautics and Space Administration*) je americký Národní úřad pro letectví a kosmonautiku. Byl založen v roce 1958. Jde o instituci zodpovědnou za kosmický program USA. K nejznámějším projektům patří mise Apollo.

## 11.7 Voyager

*Voyager znamená doslova cestovatel nebo mořeplavec. Stejně jméno nesou dvě kosmické sondy, jejichž cílem bylo zblízka zkoumat obří planety, jejich měsíce a prstence. Sondy byly vypuštěny v roce 1977. V roce 1979 minuly Jupiter, přičemž pořídily snímky jeho měsíců a objevily Jupiterovy prstence. Kolem Saturnu prolétaly v letech 1980 a 1981. Snímaly obrázky nejen samotné planety, ale také Saturnovy prstence a Saturnovy měsíce. Voyager 2 pokračoval dále k Uranu, k němuž se dostal v roce 1986, a pak k Neptunu, kam dolétnul v roce 1989.*

*Nyní směřují obě sondy ven ze Sluneční soustavy směrem do Oortova oblaku komet a dále do mezihvězdného prostoru. Jejich posledním úkolem je zjistit, kde je hranice heliosféry. Na palubě nesou pozlacenou měděnou desku o průměru 30 cm, která má být poselstvím pro případné nálezce sondy. Kromě instrukcí, jak plaketu přebrát, obsahuje zvukový i obrazový materiál o planetě Zemi. Jsou na ní přirozené zvuky (vítr, bouře, ptáci a jiná zvířata), hudební ukázky z různých kultur, pozdravy v 55 jazycích (i v češtině) a přes sto obrazů dokumentujících život na Zemi. Životnost nahrávky je odhadována na miliardu roků – takže je jakási pravděpodobnost, že poselství od pozemšťanů by nějaká mimozemšťané mohli nalézt.*

**Voyager** – viz snímek 1.15.

**Kuiperův pás** – viz snímek 5.2.

**Oortův oblak** – viz snímek 5.2.

## 11.8 Současné sondy – Sluneční soustava

*V dnešní době křížují Sluneční soustavu desítky sond a je obtížné vybrat ty nejdůležitější. Podívejme se na tři z nich, které jsou určeny přímo k výzkumu těles Sluneční soustavy. Do nejvzdálenějších oblastí, směrem k Plutu, letí sonda New Horizons. Startovala v roce 2006 a k Plutu doletí v roce 2015, tedy po devítileté cestě. Bude zkoumat nejen trpasličí planetu Pluto, ale i další tělesa Kuiperova pásu. Opačným směrem je zaměřena sonda Solar Dynamics Orbiter, zkratkou SDO, která zkoumá Slunce od roku 2010 za pomoci čtyř dvacetimetrových dalekohledů, a to hned v deseti spektrálních oborech. Jde o jeden z nejdokonalejších přístrojů pro výzkum Slunce, který kdy lidstvo mělo. Posledním pomocníkem na tomto snímku je vozítko Curiosity. Brázdí povrch Marsu od srpna 2012. Provádí komplexní výzkum. Jde o skutečnou vědeckou laboratoř dopravenou na Mars. Mimo jiné se snaží najít projevy případného martánského života. Otázka přítomnosti mikroorganismů na Marsu je stále otevřená.*

**New Horizons** – viz snímek 6.7.

**SDO** (Solar Dynamics Orbiter) – viz snímky 4.8, 4.34.

**Curiosity** je marsovské vozítko, které je součástí americké mise Mars Science Laboratory. Po povrchu Marsu se prohání od srpna 2012. Je to pojízdná laboratoř již třetí generace, která je mnohem větší než všichni předchozí průzkumníci. Laboratoř nese také mnohem složitější vybavení a je schopná přímého průzkumu hornin a zemin, který provádí několika rozdílnými metodami v uzavřeném prostředí s přesně kontrolovatelnými vlastnostmi. Laboratoř Curiosity je vybavena 17 kamerami, z nichž klíčové jsou tři systémy – kamera MastCam s vysokým rozlišením umístěná na stožáru, přístroj MAHLI na robotickém rameni, který je schopný snímat detaily velké jen 12,5  $\mu\text{m}$  a přístroj MARDI určený pro detailní záznam povrchu při přistávacím manévru. Dalším typem vybavy jsou čtyři analytické experimenty, jejichž klíčovými přístroji jsou zejména spektrometry. Tyto experimenty jsou navrženy k detailnímu geologickému a atmosférickému průzkumu. ChemCam ostřeluje laserem horniny a analyzuje odpařený materiál. APXS analyzuje složení hornin pomocí rentgenové spektroskopie a ostřelováním hornin částicemi alfa. Prostřednictvím experimentu CheMin by mělo být možné rozlišit detailní chemické složení minerálů, které v sobě váží vodu. Bylo by tak možné usuzovat na její přítomnost v době, kdy horniny vznikaly. Klíčovým fyzikálně chemickým experimentem je SAM, cca 40 kg velký komplex, velikosti mikrovlnné trouby, vybavený plynovým chromatografem a dvěma spektrometry. SAM obsahuje pec, ve které jsou vybrané vzorky půdy vyžehány při teplotě 1 000  $^{\circ}\text{C}$  a následně jsou analyzovány výsledky tohoto děje. Experiment je určen zejména pro vyhledávání organických uhlíkatých molekul a sloučenin. Curiosity je dále vybavena dvěma detektory radiace DAN a RAD, přístrojem MEDLI pro průzkum atmosféry při sestupném manévru a analyzátořem REMS měřícím fyzikální charakteristiky prostředí, ve kterém se laboratoř nachází. Curiosity je komplexní pojízdná laboratoř, která by měla být schopná nashromáždit velmi detailní poznatky o povrchovém složení Marsu a o jeho atmosféře v místech, kde se zrovna pohybuje.

## 11.9 Současné sondy – vzdálený Vesmír

*Mnoho sond také zkoumá vzdálenější oblasti Vesmíru. Opět si prohlédněte tři z nich. Planck je evropská sonda, která zkoumá Vesmír v mikrovlnné oblasti. Startovala v roce 2009 a pořídila unikátní záběry reliktního záření, chladných zákoutí Vesmíru, chladného plynu a prachu, ze kterého se rodí hvězdy a planety. Primární zrcadlo má rozměr 1,5 metru a sonda je umístěna v Lagrangeově bodě L2, 1,5 milionu kilometrů za Zemí směrem od Slunce. V dolní části si prohlédněte Herschel – evropský dalekohled pro in-*

*fračervený obor. Jeho zrcadlo má průměr 3,5 metru a jde o největší dalekohled vyneseny lidstvem do Vesmíru. Fungoval od roku 2009 do roku 2013, kdy došlo kapalné hélium nutné ke chlazení přístroje. Podrobně mapoval vznik hvězd a sledoval nejvzdálenější galaxie, jejichž světlo bylo expanzí Vesmíru posunuto do infračervené oblasti. Napravo vidíte přístroj pro opačný konec spektra. Americká observatoř Chandra je určena pro výzkum Vesmíru v rentgenovém záření. Sleduje děje v okolí černých děr, aktivních jader galaxií nebo horká oblaka plazmatu. Observatoř funguje od roku 1999.*

**Planck** je mikrovlnná observatoř Evropské kosmické agentury, která byla vynesena do Vesmíru 14. května 2009. Je určena k výzkumu fluktuací reliktního záření a monitorování Vesmíru v mikrovlnné oblasti. Má úhlovou rozlišovací schopnost 5' a teplotní citlivost 2  $\mu$ K při frekvenčním pásmu 30 až 857 GHz. Zrcadlo sondy má rozměry 1,9×1,5 m a teplota nejchladnější části ohniska je 0,1 K. Sonda je pojmenována podle významného kvantového fyzika Maxe Plancka. Je umístěna v Lagrangeově bodě L2 soustavy Země-Slunce. Na konci roku 2011 přestalo fungovat chlazení, a proto byla zastavena činnost vysokofrekvenční části detektorů.

**Herschel** je infračervená observatoř Evropské kosmické agentury, která byla vynesena do Vesmíru 14. května 2009 (spolu se sondou Planck). Jde o obří infračervenou observatoř se zrcadlem o průměru 3,5 metru, která byla umístěna do Lagrangeova bodu L2 soustavy Země-Slunce. Observatoř pokrývá obor vlnových délek od 55  $\mu$ m do 672  $\mu$ m a je pojmenována po vynikajícím anglickém astronomovi a objeviteli infračerveného záření Williamu Herschelovi. V současnosti jde o vůbec největší dalekohled umístěný lidstvem ve Vesmíru. Původně tříletá mise byla prodloužena až do roku 2013, kdy došlo kapalné hélium nutné pro chlazení detektorů.

**Chandra** – viz snímek 9.27.

**Librační centra** (Lagrangeovy body) – viz snímek 4.9.

## 11.10 ② Co jsme?

*Náš organizmus je obdivuhodná soustava dvou druhů kvarků („u“ a „d“) a elektronů. Jsme tedy vybudováni ze stejného materiálu jako Slunce, planety, hvězdy a galaxie. Obrazně řečeno: Jsme uhnětení ze stejného těsta, ale byli jsme interakcemi jinak zformováni. Hmotnou stránkou našeho bytí jsme zkrátka částičkou Vesmíru a článkem v jeho vývoji. Vztah člověka k Vesmíru je otázkou všech lidí. Otázku Polynésanů z obrazu Paula Gauguina se podařilo vědě zodpovědět až v minulém století.*

**Eugène Henri Paul Gauguin** (1848–1903) byl francouzský malíř, jeden z nejvýznamnějších představitelů postimpresionismu. Největšího ocenění dosáhl až po své

smrti. Jeho práce ovlivnila Pabla Picassa, Henriho Matisse a další moderní umělce. Byl také sochařem a nadšeným cestovatelem (navštívil Jižní Ameriku, Tichomoří atd.)

## 11.11 Ve stavebninách Vesmíru

*Všechna tělesa a objekty ve Vesmíru jsou systémy elementárních částic spojených interakcemi. Dům je vybudován z cihel spojených maltou. Vesmír je vybudován z elementárních částic spojených interakcemi. Elementární částice tvořící látku lze rozdělit na dvě skupiny: kvarky a leptony. Z kvarků jsou vybudovány složené částice. Mezi ně patří především neutron a proton, částice atomového jádra. Obsahují kvarky „d“ a „u“. Druhou skupinou jsou leptony. Je to elektron a jeho příbuzní. Celý svět kolem nás je vybudován z částic v prvním sloupci: kvarků „d“ a „u“ a elektronů. Ostatní částice nalezneme jen při vysokých energiích – v urychlovačích částic, v kosmickém záření nebo v okolí černých děr. Skupinka částic napravo je jakýmsi pojivem, představují polní částice, které jsou zodpovědné za silové působení. Písmenem  $\gamma$  je označen foton, polní částice elektromagnetické interakce, která drží atomární obal kolem jádra. Písmenem  $g$  jsou označeny gluony, polní částice, které drží pohromadě atomové jádro. A písmeny  $W$  a  $Z$  jsou označeny polní částice slabé interakce, známe je například z radioaktivního rozpadu beta. Uprostřed je Higgsova částice, ta je zodpovědná za hmotnost všech ostatních částic.*

Všechna hmota v pozorovaném Vesmíru je složena ze tří druhů subatomárních částic spoutaných do věcí čtyřmi interakcemi. Stavební materiál všech věcí je obdivuhodně jednoduchý. A přesto jsme svědky velké rozmanitosti a krásy, která je z elementárních částic vytvořena: krystaly nerostů, barvy a tvary květin i motýlů, krajiny a vesmírné objekty. Všechna rozmanitost kolem nás i ve Vesmíru byla vytvořena z elementárních částic pomocí čtyř základních sil (interakcí): silné, slabé, elektromagnetické a gravitační. Při spojování částic do systémů interakce „ždímají energii“ z jejich klidové energie. Vyždímaná energie se nazývá vazebná. Ochraňuje totiž systém před vnějším působením a zaručuje jeho stabilitu. Kdybychom chtěli systém rozložit na elementární částice, museli bychom mu vrátit jeho vazebnou energii. Například do jádra hélia bychom museli vrátit 28 MeV, protože při vzniku každý ze čtyř protonů odevzdal 7 MeV „jako vstupné“.

Stavebním materiálem připraveným po prvé miliontině sekundy byly a zůstaly protony, neutrony a elektrony. Byly nazvány elementární částice a název jim zůstal – přesto, že se později ukázalo, že proton a neutron jsou systémy jednodušších složek – tří kvarků držených pohromadě silnou interakcí (výměnou gluonů). Název elementární částice používáme nadále – přestože se mění jeho význam. Podobně zůstává i název atom – řecky nedělitelný – přesto, že je to někdy značně složitý systém (například

atom uranu). Kvadrilion ( $10^{24}$ ) protonů nebo neutronů má hmotnost jeden gram. Elektron je ještě dvatisíckrát méně hmotný než proton. Představíme-li si atom vodíku o průměru 10 km, jeho jádro bude mít velikost míče a v něm se prudce pohybují tři kvarky o velikosti desetiny milimetru. Mezi kvarky přebíhají hmotné částice gluony, které je pevně vážou do protonu. Tato vazba kvarků prostřednictvím gluonů se nazývá silná interakce.

Za velmi vysokých teplot (deset bilionů K, například na počátku Velkého třesku nebo při srážce v mohutných urychlovačích částic) mohou být kvarky samostatné. Poprvé byla tato forma látky připravena v Evropském středisku jaderného výzkumu CERN v roce 2000. Říkáme jí kvarkové-gluonové plazma a ve Vesmíru se vyskytovala v časech kratších než jedna mikrosekunda. Když teplota Vesmíru poklesla na deset bilionů stupňů ( $10^{13}$  K), všechny kvarky se pospojovaly do protonů a neutronů. To se stalo v prvních deseti mikrosekundách po vzniku Vesmíru.

Největším zázrakem v našem světě je jednoduchost. Náš svět a celý Vesmír byly vybudovány jenom ze tří druhů částic, které jsou spojeny do věcí jen čtyřmi silami. Zrnko písku, sedmikráska, slunéčko sedmítečné, náš mozek, všichni lidé, planeta Země, Slunce, hvězdy, Mléčná dráha – zkrátka vše co vidíme – je jenom ze dvou druhů kvarků a z elektronů. Kvarky a elektrony se přitahují (říká se „interagují“) silou jadernou, elektromagnetickou a gravitační.

## 11.12 Člověk je složitý systém

*Z materiálního hlediska je člověk systémem orgánů, orgány jsou systémy tkání, tkáně jsou systémy buněk, buňky jsou systémy organel, organely jsou systémy molekul, molekuly jsou systémy atomů, atomy jsou složeny z jader a elektronů, jádro je systémem nukleonů a každý nukleon je systémem tří kvarků. Naše tělo je složitý systém, který se skládá z desetitísiců kvadrilionů kvarků a elektronů. Jeho zformování ve Vesmíru trvalo téměř 14 miliard roků.*

**Člověk jako složitý systém** – viz také snímek 10.27.

## 11.13 Antropický princip

*Kdyby se některá z nejdůležitějších konstant určujících vývoj Vesmíru jen nepatrně odchylovala od své hodnoty, vývoj Vesmíru by k životu našeho typu nemohl dospět. Tento fakt mnoho vědců fascinuje a tvrzení, že Vesmír má takové parametry, aby přesně vyhovoval člověku, je základem tzv. antropického principu. Ten má mnoho skalních příznivců i od-*

*půrců. Existuje-li více vesmírů současně, žijeme právě v tom, kde se mohl vyvinout život našeho typu, a proto se nemůžeme divit, že parametry našeho Vesmíru jsou právě takové, aby mohl vzniknout život. Na části molekuly DNA, na kterou se díváte, je zeleně znázorněn uhlík, modře dusík, červeně kyslík a žlutě fosfor. Odlišná hodnota gravitační konstanty, rychlosti světla nebo Planckovy konstanty by vznik molekuly DNA neumožnila.*

**Antropický princip** – viz snímek 10.31.

**Různé formulace antropického principu** – viz snímek 10.31.

### 11.14 ③ Kdo jsme?

*Nejsložitější součástí lidského těla je mozek. Nachází se v něm 100 miliard nervových buněk, tzv. neuronů. Každý neuron je spojen tisíci vlákny s ostatními neurony. A přesto je mozek celkem složen ze stejných protonů, neutronů a elektronů jako kámen, který váží 1,5 kg. Člověk je ale, na rozdíl od kamene, rozumná a tvůrčí bytost, ve které je spojen duch s hmotou.*

**Neuron** je vysoce specializovaná nervová buňka, která je základní jednotkou nervové tkáně. Neuron zpracovává a přenáší informace z vnitřního i vnějšího prostředí. V roce 1837 poprvé popsal český fyziolog Jan Evangelista Purkyně (1787–1869) Purkyněovy buňky v mozečku a nezávisle na něm objevil neurony španělský lékař Santiago Ramón y Cajal (1852–1934).

### 11.15 Místo spojení těla a ducha v mozku

*Podle dávné moudrosti předků je člověk bytost rozumná, v níž jsou spojeny (hmotné) tělo a (nehmotná) duše. Kde je ono spojení v jedinou osobnost? Místo spojení hmotného těla a nehmotného ducha bylo odborníky přesně určeno. Je v mozku. Určil ho nositel Nobelovy ceny za výzkum mozku australský profesor John Eccles. Jasně pojednání srozumitelné i neoborníkovi je v knize „The Self and its Brain“, kterou napsali Sir John Eccles a Sir Karl Popper.*

*Homo creatura rationalis est, in qua corpus et anima coniuncti sunt.*

**Sir John Carew Eccles** (1903–1997) byl australský neurofyziolog, nositel Nobelovy ceny za lékařství a fyziologii z roku 1963. Eccles objevil chemickou synapsi, neurofyziologickou podstatu mišních reflexů, popsal funkci mozečku a poukázal na vztah mezi ději v nervové soustavě a kybernetikou.



**Sir Karl Raimund Popper** (1902–1994) byl anglický filozof rakouského původu. V roce 1937 emigroval na Nový Zéland, od roku 1945 žil v Anglii. V roce 1992 získal Kjótskou cenu za mimořádný vliv na formování moderního intelektuálního klimatu. Je považován za jednoho z nejvýznamnějších filozofů a teoretiků vědy 20. století.

## 11.16 ④ Kde jsme ve Vesmíru?

*Nacházíme se na planetě Zemi, která je součástí Sluneční soustavy. Země obíhá kolem Slunce v obyvatelné zóně, ve vzdálenosti 150 milionů kilometrů od Slunce. Slunce je jednou z mnoha hvězd Mléčné dráhy, obíhá 26 tisíc světelných roků od jejího středu. Mléčná dráha je jednou z galaxií Místní skupiny galaxií. Sem patří například i velmi známá Velká galaxie v Andromedě. Místní kupa galaxií spolu s dalšími kupami, například Kupou v Panně, tvoří nadkupu galaxií, které říkáme naše Supergalaxie. Supergalaxie neboli nadkupy galaxií jsou největší známé struktury ve Vesmíru.*

## 11.17 Země

*Země je naším domovem ve Vesmíru. Planeta Země byla domovem našich předků, je domovem naším i domovem generací příštích. Pluje s námi tiše nekonečným Vesmírem. Na snímcích vidíme nejen její nádheru, ale i křehkost. Jednou z mnoha družic, které přispěly k poznání Země, byla evropská družice Envisat, která sledovala Zemi od roku 2002 do roku 2012. Byla vybavena unikátní kombinací deseti přístrojů shromažďujících data o zemské atmosféře, zemském povrchu, mořích a ledu.*

**Země** je největší z planet zemského typu. Je zatím jedinou planetou v celém Vesmíru, o které víme, že na ní existuje život. Má dostatečně hustou atmosféru, dostatek kapalné vody v povrchových oceánech. Kolem Země obíhá jediný měsíc s vázanou rotací. Při pozorování Země z kosmu vidíme hlavně modrou barvu oceánů. 70 % povrchu Země je pokryto oceány, 30 % tvoří kontinenty. Země sestává z těchto vrstev: jádro, plášť, kůra, troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra. Plášť a kůra jsou odděleny tzv. Mohorovičovým rozhraním. Kůra se posouvá a „plave“ na polotekutém plášti. Teplota v centru Země je 5 100 °C, tlak 360 GPa. Magnetické pole Země má přibližně dipólový charakter, je deformováno slunečním větrem do typického tvaru protáhlé magnetosféry. Podrobně je Zemi věnována 2. prezentace. Základní údaje o Zemi naleznete v sekci Tabulky.

**Envisat** (*Environmental Satellite*) je družice Evropské kosmické agentury, která se do Vesmíru dostala v roce 2002. Byla vybavena unikátní kombinací deseti přístrojů,

kteře shromažďovaly data o zemské atmosféře, zemském povrchu, mořích či ledu – vědci tak získávali nejdetailnější možnou představu o stavu naší planety. Původně měla družice pracovat pět let, ale později bylo přijato rozhodnutí prodloužit její misi do roku 2010. Nakonec s ní bylo ztraceno spojení až v roce 2012, takže pracovala celé desetiletí. Envisat je největší postavenou observatoř pro sledování Země. Největším přístrojem na družici byl radar ASAR, který sledoval oblast buď o šíři 100 km, nebo 400 kilometrů s rozlišením 30 až 150 metrů. Hmotnost družice byla 8 211 kg, létala na polární dráze ve výšce necelých 800 km nad Zemí.

## 11.18 Kosmická měřítka

*Země je jednou z osmi planet Sluneční soustavy. Mezi drahou Jupiteru a Marsu je pás planetek. Na prostředním snímku v horní řadě je vyznačena i protáhlá dráha Halleyovy komety s ohonem směřujícím od Slunce. Světlý spodní pruh je okrajem Mléčné dráhy. Pás mnoha malých těles mezi Marsovou a Jupiterovou drahou je pás planetek. Sluneční soustava je spolu se Sluncem součástí Mléčné dráhy, naší Galaxie. Naši Galaxii samozřejmě nemůžeme vyfotografovat zvenku. Napravo vidíte snímek galaxie, která se té naší podobá. Takto nějak bychom naši Galaxii pozorovali, pokud bychom bydleli ve Velké galaxii v Andromedě. Mléčná dráha, Velká galaxie v Andromedě a několik desítek dalších galaxií tvoří Místní skupinu galaxií. Ta je spolu s jinými kupami součástí naší nadkupy galaxií, které říkáme Supergalaxie. Její střed se nachází v Kupě galaxií v Panně.*

Rotace Galaxie unášejí Sluneční soustavu k levému křídлу Labutě (směrem k hvězdě Epsilon Cygni) rychlostí 230 km s<sup>-1</sup>. Jeden oběh Sluneční soustavy kolem středu Mléčné dráhy trvá 240 milionů roků. Souhvězdí Labutě můžeme vidět v létě v Mléčné dráze, vysoko nedaleko nadhlavníku (zenitu). Labuť letí Mléčnou drahou k obzoru. Naši Galaxii vidíme ze Sluneční soustavy jako mléčnou dráhu – bílý stříbrný pás hvězd táhnoucí se napříč celou oblohou. Střed Galaxie se nachází v souhvězdí Střelce, zde je mléčná dráha nejbohatší. Ve středu Galaxie se nachází velmi hmotná černá díra (její hmotnost je 4×10<sup>6</sup> Sluncí). Pokud chápeme spojení Mléčná dráha jako název naší Galaxie (a nikoli jen jako stříbrný pás na obloze), píšeme ho s velkým M.

## 11.19 Naše Supergalaxie

*Naše Supergalaxie neboli Místní nadkupa galaxií je systém mnoha kup a malých hnízd galaxií. Průměr Supergalaxie je 150 milionů světelných roků. Ve středu Supergalaxie je velká Kupa galaxií v souhvězdí Panny. Od nás je vzdálená 60 milionů světelných roků. Naopak, od okraje Supergalaxie nás dělí 15 milionů světelných roků. Nadkupy galaxií*

*jsou největší viditelné struktury ve Vesmíru, soustředí se do obřích ploch a vláken velko-rozměrové struktury Vesmíru.*

**Supergalaxie** neboli nadkupa galaxií je systém galaxií a kup galaxií. Rozměry supergalaxií jsou řádově stamiliony světelných roků. Na obloze se různé supergalaxie vzájemně překrývají, neboť jsou v různé vzdálenosti od nás. O příslušnosti galaxií a galaktických kup k té či oné supergalaxii rozhoduje velikost červeného kosmologického posuvu galaxií. Velké supergalaxie (například v Perseu) jsou protažené. Tvoří vlákna a kosmické stěny, které obklopují obrovské dutiny kosmické prázdnoty. Naši Supergalaxii označujeme velkým písmenem S na počátku. Obsahuje Místní skupinu galaxií a v jejím středu se nachází Kupa galaxií v Panně.

## 11.20 Temná hmota

*Celkovou strukturu Vesmíru ale určují mohutná vlákna temné hmoty, která optickými přístroji nevidíme. V počítačové simulaci, na kterou se díváte, jsou vlákna temné hmoty fialová a atomární látka je žlutá. Temná hmota tvoří celých 27 procent hmoty a energie ve Vesmíru, atomární látka pouhých 5 procent. Temná hmota působí gravitačně na atomární látku, stahuje ji do větších shluků a křížení vláken temné hmoty. Právě tam se nacházejí galaxie a kupy galaxií. Temná hmota deformuje galaxie a zkresluje jejich obrazy. Z těchto zkreslení můžeme dopočítat rozložení temné hmoty ve Vesmíru. Temná hmota je tvořena pro nás exotickými částicemi, které se pokouší hledat několik desítek experimentů na celém světě.*

O uspořádání Vesmíru v největším měřítku rozhoduje především gravitace temné (skryté) hmoty. Ta má obrovskou vláknitou strukturu, kterou sleduje svítící atomární (baryonová) hmota. Temná hmota neinteraguje ani elektromagnetickou, ani silnou interakcí, projevuje se jen gravitací a pravděpodobně slabou interakcí. Proto nezáří a prostupuje bez překážky obyčejnou hmotou. O její přítomnosti svědčí deformace vzdálených galaxií a zkreslení jejich obrazu.

**Temná hmota** je látka nebaryonové povahy, která není složena z kvarků. Temná hmota udržuje pohromadě svítící objekty velkých rozměrů, které díky ní v periferních oblastech obíhají rychleji, než odpovídá gravitačnímu zákonu aplikovanému na viditelnou hmotu. Tvoří několikanásobek hmotnosti baryonové látky galaxií a 27 % hmoty a energie ve Vesmíru. Existuje několik hypotetických částic, které jsou vhodnými kandidáty na částice temné hmoty (wimpy, axiony, chameleony), dosud však nebyly objeveny. Termín „temná hmota“ zavedl v roce 1933 Fritz Zwicky, když zjistil, že se členové Kupy galaxií ve Vlasech Bereniky pohybují v průměru rychleji, než by odpovídalo gravitačním účinkům viditelné látky.

## 11.21 ⑤ Kdy jsme v dějinách Vesmíru?

*Nepochybně nás napadají otázky spojené s obdobím, ve kterém žijeme. Jak dlouho je zde Země nebo Vesmír? A v kterém údobí jejich existence žijeme? Podle našich znalostí vznikl Vesmír před 13,8 miliardami let. O 400 milionů let později, tedy před 13,4 miliardami let vznikly první hvězdy. Mezi ně ale nepatřilo naše Slunce. Látka pro naše Slunce i planety vznikla při explozi supernovy před přibližně 7 miliardami let. Ze zárodečné pramlhoviny vzniklo před pěti miliardami let Slunce a před 4,5 miliardami let naše Země. Poslední společný prapředek veškerého života se objevil někdy před necelými 4 miliardami let. Tento předchůdce mikroorganismů se v angličtině označuje zkratkou LUCA z Last Universal Common Ancestor.*

**LUCA** (*Last Universal Common Ancestor*) je hypotetický poslední společný předek všech organismů. Pravděpodobně šlo o jednobuněčný organizmus, který se rozmnožoval nepohlavně a žil ve vodě. Jeho genetický kód byl založený na DNA.

**LUCA** – viz také snímky 11.24, 12.7, 12.27.

## 11.22 Jak vznikl Vesmír

*Vesmír vzniknul před 13,8 miliardami roků obrovskou explozí – Velkým třeskem. V ní vznikl čas, prostor a energie. Zůstává tajemstvím, co spustilo tuto nesmírnou explozi, jejíž rozpínání pokračuje dosud. V počáteční fázi ve Vesmíru dominovalo záření. Přibližně v jedné stotisícině sekundy vznikly první neutrony a protony. Z nich se v několika minutách tvořila první lehká atomární jádra. Atomární obaly vznikly o mnoho později, až 400 000 let po vzniku Vesmíru. V téže době skončilo zářivé období a ve Vesmíru začala dominovat látka. První galaxie a hvězdy vznikaly přibližně 400 milionů let po vzniku Vesmíru. Zhruba v polovině existence Vesmíru převládla ve Vesmíru nad látkou temná energie a Vesmír se začal rozpínat zrychlenou expanzí. Teprve v éře zrychlené expanze vzniklo naše Slunce, planety, Země a život na ní.*

**Jak vznikl Vesmír** – viz také snímek 10.20.

**Vesmírné éry.** V různých údobích Vesmíru dominovaly různé entity. To je způsobeno tím, že každá entita reaguje na expanzi jinak. Například hustota záření (reprezentovaného polními částicemi s nulovou klidovou hmotností) klesá se čtvrtou mocninou rostoucích rozměrů Vesmíru. Látka samotná (reprezentovaná částicemi s nenulovou klidovou hmotností) řídne pomaleji, její hustota klesá se třetí mocninou rostoucích vzdáleností mezi objekty ve Vesmíru. Mezi látku řadíme jak atomární látku, tak temnou hmotu. Hustota temné energie reaguje na expanzi minimálně,

zůstává přibližně stejná. V počátečním období dominovalo záření, hovoříme o tzv. éře záření. Prudký pokles hustoty záření způsobil, že 400 000 let po vzniku Vesmíru klesla hustota energie záření pod hustotu energie látky. Započala éra látky. Přibližně v polovině existence Vesmíru poklesla hustota látky pod hustotu temné energie a započala éra temné energie (zrychlené expanze).

### 11.23 Protoplanetární disk Slunce

*Kolem mladých nebo rodících se hvězd jsou zploštělá oblaka plynu a prachu, která se otáčejí. Říkáme jim protoplanetární disky neboli proplydy. V proplydech se tvoří planety a jiná tělesa planetárních soustav. Podle pozorování infračervené družice ISO je většina mladých hvězd obklopena protoplanetárním diskem. Takový disk obíhal asi před 4,7 miliardami roků kolem našeho Protoslunce, v něm vznikly planety, komety a planetky. Levá polovina od Slunce je na obrázku symetrická s pravou. Teplota klesá se vzdáleností od Slunce. Diskem dlu velmi silný sluneční vítr. Ten vyfoukal lehké plyny, jako jsou vodík, hélium, voda, čpavek nebo metan daleko od Slunce. Tam vznikaly plynné obří planety Jupiter, Saturn, Uran a Neptun. Dnes víme, že z míst, kde vznikaly, migrovaly do míst, kde je dnes pozorujeme. Ve vnitřní části disku vznikaly z částic těžkovatelných látek kamenné planety včetně naší Země. Ve spodní části je znázorněno složení protoplanetárního disku vznikající Sluneční soustavy.*

**Protoplanetární disky** – viz snímky 2.8 a 4.7.

**Jak vznikala Sluneční soustava?** – viz snímek 6.23.

### 11.24 Organizmy

*Příprava Vesmíru pro první živý mikroorganizmus na Zemi trvala 10 miliard roků po Velkém třesku. Objevil se tu 3 miliardy roků po výbuchu mateřské supernovy, která vytvořila chemické prvky pro Sluneční soustavu, což je jednu miliardu let po vzniku Slunce a přibližně půl miliardy roků po vzniku Země. Tedy život je tu 4 tisíce milionů roků. My lidé – živočišný druh Homo – jsme tu jen zhruba 2,5 milionů let. Jak už víme, poslední společný předchůdce organismů se nazývá LUCA. Není jasné, zda vzniknul na Zemi, v protoplanetárním disku, a nebo byl zavlečen na Zemi z jiné planetární soustavy.*

Jsou dva různé názory na to, jak se poslední společný předchůdce organismů LUCA (*Last Universal Common Ancestor*) na vychládající Zemi před 4 miliardami roků objevil. Dodnes není jasné, který z nich je správný.

1. Vznikl na Zemi seskupením organických molekul vytvořených mezi hvězdami, v protoplanetárním disku nebo na Zemi. Tyto molekuly sem mohly zanést komety spolu s vodou. To je názor tzv. *autogeneze* neboli samoplození (názor Haldena a Oparina o vzniku života, který v primitivní podobě vyslovil už Aristoteles ve čtvrtém století př. n. l.).
2. Byl do Sluneční soustavy donesen z jiné planetární soustavy. To je názor zvaný *panspermie*. Úlohu při přenosu by opět mohla mít kometární jádra.

Ať tak či onak, jsme vývojovým článkem – jedním živočišným druhem a jedním z mnoha milionů druhů živých tvorů vůbec.

## 11.25 Zánik Slunce

*Po vyčerpání vodíku v jádru a jeho přeměně v hélium se Slunce bude zvětšovat a chladnout na povrchu. Změní se v rostoucího červeného obra. Pro pozemšťany sluneční disk poroste a bude měnit barvu v oranžovou a červenou. Obloha nebude modrá, ale tmavě červená, jak ji někdy vidáme při západu Slunce. Na Zemi poroste teplota. Roztají polární ledy a ledovce v horách. Vzroste hladina všech oceánů. Ohřátí povrchu i atmosféry povede k intenzivnímu vypařování a vytvoří se mohutná vrstva oblaků. Téměř zmizí rozdíl mezi rovníkem a polárními oblastmi, takže horké vlhké skleníkové klima bude po celé Zemi. Tropicke pralesy se rozšíří až k pólům.*

*Za více než šest miliard roků začne počátek konce naší planety. Dalším zvýšením teploty se ze Země odpaří veškerá voda a ta se stane žhnoucím peklem. Její interakce s expandující atmosférou obřího Slunce přivede závěrečný pád Země do umírajícího Slunce. Po našem Slunci a Sluneční soustavě zůstane expandující planetární mlhovina a jádro bývalé hvězdy se změní na bílého trpaslíka, který bude posledním svědectvím o bývalé hvězdě – našem Slunci. Pro vyšší živočichy se Země stane neobyvatelnou mnohem dříve, podle současných odhadů to bude nejpozději za půl miliardy roků.*

**Zánik Slunce a slunečních soustav** – viz také snímky 6.27 až 6.29.

## 11.26 ⑥ Jak jsme?

*Člověk je nedílnou součástí Vesmíru a malým článkem jeho vývoje. Veškeré atomy, z nichž je naše tělo postavené, jsme získali z naší planety Země. Jsou nám jen propůjčeny, po smrti se vrátí do koloběhu přírody. energii pro život nám dává Slunce prostřednictvím fotosyntézy. Atomy ze Země i energii ze Slunce získává člověk v potravě.*

## 11.27 Člověk a Vesmír

*Dnešní Vesmír – kosmos – je složený z mnoha systémů, od atomů až po supergalaxie. Systém je účelné seskupení částí, které je uspořádané tak, aby tvořily funkční celek. Příkladem je náš organizmus, který byl budovaný po 13,8 miliard roků. Jsme částíčkou Vesmíru a článkem v jeho vývoji. Země nám propůjčuje pro náš organizmus atomy a Slunce potřebnou energii. Pro jeden lidský život Slunce přemění v centrální oblasti o něco méně než gram vodíku v hélium. Je to směšně málo, jestliže si uvědomíme, že každou sekundu přemění Slunce pól miliardy tun vodíku v hélium.*

**Člověk a Vesmír** – viz také snímek 10.28.

## 11.28 Sluneční energie

*Fotosyntéza a metabolismus jsou dva procesy, které se vzájemně doplňují. Fotosyntéza uskládá energii slunečního záření do složitých molekul bohatých na energii, například jde o cukry a škroby. V rostlinné buňce jsou chloroplasty, které obsahují přibližně 600 milionů molekul chlorofylu. Na nákresek vpravo jsou zakresleny zeleně. V potravě získáme energii ve formě chemické vazby molekul uhlovodíků. Metabolismus je látková a energetická výměna, příjem a zpracování živin. Při tom se kvalitní chemická energie potravy znehodnocuje v teplo. V mitochondriích buněk se vdechovaný kyslík slučuje s uhlíkem a vodíkem na vodu a oxid uhličitý, tedy na výchozí látky, do nichž byla sluneční energie fotosyntézou uložena. Uskladněná energie se přitom uvolní. Vodnímu životu dodává energii fotosyntéza fytoplanktonu.*

**Život a entropie.** Atomy i energii přijímáme v potravě. Kyslík pro nás uvolňují zelené rostliny z vody fotosyntézou. Dýchání je obrácený proces než fotosyntéza, neboť okysličováním molekul potravy se uvolňuje energie, kterou do nich vložila fotosyntéza. Produkty dýchání jsou voda a oxid uhličitý – výchozí látky fotosyntézy. Původní hodnotná energie (tj. s malou entropií) v molekulách potravy je metabolismem znehodnocena (tj. na látku s velkou entropií) a uvolněná jako teplo do okolí. Život neodporuje druhé větě termodynamické – jen zpožďuje vzrůst entropie. Živé organizmy jsou otevřené systémy. Druhá věta termodynamická platí jen pro uzavřené systémy – u nichž neexistuje výměna energie s okolním prostředím.

**Obilné pole** je uskladněná sluneční energie, kterou přijmeme ve formě potravy (jako chléb a pečivo).

**Fytoplankton** jsou jednobuněčné mikroorganizmy v přírodních i umělých vodních nádržích. Jejich fotosyntéza dodává sluneční energii všemu živému ve vodě. Převlá-

dajícími složkami fytoplanktonu jsou řasy a sinice (cyanobakterie). Fytoplankton se vyskytuje nejen ve vodním prostředí (hydroplankton), ale i ve vzduchu (aeroplankton), v ledu a sněhu (kryoplankton).

### 11.29 ⑦ Proč jsme?

*„Proč jsme?“ je palčivá otázka po smyslu života. Názory jsou různé a vymykají se vědeckému přístupu. Jsou záležitostí osobní víry. Věda zkoumá, z čeho jsou objekty ve Vesmíru složené, jak byly vytvořeny a jaké síly je udržují pohromadě. Otázka účelu těchto objektů, které tvoří Vesmír, je filozofickou otázkou, na kterou neznáme odpověď.*

**Proč jsme?** – viz také snímek 10.33.

### 11.30 Proč jsme?

*Proč jsme? Otázky tohoto druhu si fyzika neklade a neumí je zodpovídat. Ani žádná jiná z přírodních věd, které jsou pouhým popisem světa. Prostřednictvím přírodních věd nelze odpovědi po smyslu světa a života nalézat. Odpovědi filozofického rázu je možno hledat prostřednictvím ontologie. Odpovědi náboženského charakteru je možno nalézat vírou.*

**Proč jsme?** – viz také snímek 10.33.

Na snímku je socha Mojžíše od Michelangela Buonarrotiho.

### 11.31 ⑧ Hmotná malost a duchovní velikost člověka

*Svým tělem je člověk vzhledem k nekonečnému Vesmíru nesmírně malý. Hmotně jsme kosmičtí (a s technologickou krizí i komičtí) „nikdové“. Každý člověk je však obrovský duchovní stránkou svého bytí, poznáním a vůlí. Může poznávat stavbu onoho nekonečného Vesmíru v prostoru a jeho vývoj v čase, rozumět mu, předvídat jeho budoucnost, vymanit se z technologické krize a tvořit ve smyslu naší existence. Unikátní záběry Sluneční soustavy, na které se díváte, byly pořízeny dne 14. února 1990 kamerou na sondě Voyager 1 ze vzdálenosti 6,5 miliardy kilometrů z výšky 32 stupňů nad rovinou ekliptiky. Země byla v tu dobu pro Voyager 1 srpečkem v blízkosti Slunce, a je proto v pruhu rozptýleného světla. Merkur a Mars chybí, neboť byly v záři Slunce.*

Viz také snímek 1.15.

**Voyager** – viz snímek 1.15.



## 11.32 Hmotná malost a duchovní velikost člověka

*Velmi hmotná tělesa mohou sloužit jako gravitační čočky. Ohybají totiž světlo přicházející k nám ze vzdálenějších objektů. Jako gravitační čočka může posloužit velká galaxie nebo celá obrovská kupa galaxií. Kupa na obrázku se nachází v souhvězdí Panny, nazývá se Abell 1689 a je ve vzdálenosti přes dvě miliardy světelných roků. Tato kupa posloužila jako gravitační čočka a zesílila světlo jedné z prvních galaxií s prvými hvězdami. Na snímcích ze Spitzerova a Hubbleova dalekohledu je patrná v infračerveném oboru. Jde o objekt zakroužkovaný na pravých snímcích červeně. Jeho vzdálenost je přes 13 miliard světelných roků.*

Viz také snímek 8.5.

**Gravitační čočka** – viz snímek 8.5.

## 11.33 ⑨ Kosmopolité – obyvatelé vesmíru

*Raketová technika umožnila člověku opustit Zemi a žít v kosmickém prostoru; zatím jen nedaleko a dočasně. Trvalý pobyt na Měsíci a na Marsu se jen plánuje. Lidé se ale v rámci programu Apollo proháněli po měsíčním povrchu ve speciálních vozítcích, tzv. roverech. Na snímku je Eugen Cernan, člen posádky Apolla 17, při projíždce po povrchu Měsíce. Šlo o poslední návštěvu člověka na Měsíci. To, co Galileo považoval za povrch moře, je ve skutečnosti bezútesná vyprahlá krajina, bičovaná zářením z Vesmíru, slunečním větrem a meteoroidy z okolí.*

## 11.34 Discovery

*Přes třicet roků byly raketoplány důležitým dopravním prostředkem do Vesmíru. Vynášely a obsluhovaly družice a družicové observatoře. Sehrály nejdůležitější roli při konstrukci Mezinárodní kosmické stanice, na kterou dopravovaly veškerý materiál, moduly, zásoby a astronauty. Na snímku vidíte raketoplán Discovery v Kenedyho vesmírném středisku před posledním startem. Šlo o 39. let Discovery a 133. let raketoplánů. V roce 2011 se uzavřela historie tohoto dopravního prostředku.*

**Raketoplán** (*Space Shuttle*) byl dopravní prostředek, který létal v atmosféře i v kosmickém prostoru. První let se uskutečnil v roce 1981, poslední v roce 2011. Původním účelem bylo spojení mezi kosmickou stanicí a Zemí. Měl vlastnosti letadla a rakety. Sestával ze tří hlavních částí: (1) oběžné (*orbiter*), v níž byla posádka (obvykle 7 lidí) a jejíž nákladový prostor byl 18 m dlouhý; (2) vnější nádrže na pohonné látky

47 m dlouhé, v níž bylo uskladněno 2 000 m<sup>3</sup> kapalného vodíku a kapalného kyslíku; (3) dvou raket na pevná paliva 45 m dlouhých a připoutaných k vnější nádrži na pohonné látky, které napomáhaly při startu, po 2 minutách se odpoutaly, byly spuštěny s padáky a vytaženy z moře pro další použití. Hlavní motory pracovaly asi 8,5 min od startu až po dosažení oběžné dráhy. Vnější nádrž byla odvržena a shořela v atmosféře. NASA disponovala pěti raketoplány nazvanými podle výzkumných lodí: Discovery, Challenger, Columbia, Atlantis a Endeavour. Název Endeavour byl vybrán z návrhů dětí z celého světa. Raketoplán Challenger při desátém letu explodoval.

Ročně se uskutečňovalo 7 až 8 letů. Raketoplány byly nepostradatelným prostředkem pro konstrukci Mezinárodní kosmické stanice. Vynášely moduly, z nichž byla stanice sestavována, převážely kosmonauty, vědecké přístroje, materiál. Celkem se uskutečnilo 133 letů, v roce 2011 byly lety raketoplánů zastaveny.

### 11.35 Jak (asi) bude vypadat trvalé sídliště na Měsíci

*Odvracenou polovinu Měsíce ze Země nevidíme a není z ní ani vidět planeta Země. Je tam proto nejvýhodnější místo pro vybudování astronomické observatoře. Země je příliš znečištěná a nevhodná pro pozorování Vesmíru. Její atmosféra je navíc neklidná, vytváří neklidný zkreslený obraz kosmických těles a pohlcuje většinu vlnových délek spektra. Radioastronomové jsou znepokojeni tím, že mnohé vysílače a zdroje na povrchu ztěžují a často i znemožňují citlivá pozorování slabých nebeských objektů na rádiových vlnách. To vše odpadne při pozorování z odvrácené poloviny Měsíce. Zdrojem elektrické a tepelné energie bude sluneční záření. To dopadá na povrch Měsíce plnou měrou, protože není pohlcováno žádnou atmosférou, jak je tomu na Zemi. Kromě astronomických plánů existují i projekty na využití nerostného bohatství Měsíce. Všechny tyto projekty jsou ale zatím jen ve stadiu úvah.*

**Měsíc** – viz prezentace 3.

### 11.36 Vesmírná základna na Marsu

*Po Měsíci se uvažuje i o obydlení dalších těles Sluneční soustavy. Existují předběžné plány na vybudování stálé základny na planetě Mars. Díváte se na základnu, jak si ji představují odborníci z americké NASA. I tam bude základním zdrojem energie sluneční záření. Na představě NASA je patrné sluneční letadlo. Pod letadlem jsou rozsáhlé skleníky. Všechny stavební materiály se budou těžit na místě – doprava ze Země by byla nesmírně drahá.*

**Mars** – viz snímky 5.18 až 5.20.

## Zdroje k jedenácté prezentaci

- 11.1 <http://settlement.arc.nasa.gov/70sArt/AC76-1089.jpeg>
- 11.2 <http://tapety.superhry.cz/vesmir/uchvatny-vesmir/>
- 11.3 archiv autora
- 11.4 <http://www.gmto.org/gallery-stills.html>  
<http://www.astro.caltech.edu/palomar/images/halefull.jpg>  
<http://www.eso.org/public/images/e-elt-vlt-tor/>
- 11.5 <http://www.phys.psu.edu/~coutu/augershower2.jpg>  
[http://spiff.rit.edu/classes/phys301/lectures/other\\_tel/ice\\_cube\\_big.jpg](http://spiff.rit.edu/classes/phys301/lectures/other_tel/ice_cube_big.jpg)  
<http://www.aspera-eu.org/images/stories/Media/MEDIAPICTURES/HR/virgo.jpg>  
[http://hdwallpapersfor.com/wallpaper/clouds\\_landscapes\\_nature\\_fields\\_satellite\\_antenna\\_skyscapes\\_vla\\_desktop\\_2100x1000\\_hd-wallpaper-1598734.jpg](http://hdwallpapersfor.com/wallpaper/clouds_landscapes_nature_fields_satellite_antenna_skyscapes_vla_desktop_2100x1000_hd-wallpaper-1598734.jpg)
- 11.6 [http://www.spacetelescope.org/images/exploded\\_view/](http://www.spacetelescope.org/images/exploded_view/)  
<http://www.spacetelescope.org/images/s125e011766/>
- 11.7 [http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/images/golden\\_record\\_cover.gif](http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/images/golden_record_cover.gif)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:The\\_Sounds\\_of\\_Earth\\_-\\_GPN-2000-001976.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Sounds_of_Earth_-_GPN-2000-001976.jpg)  
[http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/images/spacecraft\\_highres.jpg](http://voyager.jpl.nasa.gov/spacecraft/images/spacecraft_highres.jpg)  
[www.aldebaran.cz](http://www.aldebaran.cz)
- 11.8 [http://www.nasa.gov/images/content/226833main\\_SDOconcept1\\_HI.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/226833main_SDOconcept1_HI.jpg)  
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA14760>  
[http://pluto.jhuapl.edu/gallery/artistConcepts/artistConcepts\\_03.html](http://pluto.jhuapl.edu/gallery/artistConcepts/artistConcepts_03.html)
- 11.9 [http://spaceinimages.esa.int/Images/2010/04/Artist\\_s\\_impression\\_of\\_the\\_Planck\\_spacecraft](http://spaceinimages.esa.int/Images/2010/04/Artist_s_impression_of_the_Planck_spacecraft)  
[http://spaceinimages.esa.int/Images/2010/04/Artist\\_s\\_impression\\_of\\_Herschel](http://spaceinimages.esa.int/Images/2010/04/Artist_s_impression_of_Herschel)  
<http://chandra.harvard.edu/resources/illustrations/craftIllustrations.html>
- 11.10 <http://brolympics.files.wordpress.com/2012/08/gauguin-2.jpeg>
- 11.11 [https://web.infn.it/sbuser/images/stories/immagini/standard\\_model\\_from\\_fermi\\_lab.jpg](https://web.infn.it/sbuser/images/stories/immagini/standard_model_from_fermi_lab.jpg)  
<http://www.eso.org/public/images/vela-snr-schmidtcomp/>
- 11.12 archiv autora

- 11.13 <http://www.orc.uni-linz.ac.at/mueller/bast/DNA-Ball-and-Stick1.GIF>  
www.aldebaran.cz
- 11.14 [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Michelangelo's\\_Pieta\\_5450.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Michelangelo's_Pieta_5450.jpg)  
pozn. k popisu: <http://saintpetersbasilica.org/Altars/Pieta/Pieta.htm>
- 11.15 <http://trialx.com/i/2012/04/20/looking-for-pictures-of-eccles-united-kingdom/>  
pozn. k popisu: [http://cs.wikipedia.org/wiki/John\\_Carew\\_Eccles](http://cs.wikipedia.org/wiki/John_Carew_Eccles)  
<http://www.humanistischecanon.nl/liberalisme/>  
karl\_popper\_\_de\_open\_samenleving\_en\_haar\_vijanden  
pozn. k popisu: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Karl\\_Raimund\\_Popper](http://cs.wikipedia.org/wiki/Karl_Raimund_Popper)
- 11.16 <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA13065>
- 11.17 [http://spacefellowship.com/wp-content/uploads/2010/11/ERS1-2-Envisat\\_H1.jpg](http://spacefellowship.com/wp-content/uploads/2010/11/ERS1-2-Envisat_H1.jpg)  
<http://www.flickr.com/photos/europeanspaceagency/5578617593/sizes/o/in/photostream/>  
www.aldebaran.cz
- 11.18 <http://apod.nasa.gov/apod/ap030426.html>  
J. Kleczek, P. Jakeš: Das Weltall und Unsere Erde; Dausien  
<http://www.aoas.org/mediagallery/media.php?f=1&s=20110930091655682&i=0&p=0>  
<http://www.kraiseeh.com/uploads/5/9/6/1/5961076/3547985.jpg?709>  
[http://apod.nasa.gov/apod/image/1104/201103\\_VirgoGCM\\_andreo.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/1104/201103_VirgoGCM_andreo.jpg)  
[http://apod.nasa.gov/apod/image/0709/galaxylego\\_hst\\_big.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/0709/galaxylego_hst_big.jpg)
- 11.19 archiv autora
- 11.20 <http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/millennium/>
- 11.21 video: [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=cQVoSyVu9rk](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=cQVoSyVu9rk)
- 11.22 <http://www.geosociety.org/pubs/gsatoday/grgsat/0007-2.htm>  
<http://www.cartage.org.lb/en/themes/Sciences/Physics/NuclearPhysics/WhatisNuclear/Nucleons/Nucleons.htm>  
<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/galaxy/interacting/1999/28/image/>  
<http://chandra.harvard.edu/photo/2009/casa/>  
<http://apod.nasa.gov/apod/ap111115.html>  
<http://apod.nasa.gov/apod/ap070314.html>

- <http://www.ipac.caltech.edu/2mass/gallery/fest1-457atlas.jpg>  
[http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?Category=Planets&IM\\_ID=1879](http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?Category=Planets&IM_ID=1879)  
[http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/object\\_page/a11\\_h\\_40\\_5903.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/object_page/a11_h_40_5903.html)
- 11.23 archiv autora
- 11.24 [www.aldebaran.cz](http://www.aldebaran.cz)
- 11.25 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/The\\_life\\_of\\_Sun-like\\_stars.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/The_life_of_Sun-like_stars.jpg)
- 11.26 <http://eol.jsc.nasa.gov/scripts/sseop/photo.pl?mission=ISS031&roll=E&frame=84925&QueryResultsFile=133979379435762.tsv>
- 11.27 [http://www.nasa.gov/images/content/478271main\\_304\\_Hoop.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/478271main_304_Hoop.jpg)  
<http://tapety.superhry.cz/vesmir/earth/>  
[http://paul.studio5d.com/gallery/index.php/Vacations/italy\\_and\\_greece\\_2011/rome/DSC\\_0188](http://paul.studio5d.com/gallery/index.php/Vacations/italy_and_greece_2011/rome/DSC_0188)
- 11.28 <http://www.flickr.com/photos/origomi/1054087308/sizes/o/in/set-72157601323433758/>  
 archiv autora
- 11.29 [http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-30/html/jsc2012e051505\\_alt.html](http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-30/html/jsc2012e051505_alt.html)
- 11.30 <http://santitafarella.files.wordpress.com/2008/10/7b-moses.jpg>
- 11.31 <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00451>
- 11.32 <http://imgsrc.hubblesite.org/hu/db/images/hs-2008-08-a-print.jpg>
- 11.33 [http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_774.html](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_774.html)
- 11.34 [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/shuttle/flyout/multimedia/discovery/gallery-index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/flyout/multimedia/discovery/gallery-index.html) (obr. 36)
- 11.35 <http://americansecurityproject.org/wp-content/uploads/2012/08/Mooncolony.jpg>
- 11.36 <http://archive.org/details/C-1991-8781>