



československá konference

sborník

10. - 12. listopadu 2006
Hvězdárna Valašské Meziříčí



Sborník k 1. československé konferenci

© 2006 Hvězdárna Valašské Meziříčí a Kysucká hvezdáreň

Autoři: Rostislav Halaš, Juraj Tóth, Peter Vereš, Ján Svoreň,
Eva Marková, Zdeněk Pokorný, František Martinek, Marcel Grün,
Vojtech Rušin, Jaroslav Čížek, Petr Kulhánek, Karol Petřík, Libor Lenža

Sazba: Hvězdárna Valašské Meziříčí



Kysucká hvezdáreň

Dolinský potok 1278, 024 01 Kysucké Nové Mesto
Telefon: +421 414 212 946
E-mail: kyshvezdknm@vuczilina.sk
URL: <http://www.astrokysuce.sk>



Hvězdárna Valašské Meziříčí

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí
Telefon: +420 571 611 928
E-mail: info@astrovm.cz
URL: <http://projekty.astrovm.cz>

OBSAH

Americké vesmírné a raketové centrum NASA	6
Čo vieme a nevieme o Slnčnej sústave	8
Nová nomenklatúra Slnčnej sústavy	14
Význam odborné pozorovateľskej činnosti hviezdáren pro výuku astronomie	21
Váš průvodce vesmírem - (nejen) internetový kurz astronomie	25
Sluneční soustava pohledem kosmických sond	32
Sondy pro výzkum Marsu	36
Slnko - naša najbližšia hviezda	43
Mezinárodní vzdělávací programy pro učitele zaměřené na vesmír a fyziku vysokých energií	58
Složení vesmíru	63
Virutálný vesmír - výlet až k samým hraniciam vesmíru	68
Standardní model elementárních částic	70
Možnosti rozvoje vzájemné spolupráce na bázi projektové činnosti	75
Poznámky	79
Fotogalerie	81

AMERICKÉ VESMÍRNÉ A RAKETOVÉ CENTRUM NASA

OSOBNÍ ZKUŠENOSTI, FOTOGRAFIE A VIDEOZÁZNAMY
Z POBYTU VE VESMÍRNÉ AKADEMII

Rostislav Halaš

Program „Honeywell Educators @ Space Academy“

<http://www.spacecamp.com/>

Společnost Honeywell - mezinárodní diverzifikovaná společnost se sídlem v USA a současně přední investor v České republice, vyhlásila další ročník svého vzdělávacího programu pro učitele fyziky a matematiky. Program „Honeywell Educators @ Space Academy“ se uskutečnil od 16. do 23. června 2006 v americkém **Kosmickém a raketovém středisku NASA** v Huntsville (Alabama).

Učitelé během kursu absolvovali nejen intenzivních 40 hodin teorie a laboratorních cvičení, ale především praktického tréninku věnovaného kosmickému výzkumu. Součástí kursu je také absolvování tréninku podobného výcviku astronautů. Ve Space Campu jsou kopie dvou řídicích středisek a raketoplánů Atlantis, Challenger. Absolvovali jsme vesmírné mise na obou raketoplánech.

Úkolem každého týmu bylo podle připravených scénářů odstartovat ze Země dostat se na oběžnou dráhu a tam provést vědecké pokusy, případně vystoupit do volného kosmického prostoru, kde bylo třeba provést montáž části konstrukce mezinárodní kosmické stanice. Po splnění misi jsme se měli s raketoplánem bezpečně vrátit zpět na Zemi.

V první misi jsem zastával funkci PROP-Propulsion. Byl jsem zodpovědný za všechny pohonné mechanismy raketoplánu, monitorování natlakování palivových nádrží, hlavní motory, startovací rakety s pevným palivem, manévrování raketoplánu na oběžné dráze.

V druhé misi jsem zastával funkci Mission Specialist a mým úkolem bylo na oběžné dráze vystoupit do volného kosmického prostoru a sestavit část konstrukce mezinárodní vesmírné stanice.

Během mise bylo třeba řešit i neočekávané situace a problémy, které mohou nastat při letu. Celý řídicí proces, komunikace probíhal samozřejmě v angličtině, používalo se mnoho technických zkratk, takže jsem občas ztratil schopnost sledovat, co se děje. Jedinou útěchou mně byl pocit, že profesionálové se řízení letu učí roky a jejich funkce jsou vždy ztrojeny. Po půldruhé hodině naší vesmírné mise se nám podařilo vyřešit všechny problémy a šťastně přistát.

Večer je pro všechny připravena přednáška o historii NASA a letech do kosmu. Mluvčím je Ed Buckbee, autor knihy *Realy Space Cowboys* a zakladatel projektu Space Camp.

Aviation Challenge - тренаžér simulující pád vrtulníku do vody. Ve vestách a helmách sedáme s dalšími pěti do kabiny, která má tvar vrtulníku a visí nad vodou. Poté je spuštěna do vody, tak jako by vrtulník spadl. Hodně mě překvapilo, jak rychle se kabina zalije vodou. Naším úkolem je co nejrychleji a bezpečně opustit kabinu. Dále pak doplavat ke břehu, kde je simulováno vytahování trosečníků ve speciálním koši do vrtulníku. Aby byl efekt dokonalý, všude kolem stříká voda přesně, tak jak by ji vrtulník zachránců vířil.

Druhou aktivitou je simulace přistání s padákem do vody. Z věže vysoké asi deset metrů nejdříve sjíždíme na lanech v padákovém postroji dolů do vody a odtud pak po odepnutí

plaveme zpět.

Astronaut Simulators:

- simulace pohybu po měsíci
- rotace ve třech osách
- pohyb na MMU.

Astronaut **Story Musgrave** s komponovaným pásmem fotografií, videosekvencí a vyprávěním o cestách na oběžnou dráhu.

Soutěž k Mezinárodnímu heliofyzikálnímu roku 2007

Další informace:

<http://ihy2007.astro.cz/>

<http://ihy2007.astro.cz/index.php/soutez/>

<http://ihy2007.org/>



Mezinárodní heliofyzikální rok (IHY) navazuje na tradici předchozích mezinárodních roků. Podobně jako u Mezinárodního geofyzikálního roku a u dvou předchozích Mezinárodních polárních roků je vědeckým cílem studovat jevy v nejširším možném měřítku pomocí souběžných pozorování za použití širokého spektra nástrojů. Na rozdíl od předchozích Mezinárodních roků dnes vědci běžně získávají data z ohromného množství důmyslných nástrojů, které ve vesmíru neustále monitorují sluneční aktivitu, meziplanetární hmotu a Zemi. Tato zařízení společně poskytují pozoruhodný pohled na Slunce a heliosféru, tj. na prostředí kolem Slunce. Zároveň poskytují jedinečnou příležitost studovat systém Slunce-Země. Mezinárodní heliofyzikální rok se snaží navázat na historicky velmi úspěšnou spolupráci v rámci Mezinárodního geofyzikálního roku (1957). Cílem projektu je zlepšit naše poznání heliofyzikálních procesů, které určují vliv Slunce na Zemi a na heliosféru, pokračovat v tradici mezinárodní spolupráce u příležitosti 50. výročí Mezinárodního geofyzikálního roku 1957 a ukázat krásu, závažnost a význam vědy o vesmíru a o Slunci pro svět a dát inspiraci budoucím průzkumníkům.

Heliofyzikální: Rozvinutí pojmu „geofyzikální“ a rozšíření souvislosti ze Země ke Slunci a do meziplanetárního prostoru. U příležitosti 50. výročí Mezinárodního geofyzikálního roku - IGY (International Geophysical Year) - budou aktivity v Mezinárodním heliofyzikálním roce - IHY (International Heliophysical Year) - navazovat na úspěch IGY 1957 a pokračovat v jeho odkazu celosystémových studií širší heliofyzikální oblasti.

Český národní výbor IHY 2007 vypisuje v rámci Mezinárodního heliofyzikálního roku 2007 soutěž, která je zahrnuta do oficiálního seznamu aktivit pořádaných mezinárodním organizačním výborem IHY 2007.

Soutěžící si může zvolit jedno z následujících témat:

1. Pozorovatelská soutěž pod patronací Hvězdárny v Úpici
2. Internetové stránky na téma Energetické využití slunečního záření pod patronací ČEZ, a. s.
3. Kresba Vesmír očima dětí pod patronací Lidové Hvězdárny v Prostějově, p. o.

Každé téma má svá specifická pravidla a termíny odevzdání jsou uvedeny na:

<http://ihy2007.astro.cz/index.php/soutez/>.

Členové organizačního výboru:

František Fárník (Astronomický ústav AV ČR), Zuzana Bukovská (Tiskový odbor AV ČR), Marie Dufková (ČEZ), Jiří Grygar (Fyzikální ústav AV ČR), Rostislav Halaš (Reálné gymnázium, Prostějov), Jan Laštovička (Ústav fyziky atmosféry), Eva Marková (Česká

astronomická spoločnosť, Hvězdárna Úpice), Karel Mokřý (Česká astronomická společnost), Jana Olivová (Český rozhlas), Jiří Prudký (Lidová hvězdárna v Prostějově, p. o.), Šárka Speváková (Popularis), Pavel Suchan (Česká astronomická společnost, Astronomický ústav AV ČR), Eva Vlčková (Lidové noviny).

Partnerské instituce:

Astronomický ústav AV ČR, Česká astronomická společnost, Hvězdárna v Úpici, Lidová hvězdárna v Prostějově, Fyzikální ústav AV ČR, ČEZ a. s.

Mediaální partneři:

Popularis, Lidové noviny.

ČO VIEME A NEVIEME O SLNEČNEJ SÚSTAVE

Juraj Tóth, Peter Vereš

Katedra astronómie, fyziky Zeme a meteorológie
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina, 842 48 Bratislava IV, Slovensko

E-mail: toth@fmph.uniba.sk
URL: <http://www.fmph.uniba.sk/~ago>

Úvod

Zdrojom informácií o Slnčnej sústave, o jej súčasnom stave, vzniku a vývoji sú buď priame pozorovania pozemskými ďalekohľadmi, rádioteleskopmi alebo priamo (“in situ”) medziplanetárnymi sondami jej objektov ako napríklad Slnka, planét, trpasličích planét, malých telies (komét, asteroidov, transneptunických objektov), ale aj plynu, prachu, či medziplanetárneho magnetického poľa. Ďalším zdrojom informácií sú pozorovania iných hviezdnych sústav, pri ktorých obiehajú planéty. Extrasolárnych planét dnes poznáme už 210 a tento počet sa bude naďalej isto zvyšovať. Jedná sa hlavne o veľmi hmotné planéty podobné Jupiteru, ktorú ľahšie objavujeme súčasnými metódami. Taktiež sú priamo pozorované okolia „mladých“ hviezd (protohviezd) s cirkumstelárnymi diskami, o ktorých sme presvedčení, že v nich vznikajú nové planetárne systémy identickými procesmi ako naša sústava planét.

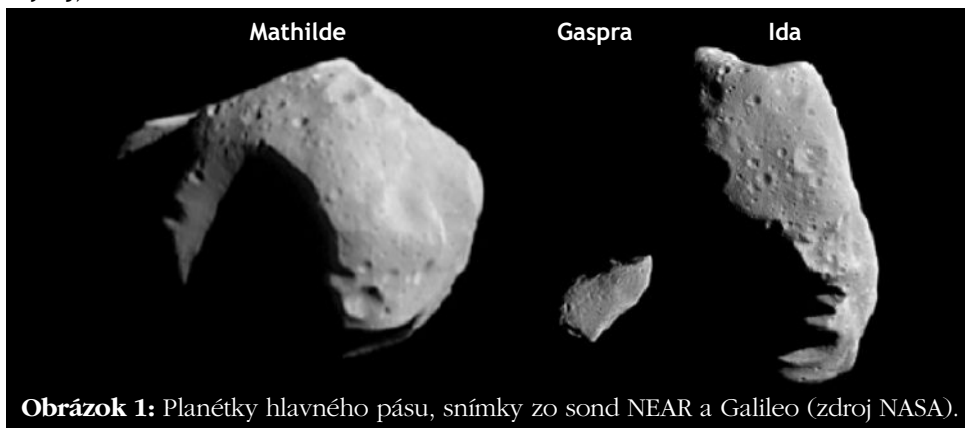
V neposlednom rade je pre nás istým zdrojom informácií medziplanetárna hmota priamo vstupujúca do atmosféry Zeme vo forme medziplanetárneho prachu (IDPs), meteorov a v niektorých prípadoch aj meteoritov dopadajúcich až na zemský povrch. Výhodou je, že nepotrebujeme vyslať nákladné špecializované sondy, aby nám asteroidálny a kometárny materiál doniesli na Zem. Treba si uvedomiť, že nie sme v medziplanetárnom priestore izolovaný systém. Ale nie vždy vieme presne určiť, z ktorej časti Slnčnej sústavy k nám dané teleso prišlo. Navyše v prípade meteorov zanikajúcich vo výškach okolo 100 km nad povrchom, máme k dispozícii iba zlomky sekúnd v lepšom prípade pár sekúnd pozorovacieho času. Toto všetko nás obmedzuje v našom poznávaní časti vesmíru, v ktorom žijeme.

Na tomto mieste sa sústreďíme iba na telesá, ktorých dráhy sa nachádzajú v blízkosti dráhy Zeme. Súborne ich nazývame blízkozemské telesá (anglická skratka NEO - Near Earth Objects), vieme však, že ich tvoria asteroidy pôvodne patriace do oblasti hlavného pásu (viz obrázky 1 a 2) medzi dráhami Marsu a Jupitera a kométy, niektoré z nich už neaktívne. Menšie časti týchto telies nazývame meteoroidy, ale žiadna fyzikálna hranica medzi nimi neexistuje. O meteoroidných telesách hovoríme vtedy, keď vstupujú do atmosféry s spôsobujú svetelný jav známy ako meteor, alebo vo všeobecnosti o veľmi malých telesách s rozmermi niekoľko metrov a menej. A práve túto skupinu telies v súčasnosti poznáme veľmi málo v porovnaní s kilometrovými a väčšími NEO, ktorých populácia je známa na 80 %. Paradoxom je, že odhadovaný počet blízkozemských telies s rozmerom väčším ako 10 m je až niekoľko desiatok miliónov. Aj to vieme s neurčitosťou 1 rádu, nehovoriac už o tom, o aké telesá sa jedná, či v nich dominuje asteroidálna alebo kometárna zložka a podobne.

Asteroidy hlavného pásu

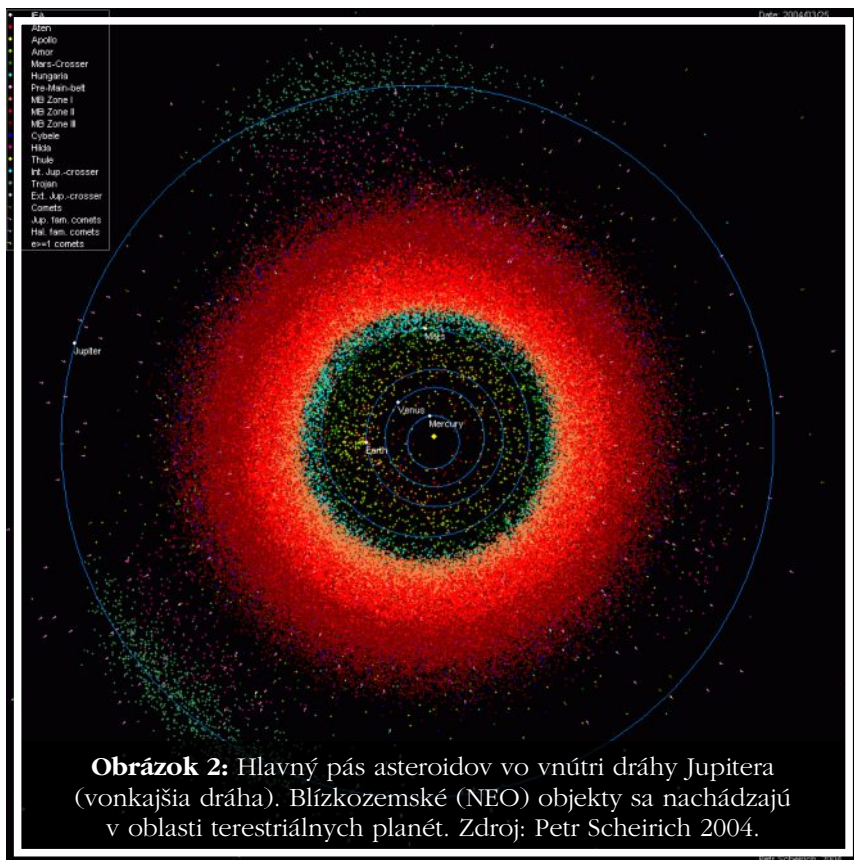
Najväčšou zdrojovou populáciou asteroidov vo vnútornej časti Slnecnej sústavy je hlavný pás asteroidov, ktorý sa nachádza medzi dráhami Marsu a Jupitera. V ranných štádiách vývoja protoplanetárneho disku sa v prvej fáze akumulovali prachové častice do planetesimál o veľkosti približne jedného kilometra; v druhej fáze prebiehal rýchly rast planetesimál vzájomnými zrážkami malými kolíznymi rýchlosťami; v tretej fáze zárodky protoplanét nabaľovali všetky okolité planetesimály, „čistili“ priestor okolo svojich dráh; napokon v štvrtej fáze gravitačné rušenie Jupitera spôsobilo medzi početnými protoplanétami o veľkostiach Mesiaca - Marsu kolízie pri veľkých relatívnych rýchlostiach spôsobujúcich katastrofický rozpad a následne spájanie malých telies (Safronov, 1969; Weidenschilling, 2000). Pozorovania extrasolárnych protoplanetárnych diskov pomohli pochopiť procesy pri vzniku a vývoji malých telies a pre modelovanie poskytujú experimentálne overenie (Marcy a kol., 2000).

Na základe merania polčasov rozpadu rádioaktívnych izotopov nájdených v meteoritoch sa odhaduje vek Slnecnej sústavy na 4,571 miliardy rokov. Zaujímavé je štúdium vnútorného zloženia asteroidov. Počas vzniku na ich zloženie vplývalo prostredie, v ktorom vznikli (heliocentrická vzdialenosť) a aký čas potrebovali na kompletne sformovanie. Predpokladá sa, že objekty vo vnútornej časti hlavného pásu sa vyvíjali rýchlejšie, nastala u nich diferenciácia, vonkajší pás bol viac rušený Jupiterom (častejšie kolízie, zložitejší vývoj).



Obrázok 1: Planétky hlavného pásu, snímky zo sond NEAR a Galileo (zdroj NASA).

Model dynamického rozptylu prvotného Hlavného pásu popisuje procesy, ktoré mohli priviesť Hlavný pás do dnešného stavu (Petit a kol., 2001). Prvotný Hlavný pás mal hmotnosť 2-10 hmotností Zeme, dost' na to, aby sa v ňom telesá formovali pomerne rýchlo. Súčasná hmotnosť je omnoho nižšia ($5 \cdot 10^{-4}$ hmotnosti Zeme) a poznáme (je katalogizovaných) viac ako 300 000 dráh asteroidov hlavného pásu. Prvá fáza trvala pomerne krátko; hmota ubúdala rýchlo. Ako dôkaz môže slúžiť pomerne kompaktná kôra Vesty, keby hmota ubúdala pomalšie, početné kolízie by ju úplne zničili. Pôvodné hodnoty excentricity a inklinácie telies boli nízke, v súčasnosti sú vyššie. Teplota na povrchoch asteroidov závisí od vzdialenosti od Slnka. Termálne vplyvy sú silnejšie pre vnútorný pás, naopak, vonkajší pás by mal obsahovať telesá s málo termálne premenenými povrchmi. Dodnes, hoci mierne v pozmenenom pomere, sú spektrálne typy odlišné vzhľadom na vzdialenosť od Slnka (dominantne: S-typ vnútorný pás, C typ centrálny pás, D, P-typy vonkajší pás). Dynamické rušenie od Jupitera bolo najväčším dôvodom, prečo sa spektrálne typy asteroidov rozptýlili. Podľa modelu (Petit a kol., 2001) stačilo Jupiteru 10 mil. rokov, aby čerstvo vzniknuté planetesimály vypudil z Hlavného pásu (Vesta zrejme ostala osamotená). Vypudené telesá mohli byť zdrojom vody na Zemi Morbidelli a kol. (2000) - ukázali, že kométy mohli transportovať na Zem iba 10% zdrojov vody). Napriek množstvu dynamicky nestabilných oblastí vnútri Hlavného pásu mnoho z asteroidov má dynamickú životnosť porovnateľnú so životnosťou Slnčnej sústavy (Morbidelli a kol., 2002).



Obrázok 2: Hlavný pás asteroidov vo vnútri dráhy Jupitera (vonkajšia dráha). Blízkozemské (NEO) objekty sa nachádzajú v oblasti terestriálnych planét. Zdroj: Petr Scheirich 2004.

Dramatický vývoj plný vzájomných zrážok, termálnych zmien a dynamických zmien v dráhach skončil za 100 mil. rokov po vzniku Slnčnej sústavy. Pokračoval pomalým tempom. Zrážky prestali dominovať. Posledné veľké bombardovanie nastalo pred 3,9 mld. rokmi, vtedy boli zasiahnuté vnútorné planéty početnými zrážkami (Hartmann a kol., 2001). Trvanie bombardovania, ani jeho príčina nie sú zatiaľ vysvetlené. Numerické modelovanie ukázalo, že v rannom období boli z vonkajšej časti Slnčnej sústavy vypudené prakticky všetky telesá, Jupiter migroval smerom ku Slnku a počas migrácie spôsobil veľké rušenia v Hlavnom páse (Levison a kol., 2001), čo by mohlo súvisieť s veľkým bombardovaním. O vývoji počas miliárd rokov nám svedčia aj povrchy asteroidov a planét, označené ich dopadmi. V Hlavnom páse dochádzalo najmä ku vysokorychlostným zrážkam. Veľké prekvapenie priniesli snímky zo sond, keď sa na asteroidoch našli krátery s priermi porovnateľnými s veľkosťou samotného telesa. Napríklad asteroid 253 Mathilde (viz obrázek 1) má na svojom povrchu 5 impaktných kráterov väčších ako 20km (rozmary Mathilde 59x47km). Za posledné desaťročia sa museli prehodnotiť názory o vnútornej stavbe asteroidov, od kompaktných a pevných telies po porézne a nehomogénne telesá pokryté regolitom. Viac ako 30% asteroidov sú makroporézne (Richardson a kol., 2002), vznikli pravdepodobne po úplnom rozbití a opätovnom nabalení materiálu (gravitačné agregovanie). Takéto telesá ľahko absorbujú náraz a ťažšie fragmentujú. Kompaktné a monolitické telesá zas vydržia dlhodobé pôsobenie slapových síl od planét. Nové znalosti o asteroidoch prinášajú prehliadky oblohy, spektrálny výskum (určenie spektrálneho typu), polarimetria a kozmický výskum.

Názov	sonda	rok	min. vzdialenosť
951 Gaspra	Galileo	1991	1600km
243 Ida + Dactyl	Galileo	1993	2400km
253 Mathilde	NEAR	1997	1200km
9969 Braille	Deep space 1	1999	24km
433 Eros (NEA)	NEAR	1999-2001	Pristátie
5535 Annefrank	Stardust	2002	3300km
25134 Itokawa (NEA)	Hayabusa	2005	pristátie

Tabuľka 1: Kozmický výskum asteroidov

Blízkozemské objekty (NEO)

V roku 1898 bol objavený prvý asteroid, ktorého dráha pretínala dráhu Zeme, išlo o teleso 433 Eros (Obr. 3.). Počet nových objavov narastal a od kozmických misií na Mesiac v šesťdesiatych a sedemdesiatych rokoch 20. storočia, ktoré definitívne potvrdili, že príčinou mesačných kráterov sú impakty vesmírnych telies, bol na svete dôkaz, že systém Zem - Mesiac bol nimi za posledných 4,5 miliardy rokov systematicky bombardovaný. Dôkazy o dopadoch takýchto telies na zemský povrch v minulosti podporili vznik hypotéz o devastácii zemského povrchu a vymieraní živočíšnych druhov a zvýšili záujem o telesá, ktoré križujú dráhu Zeme. Jedným z hlavných problémov NEO bola od počiatku otázka, akým spôsobom sa telesá do vnútra slnčnej sústavy dostali, keďže dynamickými výpočtami sa dospelo k tomu, že dráhy NEO sú nestabilné a teda nie sú pôvodné. Spornou otázkou dlho zostávalo, akú časť NEO tvoria neaktívne kométy.

Populácia blízkozemských telies zahŕňa objekty asteroidálneho a kometárneho pôvodu (63 aktívnych komét), s perihéliovou vzdialenosťou $q \leq 1,3 \text{ AU}$ a aféliom $Q \geq 0,983 \text{ AU}$ (čo je perihéliová vzdialenosť Zeme od Slnka). K 1.11.2006 bolo známych 4271 NEA, ktoré sa

delia na podtriedy Apollo, ktoré pretínajú dráhu Zeme a Amor, ktoré sa zvonku približujú k dráhe Zeme. Podtriedy sú pomenované podľa asteroidov, ktoré do nich patria (1221 Amor, 1862 Apollo, 2062 Aten). Predpokladá sa aj populácia telies vo vnútri dráhy Zeme, doteraz bolo nájdených 5 takýchto telies. Dá sa predpokladať, že už 3 mld. rokov je NEO populácia viac-menej stabilná. Väčšina z NEO pochádza z Hlavného pásu asteroidov, odkiaľ sa dostala najmä pôsobením rezonancií. Zvyšok je zásobovaný kométami Jupiterovej rodiny, resp. Kupierovho pásu a Oortovho oblaku. Keďže životnosť jednotlivého telesa NEO je krátka - rádovo milióny rokov (Rabinowitz a kol., 1994) a zároveň je ich populácia stabilná.

Je viacero spôsobov akým môžu zanikať. V postupnom poradí :

- zánik pádom na Slnko
- dynamické vypudenie zo Slnčnej sústavy
- slapový rozpad v dôsledku tesného priblíženia s planétou
- zrážka s planétou
- zrážka s asteroidom

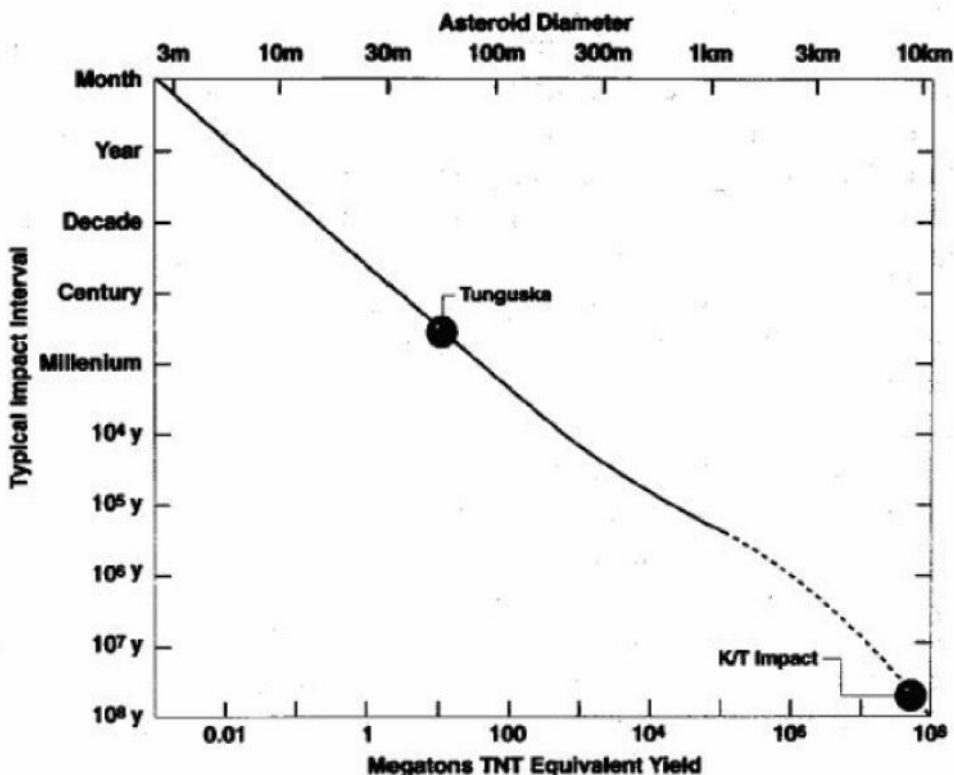


Obrázok 3: NEA planétka 433 Eros, snímka zo sondy NEAR (NASA).

Predpokladáme, že populácia NEO je počas posledných ~3.5 miliardy rokov stabilná. Preto sa na extrapoláciu v početnosti používajú dáta z povrchov Merkúra, Venuše, Zeme, Mesiaca a Marsu. Kvôli tomu, že NEO sa zrejme nachádzajú v stabilnej distribúcii (dráhovej a početnej), frekvencie kolízií s planétami ani v súčasnosti nebudú vykazovať veľké výkyvy. Preto sa dá pre každú planétu vypočítať frekvencia kolízií podľa veľkosti impaktoru. Ide o prístup, ako sa so známej, resp. modelovej populácie, dá určiť, koľko

NEO dopadne na planétu, čo je opak toho, ako z početnosti kráterov na telesách dostaneme obraz o NEO populácii.

Asteroidy o priemeroch menších ako 50-100m kolidujúce so Zemou, nedopadajú na povrch vytvárajúc impaktný kráter. Aj menšie telesá však môžu spôsobiť značné škody na povrchu, ako napríklad v roku 1908 blízko rieky Tunguzska. Udalosť podobného typu spôsobí uvoľnenie energie približne o energii 10 megaton TNT a štatistické metódy ukazujú, že k nej dochádza v časovom intervale ~1000 rokov (viz obrázek 4).



Obrázok 4: Frekvencia impaktov na Zemi, Morrison a kol. (2002).

Dodnes je problematické hľadanie takýchto malých telies, keďže prehliadkové programy sa sústreďujú na väčšie telesá. Až v poslednom období sa postupne vyplňa medzera v porovnaní a štúdiu telies s rozmermi od dm, spôsobujúcich bolidy až po 10m telesá. Okrem náhodných objavov desaťmetroových NEO nové pozorovania poskytli dáta zo špionážnych družíc na geostacionárnych dráhach. (Brown, a kol., 2002). Primárny účelom týchto satelitov bolo sledovanie nukleárných testov v atmosfére najmä v infra-červenej oblasti. Satelity registrujú aj energiu, ktorá sa uvoľňuje pri prelete meteoroidu atmosférou. Podľa analýzy asi 300 energetických zábleskov ide o bolidy, respektíve veľké meteoroidy s priemerom menším ako 10m. Pre metrové telesá by podľa pozorovaní malo nastať 40-60 zrážok so Zemou ročne (Revelle, 2005 - súkromná komunikácia).

Podakovanie:

Práca bola realizovaná v rámci grantu VEGA č. 1/3067/06.

Literatúra:

1. Brown, P., Spalding, R.E., ReVelle, D.O., Tagliaferri, E., Worden, S.P. 2002. The flux of small near-Earth objects colliding with the Earth. *Nature*, 420, 294-296.
2. Hartmann, W. K., Anguita, J., M. de la Casa, Berman, D. C., Ryan, E. 2001. The martian cratering 7: The role of impact gardening, *Icarus*, 149, 37-53.
3. Levison, H. F., Dones, L., Canup, R., Agnor, C., Duncan, M. J. 2001. The role of giant plantes in terrestrial planet formation. LPSC XXXII, abstract #1232.
4. Marcy, G., Butler, R. P., Fisher, D. A., Vogt, S. 2000. Extrasolar planets around main sequence stars. *Biostronomy '99*, ASP Conference 213, 85.
5. Morbidelli, A., Chambers, J., Lunine, J. I., Petite, J. M., Robert, F., Valsecchi, G.B., Cyr, K.E. 2000. Source regions and timescales for the delivery of water to Earth.
6. Morbidelli, A., Jedicke, R., Bottke, W. F., Michel, P., Tedesco, E.F. 2002. From magnitudes to diameters: The albedo distribution of Near Earth Objects and the Earth Collision Hazard. *Icarus* 158, 329-342.
7. Petit, J. M., Morbidelli, A., Chambers, J. 2001. The primordial excitation and clearing of the Asteroidal Belt. *Icarus*, 153, 338-347.
8. Rabinowitz, D.L., Bowell E., Shoemaker E.M., Muinonen L. 1994. The population of Earth-crossing asteroids. Hazards due to comets and asteroids, University of Arizona Press, 285-312.
9. Richardson, D. C., Leinhardt, Z. M., Melosh, H. J., Bottke, W. F., Asphaug, E. 2002. Gravitational Aggregate: Evidence and Evolution. *Asteroids III*, Univerzity of Arizona Press, 501-515.
10. Safronov, V.S., 1969. The Evolution of Pre-Planet Cloud and the Formation of the Earth and Planets, Moscow, Nauka.
11. Weidenschilling, S. J, 2000, Formation of Planetesimals and Accretion of the Terrestrial Planets, *SSRv*, 92, 295.

NOVÁ NOMENKLATÚRA SLNEČNEJ SÚSTAVY

Ján Svoreň

Astronomický ústav SAV
Tatranská Lomnica

Rozhodnutie

Astronómi, ktorí sa zišli na kongrese Medzinárodnej astronomickej únie (ďalej IAU) v Prahe rozhodli vo štvrtok 24. augusta 2006, že v Slnečnej sústave je opäť len 8 planét: Merkúr, Venuša, Zem, Mars, Jupiter, Saturn, Urán a Neptún. Pluto sa stalo jednou z „trpa-

sličích planét“ a súčasne predstaviteľom ľadových objektov obiehajúcich okolo Slnka na periférii planetárnej sústavy za dráhou Neptúna. Formálne sme sa tak vrátili pred čas, keď bolo objavené Pluto, v skutočnosti sme prispôbili definíciu planét Slnčnej sústavy obrovskému skoku v našich znalostiach o periférii Slnčnej sústavy. Veď po teoretickej predpovedi zvyškových telies z obdobia formovania planét Edgeworthom v roku 1949 bolo do dnešných čias nájdených viac ako 1000 telies - akýchsi protokomet medzi ktorými Pluto s výnimkou toho, že bolo objavené prvé, nemá nijaké výnimočné postavenie.

Pochybná deviata planéta

V krátkosti si povedzme prečo teda došlo k zaradeniu Pluta medzi planéty pred 76 rokmi a čo predchádzalo jeho preradeniu medzi „trpasličie planéty“ v auguste 2006. Pluto bolo objavené v roku 1930 na Lowelovej hviezdárni vo Flagstaffe v Spojených štátoch a dlho bolo považované za chýbajúcu deviatu planétu objavenú na základe porúch v pohybe Neptúna. V roku 1978 bol objavený najväčší mesiac Pluta Cháron (dnes už poznáme aj ďalšie 2 menšie) a z pohybu Cháróna okolo Pluta bolo možné s vysokou presnosťou určiť hmotnosť obidvoch telies. Zistilo sa, že hmotnosť Pluta je príliš malá na to, aby spôsobila merateľné zmeny v pohybe Neptúna - objav v blízkosti vypočítaného miesta bol dielom obyčajnej náhody. Svojimi rozmermi i dráhovými charakteristikami Pluto nevyhovuje žiadnemu komplexnému scenáru vývoja Slnčnej sústavy.

Dôvody pre zmenu

V posledných 15 rokoch bolo objavené množstvo telies za dráhou Neptúna (dnes je známych zhruba 1000 telies z odhadovaného počtu približne 70 000 s priemerom väčším ako 100 km) - sú to tzv. ľadové objekty vonkajšej Slnčnej sústavy tvoriace Edgeworthov-Kuiperov pás (v ďalšom EKB), pričom niektoré z týchto objektov sú dokonca väčšie ako Pluto. Stále zreteľnejšie sa ukazovalo, že Pluto nie je planétou, ale len jedným z veľkých objektov tohto pásu. Po štyroch planétach zemského typu, oddelených od štyroch obrích planét hlavným pásom asteroidov, nasleduje trpaslík Pluto nepatriaci ani k jednej z týchto skupín. Bolo zrejmé, že objavy väčších objektov budú pribúdať. Ak sme teda nechceli mať 100 planét, bolo nutné ustúpiť z tradicionalistického prístupu a uviesť našu nomenklatúru vesmírnych telies do súladu so skutočnosťou. Tradícia aj tu zohrala svoju rolu. Prvý pokus takpovediac degradovať Pluto sa odohral na pôde IAU v čase, keď sa blížilo pomenovania 10 000-eho asteroidu. V tom čase astronómi už poznali veľkosť Pluta i jeho zloženie radikálne odlišné od ostatných 8 planét. B.G. Marsden, šéf Ústredia pre malé planéty IAU v Cambridge v USA navrhol, aby vzhľadom na svoju podstatu, Pluto dostalo mimo štatútu deviatej planéty aj štatút asteroidu - vzhľadom na jeho výnimočnosť navrhoval práve číslo 10 000. Napriek tomu, že išlo o zjavný kompromis ponechávajúci miesto aj pre tradičné chápanie, návrh nezískal dostatočnú podporu. Kým astronómi zaoberajúci sa výskumom Slnčnej sústavy, predovšetkým z komisií 15 (fyzika komét a asteroidov), 20 (pohyb malých telies) a 22 (meteory a meteority) na základe vlastných výsledkov chápali racionálnosť Marsdenovho návrhu a väčšinou sa zaň postavili, ostatná astronomická komunita, ktorá poznala výsledky výskumu Slnčnej sústavy skôr sprostredkované, vnímala problém citovo a Marsdenov návrh odmietla. Trvalo takmer 10 rokov, kým astronómi boli ochotní vzdať sa pochybnej deviatej planéty. Keď však s odstupom času hodnotíme toto úsilie, je potrebné priznať, že pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu. Pri zaradení Pluta medzi očíslované asteroidy by došlo k ďalším nepresnostiam.

Dlhé roky sme totiž boli zvyknutí hádzať všetky malé telesá Slnčnej sústavy mimo komét a satelitov planét do veľkého šuplíka s názvom Asteroidy. Vo veľkých šuplíkoch však býva neporiadok a to bol aj náš prípad. A tak sa pod Asteroidmi skrývali okrem skutočných

asteroidov obiehajúcich okolo Slnka v hlavnom páse, v libračných bodoch L4 a L5 sústavy Slnko-Jupiter a v blízkosti Zeme aj vyhasnuté kometárne jadrá, Kentaury brázdiače oblasť obrích planét a ľadové objekty EKB za dráhou Neptúna. Upratovať šuplík sa podarilo až teraz.



Obrázek 1: porovnanie veľkosti Zeme, Mesiaca a kandidátov na trpasličie planéty.

Rezolúcie Medzinárodnej astronomickej únie prijaté na kongrese v Prahe

Rezolúcia 5A: IAU sa rozhodla, že planéty a ostatné telesá našej Slnčnej sústavy sa budú deliť do troch kategórií nasledujúcim spôsobom.

Planéta je nebeské teleso, ktoré:

- obieha okolo Slnka;
- má dostatočnú hmotnosť, aby jeho vlastná gravitácia prekonala vnútorné sily pevného telesa, takže dosiahne tvar zodpovedajúci hydrostatickej rovnováhe (približne gule);
- a vyčistilo okolie svojej dráhy.

"Trpasličia planéta" je nebeské teleso, ktoré:

- obieha okolo Slnka;
- má dostatočnú hmotnosť, aby jeho vlastná gravitácia prekonala vnútorné sily pevného telesa, takže dosiahne tvar zodpovedajúci hydrostatickej rovnováhe (približne gule),
- nevyčistilo okolie svojej dráhy a nie je satelitom.

S výnimkou satelitov by všetky ostatné objekty obiehajúce okolo Slnka mali byť označované spoločným termínom **malé telesá Slnčnej sústavy**.

Rezolúcia 6A: IAU sa rozhodla, že Pluto je podľa vyššie uvedenej definície „trpasličou planétou“ a je prototypom novej kategórie transneptúnických objektov.

Máme **8 planét**, ktoré spĺňajú podmienky, že obiehajú okolo Slnka, sú dostatočne hmotné na to, aby sa sformovali do približne guľového tvaru, sú vo svojom okolí dominantné, t.j. počas svojho vzniku nazbierali okolitý materiál a vyčistili priestor okolo svojej dráhy.

Ďalej máme „**trpasličie planéty**“, ktoré spĺňajú všetky vyššie uvedené podmienky okrem vyčistenia svojho okolia a nie sú satelitom ďalšieho telesa. Sem patrí napr. asteroid Ceres s priemerom 940 km, pričom IAU bude skúmať aj u ďalších telies splnenie týchto podmienok.

Všetky zvyšné telesá sa nazývajú malými telesami Slnčnej sústavy. Patria sem všetky kométy a z asteroidov a ľadových objektov EKB všetky objekty okrem najväčších, ktoré spĺňajú podmienku pre zaradenie medzi „trpasličie planéty“.

Medzi „trpasličími planétami“ bola vydelená kategória veľkých telies za dráhou Neptúna, ktorých prototypom je Pluto. Astronómovia sa zatiaľ nezhodli na pomenovaní tejto skupiny telies. Navrhovaný názov plutonické objekty sa neuplatnil pre námietky geológov, ktorí majú v inej súvislosti zavedený pojem plutonické horniny. Laicky povedané plutonickými nazývame vyvrhnuté vulkanické skaly, ktoré nesú so sebou informáciu o zložení vnútorných vrstiev planéty, minulých geologických procesoch, rozložení vnútorných zdrojov tepla, atď. Plutonické skaly vyvrhnuté z vnútra odlišujeme od bazaltických, ktoré vznikli až na povrchu stuhnutím roztavenej lávy. Keďže tieto horniny nemajú nič spoločné so skupinou „trpasličích planét“ za dráhou Neptúna, astronómovia budú hľadať iný vhodný názov. Navyše názov plutonické objekty by sa mohol zamieňať s pojmom plutína čo sú telesá na dráhach v rezonancii stredného pohybu s Neptúnom v pomere 2:3 rovnako ako Pluto.

Slabé miesta nových definícií

Pracovníci Oddelenia medziplanetárnej hmoty Astronomického ústavu SAV vystupovali už v minulosti aktívne s predstavou, že Pluto nie je plnohodnotná planéta a to tak na odborných fórach IAU, ako aj pri popularizačných prednáškach a vyhláseniach pre médiá. Tiež som vyššie konštatoval, že pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu v porovnaní s pokusmi zaradiť Pluto medzi očíslované asteroidy. Takže by sa mohlo zdať, že sa splnili naše predstavy. Nič však nie je čiernobiele. Záver, že Pluto nie je planéta je nepochybne dobrý, cesty ako sa k tomu prišlo však vytvorili aj isté riziká. Povedzme si, v čom sú slabé miesta prijatých rezolúcií IAU. Predovšetkým treba povedať, že majú istý apologetický náboj - ich konštrukcia je taká, aby ostalo len 8 planét a k tomu sú niekde dosť umelo prispôbené požiadavky definície planéty. Kritická je najmä požiadavka „aby planéta vyčistila okolie svojej dráhy“. Pri dnešných predstavách o migrácii planét počas evolúcie Slnčnej sústavy nemusí byť teleso, ktoré sa nám dnes javí dominantným vo svojom okolí príčinou vyčistenia priestoru okolo jeho dráhy. Rovnako požiadavka na trpasličiu planétu, aby nebola satelitom je minimálne diskutabilná. Snaha vylúčiť veľké mesiace obrích planét z tejto kategórie postihla aj teleso, ktoré by ináč podmienky na trpasličiu planétu hravo splnilo. Cháron - súputník Pluta sa za pár dní prepadol z kandidáta na jednu z 12 planét do poslednej kategórie. Pričom na rozdiel od mesiacov obrích planét, ktoré sú dostatočne malé vzhľadom ku svojej materskej planéte, je sústava Pluto-Cháron skôr dvojitou trpasličou planétou ako trpasličou planétou a satelitom. Príčinou týchto problémov je prístup ku kategorizácii, keď telesá nedelíme podľa ich zloženia a vývojových procesov, ale najdôležitejšie je ich súčasné umiestnenie. A tak je nenulová šanca, že medzi malými

mesiacmi Jupitera sú zachytené kometárne jadrá, klasické kamenné asteroidy i privandrovalé Kentaury, čo vo svojej podstate zase môžu byť rozličné telesá.

Ospravedlňujem sa, ak som predchádzajúcim odstavcom niekomu nabúral jeho istotu, že po kongrese IAU v Prahe už bude v Slnčnej sústave definitívny poriadok. O tom, že veci nie sú zďaleka jednoznačné svedčí aj vývoj, ktorým sa prišlo ku dnešnému stavu. Na príprave rezolúcie pracoval 2 roky tím odborníkov, ktoré ešte do Prahy prišiel s návrhom 12 planét - okrem 9 učebnicových mali medzi planéty patriť Ceres, Cháron a ľadový objekt 2003 UB313. Predbežné prieskumy ukazovali, že návrh nie je pre prítomných členov IAU prijateľný. Nakoniec po dlhých oficiálnych, no najmä kuloárových diskusiách boli predložené 4 rezolúcie 5A, 5B, 6A a 6B. Z nich prešli len dve, ktoré tu uvádzam. Ďalšie dve, ktoré sa pokúšali pomenovať 8 planét, ktoré nám zostali, názvom „klasické planéty“ a objekty za Neptúnom „plutónmi“ kongres neschválil.

V súčasnosti teda máme 8 planét. S pokrokom nášho poznania však nemožno vylúčiť, že vo vzdialených oblastiach Slnčnej sústavy sa nájde teleso, ktoré vyhovie definícii a učebnice sa budú opäť meniť. Táto možnosť však nemôže byť dôvodom na to, aby sme zotrvali na názore z roku 1930 a neurobili radikálny rez, akým nepochybne zmena počtu planét je.

Prehľad objavov a štruktúra Edgeworth-Kuiperovho pásu

Od objavu prvého telesa EKB v roku 1992 uplynulo len málo viac ako jedno desaťročie, počet objavených telies však prudko narástol. Podľa typu dráh rozlišujeme transneptúnovské objekty na rezonančných dráhach s Neptúnom (špeciálnym prípadom sú Plutina v rezonancii 2:3 rovnako ako Pluto) a tzv. kjobewany - objekty EKB s malou excentricitou nazvané podľa anglickej výslovnosti prototypu 1992 QB1. Niekedy sú v súvislosti s EKB spomínané aj tzv. kentaury (hlavní predstavitelia Chirón a Pholus). Tieto objekty pohybujúce sa väčšinou na chaotických dráhach v oblasti obrích planét medzi Jupiterom a Neptúnom môžu geneticky súvisieť s telesami EKB, podľa miesta svojho výskytu však ide o samostatne skúmanú populáciu medziplanetárnych telies.

Počas uplynulých 14 rokov boli nájdené rôzne zaujímavé objekty ako napr. teleso 1996 TL66 so vzdialenosťou perihélia približne 32 AU a afélia až 136 AU. Teleso s veľkou polosou 84 AU urobí jeden obchod okolo Slnka za približne 800 rokov. Aféliom prešlo v roku 1600 a pri prechode perihéliom bolo 9. 10. 1996 objavené. Objav uľahčilo jednak priblíženie do perihélia, ale tiež značná veľkosť telesa, ktorého priemer 500 km je na úrovni asteroidu (4) Vesta.

Veľmi citlivá širokouhlá planetárna kamera umiestnená na úspešnom Hubbleovom vesmírnom ďalekohľade (ďalej HST) umožnila objavenie aj slabých objektov EKB. Pri strednom pohybe 3 oblúkově sekund za hodinu a jasnosti $V = 28$ m boli zaznamenané objekty s rozmermi približne veľkosti jadra Halleyovej kométy (ekvivalentný polomer 5 km). Na základe HST prehliadok z augusta 1994 sa odhaduje celkový počet objektov EKB jasnejších než 28 m na 108. V priemere na každom štvorcovom stupni oblohy je takýchto objektov približne 60 000.

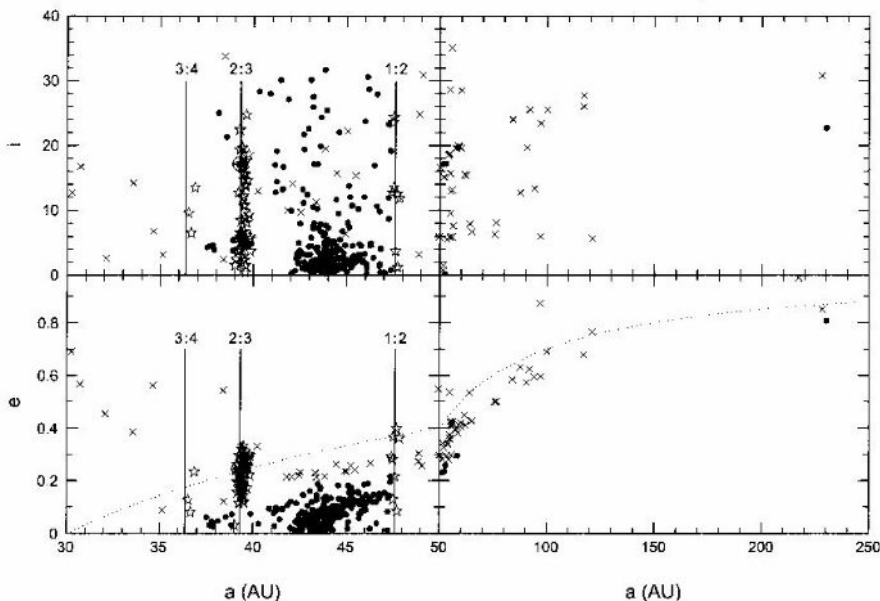
Do súčasnosti bolo objavených viac ako 1000 telies z odhadovaného počtu 70 000 s priemerom väčším ako 100 km. Takéto množstvo už umožnilo aj prvé štatistiky. Objekty rozptýleného disku ($q = 30$ až $Q = 1300$ AU) tvoria asi 1% objavených telies, kjobewany v klasickom páse približne dve tretiny EKB a objekty vnútorného pásu na rezonančných dráhach s Neptúnom (2:3-plutina, 3:4, 3:5, 1:2) približne 12% objavených telies.

Subpopulácie

Transneptúnické objekty sa tradične delia na 2 subpopulácie: rozptýlený disk a Edgeworth-Kuiperov pás v užšom zmysle. Definícia subpopulácií nie je jednoznačná, rôzni autori používajú mierne odlišné kritériá. Principiálne by bolo veľmi príjemné nazvať EK

pásom populáciu objektov, ktoré aj v prípade, že sú charakterizované chaotickou dynamikou, neabsolvujú blízke priblíženia k Neptúnu a nepodliehajú veľkým zmenám veľkej polosi. Opačne, telesá, ktoré majú menšiu veľkú polos blízky alebo vzdialenejšími prechodmi popri Neptúne by vytvorili rozptýlený disk. Problém presného oddelenia týchto subpopulácií tkvie v časovej škále. Môže sa stať, že teleso uväznené v rezonancii významne zmení svoju perihéliovú vzdialenosť a prejde z rozptýlenej do nerozptýlenej fázy (a opačne) niekoľko-krát za dobu existencie Slnecnej sústavy.

Preto dávame prednosť spojeniu definície rozptýleného disku s mechanizmom jeho vzniku. Rozptýlený disk je oblasť priestoru dráh, na ktoré sa môžu dostať telesá, ktoré sa stretli tesne s Neptúnom aspoň raz počas trvania Slnecnej sústavy, ak nedošlo k žiadnej významnej modifikácii dráh planét. EKB je potom doplnkom rozptýleného disku v oblasti $a > 30 \text{ AU}$.



Obrázek 2: rozdelenie dráh transneptúnických telies (prevzaté z práce Morbidelliho a Browna v monografii Comets II, 2004, p. 175-191).

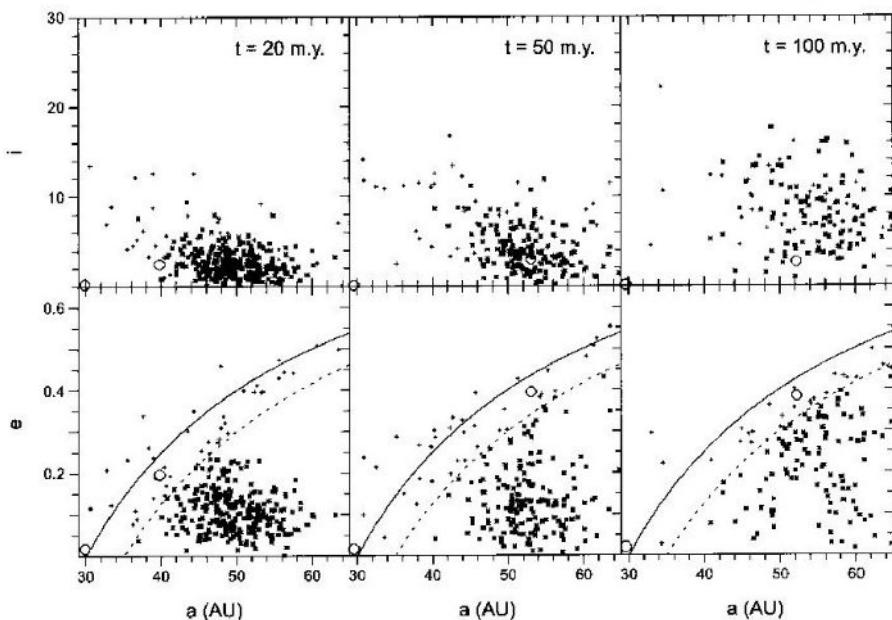
Na obrázku je rozdelenie dráh transneptúnických telies pozorovaných aspoň pri 2 návratoch. Telesá rozptýleného disku sú znázornené krížikmi, klasické EKB telesá bodkami a rezonančné telesá hviezdikami. Vzhľadom na absenciu dlhodobej numerickej integrácie pre všetky telesá je možné, že niektoré telesá sú zaradené nesprávne. Obrázok teda môžeme chápať ako znázornenie rozličných podskupín, ktoré tvoria transneptúnickú populáciu. Bodkovaná krivka označuje dráhy s perihéliom 30 AU. Zvislé spojité čiary označujú polohy rezonancií stredného pohybu s Neptúnom 3:4, 2:3 a 1:2. Dráha Pluta je označená preškrtnutým krúžkom.

Rozlišujeme ešte 2 ďalšie subpopulácie EKB. Poznáme telesá EKB, ktoré sú v hlavných rezonanciách stredného pohybu s Neptúnom 3:4, 2:3 a 1:2 (ale tiež 2:5). Je dobre známe, že rezonancie stredného pohybu poskytujú efektívnu ochranu pred blízky stretnutiami s rezonujúcou planétou. Všetky tieto objekty tvoria rezonančnú populáciu.

Súbor objektov s $a < 50$ AU, ktoré nie sú v nejakej význačnej rezonancii nazývame klasickým pásom. Nie sú chránené pred stretnutiami s Neptúnom, takže kritérium stability ich obmedzuje na dráhy s malou až priemernou excentricitou s $q < 35$ AU. Prívlastok klasický sa používa preto, že zo všetkých subpopulácií sa vlastnosti tejto najviac blížila tým, ktoré boli očakávané pre EKB pred prvými objavmi.

Počet 8 planét nemusí byť definitívny

O tom, že počet 8 nemusí byť konečný hovoria viaceré modely vývoja EKB. Predpokladajú v jeho vývoji existenciu veľkých planetezimál veľkosti Zeme alebo Marsu. Napr. Petit, Morbidelli a Valsecchi sa pokúsili vysvetliť ostrý okraj pásu v 50 AU. Použili na to numerickú simuláciu pohybu telesa veľkosti Marsu v dráhe s veľkou polosou približne 60 AU a excentricitou 0,15-0,20. Takáto planetezimála by mohla rozptýliť na dráhy križujúce Neptúnovu väčšinu objektov, ktoré boli pôvodne v oblasti 50-70 AU, zanechajúc tento región vyprázdnený. Súčasne by takáto planetezimála na svojej dráhe vo vzdialenosti približne 60 AU od Slnka nerušila vnútornú časť pásu pod 50 AU, silné poruchy by však musela spôsobiť počas svojho presunu z oblasti Neptúna do novej pozície. Podobne existencia Tritóna (mesiac Neptúna) a veľkého sklonu Neptúna môže byť vysvetlená prítomnosťou (niekedy v minulosti) množstva veľkých telies interagujúcich s Neptúnovou sústavou.



Obrázok 3: vývoj EK pásu pod vplyvom planetezimály o hmotnosti Zeme (prevzaté z článku Petita, Morbidelliho a Valsecchiho v Icaruse vol. 141, 1999, 367-387).

Na obrázku sú momentky vývoja EKB pod vplyvom planetezimály o hmotnosti Zeme, ktorá sa samotná vyvíja v rozptýlenom disku. Plná a prerušovaná čiara znázorňujú hranice 30 a 35 AU. Väčšia hodnota určuje súčasnú hranicu pre stabilitu v EKB za 42 AU a preto označuje prechod medzi klasickým a rozptýleným diskom. Testovacie častice (celkove

500) sú znázornené ako hviezdičky ak $q < 35$ AU a ako krížiky pre ostatné. Neptún a rozptyľujúca planetezimála sú znázornené prázdny krúžkom. Inicializačné dráhy testovacích častíc boli kruhové s nulovým sklonom medzi 35 a 55 AU.

Vieme, že ak sa také veľké teleso, ako predpokladaná rozptyľujúca planetezimála, raz oslobodí od Neptúna, neexistuje žiadny známy dynamický mechanizmus, ktorý by zabezpečil jeho neskoršie odstránenie zo systému. Takže toto teleso by muselo byť ešte stále prítomné niekde v oblasti medzi 50-70 AU. Pri telese veľkosti Marsu s albedom 4%, jeho zdanlivá jasnosť by bola väčšia než 20m. Pri sklone pod 10o by sa pohybovalo v oblasti, ktorá je predmetom mnohých prehliadok a preto predpokladáme, že by už bolo objavené. Nemožno však vylúčiť, že takéto teleso objavíme niekedy v budúcnosti a počet planét v Slnecznej sústave opäť vzrastie.

VÝZNAM ODBORNÉ POZOROVATELSKÉ ČINNOSTI HVĚZDÁREN PRO VÝUKU ASTRONOMIE

Eva Marková

Hlavní posláním hvězdáren bylo vždy především sledování oblohy a přístupnou formou seznamování široké veřejnosti s vědeckými poznatky z oboru astronomie a příbuzných věd, rozvíjení zájmové činnosti v oboru astronomie, podílení se na mimoškolním vzdělávání mládeže i dospělých a přiblížení dějů ve vesmíru široké veřejnosti. Děje se tak formou exkurzí, veřejných pozorování at' již v prostorách a na přístrojích přímo na hvězdárnách nebo pomocí přenosných dalekohledů na místech mimo, přednášek, zájmových kroužků, různých soustředění apod.

Astronomie je v tomto ohledu jedním z nejatraktivnějších vědních oborů. Vždyť snad neexistuje nic romantičtějšího než večer nebo případně noc strávená pod jasnou oblohou plnou hvězd. Základem pro studium astronomie je ale především matematika a fyzika. Pokud ale začneme posuzovat astronomii ze širšího hlediska, zjistíme, že zasahuje i do spousty dalších oborů, jako je např. historie, filosofie, literatura a především ekologie. Astronomie totiž dává odpovědi na nejzákladnější otázky, týkající se vztahu člověk k přírodě, lidské společnosti a vesmíru jako takového. Člověk, který je schopen se vnímavě podívat na oblohu, uvědomit si, jakým je smítkem vůči obrovskému rozměru vesmíru, jaký je zázrak, že vzniknul a že tu je, bude si pak daleko více vážit svého okolí a bude se k němu chovat daleko ohleduplněji.

Z toho všeho vyplývá, že astronomická pozorování na hvězdárnách hrají ve vzdělávacím procesu nedílnou a zcela nezastupitelnou roli a to nejen při vzdělávání veřejnosti, ale i samotných pracovníků hvězdáren, kteří vzdělávání provádějí. Neboť ten, kdo vzdělává, musí především neustále vzdělávat sám sebe, aby nezaostal za těmi, které má vzdělávat, aby jim měl stále co dávat. Navíc ten, kdo se nezabývá odbornou činností, pozorováním, nebo k němu nemá alespoň bezprostřední přístup, tedy může v nejlepším případě opakovat to, co si přečetl v literatuře nebo se dozvěděl ve sdělovacích pro-

středcích, případně na internetu, nepůsobí zdaleka tak přesvědčivě, jako když si věc může lidově řečeno „osahat vlastníma rukama“.

V poslední době, hlavně při posuzování ze strany studentů, ale často i některých vzdělávacích pracovníků, začíná převládat názor, proč chodit na hvězdárny, proč vůbec pozorovat, když je možné vše najít na internetu. Tento názor je ale v tomto ohledu naprosto scestný, i když je pravdou, že internet ve vzdělávacím procesu má velmi důležité postavení, přestože je zde kvalita informací velmi různorodá. Na internetu dnes můžeme najít takřka vše. Nesmíme ale zapomínat, že i data nebo informace, které nás zajímají, musel někdo před tím vytvořit a potom je na internet vložit, aby je pak další mohli využít třeba jako základ pro další bádání nebo pro rozšíření svých vědomostí v daném oboru.

Z výše uvedeného vyplývá, že pozorování jsou pro výuku astronomie velmi potřebná a přínosná a to jak pro ty, kteří výklad či obecně výuku provádějí, tak pro ty, kteří informace formou některé formy výuky či výkladu přijímají.

Obecně lze pozorování na hvězdárnách rozdělit do těchto kategorií:

- a) *veřejné pozorování;*
- b) *pozorování prováděná pracovníky;*
- c) *cílené pozorování a projekty;*
- d) *školní aktivity.*

Nyní rozebereme jednotlivé kategorie pozorování a jejich význam pro jednotlivé cílové skupiny.

a) Veřejné pozorování

Význam pro vzdělávání

Jedná se o zájmové nikoliv odborné pozorování zpravidla při návštěvě hvězdárny v rámci návštěvních hodin nebo pozorování zajímavých úkazů, což je mimo zadání tohoto povídání, ale nelze ho podceňovat. Často podnítl zájem některých mladých návštěvníků tak, že se potom zatouží sami tím zabývat. Začnou třeba provádět vlastní pozorování a případně se zapojí do některého z odborných pozorovacích programů, nebo třeba jen, hlavně ti mladší, začnou pracovat v kroužku, čím vlastně dále rozvíjejí svoji osobnost. Či se začnou zúčastňovat se letních škol (expedic) a tím se opět jejich zájem o astronomii a tím i o přírodu a dění kolem nich nadále rozvíjí. Důležité ale je, aby veřejné pozorování bylo vedeno erudovaným pracovníkem, který návštěvníky dokáže zaujmout a rozšířit jejich rozhled.

Význam pozorování pro ty, co výuku provádějí

Možná větší, než by se na první pohled zdálo. Pracovník, který má něco na obloze ukázat, musí především znát dobře oblohu a nebo aspoň to, co je zajímavé ukazovat nebo odborněji řečeno demonstrovat. A aby byla demonstrace pro návštěvníka zajímavá, je dobrá znát více nejen o daném objektu, ale i o souvislostech týkajících se ať už historie objevu či pozorování, tak i fyzikálních vlastností, případně i dalších zajímavostí. Zde je velmi důležitá i zpětná vazba, vedoucí ke zvýšené fundovanosti pracovníka. Je dobré zpětně vědět, zda demonstrovaný objekt byl návštěvníkem dobře vidět, zda ho zaujal nebo zda je lepší zaměřit se na jiné objekty a zda ho zaujal výklad. Na základě těchto poznatků má pak pracovník možnost dále na sobě pracovat, aby výsledek jeho snažení byl co nejlepší.

b) Pozorování prováděná hvězdárnami či pracovníky

Význam pozorování pro ty, co výuku provádějí

Sem patří všechny odborné programy prováděné na hvězdárnách a vlastní odborná

pozorování jejich pracovníků za účelem zvyšování odborné kvalifikace a bližšího seznámení se s objektem, který pak bude prezentován buď veřejnosti nebo školám či jiným návštěvníkům v rámci výuky. Hrají nejdůležitější roli ve vzdělávacím procesu pracovníků, protože lepším učitelem či školitelem je zpravidla ten, který je zapojen do některého pozorovacího programu, než ten, který o problému jen čte. Ten, kdo pozoruje, ví o problematice daleko více, dovede daleko lépe a fundovaněji o problému mluvit, protože on se vlastně dělí o své poznatky vyzískané vlastní zkušeností.

Odborné pozorovací programy hvězdáren vycházejí zpravidla z místních podmínek a to klimatických, materiálních (přístrojové vybavení i finanční možnosti) a v neposlední řadě i hraje roli i tradice. Tak se na řadě hvězdáren systematicky pozoruje Slunce, proměnné hvězdy, vzájemné zákryty nebeských těles, meziplanetární hmota, ale provádějí se i meteorologická pozorování. Samozřejmě sem patří i různá pozorování zajímavých úkazů jako jsou např. zatmění Slunce a Měsíce, přechody těles Sluneční soustavy přes Slunce, ale i neobvyklé úkazy v atmosféře. Účast pracovníka na těchto pozorováních a projektech vede k tomu, že pracovník mnohem detailněji pochopí fyzikální souvislosti a umí určitý jev pak daleko srozumitelněji vysvětlit.

Význam pro vzdělávání

Do řady pozorovacích projektů prováděných hvězdárnami se mohou zapojit (nebo někdy je dokonce žádoucí, aby se zapojili) i další účastníci mimo okruh pracovníků, ať už z důvodu pokrytí větších časových intervalů, získání většího množství dat, pokrytí větších oblastí pro případ špatného počasí a hlavně z důvodů časového omezení pracovníků hvězdáren. Do projektů se může v takovém případě zapojit kdokoli, kdo má chuť se něco nového naučit a případně se v tom určitém oboru zlepšit. Vedle dospělých nadšenců je to především mládež, která mnohem více touží po nových zážitcích a hlavně často není časově tak vytížená, jako většina dospělých.

Zapojení do projektů vedle osobního uspokojení ze smysluplné činnosti (u publikovaných výsledků i amatérský pozorovatel bývá uveden jako spoluautor) vede především k rozšíření znalostí a obzoru, mladí se naučí např. při pozorování Slunce, meteorů, zákrytů či např. proměnných hvězd systematické činnosti, práci v kolektivu, přesnosti a preciznosti a při zpracovávání všech pozorování pak praktickému využívání známého matematického a fyzikálního aparátu a logickému myšlení. To vše může být dobrým základem pro případné další studium a práci.

c) Cílené pozorování a projekty

Význam pozorování pro ty, co výuku provádějí

Nutnost bližšího seznámení se s tematikou a jejího detailního pochopení, aby bylo možné přesně připravit pozorování a rozvrhnout jednotlivé úkoly.

Význam pro vzdělávání

Typickým příkladem využití odborných pozorování byl v poslední době například projekt VT 2004, kde se do vzdělávacího projektu zaměřeného na pozorování přechodu Venuše přes sluneční kotouč zapojila velké množství škol i jednotlivců. Další projekt se připravuje a je jím Mezinárodní heliofyzikální rok 2007, v rámci něhož bude možné vyzkoušet některá jednoduchá pozorování Slunce a úkazů s ním spojených. Nezanebatelná je i účast při pozorování zatmění Slunce a Měsíce a zákrytů.

Tato pozorování opět vedou k systematickosti, pochopení nutnosti spolupráce, přesnosti, preciznosti i logickému myšlení.

d) Školní aktivity

Do této oblasti patří např. exkurze na hvězdárnách včetně nočních pozorování, Středoškolská odborná činnost (SOČ), Astronomická olympiáda, seminární, semestrální práce a diplomové práce.

Význam pozorování pro ty, co výuku provádějí

Potřeba bližšího seznámení se s problematikou a jejího detailního pochopení, aby bylo možné vést SOČ nebo být konzultantem či podílet se na vytváření úloh v případě Astronomické olympiády, či být konzultantem v případě seminární, semestrální práce a diplomové práce. Navíc toto působení přináší často nutnost řešení nových odborných problémů, které se při tom objeví a tím rozšíření obzoru konzultanta.

Význam pro vzdělávané

V případě Astronomické olympiády se naučí řešit jednoduché odborné úkoly, logicky myslet, často pak dojde k zapálení jiskřičky zájmu o astronomii či jiné přírodní vědy, což v konečném výsledku může vést až k úspěšnému vystudování některého z přírodních či technických oborů. V případě SOČ rozšíření znalostí v oboru, řada z účastníků se pak dále daný obor studuje.

Jakým způsobem vzdělávání probíhá

Pro ty, co výuku provádějí

Vlastním pozorováním a samostudiem, případně účastní na různých odborných seminářích a konferencích u nás i v zahraničí, kde mají možnost prezentovat svoje výsledky a zkušenosti a naopak získat další poznatky a zkušenosti od jiných.

Pro vzdělávané

V rámci školní výuky jsou to exkurze na hvězdárny či tématické přednášky pracovníků hvězdáren na školách. Velmi důležitá je náplň pro využití volného času mládeže se vzdělávacím dopadem. Mládež, kterou problematika zaujala, často třeba při některé z náhodných návštěv hvězdárny, pak navštěvuje astronomické kroužky, zapojuje se do činnosti různých klubů mladých astronomů, které při řadě hvězdáren působí, využívají možnosti různých pozorovacích akcí pořádaných hvězdárnami, ať už to je pozorování zatmění, víkendových pozorování, různých prázdninových soustředění a táborů, z nichž jedním z nejznámějších je Letní astronomická expedice každoročně probíhající na Hvězdárně v Úpici za spolupořádání HaP Mikuláše Koperníka v Brně a občanských sdružení APO (Amatérská prohlídka oblohy) a Sdružení pro astronomická pozorování.

V případě dospělých to jsou různé tématické přednášky, přednášky v rámci University třetího věku, Kluby astronomů při hvězdárnách.

Závěr

Závěrem lze stručně shrnout dopad a význam odborných pozorování.

1. zkvalitnění vzdělávací a popularizační činnosti, vyšší erudovanost pracovníků, kteří se podílejí na vzdělávacím procesu a popularizaci;
2. podchycení zájmu mládeže o přírodovědné a technické obory, tím v řadě případů ovlivnění budoucího studia;
3. výchovné působení na mládež ve vztahu k přírodě, vědě a technice a vedení k systematické činnosti, (mládež má možnost se na řadě pozorování podílet, jsou pak často i spoluautory odborných prací, takže nabývají pocitu smyslnosti činění);

4. prezentace výsledků odborné práce na seminářích a konferencích, v odborném a vědecko-populárním tisku a dalších médiích, účast na SOČ – kladné body při přijímacím řízení na vysoké školy

Poděkování

Děkuji svým spolupracovníkům, především ing. Marcelovi Bělíkovi a Jiřímu Kordulákovi za podnětné připomínky a rozdělení se o zkušenosti v oblasti vzdělávání a výuky astronomie.

VÁŠ PRŮVODCE VESMÍREM

(NEJEN) INTERNETOVÝ KURZ ASTRONOMIE

Zdeněk Pokorný

„Jestliže jste si stavěli vzdušné zámky, není vaše práce ztracena, postavíte-li pod ně nyní základy.“

William Makepeace Thackeray (1811 – 1863)

Mnozí pedagogové a astronomičtí pracovníci tuto situaci dobře znají: přichází za nimi adept astronomie a ptá se, co mu doporučují: astronomie ho zaujala, přečetl si o ní pár pěkných knížek a teď by chtěl udělat další krok vpřed. Koneckonců zavzpomínejte, jak tomu bylo ve vašem případě!

Určitě víte, že poradit není v tomto případě snadné a také ne vždy odpověď adepta uspokojí. S astronomií se až na útržky nemáme šanci seznámit v rámci pravidelné školní výuky. Číst pouze populárně-vědecké knihy, byť dobře napsané, může v zájemci vyvolat mylný dojem, že se obejdeme bez dobrého porozumění zejména fyzice, bez výpočtů a pozorování. Skvělé výsledky přijdou jaksi samy.

Je-li poblíž či dokonce v místě samém hvězdárna, je napůl vyhráno. Zde adept obvykle okusí pozorování velkým dalekohledem, zažije to, čemu obvykle říkáme *genius loci*, možná se seznámí s podobně zaměřenými lidmi. V cíli však ani zdaleka nejsme. Víme totiž, že adept potřebuje další *astronomické vzdělání*, tedy základní kurz zahrnující nejen teoretický výklad, ale i praktické činnosti. Takové kurzy sice na řadě našich hvězdáren formálně existují, ale mnohým zájemcům stoprocentně nevyhovují: konají se v dobu, kdy nemůže na hvězdárnu přijít, jsou zaměřeny na jiný věk účastníků než je ten jeho, bývá to jen jakési „pokračování školního biflování“ bez praxe. O tom, že by se nějak ověřovala účinnost takové výuky (tedy *zkoušelo se* a výsledek pak stvrzoval osvědčením), se většinou vůbec neuvažuje, snad kvůli podobnosti se školou. Přitom *vzdělávat* a *nezkoušet* je nesmysl. Astronomické kurzy na hvězdárnách se tak spíše proměňují v jakési kluby, kam zájemci podle svých možností docházejí a nezávazně se baví o astronomii.

Nemám vůbec nic proti takovému způsobu konzumace volného času - jenže *astronomická výuka musí vypadat jinak*. Nemůže být odkázána pouze na prostory hvězdáren -

to by adepti z míst, kde hvězdárny nejsou, byli pořádně diskriminováni. Výuka musí být nepochybně z časového hlediska individuální, vždyť každý zájemce o astronomii má ještě další zájmy a povinnosti, a pak i své vlastní představy, do jaké hloubky se chce astronomií zabývat.

Řešit tuto situaci pouze „klasicky“ (tedy podobně jako před desítkami let, což jsme mohli sami prožít) již nemá valného významu. Pokud bychom chtěli odstranit všechny nedostatky, s nimiž se astronomická výuka klasickými metodami potýká (stručný výčet je uveden o dva odstavce výše), byla by buď velice nákladná, anebo málo účinná. Nabízí se však možnost výuky prostřednictvím Internetu (*e-learning*), která - *je-li spojena s některými prvky klasickými* - se stává plnohodnotnou a relativně levnou variantou.

„Kdybych chtěl, aby toto dílo bylo perfektní, nikdy by nebylo dokončené...“

Čínské přísloví ze 13. století

Astronomický kurz **Váš průvodce vesmírem** je právě takovým případem výuky prostřednictvím Internetu. Poskytuje ucelený přehled soudobé astronomie a je sestaven tak, aby odpovídal našemu obvyklému způsobu poznávání okolního světa. Součástí kurzu jsou také jednoduchá pozorování kosmických objektů, řešení praktik, nepříliš složitých příkladů i rozsáhlejších úloh. Bez nich by bylo vzdělávání v astronomii značně neúplné. Kurz může zvládnout každý, komu není naprosto cizí matematika a fyzika. Znalosti obsažené v kurzu potřebují všichni vážní zájemci o astronomii, budoucí demonstrátoři hvězdáren i studenti univerzitních oborů, zaměřených na astronomii (pro ně je to zajisté jen základ, z něhož budou vycházet při dalším vysokoškolském studiu).

Vzhledem k tomu, že v projektu jsou zabudovány prvky distančního vzdělávání pomocí Internetu, je tím prakticky odstraněn handicap časově vytiženějších zájemců nebo těch, kteří se nemohou účastnit výuky přímo na některé hvězdárně. Každý zájemce si sám určuje stupeň (hloubku) svého astronomického vzdělávání.

Kurz **Váš průvodce astronomií** netvoří ovšem jen studijní materiál, umístěný na Internetu (viz vadecum.hvezdarna.cz). Obsahuje také prvky, které jej povyšují na kompletní vzdělávací projekt. O jaké prvky se jedná?

Při výuce se bez rady zkušenějšího obejdeme jen výjimečně - živého učitele žádný automat nenahradí. To platí zajisté univerzálně a důkazy poskytuje sama každodenní praxe. Proto ani v tomto kurzu nechybí možnost konzultací s odborníkem. Běžný postup při studiu lze popsat takto: student se snaží podle doporučených postupů a vysvětlení, uvedených na Internetu, vyřešit příklad, problém či úlohu. Nechápe-li vysvětlující text nebo vyskytne-li se nějaká komplikace (což je víceméně přirozené, nikoli výjimečné), má možnost **konzultace** s pracovníkem Hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně. Konzultanty jsou kvalifikovaní pracovníci brněnské hvězdárny, kde projekt vznikl a rozvíjí se. Komunikace se vede většinou prostřednictvím Internetu. Tato služba je placená (podrobnosti viz vadecum.hvezdarna.cz). Součástí konzultací je též **poradenství** - konzultant studentu doporučuje (nikoli prikazuje!) například individuální způsob a rychlost studia. I toto je důležitý prvek - kdyby student neměl možnost poradit se s odborníkem, mohl by třeba ztratit motivaci ke studiu.

Pokud si student přeje, může se na závěr podrobit **atestaci** svých znalostí a dovedností, která mu v řadě případů zajistí další kariérní postup. Atestace obsahuje prvky teoretické (příklady, úvahy...) i praktické (výsledky vlastních jednoduchých astronomických pozorování a praktik). Z toho jasně plyne, že pokud by student neřešil příklady, praktika a nezabýval se pozorováními, jež jsou součástí tohoto kurzu, při atestaci zcela jistě neuspěje, protože atestační otázky vycházejí právě z těchto příkladů a aktivit.

Navíc má každý ze zájemců možnost zúčastnit se víkendových astronomických **soustředění** na brněnské Hvězdárně. I ta jsou součástí (byť zcela dobrovolnou) tohoto

kurzu. Konají se podle zájmu obvykle několikrát do roka. Setkáním zájemců přímo v astronomickém prostředí se bezesporu zvyšuje motivace, usnadňují konzultace a navazování kontaktů.

Popište si nyní astronomický kurz **Váš průvodce vesmírem** podrobněji. Kurz sestává z 10 oddílů a dohromady obsahuje 60 kapitol. Zde je jeho rámcový obsah:

Prostorové představy, odvozené z přímých pozorování a nepřímými postupy. Objekty, které můžeme sledovat pouhým okem. Pohyb Slunce, Měsíce, planet a hvězd po obloze a hvězdné obloze. Přístroje pro výzkum vesmíru (přístroje optické i neoptické astronomie, ale zejména dalekohledy a radioteleskopy). Metody určování poloh, vzdáleností, velikostí, hmotností a chemického složení kosmických objektů. Důležité astrofyzikální diagramy. Stavba a vývoj hvězdných a planetárních systémů. Struktura hvězdného vesmíru (svět galaxií). Struktura a vývoj celého vesmíru (kosmologie). Život ve vesmíru, postavení člověka v tomto vesmíru.

Formálně je rozčleněn takto: každá z kapitol začíná **základním výkladovým textem**. Hodně se podobá klasickým učebnicovým textům – snaží se být jednoznačný a přehledný, není nijak rozsáhlý ... zkrátka je to učební text, nikoli beletrie. Podle potřeby je doplněn vysvětlujícími obrázky, grafy a tabulkami. Po základním textu následují další části, označené například *otázky, pozorování, čítanka*... Podle situace se v kapitolách vyskytují v různém pořadí jen některé části, ale třeba jich může být víc za sebou.

Jsou-li do kapitoly zařazeny kompaktní učební celky, kde se též používá rozsáhlejší matematický postup, odvození, větší množství definic apod., pak obvykle tvoří samostatné **doplňky** (typický příklad: odvození Pogsonovy rovnice).

Velmi důležitou součástí kurzu tvoří **otázky**. Najdete je takřka v každé kapitole, někdy je jich uvedeno pohromadě relativně dost (celkem je jich v kurzu téměř 400). Otázky jsou různého typu: někdy je na výběr jedna či více možností, jindy máme třeba doplnit slovo nebo část věty, někdy na otázku odpovídáte svými slovy. Všechny otázky jsou *jednoduché* (pozor: nejde o trik učitele, kterým chce studenty navnadit k řešení, *je tomu doopravdy tak* a nezastírejte, že jen relativně snadné otázky motivují k dalšímu studiu). Necht' proto nikoho nepřekvapí, že hned napoprvé lze hodně otázek vyřešit dobře - tak tomu má být. Některé otázky mají charakter příkladu, tedy něco je zapotřebí spočítat. K těmto otázkám-příkladům poznamenejme, že téměř všechny jsou řešitelné z paměti. Samozřejmě předpokládám, že při výpočtu součinu 15×4 nikdo nebude sahat po kalkulačce.

Úlohy k zamyšlení jsou poněkud jiné než předchozí otázky. Už z názvu plyne, že je zřejmě nevyřešíme do jedné minuty. Vyžadují rozmyšlení, někdy je třeba vyhledat potřebné údaje k výpočtu, které nejsou přímo zadány. Zde je také nezbytné diskutovat výsledek.

Zejména v prvních kapitolách je třeba absolvovat **pozorování** (kurz jich obsahuje 11). Jsou důležitou součástí celého kurzu, i když jde výhradně „jen“ o pozorování pouhým okem (někdy je možné použít i ruční triedr, ale podmínkou to není). Jedná se o jednoduché postupy, kterými se adeпти hvězdářství seznamují se základními způsoby, jak sledovat vesmír a osvojují si potřebné návyky pro astronomická pozorování. Nikdo nezastírá, že tato pozorování soudobou astronomii nijak neobohatí, jsou však cenná pro každého, kdo jí chce dobře porozumět. Kdo se nevyzná na noční obloze, nedokáže alespoň přibližně změřit úhlové vzdálenosti mezi dvěma objekty na obloze, není schopen

odhadnout jasnost objektu a neovládá další tucet základních dovedností z oboru, není *znalec* astronomie, jen pouhý její příznivec (v tom lepším případě)

Součástí mnoha kapitol jsou **praktika** (celkem je jich 19). I praktika - podobně jako pozorování - tvoří důležitou složku tohoto kurzu. V praktiku se řeší jistá experimentální úloha, přičemž jsou k dispozici vstupní data v podobě grafu, čísel v tabulce, snímku objektu apod. Některá praktika odpovídají úlohám, jež astronomové ve své době skutečně řešili právě takovým způsobem (a byly to zaručeně průlomové vědecké práce); nyní jejich postup z didaktických důvodů opakujeme, i když často používáme moderní data.

V praktiku je podrobně popsán celý pracovní postup, jsou již navrženy tabulky, do nichž se zapisují mezivýsledky a pak i výsledky, připraveny jsou též podklady pro grafy, které je třeba vytvářet. Tyto „napevno“ připravené podklady uvítají zejména ti, kteří se dosud nesetkali s rozsáhlejším zpracováním dat (připravené tabulky a grafy jsou tedy jistým vodítkem, jak dojít k cíli). Zkušenější studenti si předložený způsob zpracování jistě modifikují, uznají-li to za vhodné. Student k hodnocení, o němž bude řeč, odevzdává papírovou podobu pozorování nebo praktika. Proto jsou vždy popisy zadání a pracovních postupů (pro pozorování či praktika) odděleny od vstupních dat a výsledků - pak lze snadno vytisknout pouze ty části, kam se doplňují data, kreslí grafy, píší závěry.

Téměř do každé kapitoly kurzu je zařazen text, nazvaný **čítanka** (v celém kurzu je jich bezmála 90!). Vzpomínáte si na čítanky, které vás doprovázely při výuce mateřského jazyka už na základních školách? Vybrané astronomické texty - krátké, ale především zajímavé části již publikovaných knih nebo článků v časopisech - mohou přece splnit stejnou úlohu jako čítanky ve školách! Určitě zvyšují motivaci ke studiu, jsou to přece příběhy, poutavě napsané *různými autory*, jež se vztahují k právě probíranému tématu. Čítanka má samozřejmě také roli vzdělávací: pomocí ní si doplníte konkrétní poznatky, získané v základním textu. Nebudu zastírat, že zařazením čítanek do kurzu sleduji ještě jeden cíl: výběrem částí určitých děl se nenásilně formuje vkus čtenáře (uživatele). Mnozí si pak přečtou celou knihu, ze které úryvek pochází.

Také **medailony** plní podobnou funkci. V astronomii nebylo bezejmenných vědců. Je však jistě rozdíl, získáme-li o nich strohou informaci z nějaké naučné encyklopedie či výkladového slovníku, anebo si přečteme medailon psaný beletristickým stylem, uveřejněný v tomto kurzu.

Další součástí již není třeba podrobně popisovat, účel i obsah je jasný na první pohled. Tak tedy postupně: **citáty** slavných bývají nejen vtipné, ale i moudré. Vyplatí se nad nimi chvíli zamyslet. Spolu s kreslenými vtipy (s astronomickou tematikou, ovšemže) se starají o odlehčení studia, které připustíme někdy nás může pořádně unavovat. K osvětlení myslí poslouží i „**luštěniny**“ - tedy křížovky, doplňovačky a další kratochvilné výtvary, které ovšem také nepostrádají vzdělávací aspekt. **Rady a „drobnosti“** mohou být plně užitečné pro ty, kteří jsou mladší a ne-stihli se ve škole naučit některé potřebné věci zejména z matematiky a fyziky. **Speciální otázka** bývá opravdu „speciální“: často shrnuje poznatky z větších celků, nutí nás třeba i déle rozvažovat o odpovědi. Součástí kurzu je též stručné **shrnutí** obsahu, které najdeme na konci každého z deseti oddílů. V několika odstavcích textu se zde uvádějí podstatné okolnosti, jež se rozebíraly v příslušném oddílu. Tato shrnutí slouží k tomu, aby se studenti ujistili, že chápou informace uvedené v kapitolách příslušného oddílu.

Poslední část každé kapitoly tvoří oddíl s **výsledky**. Jsou v něm uvedeny číselné výsledky (a často i postup) pro všechny otázky, úlohy k zamýšlení, praktika a pozorování (u pozorování jsou to spíše poznámky k očekávaným výsledkům).

„Slyším a zapomenu. Vidím a zapamatuji si. Dělán a porozumím.“

Citát je připisován řadě autorit, mimo jiné Konfuciovi (552? - 479? př. n. l.)

Obecně platí, že výuka bez ověřování znalostí studentů není plnohodnotná. Platí to zajisté i v případě astronomické výuky, byť vedené netradičními způsoby. Chceme-li sami

sobě i světu kolem dokázat, že máme jisté znalosti a dovednosti, je nejrozumnější se nechat vyzkoušet od autorit, které dokáží posoudit, co doopravdy známe a umíme. Má-li navíc taková zkouška pevně daná pravidla a nehybí-li o ní dokumentace, je její vypovídací hodnota dost vysoká. Takový postup se používá v celém kulturním světě a ve většině oborů lidské činnosti, nikdo zatím nic lepšího nevymyslel.

Také kurz ***Váš průvodce vesmírem*** lze zakončit zkouškou - **atestací**. Ta se skládá osobně na Hvězdárně a planetáriu Mikuláše Koperníka v Brně před atestační komisí (jinde ji složit nelze - to je jeden z prvků, zabraňujících zpochybňování zkoušky). Zkušební komisi tvoří kvalifikovaní odborníci (s vědeckou hodností Ph.D. či její obdobou v astronomii, často též s kvalifikací vysokoškolského učitele astronomie).

Atestace má část písemnou a ústní. V první písemné části adept odpovídá na otázky a řeší úlohy k zamyšlení položené otázky a úlohy k zamyšlení se generují ze souborů, které jsou obsaženy v tomto kurzu (nebo jsou jen mírně modifikovány). Je-li student úspěšný, pokračuje druhou částí ústní, kde komisi předloží výsledky svých pozorování a praktik. Hodnotit pozorování a praktika je záměrný prvek, zcela v duchu výše uvedeného citátu. Komise pak se studentem rozebírá jeho protokoly a hodnotí, do jaké míry chápe postupy a závěry, jež prezentuje. Hodnotí se také úplnost výsledků a způsob zpracování. Komise se během ústní zkoušky dotazuje i na řešení úloh k zamyšlení z písemné části, aby si ověřila, že jim student doopravdy rozumí a neopsal je odněkud zcela mechanicky (poznámka: u atestace je povoleno používat libovolné donesené pomůcky). Výsledek atestace zní buď „prospěl(a)“ nebo „neprospěl(a)“. V případě neúspěchu je možné atestaci opakovat, jednotlivé atestace se hodnotí nezávisle na sobě. Detaily o atestacích viz *vademecum.hvezdarna.cz*. Atestace jsou zpoplatněny, přičemž poplatek za první atestaci je jen symbolický, za druhou a zejména pak třetí a další se rychle zvyšuje.

O průběhu atestace se vede záznam, úspěšný absolvent zkoušky dostane písemné osvědčení (certifikát). Jakou má platnost a k čemu opravňuje? Atestace tohoto druhu je typickou vnitropodnikovou záležitostí, která nemá právní účinnost mimo brněnskou Hvězdárnu. Nicméně lze ji respektovat jako nezpochybnitelný kvalifikační stupeň i v dalších hvězdárnách a planetáriích v Česku. Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně považuje tuto atestaci za nutný kvalifikační předpoklad pro mnohé aktivity (budou ji muset mít všichni zájemci o složení demonstrátorské zkoušky, musí ji složit všichni uchazeči o zaměstnání na Hvězdárně na pozicích odborných pracovníků apod.). Atestace je brána jako pozitivní faktor u uchazečů o studium astronomie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. Největší význam má však tato atestace pro samotného zájemce o astronomii - vždyť jen takto si dokáže zcela nezpochybnitelným způsobem, že základům astronomie již dobře rozumí!

Závěrem ještě několik poznámek k tomuto kurzu. Jak rychle jej lze zvládnout? Internetové kurzy mají oproti tradičním tu výhodu, že si okamžik zahájení a rychlost postupu určuje sám student (pravda, u líných to může být i nevýhoda, ale budiž). Přesto každému, kdo je rozhodnut začít, doporučuji neodkládat start na pozdější dobu. **Pozorování** jsou nakupena zejména na začátku kurzu; to ale neznamená, že nelze postoupit dál, dokud nebudou všechna hotova. Doporučuji začít pracovat na co největším počtu pozorovacích úloh, protože zde nás bude omezovat počasí a viditelnost Měsíce či dalších kosmických objektů, jež je třeba sledovat. K pozorovacím úlohám se musíme vracet tak dlouho, dokud všechna neabsolvujeme. U **praktik** je tomu jinak: ta je třeba vypracovat tehdy, když na ně přijde řada. Nechávat si je „na poslední chvíli“ není rozumné už proto, že jejich vyřešením získáváme poznatky, které při dalším studiu potřebujeme.

Celý kurz lze jistě absolvovat v průběhu jednoho roku. Samozřejmě budou i takoví, kterým se to podaří řekněme za poloviční dobu. Vždy však si musíme připomínat: cílem

není „lámat rekordy“ v rychlosti, s jakou celý kurz absolvujeme, ale spolehlivé zvládnutí základů astronomie - a v neposlední řadě chceme mít z poznávání světa planet, hvězd a galaxií i nemalé potěšení.

Jsou konzultace doopravdy potřebné? Kompletní kurz **Váš průvodce vesmírem** je uveřejněn na internetové stránce *vademecum.hvezdarna.cz*. K tomu, abychom jej mohli používat, nejsou zapotřebí žádná přístupová hesla, neplatí se žádné poplatky - kurz je volně k dispozici. „Vše je zdarma na Internetu,“ zní tedy první sdělení. To uklidní a potěší zejména ty, kteří stále podléhají iluzi, že „veškeré vzdělání musí být bezplatné“. Ponecháme stranou diskusi na toto téma; podstatnější je, zda se student bez učitele doopravdy obejde. Ve výjimečných případech asi ano - to je moje opatrná odpověď - ostatně příběhy samouků jsou známy, ale je jich jen pranepatrně. Většinou učitele potřebujeme, neboť nás vede, ovlivňuje, šetří nám čas (i tím, že popohání), nenechá nás dlouho bloudit.

Internetový kurz **Váš průvodce vesmírem** si ponechává výhody distančního vzdělávání (těmi jsou především volba tempa, času a místa studia), ale též k nim přiřazuje možnost „zaplatit si“ kvalifikovaného učitele. Doporučuji každému zájemci, aby tuto službu využil, jeho astronomické vzdělávání dostane novou dimenzi. Tato služba je omezena časově na 6 měsíců (lze ji však libovolněkrát prodlužovat) a je určitě cenově dostupná každému zájemci (stačí ji porovnat s obvyklými cenami např. za jazykové či sportovní kurzy).

Pro koho je kurz vhodný? Uvádím-li, že se hodí pro každého od 13 do 99 let, pak to opravdu není pouhý reklamní trik - kurz **Váš průvodce vesmírem** je skutečně sestaven tak, aby jej zvládli jak třináctiletí, tak aby s ním byli spokojeni i senioři. Je jasné, že ti nejmladší nebudou postupovat raketovým způsobem a leccos se budou dovídat dříve než ve škole (ostatně, kdyby se jim kurz zdál opravdu zcela nestravitelný, stačí počkat rok-dva a potom bude vše vyhlížet jinak).

Věk ovšem není nejdůležitějším kritériem pro rozhodnutí, zda se má do kurzu zájemce pustit či nikoli. Tím hlavním hlediskem je především adepta *náklonnost k astronomii, přírodním vědám vůbec, a také k matematice*. Po pravdě řečeno nedovedu si představit úspěšného absolventa kurzu, který by měl ve škole vážné potíže s matematikou, jehož by počítání vůbec nebavilo. Astronomie je plná matematiky a fyziky (i když to tak po pročetí mnohé populárně-vědecké knihy nevypadá), a v tom je její síla a koneckonců i krása.

„Máš-li co lepšího, ven s tím, jinak se poddej!“

Quintus Flaccus Horatius (65 - 8 př. n. l.)

Projekt, jehož součástí je kurz **Váš průvodce vesmírem** a s ním spojené další aktivity, je zřejmě nejen v Česku, ale i ve světě ojedinělý. Jistěže - na Internetu lze nalézt řadu různých učebních textů z astronomie, ty však bývají úzce vázány na klasickou výuku (spíše mají funkci sylabů), anebo jsou to jen informativní texty, často slovníkového typu (nejspíše obdoba našeho *základního textu*). Kompletní elektronický kurz s částí teoretickou i praktickou včetně ověřování znalostí jsem na Internetu nenašel.

Už z tohoto aspektu - projekt je zřejmě unikátní - je užitečné podrobit jej **analýze SWOT** (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Tato standardní metoda umožňuje porovnat silné a slabé stránky nějakého záměru, postoje či rozhodnutí. Nejdříve zhodnotíme výhody a nevýhody z pohledu vnitřního, tj. Hvězdárny a planetária Mikuláše Koperníka v Brně a zájemců, kteří mohou její služby využívat, a poté z pohledu vnějšího - zde budeme hodnotit faktory, jež charakterizují vnější prostředí a tuto dobu.

Vnitřní faktory

Přednosti:

- zájemce si sám určuje, do jaké míry, v jakém čase a jak rychle se bude astronomicky vzdělávat; tento způsob je výhodný zejména pro výrazně talentované jedince;
- vzdělávání není omezeno jen na účastníky z Brna a blízkého okolí;
- astronomické vzdělávání je dostupné *všem zájemcům* bez ohledu na věk to dosud na brněnské Hvězdárně, ale i většině dalších nebylo možné zabezpečit;
- úplné studijní materiály, volně přístupné každému zájemci na Internetu, a nabídka konzultací představují dostatečně efektivní (i po finanční stránce) systém astronomického vzdělávání; bezprostřední kontakt s konkrétním astronomickým pracovištěm (*genius loci*) zabezpečí zájemcům např. víkendová soustředění na brněnské Hvězdárně či jiné formy spolupráce;
- zapojení řady pracovníků Hvězdárny do vzdělávacího systému legitimizuje potřebu jejich vysoké odborné kvalifikace;
- případnému zvýšenému zájmu studentů se lze přizpůsobit operativněji než v klasickém vzdělávacím systému, protože se jedná o krátkodobé akce se zaručeným počtem účastníků (konzultace, atestace, víkendová soustředění), nikoli jako doposud o celoroční kurzy (o které mnozí v průběhu roku ztrácejí zájem);
- tento astronomický vzdělávací systém je navržen tak, že je finančně únosný pro všechny zájemce, a navíc zvýhodňuje talentované jedince;
- systém má jasně definovaný výstup v podobě atestačních zkoušek, jejichž úroveň je garantovaná.

Slabiny:

- méně talentovaní a neprůbojní adepti, zvyklí na klasický školský systém s učitelem, mohou mít potíže s motivací;
- studijní materiály pro studenty nebudou po jistou dobu kompletní a zcela definitivní, neboť se budou upravovat podle nabytých zkušeností (toto je ovšem jen *efekt druhého řádu*);
- někteří pracovníci či spolupracovníci z okruhu brněnské Hvězdárny mohou být silně kritičtí zejména vůči koncepci tohoto vzdělávacího systému a zveřejněným studijním materiálům, aniž by ovšem sami přinesli svou kůži na trh a publikovali vlastní systém a příslušné studijní materiály.

Vnější faktory

Příležitosti:

- rozšíření, spolehlivost a cena za používání Internetu dosáhly již nyní stavu, který plně umožňuje efektivní vzdělávání „na dálku“ (a s časem se bude situace ještě zlepšovat); tohoto faktu je třeba využít v oblasti astronomického vzdělávání jednotlivců *právě nyní*, dokud se tento způsob nestane zcela běžným (jde o využít „momentu překvapení“);
- díky existenci kompletního systému (ucelené studijní materiály, jasně definované výstupy v podobě atestací) a faktu, že se lze vzdělávat *distančně*, bude tento vzdělávací systém přitažlivý pro mnohé zájemce v Česku (a možná i na Slovensku);
- výstup v podobě atestací má šanci stát se všeobecně uznávanou základní úrovní

astronomických znalostí a dovedností, k níž lze vztahovat nebo s ní poměřovat případné další.

Hrozby:

- některé hvězdárny či jiné astronomické instituce, občanská sdružení nebo jednotlivci mohou usilovat o *napodobení* tohoto vzdělávacího systému; tomu se lze bránit jen obtížně, protože jej nelze „patentovat“, a ochrana daná autorským zákonem zde nestačí (přichází v úvahu jen průběžná optimalizace stávajícího systému a inovace).

Analýza SWOT zřetelně ukazuje, že výhody tohoto způsobu astronomického vzdělávání jednotlivců převažují nad nevýhodami a možnými riziky. To zvyšuje pravděpodobnost, že se jedná o krok správným směrem, což autorovi a realizátorům projektu dodává další, tolik potřebnou motivaci.

SLUNEČNÍ SOUSTAVA

POHLEDEM KOMICKÝCH SOND

František Martinek

Hvězdárna Valašské Meziříčí

Úvod

4. října 2007 uplyne 50 let od vypuštění první umělé družice Země (sovětský Sputnik 1). Byla tak zahájena kosmická éra lidstva. Brzy následovaly do vesmíru i první kosmické sondy, které daly astronomům možnost mnohem detailnějšího průzkumu těles Sluneční soustavy.

Za uplynulé období bylo díky kosmickým sondám zkoumáno Slunce, všechny planety, které kolem něj krouží, sondy byly vyslány k Měsíci, k planetkám i ke kometám. Některé kosmické sondy dokonce opustily prostor, kde obíhají planety a nyní předávají na Zemi informace o prostředí ve velkých vzdálenostech od Slunce.

Výzkum Slunce

Výzkum Slunce má bohatou tradici sledování pomocí pozemních dalekohledů, ale také prostřednictvím družic na oběžné dráze kolem Země. Některé astronomické observatoře byly však navedeny na oběžné dráhy kolem Slunce. Ze současných kosmických observatoří, které sledují Slunce, si připomeňme alespoň některé:

ULYSSES (ESA, start 1990) - zaměřena především na výzkum polárních oblastí Slunce a prostředí nad i pod ekliptikou.

SOHO (NASA, ESA, start 1995) - nepřetržitě sleduje Slunce z oběžné dráhy kolem Lagrangeova libračního bodu L1, vzdáleného od Země zhruba 1,5 miliónu km směrem ke

Slunci. Mj. zaregistrovala v blízkosti Slunce již více než 1200 komet tzv. Kreutzovy skupiny.

GENESIS (NASA, start 2001) - v oblasti libračního bodu L1 prováděla sběr částic slunečního větru. Přistání návratového pouzdra bylo dramatické, nicméně cenný materiál se podařilo zachránit.

Solar-B - Hinode (JAXA, start 2006) - do výzkumu Slunce se zapojí z oběžné dráhy kolem Země.

STEREO (NASA, start 2006) - dvojice identických observatoří k výzkumu Slunce. Kolem Slunce budou kroužit po podobné dráze jako Země. Jedna se bude nacházet zhruba 30° před Zemí, druhá naopak 30° za Zemí. Získají tak trojrozměrný pohled na sluneční jevy.

Plánované družice a sondy:

Coronas-Photon (Rusko, start 2007) - jedná se o třetí družici projektu Coronas. Kromě Slunce bude detekovat i kosmické rentgenové zdroje.

Solar Dynamics Observatory (NASA, start 2008) - tři vědecké přístroje na palubě se zaměří na tzv. helioseismologii a studium magnetického pole Slunce, dynamiky sluneční atmosféry a vlivu sluneční činnosti na Zemí.

Solar Sentinels (NASA) - projekt předpokládá navedení 4 sond na oběžné dráhy kolem Slunce v prostoru drah planet Merkur a Venuše, navedení jedné sondy do polohy 120° před Zemí ke sledování „odvrácené“ strany Slunce a jedna družice bude kroužit kolem Země.

Solar Orbiter (ESA, start 2015) - sonda se přiblíží ke Slunci na vzdálenost 45 poloměrů Slunce (tj. 31 miliónů km) a bude pořizovat snímky Slunce s rozlišením 100 km.

Výzkum planet

MERKUR

Nejvnitřnější planeta byla zkoumána pouze sondou **Mariner 10** při třech průletech v březnu a září 1974 a v březnu 1975. V roce 2004 vypustila NASA sondu s názvem **MESENGER**, která po absolvování gravitačních manévřů u Země (2005), Venuše (2006 a 2007) a u Merkuru (leden a říjen 2008, září 2009) bude 18. 3. 2011 navedena na oběžnou dráhu kolem planety.

ESA ve spolupráci s japonskou organizací JAXA připravuje dvojdielnou kosmickou sondu **BepiColombo**, jejíž start je naplánován na srpen 2013, přilet k Merkurmu na srpen 2019. Původně se počítalo i s přistávacím modulem - jeho vývoj však byl zrušen.

VENUŠE

Výzkum Venuše byl prováděn v počátcích kosmonautiky sovětskými sondami **Veněra** a **VEGA 1 a 2** (které pak pokračovaly v letu k Halleyově kometě). Do atmosféry Venuše vypustily 2 balóny o průměru 3,4 m. Radarový průzkum celého povrchu Venuše provedla americká sonda **MAGELLAN** (start 1989).

Před několika měsíci zahájila průzkum atmosféry Venuše evropská sonda **VENUS EXPRESS** (start 2005). Na rok 2010 plánuje Japonsko vyslat k Venuši sondu **PLANET-C** (Venus Climate Orbiter) za účelem průzkumu atmosféry planety z protáhlé eliptické dráhy.

V plánech Ruska je na rok 2013 uváděn start sondy **VENĚRA-D**, která by měla na povrch Venuše vysadit přistávací modul o hmotnosti 1 300 kg. V amerických plánech figurují projekty **Venus In-Situ Explorer** (2013) a **Venus Surface Explorer** (2020). Realizace těchto posledních projektů je zatím nejasná.

ZEMĚ

Zemi sleduje velké množství umělých družic, zaměřených především na studium pevnin, hydrosféry a atmosféry, jejich vzájemných interakcí, výzkum magnetosféry, vlivu kosmického prostředí na Zemi apod. Vzhledem k zaměření přednášky další podrobnosti neuvádím.

MĚSÍC

V poslední době se výzkumu Měsíce příliš velká pozornost nevěnovala. Výjimkou jsou sondy **Clementine** (NASA, 1994), **Lunar Prospector** (NASA, 1998) a **SMART-1** (ESA, 2003). Vzhledem k plánovanému návratu Američanů na Měsíc v roce 2018 (pilotované lety kosmické lodi **ORION**) se připravuje rovněž výzkum pomocí automatů, který bude návratu astronautů na Měsíc předcházet. **Lunar Reconnaissance Orbiter** (NASA, 2008) - bude provádět mapování povrchu s vysokým rozlišením, určování výškového profilu povrchu Měsíce, pátrání po přítomnosti vodního ledu a bude provádět výzkum vlivu kosmického záření na lidské tkáň. Společně s touto sondou bude vypuštěna i družice **LCROSS**, která plánovaně narazí do měsíčního povrchu v oblasti předpokládaného výskytu vodního ledu.

Do roku 2016 počítá NASA s dalšími kosmickými sondami, jednou z nich by měla být mise **Lunar South Polar Aitken Basin Sample Return** (NASA, 2010-2013). Jejím úkolem bude odběr asi 2 kg měsíční horniny z oblasti předpokládané přítomnosti vodního ledu a jejich doprava do pozemních laboratoří.

Již několik let je pro technické problémy odkládán start japonské sondy **LUNAR-A**, která by měla mj. dopravit na Měsíc dva penetrátory, které se „zapíchnou“ do měsíčního povrchu na různých místech a budou studovat podpovrchové vrstvy. Jako termín startu je nyní uváděn rok 2009.

V roce 2007 se k Měsíci vydá jiná japonská sonda s názvem **SELENE** o hmotnosti téměř 3 tuny, jejíž součástí budou i dva malé subsatelity.

Do výzkumu Měsíce se hodlají zapojit také Indie a Čína. Indická sonda s názvem **Chandrayaan-1** by měla odstartovat v roce 2008. Na jejím přístrojovém vybavení se podílí také NASA, ESA a Bulharsko. Její hmotnost bude něco přes 500 kg. První čínská sonda k Měsíci s názvem **Chang'e-1** (start 2007/2008) bude provádět výzkum z oběžné dráhy, zaměřený mj. na určování chemického a mineralogického složení. V dalších plánech Číny figuruje vysazení pojízdné laboratoře na povrch Měsíce (2012) a odběr vzorků z měsíčního povrchu (2017).

V plánech ruské kosmonautiky figuruje předběžný návrh sondy **Luna-Glob** s předpokládaným startem v roce 2012. Orbitální část sondy by měla dále nést 10 penetrátorů **HSP** [High Speed Penetrator] dopadajících vysokou rychlostí, 2 pomalejší penetrátory/přistávací přístroje **PL** [Penetrator/Lander] a jednu unikátní polární stanici **PS** [Polar Station]. Pokud se týká pilotovaných letů, po obnovení krátkodobých pobytů by mělo přijít na řadu budování stále vědecké základny (plány NASA). Sporadicky informují o vlastních plánech pilotovaného výzkumu Měsíce i další státy, avšak bez větších podrobností.

MARS

Mars je a bude v následujícím období nejvíce sledovanou planetou - podrobnější informace v přednášce Ing. Marcela Grüna: Současný výzkum Marsu pomocí kosmických sond.

JUPITER

Detailní informace o největší planetě Sluneční soustavy přinesly americké sondy **Pioneer 10 a 11**, **Voyager 1 a 2**, částečně i evropská sonda **ULYSSES** a americká **CASSINI**, ale hlavně poslední sonda **GALILEO**.

V únoru 2007 prolétne kolem Jupitera sonda **NEW HORIZONS**, mířící k Plutu a dále do oblasti Kuiperova pásu. Při průletu se zaměří na studium atmosféry planety, jejího magnetického pole a dále na výzkum prstenců a měsíců.

NASA připravuje na srpen 2011 vypuštění sondy **JUNO**. Po navedení na polární oběžnou dráhu se zaměří na komplexní výzkum této obří plyné planety (mj. na zjištění přítomnosti kamenného jádra).

Delší dobu se hovořilo o projektu **JIMO** (Jupiter Icy Moons Orbiter). Připravovaná sonda nové generace, vybavená nukleárním pohonem, měla střídavě z oběžné dráhy dlouhodobě zkoumat ledové měsíce Jupitera - Europu, Ganymeda a Kallisto. Projekt však byl odložen na neurčito.

V dalších, doposud neschválených plánech NASA figurují projekty, jako je **Jupiter Polar Orbiter with Probes** či **Jupiter Flyby with Probes** (2020), ale také sondy, které by se mohly zaměřit pouze na detailní průzkum měsíce Europa, respektive jeho vodního oceánu (Europa Geophysical Explorer, 2015) apod. Jejich osud je však nejistý.

SATURN

Pioneer 11, **Voyager 1 a 2**, a v současné době **CASSINI**, to jsou kosmické sondy, které se zaměřily na výzkum této nádherným prstencem opatřené planety. Unikátní operací bylo přistání evropského modulu **Huygens**, který se oddělil od sondy Cassini, na povrchu měsíce Titan (jediného měsíce, obklopeného hustou atmosférou, dokonce hustější než pozemská). Žádné další projekty k výzkumu Saturnu se zatím nepřipravují.

URAN

Kromě výzkumu pomocí velkých pozemních dalekohledů a pomocí HST byla tato planeta studována pouze během průletu kosmické sondy **Voyager 2** (1986). V současné době se žádná další sonda k Uranu nepřipravuje. Objevily se pouze informace o možném vypuštění sondy **NEW HORIZONS II**, která by zamířila rovněž do oblasti Kuiperova pásu, tentokrát by využila k urychlení gravitačního pole planety Uran (a také by provedla jeho výzkum).

NEPTUN

Výzkum pouze sondou Voyager 2. V současnosti se žádná další sonda k Neptunu nepřipravuje.

Trpasličí planety

Na konferenci Mezinárodní astronomické unie, která se v srpnu 2006 uskutečnila v Praze, byla zavedena kategorie trpasličích planet, do níž zatím patří Pluto, Ceres a Eris. K Plutu směřuje sonda **NEW HORIZONS** (start v lednu 2006). Kolem Pluta prolétne v červenci 2015 a bude pokračovat dál v cestě do prostoru Kuiperova pásu. Předpokládá se výzkum alespoň jednoho tělesa z této oblasti. Ceres a Eris byly zkoumány pouze pomocí HST a velkými pozemními dalekohledy.

Planetky

Dvě největší tělesa hlavního pásu asteroidů (Vesta a Ceres) bude zkoumat připravovaná americká kosmická sonda **DAWN** (start v červnu 2007). Na své cestě prolétne v březnu 2009 kolem Marsu a v září 2011 bude navedena na oběžnou dráhu kolem planetky Vesta. V dubnu 2012 se vydá na přeletovou dráhu k planetce Ceres (přílet v únoru 2015),

kteřou bude zkoumat do července 2015 (ukončení mise).

ESA připravuje kosmickou sondu **DON QUIJOTE** k jedné z tzv. blízkozemních planetek. Ve skutečnosti se jedná o dvojici sond, které se po společném startu vydají k téže planetce po různých drahách. Sonda **SANCHO** přiletí k planetce o 6 měsíců dříve, vysadí na jejím povrchu výzkumný modul a bude planetku studovat z oběžné dráhy. Druhá sonda s názvem **HIDALGO** pak do planetky narazí rychlostí 10 km/s. **SANCHO** bude z bezpečné vzdálenosti tuto operaci sledovat.

Komety

V posledních letech byla výzkumu komet kosmickými sondami věnována zvýšená pozornost: **Deep Space-1** (NASA, průlet kolem komety 19P/Borrelly, 2001), **CONTOUR** (NASA, plánovaný výzkum komety 2P/Encke, zhruba měsíc po startu ztraceno spojení se sondou), **STARDUST** (NASA, v roce 2004 průlet kolem komety 81P/Wild 2, sběr kometárního materiálu a jeho doprava na Zemi), **DEEP IMPACT** (NASA, výzkum komety 9P/Tempel 1 - snímkování a bombar-dování jádra za účelem určení jeho složení - červenec 2005).

V současné době směřuje ke kometě 67P/Churyumov-Gerasimenko evropská kosmická sonda **ROSETTA**. Cílem sondy je nejen průzkum kometárního jádra z oběžné dráhy, ale modul **Philae** má uskutečnit v roce 2014 přistání na jeho povrchu.

SONDY PRO VÝZKUM MARSU

(přehled)

Marcel Grün

Název	Stát	Start	Hodnocení
1M No.1	SSSR	1960-10-10	Průletová sonda. Havárie nosné rakety.
1M No.2	SSSR	1960-10-14	Průletová sonda. Havárie nosné rakety.
Sputnik (14)	SSSR	1962-10-24	Průletová sonda. Exploze urychlovacího stupně na dráze kolem Země.
Mars 1	SSSR	1962-11-01	Průletová sonda. Během letu ztraceno spojení.
Sputnik (15)	SSSR	1962-11-04	Pokus o přistání. Sonda zůstala na oběžné dráze kolem Země.
Mariner 3	USA	1964-11-05	Průletová sonda. Ztraceno spojení.
Mariner 4	USA	1964-11-28	První snímky pořízené během průletu (21 foto).
Zond 2	SSSR	1964-11-30	Průletová sonda. Během letu ztraceno spojení.
Mariner 6	USA	1969-02-25	Průletová sonda (75 foto).
M-69 No.521	SSSR	1969-03-27	Pokus o družici. Havárie nosné rakety.
Mariner 7	USA	1969-03-27	Průletová sonda (126 foto).
M-69 No.522	SSSR	1969-04-02	Pokus o družici. Havárie nosné rakety.
Mariner 8	USA	1971-05-09	Pokus o družici. Havárie nosné rakety.
Kosmos 419	SSSR	1971-05-10	Pokus o družici. Sonda zůstala na oběžné dráze kolem Země.

Název	Stát	Start	Hodnocení
Mars 2	SSSR	1971-05-19	2. umělá družice (bez dat)
• Mars 2-SM	SSSR	1971-05-19	Nezdařený pokus o přistání.
Mars 3	SSSR	1971-05-28	3. umělá družice (8 měsíců vysílala data)
• Mars 3 - SM	SSSR	1971-05-28	První měkké přistání, 20 s vysílala povrchu.
Mariner 9	USA	1971-05-30	1. umělá družice (7329 snímků).
Mars 4	SSSR	1973-07-21	Pokus o družici. Uskutečnil se pouze průlet.
Mars 5	SSSR	1973-07-25	4. umělá družice (data jen 9 dní, 60 snímků).
Mars 6	SSSR	1973-08-05	Průlet (výsledky zákrytu), pokus o vysazení přistávacího modulu.
• Mars 6 - SM	SSSR	1973-08-05	Nezdařený pokus o přistání, ztráta spojení těsně před dosednutím.
Mars 7	SSSR	1973-08-09	Průlet základní části a pokus o vysazení přistávacího modulu.
• Mars 7 - SM	SSSR	1973-08-09	Nezdařený pokus o přistání. Pouzdro se neoddělo.
Viking 1- Orbiter	USA	1975-08-20	5. umělá družice (do 7.08.80 mapování), vysazení přistávacího modulu.
• Viking 1-Lander	USA	1975-08-20	19.6.76 měkké přistání, činnost do 11.11.82.
Viking 2-Orbiter	USA	1975-09-09	6. umělá družice (do 12.4.78 mapování), vysazení přistávacího modulu.
• Viking 2-Lander	USA	1975-09-09	7.8.76 měkké přistání, činnost do 25.7.80.
Fobos 1	SSSR	1988-07-07	Pokus o družici a vysazení přistávacích pouzder na Phobos. Během letu ztraceno spojení.
• Fobos 1 - DAS	SSSR	1988-07-07	Přistávací pouzdro na Phobos.
Fobos 2	SSSR	1988-07-12	7. umělá družice, plánováno vysazení pouzder na Phobos. Na oběžné dráze těsně před cílem ztraceno spojení.
• Fobos 2 - DAS	SSSR	1988-07-12	Přistávací pouzdro na Phobos.
• Fobos 2-Hooper	SSSR	1988-07-12	Poskakující přistávací pouzdro na Phobos.
Mars Observer	USA	1992-09-25	Pokus o družici. Před navedením na areocentr. dráhu ztraceno spojení.
MarsGlobalSurveyor	USA	1996-11-07	8. umělá družice, systematické snímkování z dráhy, dosud funguje.
Mars 8	Rusko	1996-11-16	Pokus o družici, vysazení 2 přistávacích modulů a 2 penetrátorů. Vinou chybné funkce rakety zanikla sonda krátce po startu v atmosféře Země.
• Mars 8-MAS 1+2	Rusko	1996-11-16	2 plánované přistávací moduly.
• Mars 8-VZ 1+2	Rusko	1996-11-16	2 plánované penetrátory.
Mars Pathfinder	USA	1996-12-04	Přistání na povrchu s roverem Sojourner (činnost 5x delší než plán).
Nozomi	Japonsko	1998-07-03	Gravitační manévry u Měsíce. Plánovaná družice Marsu se nezdařila.
MarsClimateOrbiter	USA	1998-12-11	Pokus o družici. Navigační chybou sonda zanikla v atmosféře Marsu.
Mars Polar Lander	USA	1999-01-03	Neúspěšný pokus o přistání sestupového modulu a dvou penetrátorů.
• Amundsen	USA	1999-01-03	Neúspěšný dopad penetrátoru.
• Scott	USA	1999-01-03	Neúspěšný dopad penetrátoru.
2001 Mars Odyssey	USA	2001-04-07	9. družice, rozsáhlý vědecký výzkum z oběžné dráhy.

Název	Stát	Start	Hodnocení
Mars Express	ESA	2003-06-02	10. družice, rozsáhlý výzkum (trvá), pokus o vysazení přistávacího modulu.
• Beagle 2	Británie	2003-06-02	Neúspěšný pokus o přistání.
Spirit	USA	2003-06-10	Měkké přistání 4.1.04, vysazení roveru MER-A Spirit, v provozu.
Opportunity	USA	2003-07-08	Měkké přistání 27.1.04, vysazení roveru MER-B Opportunity, v provozu.
Rosetta	ESA	2004-03-02	V únoru 2007 plánovaný gravitační manévr u Marsu cestou ke kometě.
Mars Reconnaissance Orbiter	USA	2005-08-12	11. družice, detailní fotografický průzkum (výzkum trvá).

SOUČASNÝ VÝZKUM MARSU

Z oběžné dráhy

Mars Global Surveyor (MGS)

První úspěšná sonda k Marsu po dvou desetiletích. Výzkum zaměřen na atmosféru Marsu, rozložení minerálů, skal i ledovců na planetě, magnetické vlastnosti a topografii povrchu, výsledky: zásadní změny v pohledu na Mars.

Celá sonda měla startovní hmotnost 1060 kg, výška i s motorovou jednotkou 3 m, základní těleso 1,2-1,2 m s dvojicí panelů fotovoltaických článků o rozpětí 12 m (980 W), směřovaná anténa o průměru 1,5 m na dvoumetrové tyči. Přístroje:

MOC (Mars Orbiter Kamera) - kamera pro širokoúhlé i detailní snímky s rozlišením až 0,5 m/pixel (toho rozlišení je dosahováno speciální technikou s pomocí rotace sondy, běžné rozlišení je 1,5 m/pixel).

MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) - laserový výškoměr pro topografický měření s rozlišením do 0,3 m. Laserová trubice fungovala do června 2001.

TES (Thermal Emission Spectrometer) - spektrometr zkoumající atmosféru a povrch pomocí vyzařovaného tepla
MER (Magnetometr/Electron Reflectometer) - magnetometr pro výzkum slabého magnetického pole Marsu

MR (Mars Relay) - retranslátor dat ze sond na povrchu Marsu směrem na Zemi.

12.09.1997 byla sonda navedena na základní oběžnou dráhu kolem Marsu. Během půl roku se měla dráha cirkularizovat postupným aerodynamickým brzděním (aerobraking), zahájení detailního mapování plánováno na březen 1998, nominální aktivní životnost do počátku 2000. Avšak sonda se brzdila příliš razantně, takže nezajištěný panel slunečních baterií hrozil poškozením sondy. Aerobraking byl proto přerušen a poději obnoven pomaleji. Od dubna do listopadu 1998 proběhla neplánovaná vědecká fáze, při níž bylo využito nízkého pericentra k detailnímu snímkování vybraných oblastí (mj. oblast Cydonia).

Aerobraking definitivně ukončen 04.02.1999 při apocentru pod 450 km, poté převedení na heliosynchronní dráhu, 19.02.1999 závěrečný motorický manévr, po němž sonda přešla na pracovní mapovací polární dráhu ve výši 365-430 km. Primární mise ukončena v lednu 2001, dosud pokračuje rozšířená mise vč. služby jako retranslátoru. Již v polovině 2000 získáno přes 25000 snímků, z toho nejméně 150 dokládalo existenci tekoucí vody v dávné minulosti. Celkem bylo až dosud získáno 5 terabitů dat a asi 250 000 záběrů (přes 100 CD). 11.11. 2006 je 3349. den na dráze a dosud funguje (roční provozní náklady jen 7,5 mil. USD); v současnosti jsou snímky s vysokým rozlišením využívány pro potvrzení plánovaných oblastí přistání sond Phoenix a MSL.

Mars Odyssey (též 2001 Mars Odyssey, MGM = Mars Geochemical Mapper)

Tříos stabilizovaná sonda o rozměrech 2,2×1,7×2,6 m s panelem fotovoltaických článků o ploše 7 m², dobíjejícím NiMH akumulátorovou baterií s kapacitou 16 Ah. Startovní hmotnost 725 kg, prázdná (konstrukce) 332 kg.

Vědecké přístroje (45 kg):

THEMIS (Thermal Emission Imaging Systém) - zobrazující skener tepelné emise pracující v oblasti viditelného a IR záření pro detekci minerálů, zejména těch, které mohou vznikat jen za přítomnosti vody. Je to speciální kamera, snímající v pěti pásmech viditelného záření (425 nm, 540 nm, 654 nm, 749 nm, 860 nm) s deseti pásmech IR (6,78 μm, 7,93 μm, 8,56 μm, 9,35 μm, 10,21 μm, 11,04 μm, 11,79 μm, 12,57 μm, 14,88 μm). Rozlišení ve vizuální oblasti je 18 m/pixel, v infračervené oblasti 100 m/pixel.

GRS (Gamma Ray Spectrometer) - spektrometr gama záření pro stanovení přítomnosti 20 prvků (mj. vodíku) na 6 m dlouhé tyči, který tvoří 3 přístroje: spektrometr gama záření, neutronový spektrometr NS a ruský detektor rychlých neutronů HEND.

MARIE (Mars Radiation Environment Experiment) - spektrometr ionizujícího záření pro stanovení úrovně radiace na Marsu. Soustavně u Marsu fungoval jen od 13.3.2002 do 28.10.2003, což však umožnilo získat zásadní informaci: radiace na nízké dráze kolem Marsu je asi dvojnásobná proti obdobné dráze kolem Země.

MARS Relay - retranslátor dat a povelů v pásmu UHF mezi sondami na povrchu planety a pozemními stanicemi.

Telekomunikační systém pro spojení se Zemí pracuje v pásmu X přes všesměrovou resp. parabolickou anténu o průměru 1,3 m (maximální rychlost přenosu 110 kbit/s).

Sonda, která je součástí programu Mars Exploration Program, přešla 24.10.2001 na předběžnou areocentrickou dráhu a hned dva dny poté začalo aerodynamické brzdění. 30.10. THEMIS pořídil první kalibrační snímek v IR a 2.11. byl pořízen první snímek povrchu Marsu ve viditelné oblasti spektra. 11.1.2002 bylo korekčním manévrem ukončeno aerodynamické brzdění a v lednu 2002 byla dráha cirkularizována ve výšce asi 400 km. Pravidelný vědecký výzkum začal 18.2.2002. Již 1.3. byly publikovány první výsledky z gama spektrometru, ukazující na silnou absorpci epitermálních neutronů v oblasti jižního pólu Marsu, což nepřímou ukazuje na značné množství vody povrchových vrstvách do hloubky 1 m. Primární mise byla ukončena 24.8.2004, NASA uvolnila 35 mil. USD pro pokračování nejméně do září 2006. Tím bylo možné zdvojnásobit objem získaných vědeckých dat z pův. 125 Gbitů na víc než 250 Gbitů. Sonda Odyssey získala víc než 130,000 snímků a pokračuje v získávání nových poznatků o geologii, klimatologii a mineralogii. 11.11. 2006 byla na oběžné dráze 1845 dní a pokračuje v práci.

Mars Express

Tříos stabilizovaná sonda se základním tělesem tvaru kvádry o rozměrech 1,5×1,8×1,4 m měla startovní hmotnost 1120 kg, samotná sonda 1070 kg. Je vybavena dvěma křídly fotovoltaických článků o celkové ploše 11,5 m², dodávajících u Marsu 500 W elektrické energie a dobíjejících 3 lithiumsulfonové akumulátorové baterie s kapacitou 3×22,5 Ah. Na palubě sondy byly kromě přistávacího pouzdra Beagle 2 (71 kg) přístroje o celkové hmotnosti 116 kg, z nichž některé byly i ve výbavě neúspěšné sondy Mars-96: **MARSIS** (Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding) - nízkofrekvenční sondážní radiolokátor a výškoměr pro zkoumání podpovrchových struktur až do hloubky několika kilometrů (frekv. 1,3 až 5,5 MHz) a sondáž ionosféry (0,1 až 5,4 MHz), využívající 40 m dlouhou anténu (Itálie);

HRSC (High/Super Resolution Stereo kamera) - vysokorozlišující stereoskopická kamera (rozlišení 10 až 30 m, resp. 6 m, ve vybraných oblastech až 2 m, plocha snímku 62×206 km

z výšky 300 km), (Německo);

OMEGA (Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité) - dvoukanálový mapující spektrometr, pracující ve viditelné (spektrální obor 0,5 až 1,0 μm) a infračervené oblasti (1,0 až 5,2 μm) s povrchovým rozlišením 1 až 4 km (vybraná místa až 300 m) pro studium mineralogického složení povrchových vrstev planety (Francie);

SPICAM (Spectroscopic Investigation of the Characteristics of the Atmosphere of Mars) - ultrafialový a infračervený spektrometr (spektrální obor 118 až 320 nm, resp. 1,0 až 1,7 μm) pro studium složení atmosféry (Francie);

PFS (Planetary Fourier Spectrometer) - fourierovský spektrometr (spektrální rozsah 1,2 až 45 μm) pro studium chemického složení atmosféry a teplotního a tlakového profilu atmosféry (Itálie)

ASPERA-3 (Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms) - analyzátor energetických nabitých a neutrálních částic (Švédsko).

MaRS (Mars Radio Science) - sledování signálu nosné frekvence palubních vysílačů k upřesnění parametrů gravitačního pole Marsu; stanovování teplotního a tlakového profilu atmosféry a měření charakteristiky ionosféry při rádiových zákrytech; simultánní pozorování přímých a odražených signálů od povrchu planety (bistatický radar) pro zjišťování nerovností terénu; při konjunkci se Sluncem zjišťování vlastností Sluneční koróny.

Vysílače sondy pracují v pásmu X (8.4 GHz) a S (2,3 GHz), povelový přijímač pracuje v pásmu S (2,1 GHz). Pro spojení s pozemními stanicemi je k dispozici pevná parabolická anténa o průměru 1,8 m. Data z družicové části jsou zaznamenávána do velkokapacitní polovodičové paměti palubního počítače s kapacitou 12 Gbit. Sonda je řízena z pozemního střediska ESOC, Darmstadt (Německo). HL. stanice New Norcia se nachází poblíž Perthu (Austrálie).

Mars Expres byl naveden na areocentrickou dráhu 25.12.2003, Od počátku r. 2004 probíhá vědecký výzkum (kromě MARSIS). V rámci tech. experimentů byl Mars Express použit též jako oboustranný retranslátor Země - vozítko Spirit. 20.2.2005 bylo oznámeno, že sonda pravděpodobně odhalila zamrzlé moře o rozměrech 800 km×900 km o hloubce 45 m v oblasti Elysium Planitia. V květnu 2005 byly se zpožděním vyklopeny a rozloženy antény radiolokátoru MARSIS o délce 40 m a od července 2005 tato aparatura provádí sondáž podpovrchových vrstev Marsu do hloubky několika kilometrů (první výsledky: poměrně velké množství povrchových vrstev Marsu obsahuje vodní led). Přístroj OMEGA detekoval jílům podobné minerály, které vznikly během dlouhodobého působení vody, avšak pouze v nejstarších oblastech Marsu. V průběhu postupného vypařování vody docházelo ke vzniku sulfátů, což jsou další zaznamenané minerály. Když i toto období skončilo a zbývající voda na povrchu Marsu zamrzla, potom atmosféra postupně změnila půdu do červena vytvořením oxidu železitého.

MRO (Mars Reconnaissance Orbiter)

Družice o hmotnosti 2180 kg nepravidelného tvaru o celkové výšce 6,5 m s pětibokým služebním úsekem je vybavena dvojicí panelů fotovoltaických baterií o ploše 20 m² a rozpětí 13.6 m dodávajících minimálně 2 kW elektrické energie a dobíjejících NiH₂ akumulátorové baterie. Na palubě jsou umístěny následující aparatury:

HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) - vysokorozlišující polychromatická kamera se zrcadlovým objektivem o průměru 0,5 m, pracující v oblasti viditelného záření (šířka záběru 6 km, rozlišení 0,25 m, spektr. pásma 400 - 600, 550 - 850 a 800 - 1000 nm);

CTX (Context Kamera) - monochromatická širokoúhlá kamera pro lokalizaci snímků z kamery HiRISE (širší záběru 30 km, prostorové rozlišení 6 m, pásmo 500 - 700 nm);

MARCI (Mars Color Imager) - širokoúhlá globální barevná kamera v 5 viditelných a 2 UV pásmech (1 až 10 km, spektr. pásma kolem 250, 320, 425, 550, 600, 650 a 725 nm);

CRISM (Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars) - zobrazující spektrometr s dalekohledem o průměru 100 mm pro viditelnou a blízkou IR oblast pro mineralogickou analýzu a detekci přítomnosti vody (max. rozlišení 18 m, 544 kanálů v oboru 370 až 3940 nm); zařízení je obdobné evropskému OMEGA, avšak má menší zorné pole.

MCS (Mars Climate Sounder) - radiometr se 2 dalekohledy o průměru 40 mm pro měření vertikálního teplotního profilu atmosféry a obsahu prachu a vodní páry v ovzduší (rozsah výšek 0 až 80 km, výškové rozlišení 5 km, 1 kanál ve viditelné a blízké IR oblasti 300 až 3000 nm a 8 kanálů v IR 10 až 50 μm);

SHARAD (Shallow Radar) - radiolokátor pro zjišťování přítomnosti vodního ledu v malých hloubkách pod povrchem terénu (max. hloubka 1 km, vertikální rozlišení 10 m). Obdobu evropského zařízení MARSIS (lepší rozlišení, menší hloubka).

Electra (Electra UHF Communications and Navigation Package) - prototyp retranslačního a navigačního zařízení pro zajišťování spojení a lokalizaci pevných a pohyblivých laboratoří na povrchu planety;

ONC (Optical Navigation Kamera) - optická navigační kamera; prototyp komunikačního zařízení pracujícího v pásmu K_s . S využitím provozního vybavení sondy se uskutečňují další 2 experimenty: studium gravitačního pole Marsu za sledování Dopplerovských změn rádiového signálu přijímaného ze sondy na Zemi a studium hustoty vysoké atmosféry z měření palubních akcelerometrů během brzdění sondy atmosférou.

Polovodičová velkokapacitní paměť má kapacitu 160 Gbit. Komunikační systém má 2 redundantní vysíláče pracující v pásmu X (8 GHz, výkon 100 W) s přenosovou rychlostí 3,5 Mbit/s.

Sonda byla podle plánu 10.3.2006 korekčním motorickým manévrem navedena na předběžnou areocentrickou dráhu, poté pořídila zkušební snímky z výšky cca 2500 km s rozlišením 2,5 m/pixel a zahájila aerobraking. Brzdění bylo ukončeno 30.8.2006, poté byly zapojeny přístroje a v listopadu začíná vědecká fáze (do konce 2008); od prosince 2008 plánované využívání jako retranslátoru; 31.12.2010 plánováno ukončení primární mise s možností prodloužení.

11.11.2006 byla sonda 1845. den na oběžné dráze. Předpokládá se získání více než 26 Tbit informací.

Výzkum z povrchu

MER (Mars Exploration Rover)

Rotací stabilizovaná sonda o průměru 2,65 m a výšce 1,58 m sestávala z válcové služební přeletové části a přistávacího modulu tvaru dvojitého kužele. Uvnitř krytu přistávacího modulu, tvořeného kuželovitým tepelným štítem (90 kg) a zadním kuželovým krytem (198 kg), k němuž byl připojen padák o průměru 15 m, byla umístěna vlastní přistávací část tvaru pravidelného čtyřstěnu (365 kg). Ke každé stěně čtyřstěnu je připojeno 6 nafukovacích airbagů (pracovní tlak 6,9 kPa), sloužících ke zmírnění nárazu při dopadu na povrch planety. Na trojúhelníkové podstavě čtyřstěnu bylo ukotveno vozítko MER; boční strany byly výklopné, rozevírané servomotory, které příp. mohly uvést modul do horizontální polohy.

Vlastní vozítko o celkové hmotnosti 174 kg má rozměry 1,5×2,3×1,58 m. Je vybaveno šestikolovým podvozkem se samostatně řízeným předním a zadním párem kol. Pojezdový systém s 6 výkyvně zavěšenými koly o průměru 0,25 m se samostatnými elektromotory umožňuje jízdu maximální rychlostí 50 mm/s (praktická maximální rychlost však jen 10 mm/s) a toleruje náklon až 45° v kterémkoli směru (řídící počítač omezuje náklon na max. 30°). Na horní podstavě jsou umístěny 3 panely fotovoltaických baterií (2 výklopné) o ploše 1,3 m² s maximálním příkonem 140 W (denní průměrná dodávka elektrické energie 900 Wh/sol po

přistání, přibližně 600 Wh/sol po 3 měsících vlivem zaprášení). Na horní podstavě je umístěn též stěžeň **PMA** (Pancam Mast Assembly), na jehož vrcholu je umístěn pár navigačních kamer **NavCam** (Navigation kamera) se zorným úhlem 45° . Další 2 dvojice kamer **HazCam** (Hazard Avoidance Kamera) se zorným polem 120° umístěné na spodní straně vozítka, na jeho přídí a na jeho zádi, slouží k detekci překážek v cestě do vzdálenosti 4 m. Kromě toho lze k navigaci využít i experimentální panoramatické kamery. Elektronika 2 lithiumsulfonových akumulátorové baterie jsou umístěny v aerogelovém tepelně izolovaném boxu v trupu vozítka, vyrobeného z kompozitního materiálu. Teplota uvnitř udržována kombinací odpadního tepla z elektroniky, elektrického topení a 8 radioizotopových topných elementů ($8 \times 2,7$ g PuO_2 , tepelný výkon po 1 W). Vozítko nese soubor vědeckých přístrojů Athena.

Přístroje umístěné na otočné části stěžně PMA:

Pancam (Panoramic Camera) - panoramatická stereoskopická kamera, tvořená dvojicí vysokorozlišujících kamer ($f = 38$ mm, světelnost $f/20$, zorné pole $16.8^\circ \times 16.8^\circ$, úhlové rozlišení 0.28 mrad/pixel, expozice 0 až 30 s), vybavených detekčním prvkem CCD (1024×1024 bodů, spektrální obor citlivosti 400 až 1100 nm) a osmipolohovým karuselem s filtry (každá kamera jinou kombinací filtrů), vzdálenost kamer 300 mm a sbíhavost optických os 1° umožňuje pořizování stereoskopických záběrů ve vzdálenostech od 5 do 100 m, výška nad terénem 1,3 m, nastavitelnost v azimutu 360° , v elevaci $\pm 90^\circ$;

Mini-TES (Mini-Thermal Emission Spectrometer) - infračervený spektrometr s Michelsonovým interferometrem, sloužící k pořizování emisních spekter objektů na okolním terénu i atmosféry (spektrální obor 5 až 29 μm , volitelné zorné pole 20 nebo 8 mrad) k orientačnímu mineralogickému rozboru (přítomnost silikátů, uhličitánů, krystalické vody a organických látek), připojený k periskopu zajišťujícímu zaměření 360° v azimutu a -50° až $+30^\circ$ v elevaci.

Na předním výklopném nastavitelném rameni IDD jsou:

MI (Microscopic Imager) - televizní mikroskop k pořizování detailních snímků částic prachu v půdě a struktury kamenů kamerou s prvky CCD (ohnisková délka 20 mm, světelnost $f/15$, zorné pole 31×31 mm, rozlišení 30 μm);

Mössbauerův spektrometr pro stanovení chemického složení minerálů (zejména obsahu železa 57Fe) mössbauerovskou gamaspektroskopií (jako zdroj záření slouží 2 vibračně modulované zářiče radioaktivního izotopu 57Co; Německo);

APXS (=Alpha Particle X-Ray Spectrometer) - alfa-rentgenový spektrometr pro studium chemického složení na základě rozptylu částic alfa (stanovení O a C) a indukované emise rentgenového záření (stanovení Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Na, P, C, Cl, Ti, Cr a Mn) do hloubky maximálně 0,1 mm s detekčním limitem 0.5 až 1 % (jako zdroj záření slouží 6 zářičů s izotopem 244Cm s celkovou aktivitou 30 mCi; Německo); **RAT** (Rock Abrasion Tool) - bruska s diamantovým brusným povrchem pro odstranění prachu resp. odbroušení zvětřalého povrchu zkoumaných balvanů na ploše o průměru 45 mm a do hloubky až 2 mm. Kromě toho je vozítko vybaveno 2 pomocnými zařízeními pro experimenty: třemi soubory magnetů pro zachycení magnetických minerálů z povrchového prachu (Dánsko) a kalibrační barevnou tabulkou pro nastavování barevné škály panoramatické kamery.

Vozítko na povrchu Marsu je řízeno palubním počítačem typu Rad 6000 (výkon 20 Mips, 128 Mbyte RAM, 256 Mbyte flash memory) umístěným ve WEB, který zpracovává data z vědeckých přístrojů a autonomně řídí pohyb vozítka s využitím prvků umělé inteligence (navigační a samozáchovné programového vybavení). Naměřená data a telemetrické údaje jsou předávány komunikačním systémem v pásmu UHF (rychlost 128 kbit/s) přes MGS a Mars Odyssey, pokusně též přes Mars Express. Jen část dat je vysílána na Zemi přímo v pásmu X (8 GHz rychlostí max. 11 kbit/s). Antény komunikačního systému jsou na horní podstavě vozítka (pro pásmo UHF tyčová anténa, pro pásmo X tyčová anténa s malým ziskem a otočná parabolická anténa s velkým ziskem).

S L N K O

naša najbližšia hviezda

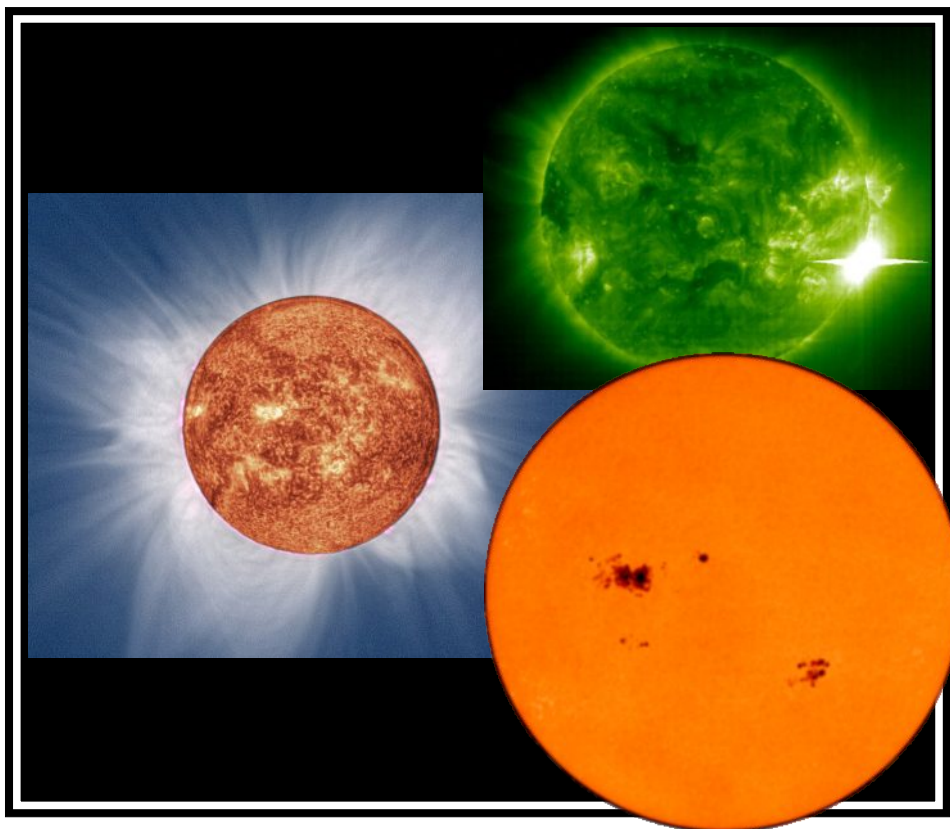
Vojtech Rušin

Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica

„Niektorí ľudia zo Slnka robia žltú škvrnu, iní zo žltej škvrny robia SLNKO.“

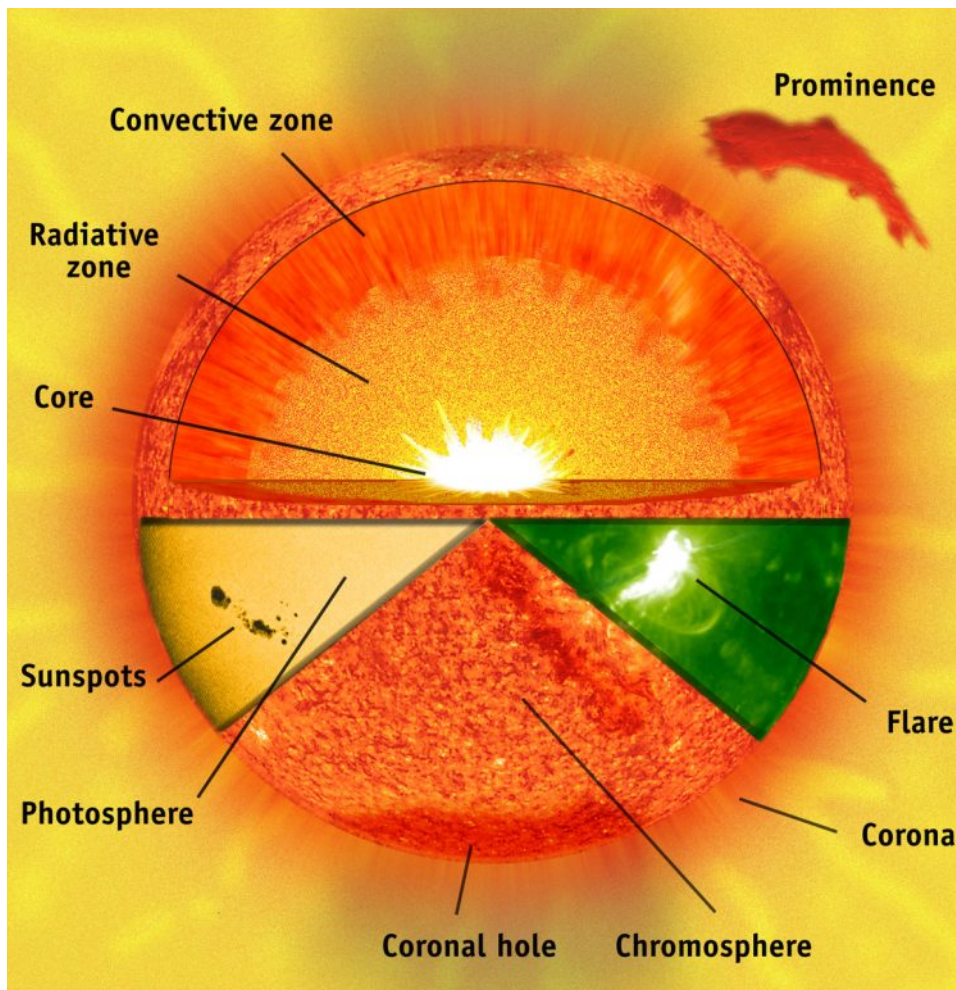
Čo je Slnko

Slnko (obrázek 1) je najbližšia hviezda, centrálnne teleso slnečnej sústavy, ktoré svojou gravitáciou a elektromagnetickým žiarením ovplyvňuje všetko dianie v slnečnej sústave. Takto stručne by sme mohli charakterizovať Slnko, ktorého svetlo a teplo ovplyvňuje život každého z nás, či si to pripustiť chceme alebo nie.

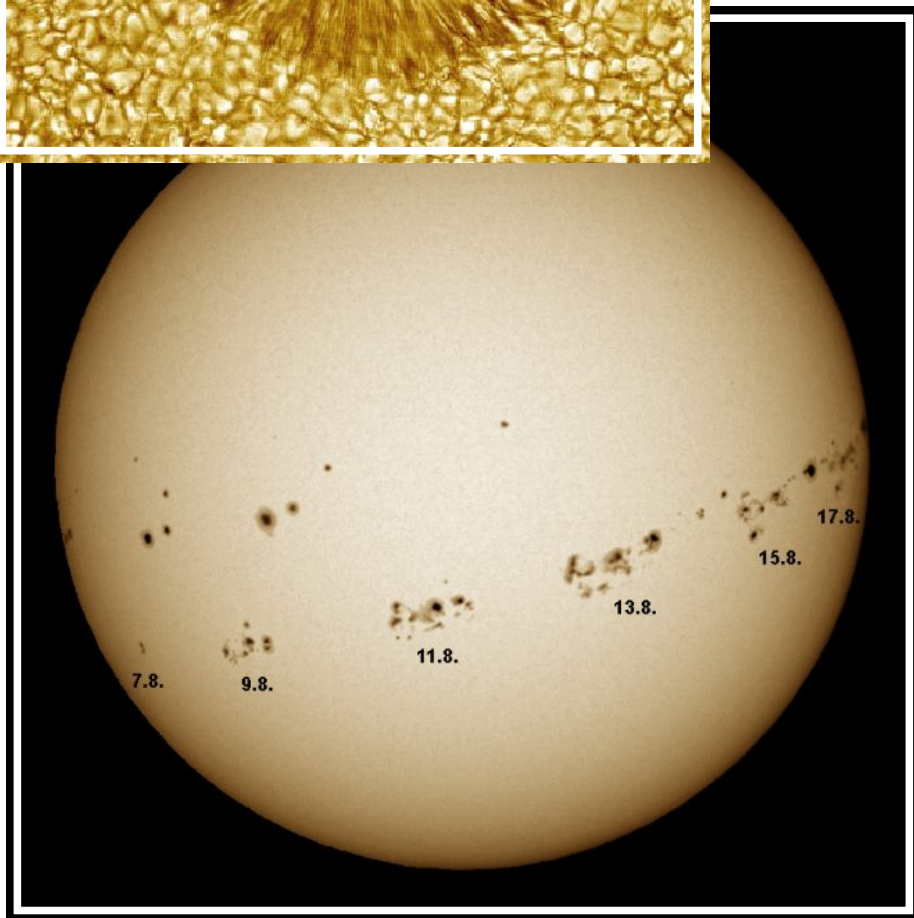
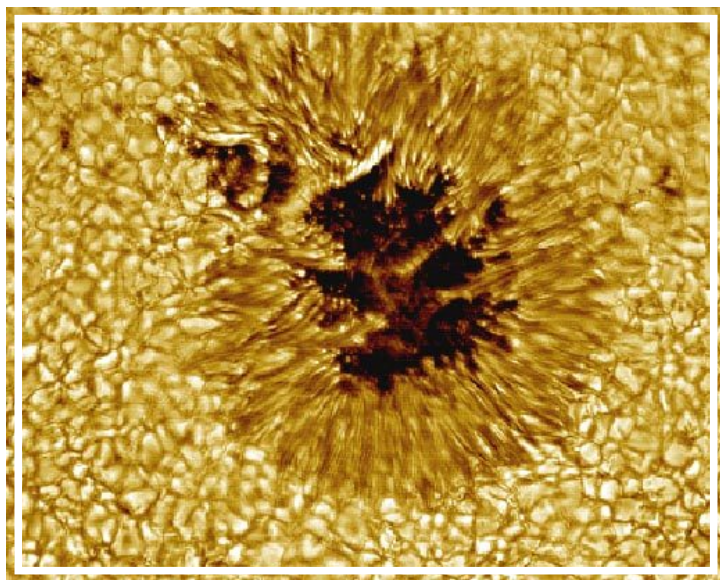


Obrázek 1: Slnko v rôznych oblastiach elektromagnetického spektra.

Priblížme si Slnko a jeho fyzikálne vlastnosti, ktoré ľudstvo na základe jeho dlhoročného skúmania zistilo. Ako prvé, uvedieme základné charakteristiky Slnka a jeho chemické zloženie. Základné údaje o Slnku, najbližšom plazmovom telese sú uvedené v tabuľke 1. Prehľad najzastúpenejších chemických prvkov na Slnku je v tabuľke 2. Slnko je jednou z viac ako 200 miliárd hviezd našej Galaxie, spektrálnej triedy G2 V, nachádzajúcej sa na hlavnej postupnosti v Hertzsprungovom-Russelovom diagrame. Je to typická hviezda s priemernými vlastnosťami, ktorá sa skladá zo 71% vodíka (podľa hmotnosti), 27% hélia a 2% iných chemických prvkov, a ktorá okolo centra Galaxie obehne raz za 250 miliónov rokov s rýchlosťou 250 km s^{-1} .



Obrázek 2: popis Slnka.



Obrázek 3: granulácia a slnečná škvrna a vývoj škvrn (dole).

Základné údaje o Slnku

Vzdialenosť od Zeme

Stredná (astronomická jednotka, AU)	$149,6 \times 10^6$ km
Maximálna (v aféliu)	$152,1 \times 10^6$ km
Minimálna (v perihéliu)	$147,1 \times 10^6$ km

Priemer $1,392 \times 10^6$ km

Priemerná hustota 1400 kg m^{-3}

Hmotnosť $1,989 \times 10^{30}$ kg

Objem $1,412 \times 10^{18}$ km³

Povrch $6,087 \times 10^{12}$ km²

Periódá rotácie (siderická) okolo vlastnej osi

Na rovníku	24 dní 6 hodín
Na pólach	asi 35 dní

Sklon rotačnej osi k pólu ekliptiky $7^\circ 15'$

Gravitácia na povrchu (Zem = 1) 28

Úniková rýchlosť (na povrchu) $617,8 \text{ km s}^{-1}$

Spektrálna trieda G2V

Žiarivý výkon $3,86 \times 10^{26} \text{ W m}^{-2}$

Slnčná konštanta 1366 W m^{-2}

Vek $4,6 \times 10^9$ rokov

Intenzita magnetického poľa 10^{-4} T

Intenzita magnetického poľa sl. škvŕn 0,1 - 0,4 T

Stredná vizuálna hviezdna veľkosť -26,8 mag., absolútna +4,71 mag.

Priemerná rýchlosť rotácie $1,9 \text{ km s}^{-1}$

Teplota na povrchu 5700 K

Teplota v jadre $15 \times 10^6 \text{ K}$

Tlak (v jadre) $2,334 \times 10^{13} \text{ Pa}$

Tlak (vo fotosfére) 10 Pa

Desať najzastúpenejších chemických prvkov na Slnku

Prvok	Symbol	Atómové číslo	Abundancia(1)	Abundancia(2)	Rok objavy
Vodík	H	1	91,2	71,0	1766
Hélium	He	2	8,7	27,1	1895
Kyslík	O	8	0,78	0,97	1774
Uhlík	C	6	0,043	0,4	oddávna
Dusík	N	7	0,0088	0,096	1772
Kremík	Si	14	0,0045	0,099	1823
Magnézium	Mg	12	0,0038	0,076	1755
Neón	Ne	10	0,0035	0,058	1898
Železo	Fe	26	0,03	0,014	oddávna
Síra	S	16	0,015	0,4	oddávna

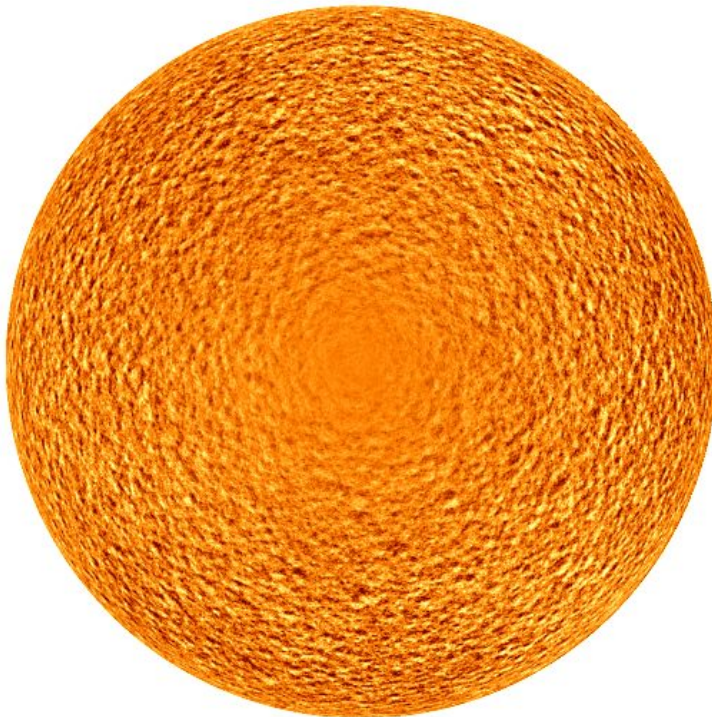
(1) Percento zastúpenia prvku z celkového počtu atómov na Slnku.

(2) Percento z celkovej hmotnosti Slnka.

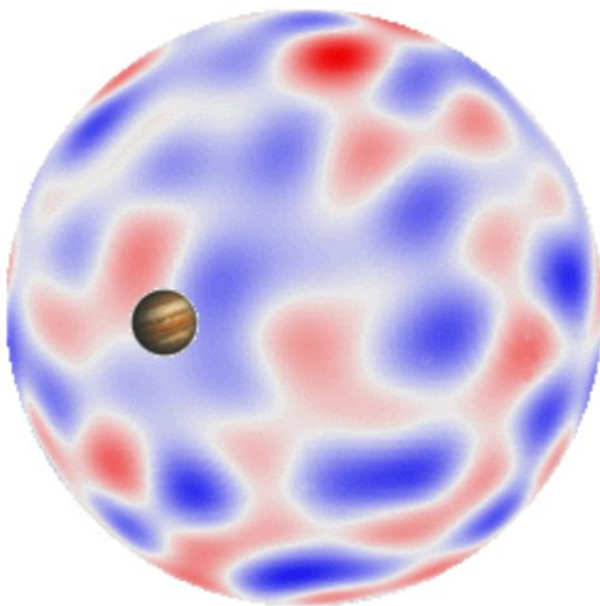
Vek Slnka sa odhaduje na 4,6 miliardy rokov. Teplota, hustota a tlak vzrastajú od povrchu Slnka smerom k jeho jadrú, kde dosahujú nasledujúce parametre: teplota 14 - 20 miliónov K, tlak 10 miliárd Mpa a hustota 155 tisíc kg m^{-3} . Aj napriek vyššie uvedeným podmienkam je Slnko v celom svojom objeme plyný objekt v plazmovom stave. Zdrojom energie v jadre Slnka, podobne ako na hviezdach, sú termojadrové reakcie (fúzia ľahších prvkov na ťažšie), najmä protónovo-protónový (p-p) cyklus, pri ktorom sa najľahší a najbohatšie sa vyskytujúci prvok nielen na Slnku, ale aj vo vesmíre, vodík, mení na hélium. Každú sekundu sa takto v jadre Slnka premení okolo 5 miliónov ton vodíka na energiu. Aj keď sa toto množstvo zdá byť obrovské a naše pomery nepredstaviteľné, za 10 miliárd rokov to činí len 0,07% hmotnosti celého Slnka.

Uvoľnená energia sa z jadra na povrch Slnka prenáša najprv žiarením (oblasť žiarivej rovnováhy), neskôr konvekciou (konvektívna zóna). Medzi oblasťou žiarivej rovnováhy Slnka a konvektívnou zónou sa podľa najnovších výskumov nachádza styčná vrstva (alebo rozhranie) - pozri obrázok 2.

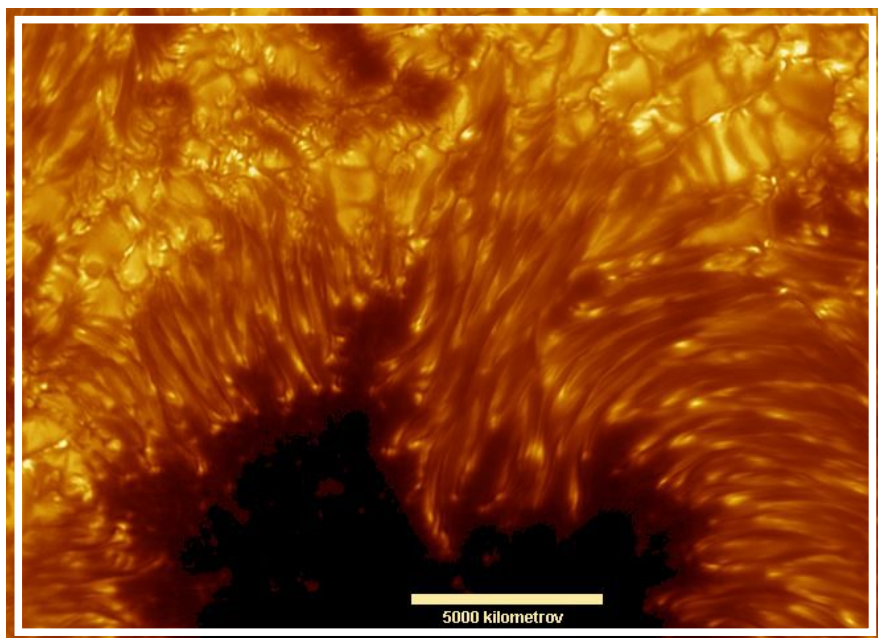
Keď v jadre uvoľnená energia dosiahne fotosféru, vo forme elektromagnetického žiarenia uniká do priestoru, ktoré vnímame ako svetlo. Vzniká spájaním voľných elektrónov s neutrálnym atómom vodíka, pričom vzniká neutrálny vodík a zvyšok energie sa vyžiari vo forme fotónov. Kinetická energia konvektívnych pohybov vytvára rôzne vlny, ktorých rýchlosť smerom k povrchu vzrastá, pričom sa vytvárajú rázové vlny a ich energia sa premieňa na teplo, ktoré ohrieva chromosféru a korónu. Fotosféra alebo slnečný disk zároveň oddeľuje neviditeľné vnútorné oblasti Slnka (jadro, oblasť žiarivej rovnováhy, styčnú vrstvu a konvektívnu zónu) od jeho vonkajších vrstiev: chromosféry, prechodovej oblasti a k



Obrázok 4: supergranulácia.



Obrázok 5: obrie cely.

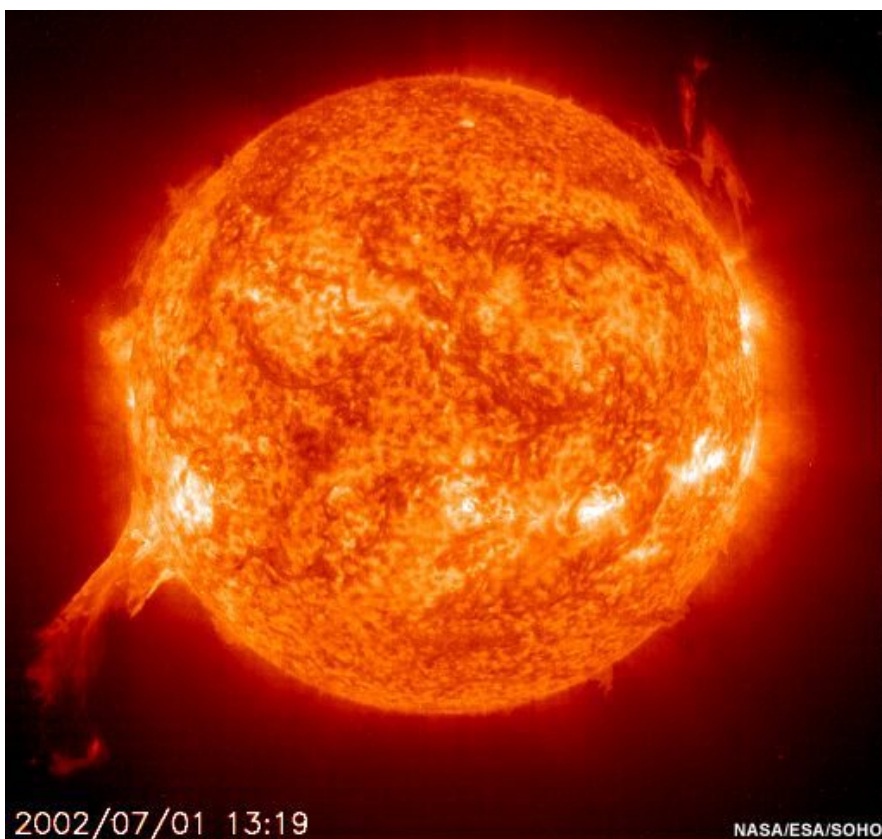


Obrázok 6: slnečná škvrna – detail.

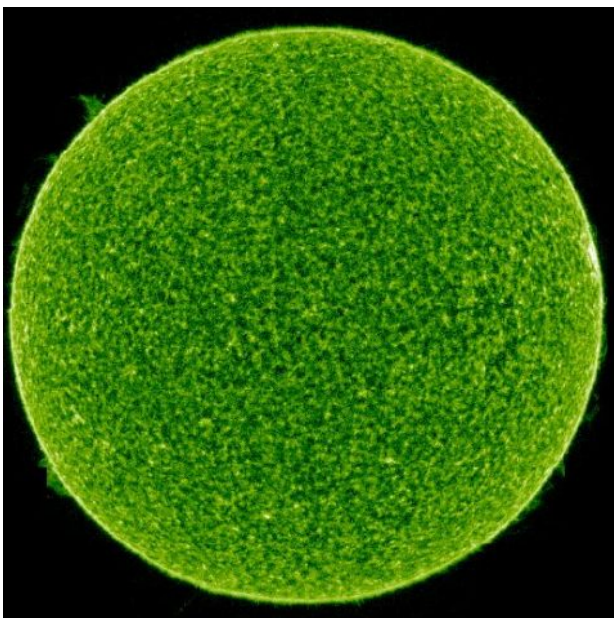
V menšom d'alekohlade sa nám povrch Slnka javí zrnitý. Zrnitosť fotosféry sa nazýva granulácia (obrázek 3), ktorá predstavuje vrchol výstupných prúdov horúcej plazmy. Väčšími útvarmi konvektívnych pohybov vo fotosfére je supergranulácia a pravdepodobne aj obrie cely - obrázok 5. Vo fotosfére pozorujeme tiež tmavé, chladnejšie miesta, škvrny (slnčné škvrny) obrázok 6, kde je vyššia koncentrácia magnetického poľa než v ich okolí. V blízkosti slnečných škvŕn sa pozorujú fakuly (zmienil sa o nich aj Scheiner), malé, jasnejšie a teplejšie útvary než okolitá fotosféra. Pohyb slnečných škvŕn po disku je dôkazom diferenciálnej rotácie Slnka.

Nad fotosférou, ktorej hrúbka je len okolo 200 - 300 km, sa nachádza chromosféra - viz obrázok 7 o hrúbke cca 2 - 8 tisíc km. Teplota v chromosfére začína rásť. Svetlejšie a tmavšie útvary chromosféry sa nazývajú flokuly, ktoré vytvárajú nepravidelnú chromosférickú sieť. V chromosfére sa pozorujú spikuly, protuberancie (filamenty) a historický aj erupcie. Ak píšeme historický, tak preto, že pôvodne sa erupcie považovali za úkaz pozorovaný len v chromosfére, dnes aj v koróne, fotosfére ba aj pod fotosférou.

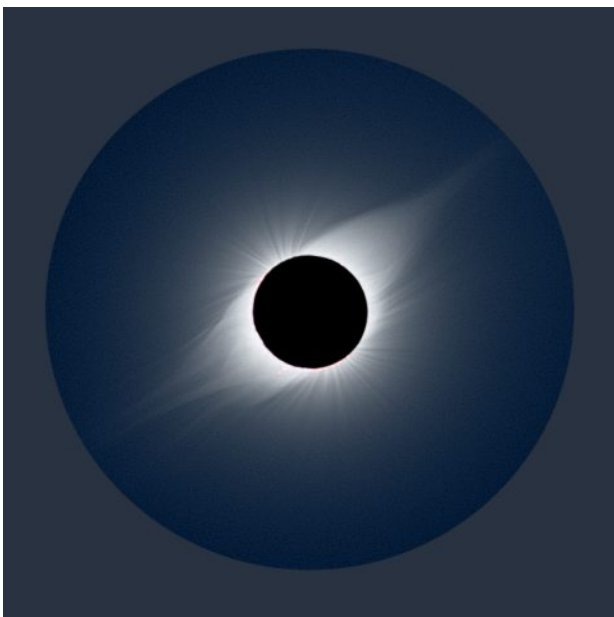
Nad chromosférou sa nachádza veľmi tenká nepravidelná prechodová oblasť - obrázok 8, v ktorej teplota sa v rozsahu málo tisíc kilometrov mení z asi 20 tisíc K na 1 milión K. Prechodová oblasť sa zistila a do termínov slnečnej fyziky zaviedla len nedávno na základe pozorovaní z kozmickej sondy SOHO.



Obrázok 7: chromosféra

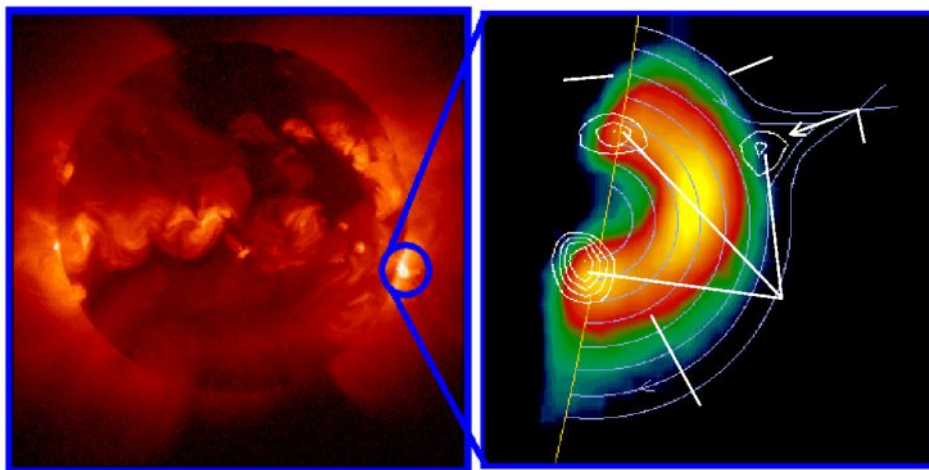


Obrázok 8: prechodová vrstva.

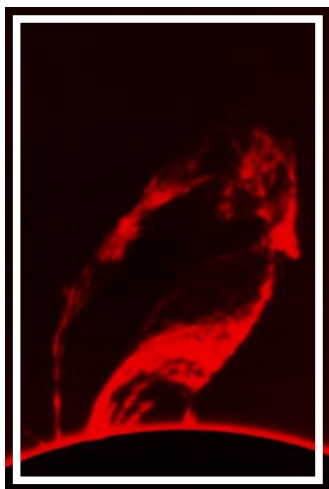


Obrázok 9: koróna

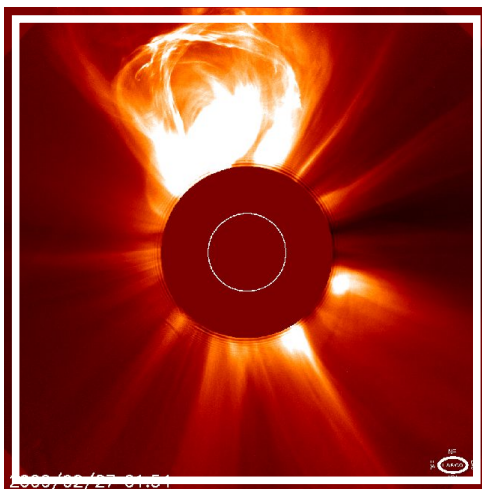
Nad nedávno novo definovanou prechodovou oblasťou sa nachádza koróna (obrázek 9) - veľmi horúca (milióny K) a riedka najvrchnejšia zložka slnečnej atmosféry, ktorá sa najlepšie pozoruje počas úplných zatmení Slnka Mesiacom a vo forme slnečného vetra, toku neustále unikajúcich častíc rýchlosťami $400 - 800 \text{ km s}^{-1}$ zasahuje až na okraj heliosféry (60 - 100 AU). Slnečná koróna je niekedy zdrojom výronu hmoty do heliosféry, rýchlosťami $200 - 2\,000 \text{ km s}^{-1}$ s hmotnosťou $10^{12} - 10^{13} \text{ kg}$, známym pod menom ejakcia korónálnej hmoty (obrázek 12). V niektorých oblastiach a v určitom čase sa na povrchu Slnka a v jeho atmosfére pozorujú dočasné javy: škvrny, erupcie (obrázek 1 uprostred a obrázek 10) a protuberancie (obrázek 11), o ktorých hovoríme, že vytvárajú slnečnú aktivitu (obrázky 13, 14 a 15), ktorej základná perióda v priemere je 11 rokov, alebo, 22 rokov (magnetický alebo Haleho cyklus).



Obrázok 10: erupcia a korónálna diera.



Obrázok 11: protuberancia.

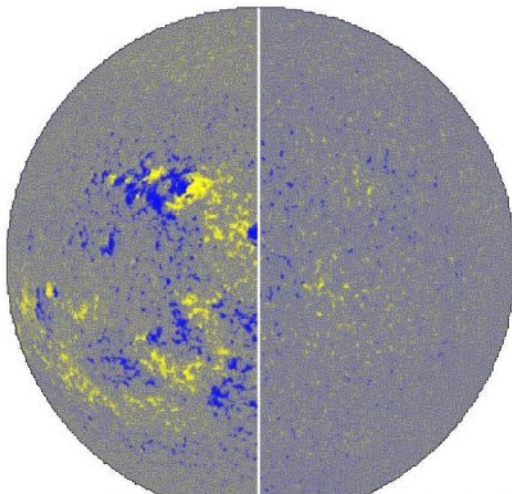


Obrázok 12: ejakcia korónárnej hmoty.

Zdrojom slnečnej aktivity sú magnetické polia Slnka, dôsledok diferenciálnej rotácie a konvekcie Slnka. Celkové magnetické pole Slnka je asi 10^{-4} T, v aktívnych oblastiach okolo 1 T. Existencia dočasných úkazov slnečnej aktivity má za dôsledok aj zmenu variability elektromagnetického žiarenia Slnka, ktoré sa dnes pozoruje v celom jeho rozsahu.

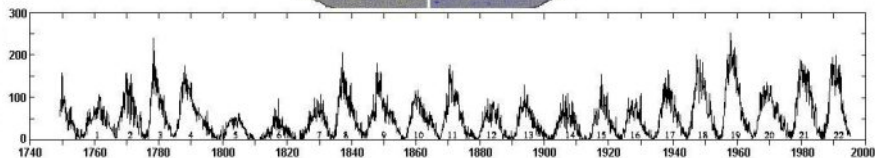
Maximum

1991

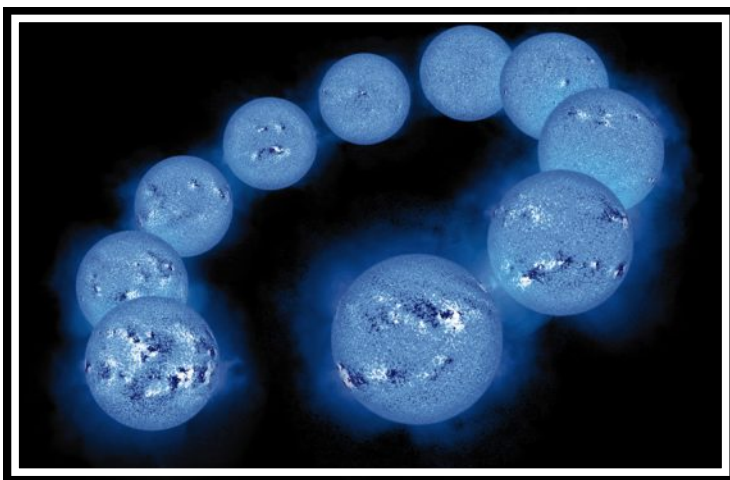


Minimum

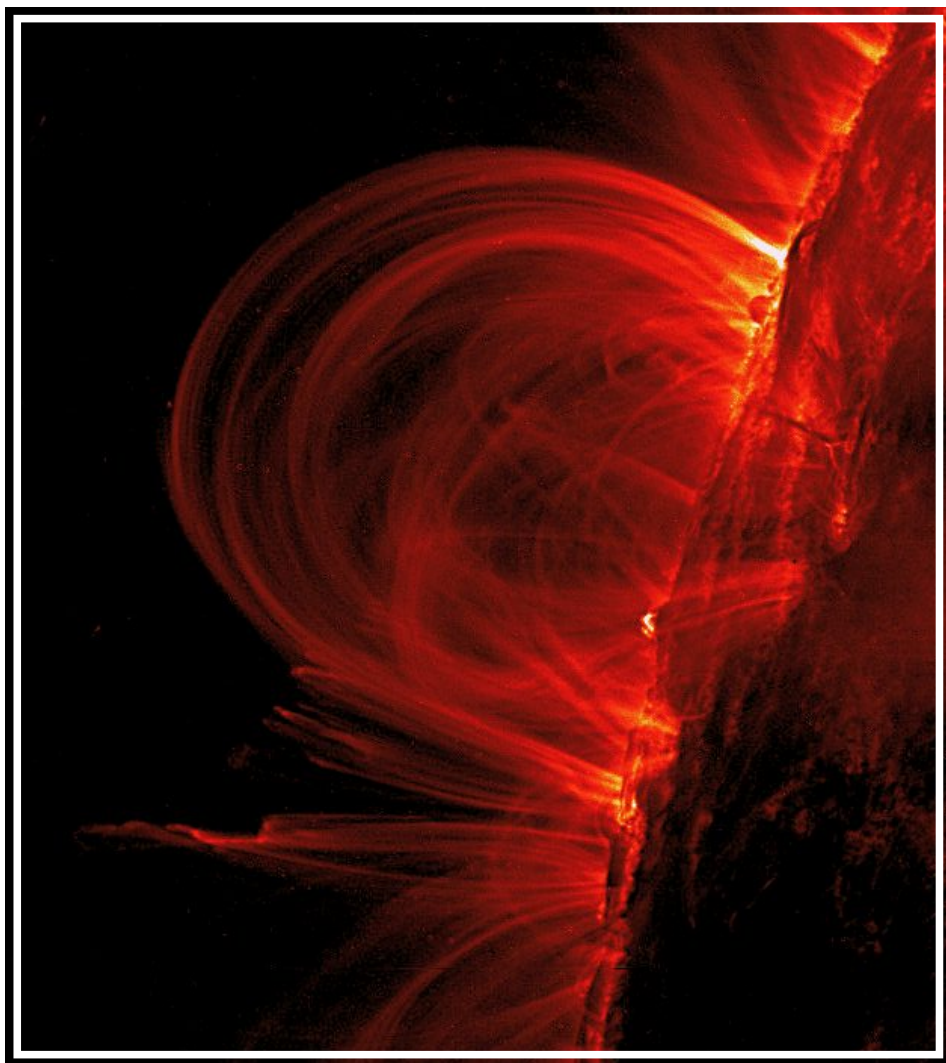
1995



Obrázok 13: cyklus sl. aktivity.



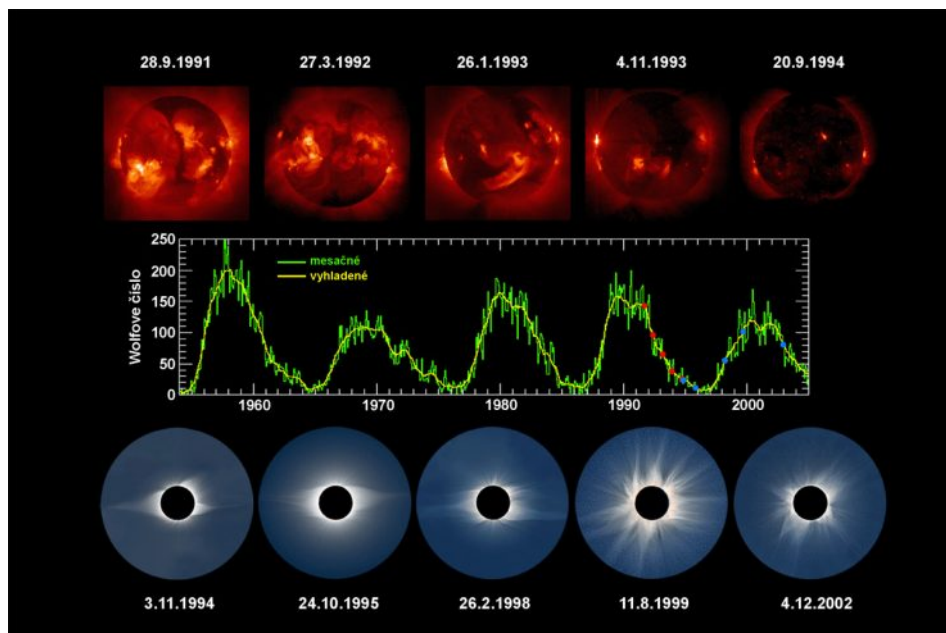
Obrázok 14: magnetický cyklus.



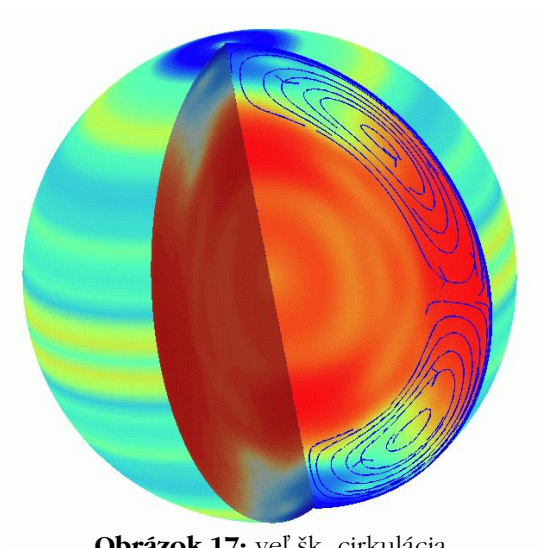
Obrázok 15: koronálne slučky.

Na Slnku sa okrem rotácie pozoruje aj veľkoškálová cirkulácia (obrázok 17), pri ktorej sa prenáša hmota z oblasti rovníka k pólom (pozoruje sa na povrchu Slnka), kým pod jeho povrchom z oblasti pólův smerom k rovníku. Diferenciálna rotácia je tiež veľmi komplikovaná, a to, nielen vo fotosfére, ale aj pod fotosférou. Pri klesajúcej rýchlosti rotácie od rovníka smerom k pólom sa pozorujú oblasti rýchlejšej alebo pomalšej rotácie od priemernej. V týchto miestach sa vynára magnetické pole z podpovrchových oblastí na povrch a dáva tak vznik slnečnej aktivity. Vďaka helioseizmológii a meraniu toku neutrín, dnes poznáme nielen povrchové, ale aj podpovrchové fyzikálne vlastnosti Slnka (teplotu, hustotu a chemické zloženie), vrátane rotácie a veľkoškálovej meridiónej cirkulácie.

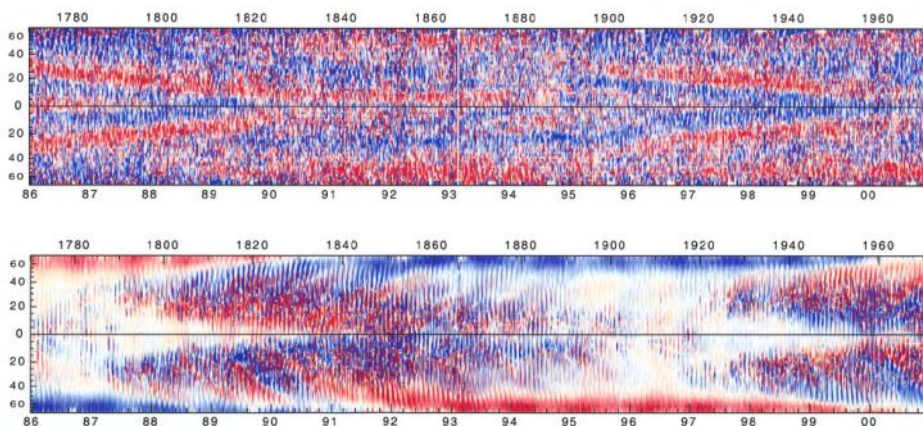
Moderné matematické metódy, ktoré sa použili na spracovanie obrazov, po erupciách odkryli na povrchu Slnka mimoriadne silné vertikálne a horizontálne pohyby, ktoré sa nazývajú slnkotrasenia (prípadne iné úkazy, napr. „žubrienky“.



Obrázok 16: slnečná aktivita.



Obrázok 17: veľ.šk. cirkulácia.

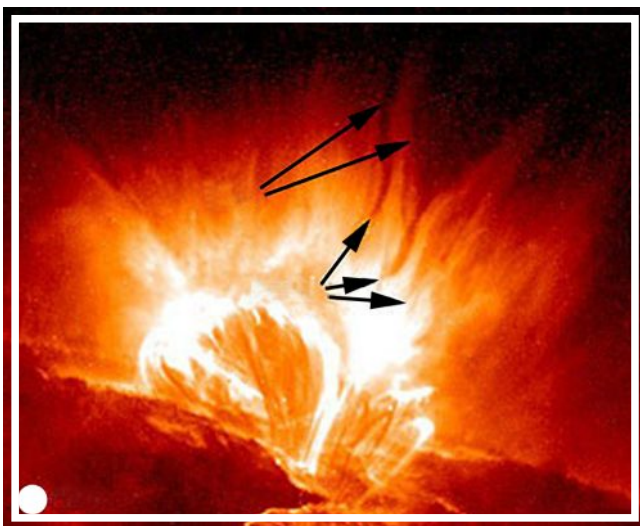


Obrázok 18: predĺžený cyklus aktivity.

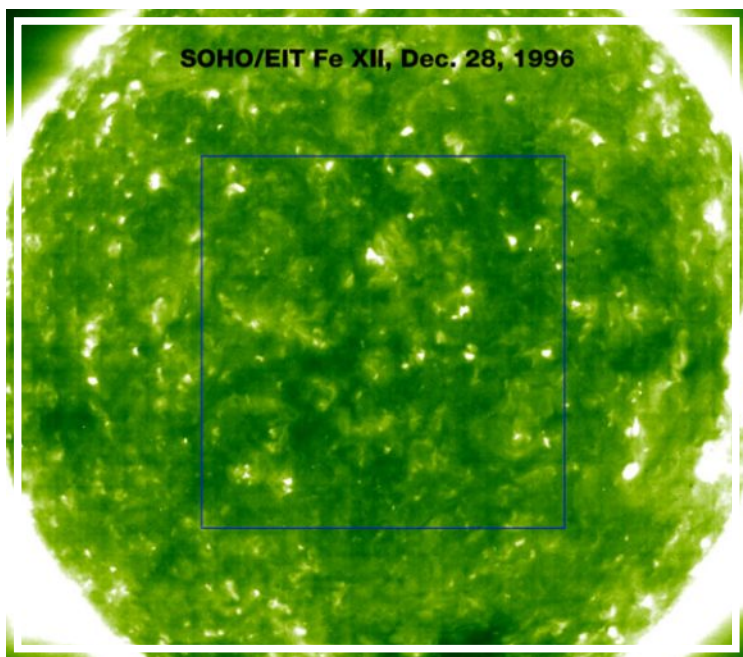
Takto by sme v stručnosti mohli opísať naše Slnko, našu najbližšiu hviezdu. Pozorovania Slnka z kozmického priestoru a zo Zeme, dnes už v celej škále elektromagnetického žiarenia, nám k tomu poskytujú neuveriteľné množstvo materiálu. A jedna stará pravda hovorí, že „jeden obrázok nám povie niekedy viac ako tisíc slov“. Aj preto sa v tomto článku používa tak veľa jeho obrázkov.

Slnko vzniklo z plynno-prachovej hmloviny asi pred 4,6 miliardami rokov a pred sebou má ešte asi 12 miliárd rokov života, z toho 8 - 10 miliárd pokojného. Potom sa bude scvrkávať a vybuchovať, aby skončilo ako biely trpaslík - jedno zo záverečných štádií vývoja hviezd. A potom niekedy vo veľmi ďalekej budúcnosti, ako chladný, bezcenný „kus“ železa, „potravou“ pre čiernu dieru. Predpokladá sa, že Slnko od Veľkého výbuchu (Big Bangu), ktorý nastal pred 13,6 miliardami $\pm$ 200 miliónov rokov, je hviezdou 2. alebo 3. generácie.

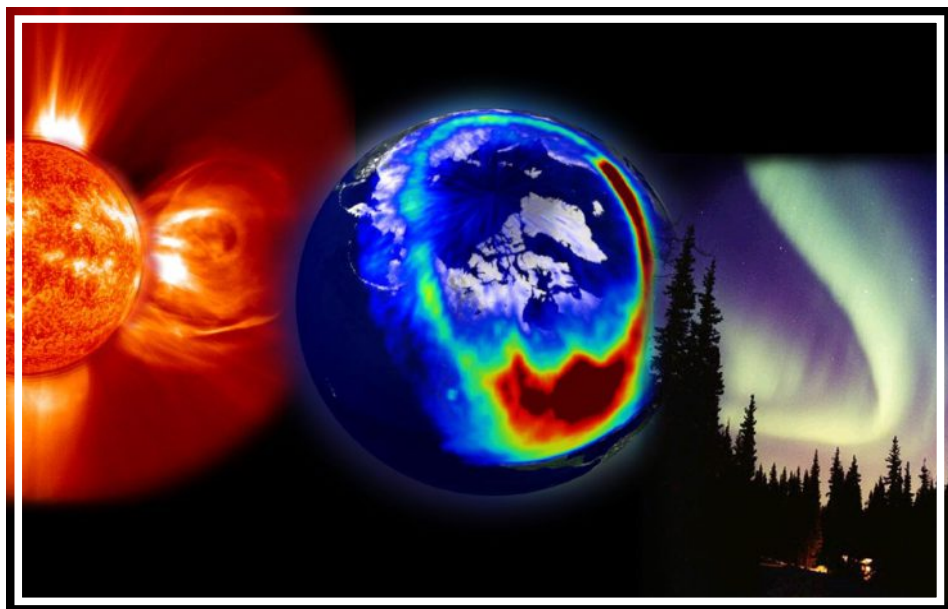
Záverom si ešte povedzme, že život na Zemi podmieňuje slnečná energia, ktorá na zemský povrch prichádza od zdroja Slnka a jeho planét, teda po dobu asi 4,6 miliardy rokov. Popri tejto „svetelnej“ energii, prichádzajú k nám zo Slnka aj vysokoenergetické častice z erupcií či celé oblaky plazmy z ejekcií koronálnej hmoty. To všetko popri permanentnom toku častíc slnečného vetra, ktorý k nám z povrchu Slnka vytáha siločiar magnetického poľa. Zem sa takto nachádza v pavučine si očiар magnetických polí Slnka a jeho častíc.



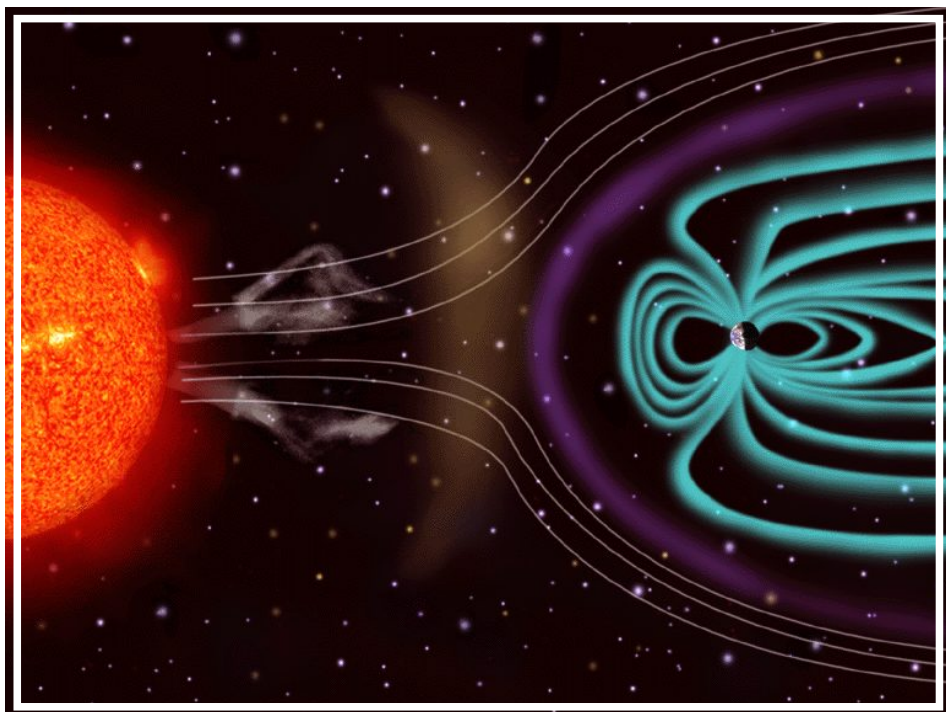
Obrázok 19: žubrienky



Obrázok 20: jasné body na Slnku.



Obrázok 21: schematické „spojenie“ Slnko – Zem.



Obrázok 22: slnko (vľavo), Zem (vpravo) a siločiare magnetických polí.

Kým svetelný tok energie zo Slnka s časom (na hranici zemskej atmosféry má hodnotu 1366 W m^{-2} a do nedávna bol známy pod termínom „slnčná konštanta“, v súčasnosti „celkové vyžarovanie Slnka“) vo vizuálnej oblasti spektra je len málo variabilný, $\pm 0,2 \%$ medzi maximom a minimom slnečnej aktivity, a pre život nenahraditeľný, nedá sa to povedať o röntgenovom a EUV žiarení, ktoré sú s fázou cyklu slnečnej aktivity veľmi premenlivé a v maxime cyklu ich hodnota vzrastá aj o viac ako o 100 percent. A práve tieto žiarenia, spolu s obrovskými oblakmi plazmy, ktoré vyvrhujú ejekcie koronálnej hmoty a eruptívne protuberancie či erupcie, sú pre Zem a biosféru, vrátane človeka, veľmi nebezpečné. Ich dôsledkom sa narúša magnetické pole Zeme, vznikajú polárne žiary, menia sa elektrické toky v ionosfére Zeme, mení sa hustota a výška atmosféry Zeme a ich dôsledkom dráha umelých družíc Zeme, vysokoenergetické častice škodia kozmonautom, posádkam a cestujúcim lietadiel letiacich vo veľkých výškach, hlavne v oblasti pólů, narúšajú sa energetické systémy na Zemi, mení sa tok kozmického žiarenia, a pod. Vplyv prejavov slnečnej aktivity by sme mohli by sme to v stručnosti charakterizovať nasledovne: čím je ľudstvo technicky vyspelejšie, tým je od aktívnych procesov na Slnku zraniteľnejšie. Aj preto sa v súčasnosti pripravujú tri veľké medzinárodné programy pre výskum Slnka a jeho vplyv na heliosféru: „Living with a star“, „Space Weather“ a „International Heliospherical Year“.

Literatúra:

Rušin, V.: 2005, Slnko - naša najbližšia hviezda, VEDA, Bratislava.

MEZINÁRODNÍ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY PRO UČITELE ZAMĚŘENÉ NA VESMÍR A FYZIKU VYSOKÝCH ENERGIÍ.

VIDĚNO UČITELEM GYMNÁZIA V ROŽNOVĚ P/R

Jaroslav Čížek

CERN (heslovitě Central Europe Research Nuclear)...

...má poněkud zavádějící zkratku. Představitelé CERN musí často návštěvníkům vysvětlovat, že hlavní náplní není výzkum jaderných zbraní, nýbrž čistě vědecký výzkum základních fyzikálních zákonů v oblasti mikrosvěta. S nápadem přišel již v roce 1949 věhlasný de Broglie. Spolupráce se v době mé návštěvy týkala 20 Evropských zemí včetně ČR a finančně přispívajících, tzv. pozorovatelů, jimiž jsou: UNESCO, EU, Turecko, Izrael, USA, Japonsko a Rusko.

Základem technického vybavení jsou v podzemí uložené urychlovače. (délka 27km v hloubce 100 m) viz. Cern a Cern_LHC. Program HST byl založen v roce 1998 v CERNU a pokračuje do současnosti. Účastníky jsou učitelé ze zemí, které se podílejí na jeho provozu. Cílem je umožnit učitelům poznat co možná nejlépe současnou fyziku a její nejvýkonnější prostředky a získané poznatky přenést ke svým studentům a nadchnout je pro exaktní vědy vůbec.

HST 2003 - účast 35 učitelů z 19 zemí (16 evropských). Seznámení se s částicovou fyzikou na předním fyzikálním světovém pracovišti, duch mezinárodní spolupráce v prostředí švýcarských hor. Tak by se dal stručně shrnout ročník, jehož jsem se zúčastnil během prvních tří týdnů července, jako jediný učitel z České Republiky. Program byl velmi rozmanitý a jeho základem byly exkurze. V roce 2003 probíhala v podzemním tunelu výměna experimentu LEP (srážející se leptony měly výsledně mnohem menší energii, než v novém experimentu použité hadrony), za mnohem výkonnější LHC (7 TeV +7 TeV). Tunely byly tedy pro nás přístupné a byly cílem exkurzí, jak na starším detektoru Delphi, tak novém CMS. Cílem exkurzí byly dále, experiment s antihmotou ATHENA a návštěva celé řady podpůrných pracovišť. K porozumění problematiky mikrosvěta byly pro nás připraveny přednášky o fyzice vysokých energií, urychlovačích, detektorech, supravodičích, supravodivých magnetech, standardním modelu, o Feynmanových diagramech, kosmologii a o fyzice kosmického záření. Část těchto přednášek byla společná, účastnili se jí vysokoškolští studenti tzv. letní školy. Nechyběla ani praktická cvičení věnována vyhodnocování snímků z mlžné komory. K dosažení vyšší efektivity se spolu s námi kurzu účastnili absolventi dřívějších kurzů tzv. ALUMNI. Problematika byla přesto natolik obsáhlá, že jsme se jednomyslně shodli a „jako jeden muž“, vyslovili závěr: Usilovné studium před programem je nezbytné pro optimální využití kurzu, což organizátoři popírali. V další části programu jsme byli rozděleni do 5. pracovních skupin, kde v úzkém kroužku pod vedením zkušených lektorů jsme hlouběji a to i prakticky vstřebávali poznatky z částicové fyziky.

Dalším přínosem programu bylo vstřebávání atmosféry spolupráce mezi vědci celého světa, panující v Cernu. Výměna poznatků o našich zemích, o jejich kultuře a vzdělávacím systému byla pro lidi se stejným systémem hodnot fantastická. Tuto atmosféru umocňovaly nedělní exkurze po Ženevě a okolních horách i setkání s nositelem Nobelovy ceny Jackem Steinbergerem.

Velmi zajímavou akcí byl víkend s vědou na břehu Ženevského jezera. Setkání se známými vědci a techniky z Česka, pobyt rovněž obohatilo. Závěrečný návrh spolupráce na projektech pořádaných v Evropských zemích dřívejšími absolventy kurzu jen umocnil naše nadšení z programu.

Comenius

O významu a dopadu programu HST nejlépe svědčí projekty organizované jeho účastníky, kteří se tam poznali a většinou již v průběhu programu začali uskutečňovat svou vizi popularizace fyziky a přenášení nejnovějších poznatků vědy a technologie do škol. Mezi organizátory těchto projektů se zařadila i naše škola Gymnázium v Rožnově pod Radhoštěm. K dnešnímu dni jsou to dva projekty :

Projekt končící v roce 2005:

„Učení fyziky spoluprací“ (Contemporary Physics - Learning through collaboration).

Nosným tématem projektu byla fyzika vysokých energií ve spojení z vesmírem. Projektu se zúčastnily již od roku 2002 školy z Velké Británie, Belgie, Portugalska, Polska, k nim se v roce 2003 přidaly školy z Řecka, Slovinska, Maďarska a naše Gymnázium Rožnov pod Radhoštěm. Projekt na těchto školách vesměs koordinovali absolventi HST.

Průběh projektu:

Učitelé na naší i ostatních kooperujících školách zprvu představili záměr projektu příslušným studentům. Potřebné informace o fyzice vysokých energií a vesmíru byly studentům předány, jak pracovníky školy, tak i odborníky z přidružených institucí (Hvězdárna Valašské Meziříčí a planetárium v Ostravě). Studenti taky navštěvovali přidružené organizace (Planetárium a hvězdárnu). Po studiu, studenti učinili výběr témat a začali na nich pracovat. Proškolení počítačových dovedností se uskutečňovalo rovněž v případě potřeby. V listopadu začali studenti s výměnou informací, jak mezi sebou ve škole, tak i mezi skupinami z různých škol, při čemž používali e-mailu a webových stránek k posílání informací. Studenti začali s pokročilejším zpracováním témat. Předběžné verze prezentací byly zveřejněny na webových stránkách. Po revidování partnerskými školami a zaslání kritických komentářů byly prezentace vylepšeny. Do velikonoc studenti pracovali na dokončení konečných verzí svých prezentací a vypracovali také jejich anglické překlady. Učitelé školy aplikovali dohodnutá výběrová kritéria a vybrali čtyři studenty, kteří pak reprezentovali školu na partnerské schůzce v Belgii. (V průběhu roku se uskutečnily dvě tzv. mobility: partnerská schůzka 18.4 - 23.4.2005 v Antverpách a výměna učitelů v Lublani 11.7-16.7.2005.) Partnerská schůzka se uskutečnila v Antverpách (Belgie). Studenti prezentovali své práce všem ostatním skupinám a referovali rovněž o své zemi, městu a škole všem věkovým skupinám belgické školy. Studenti se také věnovali poznávání belgického vzdělávacího systému. Uskutečnily se přednášky universitního profesora Antverpské university o nanotechnologii. Učitelé se mnohokrát sešli, aby vyhodnotili průběh projektu a věnovali čas plánování přípravné schůzky, jakož i budoucímu využití projektu. Účast zástupců osmi škol, čtyř z nových členských zemí EU, značně zvýšila rozpětí kulturních zkušeností dostupných studentům i učitelům.

V květnu a v červenci byly práce dokončeny a prezentace zveřejněny na Webu. CD

obsahující všechny prezentace vyrobila a rozeslala koordinující škola. V naší škole stejně, jako u našich partnerů byly provedeny dohodnuté úkoly, představení projektů potenciálním řešitelům, podpora a monitorování tvorby prezentací, nezbytné prohlubování požadovaných počítačových dovedností a podněcování studentů k vzájemné komunikaci na mezinárodní úrovni. Koordinující škola řídila součinnost pomocí e-mailů a webových stránek, které umožňovaly studentům vidět a kontrolovat pokrok svých prací navzájem. Vzájemná komunikace byla vedena e-maily v angličtině - pracovním jazyce projektu. Partnerská schůzka byla podstatnou součástí projektu. Jedním z hlavních cílů projektu bylo totiž ukázat, jakým způsobem moderní fyzika pracuje v součinnosti mezinárodních aktivit. Schůzka umožnila studentům prezentovat své práce před mezinárodním auditoriem a také další revizi jejich prací, způsobem jakým profesionální vědci postupují na vědeckých konferencích. Schůzka také poskytla učitelům příležitost sejit se při zhodnocení celoroční práce a naplánovat budoucí spolupráci. Učitelům schůzka dále poskytla příležitost seznámit se s vzdělávacími systémy zúčastněných zemí a jejich kulturou.

Na partnerské schůzce byla část diskuzí věnována zhodnocení projektu. Možnost zhodnocení projektu a partnerské schůzky byla daná i studentům formou dotazníku. Partnerské schůzky se zúčastnilo osm škol, z toho čtyři z nových zemí EU a to značnou měrou přispělo k úspěchu schůzky, i když pro učitele i studenty bylo dosti obtížné vypořádat se s takovou spoustou prací v značné časové tísní. Bylo vnímáno, že díky množství prací nebylo možné strávit nad každou prací tolik času, kolik bylo původně zamýšleno. Velké množství společných prací bylo vytvořeno na velmi slušné úrovni. Komunikace mezi studenty před partnerskou schůzkou je jednou z oblastí, kterou je třeba řešit. Naše škola začala vyvíjet komunikační systém, který v budoucnu tuto komunikaci značně usnadní. Spojení s jinými vzdělávacími institucemi (přidruženými partnery) bylo velmi posíleno a přesahuje rámec projektu. Bylo taky prokázáno, že účast studentů na projektu vede k jejich dalšímu studiu fyziky.

Zhodnocení partnerské schůzky studenty bylo velmi pozitivní. Nejlepší hodnocení měl pobyt v belgických rodinách (100% kladná odezva). Studenty i učiteli byla schůzka vnímána jako velmi úspěšná z hlediska vědeckého, kulturního i sociálního. Studenti se vzájemně sblížili velmi rychle a v průběhu schůzky byla navázána pevná přátelství.

Bylo konstatováno, že jsme rozhodnutí pokračovat ve spolupráci v rámci nového projektu Comenius a byly spřáhány plány okolo přípravné schůzky a přihlášek do budoucího projektu.

Výstupem projektu jsou :

- webové stránky obsahující všechny prezentace vytvořené během projektu. Adresa www.lggs.org.uk sleduje propojení k projektu. Navíc jsou k dispozici stránky našeho gymnázia www.gymroznov.cz s odkazy na prezentace projektu.
- CD disk obsahující všechny prezentace je k dispozici zájemcům. Tituly prezentací v anglickém jazyce :
 1. The origin of the elements.
 2. Background radiation.
 3. Evidence for the age of the universe.
 4. The early universe.
 5. The future of the universe.
 6. Recent research on the Sun.
 7. High energy particles and human safety.
 8. Matter / antimatter experiments and theory.
 9. Combining fundamental particles to build the universe.

10. Experimental evidence for the number of generations of fundamental particles.
11. Research of the high-energy particles originated elsewhere in the universe.

Projekt probíhající v letech 2006-2009:

„Výuka přírodních věd napříč Evropou - Sdílení nejlepších nápadů“

Po úspěšném zakončení projektu, věnovaného vytváření prezentací z oblasti fyziky vysokých energií a vesmíru v roce 2005, jsme se letos zapojili do dalšího projektu v rámci programu Sokrates Comenius 1 partnerství škol. Tento projekt je zaměřen na větší zapojení studentů do výuky přírodních věd (zejména fyziky) a sdílení jejich poznatků pod vedením učitelů se svými přáteli v různých zemích Evropy. Konkrétně se jedná o Slovinsko, Velkou Britanii, Portugalsko, Polsko, Maďarsko. Studenti se v rámci projektu budou rozvíjet nejen v přírodních vědách, informatice a v angličtině, ale seznámí se i se životem ve shora uvedených zemích. Navíc je projekt zaměřen tak, aby se studenti sami aktivně zapojili do vytváření lekcí. Cílem projektu je vytvořit učební lekce, které studenti představí na společné schůzce v jedné ze shora uvedených zemích. Na schůzce budou současně i kriticky posuzovat projekty připravené v jiných zemích. Na základě připomínek, které získají nejen na schůzce, ale i při komunikaci s ostatními školami, budou svůj produkt vylepšovat. Závěrem projektu bude vytvoření lekce z dané oblasti přírodních věd, zveřejněné na Webu a současně vydané tiskem. Projekt je plánovaný na tři roky, počínaje měsícem září 2006. Každá škola si vybrala své téma. Naše škola si vybrala Vesmír a zařetí.

Space Academy for Educators 2006

16.6. - 23.6.2006 jsem se s dalšími čtyřmi učiteli z ČR zařadil do skupiny 200 učitelů škol 2. stupně z 19 zemí světa a ze 43 amerických států nevyjímaje Aljašku a Havaj, kteří se zúčastnili Vesmírné Akademie pro učitele 2006. Společným místem našeho pobytu bylo po uvedené dobu místo známé ve Spojených Státech jako Vesmírný kemp (U.S. Space & Rocket Center v Huntsville stát Alabama). Vesmírná akademie vznikla ve Spojených Státech v roce 2004 a do roku 2006 se jí zúčastnilo kolem 250 učitelů převážně z USA. Hlavním cílem programu sponzorovaného firmou Honeywell je prostřednictvím učitelů zpřístupnit poznatky a zážitky z kosmického výcviku studentům škol a tím je získat pro studium přírodních věd. U Amerických učitelů se navíc předpokládá následná další návštěva kempu i se studenty. Tomuto cíli je podřízeno výběrové řízení, v němž učitelé v anglicky psané eseji popíší, jak si představují dosažení tohoto cíle, tedy získání více studentů pro studium přírodních věd.

Ve srovnání s programem HST je program více zaměřen na atraktivitu výcvikových zařízení, než na vědu. Show je na prvním místě i na přednáškách vedených školenými pracovníky. Program kromě toho nabízí setkání s konstruktéry raket, bývalými kosmonauty a manažery projektu NASA včetně podpisových zakončení. V roce 2006 to byli: Konrad Dannenburg (Německý konstruktér raket - současník Max von Brauna), Ed Buckbee - historik a přímý účastník přípravy a výcviku prvních sedmi amerických kosmonautů a Story Musgrave astronaut.

Jádrum programu jsou ovšem mise a příprava na ně. Byli jsme proto rozděleni do šesti týmů v počtech vhodných pro průběh mise. Tyto mise využívají vybavení střediska, kde nechybí kopie a тренаžéry raketoplánu, sond raket a kosmických stanic. Ty jsou k dispozici účastníkům nejen programů učitelských (většinou nesponzorovaných), ale i programů pro širokou veřejnost. Touto cestou si v USA může zahrát na kosmonauty každý zájemce. V misi jsou členové týmu rozděleni do tří skupin. První skupina je osádka raketoplánu (pilot, komander a další specialisté). Druhá skupina tvoří obsluhu v řídicím středisku (vědecký

vedoucí mise, inženýr mise, inženýr pohonných jednotek apod.). Třetí skupina tvoří posádku mezinárodní vesmírné stanice. Všechny skupiny se řídí společným itinerářem mise, který je rozpracován po minutách a jde do naprostých detailů v ovládání příslušných přístrojů. Všechny činnosti (start, přistání, činnosti ve vesmírné stanici, výstup ve skafandrech do vesmírného prostoru) jsou monitorovány a zaznamenány na DVD. Toto video dostanou všichni účastníci při slavnostním ukončení kurzu tzv. „gradaci“.

Kapitola sama pro sebe je ovšem zlatý hřeb programu - ukázka výcviku na simulátorech. Výcviku se mohli a většinou i podrobili všichni účastníci kurzu. Kromě i u nás známých poutových atrakcí (přetížení a beztlisový stav na sto metrů vysokém vodícím sloupu jsou uchyceny 3 sedačky) to byla známá jednotka MMU pro manévrování v kosmickém prostoru, simulátor šestinové tíže (pohyb na Měsíci) a tříosý simulátor simulující chaotické otáčení ve vesmíru při ztrátě kontroly letu. Atraktivní byly hlavně aktivity na vodě spojené s přistáním na vodní hladině. Nedílnou součástí Centra je vesmírné muzeum, v něm jsou jak kopie, tak i originály všech raket, sond, raketoplánů a všeho, co ke kosmickému programu patří. Součástí je i 3D kino, v něm promítané filmy z vesmíru působí velmi reálně. Shlédlí jsme film o letu sondy na Mars a působil velmi realisticky.

Pro nás učitele program speciálně zahrnoval návody a inspirace pro výuku a to v mnoha předmětech, nejen ve fyzice (ta je v USA zahrnuta do předmětu „Science“). Z mnoha vyjmenuji hydroponiku (zajištění potravy ve vesmíru), hračky ve vesmíru (kosmonauti ve vesmírné stanici předvádějí funkčnost hraček a her v beztlisovém stavu), literaturu (psaní fantastiky s využitím vědeckých poznatků), konstrukci raket (stavěli jsme tři typy modelu raket), historii létání včasně výroby a startu horkovzdušného balonu. Závěr programu byl velmi slavnostní a simuloval ukončení výcviku kosmonautů tzv. „graduaci“. Pro ní jsme měli připravené kosmonautické kombinézy (můžete v nich vidět kosmonauty na „tiskovkách“) i s označením hodnoty a jménem (mohlo být i fiktivní). Toto označení se pak, podle pro Američany známého rituálu, připevňovalo na kombinézy. Slavnostní atmosféře přihlíželi kromě četných rodinných příslušníků i televizní kamery. Ty nás ostatně provázely při všech aktivitách. Udělat atmosféru a pěstovat národní hrdost je prostě americké a tak jsme kromě kosmonautiky poznávali i americký způsob života.



SLOŽENÍ VESMÍRU

Petr Kulhánek

Dnes již zdaleka neplatí, že vesmír je to, co vidíme v noci dalekohledem - hvězdy, hvězdokupy, galaxie, mlhoviny. Vesmír je úplně jiný, než jsme si dosud mysleli. První náznaky existence temné hmoty pocházejí již od Fritze Zwickyho z roku 1934. A první nepřímé důkazy existence temné energie z pozorování supernov typu Ia pochází z roku 1998 (Adam Riess a Saul Perlmutter). A tyto dvě entity přitom tvoří 96 % hmoty a energie ve vesmíru. Běžné látky atomární povahy je poskrovnu, pouhá 4 % celku. Pojďme se nyní seznámit se základními entitami ve vesmíru.

Temná energie

Víra v existenci temné energie je spjata se třemi nezávislými experimenty: sledováním supernov typu Ia, sledováním fluktuací reliktního záření a sledováním velkorozměrových struktur ve vesmíru. Jde o zcela různorodé experimenty a přitom se vysvětlení žádného z nich neobejde bez pojmu temné energie. A ze všech tří experimentů plyne vzácná shoda. Temné energie by mělo být ve vesmíru přibližně 73 %. Jejím nejvýznamnějším projevem je v současné době pozorovaná zrychlená expanze vesmíru.

Co ale je temná energie? Všudypřítomná homogenní složka vesmíru, odpovědná za jeho expanzi, zatím odolává jednoznačnému vysvětlení. Jako nejpřirozenější kandidát na temnou energii se zdá být energie spojená s procesy ve vakuu. V současné fyzice již vakuum dávno neznamená naprostou prázdnotu. Je plné kvantových fluktuací, virtuálních párů částic a antičástic a polí zajišťujících pozorované narušení symetrie základních interakcí.

Mezi základní vlastnosti energie vakua patří to, že její hustota není závislá na expanzi vesmíru. V jednom metru krychlovém vzniká stejný počet virtuálních párů nyní i před miliardami let. Pokud je skutečně temná energie totožná s vakuovou energií, je neměnná v prostoru i v čase, je skutečnou konstantou, onou kosmologickou konstantou, kterou kdysi Albert Einstein zavedl ve svých rovnicích obecné relativity, aby zajistil stacionární řešení, tedy neexpandující vesmír.

Ze standardního modelu elementárních částic vychází, že by hustota vakuové energie měla mít hodnotu 10^{108} eV^4 . Z měření hustoty temné energie uvedených výše vychází ale hodnota 10^{-12} eV^4 . Pokud je temná energie totožná s energií vakua, jde o dosud největší rozpor mezi teorií a experimentem. Vypočtené a změřené hodnoty se liší o celých 120 řádů. Jde o největší problém v současném chápání světa. Je třeba najít mechanismy, které efektivně sníží hodnotu energie vakua na skutečnou měřenou hodnotu. Uvažuje se například o extradimenzích, které pohlcují vakuovou energii nebo o supersymetrických částicích, jejichž projevy by mohly vyrušit kvantové fluktuace vakua.

Pokud je temná energie nějak spjata s energií vakua a je skutečně konstantní, potom to nutně znamená zrychlenou expanzi vesmíru, která se udrží i v budoucnosti a vesmír se postupně rozplyne. Hustota hmoty ve vesmíru klesá se třetí mocninou rozměrů, proto bude v budoucnu nadvláda temné energie nad hmotou vyšší a vyšší. Naopak v minulosti byla hustota hmoty vyšší než hustota temné energie. Například v době oddělení reliktního záření od hmoty byla hustota temné energie zcela zanedbatelná. Je zvláštní, že žijeme v období, kdy hustota hmoty (atomární a temné) je řádově srovnatelná s hustotou temné energie a má přibližně poloviční hodnotu.

Další možností je připustit, že energie vakua je nulová. Že existují zatím neznámé procesy, které vakuové projevy přesně eliminují či vyruší. Potom je kosmologická konstanta v rovnicích obecné relativity nulová. Je třeba ovšem hledat jiné vysvětlení zrychlené expanze a jinou podstatu temné energie. Často uvažovaným řešením je připustit existenci skalárního pole, které se nazývá kvintesence (prapodstata). Toto pole již ovšem není v čase konstantní, reaguje na expanzi a hustota jeho energie klesá s určitou mocninou a rozměrů ve vesmíru ($r \sim 1/R^a$). Pro $a > 0$ postupně ztrácí kvintesence s expanzí vesmíru svůj vliv a dokonce může dojít k zastavení zrychlené expanze. Parametr $a = 0$ znamená hustotu energie konstantní v čase a přináší stejnou fyziku jako nenulová energie vakua. Naopak parametr $a < 0$ znamená, že hustota kvintesence s expanzí dokonce roste a mohlo by dojít až k tzv. velkému rozervání (big rip), při kterém by expanze proběhla i na atomární úrovni a došlo by k roztrhání samotných jader atomů. V takovém případě častěji než o kvintesenci hovoříme o poli fantomů. Zdá se, že tato možnost je dnes již experimentálně vyloučena.

Poslední možnosti jsou různé pokusy modifikovat obecnou teorii relativity. Ta má v současné fyzice natolik pevné místo a je potvrzena tolika experimenty, že málokdo věří v úspěch této cesty.

Připomeňme si připravované a probíhající experimenty, které by v nejbližší době mohly přispět k lepšímu pochopení temné energie. V roce 2007 bude spuštěn největší urychlovač světa, Large Hadron Collider, který by mohl objevit Higgsovy bosony a přispět k pochopení vlastností kvantového vakua. V témže roce bude vypuštěna sonda Planck, která by měla pořídit dosud nejpodrobnější mapu fluktuací reliktního záření. V tuto chvíli se zpracovávají výsledky měření z družice Gravity Probe B, která ověřovala s vysokou přesností obecnou relativitu. Družice měřila velmi jemný efekt, strhávání časoprostoru rotující Zemí, který se projeví stočením osy gyroskopu o 0,042" za rok. Výsledky by měly být známy v dubnu roku 2007. A připravuje se v horizontu pěti až deseti let vyslání sondy SNAP (SuperNova / Acceleration Probe) s dvoumetrovým chlazeným dalekohledem určeným k pozorování supernov typu Ia.

Temná hmota

V roce 1934 přišel švýcarsko-americký fyzik Fritz Zwicky se zajímavým zjištěním. Na základě pohybu galaxií na okraji kupy ve Vlesech Bereniky odhadl celkovou hmotnost kupy. Ta ovšem vůbec nesouhlasila s odhadem udělaným na základě jasnosti jednotlivých galaxií kupy. Závěr byl zarážející. V kupě musí být mnohonásobně více hmoty, než vidíme. Obdobné zjištění bylo učiněno i na úrovni galaxií. Hvězdy, prach a plyn ve vnějších oblastech se pohybují mnohem rychleji, než odpovídá gravitačnímu nebo Keplerovu zákonu. Pokud by galaxie obsahovaly jen viditelnou hmotu, vymrštila by odstředivá síla hvězdy na okrajích galaxie ven do mezigalaktického prostoru. V galaxiích musí tedy být další hmota, kterou nevidíme a která hvězdy drží ve vnějších oblastech galaxií.

Na úrovni galaxií lze rozložení temné hmoty odhadnout relativně snadno z rotačních křivek hvězd a oblaků prachu a plynu v periferních částech galaxií. Obdobným mechanismem se dá určit rozložení temné hmoty v kupách galaxií. Na těchto měřicích temná hmota víceméně kopíruje ostrovy svítící atomární hmoty.

Na velkorozměrových škálách se provádějí počítačové simulace vývoje látky ve vesmíru na největších počítačích světa, příkladem mohou být výpočty v Institutu Maxe Plancka v Garchingu u Mnichova. Při simulaci se počítá s přítomností atomární látky, nebaryonové temné hmoty i temné energie působící odpudivě proti gravitaci. Expanze vesmíru je kompenzována neustálým přeskálováváním velikosti hrany krychle. Po čase, který odpovídá stáří přes deset miliard let, se v objemu vyvinou vláknité struktury, stěny

a chomáče obklopené dutinami s minimálním množstvím atomární a temné hmoty. To znamená, že na velkorozměrových měřících je temná hmota soustředěná do vláken a stěn, v jejichž křížení se vlivem gravitace hromadí nadkupy galaxií. Výsledky simulací při správném procentuálním zastoupení temné hmoty a energie dobře odpovídají strukturám nadkup galaxií známým z velkorozměrových přehledů galaxií, jakými jsou například SDSS (Sloan Digital Sky Survey) nebo 2dF GRS (2 Degree Field Galaxy Redshift Survey).

Struktura současného vesmíru velmi záleží na tom, zda temná hmota je horká nebo chladná. Chladnou temnou hmotou (CDM - Cold Dark Matter) nazýváme pomalou složku temné hmoty. Její částice se pohybují tak, že za dobu existence vesmíru prolétly jen nepatrnou část pozorovatelného vesmíru. Naopak částice horké temné hmoty (HDM - Hot Dark Matter) se pohybují rychlostmi blízkými rychlosti světla a za dobu existence vesmíru prolétly podstatnou část pozorovatelného vesmíru.

Pokud by většinu temné hmoty tvořila horká složka (HDM), nemohly by struktury ve vesmíru vznikat od nepatrných poruch k větším celkům. Částice HDM by jakoukoli malou poruchu v rozložení hmoty velmi záhy vyhladily. Vesmír s HDM proto může struktury tvořit jen „shora dolů“. Nejprve by musely vzniknout nadkupy galaxií, z nich teprve kupy, pak galaxie, atd. Naopak částice chladné temné hmoty podporují vznik struktur „zdola nahoru“. Každá malá porucha rozložení hustoty přitahuje pomalé částice CDM a ty ji ještě prohlubují. Struktury vznikají od galaxií s hvězdami až po nadkupy galaxií. Vzhledem k tomu, že máme dostatek experimentálních důkazů pro druhou variantu (ať jde o nepatrné fluktuace reliktního záření, které vznikaly 400 000 let po Velkém třesku nebo o velkorozměrové přehledy oblohy sahající hluboko do minulosti), je jasné že převážnou část temné hmoty tvoří její chladná složka CDM.

Existuje řada kandidátů na částice temné hmoty. Může jít o wimpsy (Weakly Interacting Massive Particles), které interagují jen slabou interakcí a jde o reliktní superpartnery normálních částic z období po Velkém třesku. Mohlo by také jít o částicová monstra, tzv. Wimpzilly z období těsně po inflační fázi vývoje vesmíru. Další možnosti jsou axiony související s narušením CP symetrie v silné interakci. Menší měrou k temné hmotě přispívají i neutrina, zde však jde o horkou temnou hmotu.

Existují i experimenty, které se snaží přímo hledat částice temné hmoty, zejména wimpsy. S hmotou sice interagují velmi málo, ale pokud má detektor dostatečné množství atomů, dojde tu a tam k interakci s atomovými jádry. Většinou jde o podzemní scintilační detektory, jedním z nejznámějších je italský detektor DAMA (Dark MATter) umístěný pod horou Gran Sasso. Další skupinou jsou bolometrické detektory, které měří uvolněné teplo. K nejznámějším patří detektor EDELWEISS. Jde o germaniový bolometr umístěný 1 700 metrů pod zemí v Modane Underground Laboratory na hranici Francie a Itálie.

V italském experimentu PVLAS (Polarization of Vacuum with LASer), který je umístěn v laboratoři v Legnaru, bylo v roce 2006 prokázáno stočení roviny polarizovaného světla (4×10^{-12} rad/m) generovaného laserem (1063 nm) ve vakuu v silném magnetickém poli (5 T). Stočení je pravděpodobně způsobeno přeměnou části fotonů na pseudoskalární částice podobné axionům. V německém DESY (Deutsches Elektronen SYNchrotron) se připravuje experiment FLASH (Free-electron LASer in Hamburg), ve kterém budou fotony emitované z laditelného laseru na volných elektronech konvertovány v silném magnetickém poli na axiony, které po průchodu neprůhlednou deskou budou opětovně převedeny na fotony. Pokud bude existence axionů potvrzena, bude to znamenat veliký krok kupředu v chápání vakua a temné energie.

Atomární látka

Přestože atomární látka tvoří pouhých 4 % hmoty a energie ve vesmíru, je prozkoumána nejlépe. Dobře známe i základní okamžiky jejího vzniku. V čase 10 pikosekund se z kvark-gluonového plazmatu vytvořily neutrony a protony. V tomto období došlo k tzv. hadro-

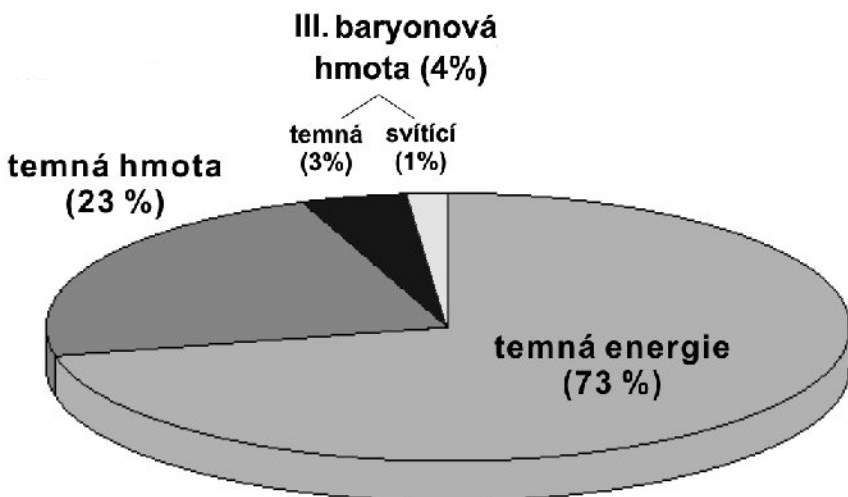
nizaci hmoty, kvarky se pospojovaly do dvojic (mezony) a trojic (baryony) vlivem působící silné interakce. Další fází byl vznik atomárních jader lehkých prvků v období několika minut po Velkém třesku. V časech dřívějších to nebylo možné kvůli vysoké teplotě ve vesmíru, v časech pozdějších vesmír expandoval natolik, že pravděpodobnost srážek pro tvorbu jader poklesla pod statisticky významnou mez. V tomto období vznikala jen nejlehčí jádra deuteria, lithia, a hélia. Samozřejmě byla přítomna jádra vodíku v podobě protonů.

Posledním okamžikem ve vytvoření atomární hmoty byl vznik atomárních obalů v čase přibližně 380 000 let po Velkém třesku. V tomto okamžiku se také oddělilo záření od hmoty, protože ve vesmíru byl nedostatek volných elektronů, se kterými záření do té doby interagovalo. Elektrony se totiž většinou staly součástí atomárních obalů. Oddělené záření nazýváme reliktní záření pozadí a je dne s jedním z nejdůležitějších zdrojů informací o raném vesmíru. Těžké prvky vznikaly až při termojaderné syntéze v nitru hvězd. Podle současných znalostí vznikla nultá generace hvězd 400 milionů let po Velkém třesku. Tyto hvězdy byly velmi hmotné a jejich celkový vývoj trval jen stovky milionů let. Jejich význam je pro budoucí vesmír ovšem značný, vytvářejí ve svých nitrech velké množství těžkých prvků.

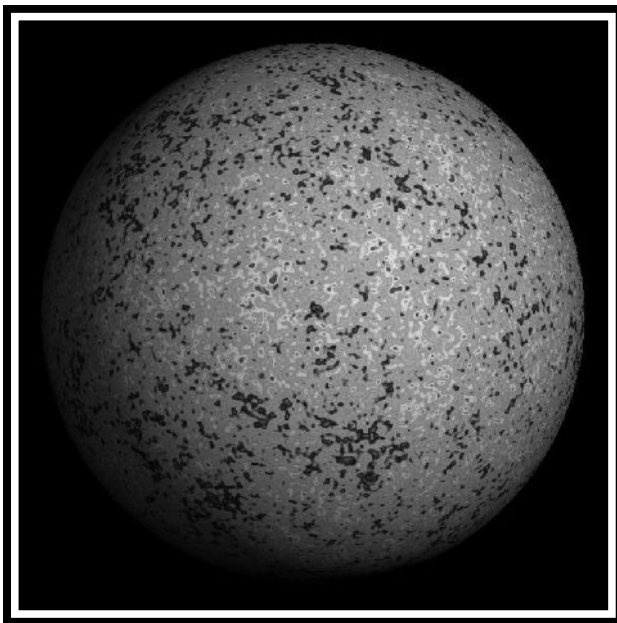
Atomární látce většinou říkáme baryonová složka. Důvod je jednoduchý. Nejpodstatnějšími částicemi atomární hmoty z hlediska hmotnosti jsou neutrony a protony a ty patří k rodině baryonů - částic složených ze tří kvarků. Elektrony v atomárních obalech přispívají k celkové hmotnosti atomů minimálně.

Z atomární látky je přibližně čtvrtina svítící, zbytek tvoří temné mlhoviny, vyhaslé hvězdy, plyn, prach a možná objekty podobné planetám, či málo jasné hvězdy, které našimi přístroji nevidíme. V poslední době s nárůstem kvalitní pozorovací techniky roste počet objevených hnědých trpaslíků a velmi chladných hvězd. Tento trend vedl dokonce k zavedení dvou nových hvězdných tříd L a T.

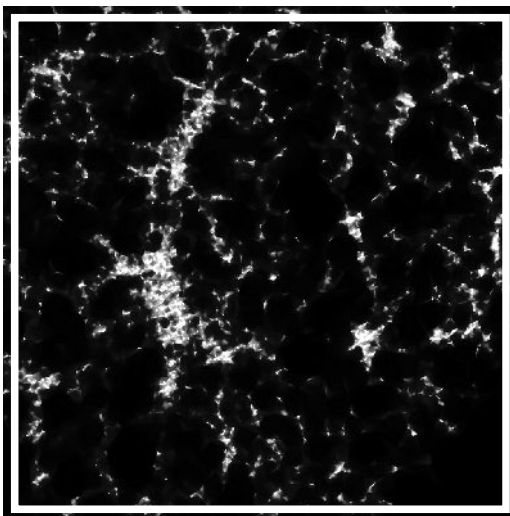
V každém případě se náš pohled na vesmír v posledních letech výrazně mění a musíme si připustit, že vesmír již není to, co si po staletí představujeme.



Obrázek 1: složení vesmíru z proměřování supernov typu Ia, z fluktuací reliktního záření a velkorozměrových přehlídek oblohy.



Obrázek 2: mapa fluktuací reliktního záření, severní polokoule, sonda WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe).



Obrázek 3:

velkorozměrová struktura vesmíru. Zoom na Velkou stěnu, která byla objevená v roce 1991 přehlídkou SDSS. Jde o stěnu vytvořenou z mnoha galaxií. Její rozměry jsou úctyhodných 200×600 milionů světelných roků, zatímco tloušťka stěny je pouhých 20 milionů světelných roků.

VIRTUÁLNY VESMÍR

VÝLET AŽ K SAMÝM HRANICIAM VESMÍRU

Karol Petrík

Katedra fyziky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita
Hvezdáreň a planetárium Hlohovec

V tomto príspevku by sme Vás radi oboznámili s ojedinelou, pritom ale veľmi zaujímavou a flexibilnou formou zábavného vzdelávania detí a mládeže v oblasti prírodných vied. V roku 1998 sme uskutočnili prvé zo série multimediálnych výchovno - vzdelávacích predstavení zameraných na popularizáciu prírodných vied. Realizácii predstavenia predchádzala séria doškoľovacích pracovných seminárov, ktoré sme realizovali pre učiteľov základných škôl po zahrnutí učebného celku Astronómia opäť do učebných osnov 9. ročníkov ZŠ. Potreba takýchto seminárov vznikla vzhľadom na mnohoročnú absenciu tejto oblasti v učebných osnovách, rýchly rozvoj astronomických poznatkov a nedostatok vhodnej študijnej literatúry pre samotných učiteľov fyziky na ZŠ. Práve na týchto stretnutiach učiteľov s lektorom (P.K.), bol samotnými učiteľmi podaný návrh na uskutočnenie takých multimediálnych predstavení aj pre samotných žiakov.

Okrem zavedenia nového učiva prispeli k realizácii aj ďalšie dôvody:

- Prírodovedné predmety ako biológia, zemepis, chémia, ale predovšetkým matematika a fyzika zažívajú v súčasnosti výrazný útlm z hľadiska záujmu žiakov základných a stredných škôl o ne.
- Náročná látka, preplnené učebné osnovy a nedostatok času pre kvalitné objasnenie preberaného učiva robia z vyučovacích hodín prírodovedných predmetov častokrát len encyklopedický prehľad informácií, ktoré nedovoľuje žiakom urobiť si predstavu o vzťahoch a náväznosti jednotlivých preberaných celkov.
- V slovenskom školstve a spoločnosti je zjavná orientácia na humanitné a spoločenské predmety.
- Počet záujemcov o prírodovedné vysokoškolské vzdelanie výrazne klesá každý rok a tým klesá aj vzdelanostný spoločenský potenciál rozvoja našej spoločnosti v oblasti vedy a výskumu.

Z týchto dôvodov, v zmysle hesla „mysli globálne - konaj lokálne“, sme sa rozhodli podporiť vzdelanosť mládeže v oblasti prírodných vied novým, netradičným a pritom pútavým a zaujímavým spôsobom. Po úprave a zjednodušení pôvodného školiaceho materiálu a v dodnes trvajúcej spolupráci s odborníkmi z Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity a z Hvezdárne a planetária Hlohovec, boli uskutočnené prvé zábavno-vzdelávacie predstavenia, ktoré svojim modelom do značnej miery pripomínajú a aj majú formu výchovných koncertov, avšak nie zameraných hudobne, ale prírodovedne. Tieto prírodovedné „výchovné koncerty“ slúžia na popularizačné ale pritom aj zábavné objasňovanie náročných pojmov a vzťahov fyziky, astronómie, geológie a chémie v rámci učebných osnov základných a stredných škôl. Ako sme už spomenuli vyššie, je to ojedinelá forma výuky spojená so zábavou. Jednoducho škola hrou, práve taká, ako si jpredstavoval aj sám učiteľ národov J.A. Komenský. Prvé zo sady našich predstavení, nazvané Virtuálny vesmír, videlo doposiaľ už viac ako 20 000 spokojných divákov - žiakov a študentov

základných škôl a gymnázií, ale aj zdravotníckych škôl, obchodných akadémií, učilišť rôzneho zamerania, bilinguálnych škôl atď'. Ďalšie dve nadväzujúce pokračovania, prvé o geológii, vzniku Zeme a mineralógii a druhé o chemických prvkoch, o DNA a o vzniku života, pripravujeme pre ďalší školský rok, 2007/2008.

Virtuálny vesmír je výchovno-vzdelávacie predstavenie s plným využitím výpočtovej techniky a veľkoplošnou videoprojekciou na dve veľké premietacie plochy, počas ktorého majú žiaci a študenti možnosť uvidieť množstvo záberov vesmíru, videosnímky astronomických úkazov a animácie hviezdnych aj galaktických objektov. Program je pripravený na 60 alebo 90 minút, podľa požiadaviek samotnej školy, a kladieme počas neho dôraz na integráciu prírodovedných poznatkov a prepojenosť prírodných vied v poznávaní prírody a prírodných zákonov okolo nás.

Predstavenie je rozdelené na tri časti:

- 1) Slnčná sústava (Slnko, planéty, meteory, kométy),
- 2) Mliečna cesta (vývoj hviezd, vzplanutia supernov),
- 3) galaxie a existencia mimozemských civilizácií vo vesmíre.

Prednášateľ počas rozprávania stále udržiava kontakt s publikom kladením rôznych otázok. Jednotlivé časti sú od seba oddelené oddychovými - súťažnými časťami. Žiaci totiž majú možnosť získať pekné ceny v súťažiach, ktoré sú pre nich pripravené, pokiaľ nájdu odpovede ukrývajúce sa v našivó hraných a spievaných piesňach s použitím gitary.

Naše predstavenie je koncipované variabilne a dá sa uskutočniť aj pre viaceré ročníky, napr. 8. a 9., 6. a 7. alebo 4. a 5., pričom sú informácie a výklad prispôbované vedomostnej úrovni žiakov. Program teda môžu vidieť, po dohode na úrovni samotných škôl, mesta či okresu, žiaci jedného ročníka niekoľkých škôl naraz. Iná možnosť je účasť viacerých ročníkov jednej školy, prípadne kombinácia týchto možností. Miestom uskutočnenia môže byť miestne kino alebo dom kultúry, ale môžu to byť aj priestory samotnej školy, ako napr. školská jedáleň, telocvičňa, učebňa, klubovňa, hala alebo väčšia chodba. Podmienkou je možnosť zatemnenia prednáškových priestorov.

Astronomický výchovný koncert je vhodný ako doplnok k preberanej látke, zopakovanie preberaného celku a rozšírenie si vedomostí z predmetov Prvouka, Prírodopis, Fyzika a Astronómia, alebo ako forma mimoškolského vzdelávania či vyplnenia voľného času počas obdobia prijímacích skúšok, maturít apod. Možno vzniká otázka, či náhodou takéto predstavenie nie je len náhradou za kvalitnejšie predstavenie, ktoré majú možnosť žiaci a študenti vidieť v špecializovaných zariadeniach, teda počas exkurzií či školských výletov na hvezdárňach alebo v planetáriách. Odpoveď je jednoznačná - náš multimediálny program je rovnocenný, komplementárny, a v mnohých prípadoch aj prevyšuje úroveň audiovizuálnych astronomických popularizačných a vzdelávacích pásiem prezentovaných na hvezdárňach a v planetáriách. Aj v okresoch, kde sa nachádzajú hvezdárne a planetária, má značný význam pre žiakov miestnych škôl tento program vidieť. Má totiž úplne iný charakter ako väčšina audiovizuálnych pásiem, je neustále aktualizovaný a prednášateľ ho variabilne prispôbuje vedomostnej úrovni poslucháčov. Navyše, použité najmodernejšie technológie výrazne zvyšujú atraktivitu poznatkov obsiahnutých v predstavení. Najnovšie počítačové animácie rôznych astronomických dejov, a predovšetkým priamy kontakt divákov s prednášateľom, ako aj hudobné oddychové vstupy, sú tými atribútmi, ktoré odlišujú naše predstavenia od tých klasických - automatizovaných.

Predstavenie je možné uskutočniť v slovenskom, českom alebo anglickom jazyku.

Viac informácií sa dozviete na webových stránkach neziskovej organizácie pre podporu vedy a vzdelania - Pansophia, ktorá zabezpečuje organizovanie prírodovedných predstavení na Slovensku a v Českej republike (www.pansophia.sk).

STANDARDNÍ MODEL

Petr Kulháněk

Svět elementárních částic se od objevu elektronu rozrostl do obrovského množství stovek částic různých druhů. Přesto vnáší standardní model elementárních částic založený na symetriích v přírodě do tohoto světa jistý řád. Celkem uspokojivě je kvantovou teorii popsána i interakce částic mezi sebou samými. Jde především o interakci elektromagnetickou, silnou a slabou. Gravitace stojí poněkud bokem standardního modelu, je popsána obecnou relativitou pomocí zakřiveného prostoru a času. Její začlenění do kvantového pohledu na svět teprve čeká na svou příležitost.

Fermiony a bosony

Podle své snášitelnosti či nesnášitelnosti s příslušníky stejného druhu dělíme částice na fermiony a bosony. Fermiony jsou částice obecně nesnášlivé, splňují tzv. Pauliho vylučovací princip, dva fermiony nemohou být ve stejném kvantovém stavu. Typickým příslušníkem této skupiny jsou elektrony. Díky jejich „nesnášlivosti“ existuje bohatství chemických vlastností atomárních obalů. Elektrony obsazují jednotlivé hladiny a proto se atomy s různým počtem elektronů chovají různě. K této skupině částic patří kromě elektronu všechny kvarky, neutrino, proton, neutron a další částice. Fermiony mají poločíselný spin, jejich vlnová funkce je antisymetrická a splňují tzv. Fermiho-Diracovo statistické rozdělení.

Druhou skupinou jsou bosony, částice, pro které neoplatí Pauliho vylučovací princip, dva bosony se mohou nacházet ve stejném kvantovém stavu. Typickým příkladem je foton. Při nízkých teplotách bosony obsazují základní kvantový stav, vytvářejí tzv. bosonový kondenzát. Typickými vlastnostmi jsou supravodivost a supratekutost. Bosony mají celočíselný spin, jejich vlnová funkce je symetrická a splňují Boseho-Einsteinovo statistické rozdělení.

Rodové dělení

Elementární částice můžeme dělit také podle jejich vlastností a rodové příbuznosti na leptony, kvarky, intermediální částice a Higgsovy částice.

Leptony

Leptony označovaly původně lehké částice (ze slova leptos), nicméně dnes v této rodině máme i pěkně těžké kousky. Jde o částice bez známé vnitřní struktury, tedy podle současných znalostí bodové. Dnešní experimenty by rozeznaly struktury větší jak 10-18 m. Jde o fermiony se spinem 1/2. K nejvýznamnějším zástupcům patří elektron a jeho dvě další varianty (těžký elektron neboli mion a supertěžký elektron neboli tauon). Každý z elektronů je při procesech slabé interakce doprovázen svým neutrinem, máme proto tři neutrina: elektronové, mionové a tauonové. Neutrino podléhá kromě gravitační interakce jen slabé interakci a proto snadno procházejí látkou. Mají malou nenulovou hmotnost objevenou v roce 1998 na japonském detektoru SuperKamiokande. Tato nenulová hmotnost vede na tzv. oscilace neutrin, při kterých se jedno neutrino mění v druhé.

Často hovoříme o generacích neboli pokoleních leptonů. První generaci tvoří obyčejný elektron se svým neutrinem - částice běžné ve světě kolem nás. Druhá generace je mion se

svým neutrinem. Na Zemi se vyskytují zřídka, zpravidla vznikají při interakci kosmického záření s horními vrstvami atmosféry. Třetí generace leptonů - taunon se svým neutrinem - sehrála svoji roli za extrémních podmínek vzniku vesmíru. Projděme si rodinu leptonů podrobněji:

Elektron. Jde o první objevenou elementární částici vůbec. Je stabilní. Hmotnost elektro-nu je $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg a elektrický náboj elektronu je $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C. Rozdílné chování různých atomů je způsobeno rozdílnou konfigurací elektronových obalů. Makroskopický pohyb elektronů vnímáme jako elektrický proud. Elektron objevil J. J. Thomson v roce 1897 v katodovém záření. Antičástici elektronu, pozitron, teoreticky předpověděl P. A. M. Dirac v roce 1928 ještě před jeho objevením (C. D. Andersonem v roce 1932 v sekundárních sprškách kosmického záření).

Elektronové neutrino. Věrný souputník elektronu. Všude tam, kde při různých slabých rozpadech částic vznikne elektron, vzniká i jeho neutrino (přesněji antineutrino). Existence neutrina byla předpovězena při zkoumání β rozpadu neutronu W. Paulim v roce 1930. Název neutrino mu dal E. 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 Karolině (F. Reines, L. Cowan).

Mion (těžký elektron). Tato částice se chová velmi podobně jako elektron. Má hmotnost $207 m_e$. Doba života je přibližně 2×10^{-6} s. Potom se těžký elektron rozpadá na normální elektron a neutrino. Mion je stejně jako jeho dvojník elektron schopen vytvořit vázaný stav s protonem, tzv. mionium (vodík s mionem v obalu místo elektronu). Mion byl objeven C. D. Andersonem v sekundárních sprškách kosmického záření za pomoci mlžné komory v roce 1936.

Mionové neutrino. Podobně jako elektronové neutrino doprovází při slabých rozpadech elektron, doprovází mionové neutrino mion. Má podobné vlastnosti jako neutrino elektronové. Mionové neutrino objevili L. M. Lederman, M. Schwartz a J. Steinberger v roce 1962 na urychlovači v Brookhavenu (Long Island, USA). Za tento objev obdrželi Nobelovu cenu za fyziku pro rok 1988. V roce 1998 byla nalezena jeho nenulová hmotnost na aparatuře Super Kamiokande v Japonsku.

Taunon (supertěžký elektron). Má hmotnost $3484 m_e$. Byl objeven v roce 1977 Martinem Perlem. Jde o nestabilní částici s dobou života 3×10^{-13} s. Rozpadá se na své lehčí dvojníky (elektron nebo mion) a neutrina.

Taunonové neutrino. Doprovází taunon při slabých procesech. Bylo objeveno v laboratoři Fermilab v roce 1999 v experimentu DONUT (Do Nu Tau). Z objevitelského týmu jmenujme P. Yagera a V. Paoloneho.

Kvarky

Již v šedesátých letech se začalo uvažovat o tom, že protony, neutrony a mezony nejsou opravdové elementární částice, ale že jsou složeny z menších, snad skutečně elementárních částic. První model tohoto typu navrhli nezávisle na sobě v roce 1964 Murray Gell-Mann a George Zweig. Ony částice, ze kterých má být tvořena hmota nazval Gell-Mann kvarky. Toto podivné slovo našel v románu „Finnegan's Wake“ od Jamese Joyce. Hlavnímu hrdinovi se zdá sen, ve kterém raci letící za plující lodí křičí: „Tři kvarky pro doktora Marka“. V celém románu se toto slovo již nikde jinde nevyskytuje.

Sám Gell-Mann navrhl existenci prvních čtyř kvarků, později byly do teorie doplněny další dva. Hovoříme o tzv. třech generacích kvarků. Z první generace (kvarky d a u) jsou tvořeny běžné částice kolem nás, například neutron a proton. Druhá generace (kvarky s a c) se vyskytuje zřídka, tyto kvarky najdeme jen ve vysoce energetických procesech, například při srážkách kosmického záření s částicemi horních vrstev atmosféry. Poslední generaci (kvarky b a t) umíme vytvořit jen uměle na velkých urychlovačích. Všechny tři generace

kvarků se ale ve vesmíru vyskytovaly krátce po jeho vzniku a spoluutvářely jeho budoucí osud.

Názvy kvarků znamenají: d - down (dolů), u - up (nahoru), s - strange (podivný), c - charm (půvabný), b - bottom neboli beauty (dolní neboli krásný) a t - top neboli truth (horní neboli pravdivý). Všechny kvarky mají spin (vlastní točivost) rovný jedné polovině. Částice tvořené z kvarků se nazývají hadrony a dělí se do dvou velkých skupin: mezonů, ve kterých jsou kvarky složeny po dvojicích (kvark a antikvark) a baryonů složených ze tří kvarků různých barev. Asi deset mikrosekund po vzniku vesmíru se volné kvarky pospojovaly do dvojic a trojic a vytvořily tak mezony a baryony. Tomuto procesu říkáme hadronizace hmoty. Zajímavostí je, že kvarky nesou třetinový náboj. Je to jedinou možností, jak získat celočíselný elektrický náboj u baryonů.

Ještě nesmíme zapomenout na jednu důležitou vlastnost kvarků - barvu. Nejde o skutečnou barvu, ale kvantové číslo, které reprezentuje náboj silné interakce. Představujeme si, že každý kvark existuje ve třech různých barevných provedeních. Kvarky vytvářejí bezbarvé částice: buď mezony (kvark a antikvark téže barvy, barva a antibarva se vyruší) nebo baryony (tři kvarky různých barev, které se složí na bílou).

Gell-Mann na základě svého modelu předpověděl existenci částice W složené ze tří podivných kvarků. Tato částice byla nalezena ještě v roce 1964, kdy byl model předložen. V roce 1969 bylo v rozptylových experimentech na urychlovači SLAC ve Stanfordu potvrzeno, že neutron a proton se skládají ze tří kvarků. V tomto roce získal Murray Gell-Mann Nobelovu cenu za fyziku za příspěvek ke klasifikaci elementárních částic. V roce 1974 bylo objeveno charmonium, vázaný stav kvarku c a antikvarku $\bar{c}$. Částice byla po usilovném boji objevena na dvou pracovištích současně: na protonovém urychlovači v Brookhavenu, ve skupině vedené profesorem Tingem (částici nazvali J) a na kolideru SPEAR ve Stanfordu, ve skupině vedené prof. Richterem (částici nazvali ψ). Objevu předcházela „litéj boj“ obou skupin o prvenství. Dnes se toto slavné období dějin fyziky úsměvně nazývá „J/ ψ revoluce“ a charmoniu se říká částice J/ ψ . V roce 1976 bylo objeveno *upsilonium*, vázaný stav kvarku b a antikvarku $\bar{b}$. Poslední t kvark byl nalezen v roce 1995 v laboratoři Fermilab.

Intermediální částice

Podle představ kvantové teorie pole (P. A. M. Dirac, R. Feynman a další) probíhá interakce dvou částic tak, že si vymění tzv. intermediální (mezipůsobící, polní, výměnnou) částici. Každá částice podléhající interakci je obklopena oblakem těchto intermediálních částic. Pojem pole (elektromagnetické, slabé, silné, gravitační) tak neznamena nic jiného než tento oblak intermediálních částic. Intermediální částice mají celočíselný spin a jde o bosony. V přírodě známe čtyři druhy interakcí:

Elektromagnetická interakce: působí jen na částice s elektromagnetickým nábojem (elektrony, protony, nabitě piony, ...). Interakce má nekonečný dosah, působí i na velké vzdálenosti.

Slabá interakce: působí na leptony i hadrony. Zodpovídá za relativně pomalé rozpady částic (například β rozpad neutronu, rozpad mionu). Jde o interakci krátkého dosahu do vzdáleností srovnatelných s rozměry atomového jádra.

Silná interakce: působí jen na hadrony. Jde o sílu, která spojuje kvarky v mezony a baryony; sílu, která udržuje pohromadě neutrony a protony v atomovém jádře a sílu, způsobující některé rychlé rozpady elementárních částic. Jde opět o interakci krátkého dosahu do vzdáleností srovnatelných s rozměry atomového jádra.

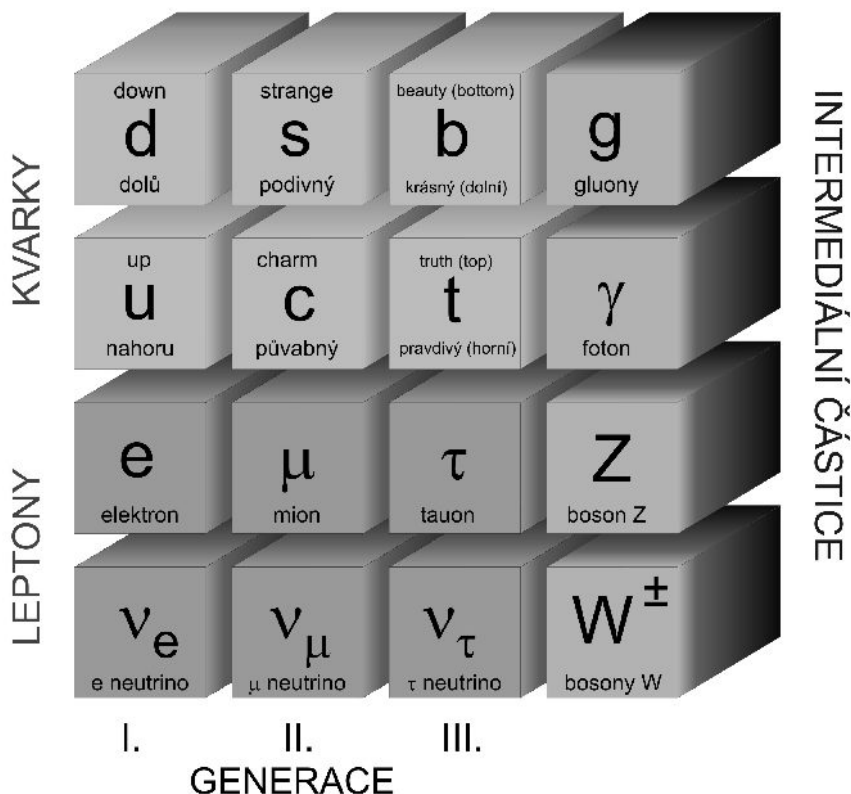
Gravitační interakce: působí na všechny částice bez rozdílu, má nekonečný dosah. Odpovídá za strukturu vesmíru (pohyby planet, soudržnost galaxií, celkový vývoj ves-

míru). Tato jediná interakce dosud není uspokojivě popsána kvantovou teorií.

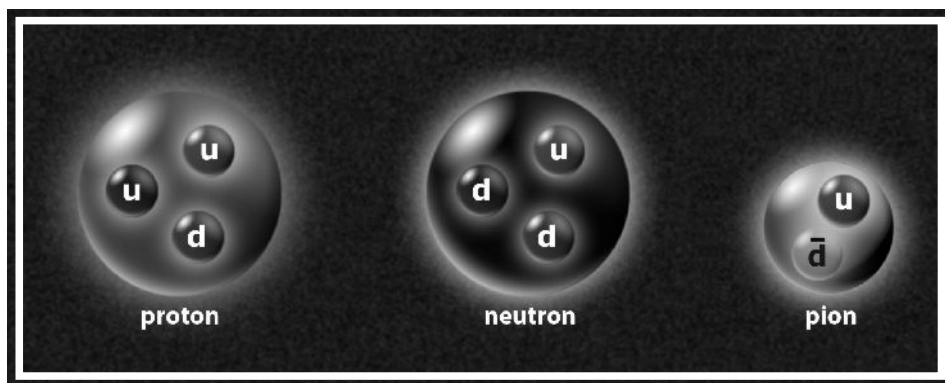
Pro elektromagnetickou interakci jsou intermediálními částicemi fotony, pro slabou interakci vektorové bosony W^+ , W^- a Z^0 objevené C. Rubbiou a van der Meerem v CERNu v roce 1985 a pro silnou interakci jde o gluony, jakési pojivo tmelící kvarky do větších skupin. Pro gravitaci by hypoteticky měly existovat jako polní částice gravitony.

Higsovy částice

Jde o zatím nenalezené částice, které by v přírodě měly způsobovat spontánní narušení symetrie elektroslabé interakce při energiích nižších než 100 GeV. Částice jsou pojmenovány podle skotského fyzika Petera Higgse. Podstatnou úlohu hrají v teorii elektroslabé interakce, kde způsobují nenulovou hmotnost intermediálních částic slabé interakce a její konečný dosah. Tyto částice také měly rozhodnou měrou ovlivnit počáteční fáze našeho vesmíru. Vytvářejí vakuový kondenzát v celém vesmíru, který může odstartovat inflační vývojovou fázi. Spin částic je nulový. Po částicích se intenzivně pátrá a měly by být detekovatelné v současné době stavěném urychlovačem Large Hadron Collider v CERNu, který se na konci roku 2007 stane největším urychlovačem světa a zcela jistě posune naše znalosti světa elementárních částic významně kupředu.

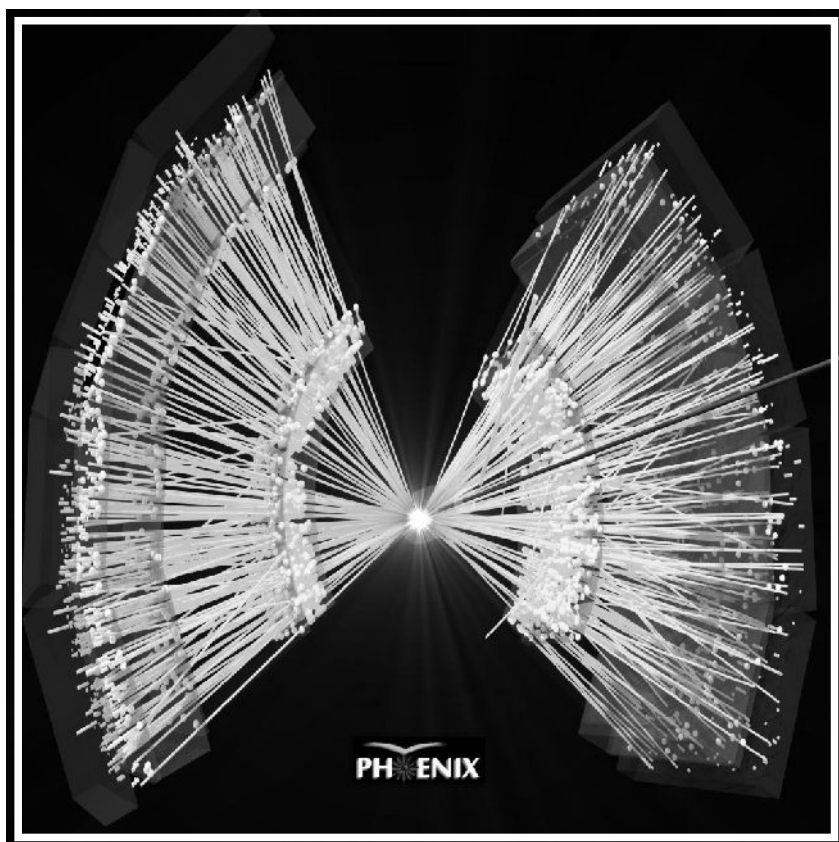


Obrázek 1: leptony, kvarky a intermediální částice.



Obrázek 2: hadrony.

Struktura protonu, neutronu a pionu (jednoho z mnoha mezonů).



Obrázek 3: experiment Phoenix (Brookhaven National Laboratory).

Sprška částic vzniklá jako důsledek srážky dvou jader zlata.

MOŽNOSTI ROZVOJE VZÁJEMNÉ SPOLUPRÁCE NA BÁZI PROJEKTOVÉ ČINNOSTI

Libor Lenža

Hvězdárna Valašské Meziříčí

Kdo chvíli stál, již stojí opodál...!

Poznámky na úvod

Co je to projekt?

Dle normy ISO 10006 „Směrnice jakosti v managementu projektu“ je projekt: jedinečný proces sestávající z řady koordinovaných a řízených činností s daty zahájení a ukončení, prováděný pro dosažení předem stanoveného cíle, který vyhovuje specifickým požadavkům, včetně omezení daných časem, náklady a zdroji.

Cíle projektu:

Všeobecné cíle - musí mít vazbu na cíle a opatření programu Doporučuji: výraznou inspiraci z programových dokumentů; prostudovat analytickou část programových dokumentů (slabé stránky)

Specifické cíle musí být (známe pod zkratkou SMART):

- přesně stanovené;
- měřitelné;
- dosažitelné;
- významné;
- časově vymezené.

Možnosti spolupráce

Vždy byla spolupráce mezi organizacemi vázaná na spolupráci konkrétních osob, pracovníků, kteří byli ochotni a chtěli spolupracovat a na pozitivním přístupu vedení dané organizace. V dnešní době jsou možnosti spolupráce značné, ale limitujícími faktory jsou finanční prostředky a časová vytiženost jednotlivých pracovníků.

V obecné rovině možnosti spolupráce mezi jednotlivými subjekty závisí jednak na:

- přípustnosti právní formy organizace dle podmínek programu;
- přístupu vedení organizace k této spolupráci;
- přínosu a efektivitě spolupráce
- oblasti spolupráce
- geografické vzdálenosti, jazykové kompatibility
- atd.

Institute versus lidé

Stejně jako při ostatních činnostech potřebuje organizace vůdčí osobnost, která nemusí být nutně ředitelem nebo jiným vedoucím pracovníkem. Tato osobnost musí být schopna a ochotna funkční a smysluplnou spolupráci s partnery realizovat. Nutnou podmínkou však je podpora ze strany vedení organizace a finanční zainteresovanost na realizaci spolupráce. Doporučuji tomuto člověku poskytnout dodatečné vzdělávání v oblasti projektového řízení, administrace projektů apod. Vyplatí se vám to!

Každý typ organizace má pro spolupráci na bázi pracovníků různé předpoklady (školy, hvězdárny, muzea, kulturní instituce, nestátní neziskové instituce apod.). Proto je vhodné pro konkrétní projekt volit nejen přípustné, ale s ohledem na cíle a aktivity projektu také funkčně vhodné typy organizací. V praxi se partnerství buduje na bázi osobní kontaktů či referencí.

Možné oblasti spolupráce

Obecně se projekty dělí na tzv. měkké a tvrdé. Měkké projekty jsou projekty neinvestiční povahy, tvrdé projekty jsou projekty investiční. Projekty investiční jsou s ohledem na větší složitost (i když je to relativní), ale především s ohledem na finanční objemy podstatně náročnější. Mají určitou psychologickou výhodu - v místě něco po ukončení projektu zůstane (a nejen informační tabule). Investiční projekty je nutno předem velmi pečlivě připravit, projednat podle zásad projednávání investičních akcí se zřizovatelem, zajistit profinancování. Na druhou stranu je v zájmu územních celků, aby tyto prostředky smysluplně čerpala pro rozvoj svého území, svých institucí, apod.

Většina projektů však bude spíše neinvestiční povahy. Vesměs se jedná o projekty administrativně náročnější (více dokladů, důraz na prokazatelnost nákladů, prokazování účasti apod.).

Každý program definuje počet a regionální příslušnost spolupracujících subjektů. V případě přeshraniční spolupráce je podmínkou spolupráce nejméně jedné organizace z každého státu. V některých programech je určen minimální počet spolupracujících organizací.

Možnosti spolupráce mezi hvězdárnami, školami a dalšími institucemi s podobným zaměřením jako hvězdárny jsou značné. Jedním z problémů je mnohdy neznalost partnera, případně jeho nezkušenost v podobných projektech (ale všechno se dá naučit).

Výběr námětů pro budoucí projekty:

- jednorázové akce pro veřejnost (pozor na inovativnost);
- výměnné pobyty mládeže i pracovníků;
- podpora odborné pozorovatelské práce s mládeží;
- spolupráce mezi hvězdárnami a školami s cílem zlepšit vybavení škol názornými pomůckami, metodickým a vzdělávacím materiálem - dlouhodobé vzdělávací programy pro mládež - doplňková výuka pro školy ve spolupráci s nimi;
- vzdělávací programy pro různé skupiny obyvatel (zejména pak mládeže) - pozor!! v některých oblastech a čase je již „přeseminářováno“;
- realizace (zhotovení i prezentace) výstav;
- rozvoj a dovybavení přístrojovou technikou;
- rozvoj areálů hvězdáren, škol - názorné pomůcky, modely, rozvoj samotných areálů, demonstrační a výuková centra;
- opravy (vybudování ???) budov či areálů a řada dalších...

Projekt vždy volit v úzké návaznosti na všeobecné cíle programu, specifické cíle programu, aktivity a rozpočty!!! Nevymýšlet si a „neznásilňovat“ zadání programu.

Diskuse nad možností spolupráce - **soubory projektových záměrů** - každý kraj si podobný seznam vypracovává.

Poznámka

Podotýkám, že tyto informace jsou jen obecné a v případě předkládání žádosti je potřeba pečlivě prostudovat podmínky programu, zaměření, užitelnost nákladů a typ (právní formu) podporované organizace.

Zdroje financování

Zdrojů financování je relativně dost od národních programů podpory, přes ministerské podpory, nejrozličnější programy podpory na státní či regionální (krajské, městské) úrovni, nadace (?), zahraniční zdroje a v následujícím období především zdroje EU.

Evropská unie

V letech 2004-2006 měla Česká republika k dispozici více než 2,6 miliardy EUR.

V programovacím období 2007 - 2013 bude Česká republika využívat až 26,7 miliard EUR (cca 774 miliard korun) z fondů Evropské unie k podpoře rozvoje regionů, konkurenceschopnosti, hospodářského růstu a kvality života obyvatel.

V programovacím období 2007 - 2013

- Tematické operační programy - navazují na rozvojovou strategii a cíle politiky soudržnosti definované v Národním rozvojovém plánu ČR pro období 2007-13.
 - OP Životní prostředí
 - OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
 - OP Výzkum a vývoj pro inovace
 - OP Podnikání a inovace
 - OP Lidské zdroje a zaměstnanost
 - OP Doprava
 - Integrovaný operační program
- Regionální operační programy - navazují na systém sektorových programů a své podpory směřují k řešení problémů vázaných na konkrétní region ČR. Podporují tak využití potenciálu daného území a přispívají k jeho vyváženému rozvoji. Jeden ze specifických cílů ROP:
 - modernizace a zlepšení podmínek pro obyvatele ve městech a na venkově, související s rozvojem hmotného prostředí, lidských zdrojů, kultury a volnočasových aktivit, přispívajících ke zvýšení atraktivity těchto území pro hospodářský rozvoj.
- Programy pro Prahu .
- Programy územní spolupráce - V programovém období 2007 - 2013 se iniciativa ES Interreg stává samostatným cílem strukturálních fondů. Jedná se o Cíl 3, nazvaný Evropská územní spolupráce (European Territorial Cooperation). V rámci Cíle 3 budou realizovány programy pro přeshraniční, nadnárodní a meziregionální spolupráci, tedy pokračování iniciativ ES Interreg IIIA, Interreg IIIB a Interreg IIIC. Dále budou také pokračovat síťové programy ESPON a INTERACT. Největší část finanční alokace pro Cíl 3 připadne přeshraniční spolupráci. Všechny programy budou financovány z Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF).
 - 5 bilaterálních operačních programů "Přeshraniční spolupráce"
 - ◆ česko-saský;
 - ◆ česko-bavorský;
 - ◆ česko-rakouský;

- ◆ česko-slovenský (ERDF se na jednotlivých opatřeních podílí až 85 % z celkových oprávněných a způsobilých výdajů). Celková alokace na program: 92,74 mil. €).
- ◆ Česko-polský program.
- o Specifický cíl 5: rozvoj spolupráce, podpora vzdělání, výzkumu a vývoje, kultury, podpora integrace trhu práce a sociálního zařazení a podpora malých místních iniciativ, socioekonomických aktivit s cílem podpořit projekty typu „people to people“.

Spolufinancování (kofinancování), profinancování

Obvyklý problém je projekt profinancovat, případně spolufinancovat. Podmínky v novém programovacím období jsou příznivější (financování z ERDF 85 %).

Možností profinancovat je více (z vlastních zdrojů, za pomoci zřizovatele, komerční půjčka, podpůrné fondy apod.). Předem je třeba prokázat schopnost profinancovat.

Zdroje dalších informací:

<http://www.strukturalni-fondy.cz>

<http://www.edotace.cz/>

<http://www.subvence.cz>

POZNÁMKY

POZNÁMKY

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



*Leden 2006, Kysucké Nové Město
1. koordináční setkání...*

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



*Březen 2006, Kysucké Nové Město
1. workshop...*

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



*Duben 2006, Valašské Meziříčí
vernisaž výstavy...*

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



Duben 2006, Valašské Meziříčí
2. workshop...

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



Červen 2006, Valašské Meziříčí
Národní kolo soutěže "Poznáváme vesmír"...

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



*Srpen 2006, Partizánske
3. workshop...*

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...



*Říjen 2006, Zlín
4. workshop...*

FOTOGALERIE Z PROJEKTU...





říjen 2006
Slovensko
finále soutěže...



Hvězdárna Valašské Meziříčí, 2006



PROJEKT *POZNÁVÁNÍ BEZ HRANIC* JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKOU UNÍÍ. K JEHO REALIZACI BYLO VYUŽITO PROSTŘEDKŮ FONDU MIKROPROJEKTŮ SPRÁVOVANÉHO REGIONEM BÍLÉ KARPATY.