

Magnetická pole ve sluneční soustavě II

Terestrické planety

Petr Kulhánek

Elektromagnetické jevy ve sluneční soustavě jsou dominantně ovlivněny proudem nabitých částic ze Slunce – slunečním větrem, který naráží rychlostí padesátkrát vyšší, než je rychlost zvuku, do různých těles v okolí Slunce. Některá tělesa obtéká jako vodivé překážky, u jiných neustále bombarduje jejich povrch. Sluneční vítr se na své pouti prostorem prodírá pavučinou utkanou z magnetických polí Slunce, planet i menších těles. Silokřivky těchto polí se vzájemně propojují a navazují, obdobně jako jsou propojeny některé (tzv. otevřené) silokřivky střelky magnetu s magnetickým polem naší Země.

Sluneční vítr a překážky

V minulém díle jsme se podrobně seznámili se slunečním větrem, proudem částic opouštějících vysokou rychlostí naše Slunce. Pojdme se nyní podívat, jaká je vzájemná interakce slunečního větru a překážek, které se mu postavily do cesty. V podstatě jsou jen čtyři možnosti:

1. *Interakce typu Měsíc (nevodivá překážka).* Měsíc nemá žádné vlastní magnetické pole ani žádnou atmosféru. Jde o nevodivou

překážku, u které se nemůže vytvořit na denní (návětrné, čelní) straně rázová vlna s typickým skokem tlaku. Část slunečního větru dopadá přímo na těleso, zbytek ho velmi těsně obtéká. Za Měsícem se vytvoří v plazmatu slunečního větru brázda, do které pronikají nabitě částice. Takto interaguje se slunečním větrem většina planetek, neaktivní jádra komet a některé měsíce planet, například Phobos.

2. *Interakce typu Země (magnetický dipól).* Země má vodivé jádro s diferenciální

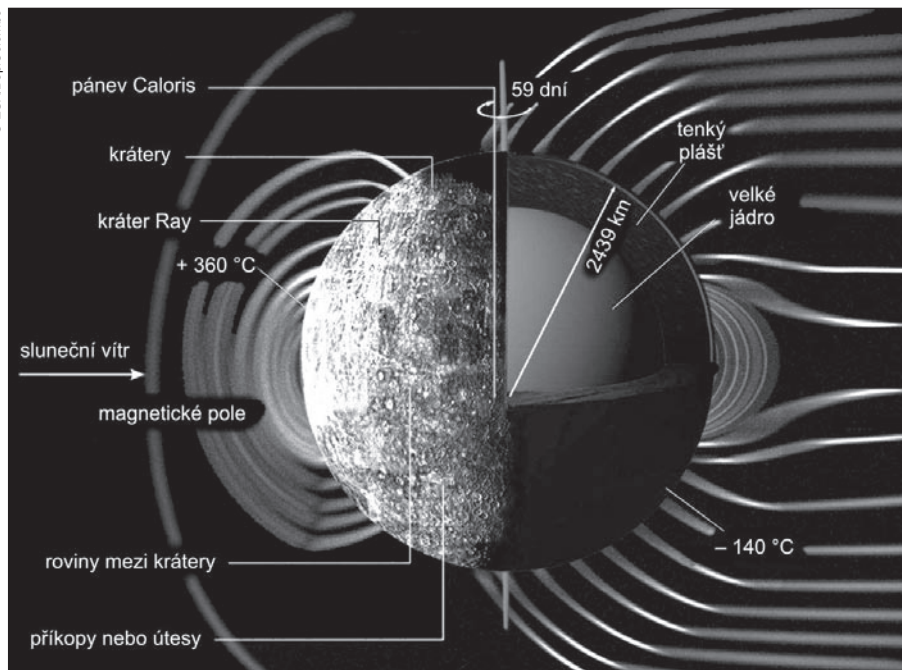
rotací, které generuje přibližně dipólové magnetické pole sahající do vzdálenosti několika poloměrů od mateřského tělesa. Sluneční vítr do tohoto pole obtížně proniká, nicméně ho významně deformuje do charakteristického tvaru, tzv. magnetosféry. Na denní straně vzniká oblouková rázová vlna, na noční straně potom dlouhý magnetický ohon. Typické jsou polární kasy, jakési trychtýře, kterými mohou nabitě částice přece jen pronikat do blízkosti povrchu tělesa. Tímto způsobem interaguje se slunečním větrem ještě Merkur a všechny obří planety.

3. *Interakce typu Venuše (vodivá překážka).* Venuše rotuje příliš pomalu na to, aby se kolem ní vytvořilo vlastní magnetické pole. Nicméně má velmi hustou atmosféru, ve které dochází k fotoionizaci neutrálních atomů a molekul ultrafialovým zářením. Vzniklé plazma formuje vodivou ionosféru, sluneční vítr potom obtéká vodivou překážku. Na denní straně se vytváří rázová vlna podobná jako u těles s magnetickým polem a pohybující se nabitě částice vytvoří indukovanou pseudomagnetosféru. Obdobný typ interakce probíhá u Marsu, kde je vlastní magnetické pole v současnosti zanedbatelné. Indukovanou pseudomagnetosféru má také Titan, který se při svém oběhu kolem Saturnu občas dostává do přímé interakce se slunečním větrem a občas prochází magnetosférou Saturnu.

4. *Interakce typu kometa (překážka s proměnnou vodivostí).* Vlastní pole komet je zanedbatelné, jde o objekty ze zmrzlého ledu a prachu s rozměry několika kilometrů, maximálně desítek kilometrů. Po většinu oběhu kolem Slunce jde o neaktivní tělesa, která se slunečním větrem interagují obdobně jako Měsíc. Jakmile se však kometa dostane do blízkosti Slunce, vytvoří se rozsáhlá koma o rozměrech až milionů kilometrů. V komě dochází k fotoionizaci a v blízkosti jádra komety k vytvoření ionosféry. Na denní straně vzniklá slabá rázová vlna a kolem tělesa nevýrazná dočasná indukovaná pseudomagnetosféra, obdobně jako u Venuše.

Merkur

Merkur je velmi zajímavé těleso, které se vymyká ostatním planetám ve třech parametrech: jde o nejmenší planetu pozemského typu, je nejbližší ke Slunci a jako jediná planeta



Magnetosféra Merkuru. Tvar magnetosféry je znám z měření sondy Mariner 10 v letech 1974 až 1975. Magnetosféra připomíná miniaturní provedení magnetosféry Země.

Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc. (*1959) vystudoval MFF UK, obor teoretická fyzika. V současné době se zabývá fyzikou plazmatu na katedře fyziky FEL ČVUT.

Messenger – sonda NASA, která letí k Merkuru. Startovala 3. 8. 2004, v roce 2007 prolétne kolem Venuše a k Merkuru dolétne v roce 2011. Podle plánu by měla být navedena na oběžnou dráhu a provádět zde komplexní měření po dobu jednoho roku. Název sondy je zkratkou z anglického MERcury, SURface, SPace ENvironment, GEochemistry, and Ranging.

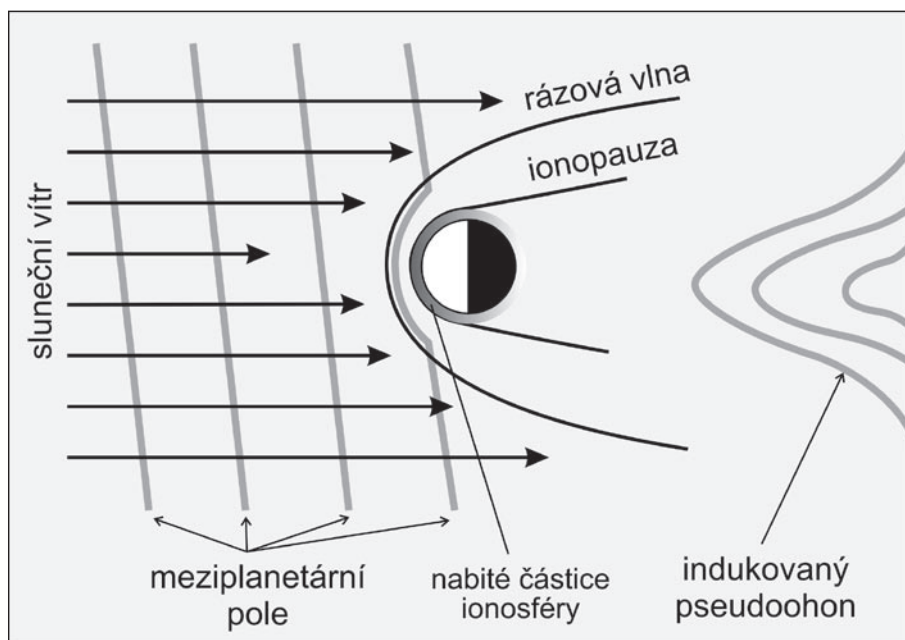
BepiColombo – mise k Merkuru Evropské kosmické agentury ESA a Japonské JAXA. Start je plánován na rok 2013. Mise by měla hledat původ magnetického pole Merkuru, mapovat magnetosféru a provádět detailní testy obecné teorie relativity. Počítá se s dvěma nezávislými sondami navedenými na oběžnou dráhu kolem planety.

Cluster – čtveřice družic ESA, která startovala po dvojicích v roce 2000 na palubě ruské lodi Sojuz. Družice letí ve formaci čtyřstěnu, na palubě mají identické přístroje a zkoumají magnetosféru Země. Jde o první pokus, jak provádět prostorová měření. Zaznamenávají se informace o teplotě plazmatu, koncentraci částic a o magnetickém poli. První pokus o vynesení v roce 1996 ztroskotal při explozi nosné rakety Ariane.

Mars Global Surveyor – nejstarší činná sonda NASA u Marsu, která byla vypuštěna v roce 1996. Od roku 1997 provádí sonda nepřetržitý průzkum Marsu z oběžné dráhy, který zahájil po sondách Viking ze 70. let novou éru výzkumu Marsu.

Veněra – sovětský kosmický program z let 1961 až 1983, jehož hlavním cílem byl průzkum Venuše. Startovalo 16 sond, z nichž některé úspěšně splnily svůj program.

Mariner – americký kosmický program, jehož primárním cílem byl výzkum Marsu. První úspěšnou sondou byl Mariner 4, který v roce 1965 poslal k Zemi 22 obrázků. Posledním byl Mariner 9 z roku 1971. Poté k Marsu následovaly mise Viking. Na řadu sond Mariner k Marsu navazuje sonda Mariner 10, která prolétla kolem Venuše a jako zatím jediná sonda detailně studovala planetu Merkur v letech 1974 až 1975.



Indukovaná pseudomagnetosféra Venuše a Marsu. Vpravo se v brázdě za vodivou překážkou vytváří indukovaný magnetický pseudoohon z meziplanetárního magnetického pole.

nemá výraznou atmosféru. Poloměr Merkuru je pouhých 2439 km, to je mezi Měsícem a Marsem. Blížkost Merkuru ke Slunci způsobuje extrémní teploty na denní straně, až 360 °C. Naopak noční strana je ponořena do mrazivého chladu –140 °C. Nebyvale vysoká hustota Merkuru 5,4 g/cm³ (pro srovnání Měsíc má hustotu jen 3,3 g/cm³) svědčí o rozsáhlém železníkovém jádře a tenkém plášti složeném z křemičitanů. Jádro Merkuru je tekuté a zaujímá procentuálně dokonce větší objem z celku než jádro naší Země. Rotující tekuté kovové jádro generuje dipólové magnetické pole planety. Merkur má vázanou rotaci, kolem vlastní osy se otočí jednou za 59 dní a kolem slunce oběhne za 88 dní (2:3).

Z fyzikálního hlediska je Merkur nesmírně cenný objekt. Tím, že nemá atmosféru, je interakce jeho magnetického pole se slunečním větrem „čistá“. Jde o jedinou planetu, kde atmosféra nezasahuje do interakce slunečního větru s polem planety. Je proto s podivem, že Merkur byl doposud lidskými sondami navštíven jen jedenkrát, a to sondou Mariner 10, která v období od března 1974 do března 1975 třikrát prolétla kolem planety. K prvnímu průletu došlo na noční straně dne 29. března 1974 ve výšce 723 km nad povrchem planety. Sonda detekovala rázovou vlnu, magnetopauzu a pole planety o velikosti 100 nT. Při třetím průletu (opět na noční straně) se sonda přiblížila dokonce na 377 km k povrchu a naměřila pole 300 nT.

Z rozboru měření plyne, že Merkur má podobnou magnetosféru jako Země, jde o jakousi její zjednodušenou miniaturní kopii. Magnetické pole na rovníku je 0,33 μT, dipólový moment 5,5×10¹² Tm³. Pokud chceme porovnávat velikosti magnetických dipólů jednotlivých planet, musíme srovnávat jejich dipólové momenty, které jsou rovny magnetickému poli na rovníku vynásobenému třetí mocninou poloměru planety. Magnetický dipólový moment Merkuru je více než tisíckrát menší než dipólový moment Země. Sklon rotační a magnetické osy je 10°, silokřivky vycházejí v současnosti z jižní polokoule planety. Stejně je tomu i u naší Země.

Magnetosféra planety má všechny základní rysy magnetosfér podobných Zemi: čelní rázovou vlnu, hraniční vrstvu magnetosféry, magnetopauzu, polární kasy a magnetický ohon na noční straně. Magnetosféra je ale příliš malá na to, aby udržela v blízkosti planety plazma rotující spolu s planetou (tzv. korotující plazmosféru). Tento prvek u magnetosféry Merkuru chybí.

V současné době k Merkuru letí americká sonda Messenger, která by měla Merkur navštívit v roce 2011. Evropská kosmická agentura připravuje misi BepiColombo, která by k Merkuru měla odstartovat v roce 2013.

Venuše

Venuše je někdy nazývána sestrou Země. Je to dáno obdobnou polohou ve sluneční

Polární kasp – trychtýřovitá oblast v blízkosti magnetických pólů planety, kterou pronikají jako obrovským vírem nabitě částice do atmosféry. Název pochází z anglického „cusp“ (roh, cíp).

Rázová vlna – skok magnetického pole, koncentrace a rychlosti částic na denní (návětrné, směrem ke Slunci) straně planety způsobený interakcí se slunečním větrem. Podobným mechanismem vzniká rázová vlna před přídi pohybující se lodi.

Magnetopauza – prostor mezi magnetickým polem planety a slunečním větrem. Na denní straně jde o prostor mezi rázovou vlnou a hraniční vrstvou magnetosféry.

Plazmosféra – oblast plazmatu držena magnetickým polem v těsné blízkosti planety. Plazmosféra rotuje spolu s planetou.

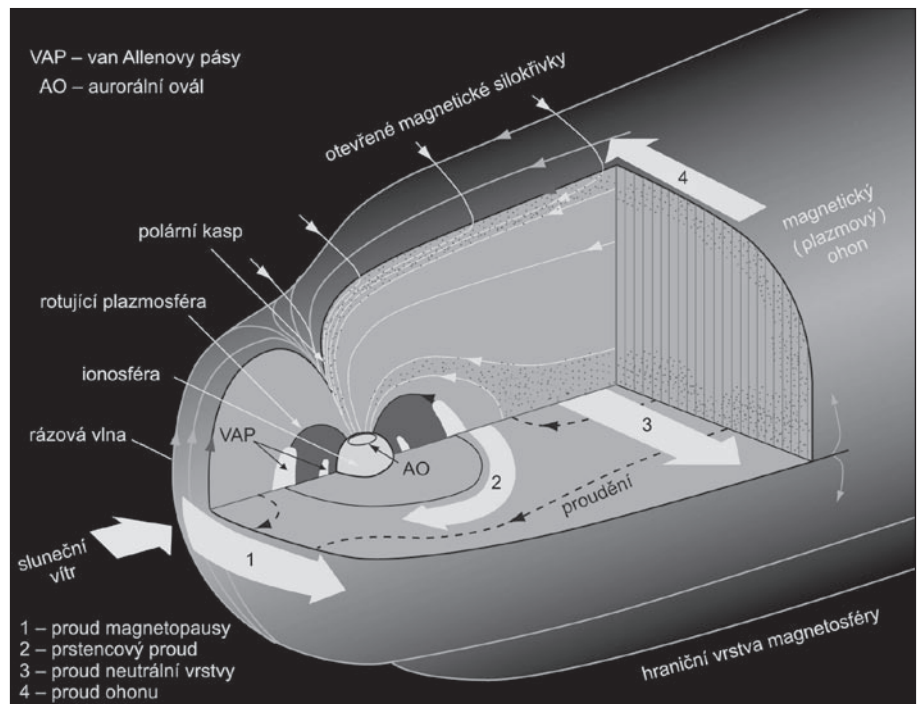
Magnetický ohon – protažená oblast otevřených siločárek magnetického pole na noční straně planety, která je vyplněná plazmatem.

Neutrální vrstva – plocha v magnetickém ohonu, na které je magnetické pole nulové.

Hraniční vrstva magnetosféry – plocha oddělující magnetické pole planety od ostatního prostoru.

soustavě a obdobnou velikostí obou planet. Venuše má poloměr 6053 km, zatímco Země 6378 km. Tím však podobnost obou planet končí. Venuše má velmi hustou atmosféru převážně z oxidu uhličitého CO_2 (96 %) a dusíku N_2 (3 %). V menší míře jsou zastoupeny SO_2 , H_2O , CO , He , Ne , HCl a HF . Tlak při povrchu je 90 atmosfér a skleníkový efekt způsobuje povrchovou teplotu až 480 °C. Venuše se otočí kolem vlastní osy jednou za 243 dní, oběh kolem Slunce trvá 224 dní. Rotace je tedy retrogradní (zpětná).

Hustota planety Venuše je 5,25 g/cm³, což by mohlo svědčit o kovovém nitru. U Venuše žádná z mnoha sond nenašla vlastní magnetické pole. Absence magnetického pole by mohla být důsledkem nízkého tepelného toku z jádra nedostačujícího k aktivaci čistě termálního dynama v kapalně části jádra. Vysoká



Magnetosféra Země s řadou charakteristických prvků (rázovou vlnou, polárními kaspami, magnetickým ohonem, plazmosférou, radiačními pásy a tekoucími proudy)

povrchová teplota nám umožňuje detekovat i případné zbytkové magnetické pole z minulosti v povrchových horninách. Je to proto, že teplota hornin je vyšší než tzv. Curieova teplota a to znamená, že případné zbytkové pole se v horninách neuchová.

Venuši navštívila řada sond, které měřily jak magnetické pole, tak toky nabitých částic. Jmenujme alespoň Mariner 2 (1966), Mariner 5 (1967), Veněru 4 (1967), Mariner 10 (1974) a Veněru 9 a 10 (1975). První podrobná měření provedla ale až orbitální část sondy Pioneer Venus v letech 1979 až 1981. Výsledkem bylo neměřitelné vlastní pole planety.

Venuše i přesto, že nemá vlastní pole, aktivně interaguje se slunečním větrem. V husté atmosféře vzniká totiž oblast nabitých částic – ionosféra. K ionizaci dochází UV zářením a nábojovou výměnou. Venuše se proto vůči toku částic slunečního větru chová jako vodič překážka. Kolem ionosféry se vytvoří plocha, kterou nazýváme ionopauza. Na ní je vyrovnán dynamický tlak částic slunečního větru s tepelným tlakem iontů a elektronů v ionosféře Venuše. Vně ionopauzy je interakce slunečního větru obdobná jako u klasické magnetosféry. Na denní straně vzniká rázová vlna odklánějící nabitě částice a meziplanetární magnetické pole je stlačeno a vytlačeno do okolí. Nevnikají však ani radiační pásy, ani magnetický ohon pozemského typu.

Hovoříme o tzv. indukované pseudomagnetosféře. Pronikající meziplanetární magnetické pole má na denní straně hodnotu až 150 nT a na noční straně až 10 nT.

V meziplanetárním magnetickém poli vzniká v oblasti za překážkou brázda, do které se může vychylovat meziplanetární pole směrem k planetě a vytvořit tak jakýsi magnetický pseudoohon. Ten však nemá nic společného s magnetickými ohony u Merkuru nebo Země, které jsou tvořeny protaženými siločárkami vlastního magnetického pole těchto planet.

Země

Magnetosféra Země je typickou ukázkou interakce slunečního větru s dipólovým magnetickým polem planety v přítomnosti atmosféry. Jde o nejčastější planetární magnetosféru ve sluneční soustavě. Na denní (návětrné, čelní) straně se tvoří magnetická rázová vlna charakteristického prohnutého tvaru. V matematických modelech je nejčastěji nahrazována kvadratickou plochou. Na této rázové vlně se skokem mění magnetické pole, koncentrace slunečního větru a směr i velikost rychlosti částic slunečního větru. Částice obtékají rázovou vlnu a celou Zemi směrem k magnetickému ohonu. Jde o oblast protažených siločárek magnetického pole Země, vyplněnou plazmatem, která se táhne do vzdálenosti sta zemských

poloměru. Průměr magnetosféry je dvacet až třicet zemských poloměrů.

Při interakci slunečního větru s magnetickým polem Země se v polárních oblastech vytvoří polární kasy, jakési obří trychtýře, kterými mohou některé částice pronikat do atmosféry Země. Dalším charakteristickým rysem magnetosféry Země jsou oblasti plazmatu korotující spolu se Zemí, které nazýváme plazmosféra. Mezi plazmosférou a plazmovým ohonem je plazmopauza, oblast s výrazně nižší koncentrací plazmatu. Některé nabitě částice se zachytí na magnetických silokřivkách zemského pole a odrážejí se tam a zpět v polárních oblastech. Pohybují se po spirálách kolem silokřivek (poloměr spirály je pro elektrony přibližně 10 cm a pro protony zhruba 200 m). Tyto částice intenzivně září a vytvářejí tzv. vnitřní a vnější van Allenův radiační pás.

Kromě vlastního dipólového pole vznikají v magnetosféře další magnetická pole způsobená pohyby nabitých částic, které vedou k typickým proudům v magnetosféře. Především jde o prstencový proud tekoucí kolem Země v rovině rovníku, proud magnetopauzy pod čelní rázovou vlnou, a na noční straně proud neutrální vrstvy a proud magnetického ohonu.

Část silokřivek zemského pole je přirozeným způsobem propojena s meziplanetárním magnetickým polem. Poslední uzavřené silokřivky tvoří v polárních oblastech plochu, po které se do horních vrstev dostávají nabitě částice, které excitují atomy a molekuly atmosféry za vzniku aurorálního oválu polárních září. V podstatě jde o plošný výboj v atmosféře s proudovou hustotou přibližně $30 \mu\text{A}/\text{m}^2$. Tloušťka svítících stěn nepřesahuje několik kilometrů, maximálně desítek kilometrů. Polární záře vznikají ve výškách 70 až 300 km nad Zemí. Okem pozorované polární záře jsou jen dolní částí tekoucích proudů. Na délku (podél rovnoběžky) může polární záře dosáhnout až 1 000 km.

Planeta	Pole na rovníku [μT]	Dipólový moment [$\text{T}\cdot\text{m}^3$]	Vybočení dipólu ze středu	Úhel mezi rotační a magnet. osou
Merkur	0,33	6×10^{12}	není známo	10°
Venuše	0	0	—	—
Země	31	8×10^{15}	7 %	11°
Mars	0	0	—	—
Jupiter	430	160×10^{18}	13 %	10°
Saturn	21	5×10^{18}	5 %	$< 1^\circ$
Uran	23	$0,4 \times 10^{18}$	30 %	59°
Neptun	14	$0,2 \times 10^{18}$	55 %	47°

Charakteristické barvy jsou zelená (kyslík, 557,7 nm, čára 1S), červená (kyslík, vodík), modrá (molekulární dusík). Kyslík září výrazně v UV oboru, toho se využívá zejména při fotografování polárních září z oběžné dráhy Země. Celý aurorální ovál poprvé vyfotografovala družice Dynamics Explorer I v roce 1981.

Polární záře vznikají především v situaci, kdy se slunečním větrem přiletí ze Slunce celý plazmoid se zamrznutým magnetickým polem. Takový plazmoid výrazně naruší magnetické pole Země a dojde k magnetické bouři. Magnetické bouře mohou poškodit rozvodné sítě vysokého napětí, transformátory i telekomunikační sítě. Proto je dnes prostor kolem Země důkladně monitorován řadou družic a sond. Jmenujme alespoň síť 17 amerických družic NOAA, stále funkční družici POLAR vypuštěnou v roce 1996, sondu ACE umístěnou v Lagrangeově bodě L1 soustavy Země-Slunce (1997) nebo současnou evropskou čtveřici družic CLUSTER (2000). Aktuální stav kosmického počasí lze nalézt na webových stránkách <http://www.spaceweather.com/>.

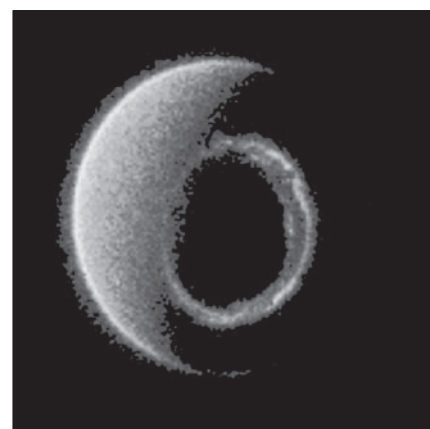
Zcela výjimečné jsou družice CLUSTER letící ve formaci čtyřstěnu, vzdálenost sond se podle polohy mění od 5 000 km po 20 000 km. Dráha družic je volena tak, aby procházely čelní rázovou vlnou, polárními kaspami i plazmosférou. Jde o první prostorové měření cha-

rakteristik magnetosféry. Tyto družice také poprvé přímo sledovaly přepojení (rekonekce) magnetických silokřivek.

Přepojování magnetických silokřivek je velmi častý jev. Na denní straně se přepojují silokřivky magnetického pole Země se silokřivkami meziplanetárního magnetického pole, v magnetickém ohonu může dojít k přepojení silokřivek magnetického pole Země z obou stran neutrální vrstvy (plocha nulového pole v magnetickém ohonu).

A jaké jsou charakteristiky magnetického pole Země? Magnetické pole na rovníku má hodnotu 31 μT , tomu odpovídá magnetický dipólový moment $7,75 \times 10^{15} \text{ Tm}^3$. Elektrický proud, který musí téct v nitru Země, aby takovéto pole vytvořil, má celkovou hodnotu 10^9 A . Dipólový moment postupně klesá, pro zajímavost v roce 1600 měl hodnotu $9,36 \times 10^{15} \text{ Tm}^3$ a v roce 1800 hodnotu $8,61 \times 10^{15} \text{ Tm}^3$. Úhel mezi magnetickou a rotační osou je $11,4^\circ$. Centrum magnetického dipólu není ve středu Země, ale 7,25% (515 km) od středu ve směru $18,3^\circ \text{ SŠ}$, $147,8^\circ \text{ VD}$ a tato vzdálenost narůstá o 2,6 km za rok.

Také poloha magnetických pólů není stálá. V průběhu jednoho dne se poloha pólu na povrchu Země pohybuje po nepravidelné elipse s velkou poloosou zhruba 85 kilometrů. Tyto denní variace jsou způsobeny interakcí rotující Země se slunečním větrem. Střední poloha pólu se přesunuje k severu rychlostí 10 kilometrů za rok. Z měření v posledních deseti letech vyplynula dokonce hodnota pohybu pólu 15 kilometrů za rok, což je 1 500 kilometrů za století! Z hlediska dlouhodobých variací magnetického pole je nejvýznamnější překlápění magnetického pole Země. K poslednímu přepólování došlo

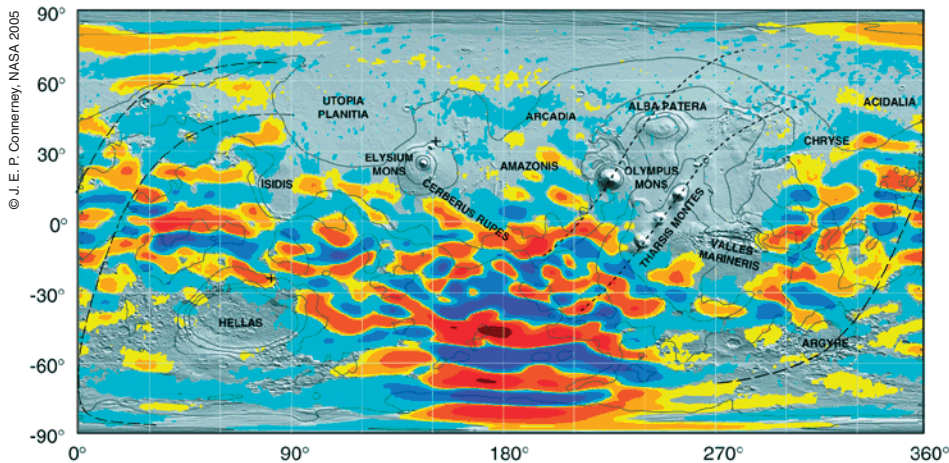


Aurorální ovál Země fotografovaný družicí Dynamics Explorer I v UV oboru

© NASA, 1981

VYBERTE NEJLEPŠÍ ČLÁNEK ASTROPISU 2006

Vyberte z uplynulého ročníku Astropisu tři články (ani více ani méně), které považujete za nejlepší z celého roku a pošlete nám jejich názvy (ve formátu „autor: název článku“) e-mailem na info@astropis.cz (jako předmět uveďte heslo „anketa“) nebo poštou na adresu redakce (Společnost Astropis, Štefánikova hvězdárna, Petřín 205, 118 46 Praha 1). Nezapomeňte uvést zpáteční adresu, neboť z odpovědí došlých do 31. ledna 2007 vylosujeme řadu čtenářů, kteří od nás dostanou předplatné zdarma či malý knižní dárek. Který článek byl tím nejlepším v roce 2006, spolu se jmény vylosovaných výherců se dočtete v následujícím čísle.



Mapa remanentního magnetického pole Marsu byla vytvořena na základě mnoha oběhů sondy Mars Global Surveyor. Barvy korespondují s různou intenzitou a směrem magnetického pole.

před 780000 lety. Odhaduje se, že samotný proces přepólování může trvat kolem tisíce let a v jeho průběhu je Země obklopena magnetickým polem složitějšího než dipólového charakteru.

Mars

Poslední z planet zemského typu je Mars se svými dvěma magneticky neaktivními měsíci Phobosem a Deimosem. Mars je výrazně menší planetou než jsou Venuše nebo Země. Poloměr má jen 3397 km. To je pravděpodobně důvod, proč si neudržel rozsáhlejší atmosféru. Dnes jeho atmosféru tvoří zbytky oxidu uhličitého a malé množství vody. Oba plyny sezónně zamrzají do polárních čepiček. Střední hustota Marsu je relativně nízká, pouhých $3,9 \text{ g/cm}^3$. Mars je po Venuši druhou planetou bez magnetického pole. Nicméně sonda Mars Global Surveyor detekovala remanentní (zbytkové) magnetické pole v povrchových horninách, které svědčí o tom, že Mars kdysi měl magnetické pole, pravděpodobně dipólového charakteru. Magnetické pole hornin a

Marsu jeví výraznou orientaci. Magnetické pole bylo zjištěno i v meteoritech, o kterých se domníváme, že pochází z Marsu. Odhaduje se, že v dávné minulosti mohl mít Mars magnetické dipólové pole s momentem rovným 10 % dnešního dipólového momentu Země.

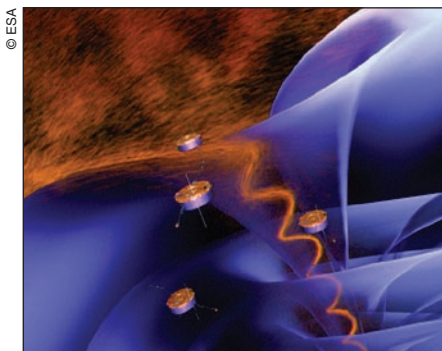
Mars má, obdobně jako Venuše, indukovanou pseudomagnetosféru. Ta je ale méně výrazná než u Venuše. Přesto je možné detekovat ve vzdálenosti 1,5 poloměru od Marsu (ve směru ke Slunci) slabou rázovou vlnu a v prostoru za Marsem (směrem od Slunce) brázdu v meziplanetárním poli, ve které byly detekovány ionty O^+ strhávané z atmosféry Marsu slunečním větrem. Do této brázdy může vnikat (podobně jako u Venuše) meziplanetární pole a vytvořit magnetický pseudoohon.



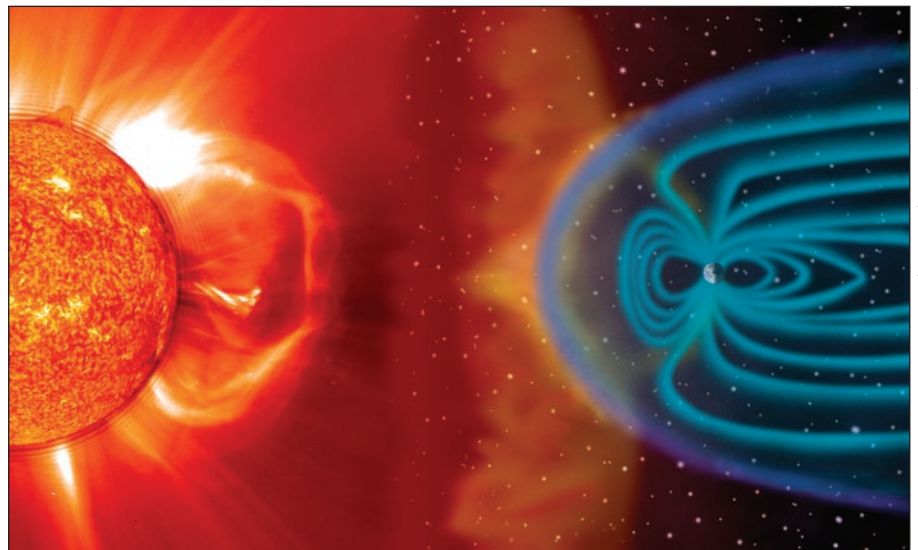
Ukázka rozložení snímku polární záře do tří barevných kanálů. V zeleném kanálu (uprostřed) se téměř neprojevuje zrnitost. Snímek byl pořízen v Norsku, v horách Skjorndalen.

Závěr

Každá z terestrických planet se chová v magnetickém poli Slunce a ve slunečním větru jiným způsobem. Merkur nemá atmosféru, ale má vlastní pole a tím i přirozenou magnetosféru. Venuše nemá vlastní pole, má však atmosféru a proto vytváří kolem sebe indukovanou pseudomagnetosféru. Země má atmosféru i magnetické pole a z terestrických planet má nejrozsáhlejší magnetosféru, která v kombinaci s atmosférou umožňuje vznik krásných polárních září. Mars v současnosti magnetické pole nemá, dříve ho však prokazatelně měl. Za pomoci slabé atmosféry vytváří nevýraznou indukovanou pseudomagnetosféru. V příštím pokračování se vydáme poznávat velmi výrazné a rozsáhlé magnetosféry obích planet.



Čtveřice družic Cluster v polárním kaspu. Umělecká vize.



Koronální výron hmoty na Slunci může vytvořit plazmoid letící směrem k Zemi. Na obrázku je kombinace fotografie Slunce ze sondy SOHO a nákresu magnetosféry Země.