

# Sluneční soustava

## Základní charakteristiky:

1. **Dráhy planet jsou téměř kruhové a leží prakticky v jedné rovině. Keplerovy zákony.**

**Smysl pohybu planet je stejný a shoduje se se Sluncem.**

2. **Velké poloosy planet splňují zákon.  $a_n = a_0 \cdot k^n$**

Pro Zemi je  $n=0$ , Merkur  $n=-2$ , Venuše  $-1$ , Mars  $+1$ , atd.

$a_0 = 1 \text{ AU}$ ,  $k = 1,85$

Je to tzv. Titiusova – Bodeova řada

3. **Většina měsíců planet má malou výstřednost a malý sklon k ekliptice.**

4. **Planety zemského typu (terestrické) mají větší hustotu a málo měsíců, rotují pomalu. Vnější planety mají malou hustotu, hodně měsíců, rychle rotují.**

5. **Slunce představuje 99,87% veškeré hmoty Sluneční soustavy, ale pouze 0,54% celkového momentu hybnosti ( $\Sigma m \cdot r \cdot v$ ).**

**Planety mají celkem malou hmotu, ale velký moment hybnosti (téměř vše mají Jupiter a Saturn).**

## Vznik Sluneční soustavy

Před 4,8 – 4,6 miliardami let v tzv. **Galaktickém disku** v blízkosti galaktické roviny ve třetím spirálním rameni (**Orionovo rameno**), vzdáleném 300 000 ly od středu Galaxie.

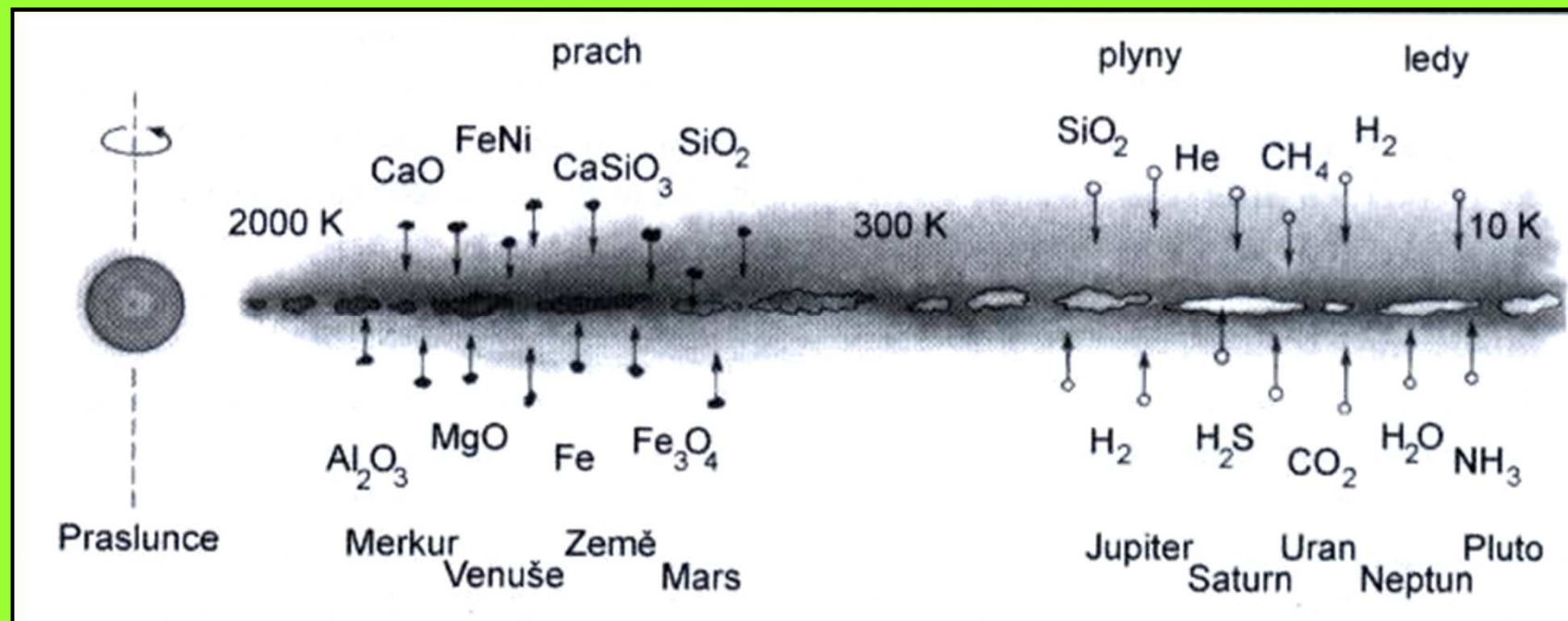
Stavební materiál: plyn a prach v mateřské globuli o velikostech menších, než 0,001 mm. Sluneční globule se pomalu otáčela a smršťovala vlastní gravitací. V jejím středu vzniklo *Praslunce* a vně se vytvořil *Protoplanetární disk*.

Po zapálení jaderné fúze – vznik mohutného proudu fotonů a „vymetení“ lehkých plynů. Blíže zůstal prach, ze kterého vznikly terestrické planety:

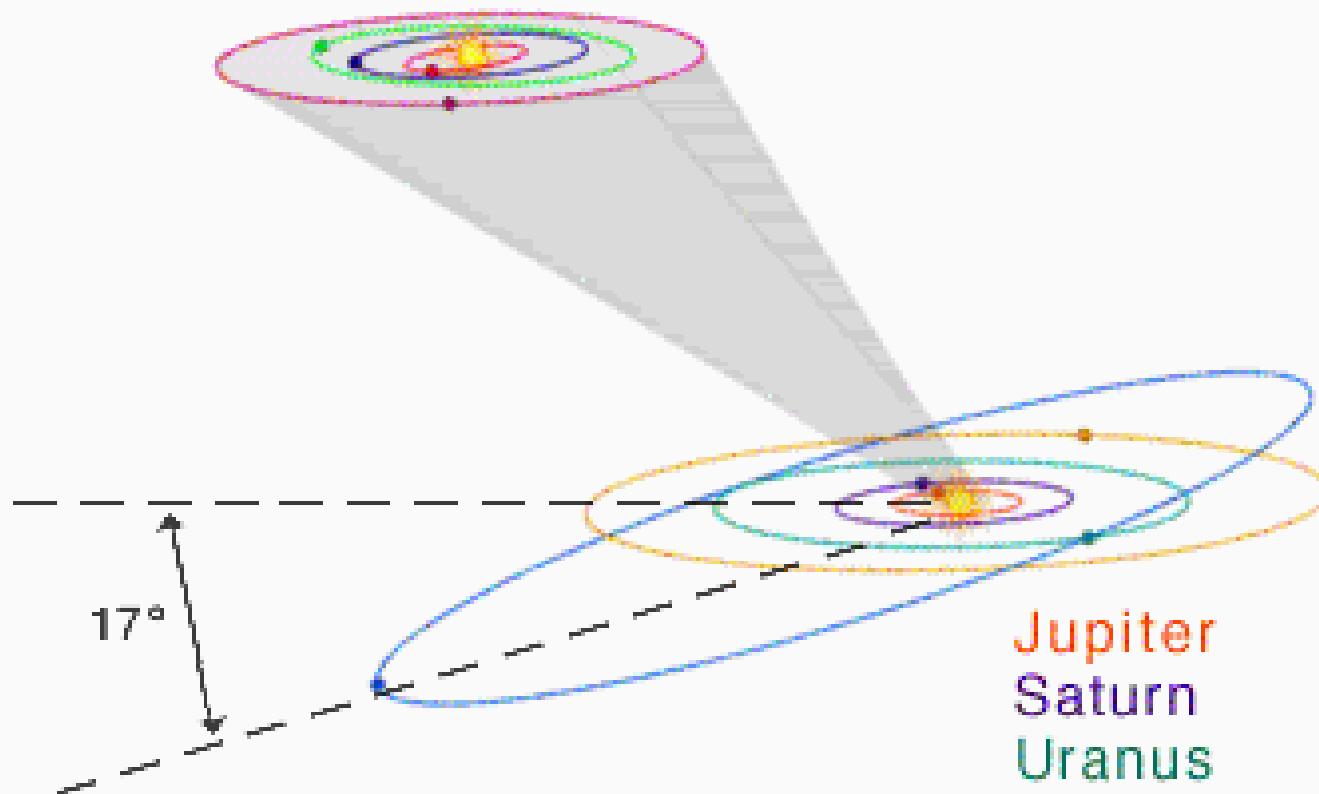
Nejdříve planetizimály (protoplanety). Ty jsou rozžhavené (gravitační smršťování, radioaktivní rozpad těžkých prvků, dopady meteoritů)

Těžké prvky (Fe, Ni, Cr, Ir) klesaly do středu planet. Lehčí prvky (Si, Al, Mg) zůstávají v kůře.

Vnější část disku – lehké plyny (H, He, Uhlovodíky). Z nich vznikly těžké vnější planety.



Mercury  
Venus  
Earth  
Mars



17°

Jupiter  
Saturn  
Uranus  
Neptune  
Pluto





# Slunce

## Vznik Slunce:

Velká mlhovina v rovině naší Galaxie (MD)

Složení: H, 1-10 % prachových částic.

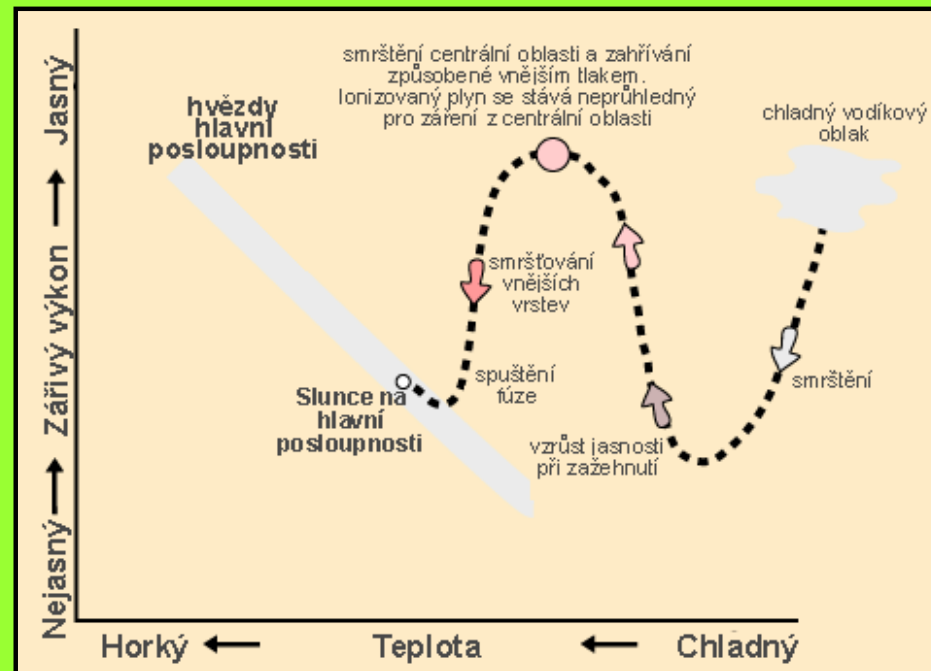
Rozměry mlhoviny – několik desítek pc a hmotnost řádově 100 Ms

Teplota: 10 – 30 K, ale i 10 000 K (svítící ionizovaný H)

Aby vzniklo Slunce a jiné hvězdy, musí být mlhovina stlačována, ochlazována a musí snížit svou rotaci.

Mlhovina – původně homogenní, ale výbuch blízké supernovy způsobil rázovou vlnou změnu rozložení hmoty v mlhovině – vznik tzv. globulí. Jedna z nich – zárodek Slunce.

Globule narůstaly – vznik Protoslunce. Po dosažení teploty 1 milion K – zažehnutí termonukleární reakce – Slunce se usadilo na Hlavní posloupnosti.







# Význam Slunce

Řídí téměř všechny procesy, probíhající na Zemi (počasí, podnebí, příliv a odliv,..)

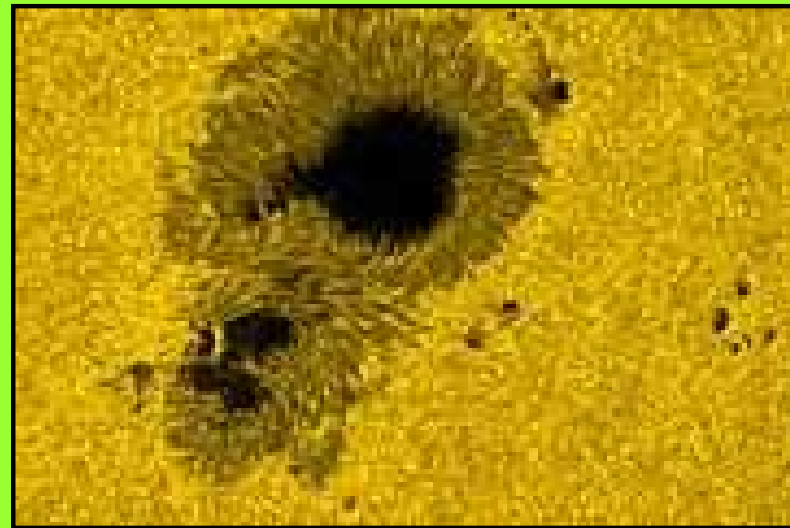
Náboženský motiv: Helios (Řecko), Ré, Ra, Amon (Egypt), Sol (Řím) ....

Anaxagoras: hořící kamení

Geocentrická soustava

Heliocentrická soustava: M.Koperník

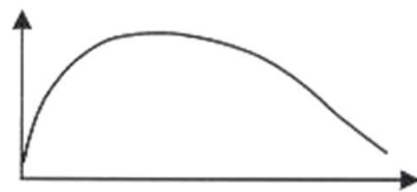
G.Galilei: Sluneční skvrny.



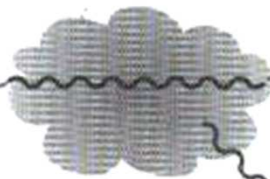
zdroj světla



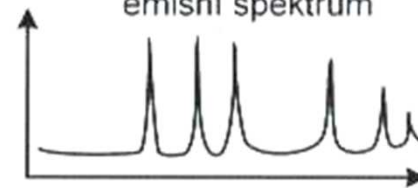
spojité spektrum



oblak plynu



emisní spektrum



absorpční spektrum



J. Kepler, I. Newton – zjistili, že Slunce je velmi hmotné

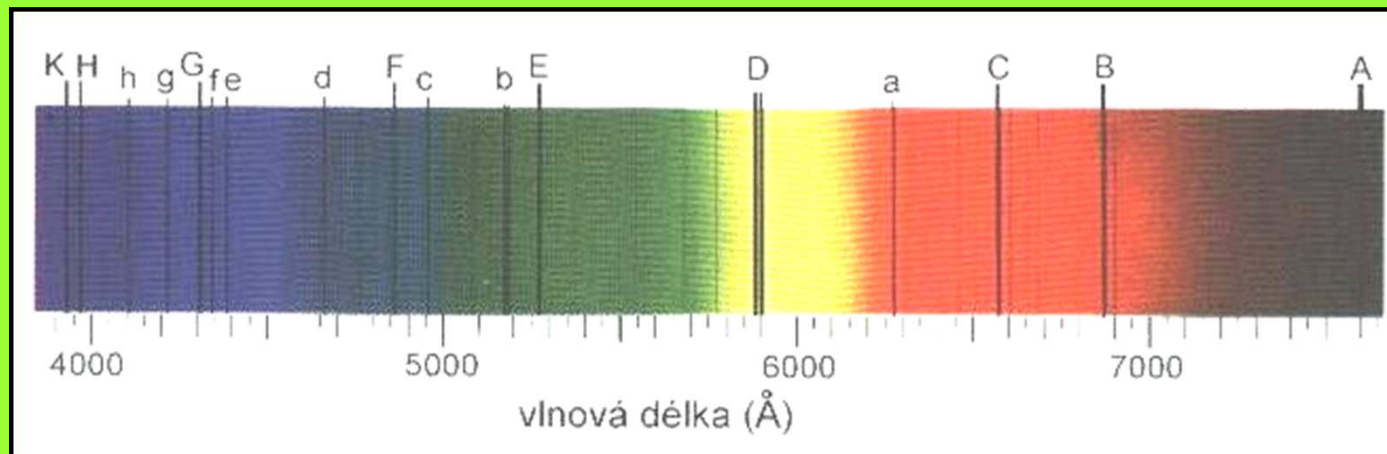
J. Fraunhofer – spektrum Slunce

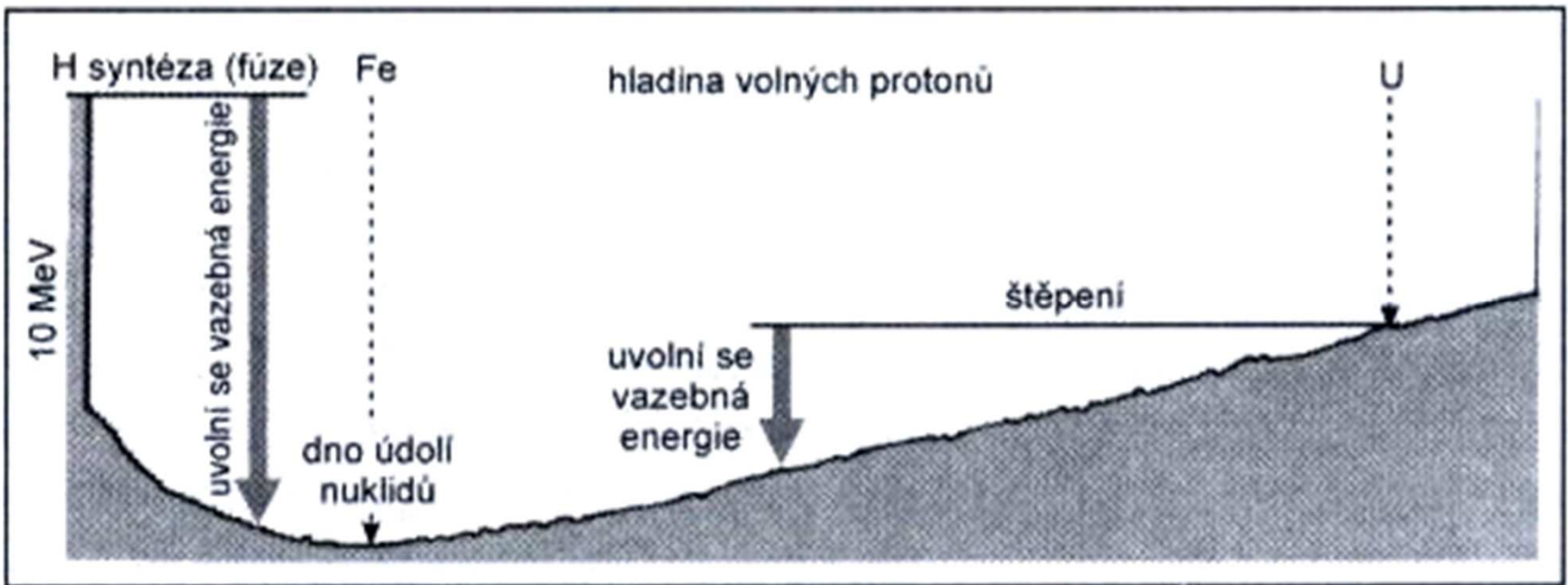
Nejvíce září na  $\lambda \sim 501 \text{ nm}$

19. století: energie z gravitačního smršťování, nebo z dopadu meteoritů.

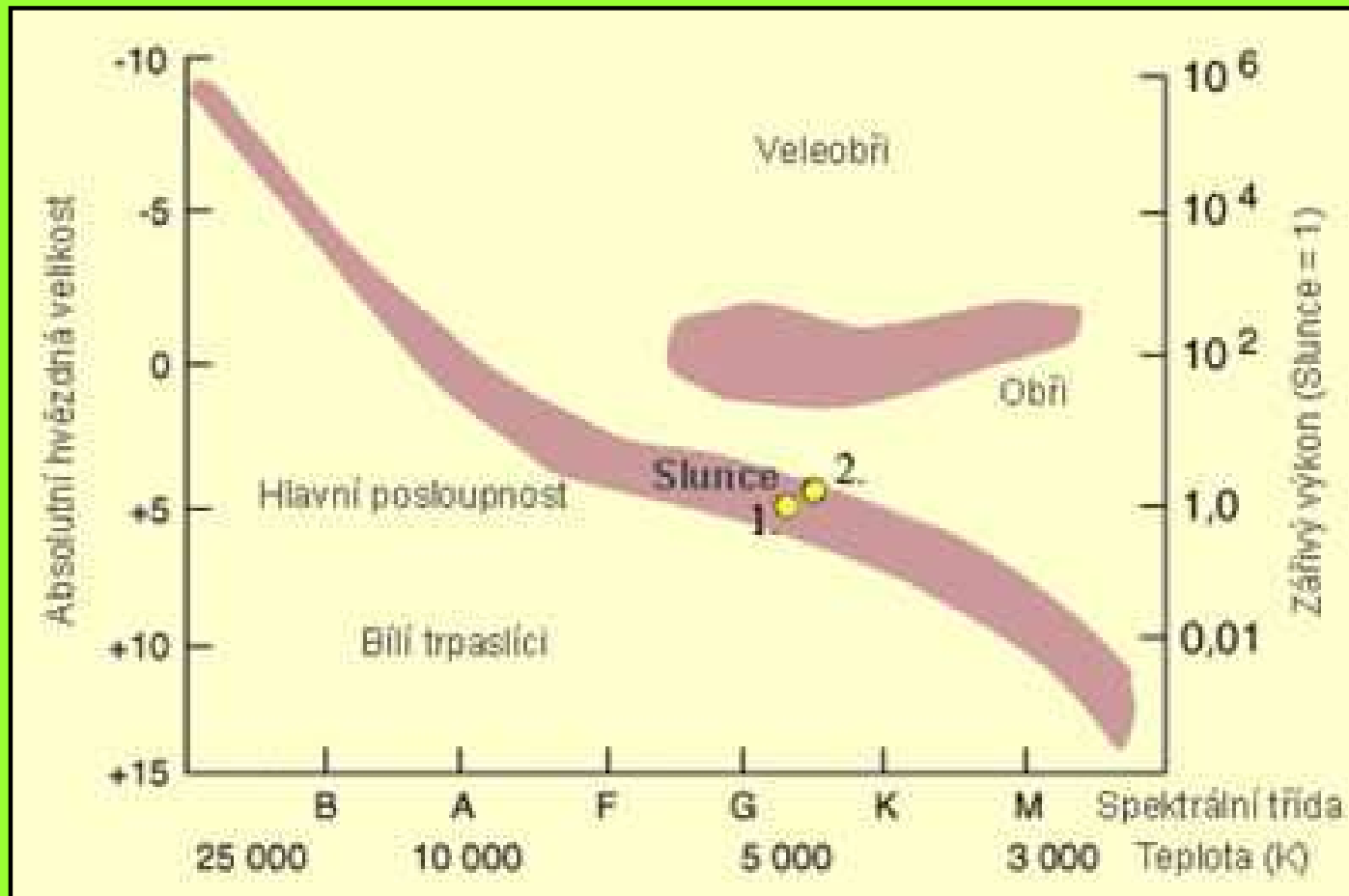
Spektrometrie ukázala, že se jedná o jadernou reakci.

H. Bethe navrhl mechanismus jaderné fúze





Slunce se v průběhu času posouvá v H-R diagramu.



## Základní parametry:

Vzdálenost S – Z :  $150 \cdot 10^6$  km (1 AU)

Průměr:  $1,4 \cdot 10^6$  km (asi 109 průměrů Země)

Objem:  $1,3 \cdot 10^6$  VZ

MS :  $2 \cdot 10^{30}$  kg (330 000 M<sub>Z</sub>)

99,8% hmotnosti Sluneční soustavy

$r$  :  $1400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Zářivý výkon:  $4 \cdot 10^{26}$  W

Na Zemi dopadne asi 45 miliardtin této hodnoty.

Povrchová teplota: 5800 K

Teplota jádra asi  $13,6 \cdot 10^6$  K

Složení: 73,5 % H, 24,8 % He, O,C,Fe,Ne,N,Si,Mg,S.

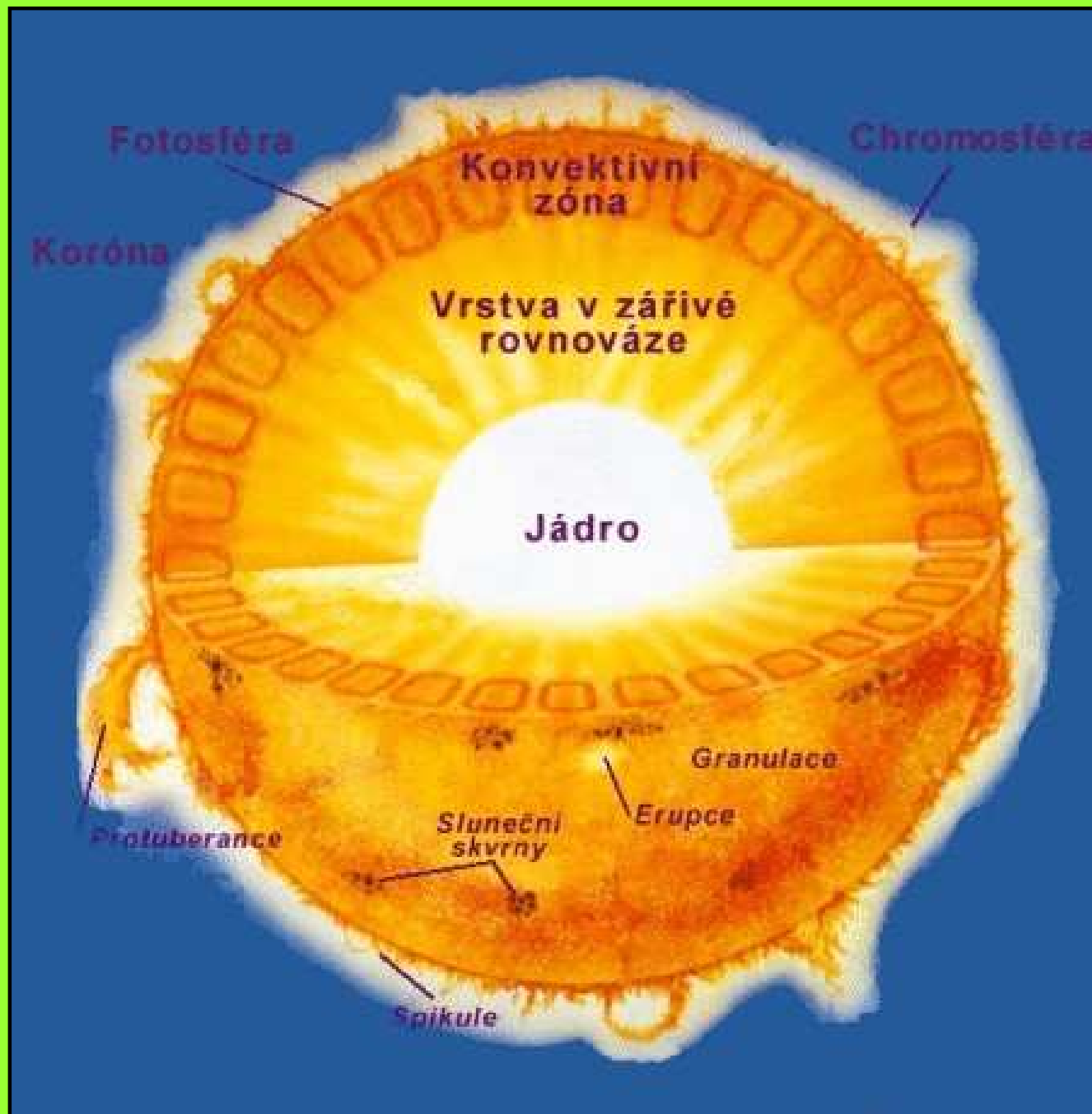
Hvězda hlavní posloupnosti, stáří asi 4,6 miliard let (střední věk)

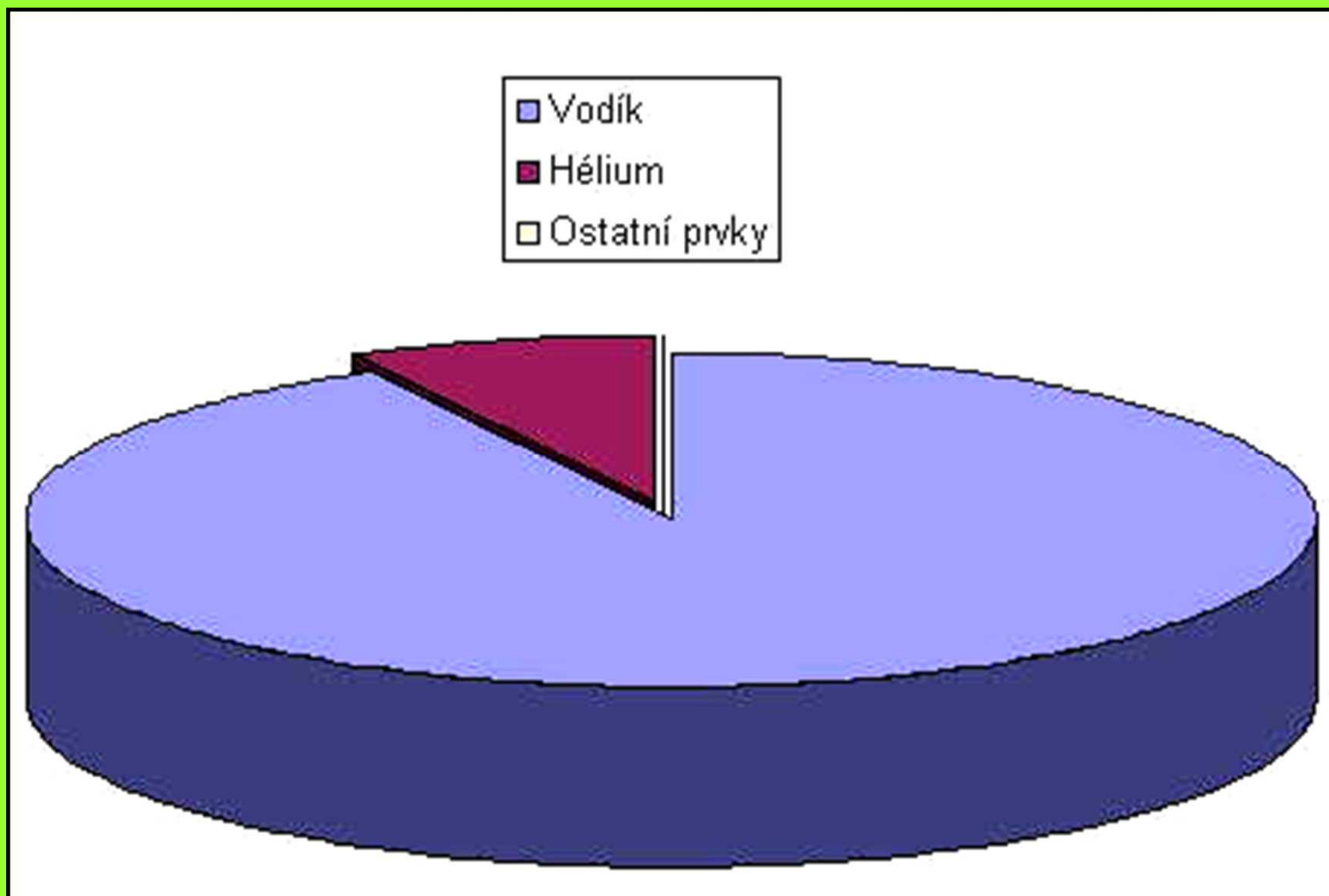
Bude svítit ještě asi 5-7 miliard let

Obíhá ve vzdálenosti asi 27 000 ly od středu MD. Střed MD oběhne jednou

Za 226 milionů let (Galaktický rok)

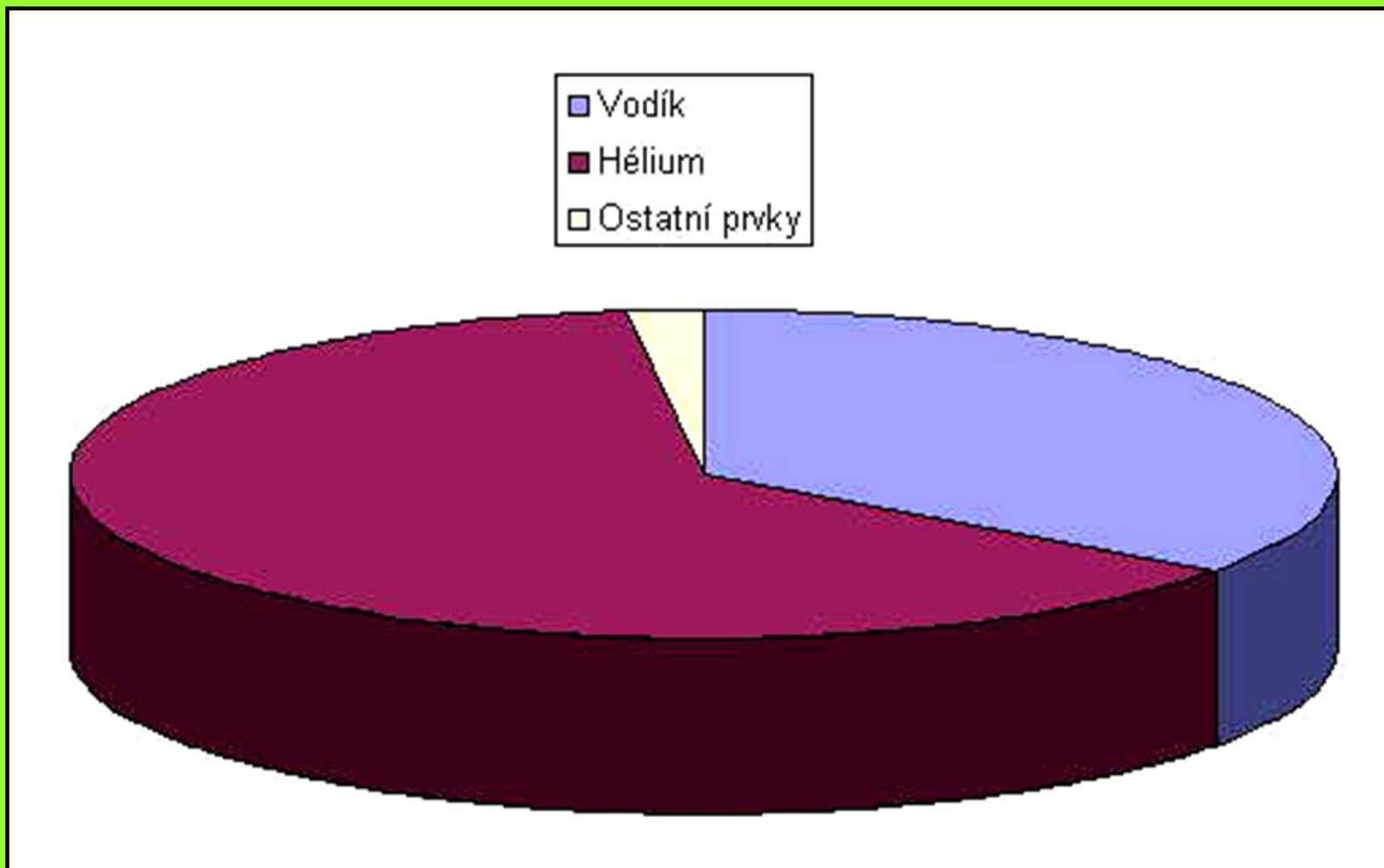
Doba vlastní rotace na pólu je 36 dní, na rovníku 25 dní.





Složení Slunce (povrchové vrstvy)





Složení Slunce (jádro)

## Zdroj energie:

### Termonukleární reakce

Každou sekundu „shoří“ 700 milionů tun H a vznikne 695 milionů tun He. Rozdíl se v poměru 96 % : 4 % změní na elektromagnetické záření a neutrína.

Každou sekundu vyzáří tolik energie, kolik by stačilo pro celou Zemi na 1000 let.

Tlak záření x gravitace (Sluneční vítr)

Fotony putují ze středu Slunce tisíce až miliony let (nevýhoda pro výzkum)

Neutrína letí přímo – možnost popisu procesů v jádře Slunce.

Slunce již spotřebovalo zhruba polovinu svých zásob vodíku. Za dalších 5 – 7 miliard let shoří všechnen vodík, pak bude hořet He.

Další vývoj – vznikne červený obr, pohltí Merkur, Venuši a možná i Zemi.

Pak se začne smršťovat a odmrští vnější obal, ze kterého se stane planetární mlhovina, obsahující různé prvky. Samo Slunce se stane bílým trpaslíkem.

Další osud lidstva ? Zprvu snad Mars, později Europa ?

Vodík v centru shořel

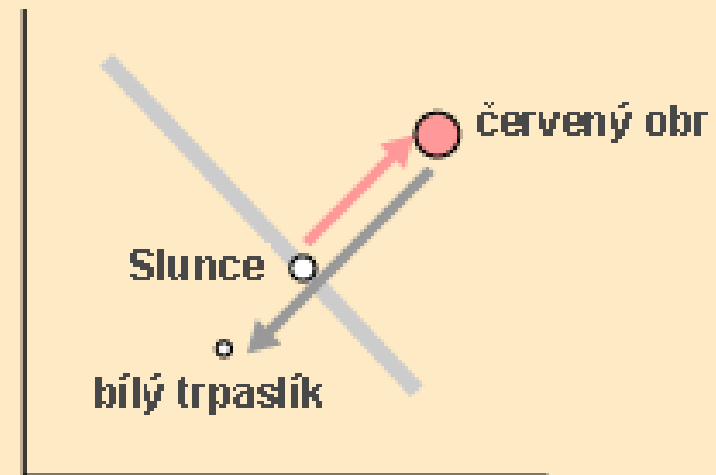
ZHROUCENÍ

Vzrůst teploty  
a kinetické energie

Rychlá fúze ve střední oblasti, expanze  
vnějších oblastí, ochlazení povrchu  
a červenání

**ČERVENÝ OBR**

Vzrůst zářivého výkonu z důvodu  
plochy, velká ztráta hmotnosti



Jádro se ohřeje na  $10^8$  K, helium se  
mění na uhlík. Helium zazáří (několik let)

Smrštění, možná nestálost

**BÍLÝ TRPASLÍK**



Slunce



nyní

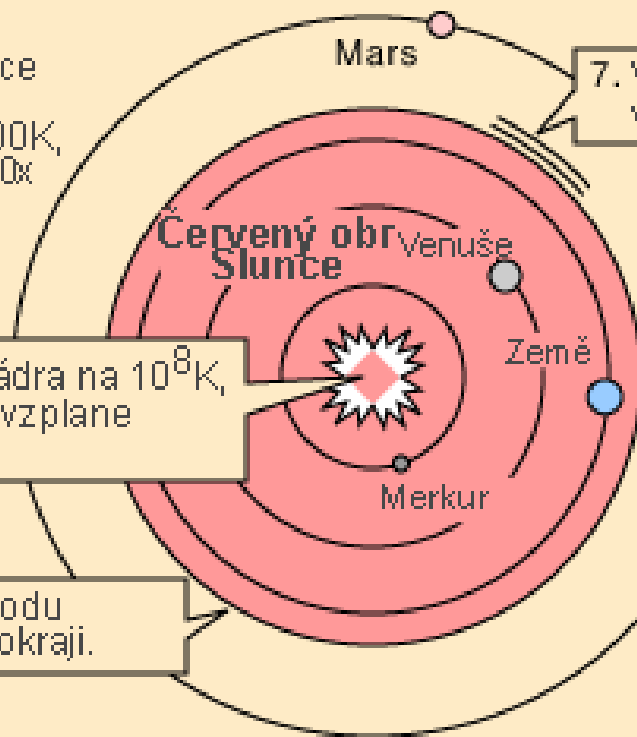
Slunce jako červený obr

Bílý trpaslík

Zářivý výkon Slunce se zvýší 10 000x, ochladí se na 4 000K, rozměry zvětší 200x a pohltí Merkur, Venuši, Zemi.

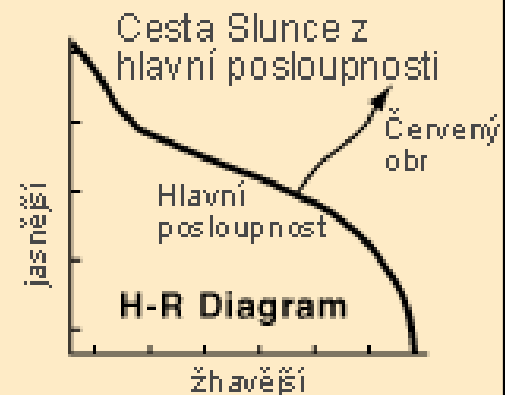
6. Pokračuje ohřev jádra na  $10^8\text{K}$ , kde na několik let vzplane helium.

5. Ztráta hmoty z důvodu malé gravitace na okraji.



7. Vnější obal může být nestabilní, vykazuje kontrakci a proměnnost.

8. Po shoření helia zde není dostatek hmotnosti na zahájení uhlíkové fúze, začíná smršťování do stadia bílého trpaslíka.



## Sluneční aktivita

Za každou sekundu opustí Slunce asi 1 milion tun slunečního plazmatu  
(od svého vzniku ztratilo Slunce asi 0,1% své hmotnosti)

Každý m<sup>2</sup> vyzáří za 1 s 63 milionů J

Celý povrch vyzáří asi  $3,8 \cdot 10^{26}$  J/s

Sluneční vítr – fotony + částice.

Na Zemi způsobuje geomagnetické bouře (výpadky spojení, poruchy rozvodu energie)

Souvislost se skvrnami na Slunci – cyklus

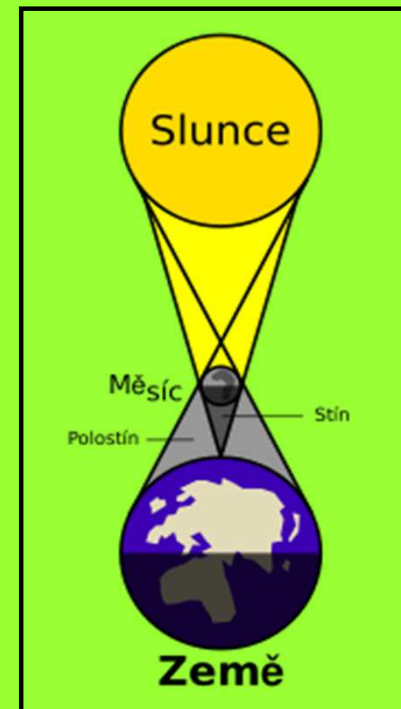
Čím více je skvrn, tím intenzivnější  
je sluneční vítr.

## Zatmění Slunce

Měsíc mezi Z a S

Možnost studia Sluneční koróny apod.

Filtr



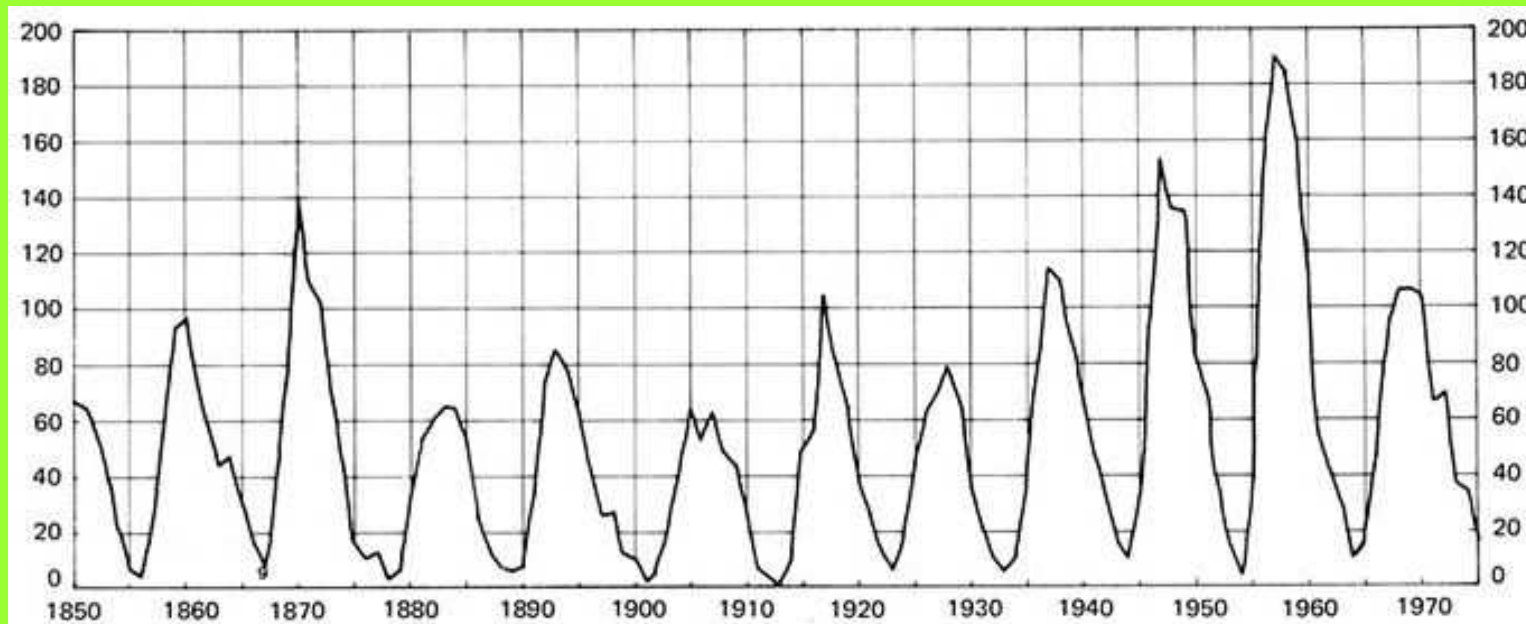


H.S. Schwabe – hledal planetu Vulkán a jako první zkoumal Slunce

Zjistil periodicitu ve výskytu slunečních skvrn (perioda 11 let)

Polarita mag. pole Slunce se mění jednou za 11 let ( Země – cca 1000 let)

Mag. pole Slunce je velmi silné, cca 0,1 T



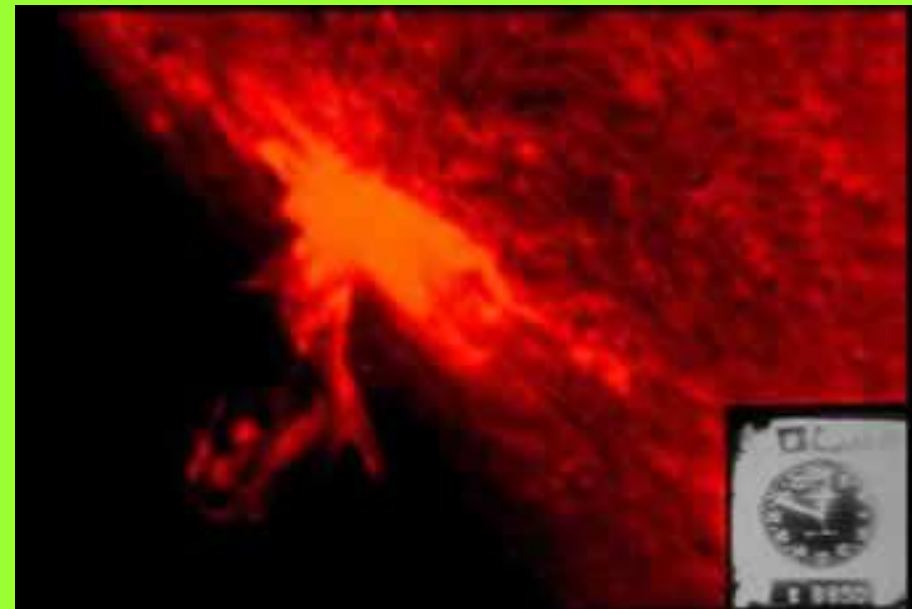
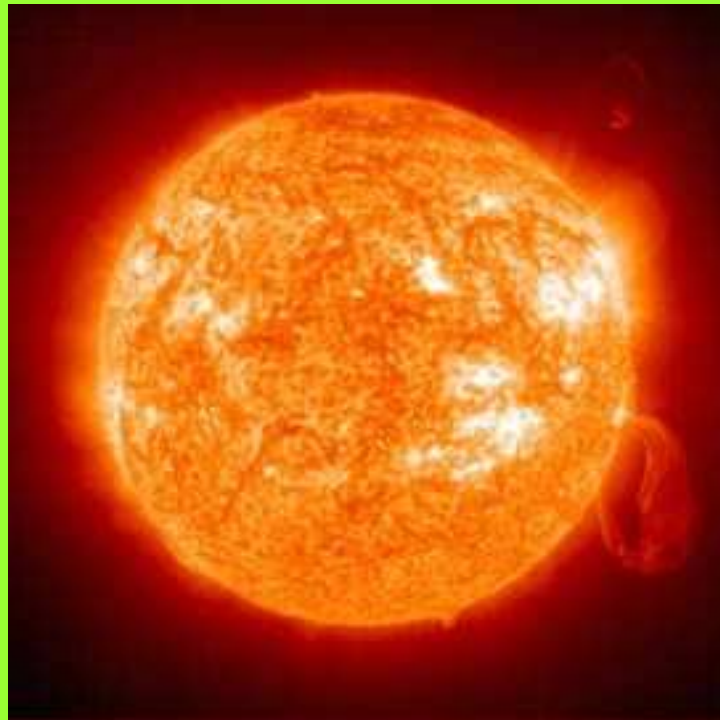


Dvaadvacetiletý magnetický sluneční cyklus vypadá asi takto. Na začátku cyklu se objeví skupiny párů skvrn v slunečních šířkách okolo 30 stupňů severně či jižně od rovníku. Vedoucí skvrna na severní polokouli má severní magnetickou polaritu, následná polaritu jižní. Na jižní polokouli je tomu naopak. V průběhu několika let se sluneční skvrny začnou objevovat stále častěji a oblasti jejich výskytu se více posunují k rovníku. Přibližně deset let po začátku cyklu se zmenšuje počet skvrn, objevují se jen zřídka, a to v blízkosti rovníku. Nastává sluneční minimum. V této době se začnou objevovat nové skvrny dalšího jedenáctiletého cyklu v slunečních šířkách okolo 30 stupňů, mají však opačnou polaritu než skvrny předchozího cyklu. Tedy na severní polokouli je vedoucí skvrna s jižní polaritou, následná se severní a na jižní polokouli obráceně. Skvrny se opět začínají posouvat k rovníku, četnost skvrn nejdříve roste a poté se zmenšuje. Nastává další minimum. V pásech okolo 30 stupňů sluneční šířky se objevují nové sluneční skvrny. Na severní polokouli má vedoucí skvrna polaritu severní, následná jižní, na jižní polokouli právě naopak. Tím je dovršen dvaadvacetiletý sluneční cyklus.

Protuberance – rudé „boule“ a „hrby“ – do výšky cca 50 000 km.

Existují po dobu několika otoček Slunce.

Erupce – exploze na povrchu Slunce. Během několika minut – energie miliard Mt TNT





# Země

Pohyb po elipse, blízké kružnici. Velká poloosa  $150 \cdot 10^6 \text{ km} = 1 \text{ AU}$

Perioda pohybu: 365 dní

Rychlost: 30 km/s

Poloměr:  $R = 6378 \text{ km}$

Stáří: 4 – 5 miliard let

Souše:  $148 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  (29,2%)

Moře:  $361 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  (70,8%)

$M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

$\rho = 5515 \text{ kg} / \text{m}^3$

$g = 9,78 \text{ m} / \text{s}^2$

Kosmické rychlosti

Největší z terestrických planet a zatím jediná, na níž byl potvrzen život

Složení:

- pevné jádérko
- polotekuté vnější jádro
- plášť
- tenká kůra kontinentální a oceánská



## Vznik Země

Před 4,6 miliardami let – akrece prachoplynového disku

První planetisimály → protoplanety

Vzájemné srážky + radioaktivní rozpad prvků → roztavený povrch po dobu cca miliardu let.

Poté došlo k silnému bombardování povrchu → další ohřev a přetavování (magmatický oceán).

Těžší prvky (Fe) klesaly dolů a lehčí zůstaly nahoře (Mg, Si)

Pevná kůra začala vznikat až asi před 4 miliardami let.

Od té doby – vulkanismus a desková tektonika

Z lávy se začaly uvolňovat plyny a páry ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ) a ty vytvořily spolu s H a He první pozemskou atmosféru. Nízká gravitace ale neudržela H a He.

Komety přinášely další  $\text{H}_2\text{O}$

Teplota postupně klesla až na 300 C → vznik dešťů, mraků, prvních oceánů.

Voda umožnila vstup uhlíku do hornin

Život – pravděpodobně před 4 miliardami let (to zde byl ještě vodík – důležitý činitel při chemických reakcích)

První primitivní rostliny → produkce kyslíku až do dnešního složení (s možnými výkyvy). Vznik ozonu → ochrana před UV → možnost života i mimo ochranu oceánu.

Rozkladný proces anorganických látek → vznik N.

# Složení Země

Vnější pevná kůra (Si, Al, Mg)

Viskózní plášť

Jadérko ( $r = 1278$  km, 86,2 % Fe, 7,25% Ni), obalené vnějším jádrem, tvořeným roztavenou polotekutou směsí Fe, Ni, Co, S – až do 2900 km). Tam je tzv.

Gutenbergova diskontinuita.

Litosférické desky, magma, sopky, trhliny v oceánských deskách.

Nejstarší známé žíly nerostů – 4,4 miliardy let – tak stará je zemská kůra

Zemská kůra

Thloušťka 5 – 70 km. Nejtenčí pod oceánem.

Složení: Na, K, Al, Si, Mg ...

Mohovičičova diskontinuita – mezi kůrou a pláštěm

Vývoj kontinentů (Pangea, ..)

## Magnetické pole Země:

Mezi pevným jádrem a polotekutým vnějším jádrem – rotace – dynamo – magnetické pole Země.

Van Allenovy pásy (začínají ve výšce 400 km a sahají až asi do 50 000 km)

Vnitřní VAp je tvořen zhuštěním částic v oblasti kolem 3000 km nad povrchem (energetické protony). Vnější jsou ve výšce cca 15 000 km (vysoce energetické elektrony)

Ochrana života na Zemi.

## Pohyb Země:

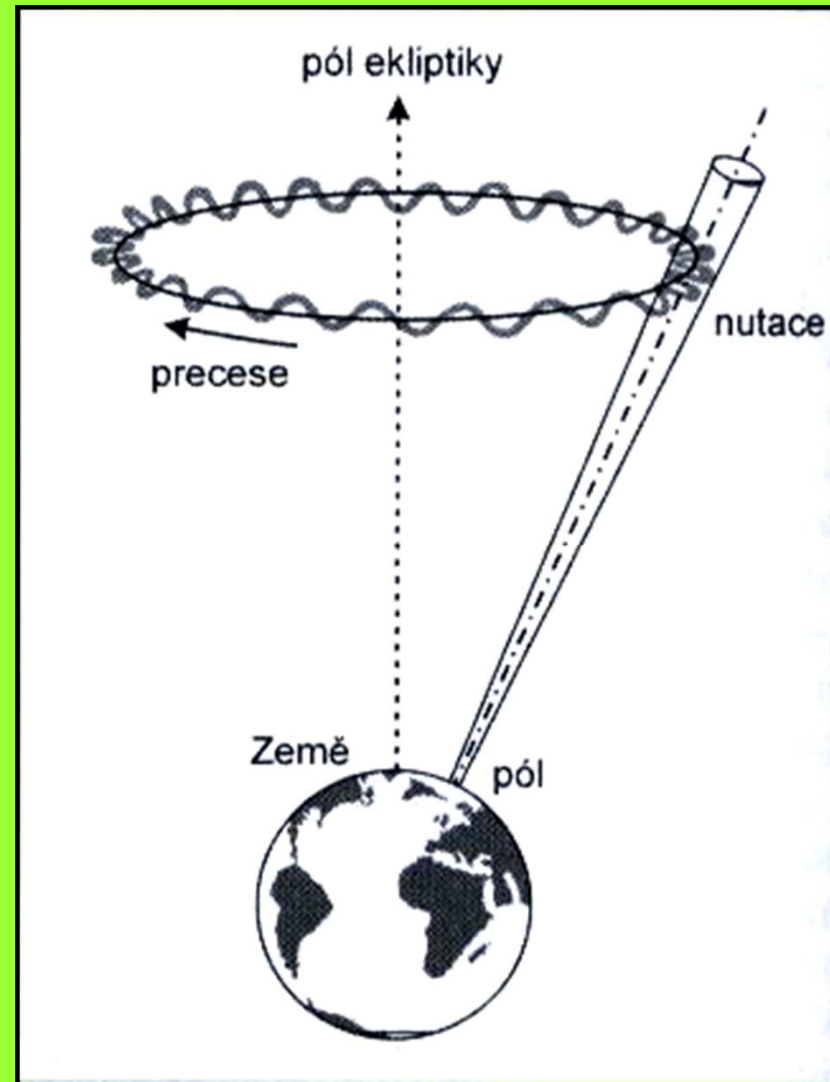
### Směr $\omega$ k Polárce

Vychýlení Zemské osy  $33,5^\circ$

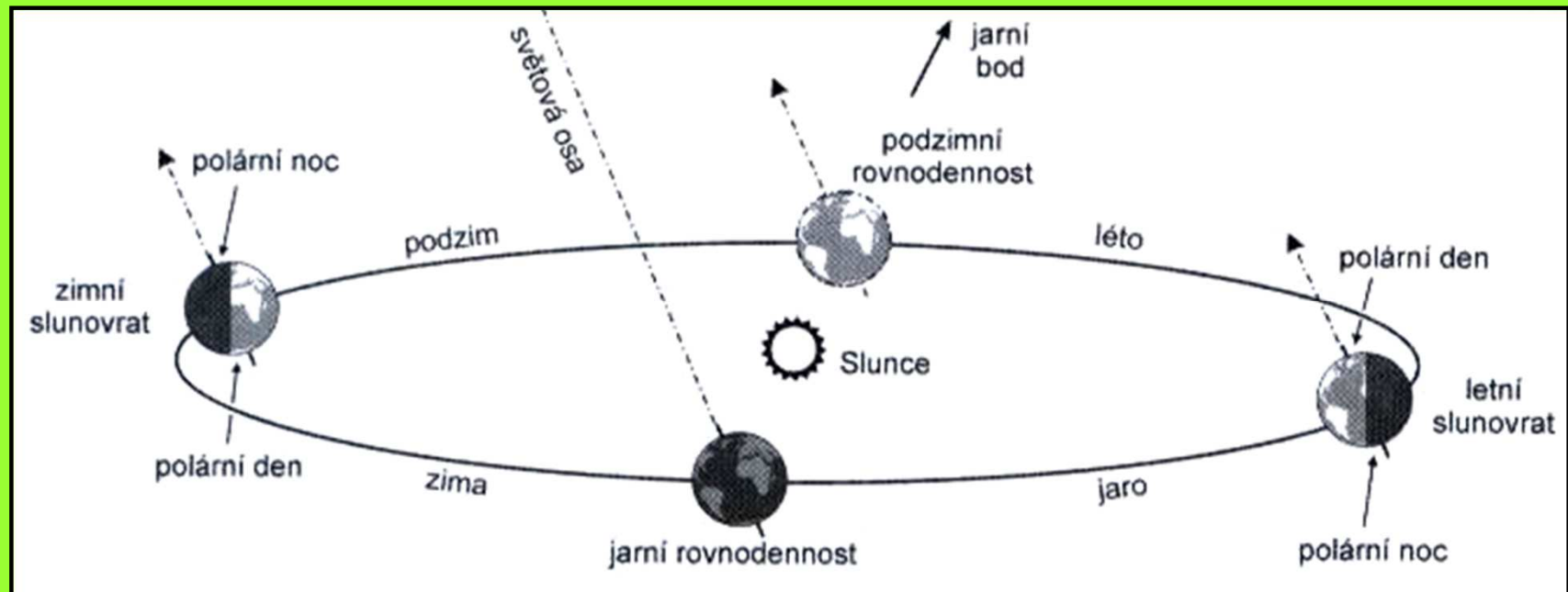
Vznik ročních období

Precesní pohyb:  $T = 25\,800$  let

Nutace:  $T = 18,6$  let







# Merkur

$R = 2440 \text{ km}$  (0,38  $R_z$ )

$M = 3,3 \cdot 10^{23} \text{ kg}$  (0,055  $M_z$ )

$\rho = 5427 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$g = 3,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1 den = 176 pozemských dní

T (den) = 623 K

T (noc) = 103 K

min: 90 K, max: 700 K

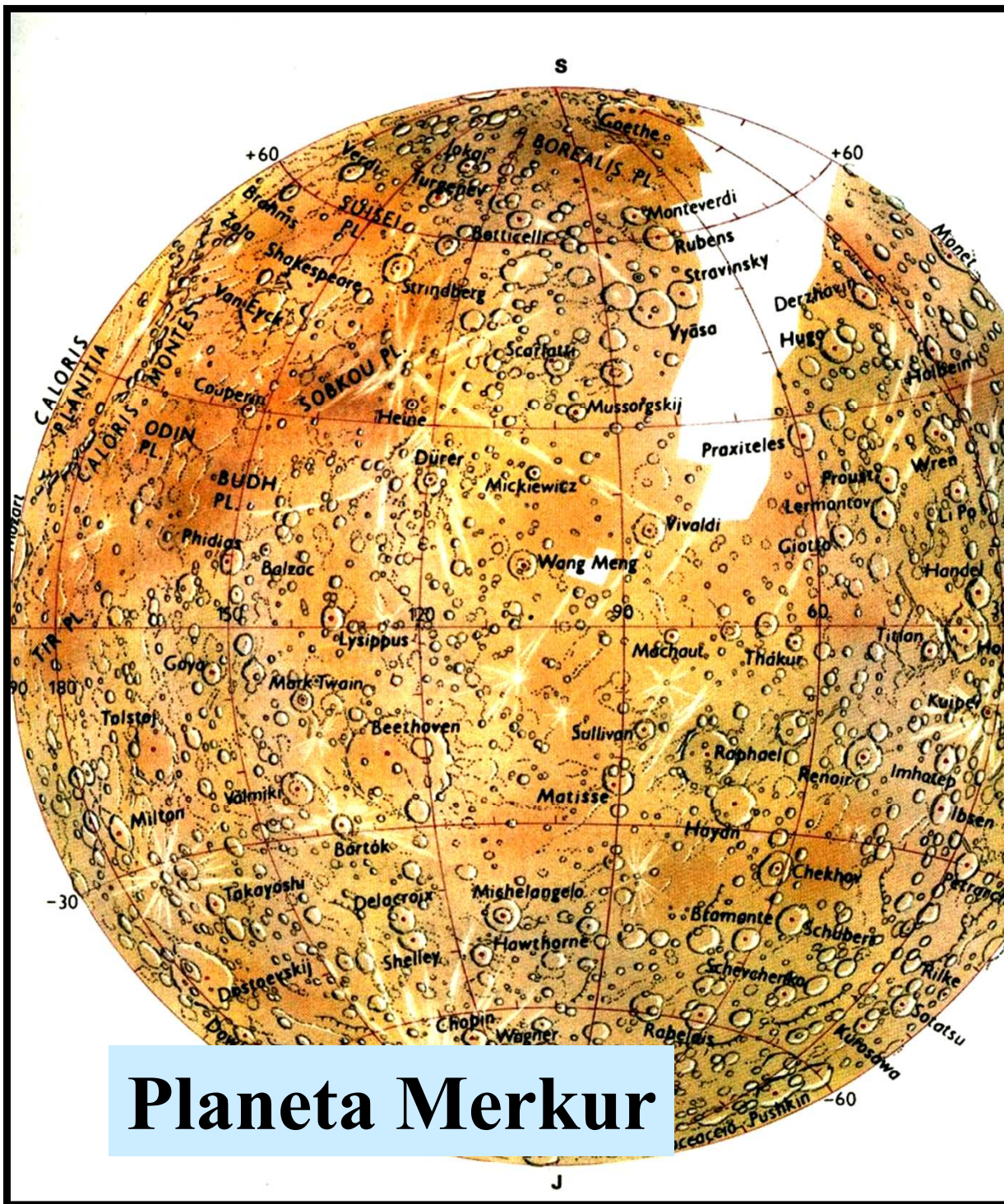
Nejmenší planeta, jenom o 40% větší, než Měsíc a menší, než

Ganymedes (J) a Titan (S)

Povrch: lávové planiny, krátery, zlomy

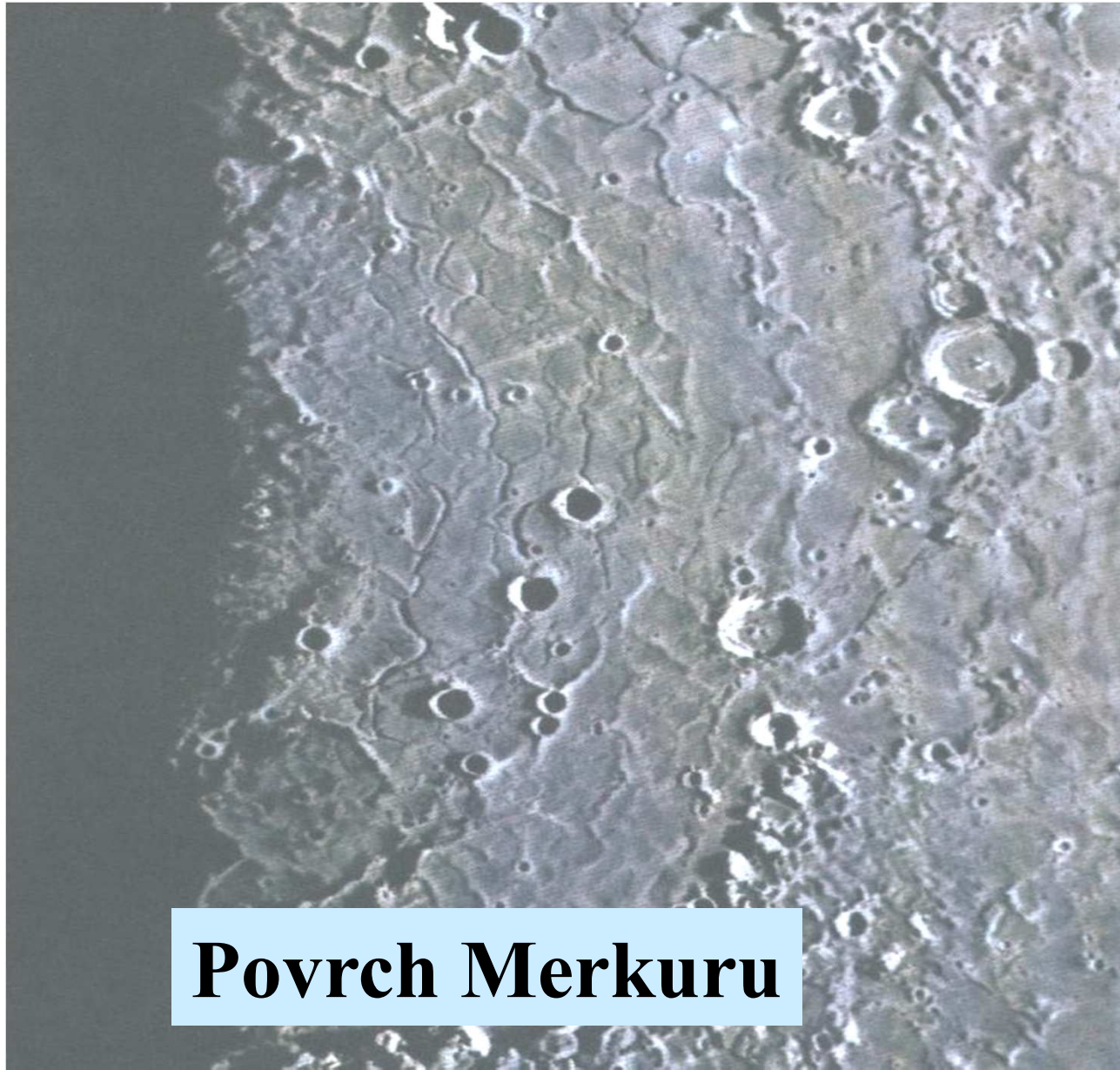
## Vznik:

Jako jiné planety Sluneční soustavy vznikl Merkur před 4,5 miliardami let akrecí pracho-plynového disku. Gravitace – planetisimály-protoplanety. Po vzniku dochází k bombardování povrchu meteority – přetavování – magmatický oceán. Dopady meteoritů vytvořily na povrchu vrstvu prachu - regolit



# Planeta Merkur





**Povrch Merkuru**

Mercurius –bůh obchodu  
Dobropán – Český název



## **Geologické složení:**

Velké jádro (Ni,Fe) – poměrně silné magnetické pole (asi 1% pozemského)

Má poměrně vysokou hustotu – obsahuje hodně těžších kovů a méně silikátů, než Země.

## **Povrch:**

Podobný povrchu Měsíce. Lávové výlevy (v minulosti). Dopady meteoritů, krátery.

Caloris Basin – 1400 km dlouhá prohlubeň (největší kráter ve Sluneční soustavě)

Vznikl pravděpodobně po dopadu tělesa o průměru cca 100 km. Vyvřeliny byly vyvrženy až do vzdálenosti cca 800 km.

Na povrchu jsou oválné kopce, dosti erodované

Mladší lávové planiny. Soudíme, že došlo ke smrštění – zvrásnění a popraskání kůry.

## **Atmosféra:**

Atmosférický tlak cca 10 Pa (nižší, než v žárovce – ultravysoké vakuum)

Atomy unikají z gravitačního pole, ale jsou stále doplňovány ze Slunečního větru.

(Na, H, He, O). Je tam i CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O. Voda se vyskytuje v malém množství jako led v hlubokých kráterech, kam nesvítí Slunce. Rovněž byla pozorována na obou pólech.



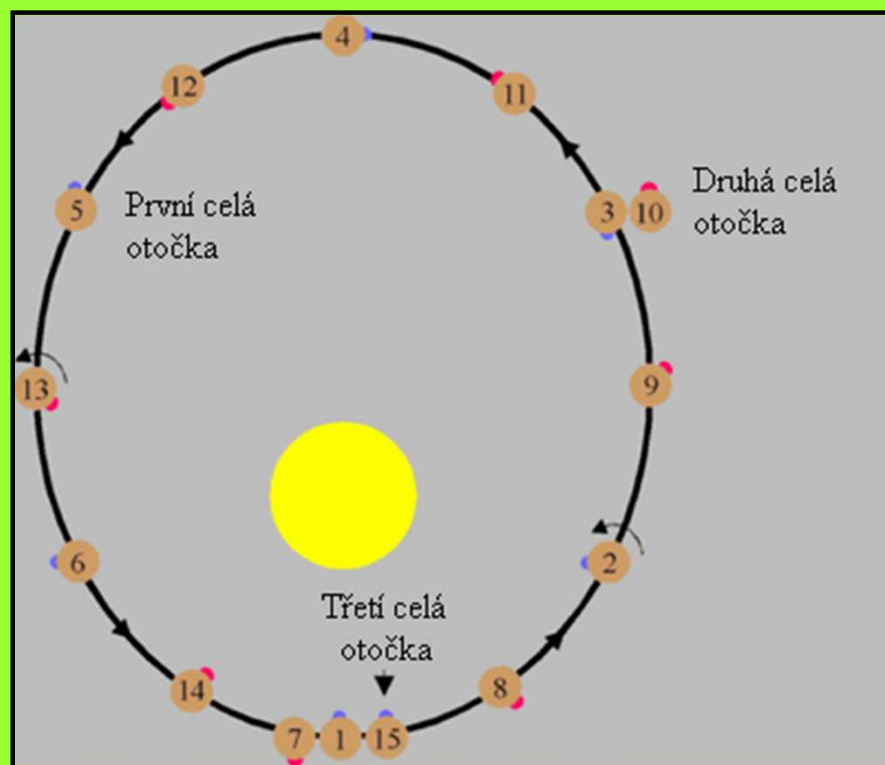
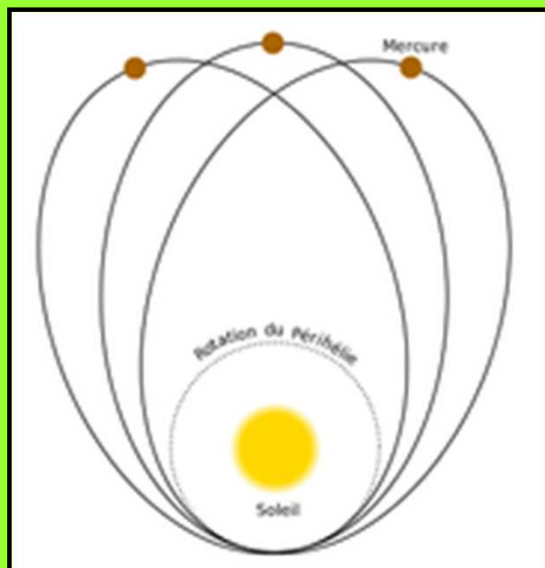
## Oběžná dráha:

Poměrně velká excentricita. 1 rok = 88 dní (Z), rychlost oběhu 48 km/s

Slunce se jeví 2,5 x větší, obloha je černá.

Stáčení perihélia – o jeden stupeň za 6 pozemských let. To nelze vysvětlit na základě Newtonových zákonů. Hypotéza Vulkán. Objasnění na základě teorie relativity.

Planeta rotuje velmi pomalu.





# Venuše

## Jitřenka, Večernice

Sestra Země (podobná velikost, hustota a objem). Stejně stáří

Nemá oceány, atmosféra CO<sub>2</sub>, žádná voda, tlak 90x vyšší, než na Zemi

Po Měsíci nejjasnější objekt na obloze.

## Charakteristika

Hmotnost (kg)  $4,87 \times 10^{24}$

Průměrná hustota (kg/m<sup>3</sup>) 5250

Střední vzdálenost od Slunce ([AU](#)) 0,723

Doba oběhu (dny) 224,7

Sklon dráhy k ekliptice (stupně) 3,39

Střední povrchová teplota ([K](#)) 726

Nejvyšší bod povrchu Maxwell Montes (17 km nad středním poloměrem planety)

Složení atmosféry 96% oxid uhličitý, 3% dusík, 0,1% vodní páry

Složení povrchových materiálů čedič a přeměněné horniny

Počet [měsíců](#) 0

Průměr (km) 12 104

Úniková rychlost (m/sec) 10 400

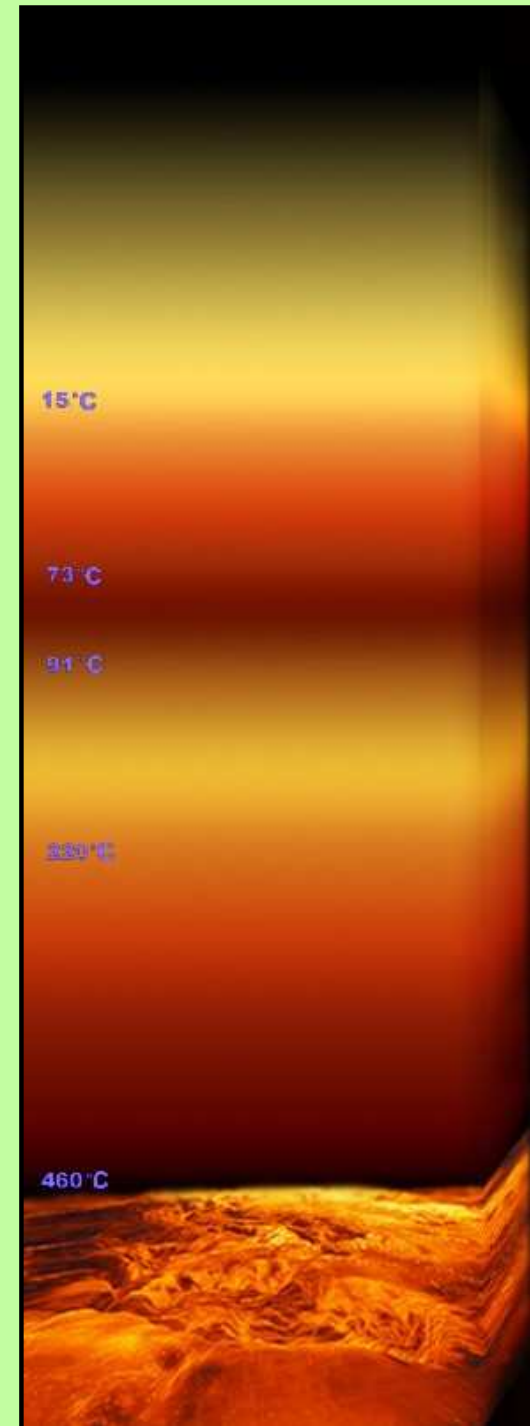
Rotace kolem osy (hodiny) 243,0

[Odchylka osy](#) (ve stupních) 178

Excentricita dráhy 0,007

[Albedo](#) (odrazivost) 0,59

Venus = půvab, krása, vděk, vnada  
Venus = Afrodita



## Atmosféra

Hustá, horká. Tlak 90 x vyšší, než na Zemi. 96% CO<sub>2</sub>, 3% N, 1% ostatní plyny (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, Ar, He, Ne, HCl, HF)

Výrazný skleníkový jev

Teplota na povrchu Venuše je všude přibližně stejná (na pólech i na rovníku, na ozářené i neozářené straně). Důvodem jsou silné větry, které roznášejí teplo po celé planetě. V horních vrstvách mají rychlost až 350 km/hod. U povrchu sice jenom asi 7km/h. ale protože je atmosféra hustá (vysoký tlak) i tak slabý vítr má velkou sílu.

Atmosféra sahá až do cca 1000 km (vodíková koróna). Pod ní do 300 km sahá He.

Ještě níže jsou ostatní plyny: 96% CO<sub>2</sub>, 3% N, atd.

Před několika miliardami měla Venuše stejnou atmosféru jako Země. Vlivem skleníkového efektu se voda vypařila a oteplení se tím ještě zvýšilo. Vodu rozbilo silné UV záření a vodík unikl do Kosmu.

Mraky na Venuši: SO<sub>2</sub> + kapičky H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Z biologického hlediska je zřejmě zcela nevhodná (na povrchu)

Jistá možnost – v atmosféře (bakterie). Byl tam zjištěn H<sub>2</sub>S ( na Zemi jej „vyrábějí“ bakterie). 20 km nad povrchem je T = 70 C, tlak jako na Zemi a jsou tam kapičky vody.

Proniká tam UV záření ze Slunce.

## Povrch

Kosmické sondy

Povrch poměrně mladý

300 – 500 mil. Let

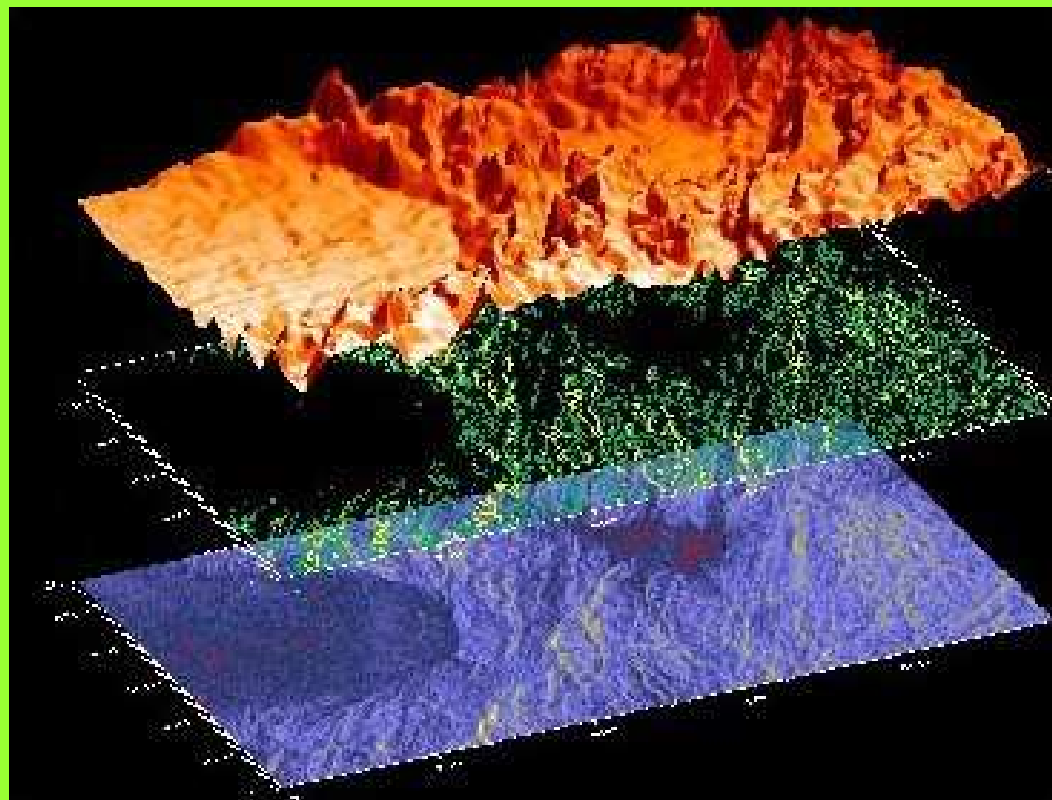
Velké pláně, pokryté lávou,

horami a činnými vulkány.

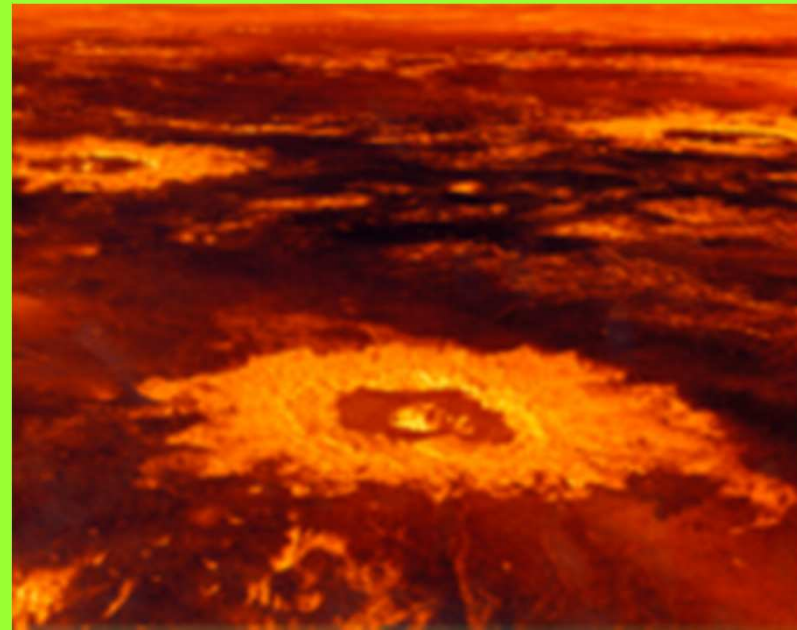
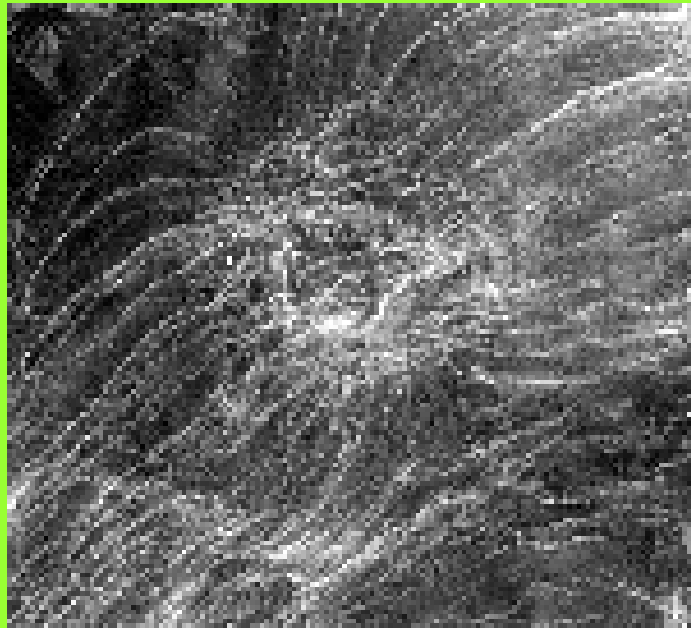
Maxwellova hora (2,5 km)

Krátery od velkých meteoritů.

Není tam žádná eroze,  
vše je ostré a strmé



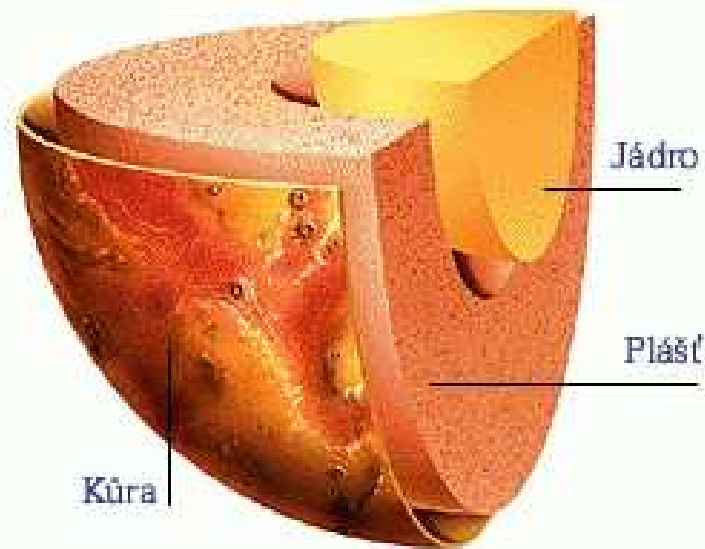
Cca 100 000 malých sopek. Lávové proudy značné délky a šířky (až 100 km)  
Arachnoidé – roztavená láva prosakuje na povrch z prasklin  
Vysoká teplota povrchu - důsledek skleníkového jevu



## Složení Venuše

Pravděpodobně kapalné jádro, plášť a kůra

### VNITŘNÍ STAVBA



VRSTVA	TLOUŠŤKA	SLOŽENÍ
Kůra	50 km	křemičitá hornina
Plášť	3 tisíce km	hornina
Poloměr jádra	3 tisíce km	polotuhé železo a nikl

## Rotace Venuše

Točí se velmi pomalu – jednou za 243 dne (Z) a navíc naopak než Země.

Důvodem je slapové působení velmi hmotné atmosféry.

Před 4 miliardami let Slunce zářilo asi o 40% méně, než dnes.

Mars a Země byly zmrzlé. Na Venuši byla voda v kapalném stavu a mohl tam být život, který se mohl později přesunout do mraků.

Případná kolonizace ze Země:

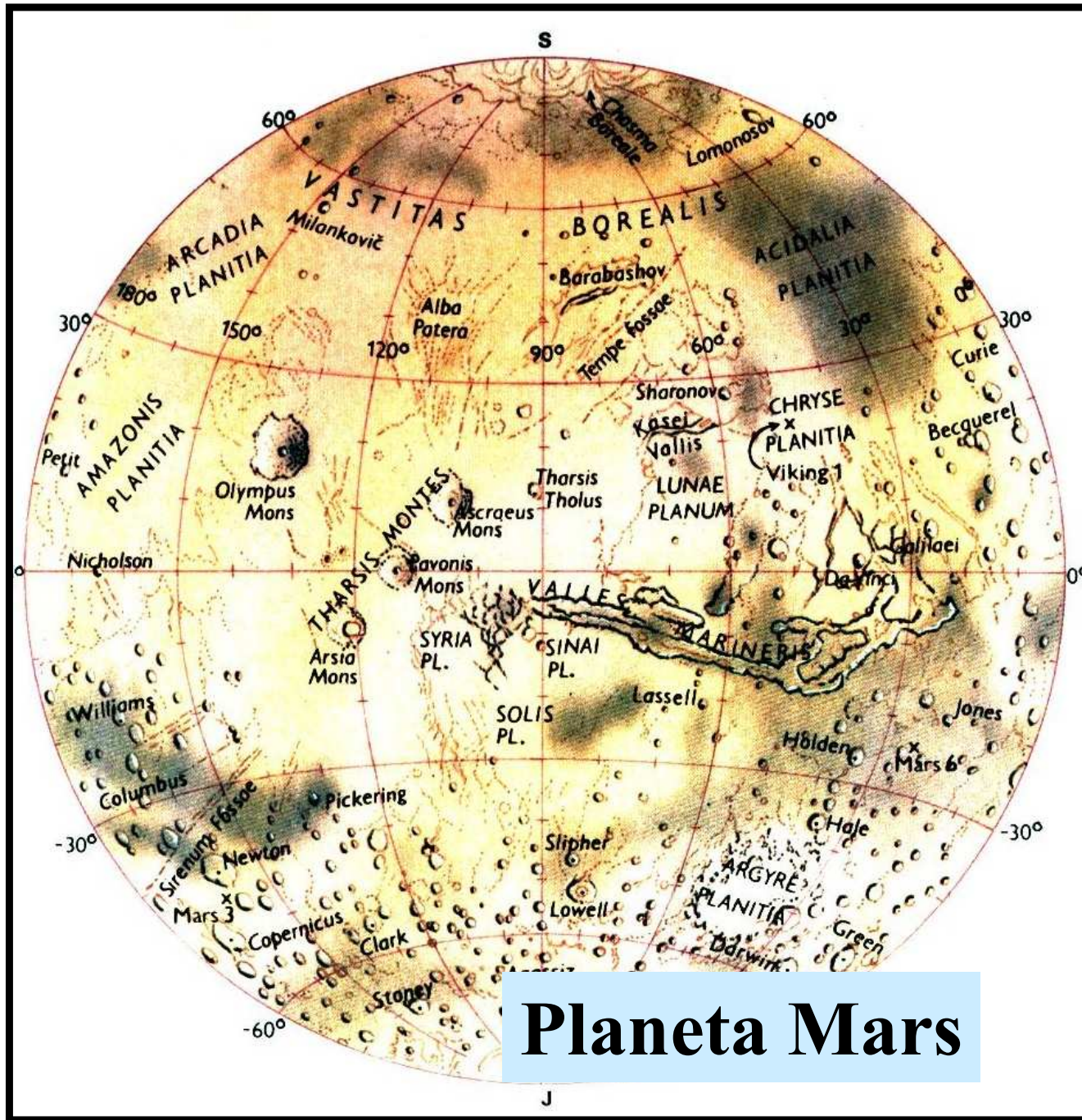
- 1) Města lehčí než vzduch ve výšce cca 50 km.
- 2) Odstínění Slunce speciálním štítem

# Mars

Terestrická planeta, druhá nejmenší, 4. v pořadí od Slunce.  
Mars – Bůh války









**Vznik** – ve stejné době, jako Země, Venuše a Merkur

**Parametry:**

$M_M = 0,1 M_Z$ , den = přibližně 24 pozemských hodin

Objem  $1,638 \times 10^{11} \text{ km}^3$

Hmotnost  $6,4185 \times 10^{23} \text{ kg}$

Průměrná hustota  $3,934 \text{ g/cm}^3$

Gravitace na rovníku  $3,69 \text{ m/s}^2$

Povrchová teplota – min  $186 \text{ K}$  – průměr  $210 \text{ K}$  – max  $268 \text{ K}$

Atmosférický tlak  $0,7\text{--}0,9 \text{ kPa}$

Oxid uhličitý  $95,32 \%$  Dusík  $2,7 \%$  Argon  $1,6 \%$  Kyslík  $0,13 \%$

Oxid uhelnatý  $0,07 \%$  Vodní páry  $0,03 \%$

Geologické složení – podobné Zemi. Nemá magnetické pole (v minulosti asi měl, neboť jsou na něm permanentně zmagnetovaná místa).

Povrch : čediče, obohacené křemičitany. Červená barva –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Voda pouze v pevné fázi

Není pozorována desková tektonika (v minulosti zřejmě ano)

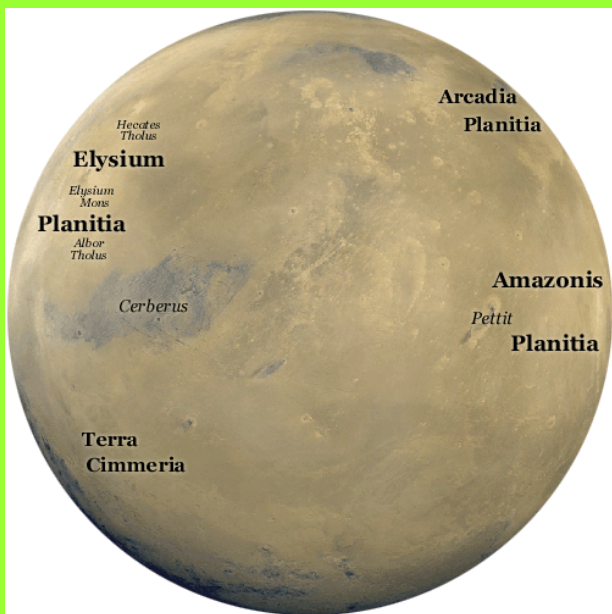
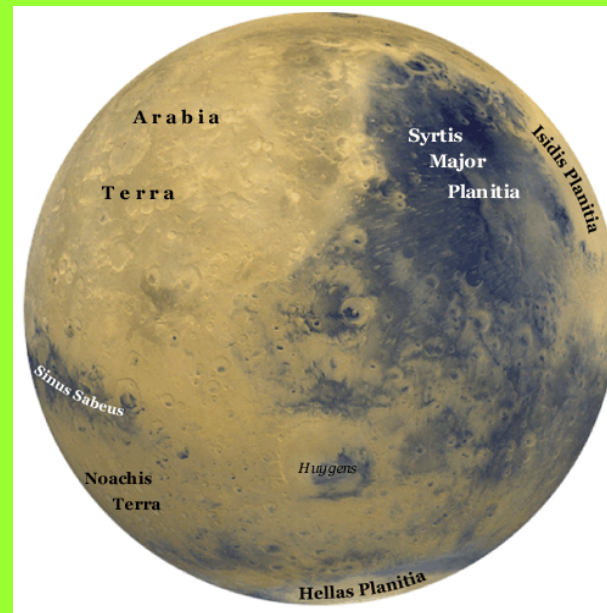
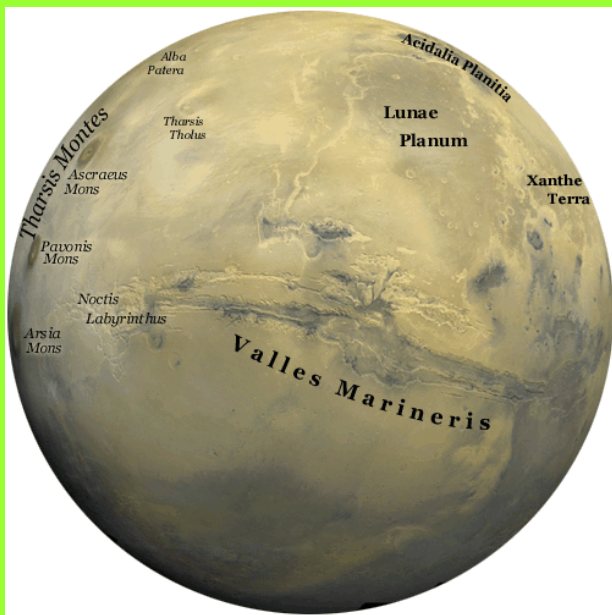
Žhavé jádro ze železa a síry.

Křemičitanový plášť, nahoře kůra, asi 50 km silná

Sopečná činnost minimální, v minulosti významná.









**Soustava kaňonů na Marsu**

## Povrch a atmosféra:

na pólech zmrzlý  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Má atmosféru složenou především z  $\text{CO}_2$ . Nízký atmosférický tlak cca 600 Pa

Kamenité a skalnaté oblasti

Silný vítr

Severní polokoule je rovinatá, zalitá lávou, jižní je hornatá.

Prach a písečné duny

Krátery, kaňony, staré sopky – nejvyšší hora Sluneční soustavy (Olympus Mons, vysoká 27 km, velká jako Morava)

V rovníkové oblasti je veliký kaňon Valles Marineris, dlouhý 4500 km a hluboký 7 km.

„Lidská tvář“ na Marsu – erodovaný skalní útvar

Atmosféra je velmi řídká, málo izoluje

Průměrná teplota – 56 C, velké rozdíly mezi dnem a nocí (od – 90 C do –10 C)

Samotná půda může mít i +30 C, ale led nemůže roztát (voda by se ihned vypařila)

Slabý skleníkový efekt (otepluje o cca 5 C)

Slabá oblačnost – krystalky  $\text{CO}_2$

Silné prachové bouře a víry, vítr však nemá takovou sílu, jako na Zemi (nízký tlak)

V minulosti tam byl i oceán vody

Voda částečně zmizela do kosmu, zbytek zmrzl – permafrost

Kdyby všechna roztála, zaplavila by Mars do výšky 11m

Říční koryta, sedimenty.





**Vulkán Olympus na Marsu**





**Phobos a Deimos (Děs a Hrůza)**  
asi přicestovali z pásu Planetek

**Výzkum:** USA, Rusko, Evropa, Japonsko

Viking, Opportunity, Mars

V současné době: sonda Phoenix, nepohyblivá, sbírá vzorky až ze vzdálenosti 2,5 m, může identifikovat objekty o velikosti 0,001 tloušťky lidského vlasu (stopy života)

Údaje předává družici na oběžné dráze

Plán: mezi roky 2025 – 2030 – lidská posádka

**Život na Marsu:**

Dříve: hustá atmosféra, oceán, pokrývající celou severní polokouli. Mohl vzniknout život.

V současné době: slabá magnetosféra, velké výkyvy teplot, malá sopečná činnost → malá naděje na existenci života. Avšak naděje umírá poslední – život je velmi odolný.

**Kolonizace (Terratransformace):**

Voda – základní podmínka. Zprvu uzavřená místa s umělou atmosférou.

Později – zvýšení skleníkového jevu, mikroorganismy, kyslík, rostliny, atd.



**Phobos – jeden z měsíců Marsu**



**Jiný pohled na Phobos**



**Deimos – druhý Marsův měsíc**

# Planetky

Mezi Marsem a Jupiterem, za dráhou Neptuna, některé kříží dráhu Země

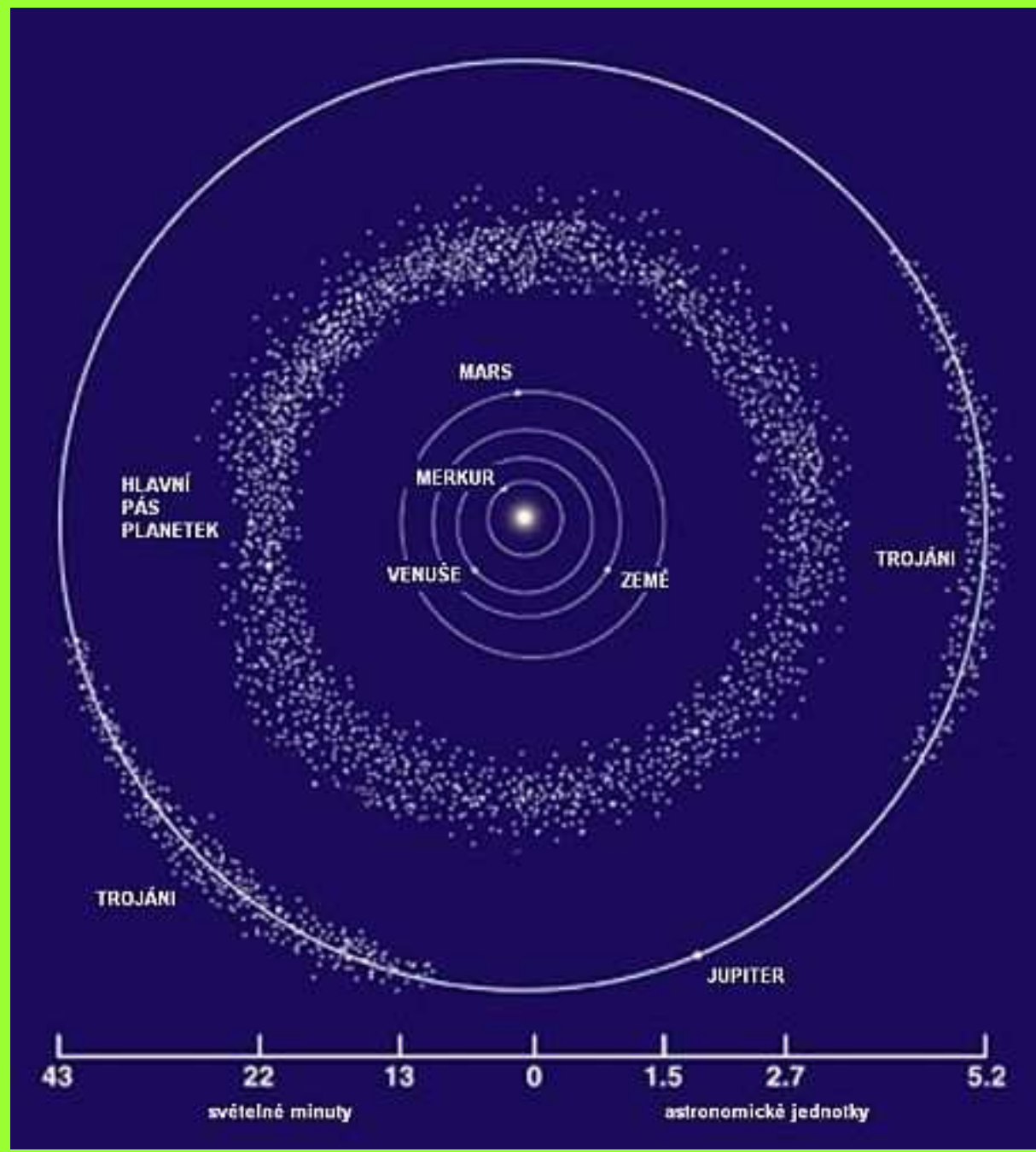
**Vznik:** Po vytvoření Marsu a Jupitera přitažlivost Jupitera nedovolila, aby vznikla další (Olbersova) planeta.

Planetky: > 100 m

Meteoroidy: < 100 m

První objevená planetka: Ceres. Nyní je známo téměř 400 000 planetek.





Hlavní pás planetek

Trojáni Jupitera (librační body mezi Jupiterem a Sluncem)

Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Hecuba, Hilda, Eros, Achilles, Patroclus, Albert, Hidalgo, Hermes, ..... Jeník Hollan, ....

Blízkozemní planetky: 28.1.2006 prolétla 2006 BV 39 asi 300 000 km od Země  
13.4.2036 prolétne Apophis těsně kolem Země ?

Na Zemi – impaktní krátery: Německo (Ries a Steinheim – vltavíny)

Polsko (Morasko u Poznaně)

Před 65 miliony let – Yucatan, kráter Chicxulub – vyhynutí dinosaurů.

Měsíc, Merkur – plné impaktních kráterů.

Podle chemického složení: C planetky (uhlíkaté, chondrity)

S planetky (stony, Ni, Fe + křemičitany)

M planetky (metallic, Ni, Fe)

U planetky (nespadají do žádné z nich)

Zajímavosti: Binární planetky (např. Ida + Dactyl)

Japonská sonda Hayabusa, 9.4.2003 k planetce Hokawa (která kříží dráhu Země). Zařízení k odběru vzorků.

K cíli dolétla 12.9.2005. Leží na ní velké kameny (až 10 m)

Přes různé potíže odstartovala zpět na Zemi







