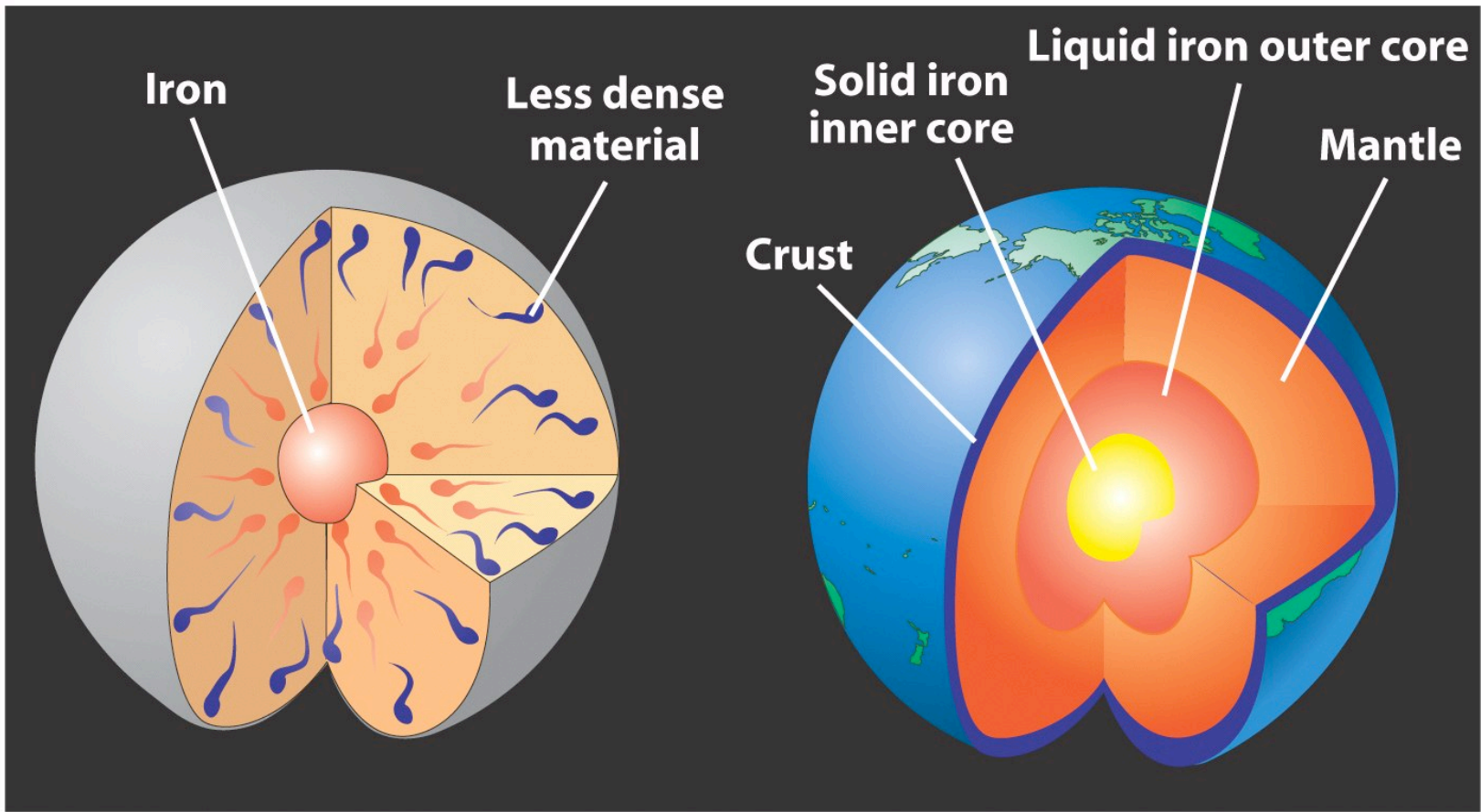


Solsystemet samt planeter och liv i universum

- 👁 Kap. 7-8, Solsystemet idag och igår
- 👁 Kap. 9.2, Jordens inre
- 👁 Kap. 10, Månen
- 👁 Kap 17, asteroider, kometer
- 👁 Kap 30, Liv i universum

Jordens inre

- Medeltäthet ca 5500 kg/m^3
- Vid ytan (jordskorpan) ca 3000 kg/m^3
- Differentiering - tätare i centrala delarna

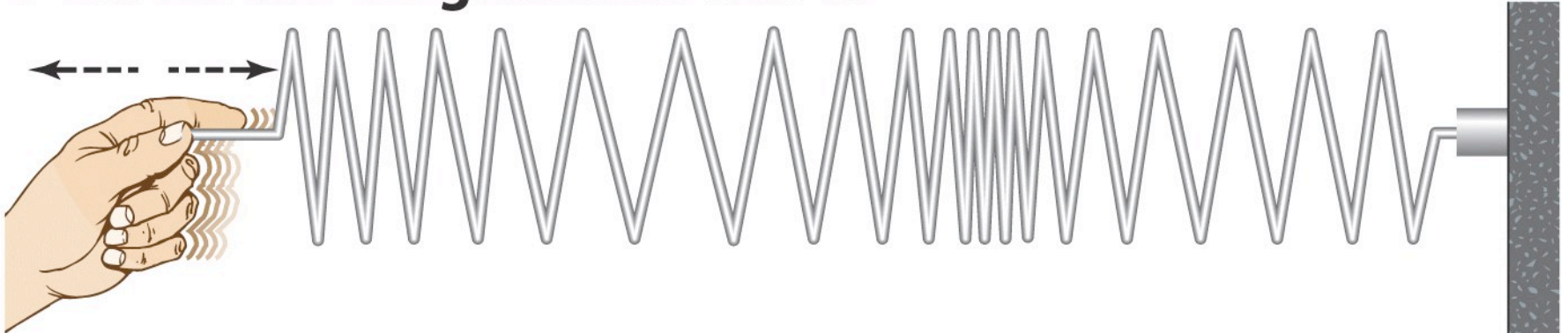


(a) During differentiation, iron sank to the center and less dense material floated upward

(b) As a result of differentiation, the Earth has the layered structure that we see today

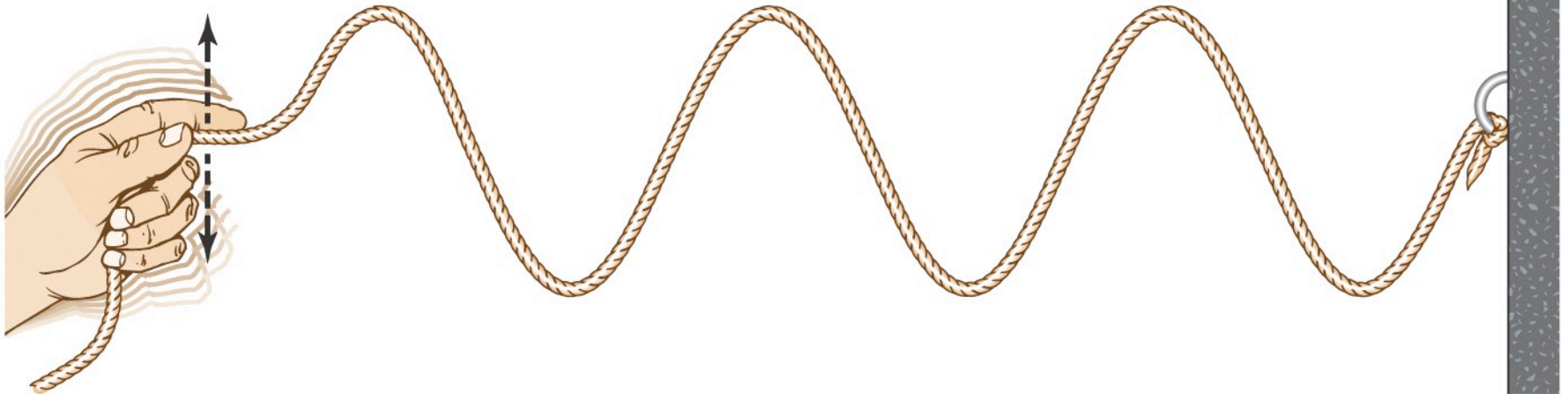
P=primary

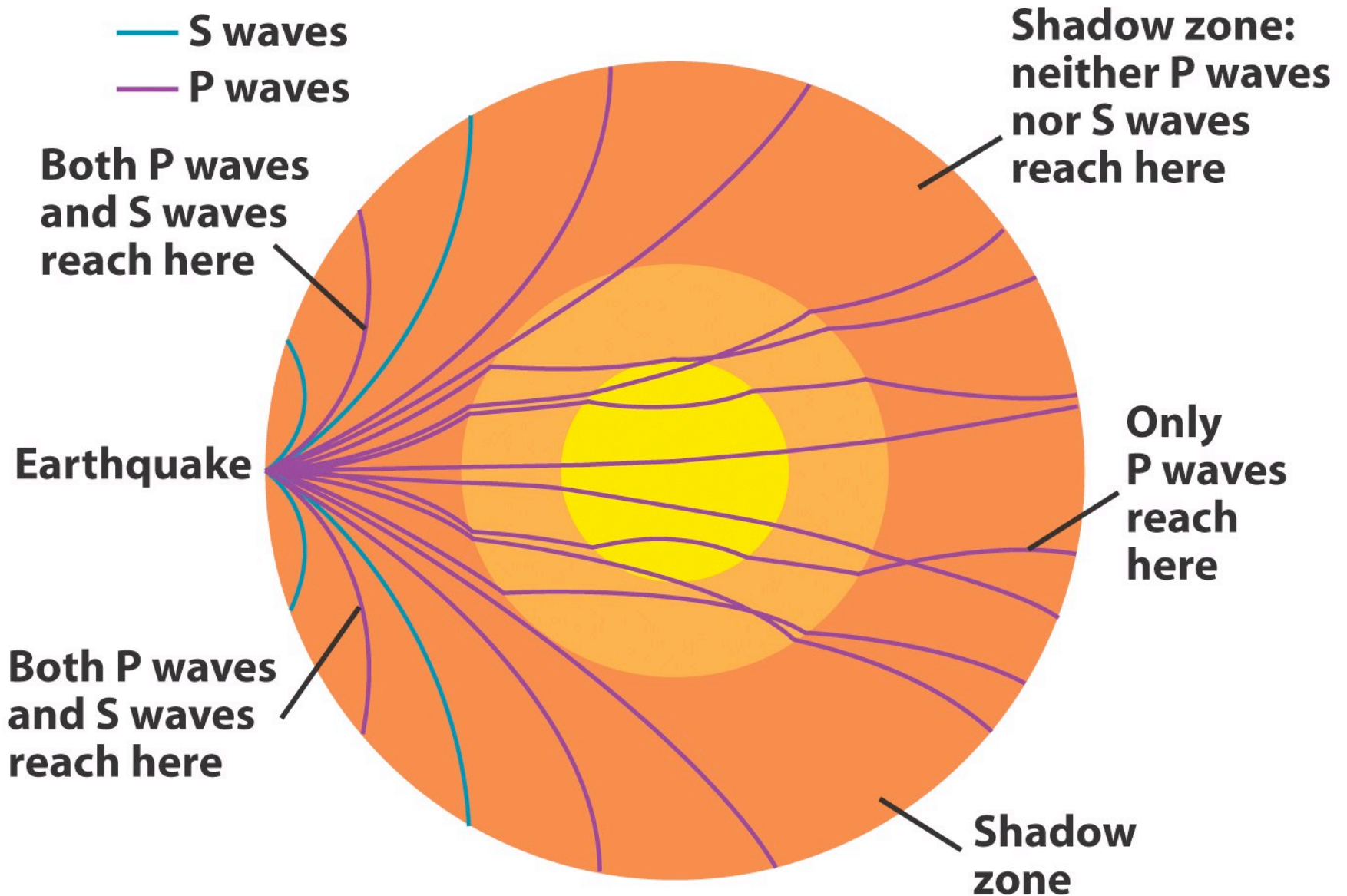
P waves are longitudinal waves



S=secondary

S waves are transverse waves

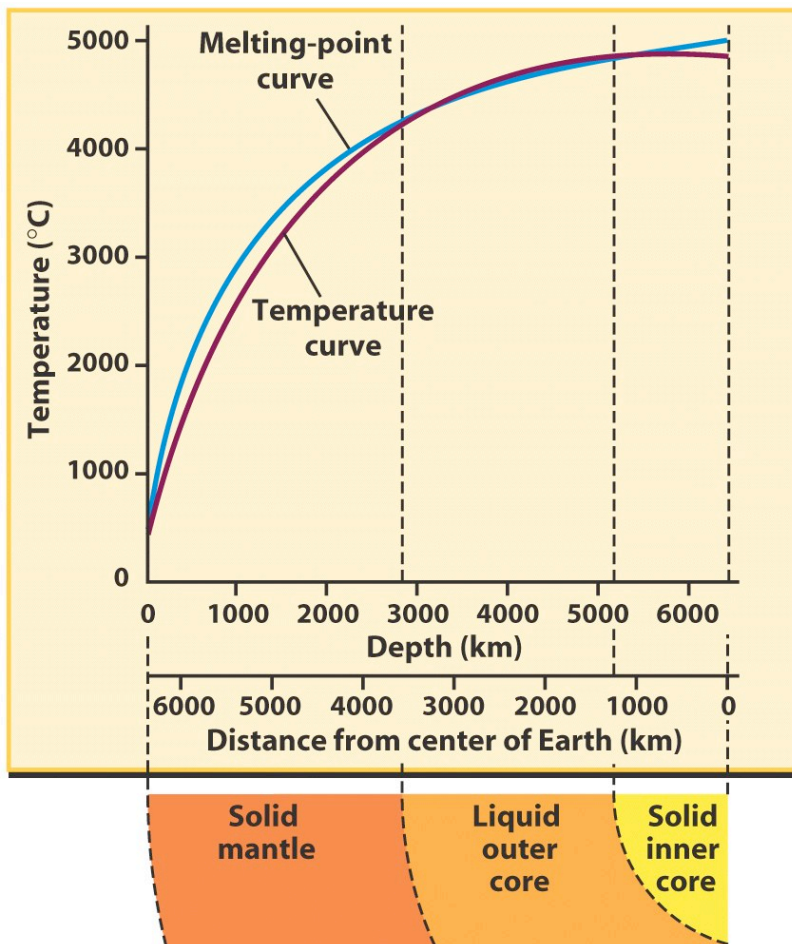




Seismologer bestämmer jordens inre struktur genom att se hur P- och S-vågor propagerar genom jordens inre

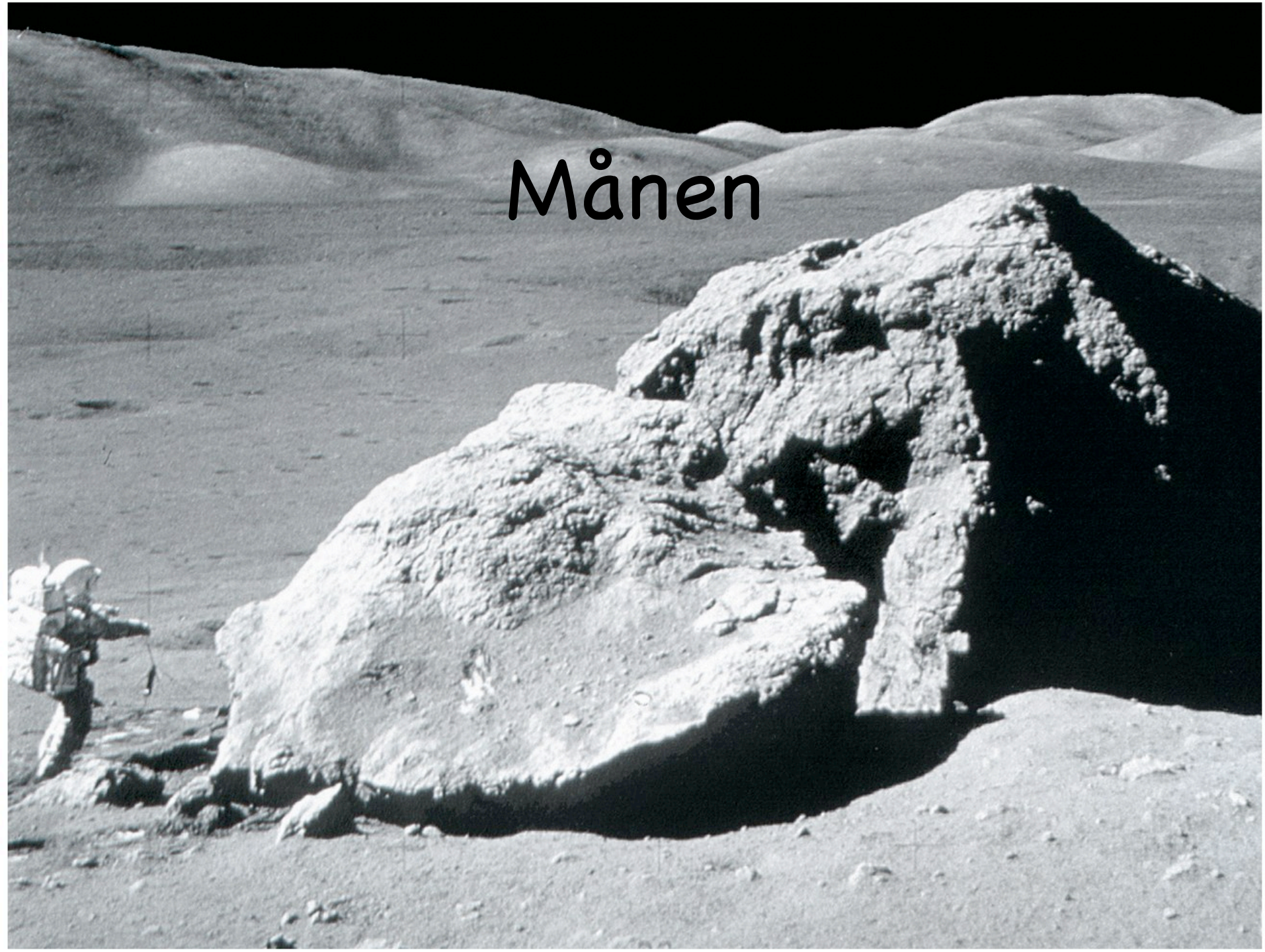
Jordens inre struktur

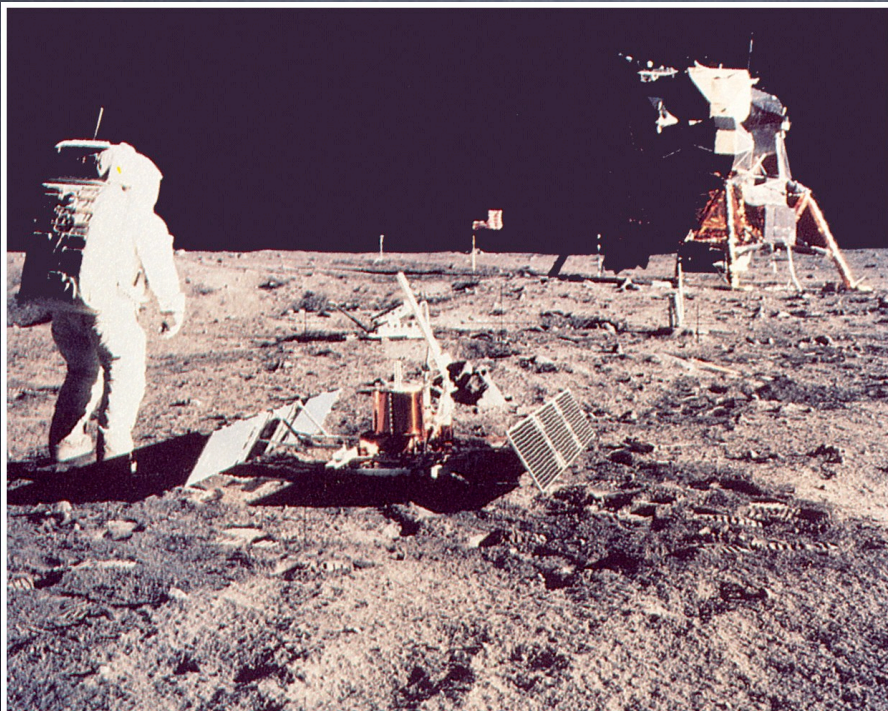
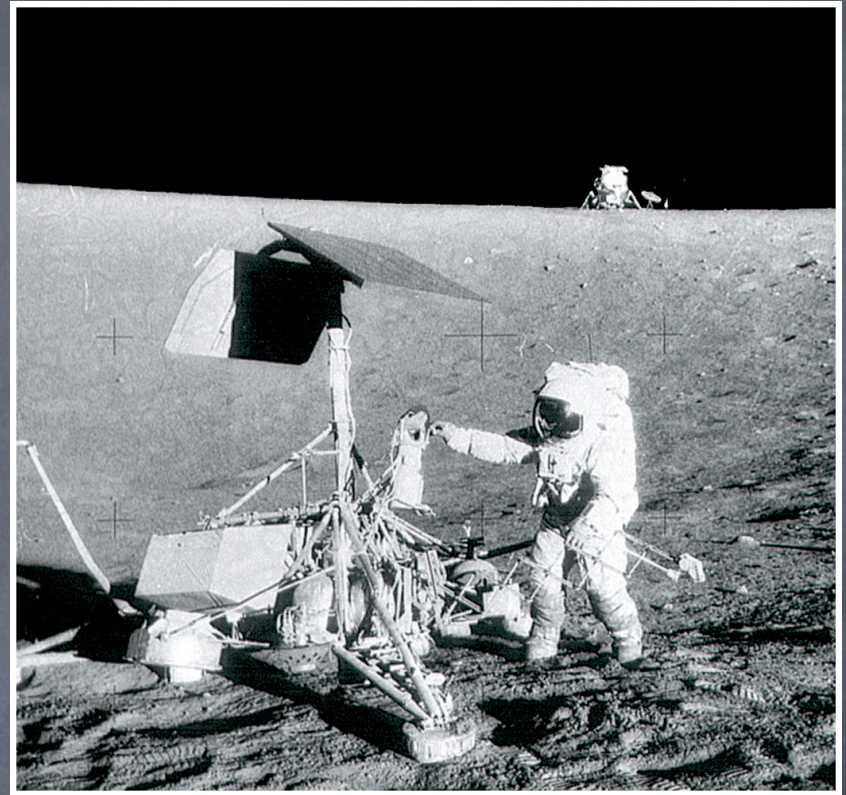
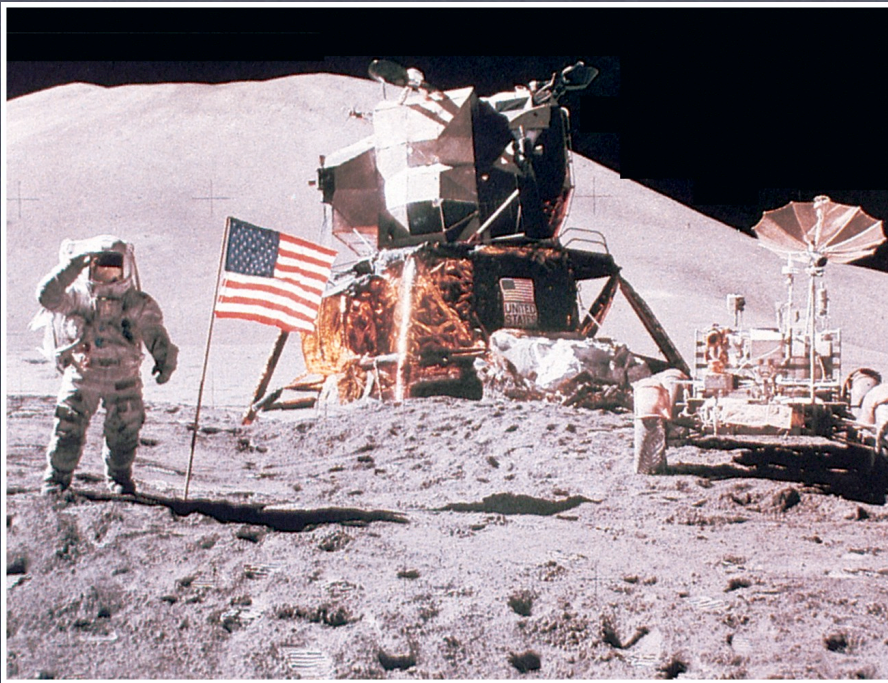
- Jordens kärna (yttre och inre) består nästan uteslutande av järn blandat med viss del nickel
- Manteln består av järn-rika mineraler
- Både temperatur och tryck ökar stadigt med djupet



Region	Depth below surface (km)	Distance from center (km)	Average density (kg/m ³)
Crust (solid)	0–5 (under oceans) 0–35 (under continents)	6343–6378	3500
Mantle (solid)	from bottom of crust to 2900	3500–6343	3500–5500
Outer core (liquid)	2900–5100	1300–3500	10,000–12,000
Inner core (solid)	5100–6400	0–1300	13,000

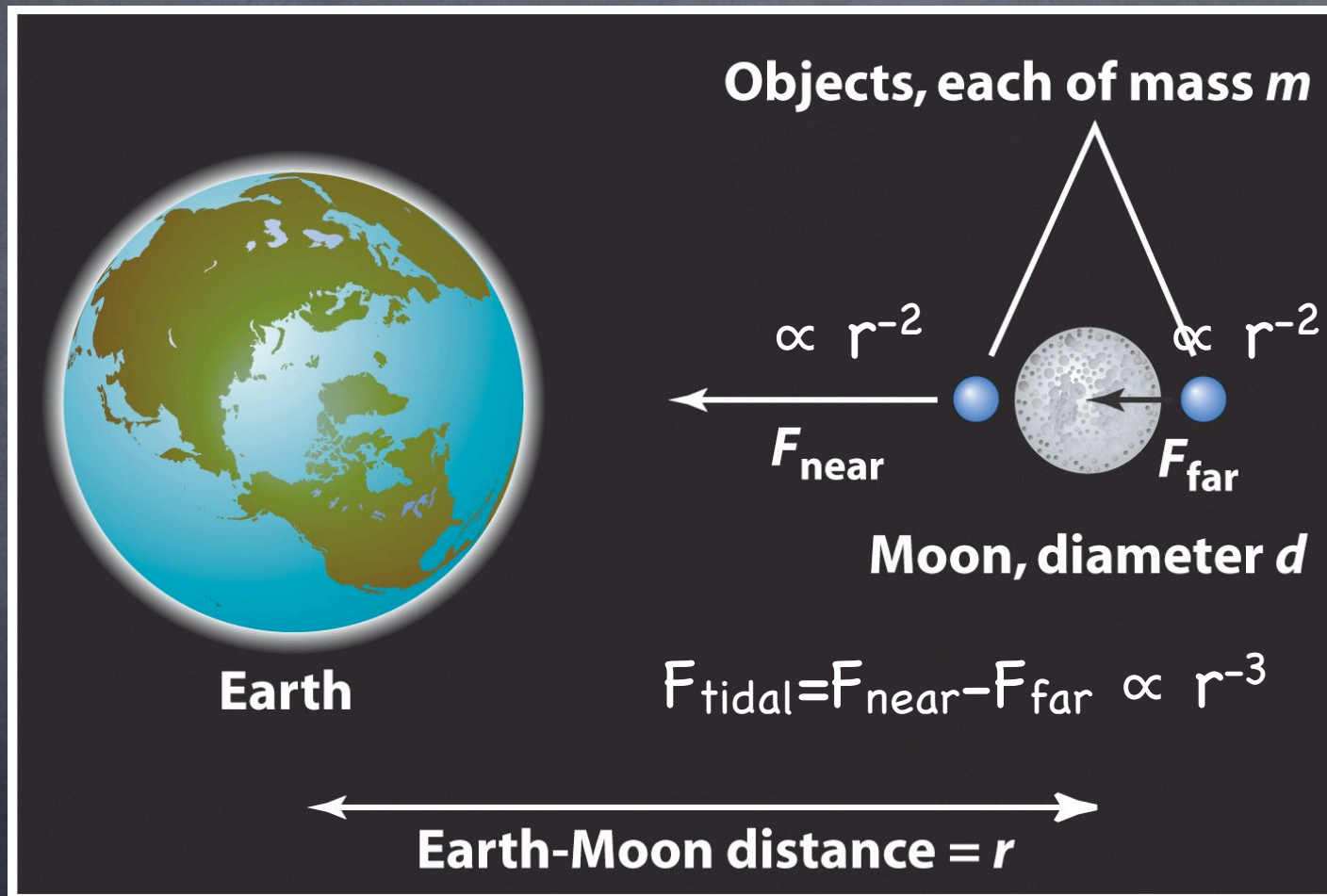
Månen



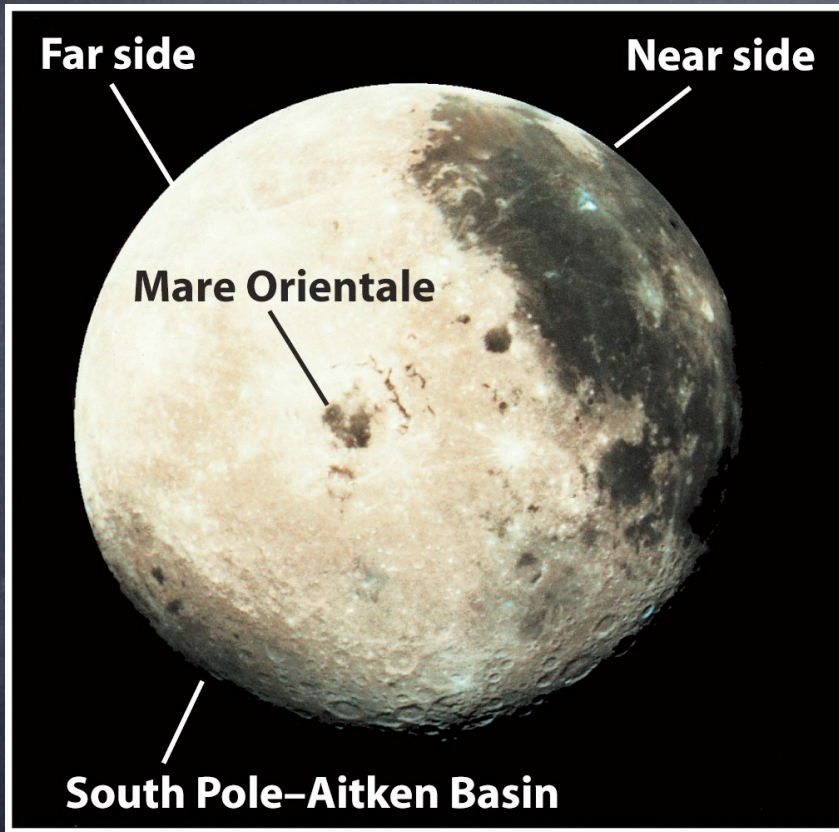


Mycket av vår kunskap om månen kommer från resor dit på 60 och 70-talen och obemannade rymdsoder på senare tid

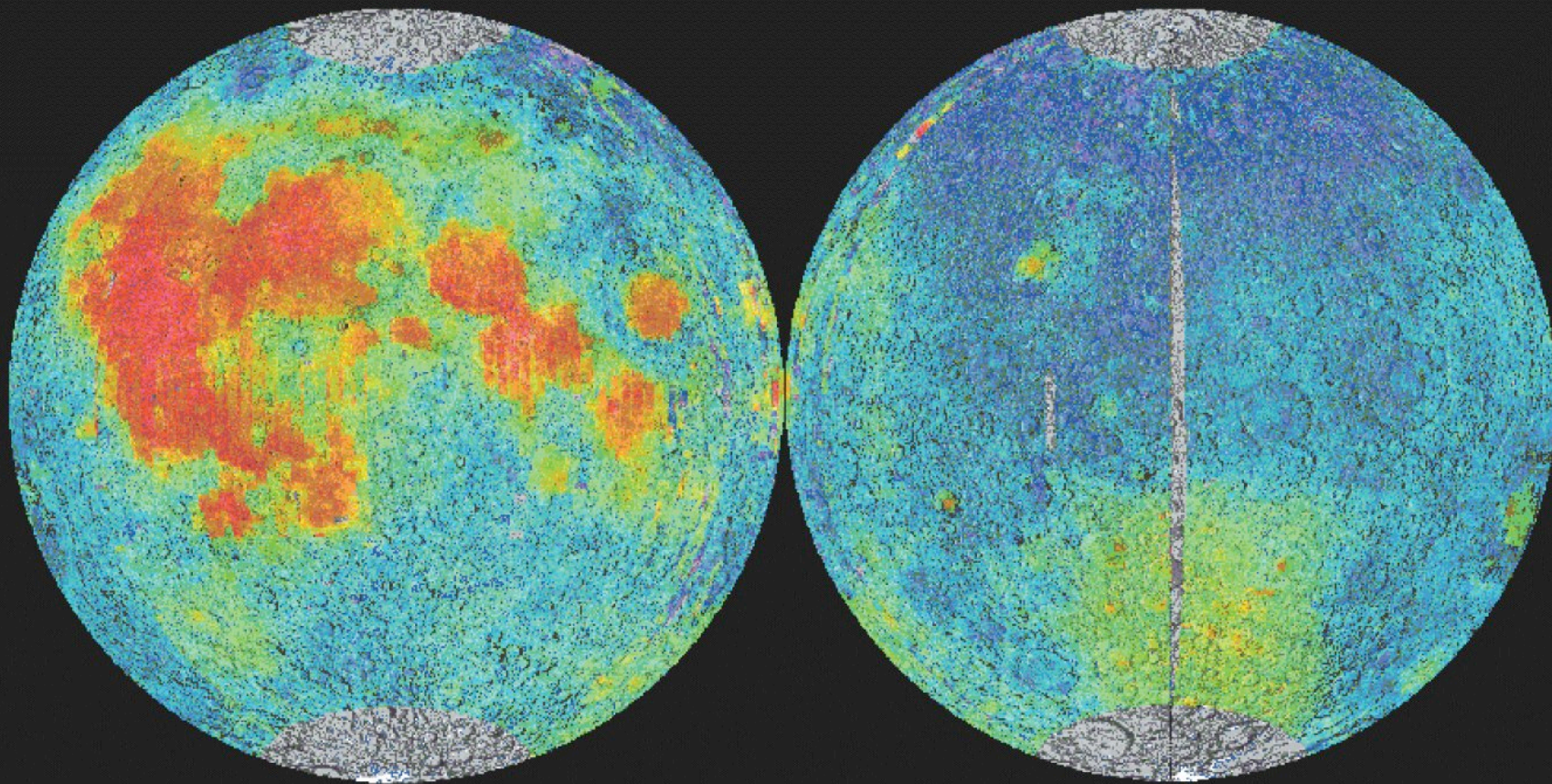
Tidvatteneffekten mellan jorden och månen saktar in jordens rotation och flyttar månen längre från jorden



Pga tidvatteneffekten vänder månen alltid
samma sida åt jorden



- Sidan av månen som vänder mot jorden har vidsträckta mörka områden "hav"
- Månens baksida har ytterst få



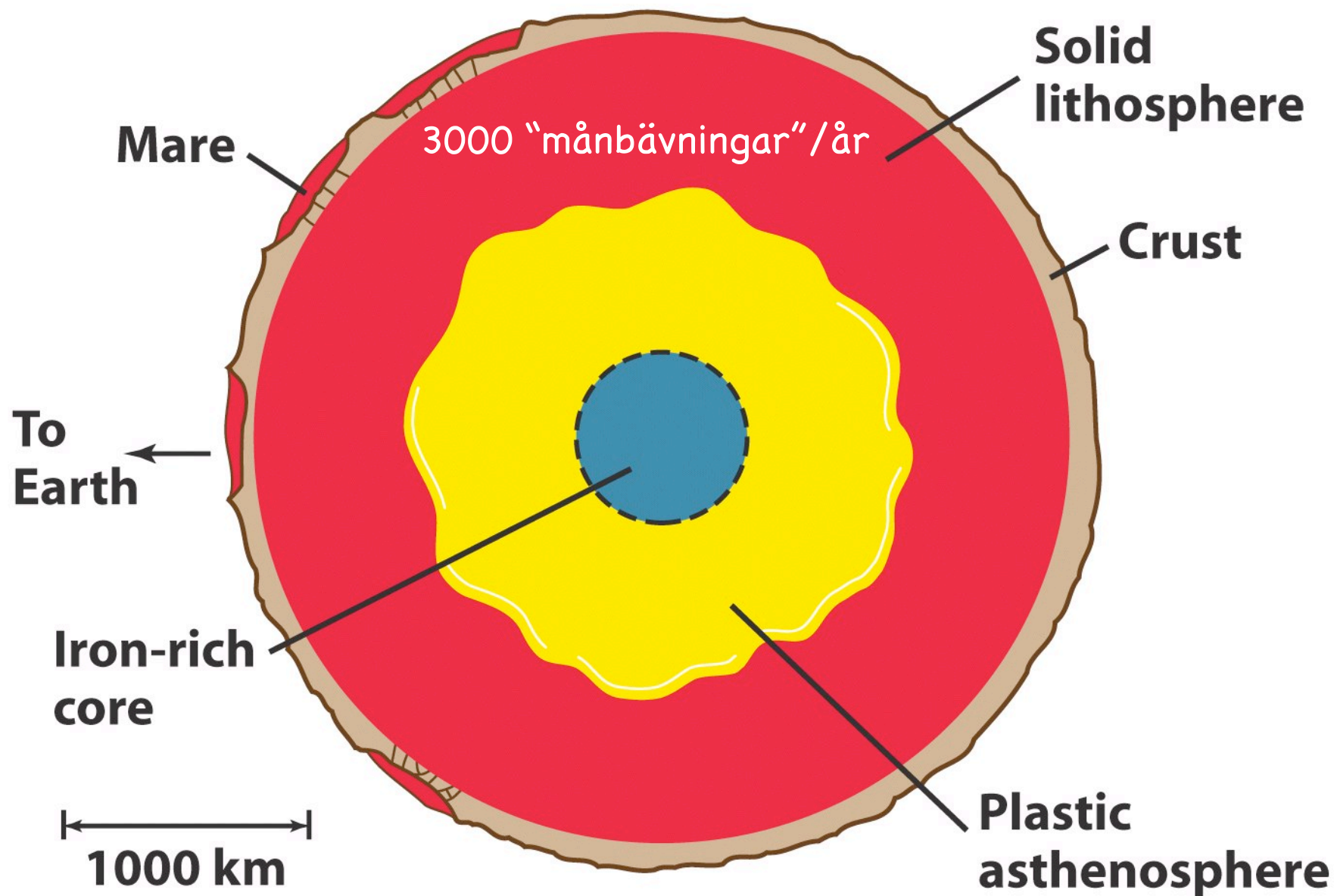
Near side



Far side

**Iron content
(percentage by weight)**

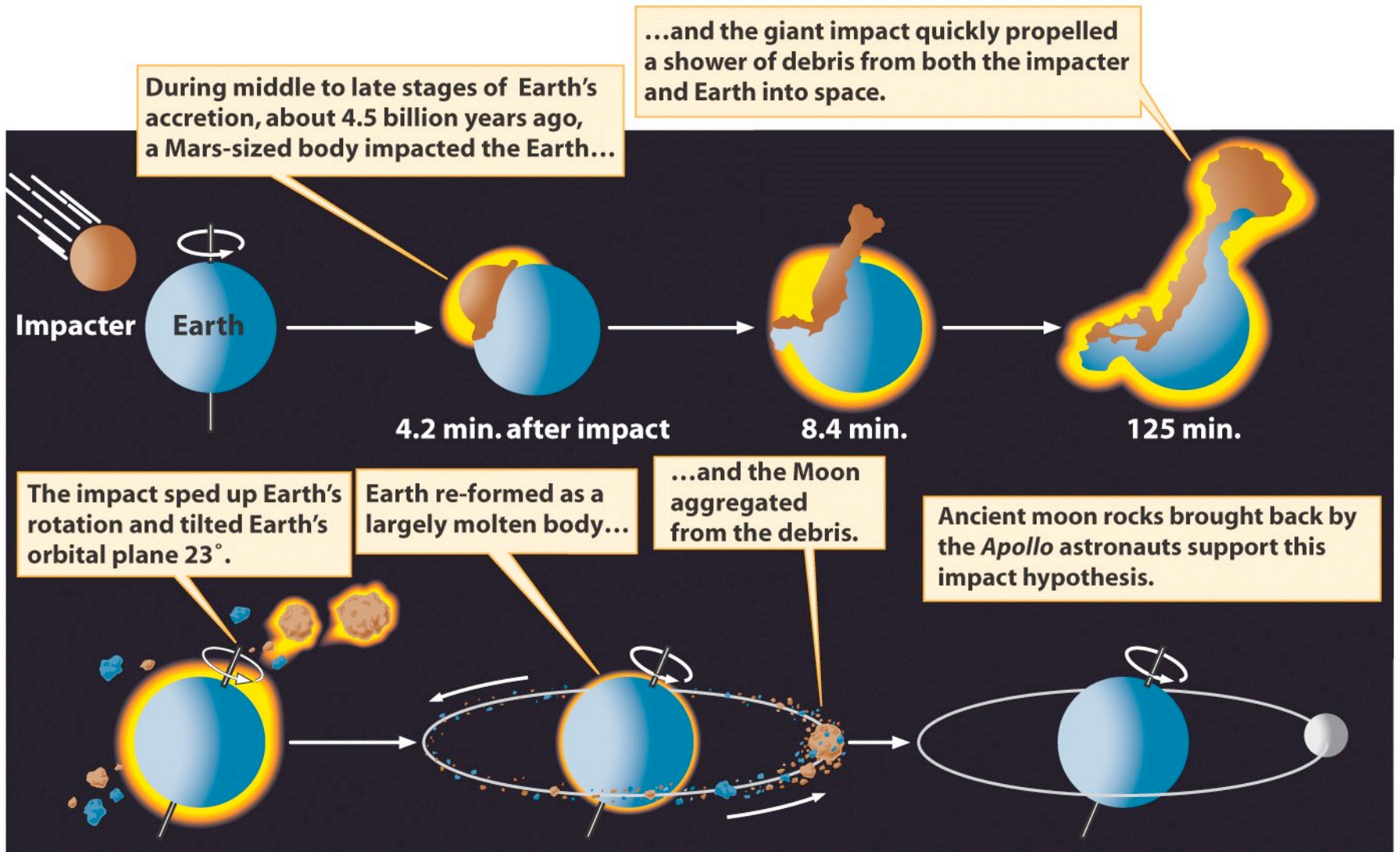
Månen har inget globalt magnetfält men en liten järnrik kärna under en tjock mantel



- Månen har bara en "kontinental" platta.
Geologiskt död
- Dock ca 3000 månbävningar per år (jfr jorden ca 200000). 0.5–1.5 på Richterskalan
- Fler månbävningar då månen är närmre i sin något elliptiska bana kring jorden
- Tivatteneffekten ca 2ggr höre då (box 10-1)

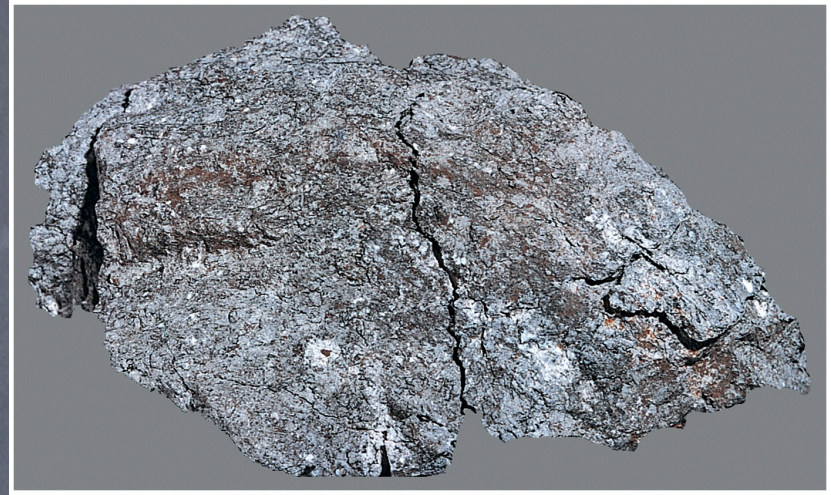
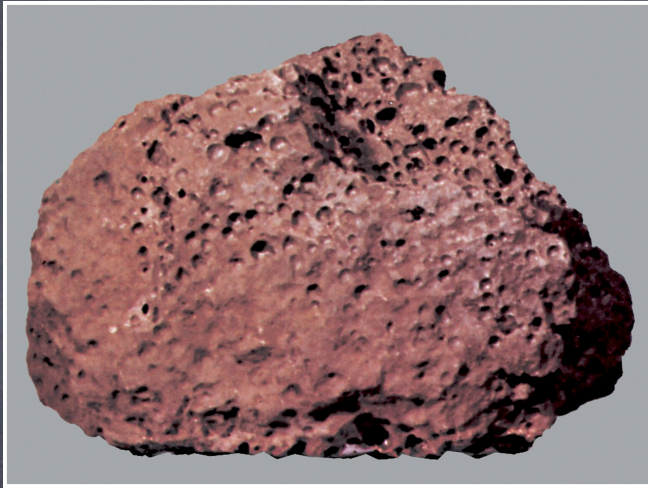
Månens ursprung – kollisionsteorin

- Teorin baseras på att proto-jorden kolliderade med en annan proto-planeta av mars storlek och att rester från denna kollision skapade slutligen månen
- Denna teori förklarar de flesta av månens egenskaper



Alla stenar från månen består till största delen av mineral som finns sten på jorden

Mare basalt



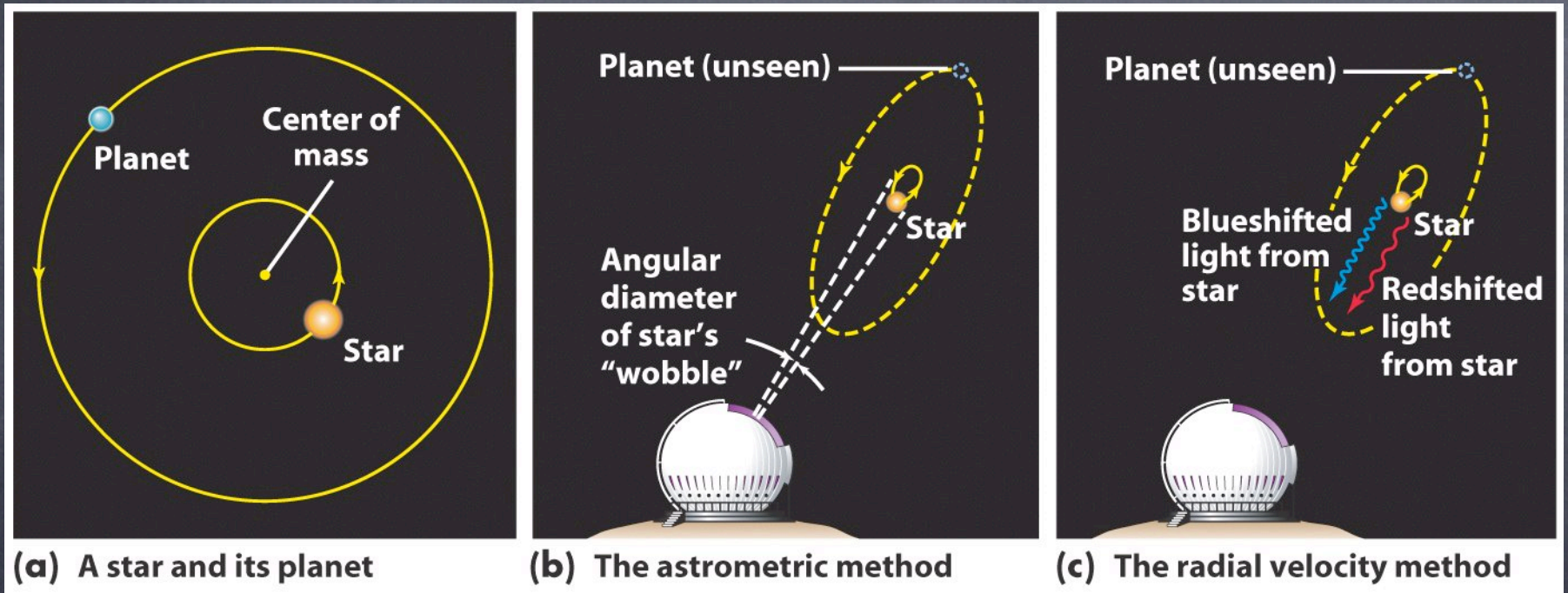
Highlands anorthosite

- Dock innehåller de inget vatten



Impact breccia

Sökandet efter extrasolära planeter



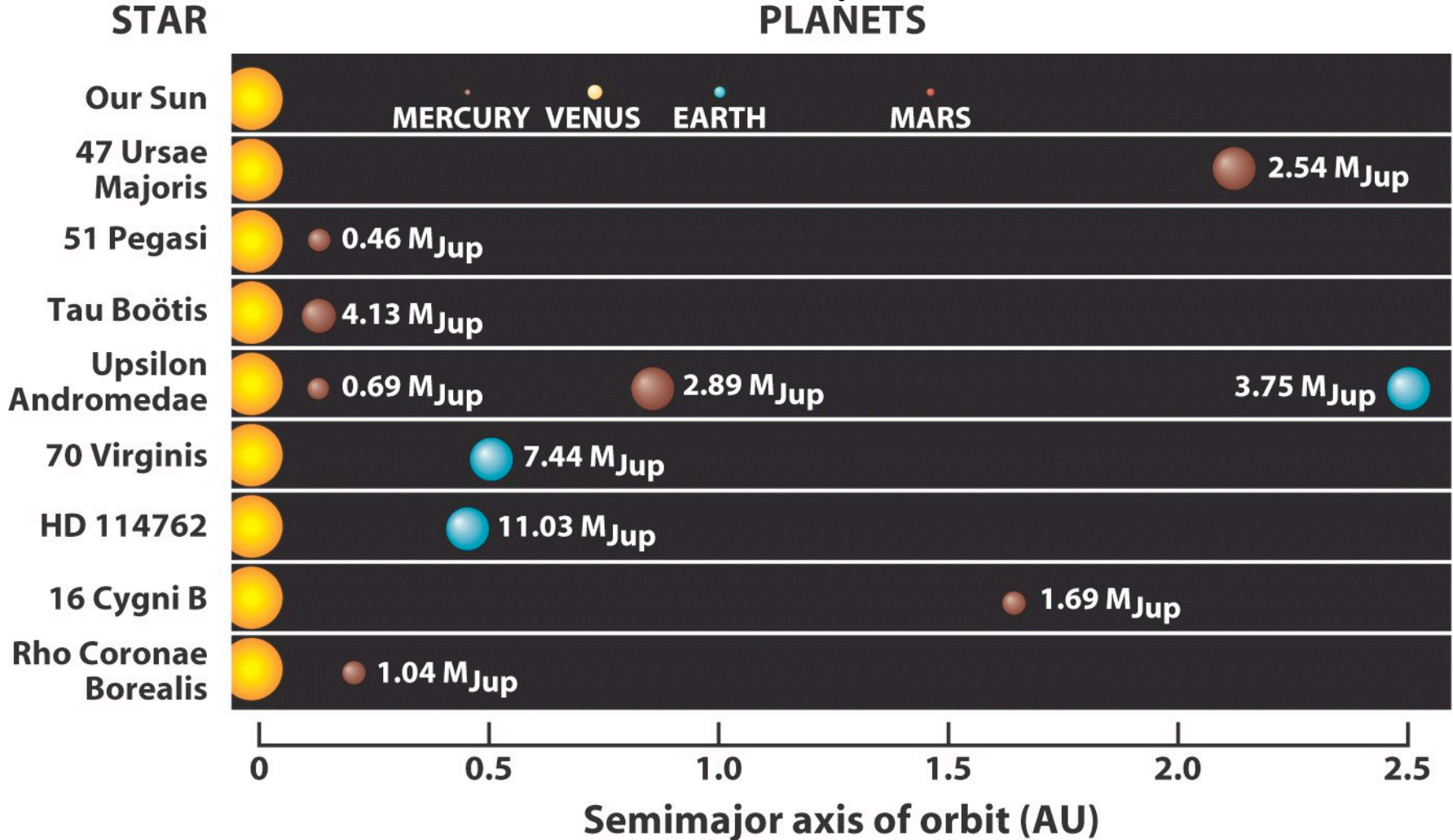
- Själva planeterna är ej direkt synbara; deras närvaro härleds från rörelse hos stjärnan som de kretsar kring

5 December 2005

- 146 kända planetsystem
- 170 planeter
- 18 multipla planetsystem

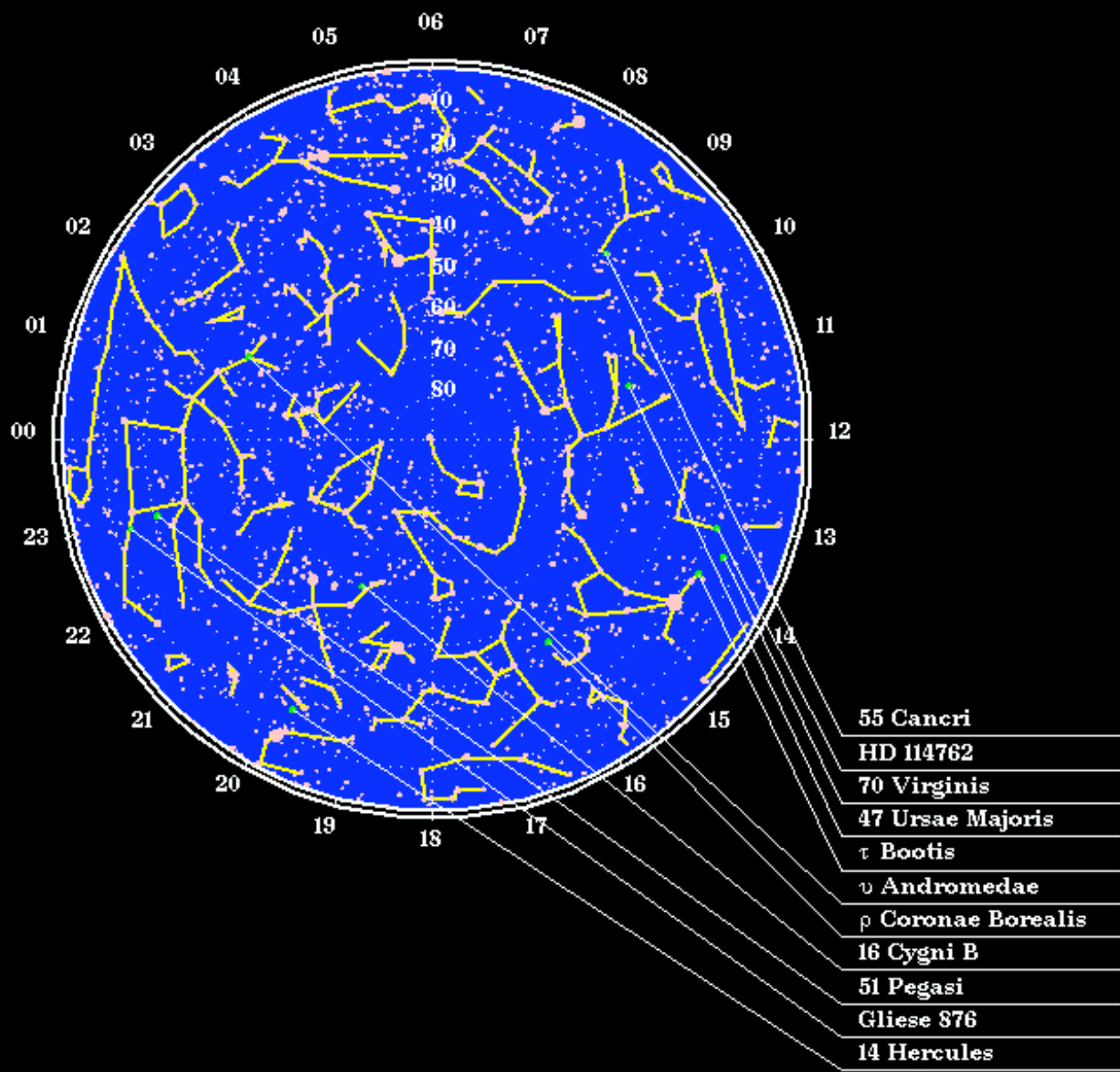
www.obspm.fr/planets/

Extrasolära planeter

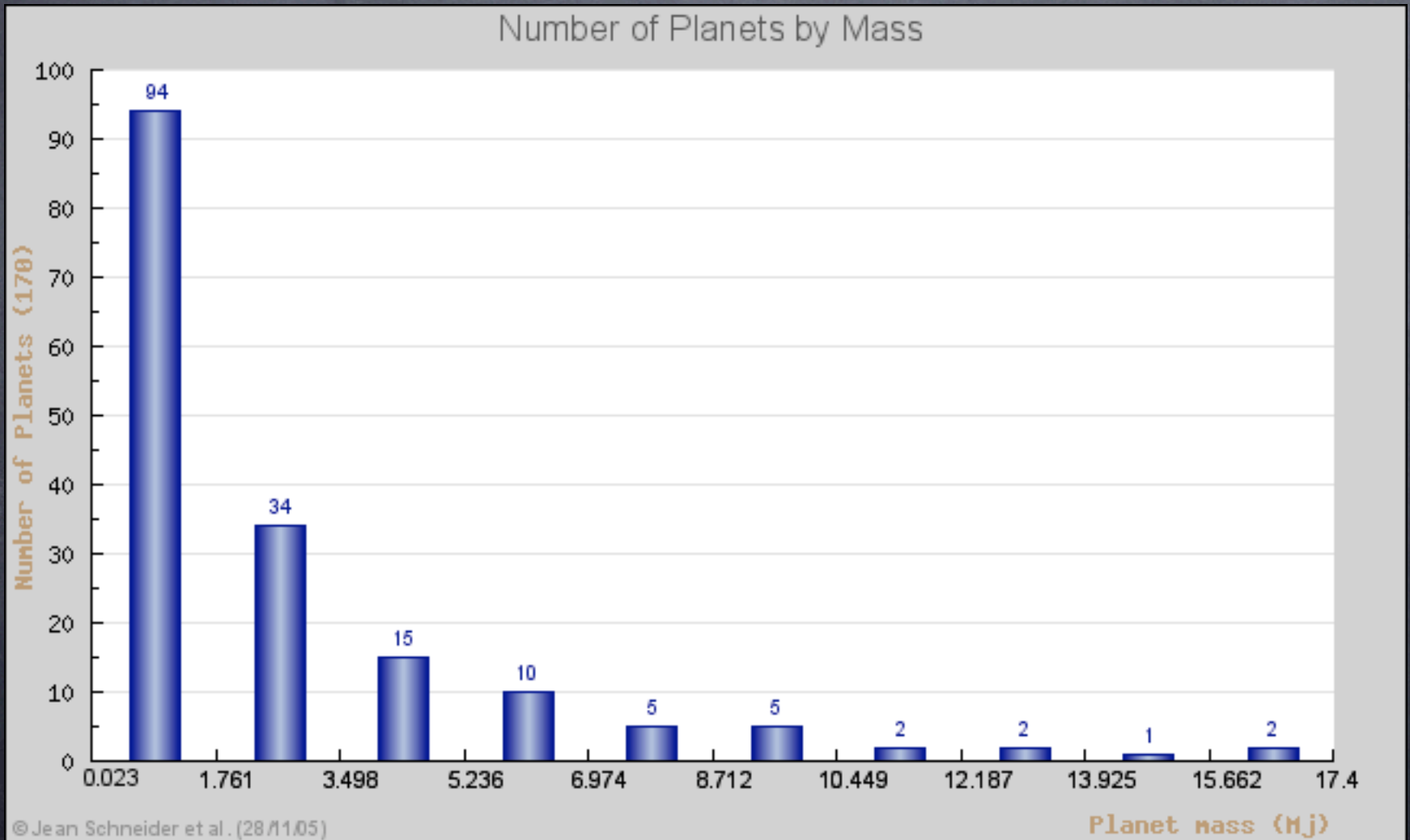


De flesta extrasolära planeter som hittills upptäckts har relativt hög massa och har banor som skiljer sig markant från planeter i vårt eget solsystem

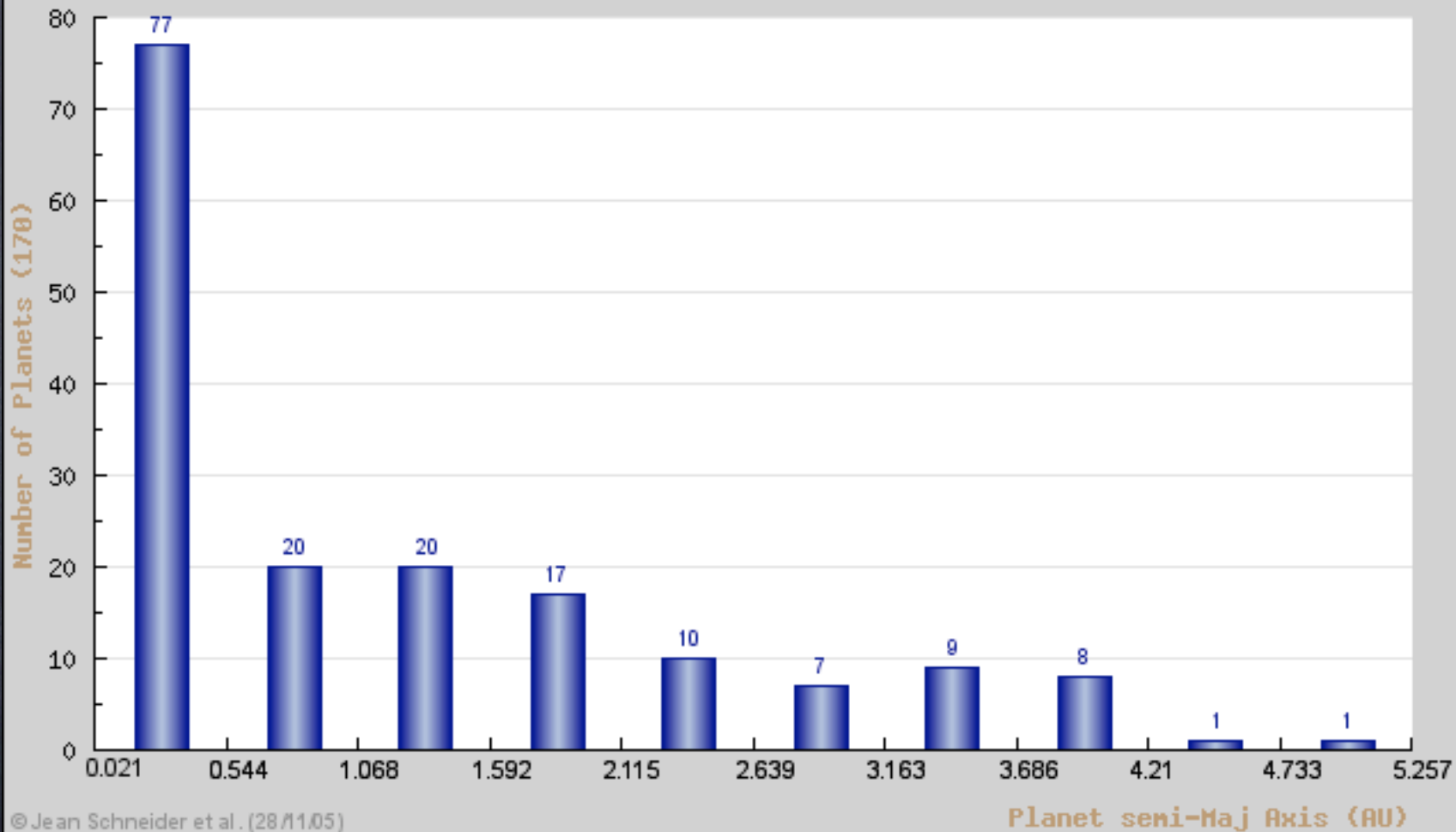
They are everywhere!

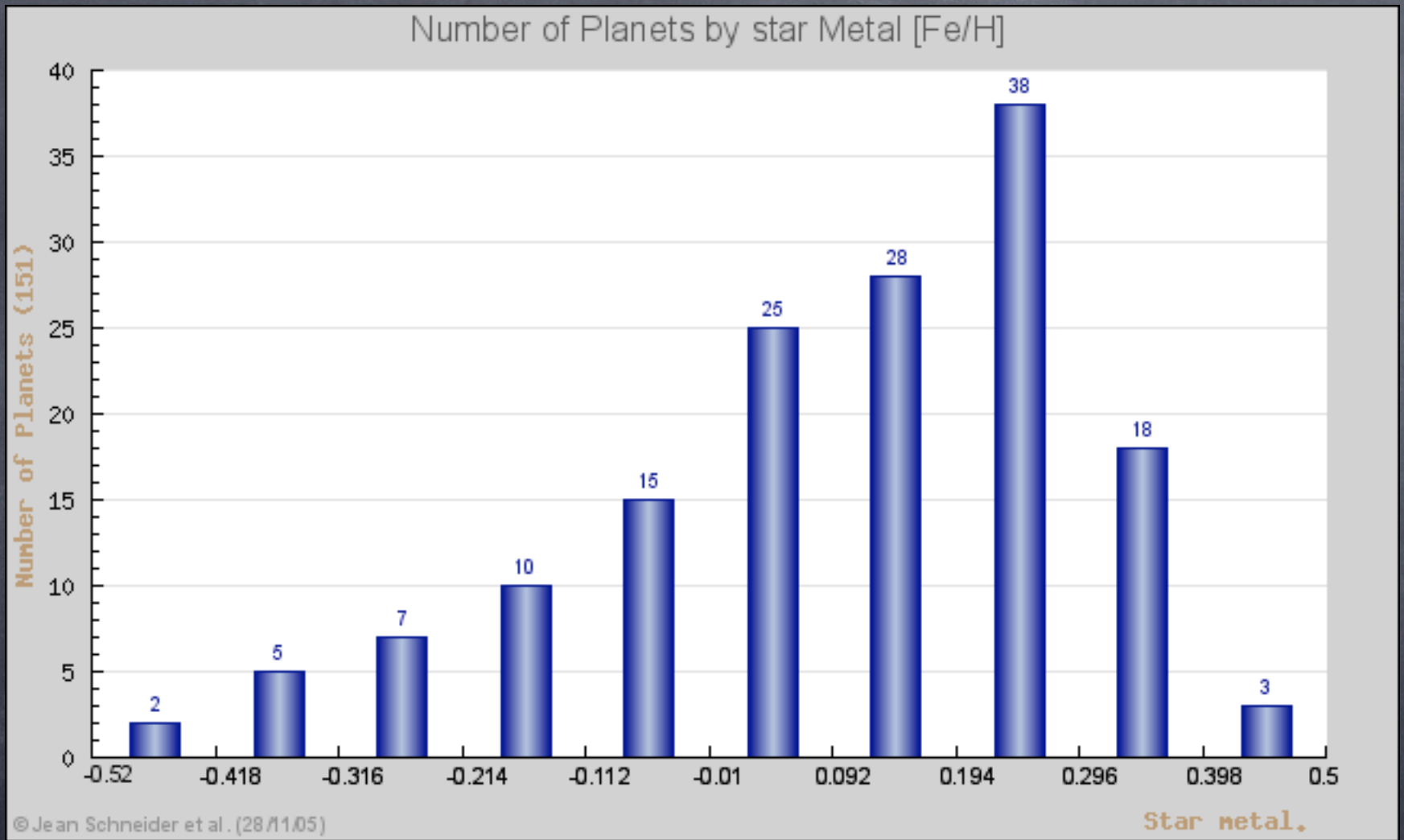


Statistik



Number of Planets by semi-Maj Axis





Ger stöd åt planetesimal teorin

Astronomical image showing the Gliese 229 system. The primary star, Gliese 229, is a bright yellow-white star on the left. A brown dwarf companion is visible as a smaller, reddish-orange object to the right. A diagonal streak of light, likely a comet or asteroid, crosses the lower portion of the image. Labels with white lines point to the star and the brown dwarf.

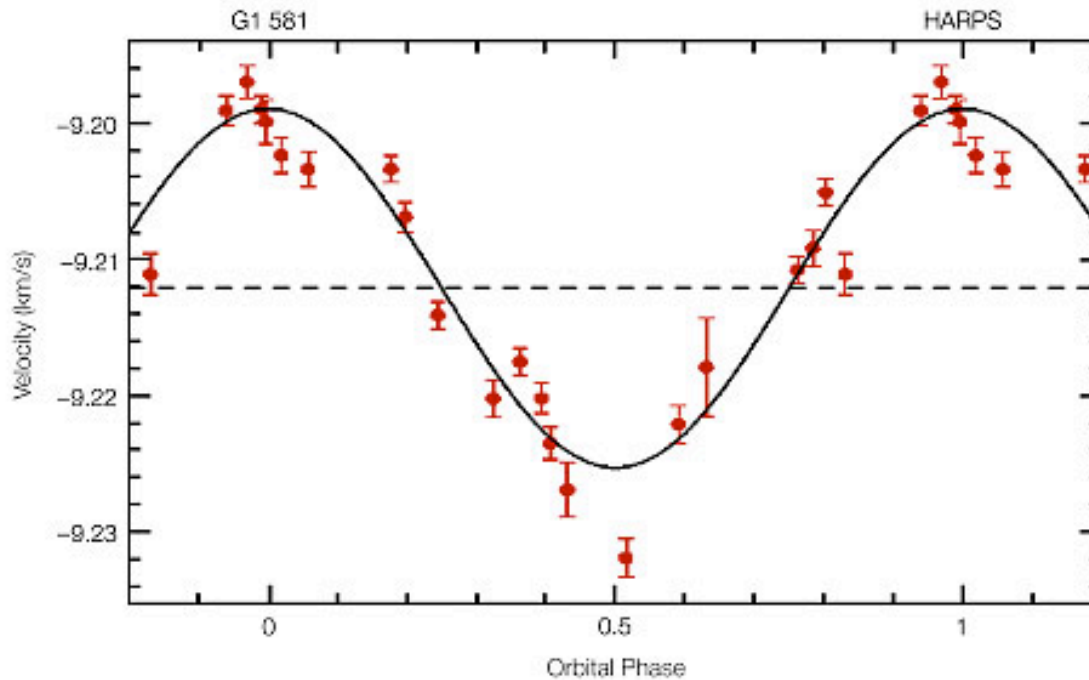
Gliese 229

Brown dwarf

$a = 32 \text{ AU}$

$M = 30 - 55 M_{\text{jup}}$

“The dwarf that carries a world” (ESO press release 30 November 2005)



Radial Velocity Curve of Gliese 581
(HARPS/3.6-m)

Gl 581

D=20.5 ly

M=1/3M_{sol}

L=1/50L_{sol}

vanligaste typen av
stjärna i vår galax

Har minst en planet:

$M_p=17M_{\text{jord}}=M_{\text{nep}}$

P=5.366 dagar

$\Delta v=13.2\text{m/s}=47.5\text{km/h}$

detta är den minsta
planet som hittills

hittats utanför

solsystemet



Liv i
universum

De kemiska byggstenarna för liv finns överallt i rymden

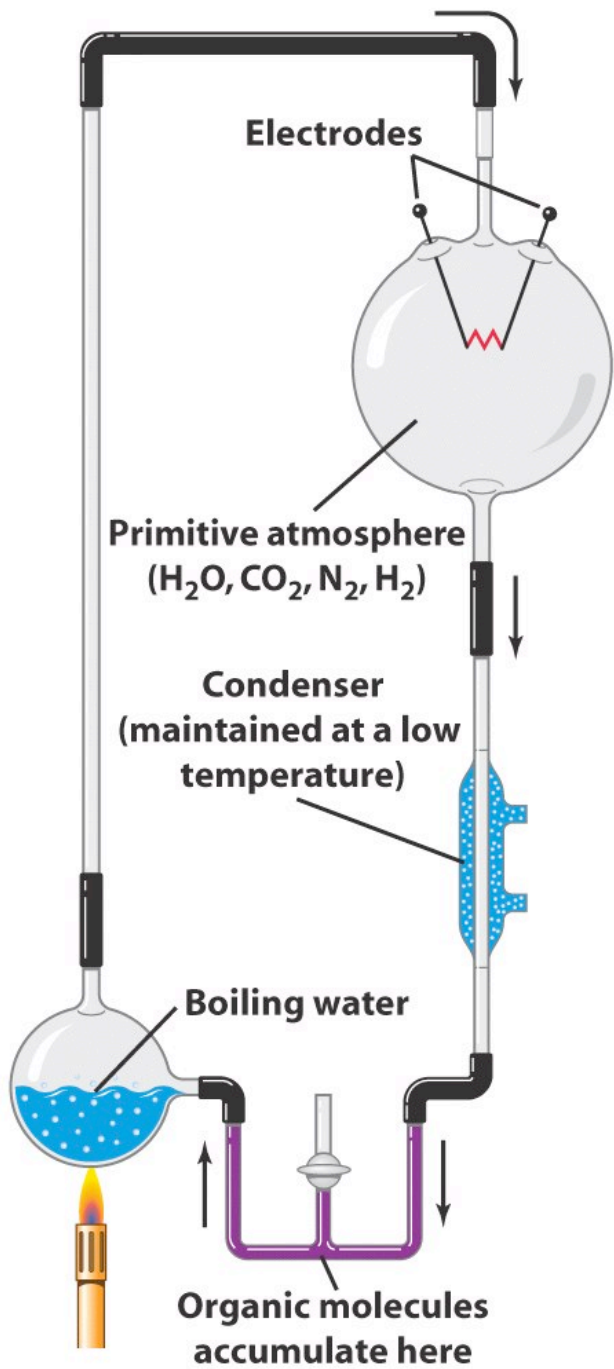


- Det liv vi känner till beror på organiska (kol-baserade) molekyler
- Dessa molekyler förekommer naturligt i den interstellära rymden
- De organiska molekyler som krävs för liv härstammar troligen från kometer och meteoroider som kolliderade med den unga jorden

Molekyler i stjärnvindar från döende röda jättestjärnor

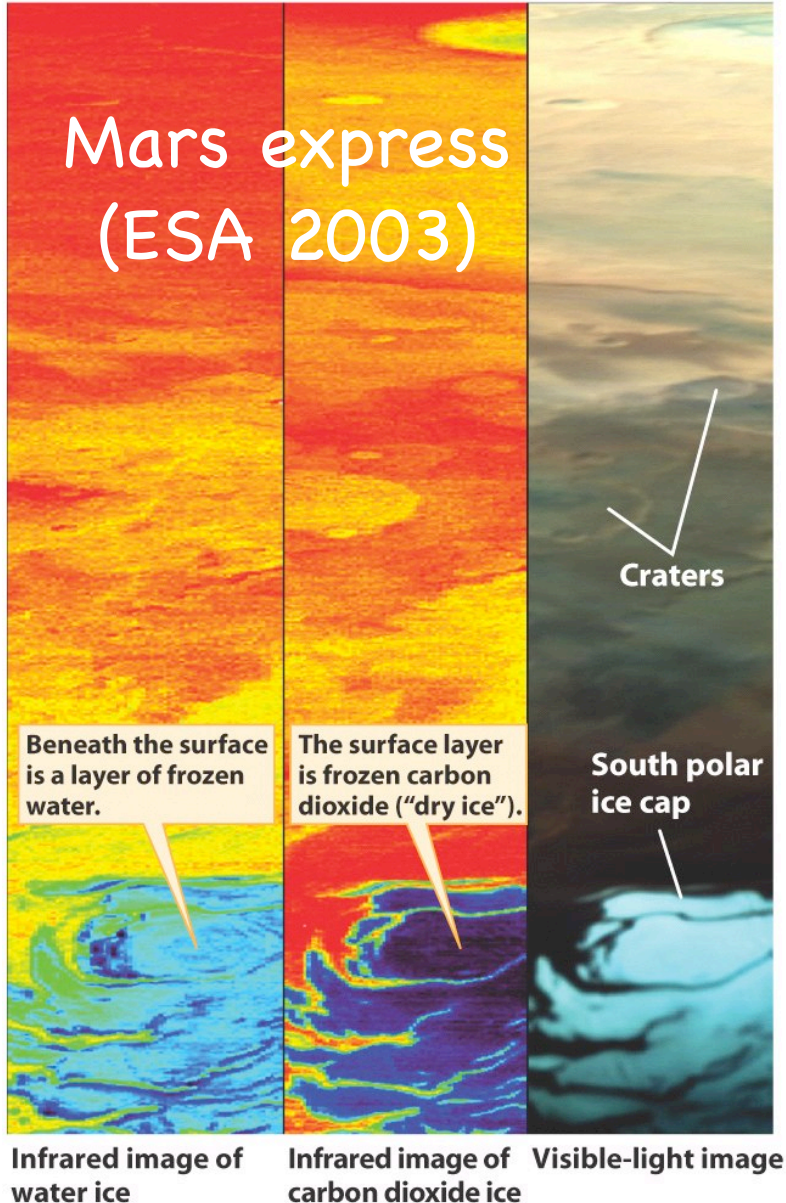
Table 1: Molecules detected in AGB CSEs in order of increasing number of atoms. The (rough) number of sources detected in each species is given (Σ), as well as abundances with respect to H_2 (O: $\text{C}/\text{O} < 1$; C: $\text{C}/\text{O} > 1$; $k(l) = k \times 10^l$)

no. of atoms	Molecule	Σ	Chem.		Molecule	Σ	Chem.	
			O	C			O	C
2	AlCl	1		1(-7)	NaCl	1		1(-9)
	AlF	1		4(-8)	OH	2000	2(-4)	4(-8)
	C ₂	1		2(-6)	PN	1		?
	CO	600	5(-4)	1(-3)	SiC	2		4(-8)
	CN	40	2(-7)	5(-6)	SiN	1		2(-8)
	CP	1		2(-8)	SiO	500	5(-6)	1(-7)
	CS	35	1(-7)	1(-6)	SiS	20	7(-7)	2(-6)
	KCl	1		2(-9)	SO	20	2(-6)	
3	AlNC	1		1(-9)	HNC	15	1(-7)	1(-7)
	C ₃	1		1(-6)	MgCN	1		1(-9)
	C ₂ H	20		4(-6)	MgNC	1		2(-8)
	C ₂ S	5		1(-6)	NaCN	1		2(-8)
	CO ₂	15	3(-7)		SiC ₂	5		3(-7)
	HCN	120	4(-6)	2(-5)	SiCN	1		4(-9)
	H ₂ O	300	3(-4)	1(-6)	SiNC	1		4(-9)
	H ₂ S	20	1(-5)		SO ₂	15	2(-6)	
4	<i>l</i> -C ₃ H	2		4(-8)	HC ₂ N	1		8(-9)
	C ₃ N	5		3(-7)	H ₂ CO	1		1(-8)
	C ₃ S	1		3(-8)	NH ₃	5	4(-6)	1(-7)
	C ₂ H ₂	7		5(-5)	SiC ₃	1		3(-9)
5	C ₅	1		1(-7)	HC ₃ N	10		1(-6)
	C ₄ H	5		3(-6)	HC ₂ NC	1		2(-9)
	C ₄ Si	1		3(-9)	H ₂ C ₃	1		2(-9)
	c-C ₃ H ₂	5		3(-8)	SiH ₄	1		2(-7)
	CH ₄	1		4(-6)				
6	C ₅ H	1		6(-8)	CH ₃ CN	5		3(-9)
	C ₅ N	1		9(-9)	HC ₄ N	1		1(-9)
	C ₂ H ₄	1		1(-8)	H ₂ C ₄	1		5(-9)
≥7	C ₆ H	1		8(-8)	HC ₇ N	2		4(-8)
	C ₇ H	1		3(-9)	HC ₉ N	1		1(-8)
	C ₈ H	1		1(-8)	H ₂ C ₆	1		?
	HC ₅ N	5		2(-7)				
Ions:	HCO ⁺	2		1(-9)				



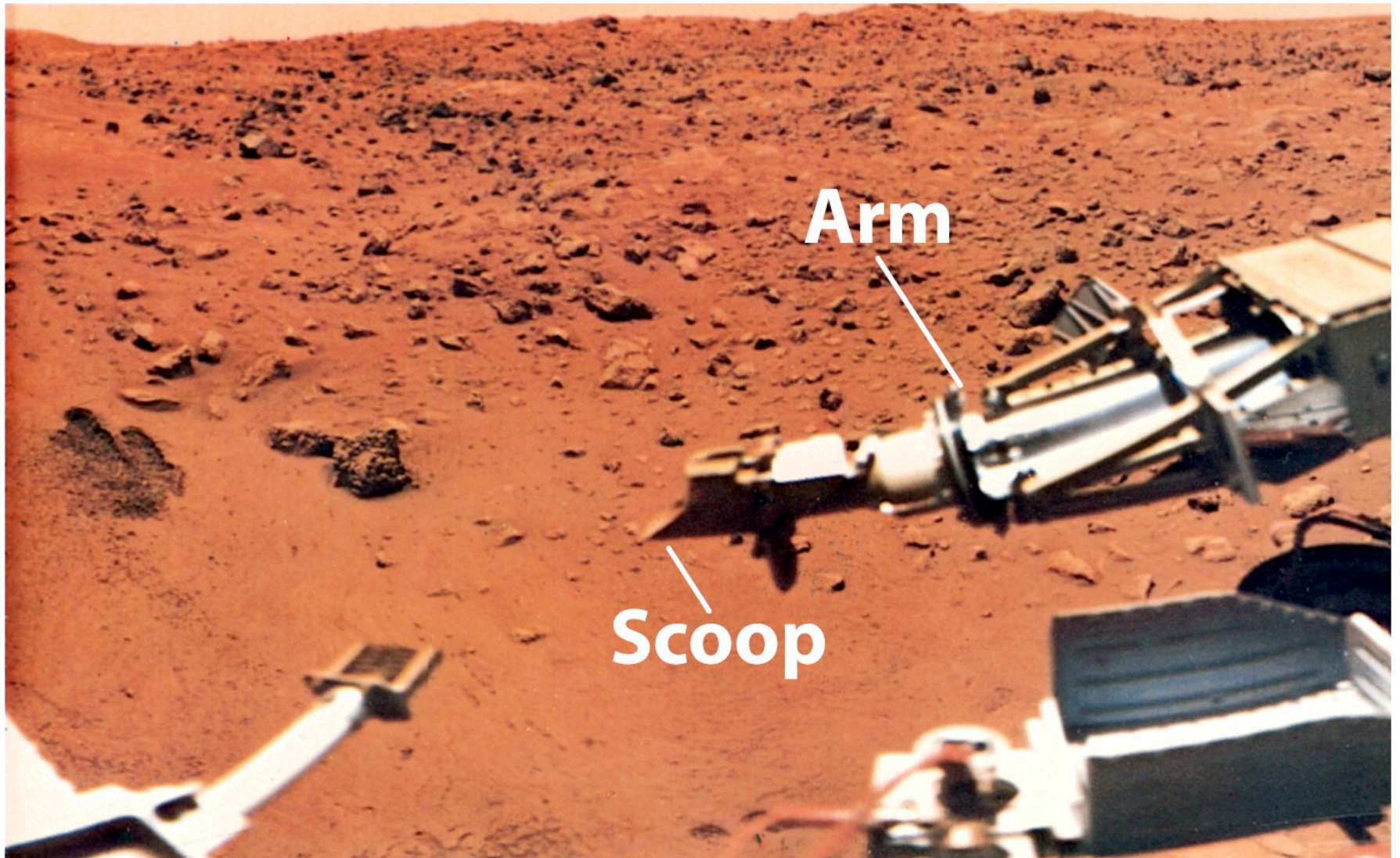
- En annan möjlighet är att organiska molekyler skapades i den tidiga jordens primitiva atmosfär
- Liknande processer kan förekomma på andra världar

Europa och Mars har (haft) potential för liv



- Förutom jorden har bara två andra världar i solsystemet haft möjlighet för liv att bildas: Mars och Europa
- Mars hade en gång i tiden flytande vatten på sin yta
- Europa verkar ha stora mängder flytande vatten under dess yta

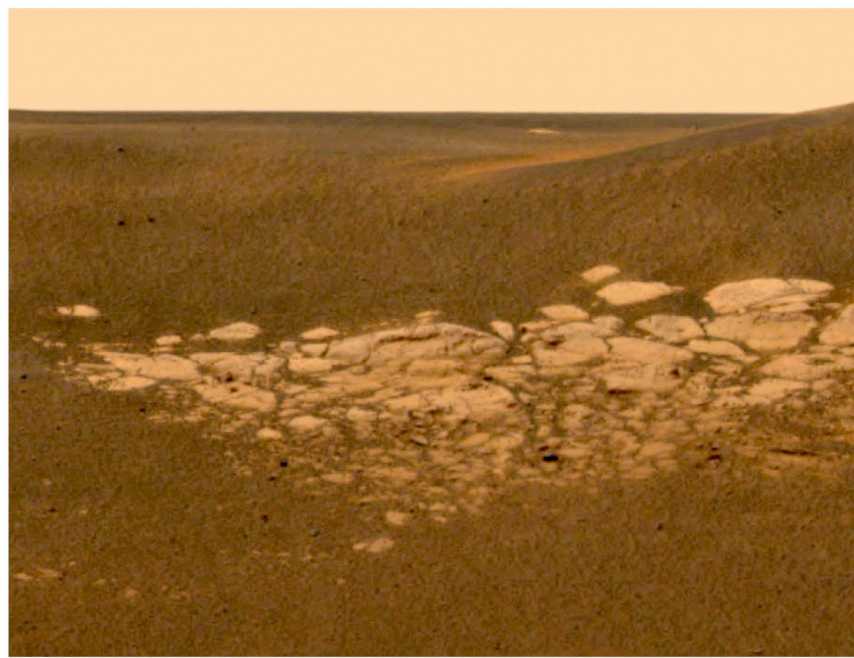
Viking landarna letade efter mikroorganismer på Mars yta men fann inga bindande bevis på deras existens



Landningar på Mars år 2004 i områden som en gång var täckta med vatten



Spirit landing site in Gusev Crater



Opportunity landing site in Meridiani Planum

- Beagle 2 skulle utföra biologiska experiment men landningen misslyckades
- Åter 2007?

Meteoriter från mars har studerats ingående efter tecken på livsformer



- I en sådan sten från mars tror man sig ha funnit bevis att mikroorganismer en gång funnits på Mars
- Ytterligare exemplar av sådana meteorider behövs för att styrka detta

Drakes ekvation ger en grov uppskattning av hur många civilisationer som kan tänkas finnas i Vintergatan

$$N = R_* f_p n_c f_l f_i f_c L$$

N=10 ???

N = number of technologically advanced civilizations in the Galaxy whose messages we might be able to detect

R_* = the rate at which solar-type stars form in the Galaxy

f_p = the fraction of stars that have planets

n_c = the number of planets per solar system that are Earthlike (that is, suitable for life)

f_l = the fraction of those Earthlike planets on which life actually arises

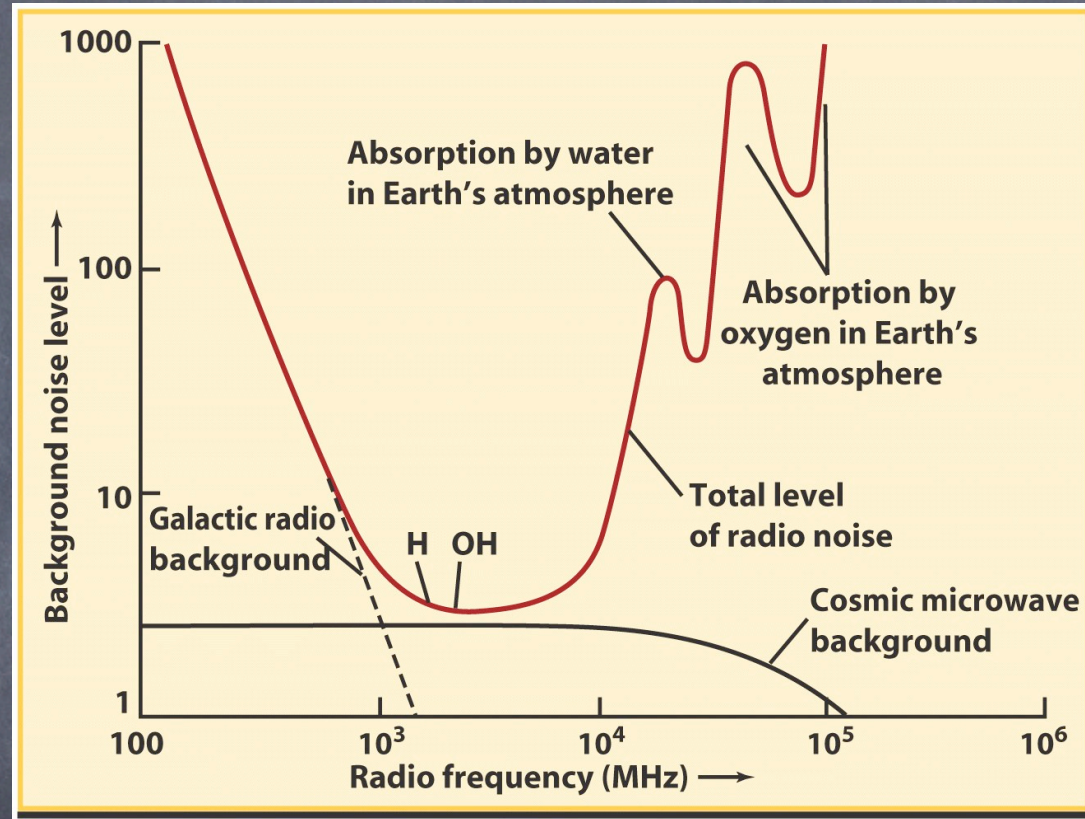
f_i = the fraction of those life-forms that evolve into intelligent species

f_c = the fraction of those species that develop adequate technology and then choose to send messages out into space

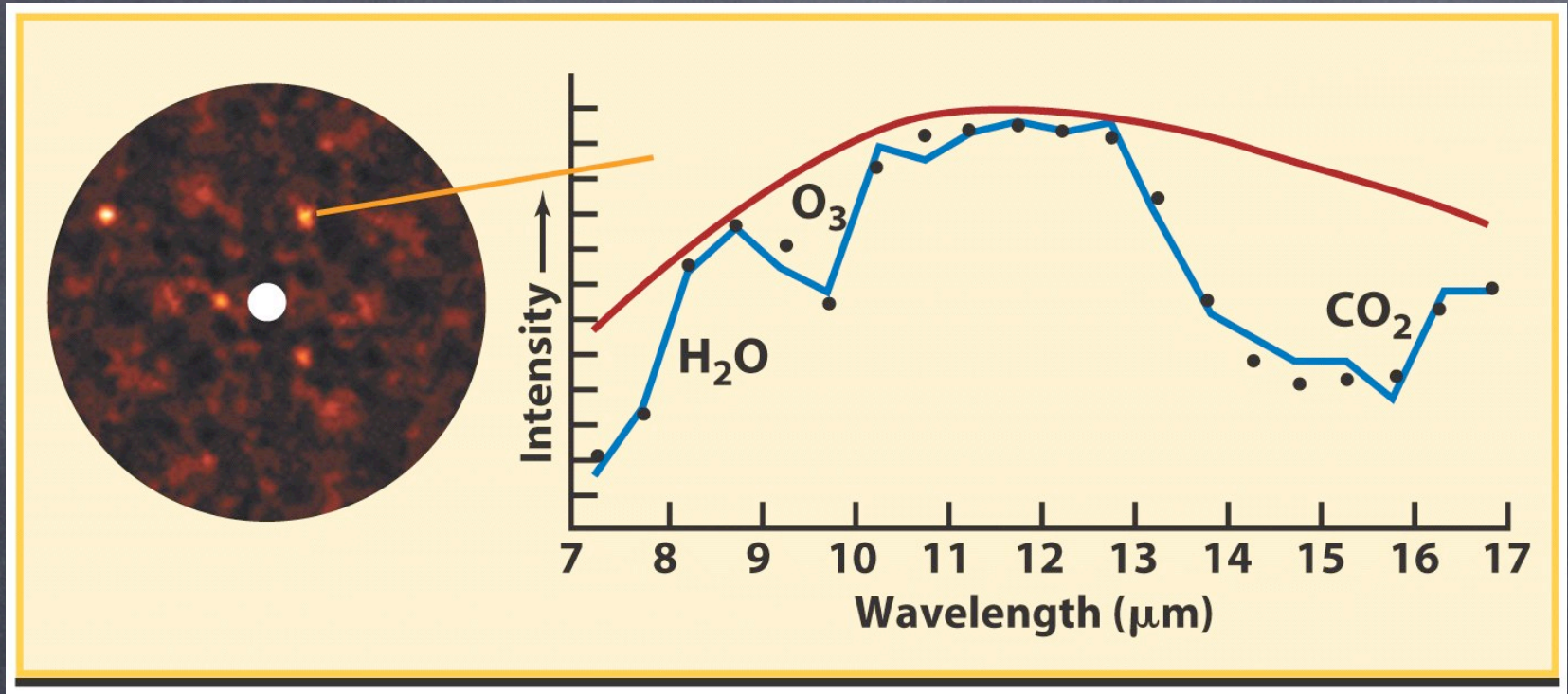
L = the lifetime of a technologically advanced civilization

Sökning i radio området är på gång efter utomjordiska civilisationer

- Inget tecken ännu men instrumentationen blir mer och mer känslig
- Mest fördelsaktigt att söka mellan 1000–10000 MHz
- Gäller detta även för andra civilisationer?



Infraröda teleskop plaserade i rymden kommer snart (?) söka efter jordliknande planeter



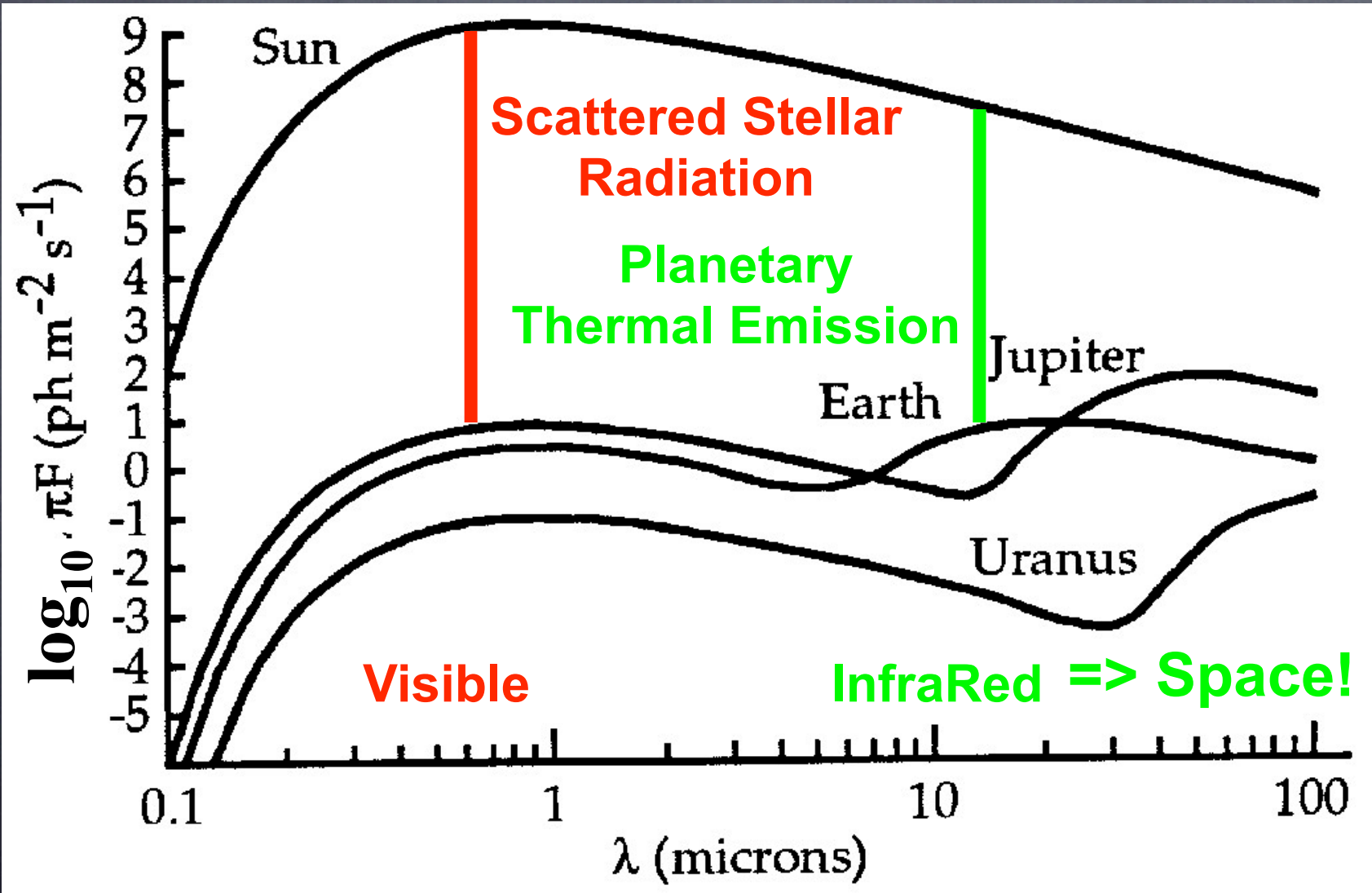
- Direkt detektion!
- Finns liv?

Darwin



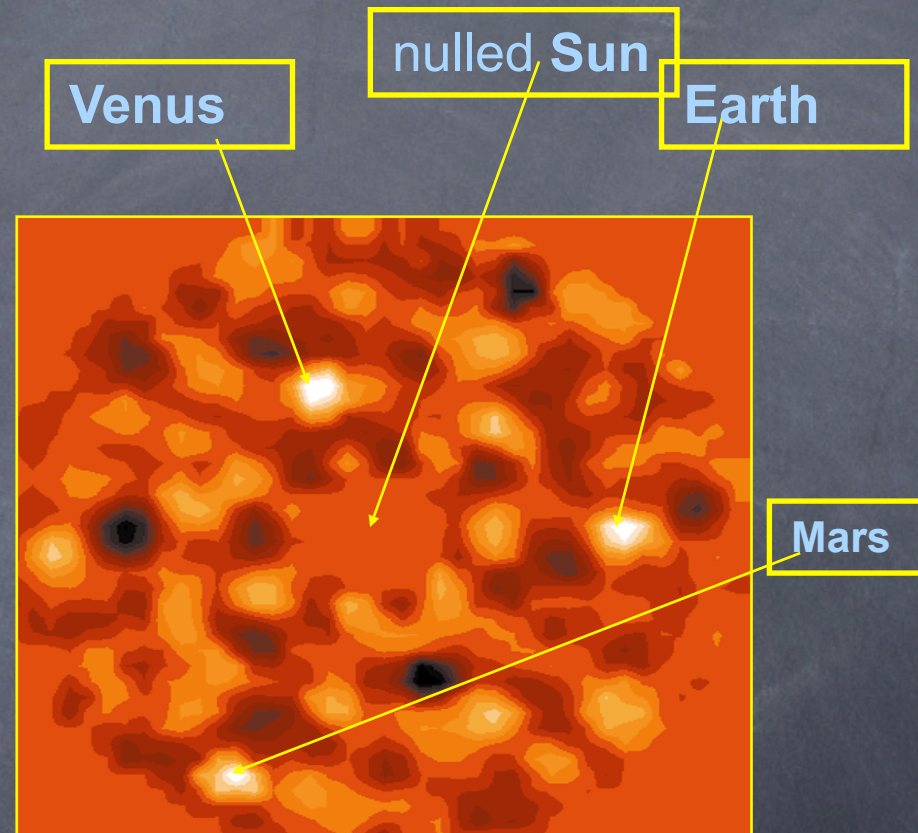
- Rymdteleskop (ESA, European Space Agency)
- 3st sammanlänkade 3m teleskop
- Leta efter jordliknande planeter och liv i dessa kring närläggna stjärnor
- Uppskjutning 2015??
- Terrestrial Planet Finder (NASA)

Varför IR?



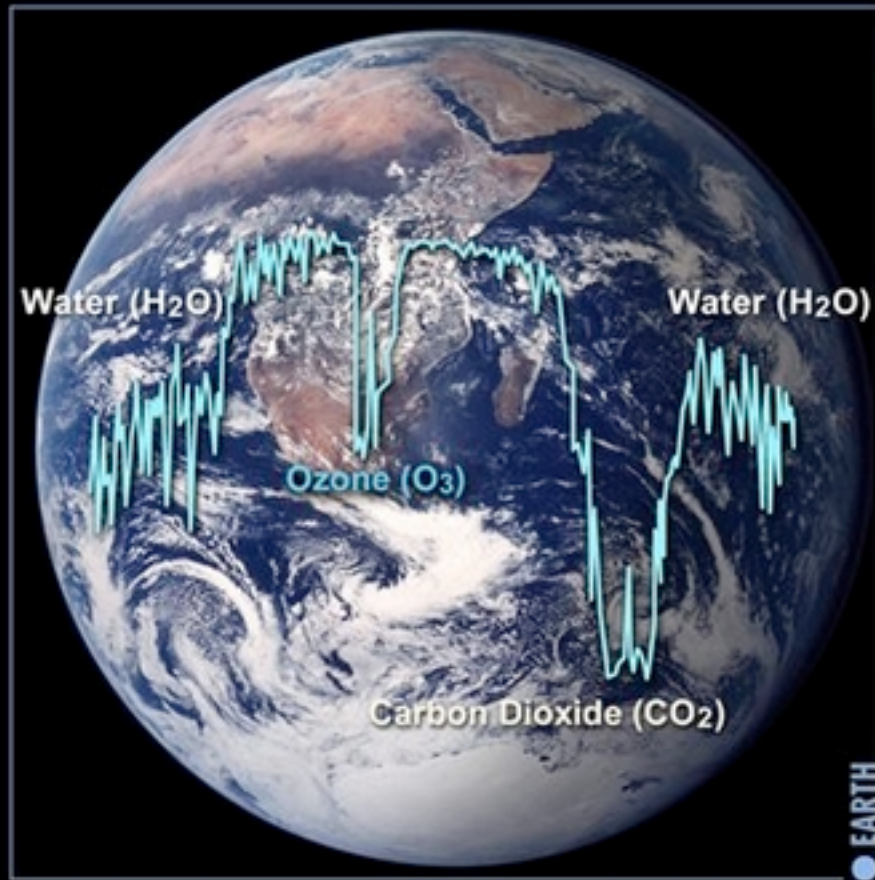
DARWIN
Simulation of Solar System
at 10 pc distance

Date: January 1, 2001
Ecliptic inclined by 30°



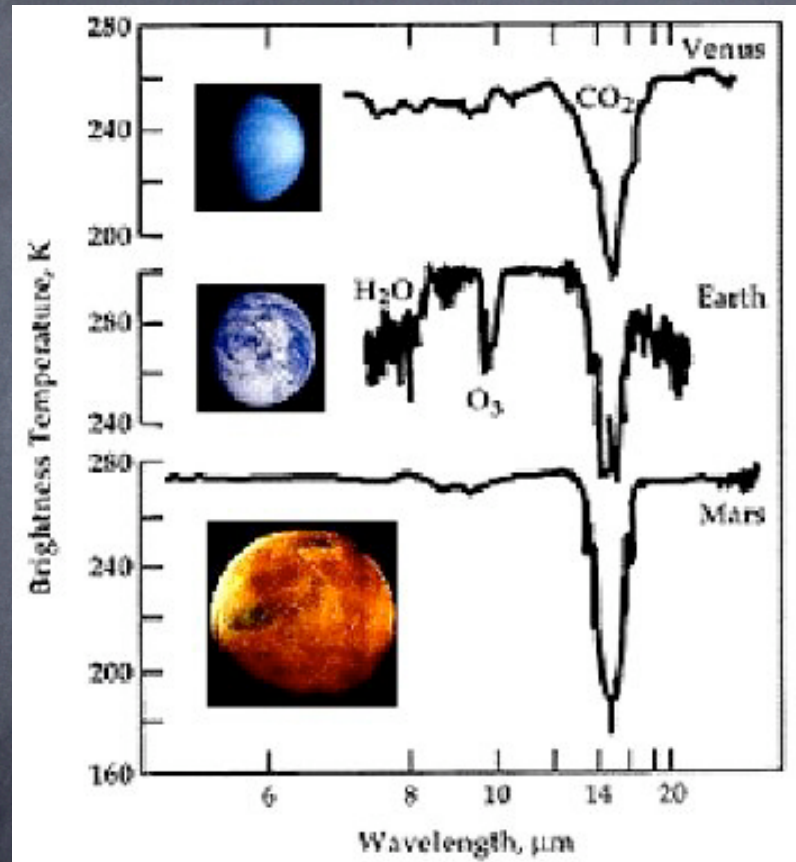
Mennesson & Mariotti (1997)

Biomarkörerna!



spektrum vid 6–20 μm

Ozon är ett tecken på liv!



Sagan et al. 1993 Nature 365, 715