



Liv i universum?



Fysikdagar
2007-10-29 Karin Ågren

Institutet för rymdfysik
Uppsala universitet

Innehåll

- Vad är liv?
- Vad behöver liv?
 - Extremofiler
- Var kan liv finnas?
 - Beboelighet
- Finns det liv i vårt solsystem?
 - Mars
 - Europa
 - Titan

Vad är liv?

- Under en workshop 2003 i Modena, Italien, fick alla medlemmar i “International Society for the Study of the Origins of Life” i uppgift att skriva ner sin definition på liv...

...det resulterade in 78 olika svar som sammanlagt skrivits ihop till 40 sidor!

Vad är liv?

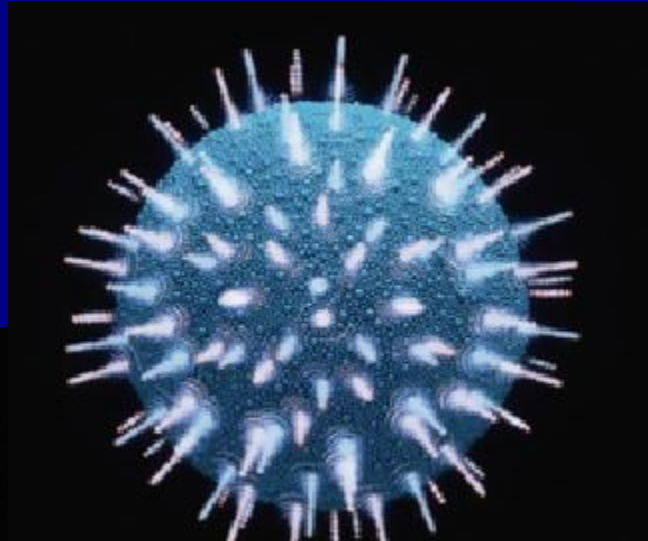
■ Konventionell definition:

- Ska kunna växa
- Ska ha ämnesomsättning
- Ska kunna röra sig
- Ska kunna reproducera
- Ska kunna ge respons till stimuli



Vad är liv?

- Undantag:
 - eld
 - virus
 - mulåsna



Istället för att ge en *definition* av liv, vilket är alltför precist, är det bättre att fastställa några egenskaper som kan räknas till ett *minima* för vad liv kräver.

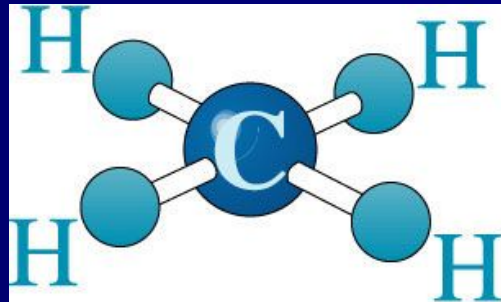
Vad är liv?

■ Minima för liv:

- “Öppet system”
 - ämnesomsättning, behöver ingredienser och energi
- Kolkemi i vatten
 - tetraavalens & kiralitet
- Kan reproducera
- Ska kunna utvecklas med tiden
 - dels inom en given art, men också till nya arter

Vad behöver liv?

- Liv, som vi känner till det, behöver:
 - Flytande vatten
 - Kol
 - Energikällor
 - Näringsämnen (HNOPS)



Beboelighet

■ Vad definierar beboelighet?



Temperatur

pH

O₂

15 till 35°C

ungefär neutralt

> 130 hPa, < 300 hPa

-272 till 340°C

0 till 13

Från inget syre alls
till tiotals procent
uttorkning
stark UV-strålning

Beboelighet

- En fråga om skala!



Tidsskala: från några timmar till dagar

Rumsskala: från 10 till 100 mikrometer



miljontals år

hela planeten

Liv kan klara sig utan flytande vatten, energi och kol under en begränsad tid...

Extremofiler

- Mellan 0.05 och 1 mm
- Klarar temperaturer mellan -272° och 340° C
- Tål högt tryck, starka syror, torka, vakuum, joniserande strålning och giftiga kemikalier



Tardigrad som rör på sig

Extremofiler



Tardigrad, kryptobios

- Fryser till is eller torkar ut helt
- Slutar förbruka syrgas
- Dör inte ens när de är frusna i flytande kväve
- Måste mekaniskt förstöras
- Producerar socker som ersätter vatten och skyddar cellerna från uttorkningsskador

Historiska händelser

“OPTIMISMEN FÖDS”

(från de gamla grekerna och fram till 1600-talet)

Man trodde att månen var bebodd.

Metrodus från Chios:

“Det skulle vara konstigt om ett ensamt strå av korn växte på en stor åker, eller om vi skulle visa oss vara ensamma i det oändliga.” ~ 300 f K

Historiska händelser

Teleskopet uppfanns:

“OPTIMISTÅREN”

(tidigt 1600-tal till 1960-talet)

Nya världar upptäcktes, men man kunde inte säga nåt om deras förutsättningar för liv. Merkurius, Mars, Jupiter och Saturnus förväntas också hysa liv.

Christian Huygens (1629–1695)

“Venus och Jupiters befolkning har en väldigt sofistikerad musiksmak, liknande den hos fransmän eller italienare.”

Historiska händelser

Emanuel Swedenborg (1685–1772)

“Marsianer är ganska lika människor, men den nedre delen och sidorna på deras ansikten är svarta. De använder löv som kläder och är vegetarianer. Saturnianer är vilda. De är vegetarianer och begraver inte sina döda.”

William Herschel (1738-1822)

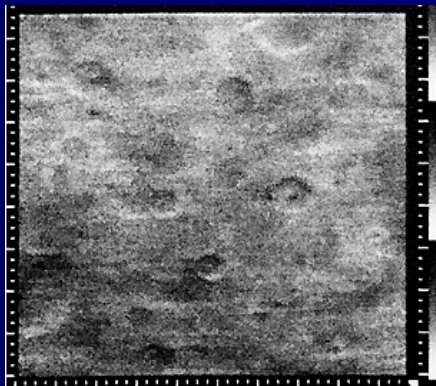
“Genom att fundera lite i ämnet är jag nästan övertygad om att de otaliga små cirklarna vi ser på månytan är månmänniskornas verk och kan kallas deras städer.”

Historiska händelser

Rymdåldern börjar:

“ÅTERGÅNGSÅREN” (1960- till 1990-talet)

Observationer av andra planeter sätter stopp för tron att andra civilisationer kan finnas. Tron på beboelighet gick åt motsatt håll: Venus och Mars verkade vara helt livlösa.



PARTICLES, ENVIRONMENTS, AND POSSIBLE ECOLOGIES IN THE JOVIAN ATMOSPHERE

CARL SAGAN AND E. E. SALPETER

Center for Radiophysics and Space Research, Cornell University

Received 1975 December 11; revised 1976 June 1

ABSTRACT

The eddy diffusion coefficient is estimated as a function of altitude, separately for the Jovian troposphere and mesosphere. The growth-rate and motion of particles is estimated for various substances: the water clouds are probably nucleated by NH_4Cl , and sodium compounds are likely to be absent at and above the levels of the water clouds. Complex organic molecules produced by the $L\alpha$ photolysis of methane may possibly be the absorbers in the lower mesosphere which account for the low reflectivity of Jupiter in the near-ultraviolet. The optical frequency chromophores are localized at or just below the Jovian tropopause. Candidate chromophore molecules must satisfy the condition that they are produced sufficiently rapidly that convective pyrolysis maintains the observed chromophore optical depth. Organic molecules and polymeric sulfur produced through H_2S photolysis at $\lambda > 2300 \text{ \AA}$ probably fail this test, even if a slow, deep circulation pattern, driven by latent heat, is present. The condition may be satisfied if complex organic chromophores are produced with high quantum yield by NH_3 photolysis at $\lambda < 2300 \text{ \AA}$. However, Jovian photoautotrophs in the upper troposphere satisfy this condition well, even with fast circulation, assuming only biochemical properties of comparable terrestrial organisms. Unless buoyancy can be achieved, a hypothetical organism drifts downward and is pyrolyzed. An organism in the form of a thin, gas-filled balloon can grow fast enough to replicate if (i) it can survive at the low mesospheric temperatures, or if (ii) photosynthesis occurs in the troposphere. If hypothetical organisms are capable of slow, powered locomotion and coalescence, they can grow large enough to achieve buoyancy. Ecological niches for sinkers, floaters, and hunters appear to exist in the Jovian atmosphere.

Historiska händelser

Förbättrade robotar, bättre mikrobiologi:

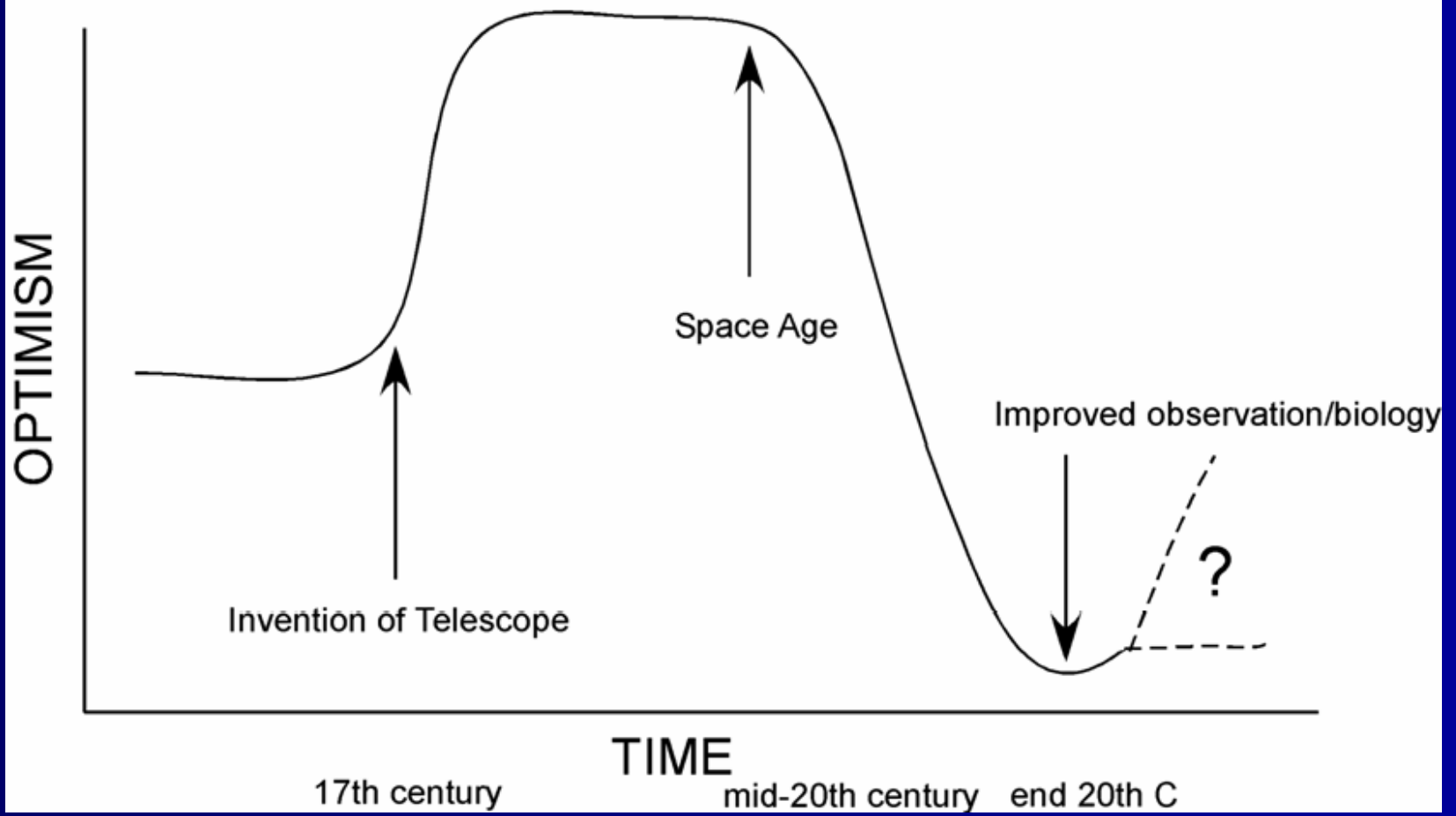
“OPTIMISMENS ÅTERKOMST” (1990-talet och framåt)

Genom att studera liv i extrema miljöer ges nytt hopp om att hitta liv i vårt solsystem. Bättre robotar ger ny information om exempelvis Mars yta.

- En viktig sak att tänka på:
var liv kan bildas ≠ var liv kan leva

Historiska händelser

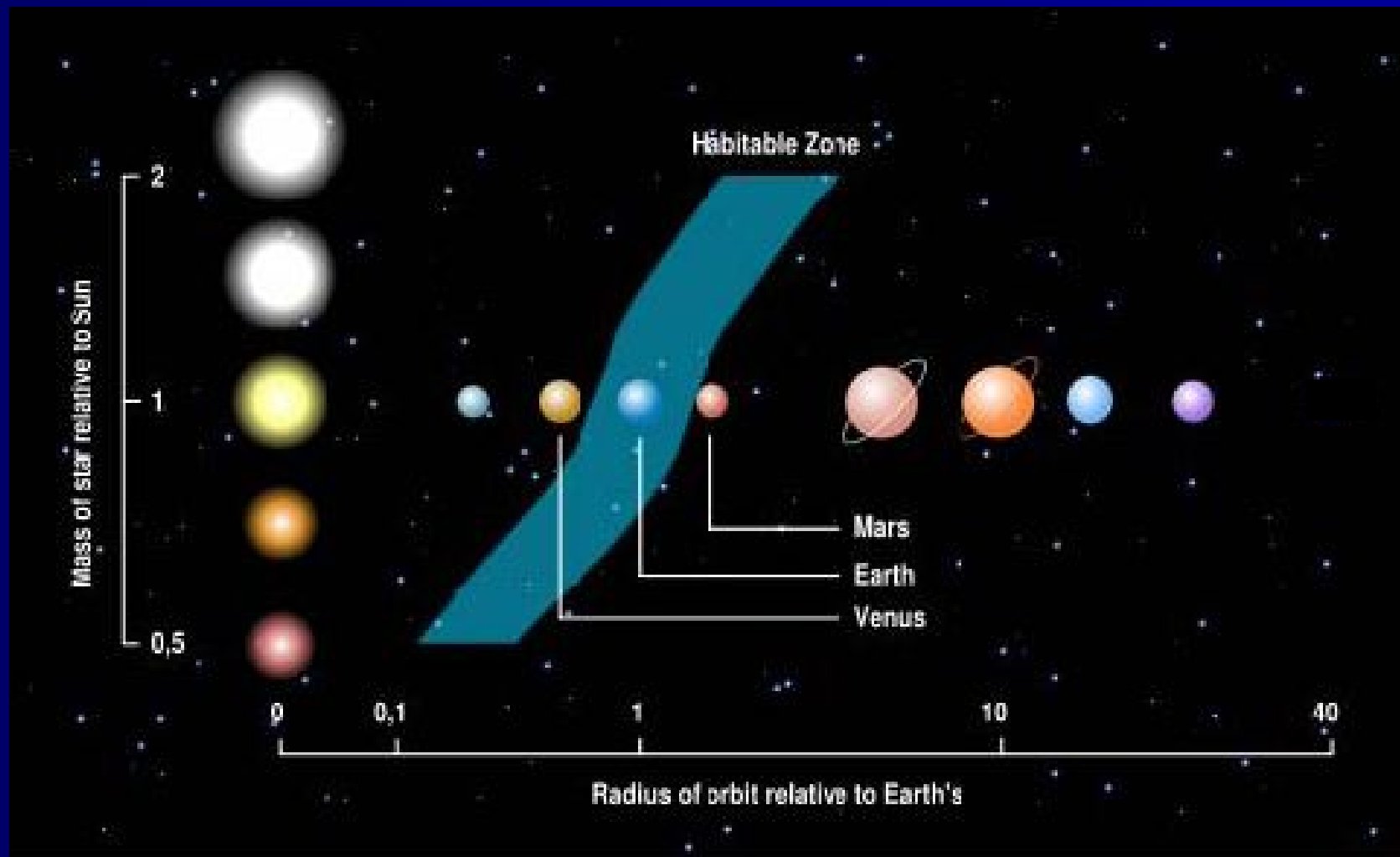
The history of our view of 'habitability' of other worlds



Den beboeliga zonen

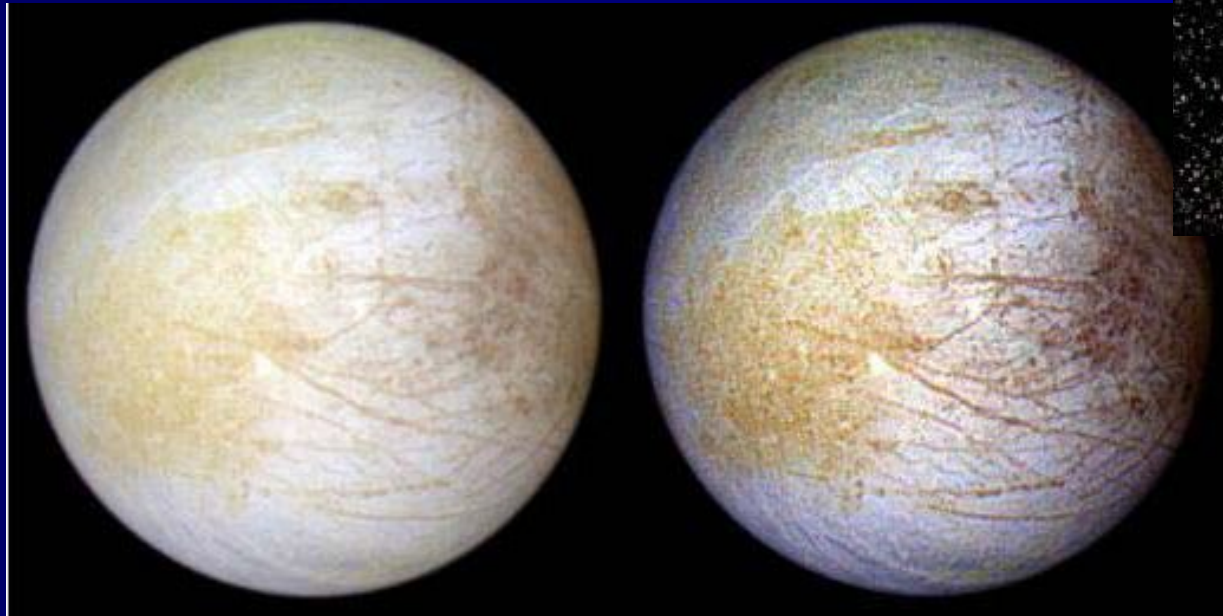
- Området kring en stjärna där temperaturen är lagom för att vatten ska kunna existera i flytande form på ytan
- För nära solen – allt vatten förångas (Venus)
- För långt från solen – vatten existerar endast i fast form (Mars)

Den beboelige zonen



Den beboeliga zonen

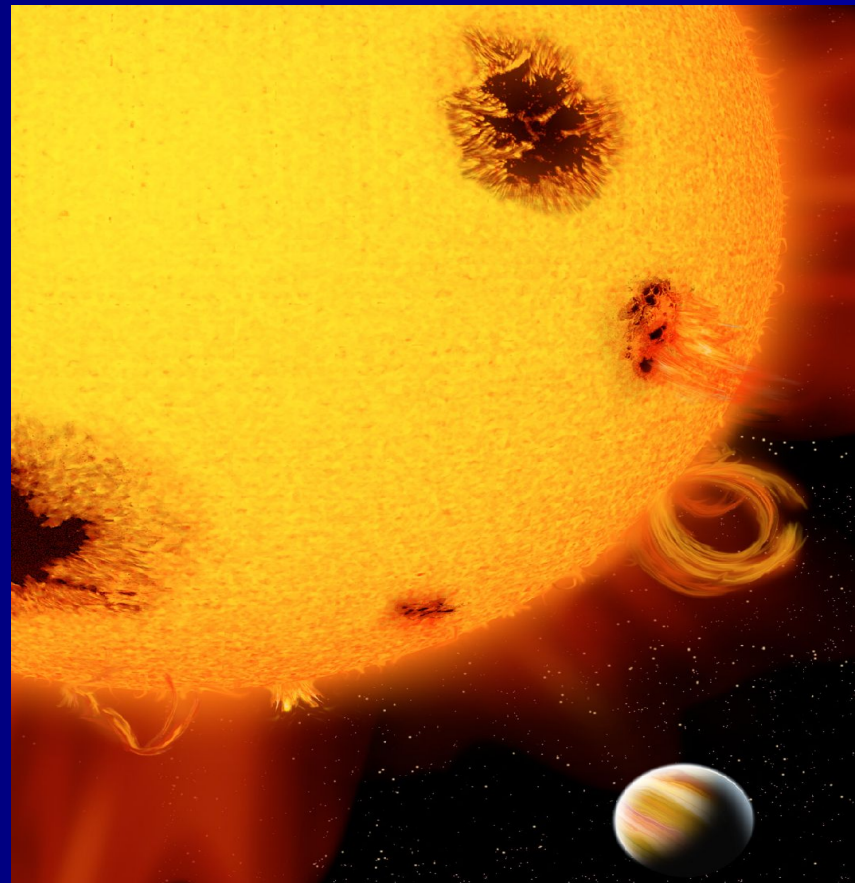
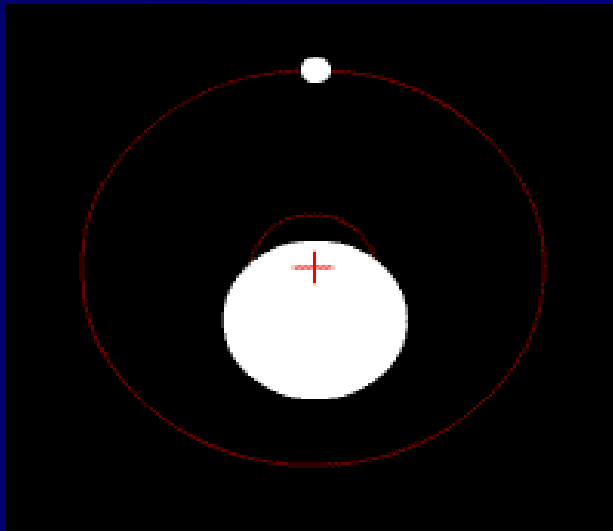
Men detta är inte hela sanningen, eftersom flytande vatten kan uppkomma genom andra processer också, såsom dragningskrafter mellan objekt utanför den klassiska beboeliga zonen.



Europa

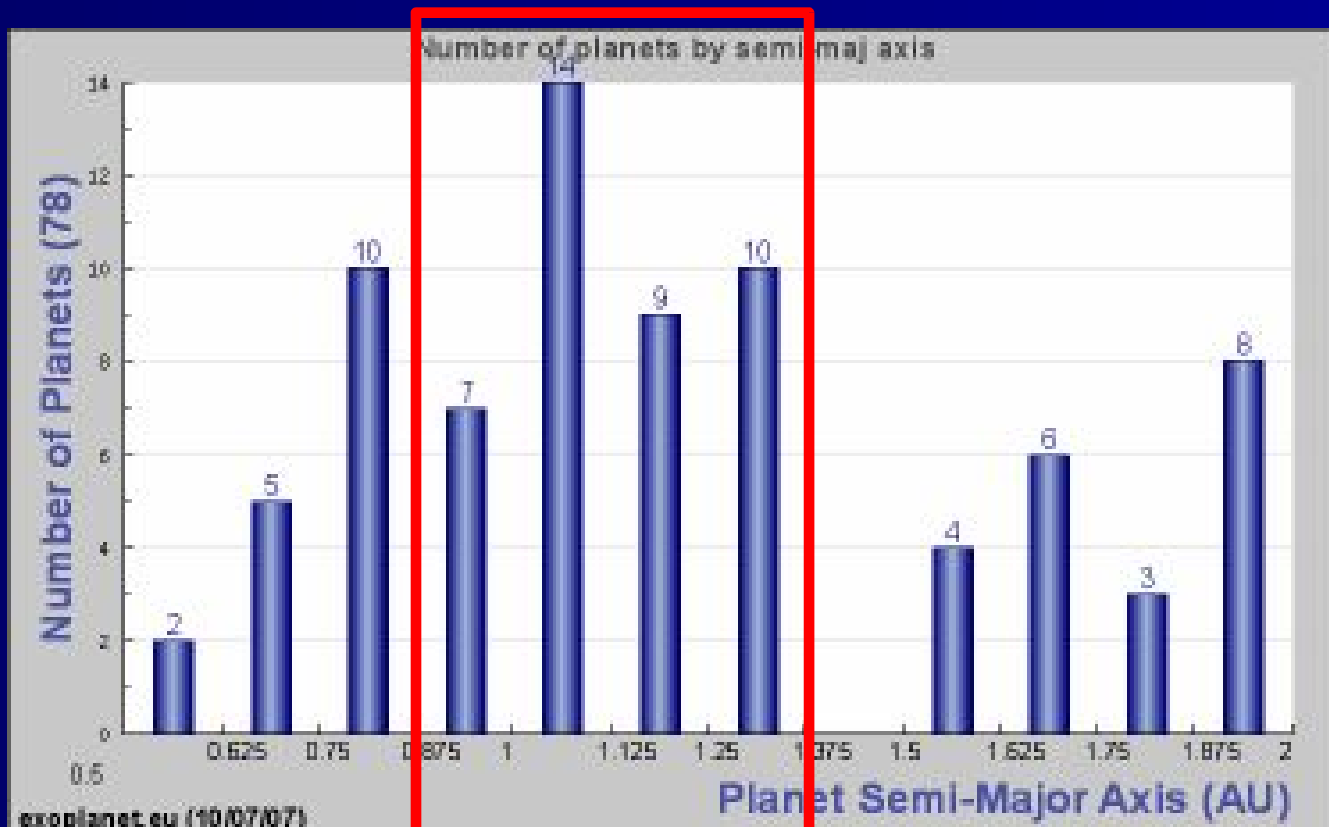
Exoplaneter

- 257 stycken
- De flesta exoplaneter som hittats är i Jupiters storleksklass
- COROT (2006)
- KEPLER (2009)
- Darwin

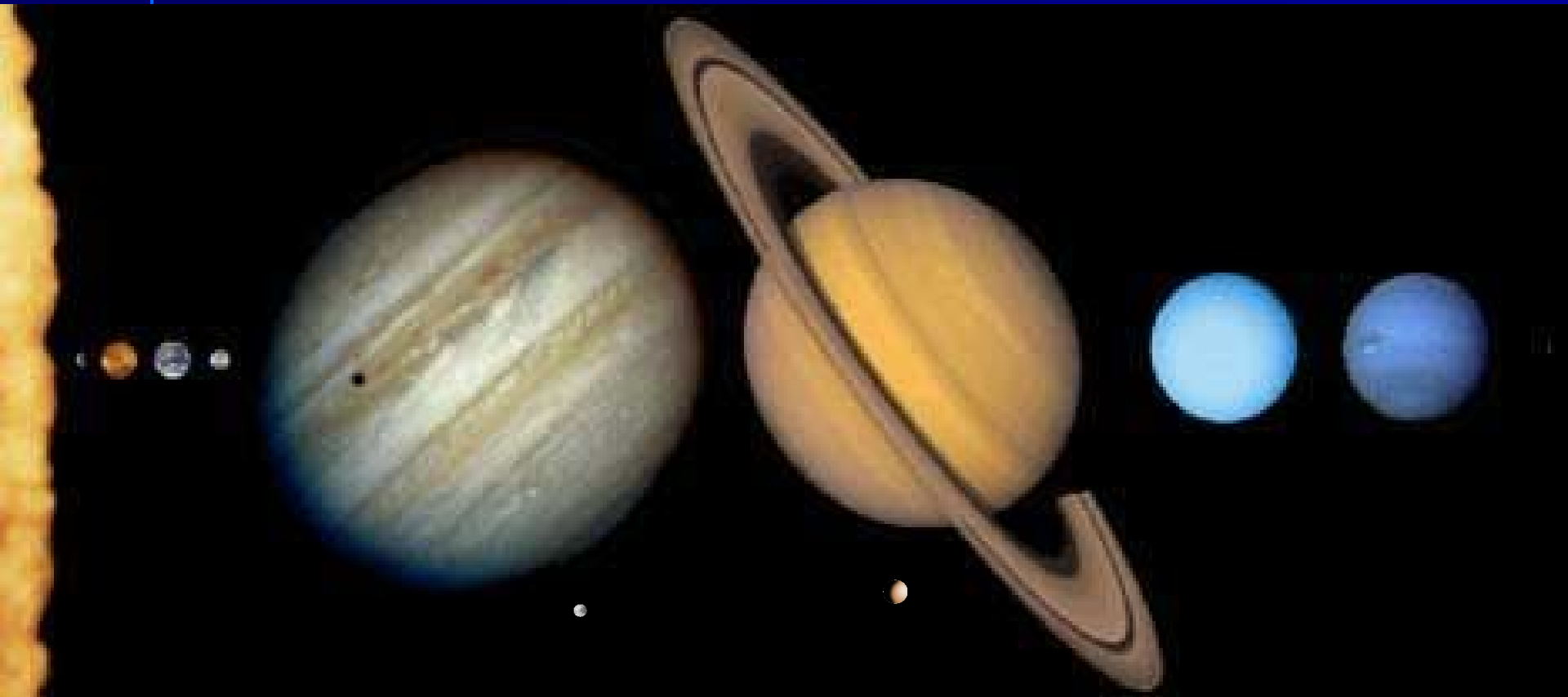


Den beboeliga zonen

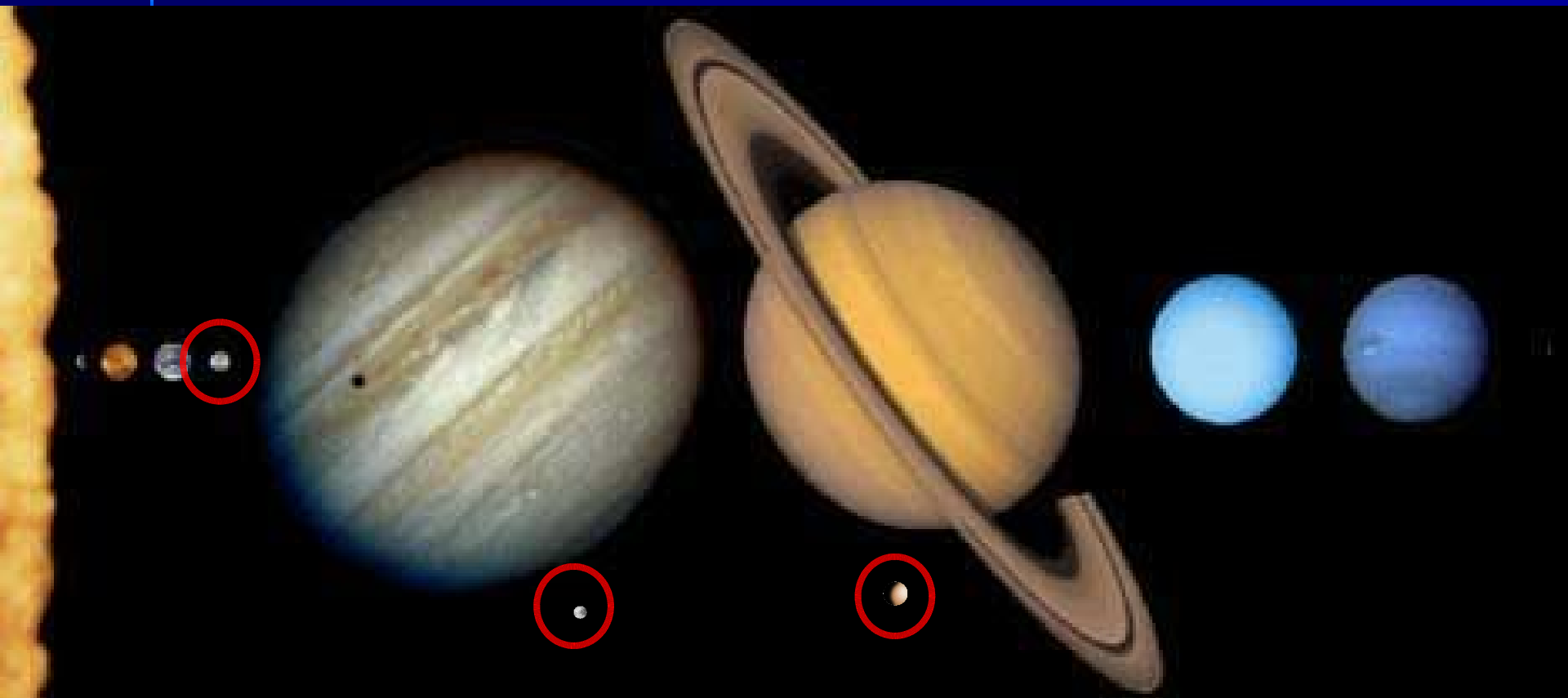
Ungefär 20% av de hittills upptäckta (juli 2007) exoplaneterna ligger i den beboeliga zonen

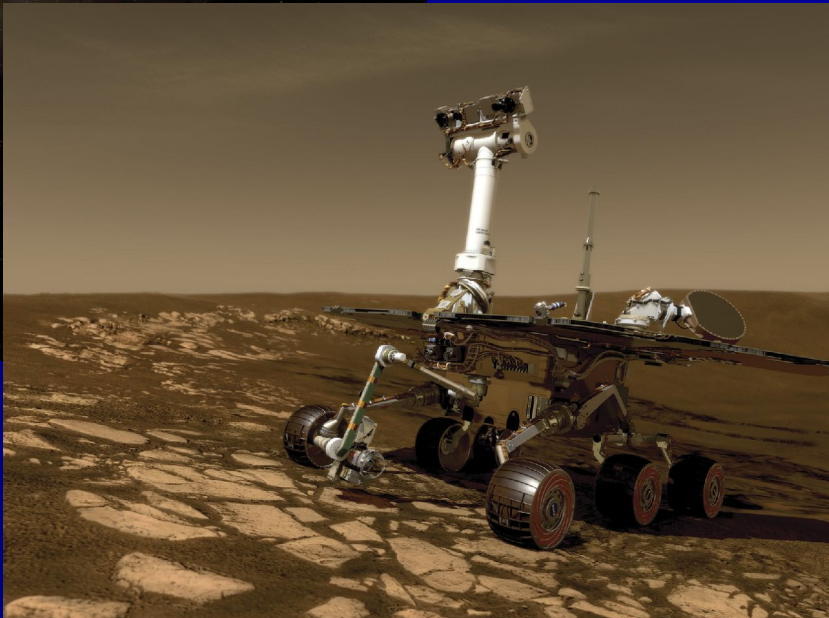
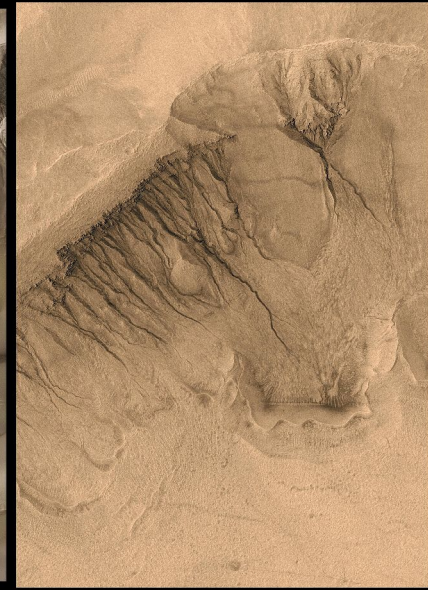
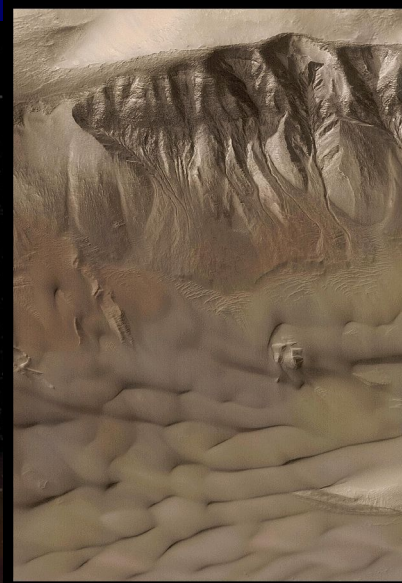
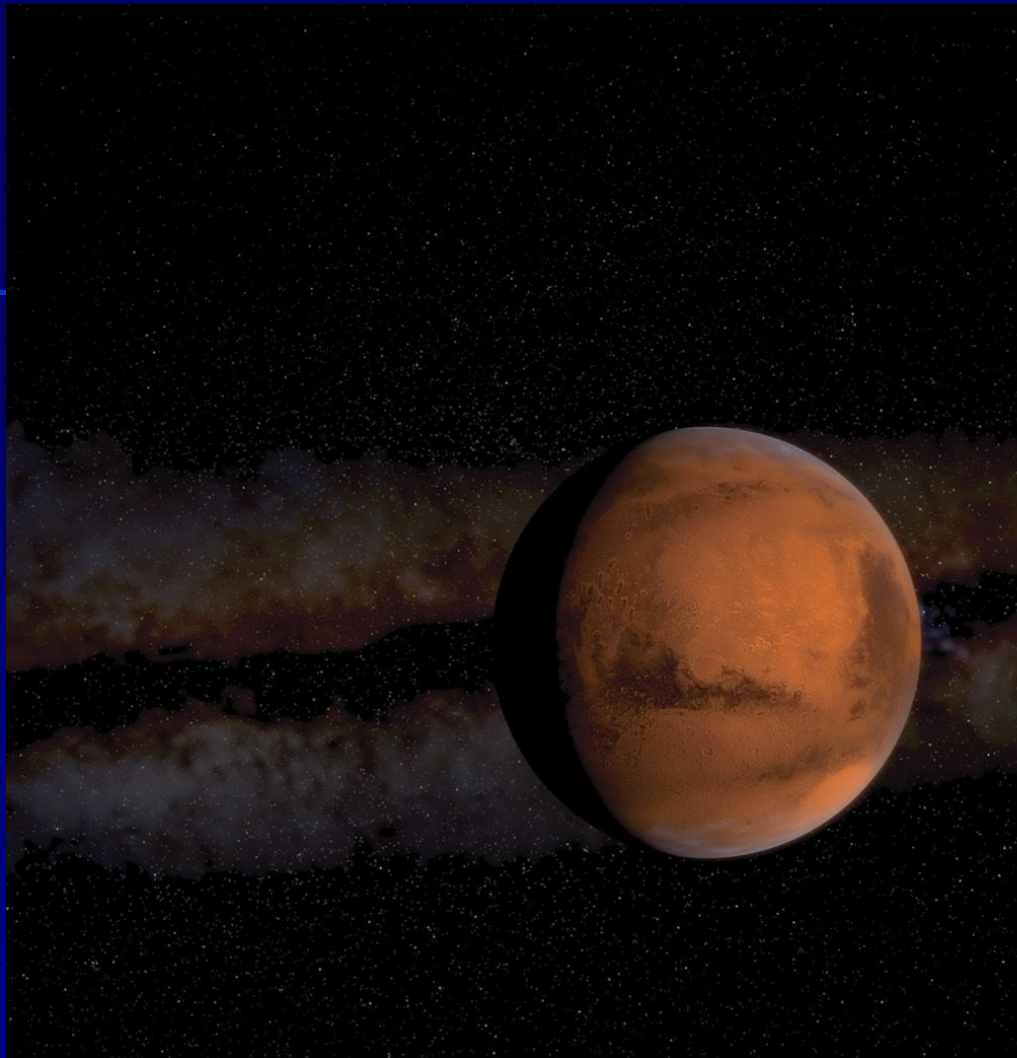


Liv i vårt solsystem



Liv i vårt solsystem



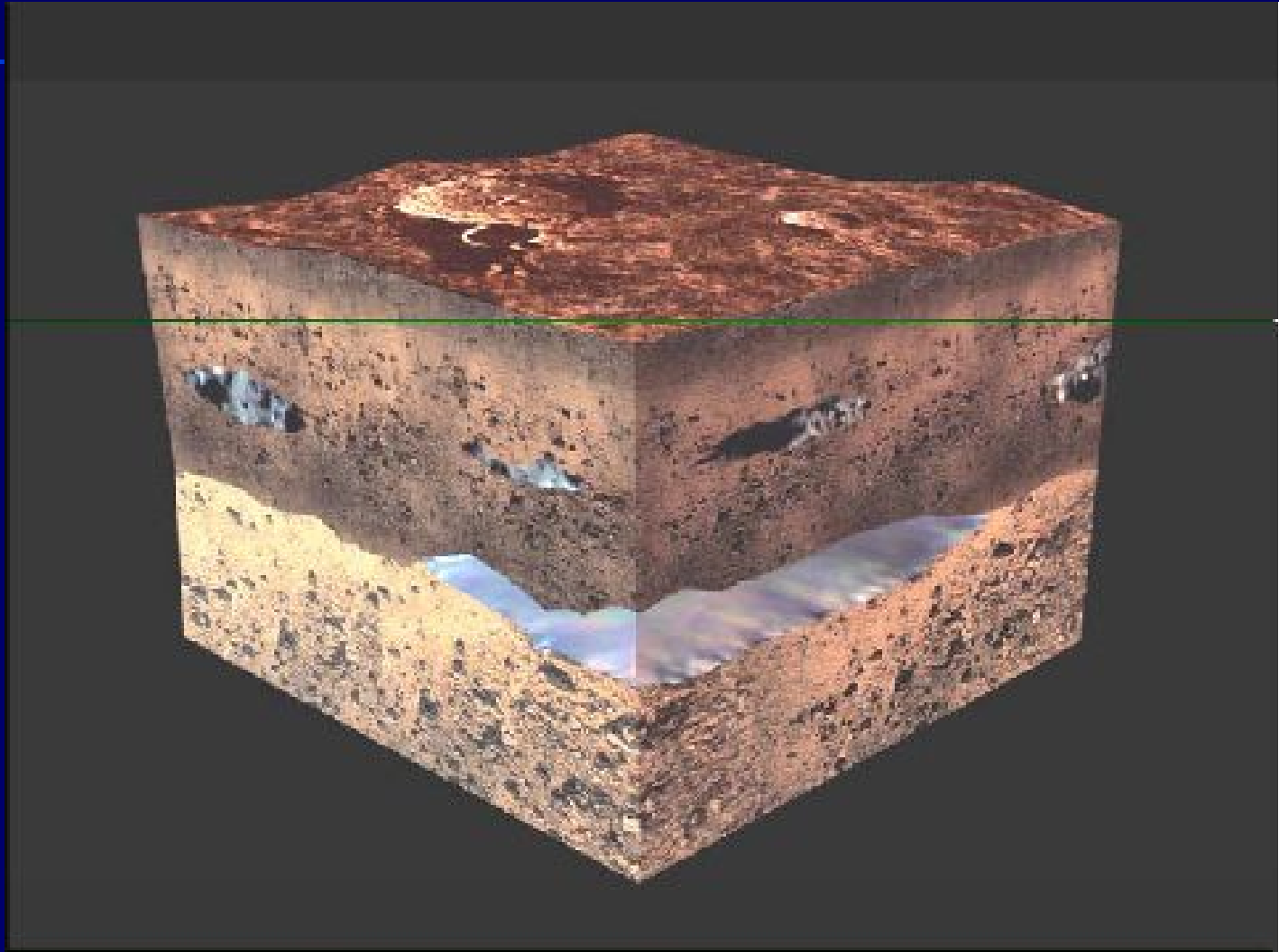


Mars

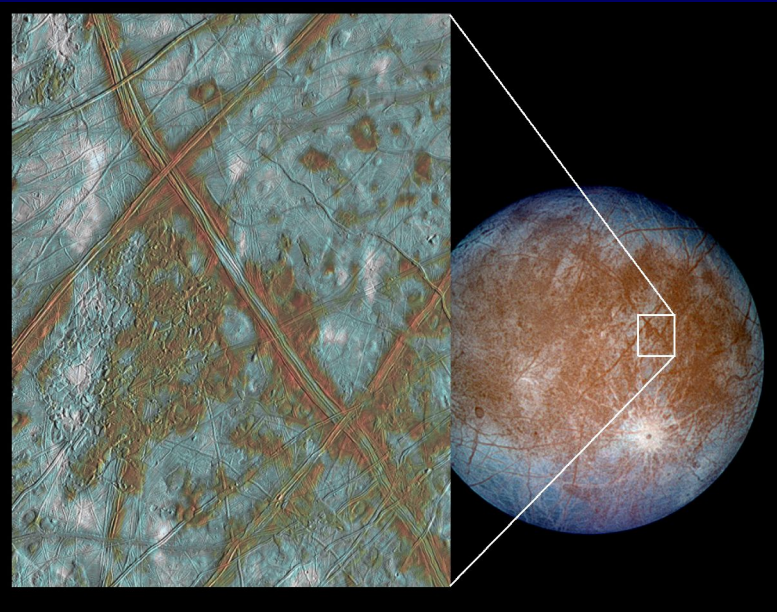
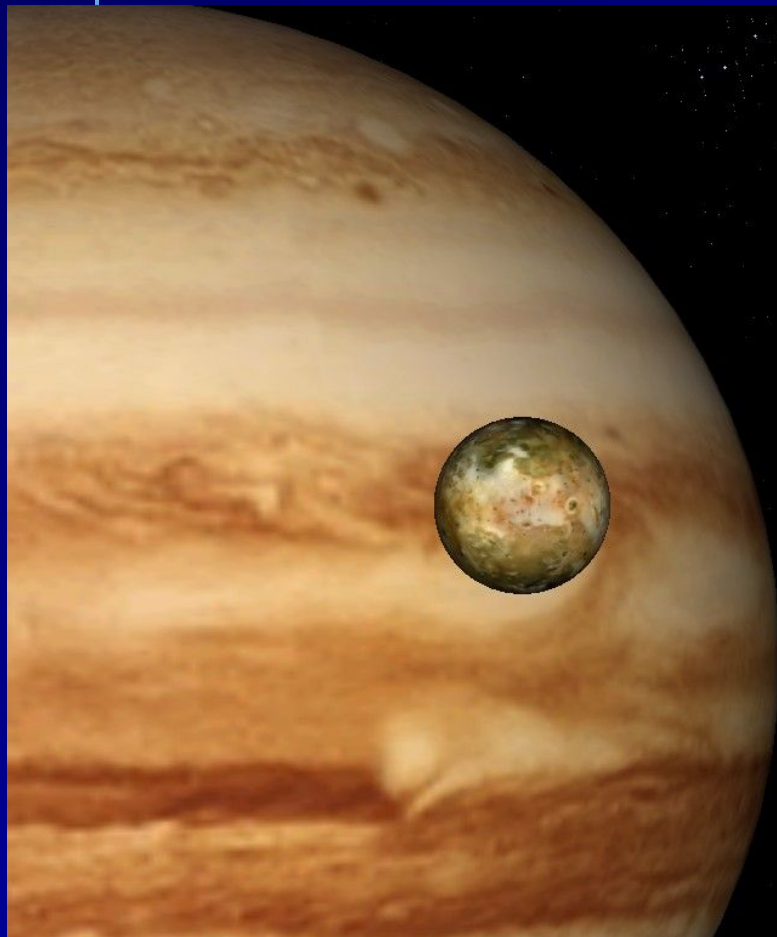
Liv på Mars?

- Flytande vatten har funnits och finns kanske fortfarande under ytan
- Det verkar mer tvivelaktigt om det finns tillräckligt med energiförråd. Det verkar inte finnas mycket organiska ämnen, kväveföreningar eller näringsämnen
- Det har visats att metangas utsöndras från Mars inre. Geologisk aktivitet eller liv?
- Tidiga Mars förväntas ha haft samma chanser som jorden att bilda liv
- Liv kan ha uppstått på Mars, levt på ytan och fortfarande finnas kvar i skyddade miljöer under ytan

Liv på Mars?

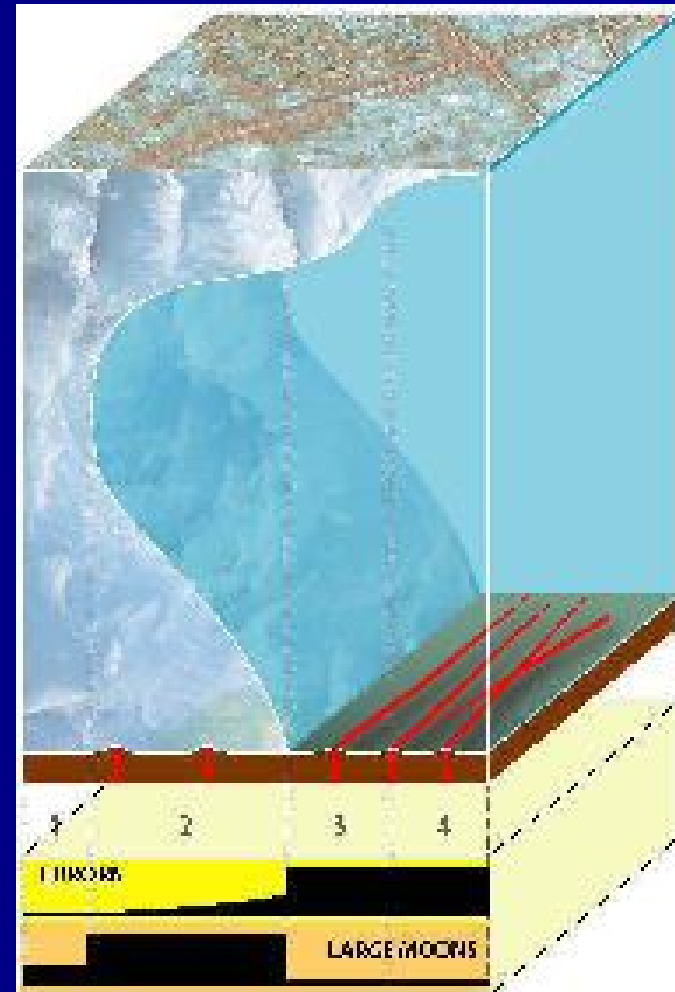


Europa



Liv på Europa?

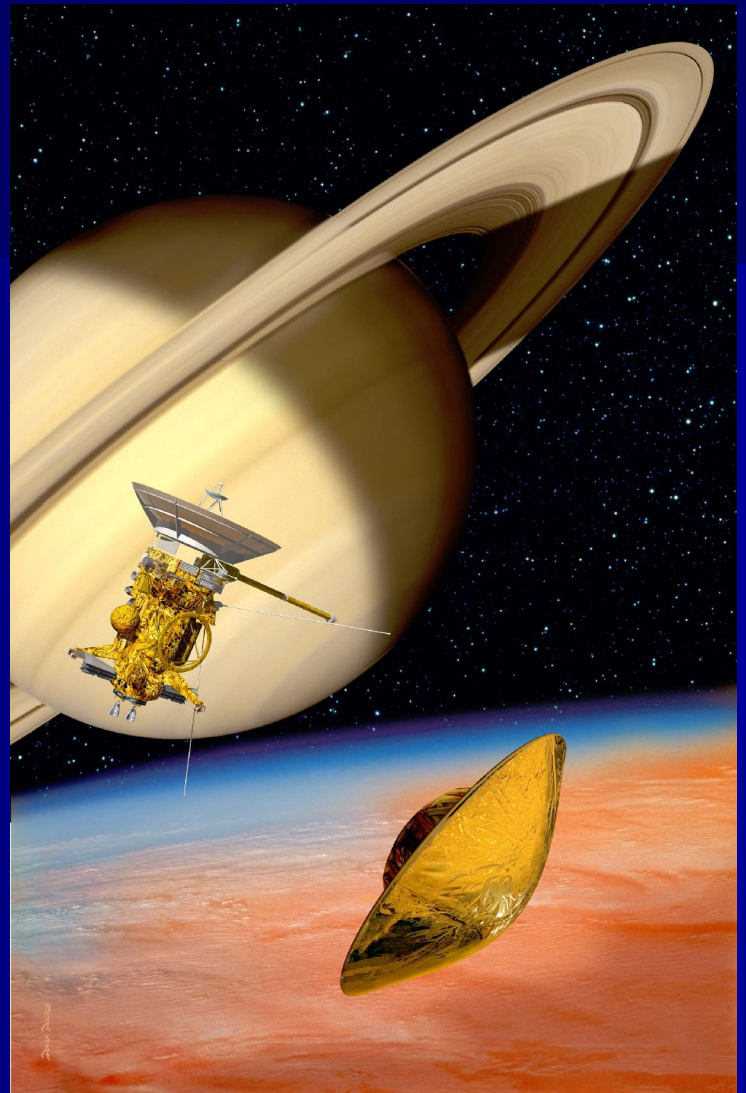
- Flytande vatten skulle kunna tänkas uppkomma på grund av Jupiters dragningskraft
- Energikällor är eventuellt möjliga att finna som redox-par som flyter runt i havet
- De bruna “beläggningarna” på Europas yta kan vara spår av liv
- Det finns förmodligen ett hav under Europas isyta, men det är ännu inte bevisat!



Liv på Europa?

- Temperatur:
-120°C vid ytan. Ca 0°C i vattnet. Höga temperaturer vid botten om det finns geysrar där
- Tryck:
Vakuum vid ytan. Under 200 bar i istäcket. Ungefär 1 kbar vid havets botten
- Strålning:
Över 1 Mrad per månad vid ytan!! Minskar hastigt med djupet
- Ljus:
Inget ljus förväntas under 2 meters djup

Det finns liv på jorden som lever under dessa förhållanden!



Titan

Liv på Titan?

- Titan har en medeltemperatur vid ytan på ungefär -180°C , vilket gör att det inte är särskilt sannolikt att hitta liv där
- Kvoten mellan kol-12 och kol-13 tyder på att liv ej funnits
- Men däremot kanske byggstenarna till liv finns
- Titan är lik hur man tänker sig att jorden såg vid den tiden när liv uppkom
- Vi kan lära oss mycket om livets uppkomst genom att studera Titan och framförallt dess atmosfär

Sammanfattning

- Annat liv i vårt solsystem: inte uteslutet.
 - Hur vanligt är liv?
 - Hur liv uppkommer?
- Liv på exoplaneter: högst troligt.
 - Beboelig zon
 - Många kommande projekt inom de närmsta 30 åren
- Where are they?
Fermis paradox

