



# Innehåll

- Vad är liv?
- Var kan liv finnas?
- Finns det liv i vårt solsystem?
  - Mars
  - Europa
  - Titan
- Exoplaneter
- Försök att kontakta andra
- Drakes ekvation

# 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...



Foto: Benno Grieshaber / PRB



...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:

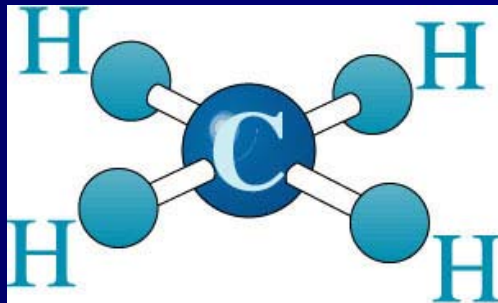
- "Öppet system"
  - ämnesomsättning, behöver ingredienser och energi
- Kolkemi i vatten
  - tetravalens & kiralitet
- Kan reproducera
- Ska kunna utvecklas med tiden
  - dels inom en given art, men också till nya arter

# Kiselbaserat liv?

- + Precis som kol kan kisel binda fyra andra atomer
- Det har bara detekterats 11 molekyler som innehåller kisel i det interstellära mediet (att jämföra med 112 som innehåller kol)
- Det finns inte så många kända lösningar som fungerar bra ihop med kisel
- När kisel oxideras bildas  $\text{SiO}_2$ , vilket inte är lämpligt i vår oxiderande atmosfär
- Bildar inte dubbel- och trippelbindningar i lika hög grad som kol
- Stora molekyler av Si blir ostabila, på grund av att kiselatomen har en större radie än kolatomen

# Vad behöver liv?

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





# Var kan liv finnas?

## ■ Vad definierar beboelighet?



Temperatur

pH

O<sub>2</sub>

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



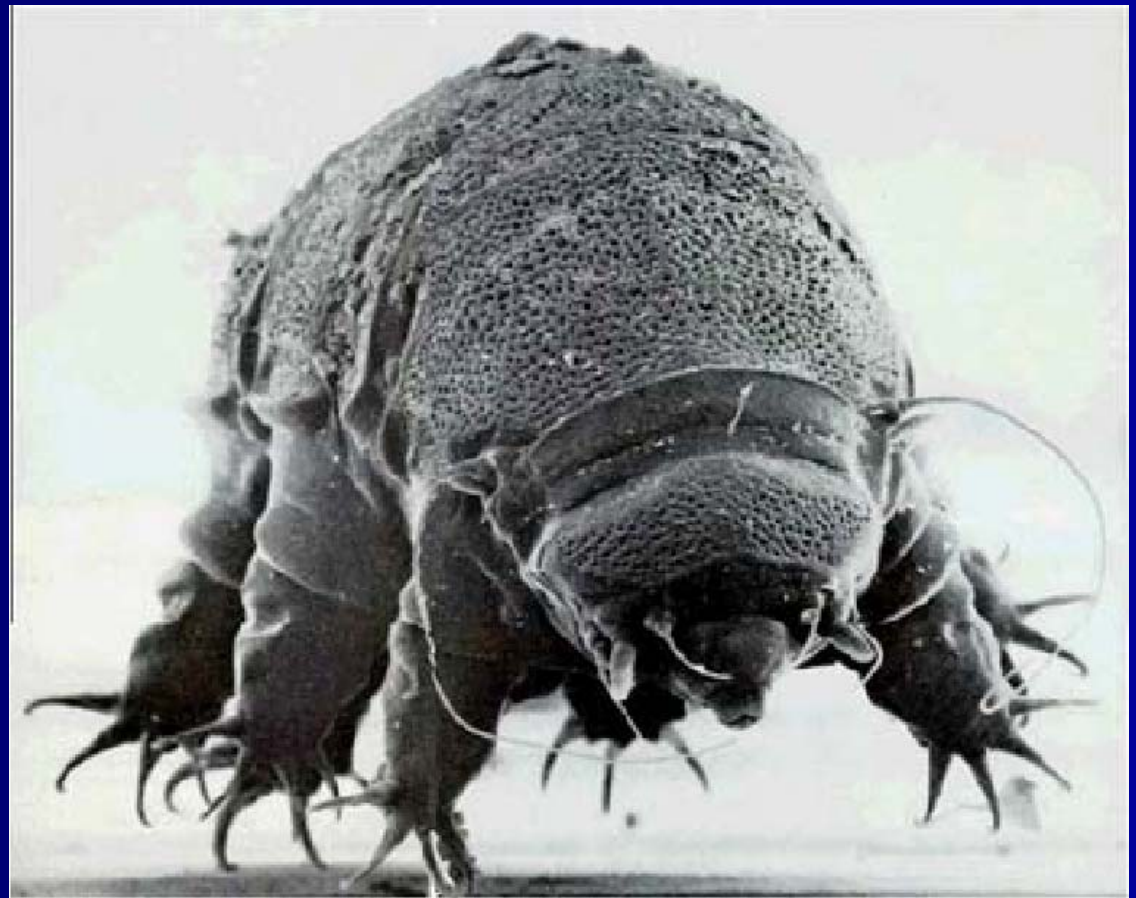
miljontals år

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  $-272^{\circ}$  och  $340^{\circ}$  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 uppträffas:

“OPTIMISTÅREN”

(tidigt 1600-tal till 1960-talet)

Nya världar upptäcktes, men man kunde inte säga nåt om deras förutsättningar för liv. Mercurius, 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)

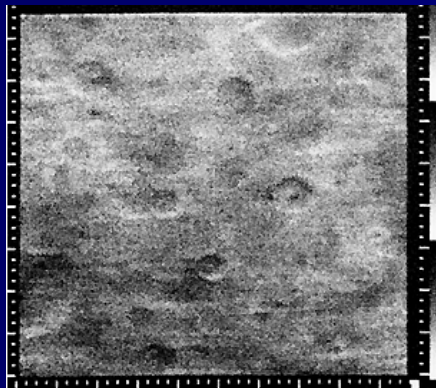
“Genom att fundera lite i ämnet är jag nästan övertygad om att de otaliga små cirklarna vi ser på månytan är månmänniskornas verk och kan kallas deras städer.”

# 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  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 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  $\text{H}_2\text{S}$  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  $\text{NH}_3$  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:

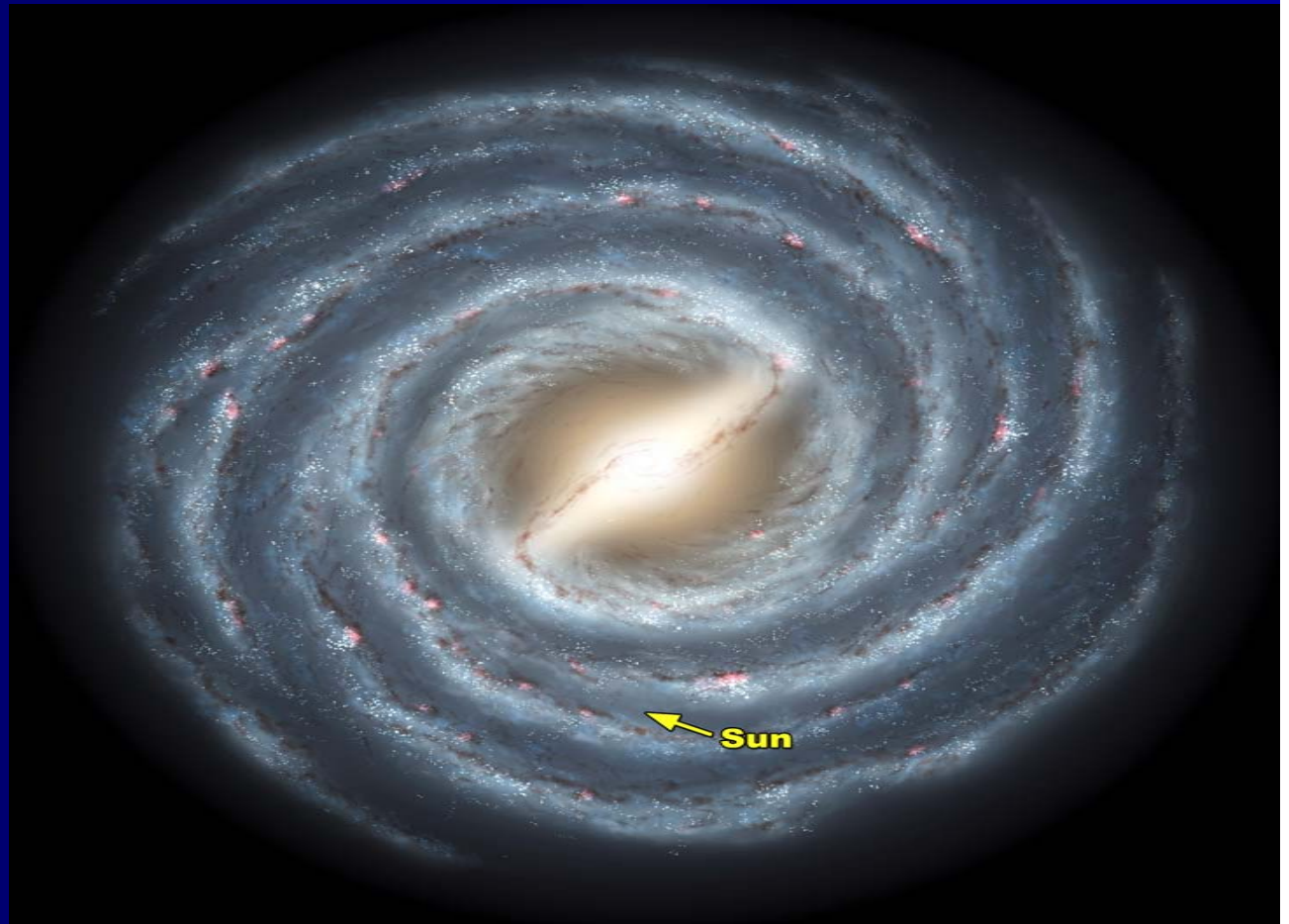
## “OPTIMISMENS ÅTERKOMST” (1990-talet och framåt)

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

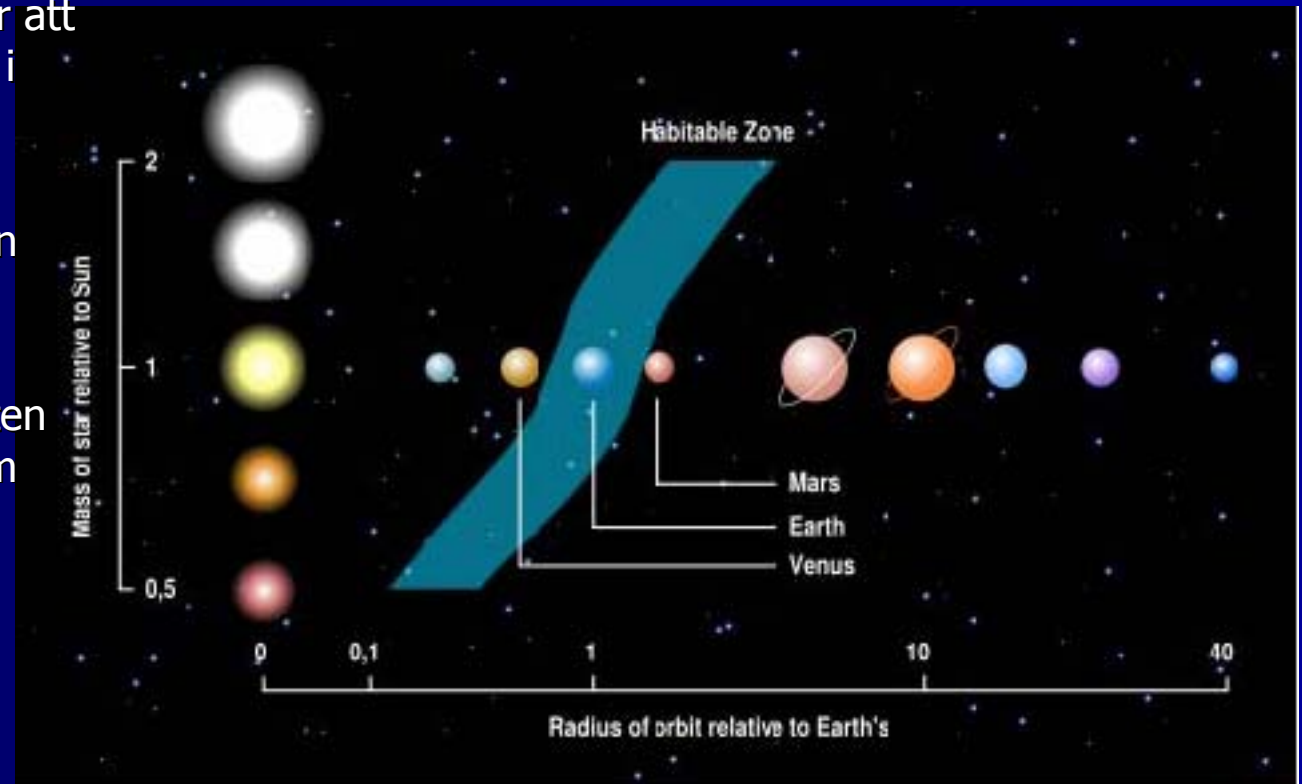
# Den beboeliga zonen

- Möjligt att bilda stenplaneter
- Undvika nedslag, passager av stjärnor samt strålning
- 25 000 ljusår från centrat
- stjärnor mellan 4 och 8 miljarder år



# Den beboeliga zonen

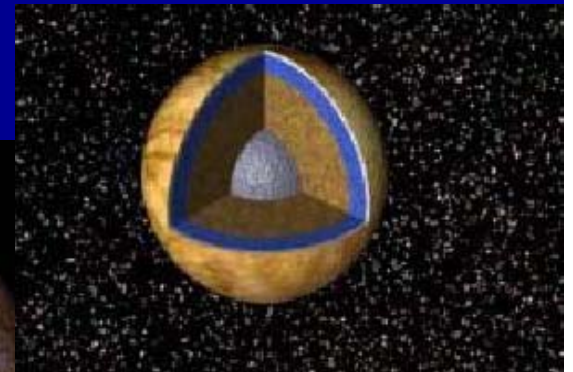
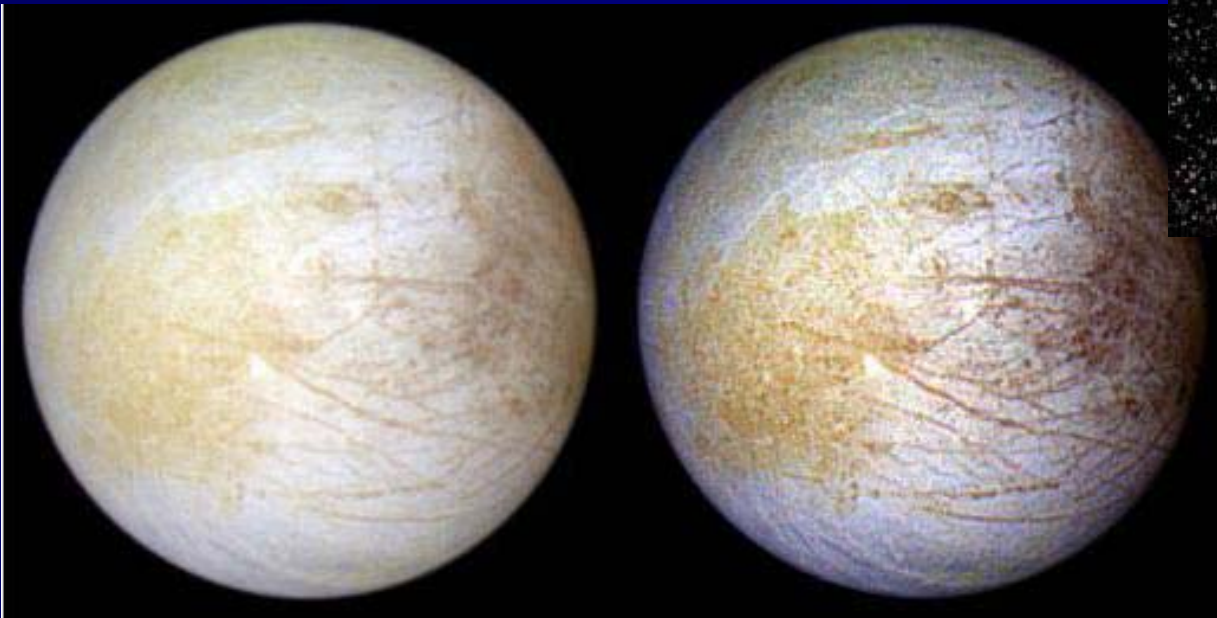
- Området kring en stjärna där temperaturen är lagom för att vatten ska kunna existera i flytande form på ytan
- För nära solen – allt vatten förångas (Venus)
- För långt från solen – vatten existerar endast i fast form (Mars)





# Den beboeliga zonen

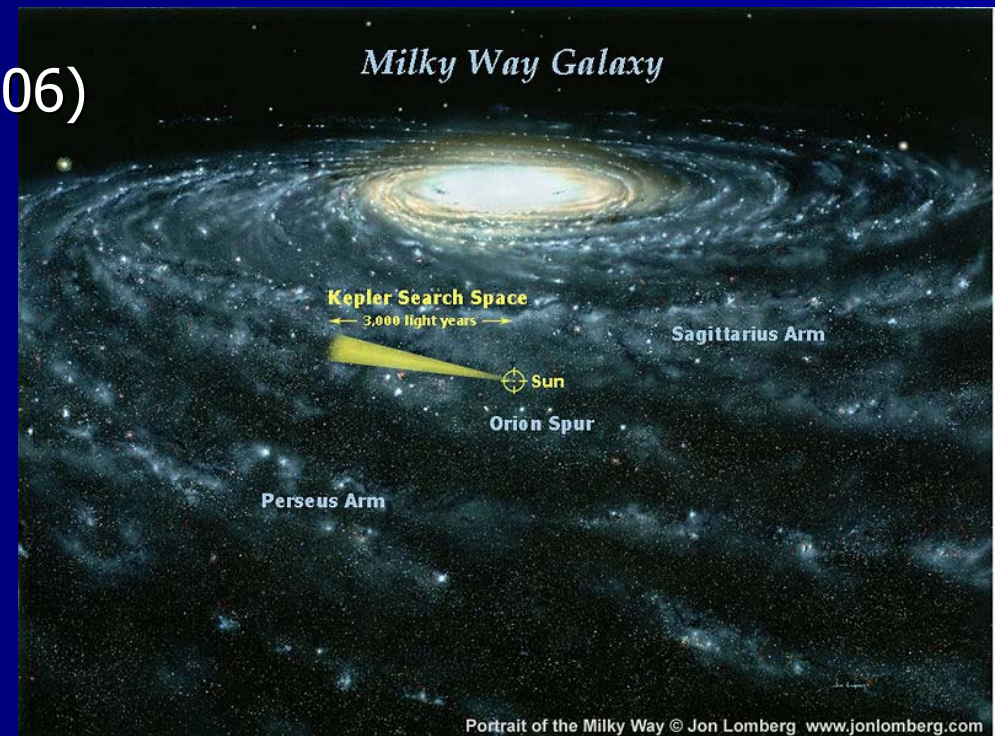
Men detta är inte hela sanningen, eftersom flytande vatten kan uppkomma genom andra processer också, såsom dragningskrafter mellan objekt utanför den klassiska beboeliga zonen.



Europa

# Exoplaneter

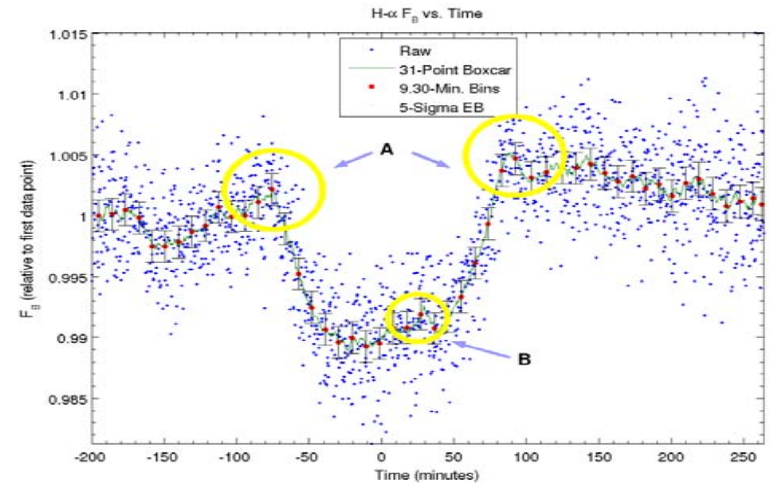
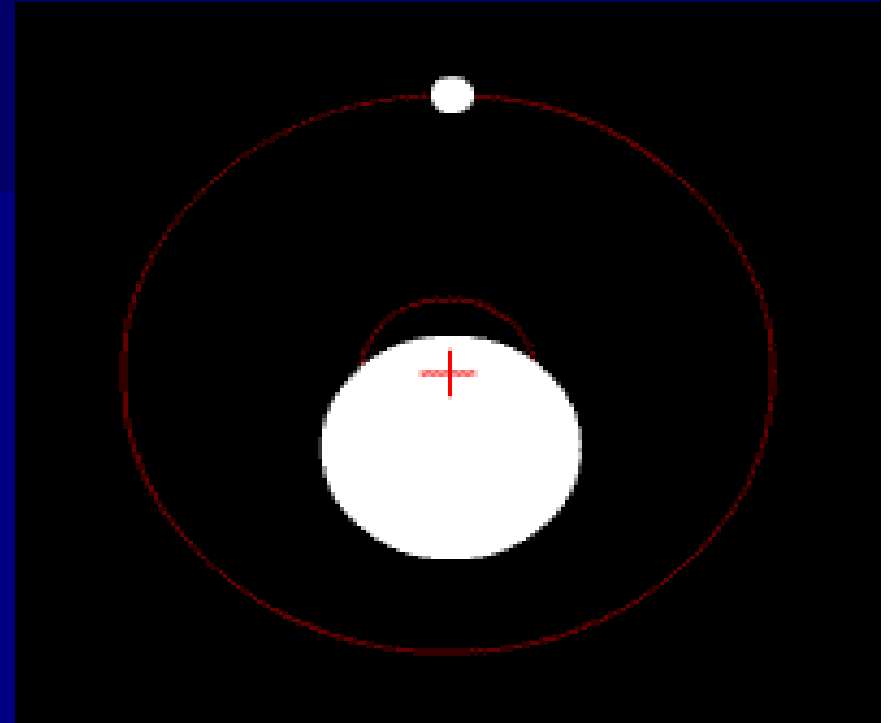
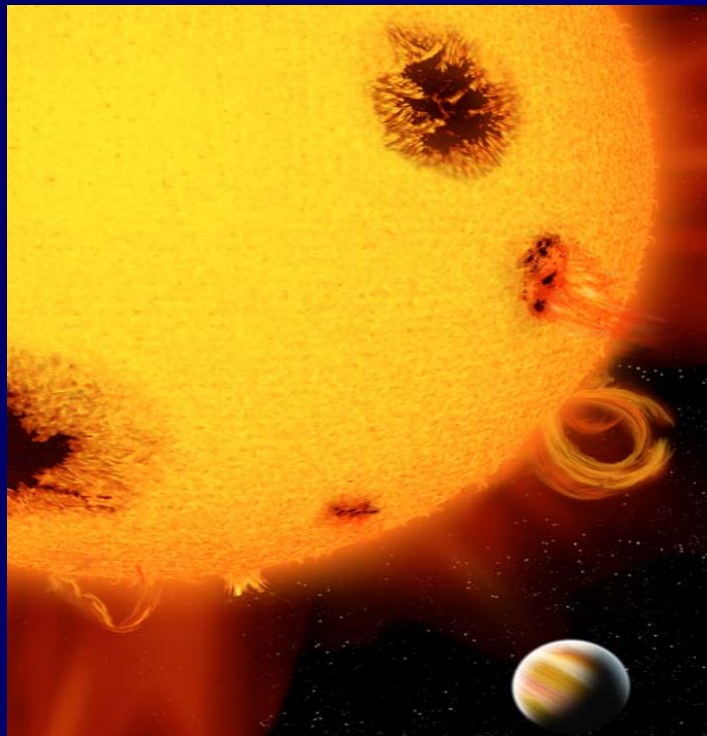
- 304 stycken (26 juni ifjol)
- 353 stycken imorse
- De flesta exoplaneter som hittats är i Jupiters storleksklass
- COROT (CNES, ESA; 2006)
- KEPLER (NASA; 2009)
- Darwin (ESA; ~2015)



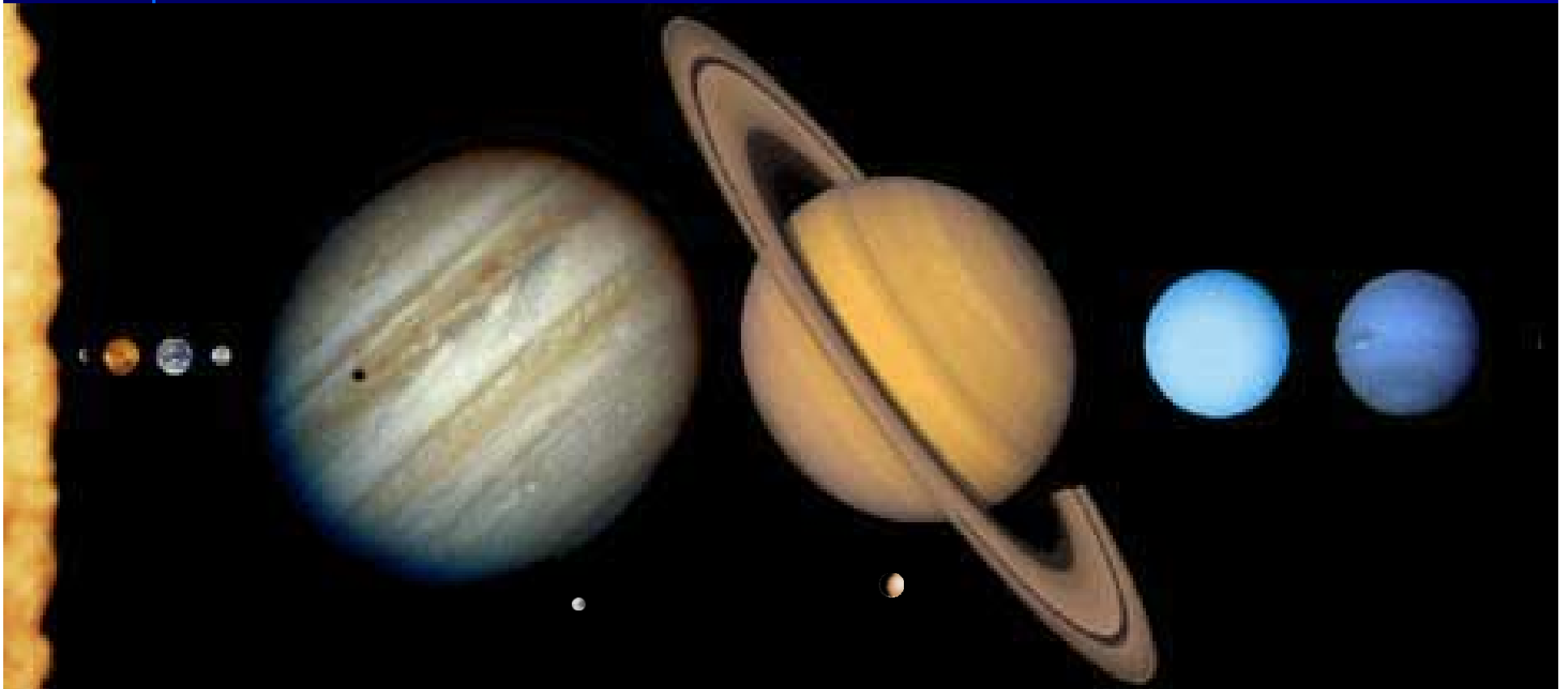


# Olika sätt att detektera exoplaneter

- Astrometriska metoden
- Dopplermetoden
- Passager

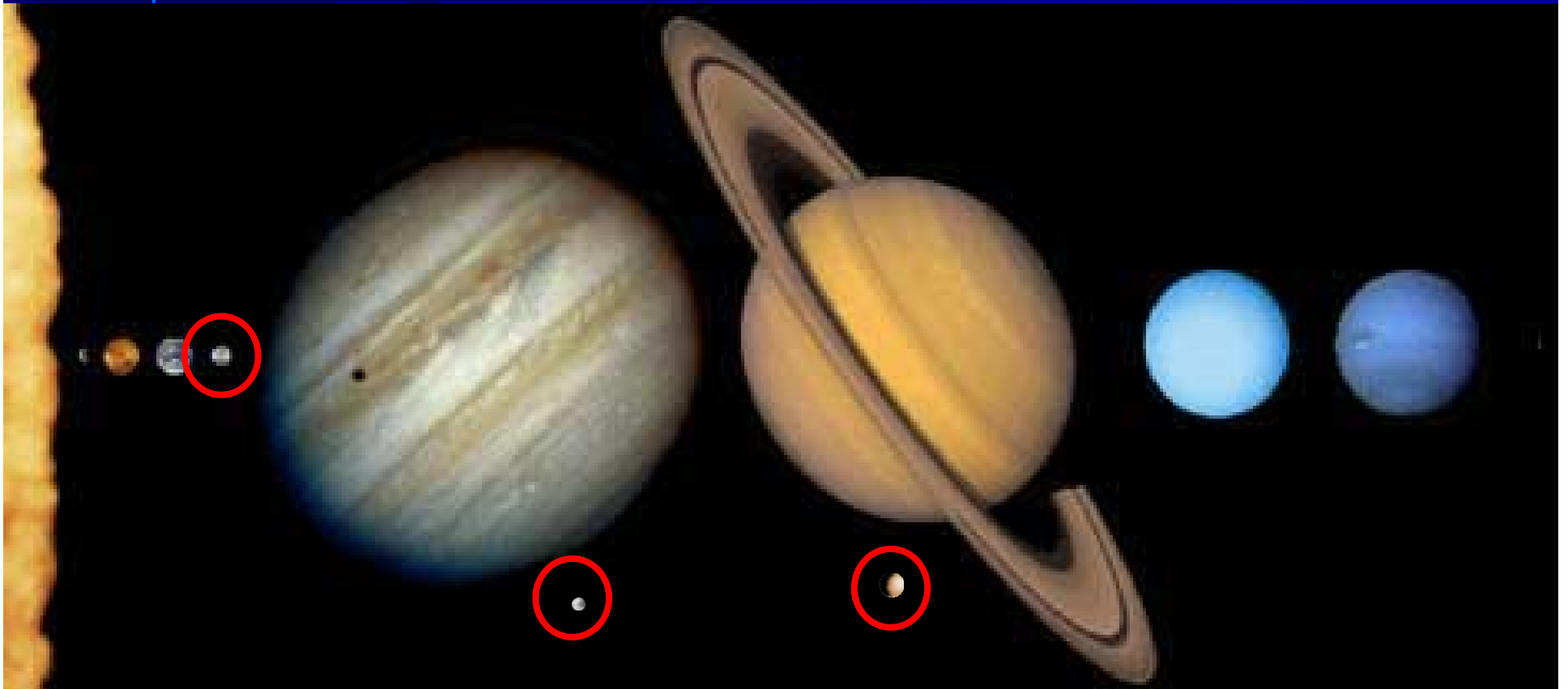


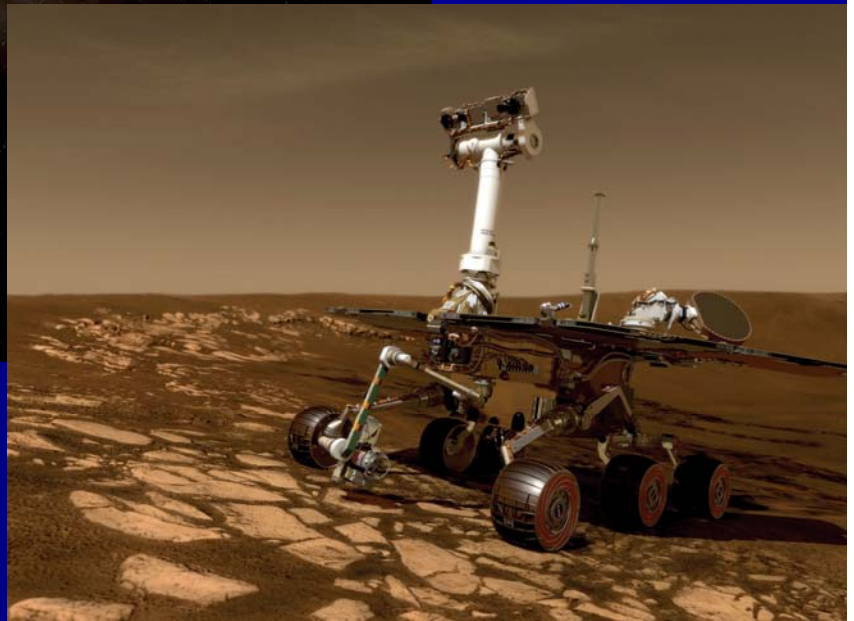
# Liv i vårt solsystem





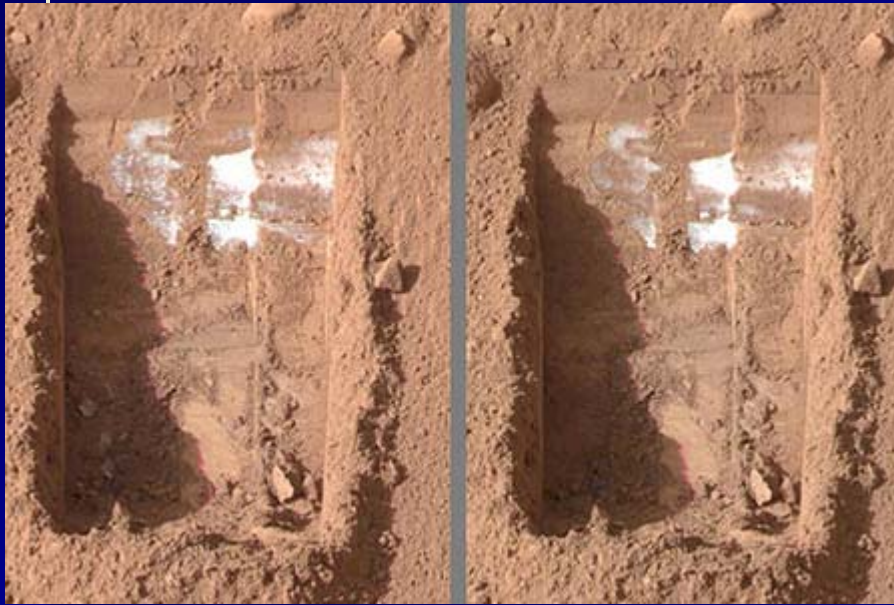
# Liv i vårt solsystem





**Mars**

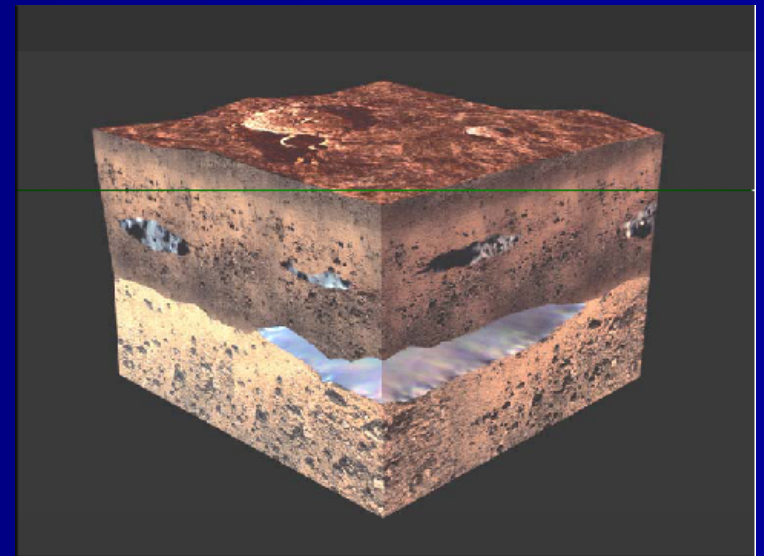
# Liv på Mars?



Bevis att det  
finns is på Mars

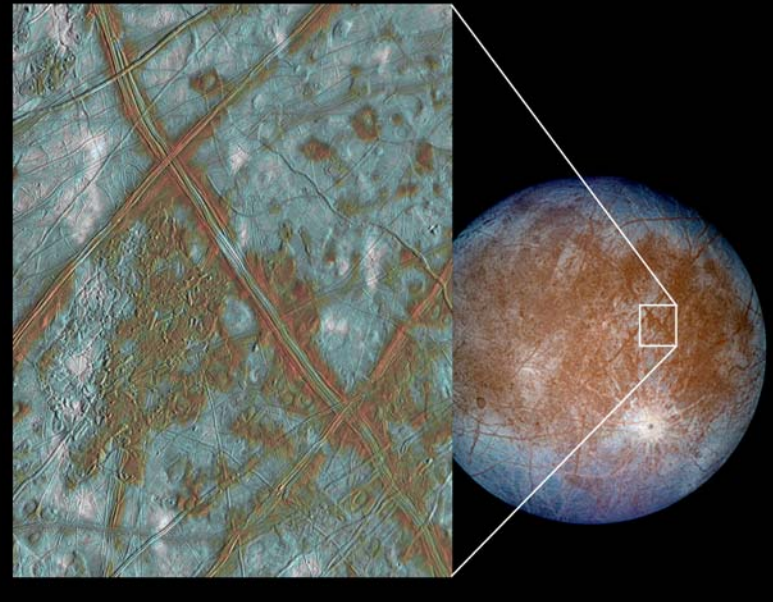
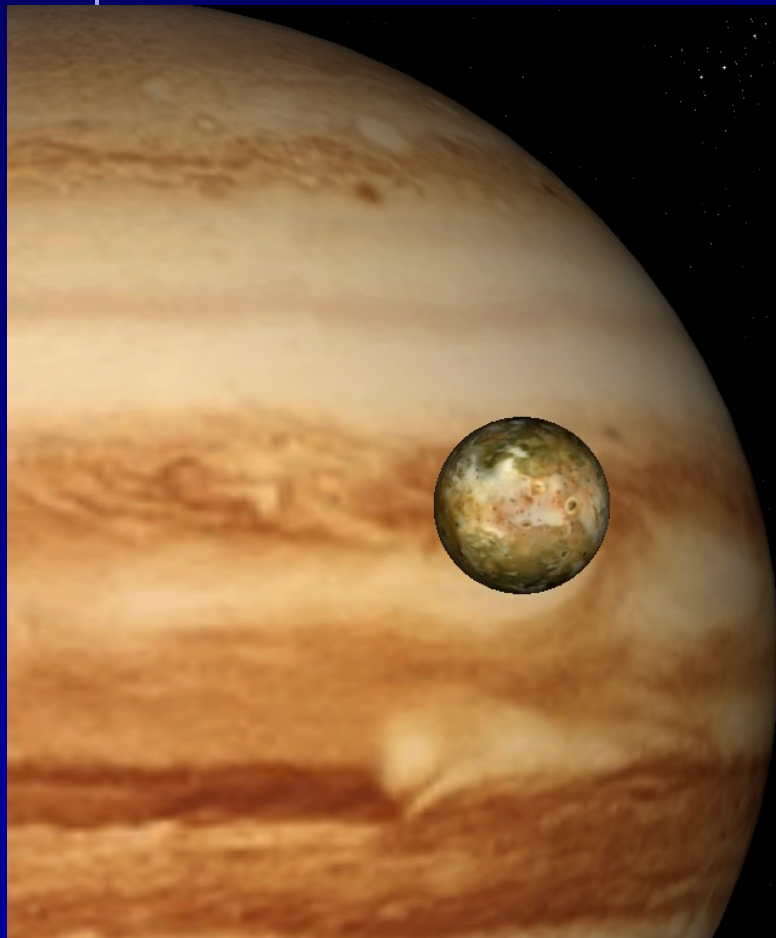


Phoenix



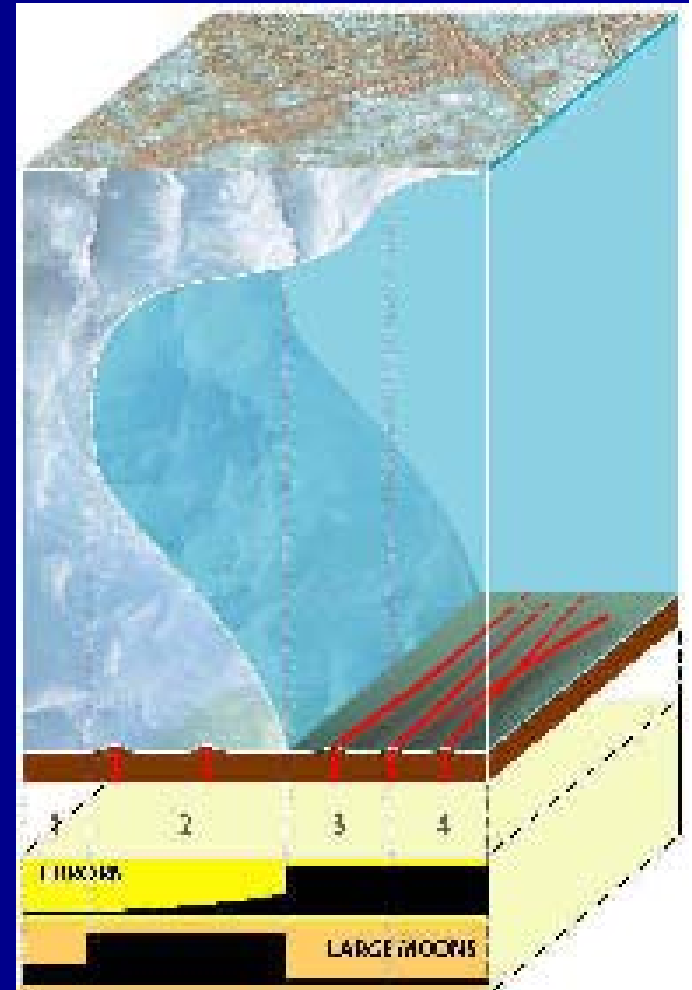


# Europa



# Liv på Europa?

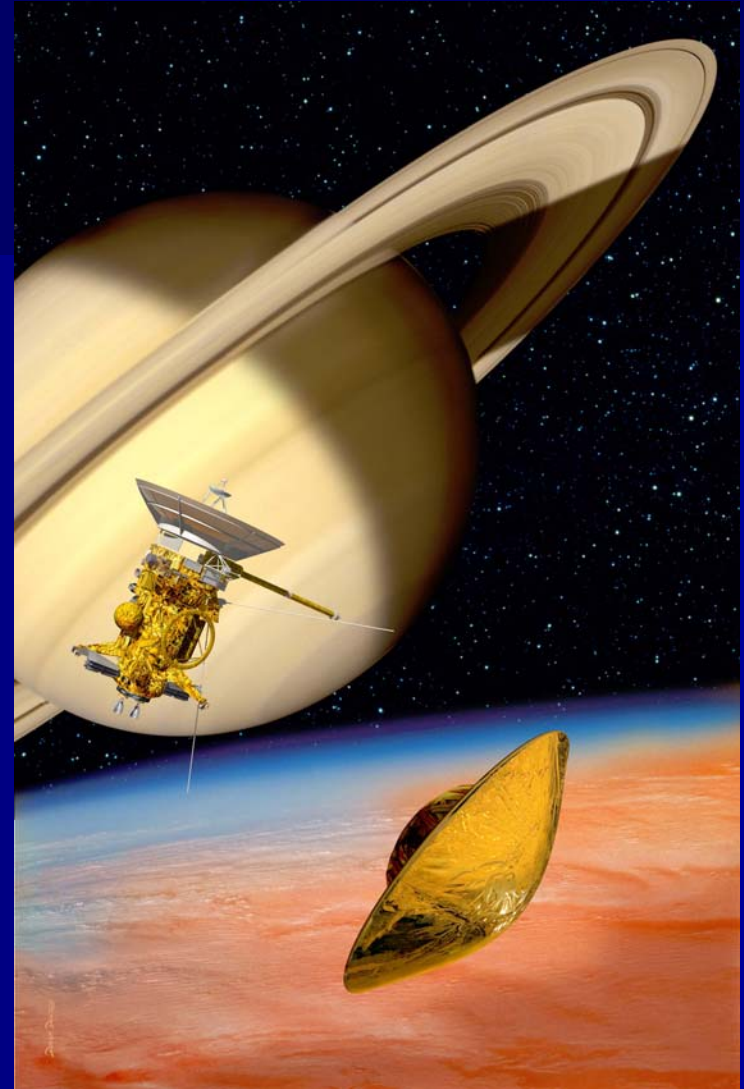
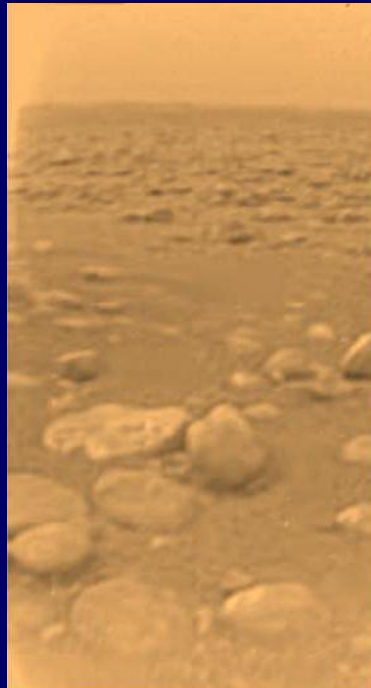
- Flytande vatten skulle kunna tänkas uppkomma på grund av Jupiters dragningskraft
- Energikällor är eventuellt möjliga att finna som redox-par som flyter runt i havet
- De bruna "beläggningarna" på Europas yta kan vara spår av liv
- Det finns förmodligen ett hav under Europas isyta, men det är ännu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



# Sammanfattningsvis;

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



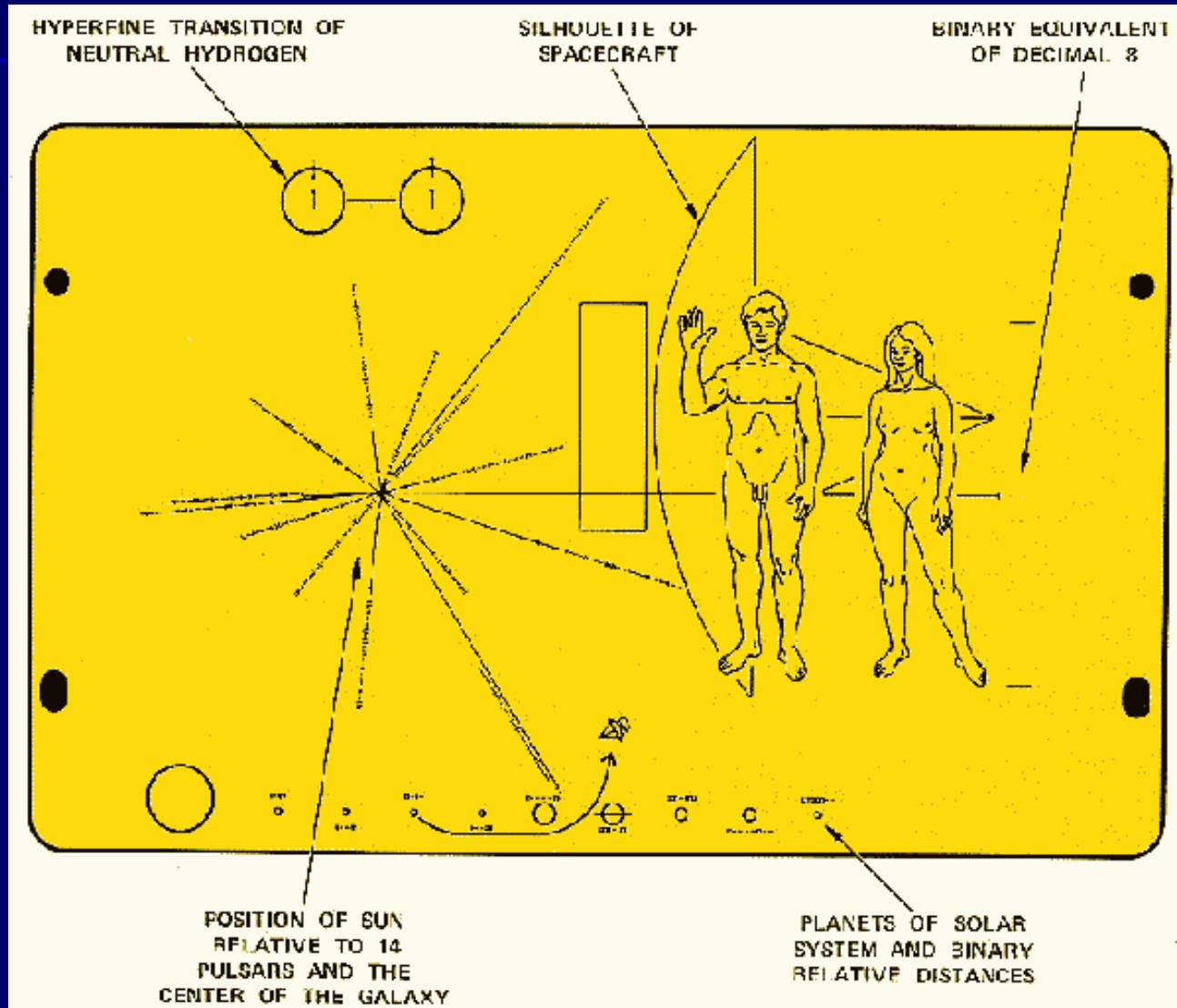


**Försök att kontakta andra**

# Försök att kontakta andra

- Pioneerplattan
  - Sändes upp med Pioneer 10 (1972) och Pioneer 11 (1973)
- Voyager golden record
  - Sändes upp med Voyager 1 och Voyager 2 (1977)

# Pioneerplattan



# Försök att kontakta andra

- Pioneerplattan
  - Sändes upp med Pioneer 10 (1972) samt Pioneer 11 (1973)
- Voyager golden record
  - Sändes upp med Voyager 1 och Voyager 2 (1977)
  - Kommer fram till närmsta stjärna om 40 000 år

# Voyager golden record

- Innehåller bland annat:
  - 115 bilder
  - diverse olika ljud
  - musikstycken
  - meddelanden från USAs president samt FNs generalsekreterare
  - intalade meddelanden på 55 olika språk

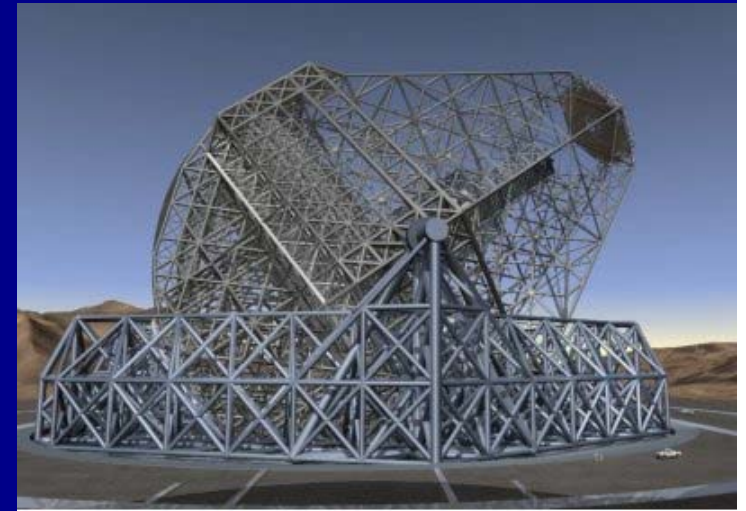


# Interstellär radiokommunikation



■ Arecibo

■ ELT



■ VLT

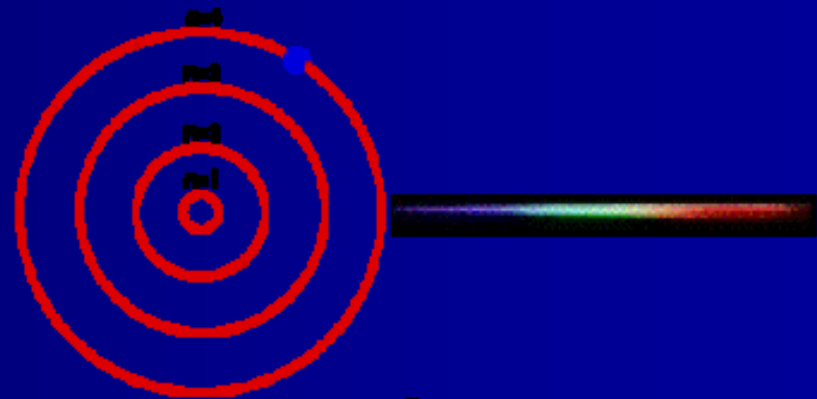


# Vad ska meddelandet säga?

- Matematik
  - universellt språk
- DNA
- Hur vi ser ut
- Var vi befinner oss
  
- Vilken nivå ligger mottagarna på?

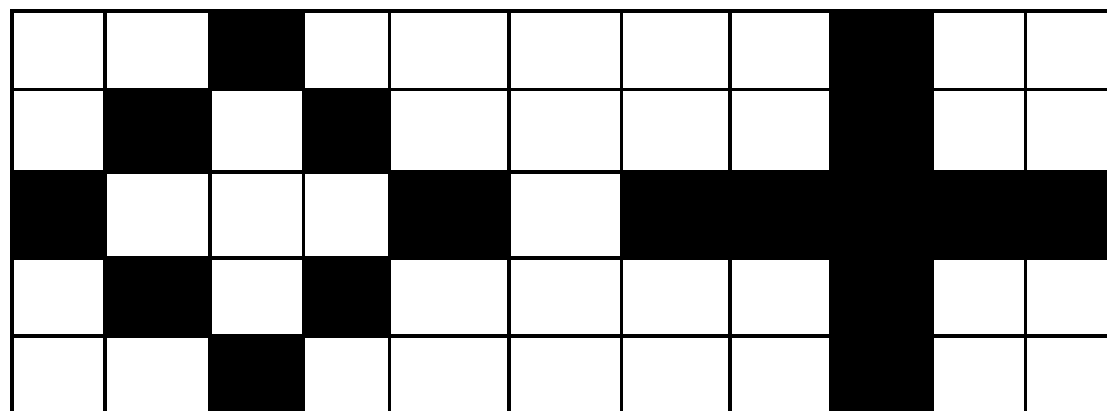
# Vattenhållet

- Väte
  - parallella/antiparallella spinn
  - 1420 MHz (21 cm våglängd)
- OH-molekyl
  - 1612 MHz (19 cm våglängd)





# Skicka bild



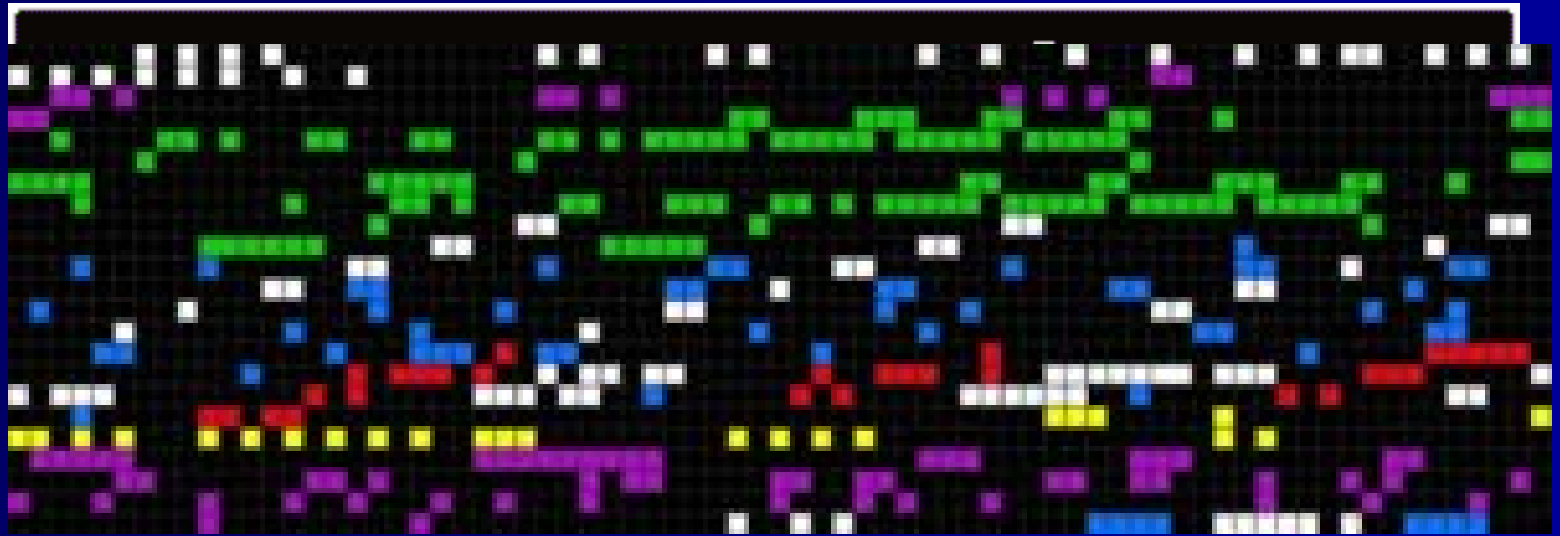
# Tolkning

- Anropssignal
- Upprepningar
- Räkna tecken
- Produkt av två primtal?
- Rita bild

# Utskickade meddelanden

- Arecibomeddelandet
  - 1974
  - 1679 bits
  - mot M13, ungefär 21 000 ljusår bort
- Två meddelanden från Ukraina
  - 1999 respektive 2003
  - 400 000 bits
  - mot stjärnor som ligger på ett avstånd mellan 50 och 70 ljusår ifrån oss

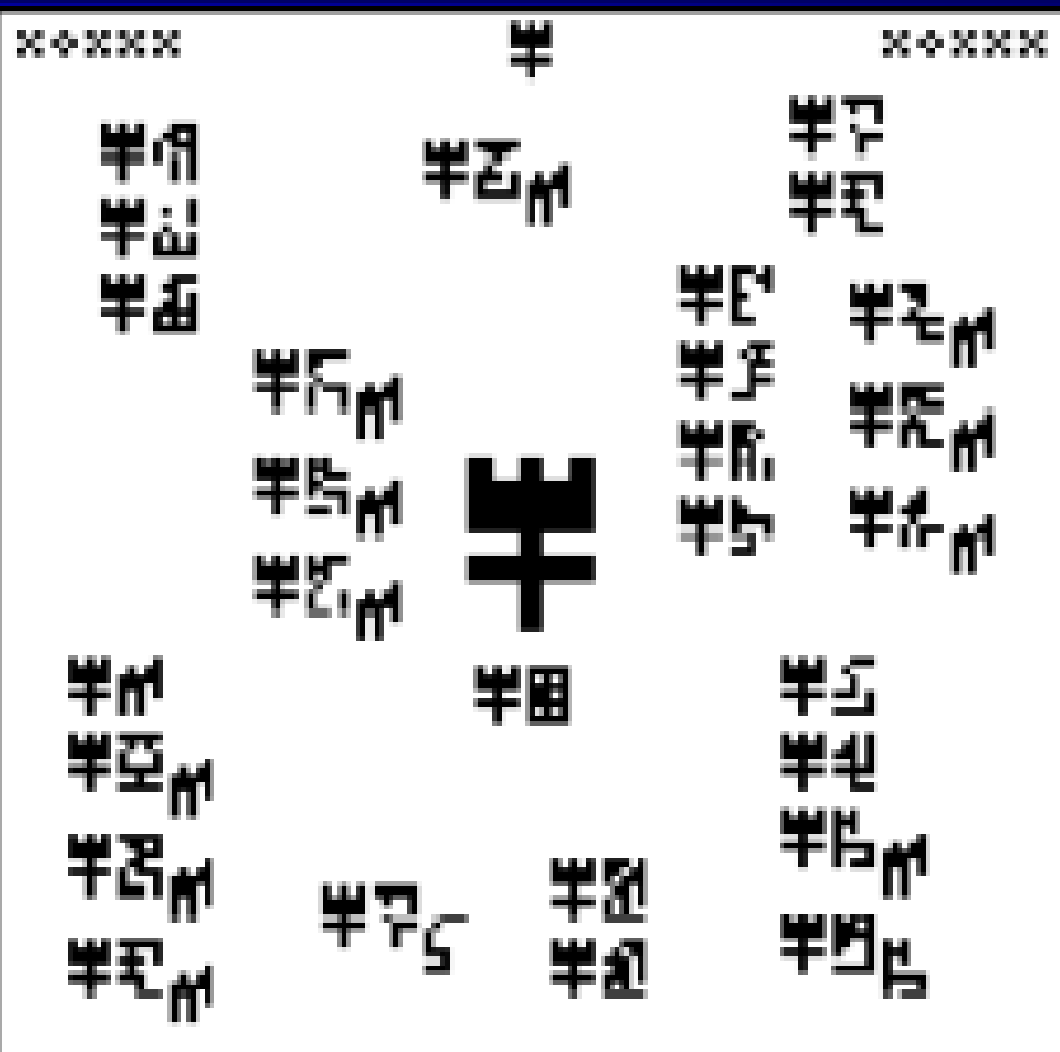
# Arecibomeddelandet







# Meddelanden från Ukraina



**Vad händer vid en  
detektion?**

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras



# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras
- Alla data görs tillgängliga

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras
- Alla data görs tillgängliga
- Data lagras inför framtiden

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras
- Alla data görs tillgängliga
- Data lagras inför framtiden
- De aktuella frekvenserna skyddas

# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras
- Alla data görs tillgängliga
- Data lagras inför framtiden
- De aktuella frekvenserna skyddas
- Internationella överläggningar



# Vad händer vid en detektion?

- Verifiering
- SETI samt nationella myndigheter informeras
- FNs generalsekreterare och vissa bolag inom telekommunikation informeras
- Media informeras
- Alla data görs tillgängliga
- Data lagras inför framtiden
- De aktuella frekvenserna skyddas
- Internationella överläggningar
- En kommitté bildas med representanter för alla intresserorganisationer. Leds av IAU Commission 51

# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem
- $f_l$  = andelen av dessa planeter där liv uppstår
- $f_i$  = andelen planeter med liv där intelligens utvecklas
- $f_e$  = andelen intelligenta arter som utvecklar kommunikation
- $L$  = bråkdel av planetens livslängd då kommunikation kan ske

# Drakes ekvation

- $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$ 
  - $R_* =$  antalet stjärnor i Vintergatan  
= ett par hundra miljarder



# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem

# Drakes ekvation

- Vilka stjärnor är olämpliga?
  - dubbel/trippel/multipla stjärnor  $\approx 25 - 30\%$
  - tunga stjärnor med kort livslängd
  - stjärnor med låg metallhalt (gamla stjärnor)
  - stjärnan måste ligga i den beboeliga zonen

# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem



# Drakes ekvation

- Vilka är livets krav?
  - organiska föreningar
  - flytande vatten
  - tät atmosfär
  - beboelig zon



# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem
- $f_l$  = andelen av dessa planeter där liv uppstår

# Drakes ekvation

- Endast en mätpunkt!
  - tillbaka till frågan om hur liv definieras egentligen...
  - vad kännetecknar liv?



# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem
- $f_l$  = andelen av dessa planeter där liv uppstår
- $f_i$  = andelen planeter med liv där intelligens utvecklas

# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem
- $f_l$  = andelen av dessa planeter där liv uppstår
- $f_i$  = andelen planeter med liv där intelligens utvecklas
- $f_e$  = andelen intelligenta arter som utvecklar kommunikation

# Drakes ekvation

■  $N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_e \cdot L$

- $R_*$  = antalet stjärnor i Vintergatan
- $f_p$  = andelen av dessa som har planetsystem
- $n_e$  = antal planeter med potential för liv i ett typiskt planetsystem
- $f_l$  = andelen av dessa planeter där liv uppstår
- $f_i$  = andelen planeter med liv där intelligens utvecklas
- $f_e$  = andelen intelligenta arter som utvecklar kommunikation
- $L$  = bråkdel av planetens livslängd då kommunikation kan ske

# Sammanfattningsvis;

- Försök har gjorts att kontakta andra
  - Meddelanden på rymdsonder
  - Radiomeddelanden
- Det finns en plan för vad som ska hända på jorden om vi blev kontaktade
- Med hjälp av Drakes ekvation kan man beräkna hur många intelligenta civilisationer som kan kommunicera i vår galax...
  - ...om man bara visste inparametrarna...