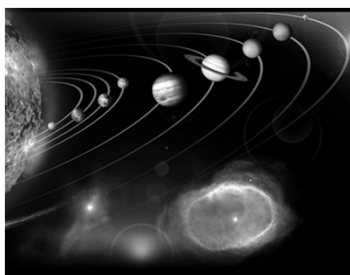


Sökandet efter intelligent liv i rymden

Föreläsning 2: Grundläggande astronomi och astrobiologi



Upplägg

- Grundläggande astronomiska begrepp:
 - Galax, stjärna, planet
 - Måne, asteroid, komet
 - Meteorid, meteor och meteorit
- Vårt solsystem
- Livets uppkomst

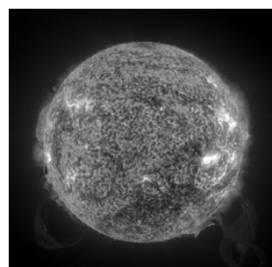
Davies: Kapitel 1 & 2 + Kapitel 3 översiktligt

Galax



Galax $\approx$ Stort stjärnsystem
Vår galax Vintergatan innehåller uppskattningsvis ~ 100 miljarder stjärnor

Stjärna



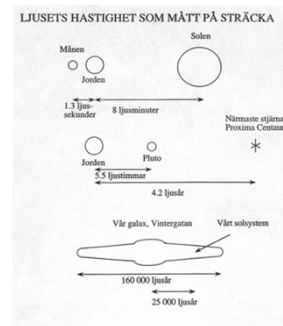
Stjärna = Lysande gasklot som får sin energi från fusionsprocesser i sitt inre
Solen är vår närmaste stjärna

Stjärna $\approx$ vätebomb

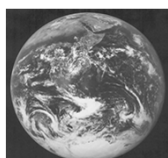


Avståndsenheter i astronomi

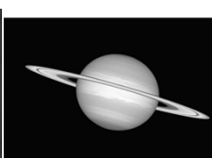
- Ljusår: Den sträcka ljuset hinner på ett jordår
- Detta motsvarar ca $9,46 \times 10^{15}$ m
- Parsek: 3,26 ljusår



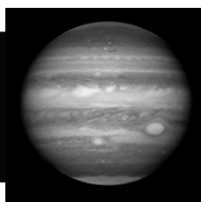
Planet



Jorden/Tellus



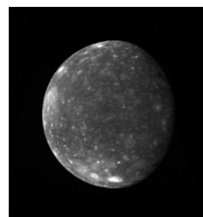
Saturnus



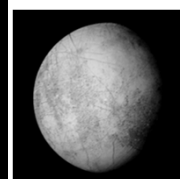
Jupiter

Planet $\approx$ Klot av gas eller fast material som kretsar kring en sol och är tillräckligt massivt för att ha rensat bort mindre objekt från sin närhet. Sedan 2006 räknas inte Pluto som en planet.

Måne



Callisto



Europa



Ganymedes

Måne $\approx$ Klot av gas eller fast material som kretsar kring en planet (eller asteroid $\rightarrow$ asteroidmåne). Jorden har en måne – Jupiter har 66 stycken.

Asteroid



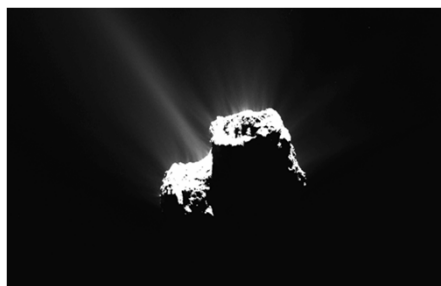
Asteroid $\approx$ Stenklump på drift i rymden. Större asteroider kallas ibland planetoider. I vårt solsystem finns det ett asteroidbälte mellan Mars och Jupiters banor.

Komet



Komet $\approx$ "Smutsig" snö/isklump på drift i rymden. Får en (eller två) synliga svansar när den närmar sig solen. Periodiska kometer återvänder till de inre delarna av solsystemet efter lång tid (decennier till miljontals år).

Rymdsonden Rosettas bilder av kometen 67P/Churyumov–Gerasimenko



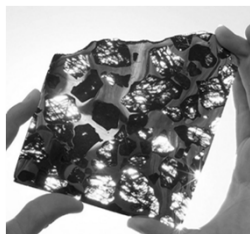
Meteorid och meteor

Meteorid (även meteoroid): Liten sten av dammkorns till klippblocks storlek (<10 m).

Meteor: meteorid som faller in i atmosfären, hettas upp och ger ifrån sig ett kortvarigt, lysande streck över himlen ("stjärnfall").



Meteorit

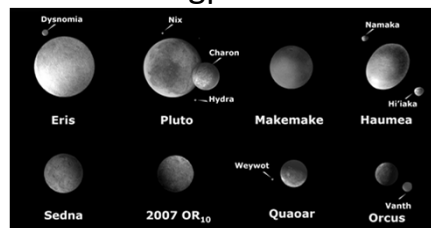


Delar av Fukang-meteoriten

Meteorit: Meteorid som når marken

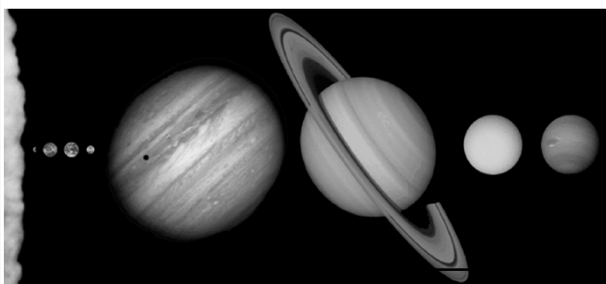


Dvärgplaneter



Några stora objekt i omloppsbana bortom Neptunus. Eris, Pluto, Makemake och Haumea räknas i nuläget som dvärgplaneter. Ibland används även begreppet plutoider. Även Ceres i asteroidbältet mellan Mars och Jupiter räknas numera som dvärgplanet.

Solsystemet



De inre (jordlika) planeterna

De yttre planeterna (gasjättar)

De jordlika planeterna

- | | |
|-------------|------------------------|
| | Gemensamma drag: |
| • Merkurius | • Ligger nära Solen |
| • Venus | • Liten diameter |
| • Jorden | • Låg massa |
| • Mars | • Litet antal månar |
| | • Fast yta |
| | • Hög densitet |
| | • Tunn atmosfär |
| | • Kärna av järn/nickel |

De yttre planeterna

- | | |
|------------|---|
| • Jupiter | Gemensamma drag: |
| • Saturnus | • Ligger långt från Solen |
| • Uranus | • Stor diameter |
| • Neptunus | • Hög massa |
| | • Stort antal månar |
| | • Består till stor del av väte och helium |
| | • Liten stenkärna |
| | • Tjock atmosfär |
| | • Låg densitet |

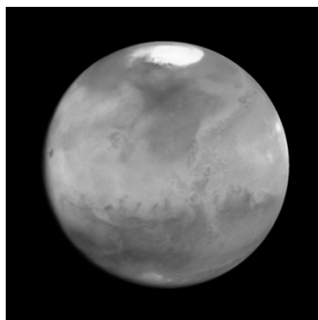
Flytande vatten

- Flytande vatten antas ofta vara en förutsättning för liv i rymden – eftersom livet på jorden verkar helt beroende av det
- Observera: Detta väldigt jordcentrerade synsätt kan i princip leda oss helt fel
- Exempelvis flytande ammoniak har föreslagits som ett intressant alternativ

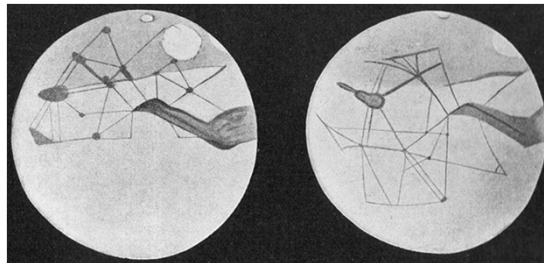


Mars

- Den mest jordlika planeten i solsystemet
- Temperatur: -100° till $+10^{\circ}$
- Har förmodligen haft flytande vatten
- Två månar: Phobos & Deimos



Mars: Kanaler?

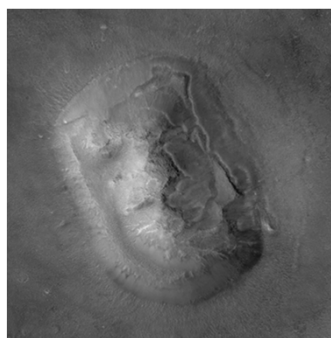


Percival Lowells kanaler, omkring 1890—1910

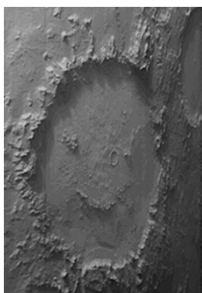
Mars: Cydonia-ansiktet 1976



Mars: Cydonia-ansiktet 2001



Andra märkliga, men högst naturliga, ytstrukturer på Mars



Galle-kratern



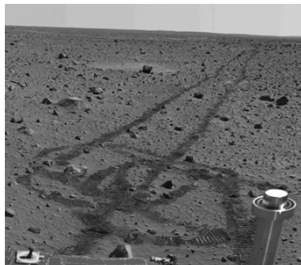
Libya Montes

Viktiga expeditioner till Mars I

- Mariner 4 (1964, USA): Första rymdsonden att ta bilder av Mars yta
- Mars 3 (1971, Sovjet): Första rymdsonden som klarar landningen, men fungerar bara i 20 s
- Viking 1 & 2 (1976, USA): Landar på mars och tar prover
- Mars Global Surveyor (1996, USA): Kartlade hela planetens yta från låg höjd
- Mars Pathfinder (1997, USA): Åkte runt på ytan, tog bilder och gjorde kemisk analys av mineraler
- Mars Odyssey (2001, USA): Hittar tecken på fruset vatten ca 1 m under mars yta

Viktiga expeditioner till Mars II

- Av mer än 50 försök att nå planeten med rymdsonder har 21 lyckats
- 15 sonder har avsett att landat på Mars, men bara 8 har kommit fram och lyckats sända data efter landning



Hjulspår efter Spirit (2004)

Curiosity

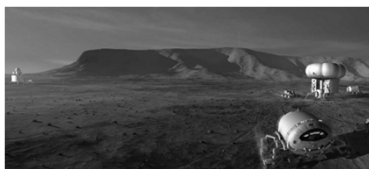
- Fjärrstyrd Marsbil som just nu söker efter liv i en speciell krater på Mars
- Landade 5 augusti 2012 och kör fortfarande runt på Mars
- Utrustad med bl.a. borr, spektroskop, mikroskop och laser



Ytan på Mars, fotograferad av Curiosity (2012)

En bemannad Mars expedition?

- NASA: Mitten av 2030-talet?
- Mars One (privat initiativ): 2026?
- Huvudsakliga syften:
 - Kortsiktigt: Söka efter liv eller lämningar av liv
 - Långsiktigt: Terraforming?
- Risk: Kontaminering av mikroorganismer Jorden → Mars, eller Mars → Jorden



- Koncept: Enkel resa – mycket billigare (ca 40 miljarder SEK) än tur-och-retur (ca 700 miljarder SEK)!
- Projektet finansieras genom donationer, sponsring, licensavtal
- Videosändning dygnet runt från kolonin (reality-TV)
- Första delarna av Marskolonin beräknas vara på plats 2023-2025
- Första 4 astronauterna på Mars 2027, därefter 4 nya vartannat år

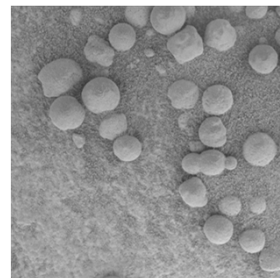
Det kontroversiella Vikingresultatet

- Vikingsonderna grävde upp jord och utförde en serie enkla experiment i jakt på biomarkörer
- Ett av experimenten tydde på liv på Mars (men två andra gjorde det inte)
- Resultaten från Viking 1 & 2 är än idag mycket svårtolkade, och frågan om mikroskopiskt liv på Mars är fortfarande öppen

Flytande vatten på Mars?

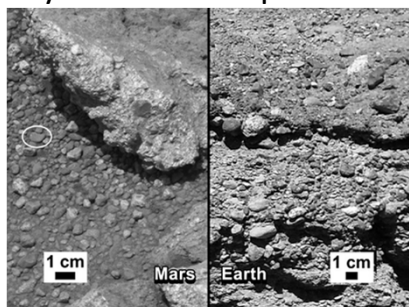


Meander på Mars – tros ha bildats av flytande vatten



Hematit – tyder på förekomsten flytande vatten i det förflutna

Flytande vatten på Mars?



Curiositys fotografi av rundade stenar (t.v.), som verkar ha slipats i strömmande vatten

Hur förlorade Mars sitt vatten?

- Under ytan finns sannolikt tillräckligt med fruset vatten för att täcka hela planeten med ett 35 m djupt vattenhav
- Mars atmosfär är mycket tunn → flytande vatten omöjligt under någon längre tid
- Solvinden blåste bort tidigare tät atmosfär?

Magnetfält och atmosfärer I

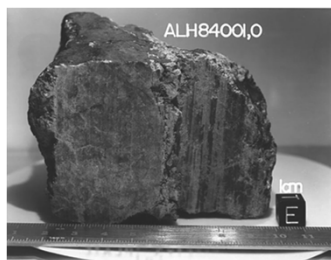
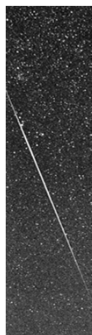
- Flytande järnkärna → magnetfält hos jordlika planeter
- Magnetfältet kan skydda mot solvinden och hindra atmosfären från att "blåsa bort"
- Förbryllande fakta:
 - Mercurius och Jorden har magnetfält
 - Venus och Jorden har täta atmosfärer

Hur går detta ihop
???

Magnetfält och atmosfärer II

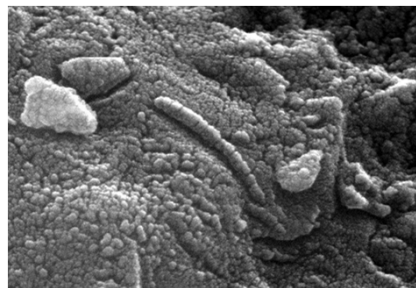
- Mars:
 - Saknar ett magnetfält för att denna ganska lilla planet svalnade fort och inte längre har en flytande järnkärna
 - Låg gravitation (40% av jordens) + solvind + inget magnetfält → atmosfären förlorad
- Venus:
 - Lite oklart varför Venus saknar magnetfält, men möjligen p.g.a. alltför låg rotationshastighet (243 dagar)
 - Venus behåller dock sin atmosfär p.g.a. starkare gravitation (90% av jordens)
- Mercurius:
 - För het (upp till 350 °C) och för låg gravitation (40% av jordens) för att behålla tät atmosfär, trots magnetfält

Meteoriter från Mars



Marsmeteorit: Meteorit som slagits lös från Mars yta vid nedslag av asteroid eller komet, färdats genom rymden och slutligen fallit ned på jorden

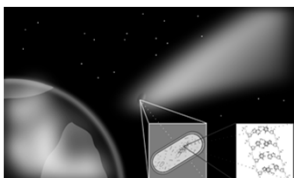
Mikroorganismer i Marsmeteoriter?



Fossila mikroorganismer från Mars i meteoriten ALH84001 som hittades i Antarktis 1984? Fortfarande oklart...

Panspermihypotesen I

- Antagandet att mikroskopiskt liv kan spridas mellan planeter eller t.o.m. stjärnsystem inuti exempelvis asteroider, kometer, dvärgplaneter
- Om så är fallet, behöver (mikroskopiskt) liv bara ha uppstått spontant på något/några ställen i Vintergatan för att få fäste på många



Panspermihypotesen II

- Faror med rymdresor av detta slag:
 - Joniserande strålning från ex. stjärnor, supernovor, gammablixtar
 - Kosmisk strålning (laddade partiklar med höga hastigheter, ex. elektroner och protoner)
 - Hettan som alstras vid inträde i hög hastighet planetatmosfär
 - Nedslaget på planeten

Stöd för panspermihypotesen I

- Europeiska rymdstyrelsens kapsel Foton-M3 visade 2007 att mikroorganismer kan överleva oskyddad uppskjutning, 12 dygn i rymden och därefter återinträde genom atmosfären
- Detta stödjer spridning mellan planeter, men interstellär spridning kräver överlevnad under betydligt längre tidsskalor



Stöd för panspermihypotesen II

- Liv förväntas vara beroende av de grundämnen som är rikligt förekommande där det först uppstått
- Livet på jorden beroende av kol, väte, syre, kväve, fosfor – som det också finns gott om på jordytan
- Crick & Orgel (1973): Men många av våra enzymer beroende av *molybden* – ett mycket sällsynt ämne (54:e plats på jordytan). Uppstod livet på en plats där halten är högre än här?

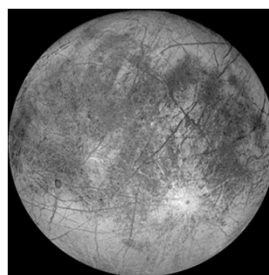


Molybden (^{42}Mo)

”Om det finns liv både jorden och mars så måste det väl betyda att det finns på massor av ställen i rymden?”

- Tyvärr inte...
- Livet kan ha studsat fram och tillbaka mellan planeterna flera gånger om
- Måste visa att livet uppstått spontant på båda planeterna, oberoende av varandra, för att få en indikation på att det är lätt för liv att uppstå

Andra tänkbara gömställen för liv i solsystemet: Europa



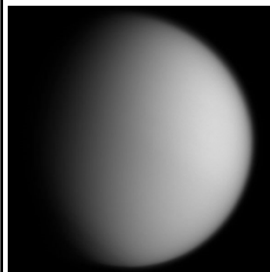
- Jupitermånen Europa kan ha flytande vatten under istäcke
- Tidvatteneffekter fungerar som värmekälla

Andra tänkbara gömställen för liv i solsystemet: Enceladus



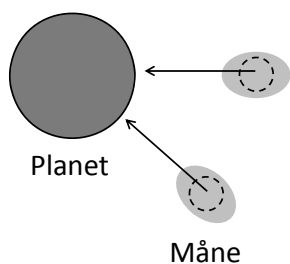
- Saturnus måne Enceladus kan ha flytande vatten under istäcke
- Tidvatteneffekter eller radioaktivitet fungerar som inre värmekälla
- Brist på nedslagskratrar på delar av månen tyder på att ytan förnyas, ex. genom vattenvulkaner
- Utsprutad vattenånga (gejsrar) från ytan har observerats

Andra tänkbara gömställen för liv i solsystemet: Titan



- Saturnus största måne, Titan, är den enda månen med tät atmosfär
- Bortsett från jorden det den enda kroppen i solsystemet med flytande sjöar (av flytande metan)
- Flytande vatten & flytande ammoniak under ytan ?

Tidvatteneffekter som värmekälla

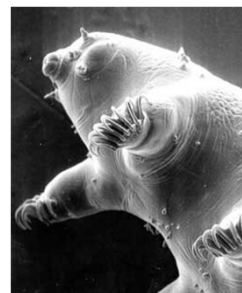


Månen deformeras av dragningskraften från sin moderplanet.

När utbuktningen dras fram över månens yta gör friktionen i ytlagret månen hettas upp

Extremofiler - extrema mikroorganismer

- Eventuellt liv på Mars, Europa, Enceladus... kräver extremt tåliga livsformer
- Men inte nödvändigtvis ett problem – vi har många sådana på Jorden
- Finns extremofiler som tål extrema temperaturer, extrem tryck, extrem strålning, vakuum etc.
- Alla vi känner till kräver dock fortfarande vatten för överlevnad



Exempel: Björndjur

Björndjur (trögröpare)

- Över 1100 arter
- Storlek: 0.05-1 mm
- Tål temperaturer från nära absoluta nollpunkten (-273° C) till ca 150° C
- Kan gå i dvala och klara sig 10 år utan vatten
- Förekommer 6000 m över havsytan till 4000 m under havsytan (och från pol till pol)



Engelska: tardigrade, moss piglet, waterbear

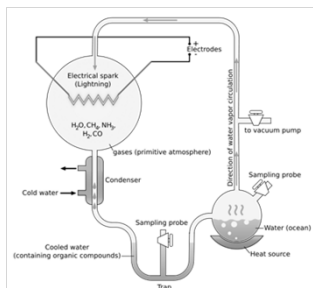
Biogenesis: Hur uppstod livet på jorden?

- Jorden har funnits ca 4.5 miljarder år
- 3.5 miljarder år gamla mikrobossil → Livet på jorden åtminstone så gammalt
- Okänt exakt var och hur livet på jorden först uppstod



Miller-Urey-experimentet (1953)

- Jordens tidiga atmosfär i återskapas i ett lab (vatten, metan, ammoniak, väte)
- Elektriska urladdningar ("blixtrar") tillsätts
- Resultat: Aminosyror
- Viktig byggsten för liv:
Aminosyror → RNA/DNA →
celler → Större livsformer



Slutsats: Livets första byggstenar (aminosyror) kan uppstå spontant på den tidiga jorden
Men: Fortfarande okänt hur resten av stegen tas

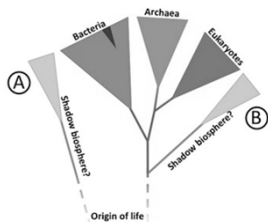
Knivigt problem: Hur definieras liv?

- Formell definition saknas, men följande antas ofta:
 - Metabolism
 - Anpassningsförmåga
 - Rörelse
 - Reproduktion

Obs! Virus kvalar inte in i denna definition – de saknar celler och har därför inte någon metabolism

Skuggbiosfären

- Startade livet på jorden en gång eller flera?
- Viktigt, eftersom det säger något om hur lätt det är att gå från grundläggande byggstenar (ex. aminosyror) till riktigt liv



Skuggbiosfären

- Davies föreslår (kap 3) att livet på jorden kanske uppstått längs flera stammar
- Skuggbiosfären: Livsformer från alternativ stam som lever sida vid sida med oss men som vi inte lägger märke till
- Virus som anpassat sig för att växelverka med organismer från annan stam kan vara en signatur



En näve jord innehåller miljontals olika mikroorganismer – och de flesta har aldrig klassificerats eller analyserats