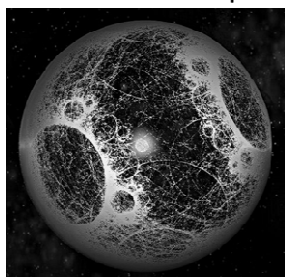


Intelligent liv i Universum – Är vi ensamma?

Föreläsning 9: Supercivilisationer och superteknologi



Rättelse från förra föreläsningen

- Voyager 1 och 2 (uppskjutna 1977) är de rymdsonder som nått längst från jorden
- Voyager 1 har nått mer än 16 ljusår bort (113 astronomiska enheter)
- Voyager 1:s hastighet är ca 62 000 km/h (0.00006c)
- Med denna hastighet skulle det ta ca 17 000 år att nå ett avstånd som motsvarar vår närmaste grannstjärna (4.4 ljusår)



Om restiden mellan stjärnorna ska bli mer rimlig måste man färdas *mycket* snabbt!

Upplägg

- Kardashev-skalan
- Post-biologisk och artificiell intelligens
- Teknologisk singularitet
- Superteknologi
- Metoder för att söka efter supercivilisationer

Davies: kapitel 7-8

Kardashev-skalan

- Mäter en civilisations nivå av teknologisk utveckling
- Baserad på den mängd energi civilisationen förfogar över
- Kardashev (1964): Typ I, II & III

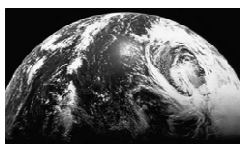


Nicolai Kardashev (1932-)

Kardashev typ I

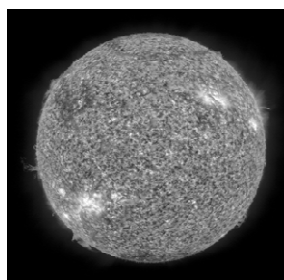
Olika definitioner förekommer:

- Kardashev : Civilisation med energiförbrukning motsvarande mänskligheten (ca 4×10^{12} W år 1964)
- Davies: Använder alla energitillgångar på sin hemplanet
- Vanligast (tror jag): Utnyttjar energi motsvarande solinstrålningen (insolationen) till hemplaneten ($\approx 1.5 \times 10^{17}$ W i jordens fall)



Kardashev typ II

- Civilisation som utnyttjar den totala strålningsenergin från sin moderstjärna
- Ca 4×10^{26} W i solens fall
- Observera att det finns stjärnor som kan alstra $\sim 10^6$ mer än vår sol (under miljontals år) → Moderstjärnan kanske inte bästa energikällan



Kardashev typ III



- Civilisation som förfogar över den energi som utstrålas från sin hemgalax
- Ca 4×10^{37} W i Vintergatans fall

Carl Sagans version

$$K = \frac{\log_{10} MW}{10}$$

K: Civilisationens Kardashev-grad
 MW: Civilisationens energiförbrukning i megawatt
 För mänskligheten: 1.5×10^7 MegaWatt $\rightarrow K \approx 0.7$

Enligt denna definition är vi alltså en Kardashev typ 0.7-civilisation

Utvidgad Kardashev-skala

Olika definitioner av Kardashev typ IV:

- Utnyttjar ljusenergin hos hela det observerbara universumet
- Utnyttjar ljusenergin hos den lokala superhopen av galaxer (största gravitationellt bundna strukturen i Universum idag)
- Utnyttjar energi utanför hemgalaxen, ex. mörk energi

Alternativa skalor

Inte uppenbart att totala energiförbrukningen är det bästa måttet. Alternativa skalor baseras på:

- Den informationsmängden civilisationen förfogar över (Carl Sagans skala A-Z)
- Hur utspridd civilisationen är (Zubrans skala)
 - Typ I: Spridd över hemplaneten
 - Typ II: Koloniserat sitt solsystem
 - Typ III: Koloniserat hemgalaxen
- Hur små föremål civilisationen kan manipulera (Barrows skala)



Utomjordingar avbildas ofta som humanioider med stora huvuden (hjärnor), men är det verkligen dit utvecklingen leder?

Postbiologisk intelligens

- Utveckling inom bioteknologi, nanoteknologi och informationsteknologi $\rightarrow$ Undviker (nuvarande) biologiska systems begränsningar
 - Högre intelligens?
 - Längre livstid?
 - Inga sjukdomar?
- Biologiska fasen i civilisationers utveckling kortvarig?



Artificiell intelligens

- Mänskliga hjärnan:
~ 10^{14} - 10^{20} operationer/s
(omtvistat)
- Världens snabbaste dator
(november 2012): Cray Titan,
 1.8×10^{16} operationer/s
- Moore's lag:
Datorkapaciteten fördubblas
vartannat år → Datorer når
hjärnans beräkningskapacitet
inom ca 20 år



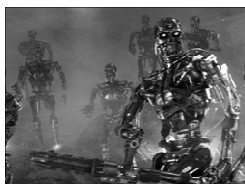
HAL 9000 - Ett flymdaventyr

Obs! Beräkningskapacitet ≠ Intelligens eller medvetande
Inte säkert att vi kommer att kunna skapa en AI med
mänsklig intelligens under överskådlig tid...

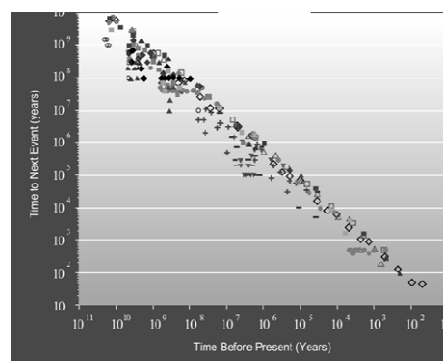


Den teknologiska singulariteten

- Framtida tidpunkt då utvecklingen plötsligt
börjar gå extremt snabbt ("mot oändligheten")
till följd av exempelvis skapandet av en AI med
förmåga att göra sig själv smartare
- Anses ofta omöjligt att förutspå vad som händer
efter singulariteten (om vi alls överlever den)

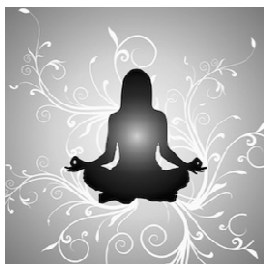


Den teknologiska singulariteten



Transcendens?

- Har föreslagits att avancerade
civilisationer kan vilja driva sin
teknologi mot "inre rymden"
istället för den yttre
- Ökad miniaturisering och täthet
tills tillstånd som liknar
neutronstjärna eller svart hål
uppnås
- Transcendens: Lämna "yttre
rymden" och kryper in i sitt
svarta hål (och möjligen ut i ett
nytt universum)



Barrow-skalan

Skala som beskriver civilisations förmåga att manipulera
småskaliga föremål:

- Typ I minus: Manipulering på ungefär samma
längdskala som varelserna själva
- Typ II minus: Manipulering av gener
- Typ III minus: Manipulering av molekyler
- Typ IV minus: Manipulering av atomer
- Typ V minus: Manipulering av atomkärnor
- Typ VI minus: Manipulering av kvarkar och leptoner
- Typ Omega minus: Manipulera rum- och tidsstruktur

Allt högre teknologitäthet →
Svart hål och transcendens till annat universum?

Superteknologi

- Von Neumann-sonder
- Dysonsfärer
- Matrioshka/Jupiter brains

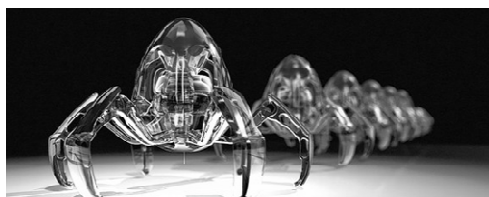
Von Neumann-sonder

- Självreplikerande robotsonder som skickas ut för att utforska/kolonisera rymden
- Tar material de hittar längs vägen och bygger nya sonder
- En Bracewell-sond (se föreläsning 7) kan även vara en von Neumann-sond



John von Neumann (1903-1957)

Små sonder



- Lättare att accelerera ett föremål med låg massa till hastigheter nära ljusets
- Strategi: Skicka ut i stora svärmar av mikro- eller nanorobotar för att säkra överlevnad för ett fåtal

Dyson-sfär I

- Hypotetisk, artificiell struktur av satelliter (eller fast skal) kring stjärna som fångar upp andel av stjärnans utstrålade energi
- Möjlig teknologi för Kardashev typ II-civilisation
- Värmeenergi måste strålas bort för att inte smälta sfären → Sfären kan inte långsiktigt göra stjärnan helt osynlig, bara ändra dess spektrum
- Sfär med temperatur av några hundra grader (eller lägre) → infraröd glöd

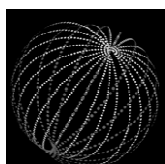


Freeman Dyson, 1923-

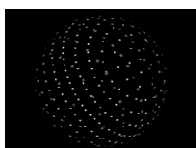
Dyson-sfär II: Varianter på temat



Dyson-ring

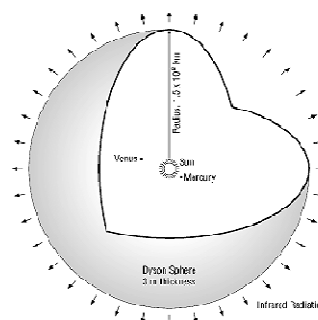


Dyson-svarm



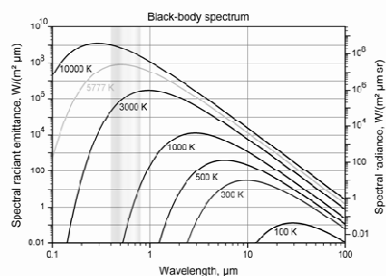
Dyson-bubbla

Dyson-sfär III: Dyson-skal



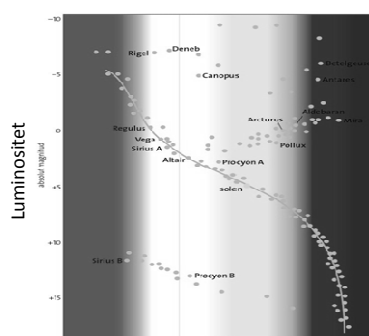
Dyson-skal av fast material från nedmonterade planeter

Tänkbara signaturer från Kardashev typ II



Stjärna där bara andel av strålningen fångas in uppvisar troligen ett spektrum som är en blandning av en vanlig stjärnas och ett dominerat av infraröd strålning

Hertzsprung-Russel-diagrammet



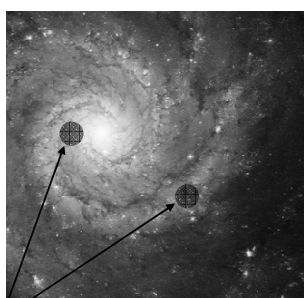
Stjärna helt omsluten av Dyson-sfär förväntas dyka upp ungefär här (hög luminositet, men extremt låg temperatur)

Hög ytemperatur

Låg ytemperatur

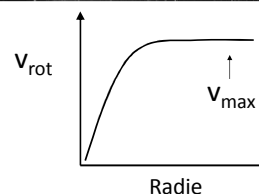
Dyson-sfärer och Kardashev typ II-III

- Civilisation som kapslar in stjärnor i sin närhet i Dyson-sfärer → "Bubblor" av låg UV/optisk ljusstyrka jämfört med omgivningen
- Bubblorna kan dock ha högre infraröd ljusstyrka än omgivningen

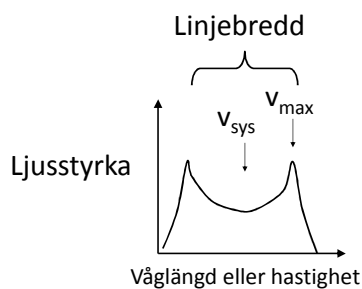


Dyson-signaturer

Rotationskurvor hos skivgalaxer



Vätets emissionslinjeprofil

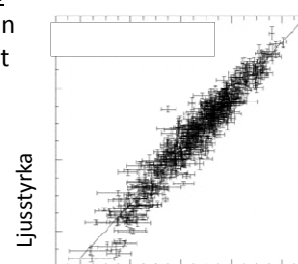


Halva linjebredden ger mått på maxhastigheten, vilket också säger något om galaxens totalmassa

Dyson-sfärer och Kardashev typ III

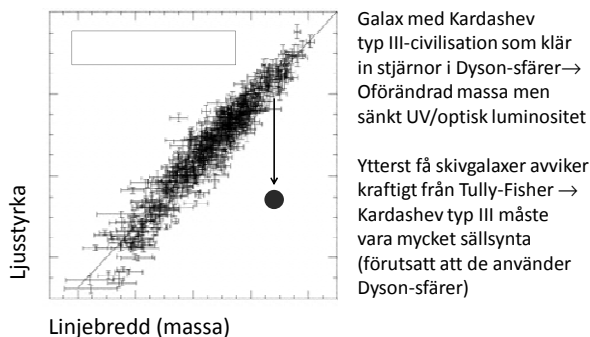
- Tully-Fisher-relationen: Empirisk relation mellan skivgalaxers luminositet och vätets linjebredd (mått på massan)
- Relationen har mycket låg spridning

Stort antal skivgalaxer

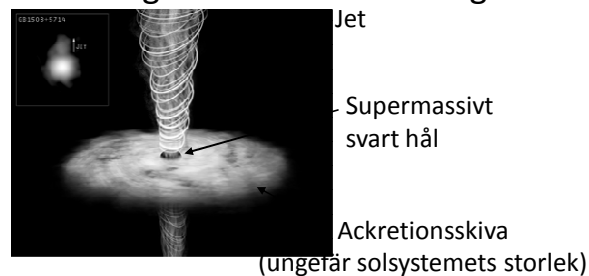


Linjebredd (massa)

Dyson-sfärer och Kardashev typ III

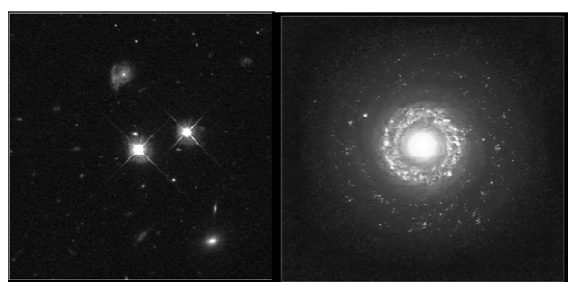


Aktiva galaxkärnor som energikälla



Galaxer med aktiv kärna producerar extremt hög ljusstyrka i liten region i centrum → Bättre att kapsla in den aktiva kärnan istället för stjärnor?

Exempel på aktiva galaxkärnor

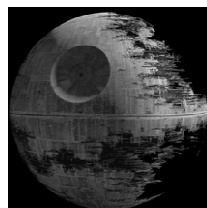


Kvasarer

Seyfert-galax

Den nya skolans SETI

- Davies: Sök efter de effekter som en utomjordisk civilisations teknologi har på den omgivande rymden!



Svarta hål som energikälla

- I princip möjligt att utvinna stora mängder energi från roterande svarta hål
- Davies: Hissmekanism där avfall dumpas i det svarta hålet och containern återvänder i hög hastighet
- Inga sökningar ännu baserade på detta p.g.a. oklar signatur och svårigheten med att lokalisera svarta hål

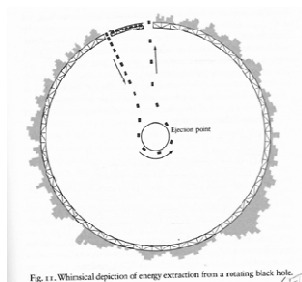
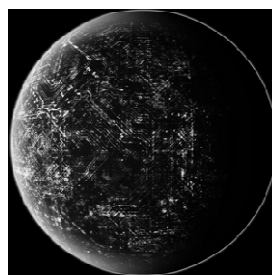


Fig 11 (sid 143) i Davies

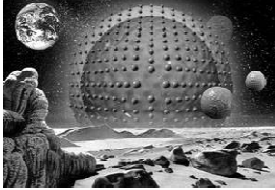
Matrioshka-hjärna



- Hypotetisk dator (ev. AI) som drivs av koncentrisk Dyson-skal kring stjärna
- Olika skal verkar vid olika temperaturer
- Skulle kunna driva trovärdig simulering av vår "verklighet"?

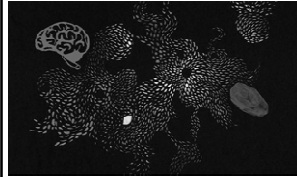


Jupiter-hjärna



- Hypotetisk dator av planets storlek
- Lägre beräkningskapacitet än Matrioshka-hjärna, men snabbare förmedling av signaler mellan datorns delar

Boltzmann-hjärna



- Hypotetisk, självmedveten "hjärna" som uppstår spontant mitt ute i rymden p.g.a. slumpmässiga partikelsammansättningar
- Mycket osannolik sammansättning – men rymden är stor, kanske oändlig...

Boltzmann brain paradox

- I vissa kosmologiska modeller blir Boltzmann brains mer sannolika än hjärnor av vår typ
- Problem: Är jag verkligen en människa i ett kollektiv bland sju miljarder andra, eller bara en ensam Boltzmann-hjärna i tomma rymden som inbillar mig?
- Fiktiva minnen av mångårigt liv, trots faktisk livstid på några få sekunder