Intelligent liv i Universum – Är vi ensamma?

Föreläsning 7: SETIs historia och sökstrategier

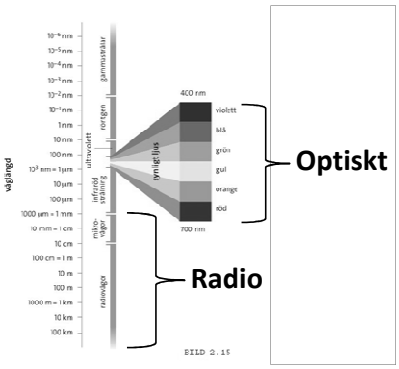
Upplägg

SETI = Search for Extraterrestial Intelligence

- Lite om ljus, frekvens och våglängd
- SETIs historia
- SETI@home
- Sökstrageier

Davies: Kapitel 5 + Appendix (sid 209-210)
I läsanvisningarna redan tidigare:
Davies: Kapitel 1 (sid 13-16) + Webb: sid 98-105

Lite om elektromagnetisk strålning



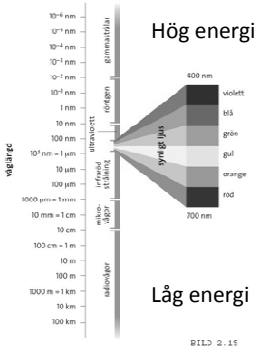
Radiovågor och optiskt ljus

- Radiostrålning/vågor och optiskt/synligt ljus är båda exempel på elektromagnetisk strålning
- Elektromagnetisk strålning uppvisar både våg- och partikelegenskaper (den s.k. ”våg-partikeldualiteten”)
- Ljuspartiklarna kallas fotoner
- Man säger ”radiovåg” och inte t.ex. ”radioljus”, men även radiostrålning kan anses vara fotoner

Gammastrålning, synligt ljus, radiovågor etc. är <u>samma typ av strålning</u>, endast frekvensen f eller våglängden λ skiljer dem åt

I optisk astronomi talar man vanligtvis om våglängd medan radioastronomi oftare använder frekvens (men inte alltid)

Strålning med lång våglängd (ex. radiostrålning) har låg energi, medan strålning med kort våglängd (ex. gammastrålning) har hög



Våglängd och frekvens I

- Relationen mellan ljushastigheten c (mäts i meter per sekund), frekvensen f (mäts i ”svängningar per sekund” alt. Hertz, Hz) och våglängden λ (mäts i meter) kan skrivas:

$$c = f\lambda$$

- I vakuum rör sig all elektromagnetisk strålning med hastigheten $c = 3\times10^8$ m/s

Våglängd och frekvens II

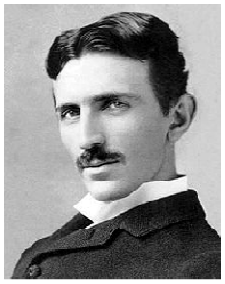
- Radiostrålning: λ >1 mm (f < 300 GHz)
- Optisk strålning: ca 400-700 nm
- Men: Ett ”optiskt teleskop” kan ofta detektera strålning upp till ca 1000 nm

Nordiska optiska teleskopet

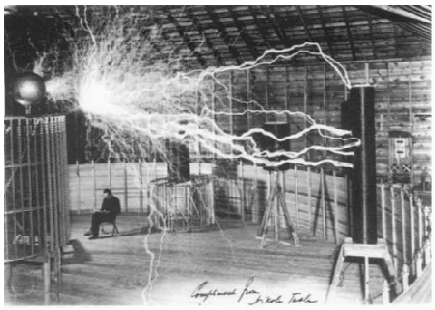
Onsalas 25-metersteleskop (radio)

SETIs historia I: Tesla

- Nikola Tesla (1856-1943)
- Pionjär inom växelströmsteknik och användandet av trådlös kommunikation med radiovågor
- Föreslog att radio kunde användas för att kommunicera med utomjordiska livsformer
- Sade sig ha upptäckt radiosignaler (pulser som räknade 1-2-3-4) som han trodde härstammade från Mars
- Än idag är det mycket oklart vad han egentligen uppfångade



Teslaspole



SETIs historia II: Cocconi & Morrison

- I en artikeln i *Nature* 1959 föreslog Cocconi & Morrison att man skulle söka efter radiopulser från civilisationer kring närbelägna stjärnor vid en frekvens nära 1.42 GHz (väte)

SEARCHING FOR INTERSTELLAR COMMUNICATIONS

By GIUSEPPE COCCONI* and PHILIP MORRISON†

Cornell University, Ithaca, New York

NO theories yet exist which enable a reliable estimate of the probabilities of (1) planet formation; (2) origin of life; (3) evolution of societies possessing advanced scientific capabilities. In the absence of such theories, our environment suggests that stars of the main sequence with a lifetime of many billions of years can possess planets, that of a small set of such planets two (Earth and very probably Mars) support life, that life on one such planet includes a society recently capable of considerable scientific investigation. The lifetime of such societies

To the beings of such a society, our Sun must appear as a likely site for the evolution of a new society. It is highly probable that for a long time they will have been expecting the development of science near the Sun. We shall assume that long ago they established a channel of communication that would one day become known to us, and that they look forward patiently to the answering signals from the Sun which would make known to them that a new society has entered the community of intelligence. What sort of a channel would it be?

SETIs historia III: Project Ozma

- 1960: Frank Drake implementerar Cocconi & Morrisons förslag med ett 26-meters radioteleskop vid Green Bank, West Virginia
- Söker efter pulslika signaler kring 1.420 GHz från två av de stjärnor C&M pekat ut:
  - Tau Ceti (12 ljusår)
  - Epsilon Eridani (10 ljusår)
- En möjlig signal upptäcks, men tillskrivs ett flygplan på hög höjd

SETIs historia IV: Sovjets SETI-forskning

- Forskare i Sovjetunionen (ex. Shklovskii, Kardashev) var ledande i fältet under 60-talet
- Mer avvaktande hållning (”Hur bör man söka?”, Kan vi verkligen förstå utomjordiska signaler?”) → Hamnade snart på efterkälken eftersom amerikanerna satte igång direkt, ”utan eftertanke”

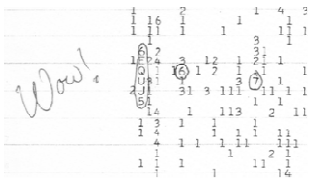
SETIs historia V: SETI-institutet grundas

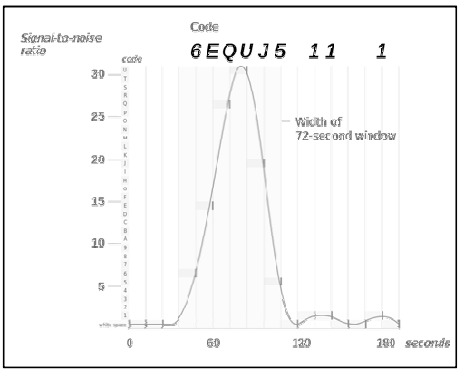
- Grundas 1984 av bl.a. Jill Tarter (nuvarande överhuvud för SETI-delen av verksamheten) i Kalifornien
- Bedriver forskning om SETI, astrobiologi och exoplaneter
- Finansieras av privata donationer
- Hyser ett 50-tal forskare

Jill Tarter

SETIs historia VI: Wow-signalen

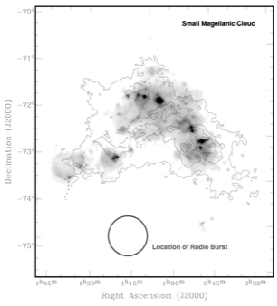
- Fångades upp av Big Ear i Ohio 1977 från skyttens stjärnbild, nära 1.42 GHz
- Varade 72 s (den tid teleskopet kunde följa enskilda källor)
- Svepande observationsteknik → tidsvariation även om radiokällan är konstant
- Signalen kompatibel med stark, jämn extragalaktisk källa
- Har aldrig upprepat sig och förblir oförklarad





Bokstäverna är bara ett intensitetsmått –
det finns alltså inget (synbart) meddelande i signalen

Lorimer's pulse



- Upptäcktes under sökning efter pulsarer
- Publicerades 2007 i Science, baserad på data från 2001
- Stark puls vid 1.4 GHz, som varade mindre än 5 millisekunder
- Källan okänd – supernova eller stjärnkollision långt bortom Vintergatan?
- Visar att rymden förmodligen är full av kortvariga signaler från okända astrofenomen

SETIs historia VII: Project Phoenix

- SETI-institutets ambitiösaste projekt hittills
- Under 1995-2004 (total 11000 observationstimmar) avsöktes 800 lovande stjärnor inom 240 ljusårs avstånd av på jakt efter svaga, stadiga signaler vid 1-3 GHz
- Teleskop som deltog: Parkes (Australien), Green Bank (West Virginia, USA), Arecibo (Puerto Rico)

Parkes

Arecibo

SETIs historia VIII: Optisk SETI

- Schalow & Townes (1961, Nature): Föreslår att optisk laser kan användas för interstellär kommunikation
- 80-talet: Forskare i sovjetunionen utför en mindre sökning efter optisk laser från andra civilisationer
- Slutet av 90-talet och framåt: Massor av projekt startas – mer än 10000 stjärnor söks av med mindre teleskop (~ 1m)

SETIs historia IX: Project Argus

- Försök att från 1996 och framåt att koordinera hemmabyggda, privatägda radioantenner i SETI
- Projektet drivs av SETI league – en oberoende organisation
- Mål: 5000 antenner → Kontinuerlig avsökning av hela himlen
- I nuläget: ca 140 antenner i 27 länder
- En Argus-antenn kostar ca 35000 SEK och har känslighet jämförbar med Big Ear (som uppfångade Wow-signaken)

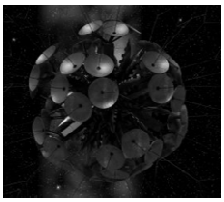
SETIs historia X: Allen Telescope Array

- Byggs vid Hat Creek utanför San Francisco
- Tänkt att innefatta 350 antenner, men har i nuläget bara 42
- Tänkt att söka av en miljon stjärnor inom 1000 ljusårs avstånd efter intelligenta signaler mellan 1 och 10 GHz
- Tänkt att söka av ~10 miljarder stjärnor i de inre delarna av Vintergatan efter intelligenta signaler mellan 1.42-1.72 GHz (ungefär vattenhålet)

SETIs sökstrategier

”Klassiska” sökstrategier:
- Radiosignaler
- Laser (optisk SETI)

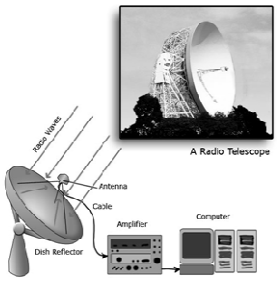
Några alternativa strategier:
- Pulsarer
- Artefakter (SETA)
- Internet
- Dyson-sfärer ← Tas upp senare i kursen



Konstnärlig vison av Bracewell-sond

SETI med radioteleskop I

Två strategier:
- Svep över stora areor av himlen → Kan detektera starka signaler
- Rikta teleskopet mot enskilda objekt (ex. närbelägna sollika stjärnor) → Kan detektera svagare signaler



Miljontals kanaler (frekvenser) övervakas samtidigt

SETI med radioteleskop II

Vad man söker efter:
- Kontinuerlig radiostrålning med smalt frekvensintervall vid frekvens som inte motsvarar känd astrofysikalisk process
- Pulslik radiostrålning som inte motsvarar känd astrofysikalisk process (ex. pulser vid 1.4 GHz)

SETI med radioteleskop III

- Flera radioteleskop kan kopplas samman till för att ge överlägsen upplösningsförmåga – ex. 27 antenner i Very Large Array (VLA) i New Mexico
- Men: SETI kräver ofta specialmottagare, och behöver bra känslighet mer än bra upplösning
- Enskilt, stort teleskop ofta bättre för SETI

Very Large Array

Poetiska friheter man tagit sig i filmen *Kontakt* (1997)

Very Large Array – olämplig för SETI

Observatoriets datorerna övervakar miljontals kanaler samtidigt, men Ellie väljer att lyssna i hörlurar på *en* kanal, och upptäcker ändå signalen

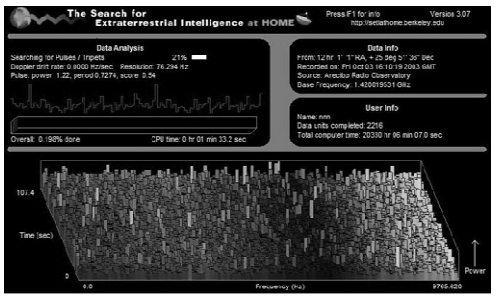
SETI@home I

- Datorprogram som använder outnyttjad processortid ("Skärmsläckare") på stort antal frivilligt upplåtna datorer för att söka efter utomjordiska signaler
- Analyserar data från Arecibo-teleskopet
- Släpptes 1999, har haft 5.2 miljoner användare,
- ~10^{21} operationer (Guinness: "Största beräkningen i historien")
- Versioner för Windows, Mac OS, Linux, Solaris, HP-UX, Playstation 3…

Arecibo-teleskopet (305 m)

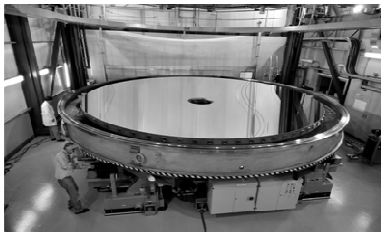
http://setiathome.berkeley.edu/

SETI@home II



SETI med optiska teleskop I

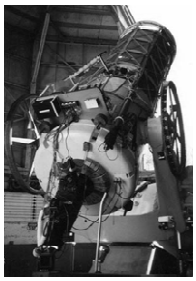
Optiska teleskop: Använder en stor spegel för att fånga upp fotonerna



Spegeln (8.2 m) på Very Large Telescope (VLT)

SETI med optiska teleskop II

- Söker efter laserpulser från intelligenta civilisationer med mindre optiska teleskop (~1 m)
- En radiosändare kan skicka ut signaler i alla riktningar, men en laser måste vara riktad mot oss
- Många fotoner per nanosekund över litet våglängdsintervall → Lätt att få signalen tusentals gånger ljusare än stjärnan vid just denna våglängd
- Hög informationstäthet i signalen



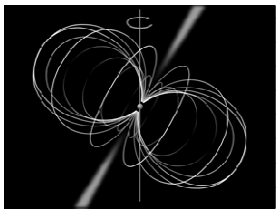
SETI med optiska teleskop III

- Nutida jordisk laserteknologi tillåter kommunikation upp till ca ~1000 ljusår bort (om mottagaren är ett 10-metersteleskop)
- Strålen smal när den utsänds, men bred när den mottas
- Nutida Jordisk laser skulle vara flera astronomiska enheter bred på avstånd av 1000 ljusår

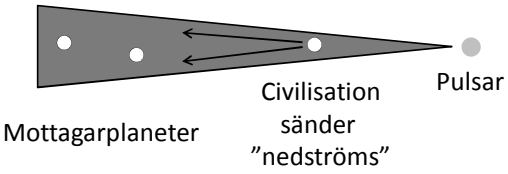
Laser guide star vid Very Large Telescope används för att korrigera för luftoro

Pulsarer

- Roterande neutronstjärna (slutprodukt efter vissa supernovor) som utsänder radiopulser med period ~0.001-10 s
- Upptäcktes av Jocelyn Bell Burnell 1967 (LGM-1, ”Little Green Men”)
- Extremt starka radiokällor – kan upptäckas ~10000 ljusår bort



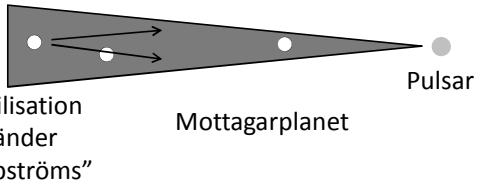
Sändning nedströms



Obs! Vinklarna kraftigt överdrivna

- Information dold i pulsarens signal
- Själva pulsaren skulle också (i princip) kunna modifieras för att skicka en signal
- Liknande princip har föreslagits för gammablixtar (som också utsänder en smal stråle)

Sändning uppströms



Obs! Vinklarna kraftigt överdrivna

- Signal från exakt motsatt del av himlen från naturlig pulsar

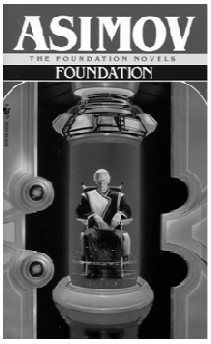
Search for Extraterrestial Artefacts (SETA)

- Bracewell-sond: Hypotetisk, autonom sond med artificiell intelligens som skickats ut för att skapa kontakt och utbyta information med andra civilisationer
- Fördel jämfört med att skicka signaler från hemplaneten: Kommunikation på korta tidsskalor

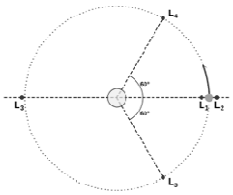
Monoliten i *2001 – ett rymdäventyr* (1968)

Encyclopedia Galactica

- Tänkt databank över en fjärran civilisations samlade kunskap
- Ofta tänker man sig att en Bracewell-sond skulle kunna bära med sig en sådan
- Ofta antas en EG även vara innehållet i avlägsna civilisationers eventuella signaler till oss



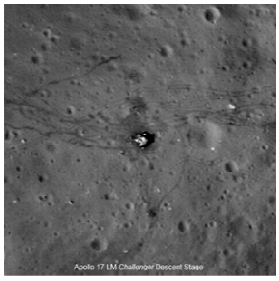
SETA II



- Jordens Lagrangepunkter (både för Jorden-solen och Jorden-månen) har avsökts efter artificiella föremål (möjliga Bracewell-sonder) med teleskop sedan 1979
- Radiofenomenet long-delay echos (ekon av jordiska radiosignaler med ca 3-9 s fördröjning) föreslås ibland komma från en bracewell-sond i vår närhet

SETA III

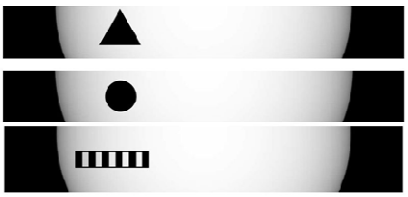
- Det omfattande bildmaterialet av Månens och Mars ytan kan användas för att söka efter artificiella strukturer
- Föreslaget citizen-science-projekt (liknande planethunters.org)



100 x 100 m av månens yta, där landningssteget av Apollo 17 lämnats kvar

SETA IV: Märkligheter på Mars

SETA V: Megastrukturer



Artificiella, märkligt formade satelliter kring andra stjärnor kan i princip upptäckas med transitmetoden.
Föremålet måste dock vara gigantiskt (av planetstorlek) för att upptäckas med Kepler.

Internet I

- Avancerade Bracewell-sonder skulle i princip redan kunna övervaka och ansluta sig till vårt internet
- IETI: Websida som bjuder in till kontakt, upprättad 1996
- Ca 60 påstådda ETIs (ExtraTerrestial Intelligences) har hört av sig, men alla har visat sig vara högst mänskliga

www.ieti.org

Internet II

- Påstådda ETIs utsätts för ett antal hemliga test
- Ett av de kända: Primtalsfaktorisering
- Primtal: Jämnt delbart enbart med sig själv (och 1)
- Varje positivt heltal kan beskrivas som en unik multiplikation av primtal
- Exempel: $456 = 2^3 \times 3 \times 19$
- Primtalsfaktorisering av mycket stora tal (mer än 100 siffror) kräver superdatorer (vilka ETI antas har till sitt förfogande)