

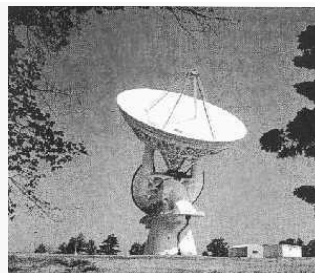
Ĉu ni estas solaj?

de  Amri Wandel

Hebrea Universitato de Jerusalemo, Israelo

1. Enkonduko

La demando, ĉu ekzistas vivo ekster la tero, ĉiam fascinis la homaron. Tiu ĉi prelego ne tuŝas la demandon, ĉu nin vizitas estaĵoj eksterteraj aŭ kio estas la NIFOj (Ne Identigitaj Flugantaj Objektoj), sed provas science esplori, kiaj estas la kondiĉoj por vivo en la kosmo, kiom da civilizacioj ekzistas, kaj, kiel ni povas komuniki kun ili. Ni vojaĝos tra la kosmo por serĉi vivon ekster la Tero - ekde nia propra sun-sistemo kaj la planedoj Venuso kaj Marso. Ni esploros la eblecojn por vivo en "sun-sistemoj" de aliaj steloj kaj vidos, kiaj estas la kondiĉoj bezonataj por la evoluo de vivo simila al la vivo sur la Tero, kaj lernos pri la lastatempa serĉado kaj trovo de planedoj ĉirkaŭ aliaj steloj, kiu pligrandigas la ŝancojn por trovi vivon eksterteran. Fine ni provos respondi la demandon de interstela komunikado: kiel malkovri eksterterajn civilizaciojn, kaj, kiel komuniki kun ili?



La serĉado de vivo ekstertera

2. Kie povas ekzisti vivo en la kosmo?

La kosmo estas tre malfavora medio por evoluo de vivo, kiel ni konas ĝin. For de la steloj ĝi estas preskaŭ tute malplena kaj tre malvarma: tipe 200 gradoj sub la nulo. La steloj mem estas similaj al nia Suno - fornegoj de bolanta gaso, multe tro varmaj por kiu ajn formo de vivo. La loko taŭga por trovi vivon en la formo konata al ni estas do la regiono ĉirkaŭ la steloj - ne tro for kaj ne tro proksima, kie la temperaturo sur eventualaj planedoj similaj al la Tero estus inter nul kaj cent gradoj (tiu kondiĉo rezultas de la hipotezo, ke por evoluo de vivo, kiel ni konas ĝin, estas bezonata likva akvo; eblas imagi vivon, kiu estas bazita sur aliaj kondiĉoj kaj elementoj, sed ni ne havas pruvon pri la ekzistebleco de tia vivo). Por la evoluo de vivo estas kompreneble necese, ke en tiu regiono efektive troviĝu planedoj similaj al la Tero, ĉar vivo ne povas evolui en la malplena spaco, nek sur "nudaj" objektoj sen atmosfero, kiel ekzemple nia Luno.

3. La najbaraj planedoj

Dum multaj jaroj oni kredis, ke ekzistas vivo sur la planedo Marso. Per teleskopo oni povas vidi misterajn liniojn sur la surfaco de Marso, kaj oni supozis, ke ili estas artefaritaj kanaloj, eble fositaj por konduki akvon. En la lastaj jardekoj oni sendis esplor-raketojn al Marso kaj nun ni scias, ke ĝi estas seka, malvarma dezerto kaj en ĝia atmosfero mankas oksigeno. Eble ekzistis sur Marso primitiva vivo - etaj

plantoj kaj bakterioj - antaŭ milionoj da jaroj (lastatempe oni trovis spurojn de bakterioj en meteorito el Marso trovita en antarkto), sed ne evoluiĝinta vivo kaj certe ne civilizacio. La kondiĉoj sur la planedo Marso ne estas do favoraj al la ekzisto de vivo.

Sur la aliaj planedoj la kondiĉoj - estas eĉ malpli favoraj: el la naŭ planedoj en nia sun-sistemo nur tri troviĝas en la taŭga regiono: Venuso, la Tero kaj Marso. La planedo plej proksima al la Suno, Merkuro, estas tro varma, kaj la pli foraj - Jupitero, Saturno kaj la ceteraj - estas tro malvarmaj. Venuso estas ĉirkaŭita per ne travidebla kovraĵo de nuboj, sed esplor-raketoj senditaj al ĝi trovis, ke la venusa atmosfero konsistas ĉefe el venenaj gasoj kaj estas tre varma - kelkcentojn da gradoj.

4. Ĉu aliaj steloj havas planedojn?

El la planedoj de nia sun-sistemo nur la Tero estas taŭga por vivo. Ni daŭrigu la serĉon de vivo ekster nia sun-sistemo. Tio estas malfacila tasko, pro -

- la grandaj distancoj al aliaj steloj
- eĉ la plej najbaraj steloj troviĝas en grandega distanco, centmiliblo la distanco inter la Tero kaj la Suno.

Aliflanke, la nombro de la steloj estas tre granda: en nia Galaksio troviĝas pli ol cent miliardoj da steloj. Eĉ se malgranda parto el ili havus planedojn, estus bona ŝanco trovi planedojn kun taŭgaj kondiĉoj por vivo.

Ĝis la lastaj jaroj ni ne sciis, ĉu multaj steloj havas planedojn kiel en nia sun-sistemo, aŭ planedoj estas malofta fenomeno. Estas tre malfacile observi planedojn ĉirkaŭ aliaj steloj, ĉar la aliaj steloj estas treege malproksimaj de ni, kaj planedoj ne havas propran lumon: ili nur reflektas la lumon de sia suno. Observi planedon eĉ de proksimaj steloj similas al provo vidi moneron apud lumturo el distanco de mil kilometroj.

Nur lastatempe la astronomoj sukcesis trovi spurojn de planedoj ĉirkaŭ aliaj steloj. Ili tion faris ne per rekta observado de la planedoj, sed per la malgrandaj ŝanĝoj, kiujn la planedoj kaŭzas en la pozicioj de la steloj, kiujn ili orbitas. Nuntempe oni konas naŭ stelojn kun planedoj. La fakto, ke planedoj estis trovitaj preskaŭ en ĉiu stelo, kiu estis serĉita kaj havas akompanantojn sufiĉe pezajn kaj proksimajn por esti malkovritaj pere de tiu ĉi metodo, indikas, ke planedoj estas verŝajne ofta fenomeno.

5. Kiom da civilizacioj ekzistas?

Por respondi tiun demandon la usona astronomo kaj fama serĉanto de ekstertera vivo Francis Drake [Drejk] elpensis la ekvacion, kiu portas lian nomon. La nombro de kontakteblaj civilizacioj en la Galaksio (N) egalas al la naskiĝ-kvanto de steloj (R = la nombro de steloj kiuj naskiĝas en la Galaksio en unu jaro), multobligita de kelkaj faktoroj (f) kiuj mezuras la probablecon de efektiva evoluo de inteligenta vivo, kaj de la tempodaŭro de tipa civilizacio (L , mezurita en jaroj).

La plena Drake-ekvacio estas:

$$N = R f_p n f_v f_i f_k L$$

La faktoroj f en la ekvacio havas la jenajn signifojn:

- f_p - estas la frakcio de ĉiuj steloj, kiuj havas planedojn,
- n - estas la averaĝa nombro de planedoj kun favoraj vivkondiĉoj,
- f_v - estas la frakcio de tiuj planedoj, sur kiuj vivo efektive evoluas (favoraj vivo-kondiĉoj ne garantias evoluon de vivo, kiel ekzemple en la planedo marso),
- f_i - estas la frakcio de planedaj vivo-sistemoj, kiuj plu evoluas kaj produktas inteligentajn civilizaciojn,
- f_k - estas la frakcio de civilizacioj kiuj kapablas iniciati inter-stelan komunikadon.

El la faktoroj en la Drake ekvacio, nur unu estas relative bone konata: R , la naskokvanto de steloj en nia Galaksio, kiu estas pli malpli 10 steloj ĉiujare. Pro la lastatempaj malkovroj de planedoj ni povas supozi, ke planedoj estas sufiĉe ofta fenomeno, do $f_p=0.1-1$, kaj se stelo kun planedoj havas 1-3 planedojn en la vivo-taŭga regiono, averaĝe $n=2$.

La valoroj de la ceteraj faktoroj en la ekvacio ne estas konataj, kaj ni povas nur diveni ilin. Kiel ekzemplo ni konsideras du taksojn: "optimisma" kaj "pesimisma". En la optimisma takso, ĉiu el la faktoroj en la ekvacio havas altan valoron: $f_p=1$ (oni supozas, ke ĉiu stelo havas planedojn), $f_v=1$ (en ĉiu planedo taŭga por vivo, vivo efektive evoluas) $f_i=1$ (ĉiu vivo naskas inteligentan civilizacion) kaj $f_k=1$ (ĉiu civilizacio atingas kapablon de interstela komunikado kaj volas komuniki).

La plej malcerta faktoro estas L - la daŭro de la vivo de civilizacio - antaŭ ol ili pereas, ĉu pro eksteraj kialoj kiel klimato ŝanĝoj, ĉu pro interna degenero aŭ nukleaj militoj ktp. Optimisme ni supozu, ke L egalas centmil jarojn. Tiam la nombro da civilizacioj kontakteblaj en nia Galaksio estas $N=10 \times 1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 100\,000=2\,000\,000$. En la pesimisma takso, ni supozu, ke $f_p=0.1$ (nur unu el dek steloj havas planedojn), $f_v=0.1$ kaj $f_i=0.01$ (nur sur dek procentoj el la vivo-taŭgaj planedoj efektive evoluas vivo, kaj el tiuj nur unu procento fariĝas inteligenta civilizacio - la ceteraj restas mondoj de animaloj kaj plantoj), kaj $f_k=0.5$ (nur unu el du civilizacioj atingas la nivelon de interstela kontaktado kaj deziras komuniki). Por la pesimisma takso pri la vivo-daŭro de tipa civilizacio ni supozu, ke $L=1000$ jaroj. En tiu pesimisma takso la ekvacio donas $N=10 \times 0.1 \times 2 \times 0.1 \times 0.01 \times 0.5 \times 1000=1$ - nur unu civilizacio en la tuta Galaksio: eble ni ja estas solaj...

6. La projekto SETI: ĉu la serĉado de ekstertera inteligenteco?

Ĝis nun ni traktis la demandon, ĉu ekzistas aliaj inteligentaj estaĵoj ekster la Tero. Alia demando estas, kiel kontakti kun la estaĵoj, kiuj eble estas tre aliaj ol ni kaj troviĝas tre malproksime de ni, kaj kiel komuniki kun ili. Ni vidos, kial sciencfikciaj interstelaj vojaĝoj ne taŭgas por serĉi eksterterajn civilizaciojn, kaj, ke la plej taŭga maniero de interstela komunikado estas per radi-ondoj.

Se ni trovus eksterterajn civilizaciojn kaj kontaktus kun ili ni povus multe progresi en ĉiuj terenoj, ĉar la homa historio pruvas, ke kulturaj interŝanĝoj ĉiam pli riĉigis kaj fekundigis la kontaktantaj kulturojn, kaj eksterteraj civilizacioj povas esti multe pli neprogresantaj ol la nia. Tial ekster tera kontakto povas esti la plej signifa atingo de la homaro. Sed kiel ni povas trovi ilin, kaj se jam trovita, kiel komuniki kun ili? Kiel komprenigi niajn mesaĝojn al aliaj civilizacioj, kaj kiel deĉifri eventualajn mesaĝojn de ili? Por respondi tiujn demandojn oni iniciatis en la sesdekaj jaroj la projekton SETI: Serĉado de Ekster-Tera Inteligenteco.

7. Kiel serĉi?

7.1 Spacveturado ne estas efika

La sciencfikcia metodo por serĉi eksterterajn civilizaciojn - "kuraĝe iri, kien neniu iris antaŭe, por serĉi novan vivon kaj novajn civilizaciojn", kiel komenciĝas la fama televida serio "Star Trek" (stela migrularo), ne estas realisma. Per la nuna tekniko, vojaĝo al la plej proksima stelo, Alfa Centaŭro, daŭrus 40 000 jarojn. Eĉ se ni scipovus konstrui rapidegajn spacŝipojn, la kosto de tia vojaĝo estus giganta. Aliflanke, kiel ni vidis antaŭe, eĉ se la parametroj en la Drake ekvacio estus optimisme elektitaj, nur ĉe deko el miliono da steloj eblus trovi civilizacion, do plej verŝajne la granda vojaĝo estus vana. Ni devas pensi pri pli efika metodo por serĉi inteligentan vivon. (Pro la samaj argumentoj, cetere, estas malverŝajne, ke iuj eksterteraj civilizacioj provus efektive atingi nin per spacvojaĝado, kaj sekve multaj sciencistoj ne kredas, ke la NIFOj estas ligitaj al eksterteraj civilizacioj).

7.2 Pli efika metodo: radiosignalo

Elektro-magnetaj ondoj estas la plej rapida mesaĝanto: ili moviĝas je rapideco de la lumo. Ilia elsendado ne postulas multajn rimedojn - nur taŭgaj radio-sendiloj kaj antenoj. Supozeble teknike progresanta civilizacio produktas radi-ondojn, kiel okazas ĉe la nia - eĉ la radio-elsendoj surteraj povas esti ricevataj en la spaco. Kompreneble, en la kazo de nia civilizacio, tiuj radi-ondoj ne ekzistas longan tempon; konsiderante ke nur ekde ĉirkaŭ cent jarojn ekzistas radi-elsendojn, nia civilizacio estas ĝis nun malkovrebla de aliaj aŭskultantoj je distanco de maksimume cent lum-jaroj de la Tero (la distanco, je kiu niaj unuaj radi-elsendoj ĝis nun disvastiĝis en la kosmon). En realo, la distanco estas multe malpli granda, pro la malhelpo de la natura fona radio-bruo kaj depende de la ricevkapablo de la aliaj ricevantoj: niaj surteraj radi-elsendoj estas verŝajne tro malfortaj.

Supozeble, pli progresiĝintaj civilizacioj ol la nia ekzistadas dum multe pli longa tempo ol ni kaj havas pli fortan kapablon elsendi radi-ondojn. Tiujn elsendojn ni povas provi ricevi - por tio ni ne devas sendi multekostajn spacŝipojn, kiuj atingos la celon nur post miloj da jaroj - ni povas aŭskulti jam nun, kaj ni povas aŭskulti en ĉiujn direktojn. Por ricevi radio-elsendojn de la kosmo, oni bezonas tre sensivajn ricevilojn. Tiaj riceviloj estis konstruitaj en la lastaj kvindek jaroj por studi la (nature) kosmon - ili nomiĝas radio-teleskopoj, kaj aspektas kiel grandegaj teleroj, je diametro de dekoj da metroj, kiuj enfokusigas la radio-ondojn. La plej granda radio-teleskopo en la mondo havas diametron de 300 metroj, kaj situas en Arecibo [Aresibo], en Puerto-Riko. Oni uzis la radio-teleskopojn por spuri artefaritajn elsendojn de aliaj civilizacioj. La titola foto montras la radio-teleskopon de la

observatorio Green Bank, en okcidenta Virĝinio (Usono), kun 25 metra telero, kiu estis uzita por la unua SETI projekto "Ozma" en 1960. De tiam estis faritaj dekoj de serĉo-kampanjoj, por spuri signojn de ekstertera civilizacio, sed ĝis nun estis trovita neniun signalo, kiu povas esti interpretata kiel nenatura, inteligenta elsendo (krom unu dubinda kazo, kiu ricevis la nomon la "Wow" signalo, sed ankaŭ ĝi estis neniam retrovita).

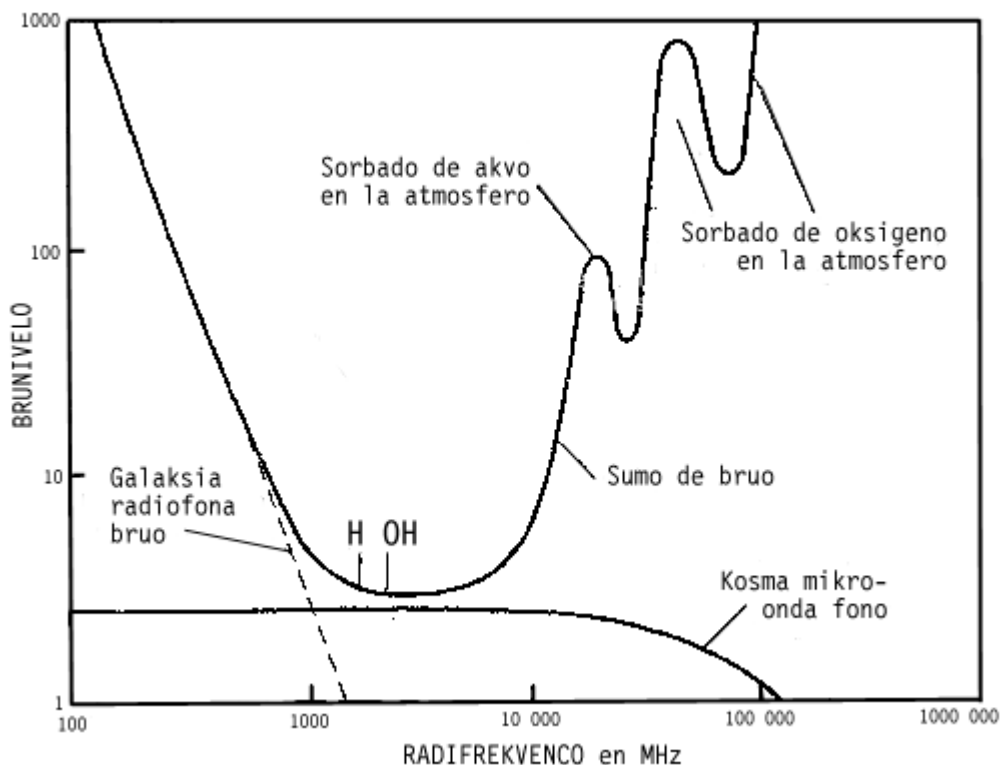
7.3 Kiel distingi inter naturaj kaj civilizaciaj signaloj?

Serĉante signalojn de la kosmo, ni unue devas zorge certigi, ke la radio-signaloj, kiujn ni ricevas, ne venas el surteraj fontoj, kiuj ja abundas: regulaj radiofoniaj kaj televidaj elsendoj, radaro, navigiloj kaj komunikiloj de civilaj kaj armeaj aviadiloj kaj satelitoj ktp. Eĉ se la ricevita signalo venas el ekster-tera fonto, ĝi povas esti natura fenomeno, kaj ne komunikado de alia civilizacio. El la kosmo alvenas multaj radi-ondoj el naturaj fontoj: nia Suno, aliaj steloj, varma interstela gaso kaj galaksioj emisas radi-ondojn en ĉiuj frekvencoj. Aldone la tuta spaco estas plena de mallongaj radio-ondoj (ondolongo de 0.5 cm), kiuj estas la "eĥo" de la pra-eksplodo, kiu kreis la universon. Kiel distingi inter radi-ondoj de natura fonto de inteligentaj signaloj? Supozeble la signaloj, kiuj venas de iu civilizacio, havas certan strukturon kaj estas iusence regulaj, kontraŭe al la arbitreca bruoj, kiuj venas de naturaj fontoj.

Sed ne ĉiam tiu kriterio funkcias: en la jaro 1967, Brita studentino de astronomio, kiu okupiĝis pri radio-esplorado de la planedoj, malkovris regulan radio-signalon, ripetiĝanta tridek fojojn en sekundo. La signalo estis ekstertera, eĉ el ekster la Sunsistemo, ĉar ĝi aperis ĉiam, kiam la radioteleskopo estis direktita al certa punkto en la ĉielo, fiksa rilate al la steloj. Tiu malkovro kaŭzis grandan entuziasmon, ĉar oni kredis, ke ĝi estas signalo de ekstertera civilizacio, kvazaŭ morsa kodo. Pro tio oni signis tiun radiofonton (kaj aliajn similajn fontojn, kiuj estis malkovritaj intertempe) per la kodo LGM - akronimo de "Little Green Men" (verdaj hometoj, en la angla). Tamen intertempe la sciencistoj trovis, ke temas pri specialaj stelecaj objektoj, kiujn oni nomumis "pulsaroj", kiuj elsendas mallarĝan radio-faskojn, en difinita direkto. Ĉar la pulsaroj rotacias tre rapide, ni vidas radio-pulson nur tiam, kiam la radio-fasko montras en nian direkton, kvazaŭ la signalo de lumturo.

7.4 Kian frekvencon uzi?

Same kiel hejma radio-ricevilo, ankaŭ radio-teleskopoj povas ricevi ondojn en plej diversaj frekvencoj aŭ ondolongoj. Kiun frekvencon uzi por serĉi signalojn de alia civilizacio? Ekzistas preskaŭ senfina nombro da ebloj! Baza kondiĉo estas, ke la natura radio-bruo estu kiel eble plej malalta, kaj ke la interstela gaso kaj nia atmosfero estu travideblaj al ondoj kun tiu ondolongo. Tiuj kondiĉoj limigas nin al ondolongoj de 3-100 cm (frekvencoj de 300-10 000 MHz).

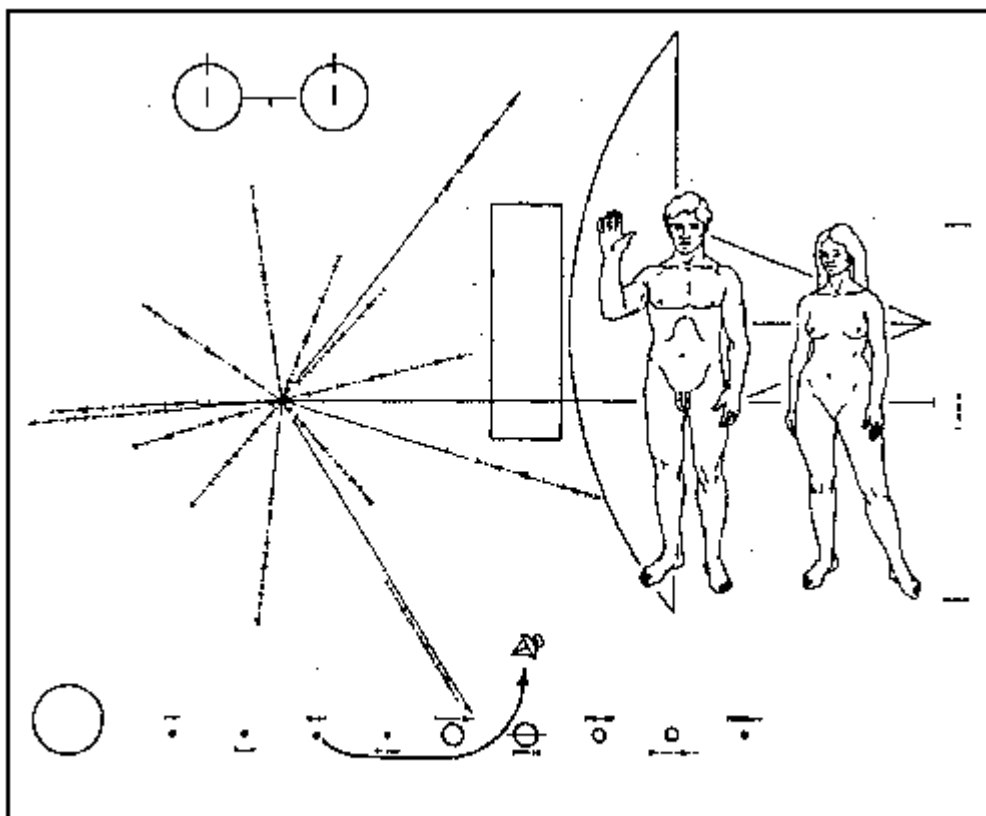


Ankaŭ ene de tiu regiono ekzistas multegaj ebloj, kaj estas malverŝajne, ke inteligenta civilizacio malŝparos sian energion elsendante en ĉiuj frekvencoj! Tamen, ekzistas frekvencoj, kiuj estas kvazaŭ universale signitaj: la frekvencoj ligitaj al atomaj energistupoj de kosme abundaj elementoj. La plej elstara el tiuj estas la baza frekvenco de la hidrogena atomo - la plej abunda materialo en la kosmo. Tiu frekvenco estas 1420 MHz (kiu korespondas al ondolongo de 21 centimetroj). La ondolongo-regiono ĉirkaŭ 21 cm (kiu en la profesia ĵargono nomiĝas "la akvo-truo") havas la kroman avantaĝon, ke en ĝi la interstela spaco estas travidebla kaj tre kvieta, do oni povas elsendi al grandaj distancoj kun minimuma interveno de natura radio-bruo. Supozeble ankaŭ la eksterteranoj konas tiujn sciencajn faktojn kaj uzas la samajn argumentojn por elekti tiun ondolongon por interstela komunikado.

8. Komunikado kun eksterteraj civilizacioj

Alia demando estas, kiel aliaj civilizacioj povas ekscii pri nia ekzisto, kaj ĉu eblas interstela komunikado. Niajn surterajn radio-elsendojn oni ne povas ricevi tre for de la Suna Sistemo, eĉ per la plej potenca ricevilo, ĉar ili estas malfortaj, kaj ĉar ili ne estas direktitaj, disvastiĝas en ĉiujn direktojn, kaj post malgranda distanco (relative al la gigantaj distancoj inter la steloj) fariĝas pli malfortaj ol la natura bruo. Radio teleskopojn oni povas uzi ne nur por serĉi inteligentajn signalojn el la spaco, sed ankaŭ inverse, por elsendi fortajn radio-signalojn en difinitajn direktojn, kio ebligas al la sendita signalo resti pli forta ol en la ordinara dissendado en ĉiujn direktojn. Per la nunaj plej fortaj radio-teleskopoj oni povas sendi kaj ricevi signalojn je distanco de miloj da lumjaroj (supozante, ke ĉe la alia flanko ekzistas simila radio-teleskopo). Se la elsendo estus direktita al stelo kun civilizacio, teorie eblus komuniki kun ĝi. Estus

nur du malfacilaĵoj por la konversacio: unue, ĝi estus tre malrapida: ekzemple, se la alia civilizacio troviĝus je distanco de 500 lumjaroj, la tempo daŭro inter sendo de mesaĝo ĝis la ricevo de respondo estus minimume mil jaroj (se ili respondus tuj post ricevo de la mesaĝo). La dua problemo estas pli profunda: kiun lingvon uzi? Kiel ili komprenus niajn signalojn, kaj kiel ni povus deĉifri la iliajn?

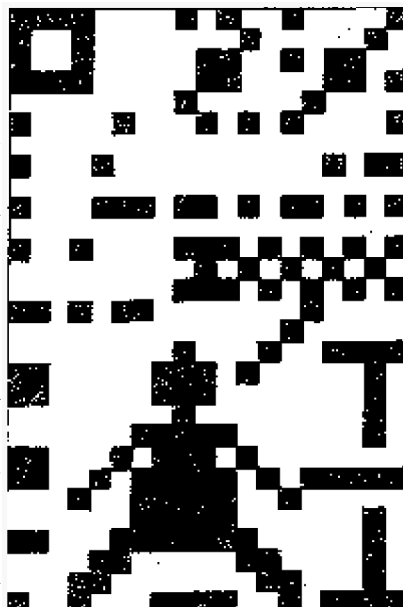


La mesaĝoplato sur Pioneer 10 kaj 11

9. Kion lingvon uzi?

Ni certe ne povas supozi, ke la eksterteranoj komprenas niajn lingvojn, aŭ eĉ rekonas niajn grafikajn signojn. Oni devos do uzi universalajn simbolojn -ekzemple tiujn de matematiko. En 1820 la matematikisto Karl Gauss proponis tranĉi la arbojn de la siberia arbaro en la formo de giganta triangulo, kiu demonstras la geometrian teoremon de Pitagoro. Ĝi signus al eksterteruloj sur la Luno aŭ aliaj planedoj, ke sur la Tero vivas inteligentaj estaĵoj. Cent kvindek du jarojn poste, sur la esplorsatelitoj Pioneer 10 kaj Pioneer 11 senditaj en la spacon for de la sunsistemo oni metis orumitajn platojn, sur kiuj estis gravurita mesaĝo por la eksterteruloj, kiuj eventuale trovus ilin. La mesaĝo konsistis el desegnoj de viro kaj virino, de la Suno kaj la naŭ planedoj, kaj de "mapo", kiu klarigas la situon de la Suno relative al la steloj.

Tamen, kiel ni jam diskutis, la ŝanco, ke eksterteranoj efektive trovos tiun sateliton, estas praktike nulo. Multe pli promesanta kontaktomaniero estas radio-komunikado. Sed kiel transsendi mesaĝon per radio-ondoj? Restante ĉe grafika reprezentado, eblas adopti la principon de televida elsendo: dividi la "bildon" al linioj kaj kolumnoj, kaj la bildon reprezenti per la binara metodo: serio de nuloj kaj unuj, por blankaj kaj nigraj kvadratoj. En la jaro 1974 oni uzis la renovigitan radio-teleskopon de Arecibo por sendi mesaĝon en la direkton de la granda stel-grapolo M-13, kiu estas densa globforma amasiĝo de 300 000 steloj, 24 000 lumjaroj de la Tero. La mesaĝo estis desegno dividita en 73 liniojn ĉiu de 23 nuloj kaj unuj (ĉar ambaŭ tiuj nombroj estas primaj, tiu ĉi estas la sola maniero dividi la 1679 erojn de la elsendita sinsekvo, kaj tial la ricevintoj povos facile trovi la linian dividon). La bildo enhavis krudajn



Grafika mesaĝo per unuoj kaj nuloj

skemojn de informoj pri ni: diagramo de la sunsistemo, nia aspekto kaj la homa biologio (bazaj molekuloj kaj la DNA-strukturo). La tuta elsendo daŭris tri minutojn, sed respondon oni ne atendu pli frue ol post 50 000 jaroj... kaj eble neniam.

10. Konkludo

La demando, ĉu ekzistas ekster la Tero aliaj civilizacioj, eventuale multe pli evoluiĝintaj ol la nia ankoraŭ ne havas respondon. Pro la manko de scio, kiel evoluas vivo kaj inteligenteco, kaj kiom longe ekzistas "tipa" civilizacio, ni ankoraŭ ne povas taksi la nombron de civilizacioj: ĉu en la Galaksio ekzistas ankoraŭ multaj aliaj civilizacioj, aŭ ni estas la sola. La serĉado de radio-signaloj de eksterteraj civilizacioj dum la lastaj kvar jardekoj ne donis iujn ajn pozitivajn rezultojn, sed tio nur asertas, ke niaj riceviloj aŭ eventuale serĉo-strategio estis ne sufiĉe bonaj. Kontakto kun ekstertera civilizacio povus progresigi la homaron al ne imageblaj horizontoj, kaj tial indas daŭrigi la serĉadon, malgraŭ la ĝisnunaj negativaj rezultoj.

Bibliografio

1. Intelligent life in the Universe, I.S.Shklovskii kaj C. Sagan, 1966, Cambridge, Mass.
 2. "Is anyone out there?", F.Drake kaj D. Sobel, 1992, New York.
 3. "Ĉu ni estas solaj? La serĉado de vivo ekster la tero: ĉu ekzistas aliaj civilizacioj, kaj kiel komuniki kun ili?" A.Wandel, 1997, Kontakto n-ro 157 (1997:1).
-