

## ĈU VIVO EKZISTAS IE EN LA UNIVERSO KROM SUR LA TERO?

## (IS THERE LIFE ELSEWHERE IN THE UNIVERSE?)

El „Listener” de la 21-a de Julio, 1949.

Disaŭdigitaj paroladoj.

Tradukis T.L.C.B. kun permeso de la verkintoj kaj de la B.B.C.

Parto I-a: **Jesaj argumentoj**, (*Affirmative evidence*),

de D-ro FRED HOYLE, prelegisto pri la matematiko en la universitato de Cambridge.

De tempo al tempo al ĉiu astronomo oni metas la demandon ĉu li opinias, ke la fizikaj kondiĉoj, kiujn bezonas vivantaj organismoj sur la tero, ekzistas ankaŭ en aliaj partoj de la universo. Mi intencas diri al vi, kial mi kredas, ke ili ja ekzistas, kaj kial estas kredeble, ke iom granda nombro da steloj en la Lakta Vojo eĉ nuntempe provizas lumon kaj varmon, kiu estas uzata por la subteno de la vivo. Por kompreni ĉi tiun konkludon ni devas ekiri el la komenco de la argumento.

La temperaturo de ĉirkaŭaĵo taŭga por vivo tia, kian ni konas, necese troviĝas en amplekso, kiu ŝajnas al astronomo treege malvasta. Ekzemple, estas senutile supozi, ke la vivo ekzistas sur la steloj mem, ĉar ili estas multe tro varmegaj, aŭ en la profundo de la interstela spaco, ĉar tie estas multe tro malvarmege. Tiuj, kiuj antaŭe diskutis ĉi tiun demandon, tute prave limigis sin al la diskutado de kondiĉoj sur planedoj, kiuj ĉirkaŭiras stelon lokitan ĉe la centro de iliaj orbitoj. Ŝajne nur sur planedoj povus la vivo eble troviĝi. Eĉ se tio estas ebla, ĝi estas ebla nur se la distanco for de la centra stelo estas inter tre malvastaj limoj. Konsideru la planedojn najbarajn al la tero en la suna sistemo. Ekzemple, se la pozicioj de la tero kaj de la planedo Merkurio subite interŝanĝiĝus, la temperaturo de la tero tiom plialtiĝus, ke la oceanoj bolus, kaj ĉia vivo preskaŭ momente pereus. Aliflanke, se la pozicioj de la tero kaj de Jupitero interŝanĝiĝus, la klimato eĉ ĉe la ekvatoro de la tero fariĝus eĉ pli malvarmega, ol ĝi estas dum la mezvintro en la arktikaj regionoj. Antaŭ la fino de unu semajno la vivo efike ekstermiĝus.

Plue, por ke la vivo estiĝu, ne sufiĉas, ke troviĝu ĉirkaŭaĵo kun taŭga temperaturo. Estas ankaŭ necese, ke ĉeestu certaj kemiaj elementoj. Ekzemple, la hidrogeno estas necesa, por ke estiĝu la akvo. Sed ne nur tio. La kvanto de la hidrogeno devas esti en taŭga rilato al la kvantoj de la aliaj elementoj. Estas dubinde, ĉu la vivo estiĝus, se la hidrogeno troviĝus en la sama super-ega proporcio, kiel ĉe la suno, ĉar tie la atomoj de la hidrogeno estas ĉirkaŭ milfoje pli abundaj, ol la atomoj de la oksigeno, kaj ĉirkaŭ dekmil-foje pli abundaj, ol la atomoj de la fero aŭ aliaj metaloj.

Do ni devas serĉi planedojn kun taŭgaj temperaturoj kaj taŭgaj konsistoj. Kompreneble ni unue konsideras nian propran sunan sistemon. Ĉiuj akordiĝas, ke krom la tero, en nia sistemo la sola planedo, kiu eble povus subteni la

vivon, estas Marso. Sed ne ĉiuj samopinias pri tio, ĉu la verdaj makuloj kaj strioj, kiuj de tempo al tempo aperas sur la supraĵo de Marso estiĝas pro la kreskado de vegetaĵoj. Kvankam tio estas grandmezure nur konjekta afero, oni jam faris iom da progreso al la solvo de la problemo, ĉar S-ro G. P. Kuiper pruvis per sagaca nova metodo, ke se tiuj makuloj ja estas kaŭzitaj de kreskaĵoj, la Marsa kreskaĵaro estas nur malaltgrade evoluinta, — eble ĝi estas simila al kelkaj rok-likenoj, kiuj troviĝas sur la tero. Ŝajne estas neeble, ke la vivo evoluis preter tia senpretenda nivelo sur aliaj planedoj de nia propra suna sistemo. Se ni deziras serĉi ion pli ambician, ni devas turni nian atenton al aliaj planedaj sistemoj. Rilate al tio la plej grava demando, por kiu ni devas trovi respondon, estas: kiaj procedoj povas estiĝi planedojn, kiuj moviĝas en orbitoj ĉirkaŭ centra stelo? Kiam ni estos respondintaj pri tio, ni povos taksi, kiel ofte tiaj procezoj okazas, kaj tiel ni povos taksi la nombron de la planedaj sistemoj en la tuta universo; aŭ almenaŭ en tiu parto de la universo, kiu estas videbla per niaj teleskopoj. Tion do mi jam diskutos, kaj komence mi provos respondi al nia demando pri la origino de planedaj sistemoj.

Unu punkton mi devus unue tuj klarigi. Ĉar la suno estas tiom pli proksima al ni ol iuj el la aliaj steloj, ni kompreneble tendencas kredi, ke la planedoj de nia sistemo devenis de la suno, kaj ke ili estas pecoj da materio, kiujn ia potenco eltiris el la suno. Sed ne ekzistas ia logika bazo por tiu kredo, kaj efektive se oni ekzamenos la detalojn, oni trovos, ke ĉiuj faktoj tendencas ĝin kontraŭi. Mi menciuj unu el la argumentoj, kiuj indikas, ke niaj planedoj ne devenis de la suno. Kvankam niaj planedoj kaj la suno enhavas la samajn kemiajn elementojn, ili ne enhavas ilin sam-proporcie. La malakordo rilatas al la hidrogeno, ĉar ĝi estas ĉirkaŭ mil-foje pli abunda en la suno ol en la planedoj. Se kvanto da materio estus elŝovelita el la suno, kaj densigita en masojn tiel malgrandajn, kiel estas la planedoj, la rezulto el kemia vidpunkto estus tute malsimila al la efektivaj planedoj, kiujn ni povas observi.

Se la materio de niaj planedoj ne devenis de la suno, de kie ĝi devenis? Ni povos pli bone respondi ĉi tiun demandon, se ni diskutos la lastatempan disvolviĝon de la teorio pri la origino de la suna sistemo. La fame konatan tajdan teorion proponis profesoro Jeans. Laŭ ĉi tiu teorio oni supozis, ke la planedoj eltiriĝis el la suno pro la gravita altiro de dua stelo, kiu preterpasis proksime al ĝia supraĵo. La dua stelo estis entrudiĝanto, kiu venis el malproksimego, kaj post la renkonto retiriĝis al malproksimego. Estas esenca detalo inter la supozoj de ĉi tiu teorio, ke la stelo preterpasus tre proksime al la suno, ĉar alie la gravita forto inter la du astroj ne sufiĉus, por ke sufiĉa kvanto da materio eltiriĝu por estiĝi la planedojn.

Ĉi tiu teorio akceptiĝis, ĝis post la jaro 1930. Sed tiam ĝin ruinige kritikis S-ro H. N. Russell, kiu pruvis, ke la duon-diametroj de la orbitoj de la planedoj ne povus esti konsiderinde pli grandaj ol la distanco inter la en-

trudiĝanto kaj la suno en la momento de pleja interproksimiĝo. Kiel ni jam menciis, tiu distanco devus esti kompare malgranda, se materio eltiriĝus el la supraĵo de la suno; do se la teorio de Jeans estus ĝusta, la planedoj estus kune lokataj proksime al la suno. Anstataŭ tio, oni trovas per la observado, ke ili estas apartigitaj per vastaj interspacoj. Tial la astronomoj serĉis novajn teoriojn, kaj oni ne revenis al la teorio de Jeans.

Tamen lastatempe en kontinenta Eŭropo reaperis teorioj, kiuj prezentas similajn malfacilaĵojn. La aŭtoroj de tiuj teorioj ne provas lukti kun la afero, sed nur sugestias, ke oni ignoru la malfacilaĵojn. Ĉi tiu vidpunkto ŝajnas nekomprenbla al multaj esploristoj en Britujo. Mia propra opinio estas, ke ĉi tio estas refalo en la argumentajn metodojn de la mezepokaj skolastikuloj.

La disvolviĝo de la teorio de post la malsukceso de la sugestioj de Jeans ĝis ĝia nuntempa kontentiga situacio estas grandmezure efektivigita de Britaj astronomoj; multaj el la plej gravaj antaŭenpaŝoj estas faritaj de matematikisto de Cambridge, S-ro R. A. Lyttleton.

Kvankam ĉi tiu disvolviĝo estas en si mem alloga studaĵo, pro la komplikeco de la argumento estas necese, ke mi kontentiĝu priskribante nur la plej freŝdatan formon de la teorio.

La unua grava paŝo estas, ke oni supozas, ke la suno iam estis membro de stelduopo. Stelduopo konsistas el du stelaj komponantoj, kiuj ĉirkaŭiras en orbitoj unu ĉirkaŭ la alia. Rilate al tio ne estas io nekredbla, ĉar la stelduopoj estas preskaŭ tiel abundaj, kiel la unuopaj steloj. Krom tio oni supozas, ke la kunulo de la suno en la duopa sistemo disrompiĝis pro internaj efikoj de sia turniĝo (aŭ rotacio), kiel, ekzemple rado eble disrompiĝos, se ĝi turniĝas tro rapide. Pro la fortego de la disrompiĝo ĉiom — krom malgranda proporcio — de la kunulo moviĝus for de gravita influo de la suno. La fina rezulto estus, ke la suno perdus sian kunulon, kaj anstataŭe gajnus kvanton da rompaĵoj, el kiu eble estiĝus la planedoj.

Ĉi tiu priskribo de la origino de la suna sistemo estas esence teoria. Kompreneble oni demandas: kia observa subteno ekzistas por la supozo, ke troviĝas steloj, kiuj eble povos eksplodi? Sendube troviĝas tiaj steloj. De tempo al tempo oni observas stelojn, kiuj suferas grandegajn eksplodojn, ĉe kiuj grandaj partoj elpeliĝas kun rapidoj de pluraj miloj da kilometroj ĉiusekunde. Tiajn stelojn oni nomas supernovuloj (*supernovae*). La eksplodo de supernovulo estas la plej fortega katastrofo konata en la naturo. La akompananta lumego estas tiel grandega, ke dum mallonga tempo supernovulo estas tiel brila, kiel ĉiuj steloj de la Lakta Vojo kune. Se vi preferus teran normon komparan, mi diru, ke la eksplodo ekvivalentas la eksplodon de pli multe da atomaj bomboj, ol troviĝas polvoj en la tuta atmosfero de la tero. Do tia ŝajne estas la praavo de niaj planedoj.

Ni jam povas reesprimi nian problemon jene: supozu, ke supernovulo estas komponanto de duopa stelo. Kio okazas post la eksplodo? Ni povas pruvi, ke la eksplodo estas tiel fortega, ke nuba tufeto da rompaĵoj restas kunigita

kun la alia komponanto. Sed ĉi tiu rompaĵaro sufiĉas por estigi planedojn similajn al tiuj de la suna sistemo, kies masoj estas tre malgrandaj kompare kun la maso de stelo. Ni povas ankaŭ montri, kiel la planedoj densiĝas el la rompaĵaro, kiu komence estigas gasan nubon turniĝantan ĉirkaŭ la kunula stelo kiel centro. Oni povas kalkuli eĉ la rotaciajn rapidojn de la planedoj. La rezultoj akordiĝas bone kun la rapidoj observitaj ĉe la pli grandaj planedoj Jupitero, Saturno, Urano kaj Neptuno. Aliflanke la rotacioj de la malgrandaj planedoj multe ŝanĝiĝis de post kiam ili estiĝis. Ekzemple, la rotacia periodo de la tero pligrandiĝis de ĉirkaŭ ok horoj ĝis dudek kvar horoj, ĝia nuntempa valoro, pro la tajda efiko de la luno kaj la suno. Do estas atendeble, ke la observataj rapidoj rotaciaj de la malgrandaj planedoj ne akordiĝas kun la rapidoj kalkulitaj, kaj oni trovis, ke tio efektive estas vera.

Ni jam alvenis al la decida parto de la diskuto. Estas konate per la observado de granda nombro da galaksioj, ke estiĝas po unu supernovulo en ĉiu galaksio da steloj je ĉiu periodo de kvin cent jaroj. Ĉar la aĝo de nia galaksio estas ĉirkaŭ 5 000 000 000 jaroj, estas evidente, ke en nia propra stela sistemo kredeble estiĝis ĉirkaŭ 10 000 000 supernovuloj, kaj ke kredeble estas proksimume komparebla nombro da planedaj sistemoj, ĉar konsiderinda proporcio, eble duono, de la supernovuloj kredeble estis membroj de duopaj steloj en la tempo kiam ili eksplodis.

Ĉu nia suna sistemo estas unu el tiu grandega nombro? Ĉu nia planeda sistemo estiĝis el duopa stelo, ĉe kiu la suno estis unu el la membroj, kaj la alia estis supernovulo? Se ni denove konsideras la malakordon inter la kemia konsisto de niaj planedoj kaj de la suno, estas evidente, ke tio kredeble estas vera. Vi sendube memoras, ke ĉe niaj planedoj malabundas la hidrogeno, kompare kun la suno kaj aliaj normalaj specoj de steloj; ĉar ĉe ĉi tiuj ĝi estas milfoje pli abunda. Tial oni deduktis, ke la materio de la planedoj kredeble ne devenis de la suno aŭ de normala stelo. Nu, ni scias, per detala esplorado de la strukturo kaj proprecoj de la supernovuloj, ke ili estas nenormalaj steloj, kiuj enhavas kompare malmulte da hidrogeno en siaj internaj regionoj. Ĉar oni povas pruvi, ke ja el tiuj internaj regionoj kredeble plej multe devenis la planedaj materialoj, la faktoj pri la konsisto akordiĝas bele, kaj tio provizas sendependan konfirmon por la teorio. Efektive, oni ne troigas dirante, ke supernovulo estas la sola speco de stelo, el kiu niaj planedoj povus deveni; alie troviĝus grava malakordo en la faktaro rilate al ilia konsisto.

Ni jam revenu al nia komenca temo, kaj demandu: kioma proporcio de ĉiuj planedaj sistemoj estigitaj laŭ la maniero, kiun mi priskribis, kapablas subteni la vivon? Singarde taksante, mi sugestias, ke ĉe unu okazo el ĉirkaŭ dek troviĝus planedo kun fizikaj kondiĉoj similaj al la kondiĉoj sur la tero. Ĉe ĉi tiu takso oni konsideras similecon de temperaturo, kiel ankaŭ similecon de konsisto. El tiu supozo sekvus, ke en nia galaksio estas ĉirkaŭ 1 000 000 planedaj sistemoj, sur kiuj la fizikaj kondiĉoj taŭgas por subteni la vivon.

Sed krom nia galaksio ekzistas ĉirkaŭ 100 000 000 aliaj galaksioj ne tro malproksimaj, por ke ni povu ilin observi. Ankaŭ pri ĉi tiuj oni devus kalkuli. Enkalkulante ĉiujn kune, oni trovas, ke la nombro da taŭgaj planedaj sistemoj atingas la grandegan sumon de cent trilionoj ( $10^{20}$ ). Do ŝajne se la estiĝo de la vivo sur la tero ne estis nekredible ŝanca afero, estas kredible, ke la vivo abunde disvastiĝas tra la universo. Sed ĉi tie mi invadas la ĉas-konservejon de mia kolego, kiu sendube multe sin okupos pri tiu demando mem.

Eble kelkaj diros, ke ĉio ĉi tio estas tre surprizega, kaj ke ĝi ŝancelas la imagon. Se ili ja diras tion, estas eble bonŝance, ke mi uzis malsensacian metodon ĉe la pritraktado de mia parto de la diskuto. Mia celo estis doni al vi argumenton, ĉe kiu ĉiu grava paŝo estas plene konfirmita per observitaj faktoj. Se mi nur celus ŝanceli la imagon, mi elektus tre malsaman metodon. Mi tiel disvolvus la teorion pri pligrandiĝanta universo, ke mi montrus, ke la sumego de cent trilionoj da planedaj sistemoj rilatas nur al parto de homogena senfina universo. El tio ni povas konkludi ne nur, ke la vivo kredible estas tute ordinara afero, sed ke ĝi kredible troviĝas en senfina nombro da diversaj lokoj. Plue la faktoj de la astronomio plejmulte sugestas, ke la universo estas senfina ne nur rilate al la spaco, sed ankaŭ rilate al la tempo, kaj rilate al la pasinteco kiel ankaŭ al la estonteco. Se tio estas vera, ĉiu ajn okazaĵo, kiel ajn ŝajne neebla, kredible re-okazas denove en diversaj lokoj en la universo, el kio oni povas konkludi, ke eĉ nunmomente en ia malproksima loko alia ulo nomita Hoyle disaŭdigas al aŭdantaro precize simila al vi pri identa temo.

## ĈU LA VIVO EKZISTAS IE EN LA UNIVERSO KROM SUR LA TERO?

Parto II-a: *La Galaksia Vivo, (Galactic Life)*,

de D-ro C. D. DARLINGTON, Direktoro de la  
Gardenkultura Instituto de John Innes.

Oni petis, ke mi konsideru la ĉielon, kaj diru al vi, kiaj estaĵoj eble loĝas tie.

Kun malavara gesto la B.B.C. proponis, ke mi uzu la universon kiel ludilon — dum kelke da minutoj — kaj egale malavare S-ro Hoyle porciumis ĝin en pakajojn, de kia ajn grandeco laŭbezzone.

Tio estas des pli miriga, ĉar ili scias, ke mi estas ekipita ne per teleskopo por rigardi la plej grandajn objektojn en la ĉielo, sed nur per mikroskopo por ekzameni la plej etajn objektojn sur la tero.

La afero ne estas entute tiel freneza, kiel ĝi ŝajnas. Se S-ro Hoyle prave priskribis la originon de la suna sistemo, oni povas uzi la mikroskopon por eltrovi, kio kredible okazas en aliaj partoj de la universo tre malproksimaj

de ni. Lia opinio akordiĝas tre bone kun tiu de la antikvaj Grekaj atomistoj, kiuj konjektis pri ĉi tiu demando. La opinio estas, ke jam ekzistas aŭ ekestiĝas en la senfina spaco senfina nombro da galaksioj, kaj ke iliaj cirkonstancoj estas ne malsimilaj al tiuj de nia propra galaksio. En ĉiu el tiuj galaksioj kredible estiĝas en ĉiu periodo de pluraj jarcentoj sunaj sistemoj kun planedoj similaj al nia propra tero. Kompreneble ili malsimilas je grandeco. Nu ju pli granda estas planedo, des pli granda estas la gravita forto sur ĝi. Al la pli-multo el ni la gravito ŝajnas iom tro granda. Ni preferus, ke ni mem, (kiel ankaŭ la objektoj, kiujn ni uzas), estu pli malpezaj. Sed efektive la plej malpezaj substancoj, ekzemple la aero, estas preskaŭ tiel malpezaj, kiel estas eble; se ili estus ankoraŭ pli malpezaj, ni tute perdus ilin. Sur planedoj multe pli grandaj aŭ pli malgrandaj la aspekto de la vivo estus tute malsama.

Aliflanke, se la planedoj estus proksimume tiel grandaj, kiel la tero, la specoj de la tieaj atomoj kaj ilia relativa abundeco kredible estus taŭgaj, kaj estas kredible, ke ĉeestus ĉiuj tri statoj de la materio — solida, likva kaj gasa, aŭ grundo, maro kaj aero. Ankaŭ ĉeestus suno, kiu provizus la energion por la vivo. La taŭgaj kondiĉoj por la vivo ne daŭrus, simile kiel ili ne daŭros sur nia tero, dum pli longa tempo, ol malgranda ono de la astra vivo de ia planedo. Sed se kondiĉoj sufiĉe similaj al niaj propraj iam dum ĝia historio okazis, la estiĝo kaj daŭro de la vivo dum iom da tempo estus ne nur ebla, sed (laŭ mia opinio) neevitebla. Do — se S-ro Hoyle kaj mi pravus — la vivo efektive ekzistas nuntempe aliloke en la universo.

Ni emas (tiel mi supozas), konsideri la kondiĉojn sur nia propra planedo kiel precipe taŭgaj por la vivo. Ni emas almenaŭ en tioma mezuro akordiĝi kun la filozofo Leibniz, ke ni kredas, ke laŭ severe fizika senco ĉi tiu ja estas la plej bona el ĉiuj eblaj mondoj. Kaj tion ni faras, ĉar estas malfacile imagi pli bonan mondon, kaj facile — tre facile — imagi pli malbonan.

Kiajn diferencojn oni povas imagi en ia alia mondo, en kiu ekzistas la vivo?

Variadoj je la temperaturo kaj malsekeco efikus malpli, ol oni eble supozus, ĉar en ĉiu okazo ili neniam ĉesis variu dum la historio de nia propra tero. Sed estas imageble, ke malsama valoro de la gravita forto, malsama daŭro de la tago, aŭ malsama proporcio de la oksigeno al la nitrogeno en la atmosfero eble kaŭzus pli divers-manieran disvolviĝon — do disvolviĝon pli riĉan je eblecoj — ol okazis ĉe nia tero. Eĉ sur planedoj sen ia ekstera fonto de radianta energio tia, kia por ni estas la suno, estas eble, ke la vivo povus disvolviĝi. Sed ĝi estus limigata al la malplej progresintaj vivantaj organismoj, kaj eble daŭrus en tiu mizera kaj monotona stato dum terure longa tempo. Sur la tero la vivo eble jam daŭris dum 2 000 000 000 jaroj, kaj estas eble, ke ĝi ankoraŭ daŭros dum eĉ pli longa periodo. Sed eĉ se ĝi neniam disvolviĝus super la nivelon de la bakterioj, ĝi eble povus daŭri egale longan tempon.

Nu, ni imagu sistemon, kiu sufiĉe similas al nia propra, por ke la vivo