

## Robert O. Doyle: "Kosminen luominen" (Cosmic Creation)

Robert O. Doyle  
Astronomian professori,  
Harvard University

Suomentanut ja kommentoinut  
Kullervo Rainio  
Emer. prof.,  
Helsingin yliopisto

### Lukijalle:

Doylen teksti on ilmeisesti tarkoitettu helposti omaksuttavaksi niille lukijoille, joilla on perustiedot kvanttimekaniikassa ja informaatioteoriassa. Jotta mahdollisimman laaja lukijakunta saisi tilaisuuden jäsentää artikkelin antia, yritän muutamalla lisäyksellä ja esimerkillä vielä havainnollistaa Doylen tiivistä esitystä. Olen erittäin innostunut hänen selkeästä ja sisältörikkaasta tekstistään, joten kommenttini eivät ole kovinkaan "kriittisiä" vaan parhaassa tapauksessa täydentäviä.

Helsinki, 24.10.15 KR

[Suomennos on fontilla Arial 11, huomautukset fontilla Garamond 14.]

Robert O. Doyle, PhD (1968), on Harvardin yliopiston teoreettisen astrofysiikan professori ja työskentelee The Astronomy Department of Harvard University:ssa. Hän on julkaissut mm. huomiota herättäneen teoksen "Free Will; The Scandal in Philosophy" (2011) ja kirjoittanut useita artikkeleita informaatiofilosofian eri alueilta (ks. <http://informationphilosopher.com>).

Informaatiofilosofia (oikeastaan informaatiofysiikka) on nyt tunnistanut välttämättömät vaiheet minkä tahansa uuden informaatorakenteen ilmenemiselle universumissa. Tähän kuuluu aineen ensimmäinen ilmaantuminen – alkeishiukkaset kuten kvarkit, protonit, neutronit ja elektronit. Siihen kuuluvat myös ensimmäiset atomit ja molekyylit (jotka eivät ilmaantuneet ennen kuin vähintään 380.000 vuotta universumin alun jälkeen.

### **Kommentti 1 )** Mitä on tämä "informaatio", johon Doyler viittaa?

Ensiksi on huomattava, että artikkelissa ei juuri käsitellä ns. semanttista informaatiota, viestejä, joilla on tulkitsijalleen merkityssisältöjä, vaan ns. *Shannon-informaatiota*, joka ilmaisee järjestyksen/kaaoksen määrää tarkasteltavassa kohteessa. Shannon-informaation laskukaava on seuraavanlainen:

$$\text{Informaatio} = \log_2 n + \sum_{i=1}^n p_i (\log_2 p_i)$$

jossa  $n$  on vaihtoehtojen lukumäärä ja  $p_i$  vaihtoehdon  $i$  todennäköisyys. Kaavassa  $\log_2$  on vain informaation (lisäävästi) vaikuttava osa. kun taas sigma-lauseke on (miinusmerkkisenä) *entropia*.

Miksi entropian mitta on *miinus*-sigma? – Koska aina kun  $p < 0$ ,  $p$ :n logaritmit ovat negatiivisia, joten summalauseke on negatiivinen. Entropialle halutaan kuitenkin luonnollisempi positiivinen arvo.

Siksi sen kaavassa tulos on otettava miinusmerkkisenä: Entropia =  $-\sum p_i (\log_2 p_i)$ . Informaation kaava on siis aukikirjoitettuna  $\text{Info} = \log_2 n - \text{Entropia} = \log_2 n - [-\sum p_i (\log_2 p_i)]$ .

Vaikka kutsumme tätä kosmiseksi luomiseksi, hyvin samanlaiset askeleet luovat kaiken elämän Maa-planeetalla. Nämä biologiset rakenteet ovat kuitenkin kaukana passiivisuudesta. Niillä on tavattoman *aktiivinen* ja *emergentti* kyky monistaa ja prosessoida informaatiota. Ne ilmaisevat *tarkoituksenmukaista* käyttäytymistä.

Lopuksi, nuo samanlaiset vaiheet käymme läpi mielessämme luodessamme jonkin uuden idean! Informaatiofilosofia kertoo tarinan kosmisesta ja biologisesta evoluutiosta, joka on yksi luomisprosessi aina alun aineesta *ei-aineellisiin* tajuntoihin, jotka nyt ovat löytäneet luomisprosessin itsensä!

Ikävä todeta, kosminen luominen on kauhistuttavan tuhmailevaa. Olemassaolon tasapainotuksessa tuhoavien ja rakentavien voimien välillä ei ole kunnan kilpailua. Pimeä puoli on ylivoimainen. Mitattaessa kvantitatiivisilla fysikaalisilla mittareilla aineen ja energian määrää todetaan maailmankaikkeudessa paljon enemmän kaaosta kuin (järjestynyttä) kosmosta. Mutta kosmos on se, jota me pidämme suuressa arvossa.

Informaatiofilosofia keskittyy universumin kvalitatiivisesti arvokkaihin informaatorakenteisiin. Tuhoavat voimat ovat entrooppisia; ne lisäävät entropiaa ja epäjärjestystä. Rakentavat voimat ovat anti-entrooppisia. Ne lisäävät järjestystä ja informaatiota. Nimeämme ne *ergodisiksi*.

Informaatiolla tarkoitamme kvantiteettia, joka voidaan ymmärtää matemaattisesti ja fysikaalisesti. Se vastaa yleistä käsitystä informaatiosta kommunikaatio- ja tiedonantovälineenä. Se vastaa myös sitä informaatiota, jota säilytämme kirjoissa ja tietokoneissa. Mutta se mittaa myöskin minkä tahansa fysikaalisen kohteen informaatiota – kuten kiven tai lumihiihtaleen, kuten resepti tai kaava tuotantoprosessissa ja kuten biologisten systeemien informaatio, mukaan luettuna solun ja elinten orgaaniset rakenteet ja geneettinen koodi.

Informaatio on matemaattisesti yhdistettävissä epäjärjestyksen mittaan, joka tunnetaan termodynamiikan kvantiteettina nimellä ”entropia”. Ludwig Boltzmann johti kuuluisan kaavan  $S = k \log W$ , jossa  $S$  on entropia ja  $W$  on todennäköisyys – kuinka monella tavalla sisäiset komponentit (systeemin aine- ja energiapartikkelit) voidaan järjestää ja silti säilyttää sama systeemi. Siten informaatio on yhdistettävissä *todennäköisyyteen ja mahdollisuuksiin*.

**Kommentti 2 )** Boltzmannin formula on perustana myös Shannonin entropia-kaavassa, kun tilavektorin kunkin elementin entropia lasketaan sijoittamalla  $\log W$ :n paikalle  $\log_2 p_i$  ja  $k$ :n paikalle  $p_i$ . Koko tilavektorin entropia on näiden summa.

”...information is related to probability and possibilities”. Kvanttimekaniikassa ”possibilities” ovat systeemin mahdollisia tiloja eli tilavektorin elementtitiloja ja ”probabilities” näiden todennäköisyydet eli tilavektori.

Voimme hyvin perustellusti ajatella, että universumin tila *ennen sen syntyä* oli ”pelkkien mahdollisuuksien maailma”, tila, jossa informaatio on 0 ja joka on siis pelkkää kaaosta; se oli nimenomaan sellaista ”kaaoksen kaaosta”, jossa ei ollut vähintäkään järjestystä ja joka ei voinut vaikuttaa mihinkään. Se on kuvattavissa vain homogeenisilla tilavektoreilla, koska vain niiden informaatio on 0. Mutta emme voi väittää, ettei mitään mahdollisuuksiakaan ollut, mutta *kaikki mahdollisuudet olivat yhtä todennäköisiä*.

Informaatiofilosofinen maailmankuva poikkeaa radikaalisti newtonilaisesta, ankarasti deterministisestä maailmankuvasta, jossa todennäköisyydet voivat saada vain 1-

ja 0-arvoja ja informaatio on alusta asti vakio, entropia (termodynaaminen) sensijaan kasvaa kohti maksimiaan, ”lämpökuolemaa”. (Tämä kuvaus sisältääkin vakavan paradoksin: informaatio on vakio ja kuitenkin lopussa 0.)

Informaatiofilosofian mukaisesti tarkastellen *maailmankaikkeuden synty merkitsee informaation syntyä* eli epähomogeenisten tilavektorien ilmaantumista kvanttimekaaniseen indeterministiseen maailmaan. *Aineen synty* on sitten stabiilien yksilövektoreiden ilmaantumista. Kysymys siitä, mistä *systeemit* tulevat, jää avoimeksi. Niistä voidaan sanoa, että ne prosesseissaan *toteuttavat mahdollisuuksia* – kahdella tavalla, a) aktualisoimalla kvantttiloja ja b) realisoimalla tiloja stabiileiksi aineellisiksi tiloiksi (kuten ”mittauksessa romahduttamalla aaltofunktion”, kuten perinteiset kvanttifyysikot sanovat).

Systeemeistä *tajuntasysteemit* ja niiden synty, olemus ja niiden vuorovaikutus aineellisten systeemien kanssa vaatisi oman tarkastelunsa. Ei voida tyytyä siihen, että ne olisivat ”emergentejä” aineen muodosteita. Tässä kohdassa informaatiofilosofia ei ole alkua pitemmällä. (Tajuntasysteemeistä ks. esim. Rainio, 2014, 2015b,c.)

Tässä valossa ”luominen” on jatkuvaa rinnakkaista informaation ja entropian kasvua, jota Doylen artikkelissa painotetaan voimakkaasti.

Informaatio, jota tarkoitamme, on läheisessä yhteydessä ”negatiiviseen entropiaan” fysikaalisen systeemin poikkeamiseen pelkästä kaaoksesta, ”termodynaamisesta tasapainotilasta”.

”Negatiivinen entropia” on yksinkertaisesti erotus *maksimaalisen mahdollisen entropian* (jolloin fysikaalisen systeemin kaikki hiukkaset ovat maksimaalisessa epäjärjestyksen tilassa ja jossa ei ole näkyvää rakennetta) ja *aktuaalisen entropian* välillä.

**Kommentti 3)** Doylen lyhyt sanallinen ilmaisu sisältää itse asiassa koko hänen kosmoksen evaluutiokäsityksensä ytimen. Siksi on paikallaan pysähtyä analysoimaan sitä yksityiskohtaisemmin diskreetin kvanttimekaniikan viitekehyksessä.

“... the *maximum possible entropy* (where all the particles in a physical system are in a maximum state of disorder)” tarkoittaa kvanttimekaanisissa systeemeissä sitä, että kaikki tilavektorit ovat homogeenisia; se on kaaostila matemaattisesti. Merkitään sitä  $E_{max}$ . – “... the *actual entropy*” ilmaantuu silloin, kun on syntynyt epähomogeenisia tilavektoreita ja/tai ainetta; sen nimi olkoon  $E_{act}$  ja negatiivisen entropian  $NegE$ . Informaatio olkoon  $I$ . Näiden väliset suhteet saadaan esille informaation laskukaavaa käyttäen:

$I = \log_2 n - E$ , jossa  $n$  = mahdollisuuksien lukumäärä eli tilavektorin todennäköisyys-elementtien luku eli vektorin pituus.  $E$ :lle saadaan yhtälö

$$E = \log_2 n - I$$

Kaaoksen vallitessa  $I = 0$  ja entropia maksimissaan eli

$$E_{max} = \log_2 n$$

Vastaavasti, jos  $E = 0$ , on  $I$  maksimissaan eli  $I_{max} = \log_2 n$ . Kun  $I$  on maksimissaan, tilavektori voi olla vain yksikkövektori, joten universumin tila olisi tällöin täysin määrätty (ja myös jäisi sellaiseksi – siinäkin tapauksessa, että universumi laajenisi, ts. elementit lisääntyisivät uusilla 0:illa). Tämä on klassisen fysiikan *deterministinen* kuva kaikkeudesta; se on räikeässä ristiriidassa termodynamiikan kanssa, koska sen mukaan entropia olisi vakioisesti 0.

Doylen sanallinen määritelmä negentropiasta on kirjoitettavissa

$NegE = E_{max} - E_{act}$  , mutta kun  $E_{act} = \log_2 n - I$  ja  $\log_2 n = E_{max}$ , saadaan

$NegE = E_{max} - (E_{max} - I) = I$

Siten  $NegE$  tarkoittaa (aktuaalista) informaatiota ja on turha lisäkäsité. Tämä johtuu väistämättömästi Shannonin informaatiokaavasta.

Tuonnempana kuvassa 1 on havainnollistettu maksimaalisen entropian ja aktuaalisen entropian rinnakkaiskasvua universumin evoluutiossa. Mitä enemmän niiden kuvaajat erkanevat toisistaan, sitä enemmän tilaa jää negentropialle eli informaatiolle (ja nimenomaan aktuaaliselle informaatiolle). Shannonin kaavan mukaan on siinä tapauksessa, että entropia ei ole maksimissaan, suoranainen looginen ”pakko” esiintyä aktuaalista informaatiota.

Diskreetin kvanttimekaniikan kuvauksen mukaisesti kaikkeuden alkutila ei siis suinkaan ole ”tyhjä” vaan koostuu superpositiosta, jossa sen tulevaisuus on kätkeytyneenä  $2^{303}$  :een täysin satunnaiseen mahdollisuuteen. Avoimeksi jäävät kysymykset: Mistä ilmaantuu se systeemi, jonka tilavektori on epähomogeeninen ja joka siten voi interferenssissä muuttaa kaaostilaa? Mistä ilmaantuu se systeemi, jonka tilavektori on yksövektori ja joka siten kykenee interferenssillään realisoimaan kvanttisysteemejä aineelliseen tilaan?

Tuntuu ehkä realistisemmalta ajatella universumin muodostuvan yhden valtaisan systeemin sijasta lukuisista erillisistä systeemeistä, jotka voivat olla kietoutuneina (entangled) toisiinsa ja vaikuttaa siten toisiinsa interferenssin tietä (esim.  $2^{50}$  systeemiä, kussakin  $2^6$  elementtiä.  $E_{max}$  olisi sama  $2^{303}$  kuin edellä).

Niin kauan kuin systeemien transitiomatriisit ovat homogeenisia, interferensseillä ei kuitenkaan ole mitään vaikutusta. Vaikka joukossa olisi epähomogeenisiakin tilavektoreita, mutta ei yhtään yksikkövektoria, ei kuitenkaan syntyisi ainetta, sillä ominaismatriisin tilavektorit lähestyisivät vain ääriarvona yksikkövektoria. – Vaikka olettaisimme universumin koostuvan lukuisista systeemeistä, nämä systeemit eivät konstruktivisissakaan interferensseissä tuottaisi yksikkövektoria, enintään sitä ääriarvona lähestyviä vektoreita.

Kvanttievoluutio ei sellaisenaan ainetta tuota. Mistä siis yksikkövektori, joka kopioisi interferensseissä itseään ja tuottaisi inflatorisessa tahdissa ainepartikkeleita? – Yksi mahdollisuus on se oletamus, että *informaatio muuttuu ”informaatiokvantteina”*, hyppäyksittäin, ja kvanttievoluution viimeinen hyppäys veisi täsmälleen yksikkövektoriin. (Ks. Rainio, 2015d, ss. 28-29) Sellaista olettamusta ei tietääkseni kuitenkaan ole varsinaisten kvanttifysiikkien piirissä esitetty.

Sitten, kun yksikin yksikkövektori on ilmaantunut, *dekoherenssi* tuottaa erittäin suurella nopeudella tämän kopioita. Onko tämä ymmärrettävä universumin inflaatioksi? Aineen lisääntyminen dekoherenssin vaikutuksesta voidaan nähdä ”kasvuna” ja matemaattisesti *kasvukäyrän* mukaisena diffuusiona.

Termodynaamisessa tasapainotilassa on ainoastaan mikroskooppisten perushiukkasten liikettä (”liikettä, jota kutsumme lämmöksi”). Makroskooppisten rakenteiden, kuten tähtien ja planeettojen, olemassaolo ja niiden liike on poikkeamista termodynaamisesta tasapainotilasta. Ja tätä poikkeamista kutsumme ”negatiiviseksi entropiaksi”.

Termodynamiikan toinen laki sanoo, että suljetun fysikaalisen systeemin entropia (epäjärjestys) kasvaa kunnes se saavuttaa maksimin, termodynaamisen tasapainotilan. Se vaatii, että maailmankaikkeuden entropia on nyt ja on aina ollut kasvava.

Entropian kasvamisen kumoamaton tosiasia johti monet tiedemiehet ja filosofit otaksumaan, että meidän universumimme on "valumassa tyhjiin" kohti "lämpökuolemaa". Heidän ajatustensa mukaan se merkitsee, että maailmankaikkeus alkoi hyvin korkean informaation tilassa, koska (termodynamiikan) toinen laki vaatii, että jokainen organisaatio tai järjestys on taipuvainen hajoamiseen. Se informaatio, joka on nykyhetkellä jäljellä, on heidän näkemyksensä mukaan ollut aina. Ei mitään uutta auringon alla.

Mutta universumi ei ole *suljettu* systeemi. Se on dynaamisessa laajenemisen tilassa, joka liikkuu pois termodynaamisesta tasapainotilasta nopeammin kuin entrooppiset prosessit kykenevät etenemään. Maksimaalinen mahdollinen entropia kasvaa paljon nopeammin kuin aktuaalinen entropia lisääntyy. Maksimaalisen mahdollisen entropian ja aktuaalisen entropian erotus on potentiaalinen informaatio, kuten David Layzer on osoittanut.

**Kommentti 4)** Shannonin entropian ja informaation laskukaavoja käyttäen voidaan näyttää esimerkin avulla havainnollisesti, että näin on. Ensiksikin: Mitä tarkoittaa universumin laajeneminen, ekspansio? Diskreetin prosessimallin mukaan se voi tarkoittaa joko uusien systeemien syntyä tai uusien mahdollisuuksien avautumista systeemeille. Tarkastelemme esimerkissämme jälkimmäistä:

Olkkoon systeemillä  $S$  ennen laajentumista  $n_1$  mahdollisuutta, ts. tilavektorissa  $n_1$  transiiovaihtoehtoa, ja laajentumisen jälkeen  $n_2$  vaihtoehtoa. Suurin mahdollinen entropia on homogeenisen vektorin entropia. Homogeenisen vektorin jokainen elementti on  $1/n$ . Oletamme esimerkiksi, että  $n_1 = 10^9$  ja  $n_2 = 10^{12}$  eli laajeneminen on tuhatkertainen. Entropian laskukaavan mukaan silloin (ks. komm. 1 s. 1):

Ennen laajenemista, kun  $n = 10^9$ :  $Entr = 29.9$

Laajenemisen jälkeen, kun  $n = 10^{12}$ :  $Entr = 39.9$

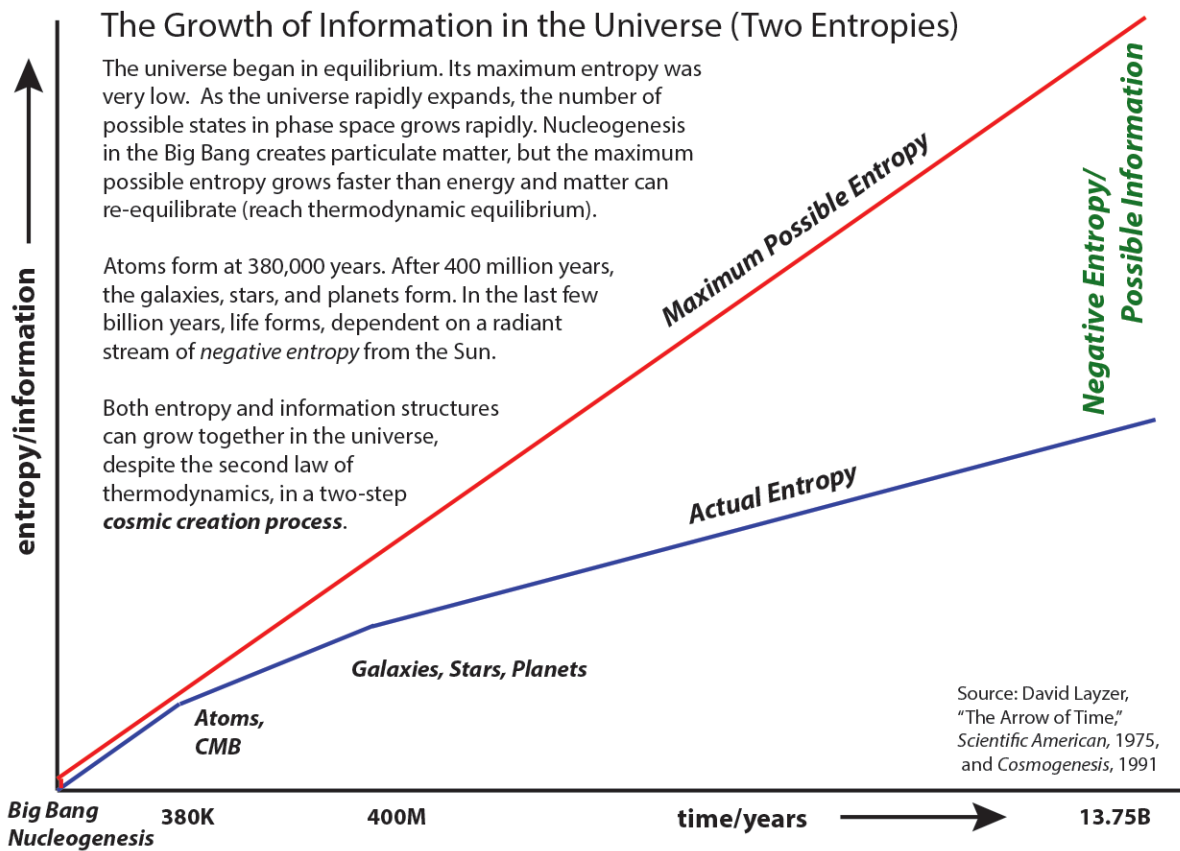
Maksimaalisen entropian lisäys tämän systeemin osalta on siis 10.

Jos ajatellaan, että kysymyksessä on laajeneminen kaaostilassa, informaatio on ennen laajenemista 0, samoin sen jälkeen. On kuitenkin pakko ajatella, että jossakin vaiheessa laajenevaan avaruuteen ilmaantui aineellisia partikkeleita. Ne määritellään diskreetissä kvanttimekaniikassa systeemeiksi, joiden tilavektori on stabiili yksikkövektori. Kuten kommentissa 3 on esitetty, tapahtuu dekoherenssi eli tällainen yksikkövektori interferoi toisen systeemin tilavektorin kanssa. Tämä jälkimmäinen muuttuu sekin yksikkövektoriksi, ts. syntyy uusi partikkeli, uutta ainetta eli rakennetta, jolla on korkea informaatioaste. (Vektori-interferenssistä ks. Rainio-Malaska, 2011c.)

Mainittakoon, että maailmankaikkeuden laajenemisesta on Tuomo Suntola esittänyt käänteentekeväen "dynaamisen universumin" teorian, jossa laajeneminen tapahtuu neljässä ulottuvuudessa (Suntola, Tuomo, 2011). Suntolan kuvauksessa avaruuden laajeneminen on selvästikin kasvukäyrän mukaista: inflaatiovaihe on takana päin ja elämme hidastuvan laajenemisen vaiheessa.

On huomattava, että entropia-tarkastelussamme käsitelimme oikeastaan *mahdollisten tilojen lisääntymistä*, joka on hyvin abstrakti asia ja eri kuin varsin konkreettiselta tuntuva "tilavuuden" lisääntyminen. Ne saattavat kylläkin korreloida vahvasti.

## Kuva 1 ) Informaation kasvu maailmankaikkeudessa (kaksi entropiaa)

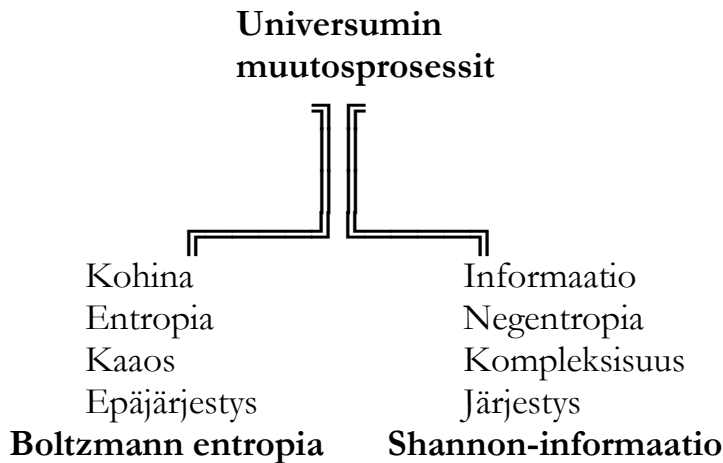


Kuvateksti suomennettuna: "Maailmankaikkeuden alussa vallitsi tasapaino. Sen maksimaalinen entropia oli hyvin matala. Kun kaikkeus äkkiä laajeni, mahdollisten tilojen määrä kasvoi nopeasti. Big-Bangissä nukleogenesis luo hiukkas-ainetta, mutta maksimaalinen mahdollinen entropia kasvaa nopeammin kuin millä nopeudella energia ja aine voivat palata tasapainoon (saavuttaa termodynaamisen tasapainon). – Atomit muodostuvat 380.000 vuodessa. 400 miljoonan vuoden jälkeen saavat muotonsa galaksit, tähdet ja planeetat. Viimeisten muutaman miljardin vuoden aikana muodostuu elämää – riippuen Auringon negentrooppisesta säteilyvirtauksesta. – Sekä entropia että entropia-rakenteet voivat kasvaa yhdessä maailmankaikkeudessa, termodynamiikan toisesta laista huolimatta, kahden-askeleen **kosmisessa luomisprosessissa**." – (Vaihtoehtoisista nimityksistä "Negative Entropy / Possible Information" on "Informaatio" parempi, aiheuttaa vähemmän sekaannuksia.)

Informaatorakenteitten synty merkitsee sitä, että osassa universumia paikallinen entropia on itse asiassa vähenemässä. Matalaentropoppisen systeemin syntyyn liittyy aina entropian säteily pois paikallisista rakenteista universumin kaukaisiin osiin, esimerkiksi yötaivaalle.

Maailmankaikkeuden laajetessa (ks. kuvaa) syntyy sekä positiivista että negatiivista entropiaa. Normaali termodynaaminen entropia tunnetaan Boltzmannin entropian nimellä. Negatiivinen entropia, jota usein kutsutaan Shannon-entropiaksi, on kehittyvän universumin informaation mitta.

Kuva 2)



Huomautus: Olen lisännyt tekstin “Universumin muutosprosessit” ja muuttanut virhetulkintojen välttämiseksi Doylen termin ”Shannon entropia” tilalle ”Shannon-informaatio”, sillä sitä Doyle artikkelitekstissään selvästi tarkoittaa: ”*The negative entropy, often called the Shannon Entropy, is a measure of the information content in the evolving universe.*” K.R.

Entropia ja informaatio voivat näin ollen samanaikaisesti kasvaa laajenevassa universumissa. Yleisesti tarkastellen on kahdenlaista entropia/informaatio –virtausta. Jokaisessa prosessissa positiivisen entropian lisäys on vähintään sama kuin minkä tahansa siinä syntyneen informaatorakenteen negatiivinen entropia – ja yleensä montakin suuruusluokkaa suurempi. Positiivisen entropian tulee ylittää negatiivinen; sitä vaatii termodynamiikan toinen laki, joka sanoo, että kokonaisentropia lisääntyy aina.

**Kommentti 5)** Doylen termi ”negative entropy” on syytä korvata termillä ”informaatio” (*Shannon-informaatio*), sillä sitä se tarkoittaa.

Doyle tarkastelee selvästikin vain aineen muodossa esiintyviä systeemejä ja entropiaa hän tarkastelee silloin termodynamiikkaan painottuneena. Kuva laajenee ja tuo yleisempiä näkökohtia näkyviin, jos mukaan otetaan kvanttiprosessien maailma. Diskreetissä kvanttimekaniikassa on helppo tarkastella systeemin tilavektoreitten entropiaa ja informaatiota laskemalla informaation muutoksia prosessin eri vaiheissa. (Ks. erityisesti Rainio, 2015d.)

Tarkastelu osoittaa, että kvanttiprosessien (”säteilyn”) jättäminen laskelmien ulkopuolelle vinouttaa informaatiofilosofista kuvausta universumista.

Aineelliset hiukkaset ovat ensimmäisiä informaatorakenteita, jotka muotoavat universumia. Ne ovat kvarkkeja, baryoneja ja atomiytimiä, jotka yhdessä elektronien kanssa muodostavat atomeja ja edelleen molekyyliä, jos lämpötila on kyllin matala. Näitä ainepartikkeleita vetää yhteen universaalinen gravitaatio, jolloin muodostuu galaksien, tähtien ja planeettojen jättimäisiä informaatorakenteita.

**Kommentti 6 )** Edellä, kommentissa 4 esitetyn valossa tätä lienee pidettävä liian kapeana näkökulmana: Aineelliset partikkelit *eivät* ole ensimmäisiä kaikkeudessa muodostuvia informaatorakenteita, jos otamme kvantti-ilmiot huomioon – ja pakkohan meidän jo nykyisin on ottaa.

Kun Doyle ei esitä mitään olettamusta aineellisten partikkelien syntyavasta, lienee paikallaan havainnollisuuden lisäämiseksi todeta, että diskreetin kvanttimekaniikan piirissä siinä mallissa, jota olen kehitellyt DPM:n nimisenä (diskreetti prosessimalli), on tästä yksinkertainen olettamus: aineellinen partikkeli syntyy, kun systeemi asettuu pysyvään tilaan  $i$  (transiitodennäköisyys  $p_{i,i} = 1$ ). Tämä on yksi välttämätön edellytys sen havaittavuuteen. Partikkelin synty on periaatteessa mahdollinen kahdella tavalla:

- a) transitiomatriisissa esiintyy stabiloiva yksikkövektori tai
- b) kietoutumisen (lomittuminen, entanglement) yhteydessä interferenssi jonkin toisen systeemin yksikkövektorin kanssa tuottaa stabiloivan yksikkövektorin tarkasteltavassa kohteessa.

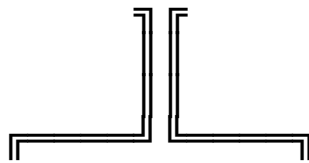
Varhainen kvanttimekaniikka selitti tämän ”mittauksen” tuloksena, joka mittaus ”romahdutti aaltofunktion”. Nykyisin leviää yhä yleisemmäksi se kanta, että *dekoherenssi* ajaa saman asian, ”luonto” tekee itse tuon ”mittauksen”.

On vielä olemassa kolmaskin mahdollisuus systeemin aineellisen olomuodon syntyyn interferenssin tietä: radikaali uusi olettamus *informaatiokvantista*. Tämä olettamus merkitsisi sitä, ettei informaatio muuttuisikaan jatkuvana suureena vaan hyppäyksinä, ”kvantteina”.

=====

**Kuva 3 )**

**Universumin  
muutosprosessit**



Partikkelit  
 kvarkit, barionit  
 nukleonit, elektronit  
 atomit, molekyylit

Galaksit  
 tähdet  
 planeetat

Kosminen tausta  
 sumu & kaasu?  
 pimeä aine?  
 pimeä energia?

**Boltzmann entropia**

**Shannon-informaatio**

=====

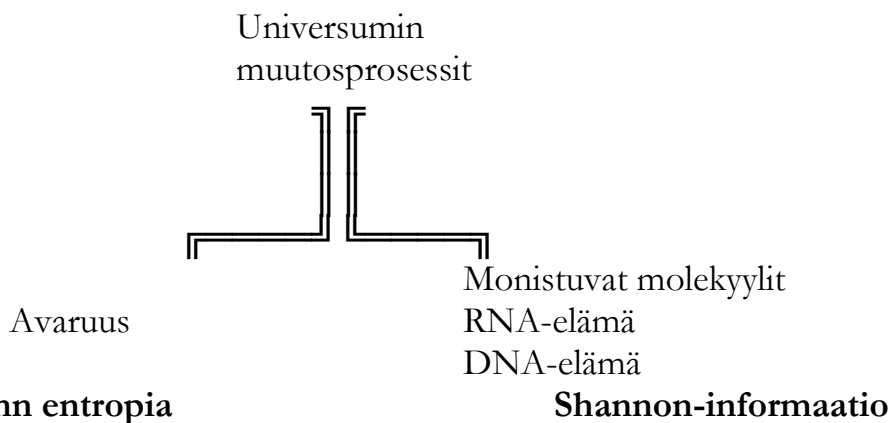


Sekä mikroskooppiset kvanttimekaaniset partikkelit että valtavat sisäisen vetovoiman ylläpitämät systeemit ovat stabiileja ja äärimmäisen pitkäikäisiä.

Kun tähdet muodostuvat, niistä tulee säteilyn toinen lähde sen alkuperäisen kosmisen Big Bang – lähteen jälkeen, joka on kylmentynyt 3 Kelvin-asteeseen (3K) ja säteilee kosmisena mikroaalto-taustaradiaationa.

Aurinkosäteilyämme väriämpötila on korkea (5780 Kelvin-astetta eli noin 5500 C<sup>0</sup>), mutta energiasäilytö-ämpötila matala (273K eli 0 C<sup>0</sup>). Se ei ole tasapainossa ja se on alkusyy kaikelle maapallolla informaatiota tuottavalle negatiiviselle entropialle, joka aiheuttaa biologista evoluutiota.

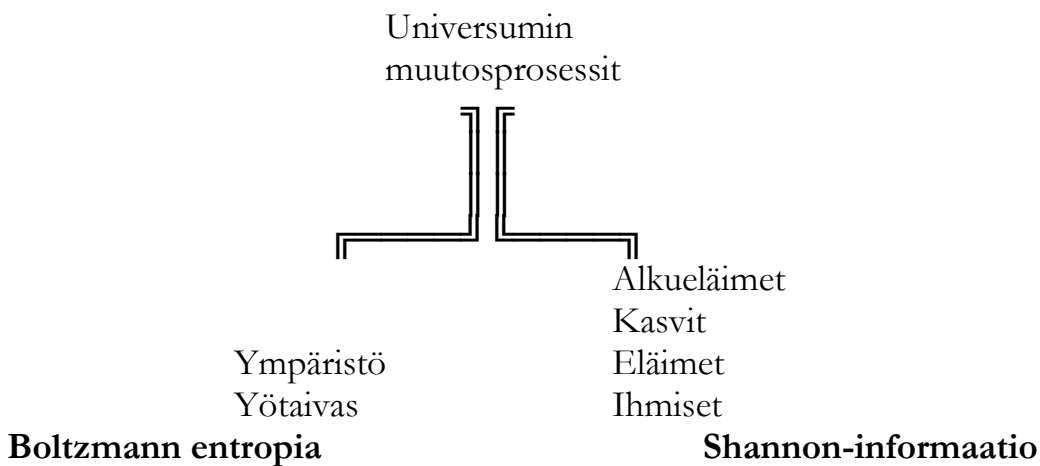
**Kuva 4 )**



Huomattakoon, että se osa Auringon valosta, joka lankeaa Maahan, on vähemmän kuin miljardis-osa siitä, joka kulkee ohi ja katoaa avaruuteen.

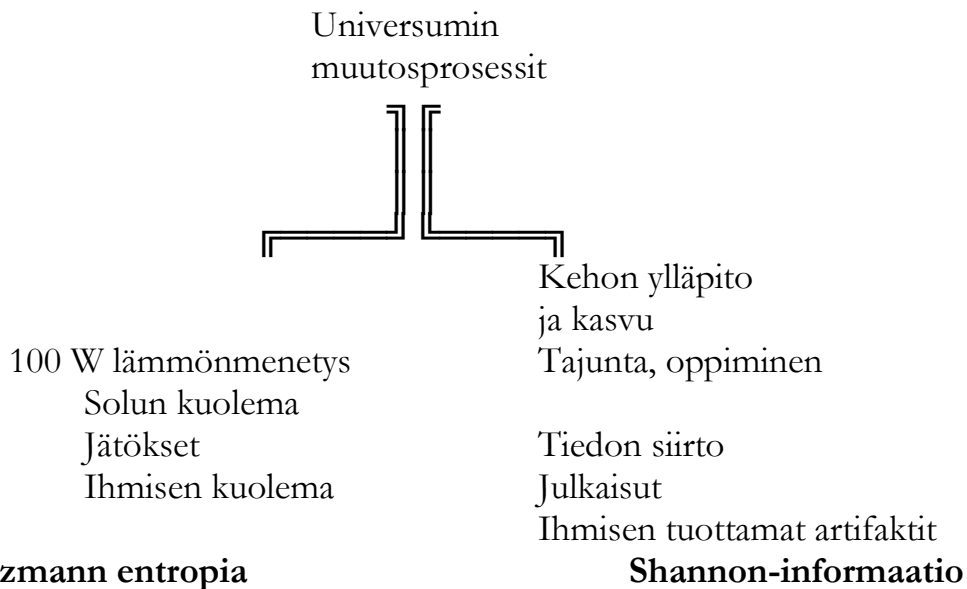
Vähäinen osa siitä aurinkoenergiasta, joka lankeaa maahan, muuntuu kasvien ja eläinten informaatorakenteiksi. Suurin osa siitä muuntuu lämmöksi ja säteilee pois yötaivaalle hukattuna energiana.

**Kuva 5 )**



Jokainen biologinen rakenne on kvanttimekaaninen rakenne. DNA on säilyttänyt stabiilin informaatorakenteensa (jälleen kiitos kvanttirakenteitten tavattoman pysyvyyden) yli vuosimiljardien kaaoksen ja häiriöiden jatkuvasta läsnäolosta huolimatta.

**Kuva 6 )**



Ihmisen stabiili informaationsäilyminen säilyy, vaikka kehossa oleva aine vaihtuu elämän aikana moneen kertaan. Ainoastaan kuolemassa mentaalinen informaatio (henki, sielu) hajoaa – ellei se tule säilytyksi jossakin.

**Kommentti 7 )** “... unless it is saved somewhere”. Onko näin? Säilyykö mentaalinen informaatio – eli kansanomaisesti “sielu” – kuoleman jälkeen? Doyle esittää kysymyksen, mutta ei vastaa. Vastaus saattaisi kiinnostaa kuitenkin monia. Siksi seuraavassa yritetään etsiä vastausta kvanttifysiikan avulla (ja informaatiofilosofian hengessä).

Nobelisti J. C. Eccles on esittänyt varteenotettavan teorian aivojen fysiologisen tapahtumisen ja tajunnan (Self) välisestä interaktiosta (Eccles, 1994). Hänen mukaansa hermoimpulssien ylimeno ns. synapsissa eli hermosolujen välissä (eksosytoosi) on kvanttimekaanisesti kuvattava todennäköisyyksien ohjaama ilmiö ja mahdollistaa tajunnasta tulevat vaikutukset siten, että tajuntatila voi muuttaa mainittuja synapsitodennäköisyyksiä. Tämä on väittelyn kohteena, varsinkin kun Eccles ei esittänyt yksityiskohtaista matemaattista teoriaa, mutta tässä voimme kokeeksi katsoa, mitä Ecclesin hypoteesista seuraa. (Rainio, 2008, 2009, 2011a).

Tajunnan kvanttimekaaninen tutkimus on vasta alullaan, mutta on varsin perusteltua esittää, ettei välittömästi aivoihin vaikuttavan mentaalisen systeemin suinkaan tarvitse olla ainoa vaan tajunnan analyysi näyttää selvästi vaativan myös ylempien tajuntatasojen systemien olettamusta (ks. Rainio, 2014 ja 2015a ,b, c, d). Niiden

evoluutio voi muuttua, mutta ei ole aihetta olettaa, että ne ”häviävät”. Näille systeemeille jää informaatorakenne ja ne siis jatkavat olemassaoloaan. Huomataan, että mentaalisen tilan mahdollisuudet vaikuttaa eksosytoosiin (ja koko aivoihin sen mukana) ovat hävinneet, mutta muuten *mentaalinen systeemi on jäänyt olemaan* (niissä tiloissa, joissa  $p > 0$ ). Sen hävittämiseen tarvittaisiin jotakin muuta kuin kuolema. ”Sielun kuolema” – mitä se voisi olla? – Diskreetin kvanttimekaniikan mukaan vain vektori-interferenssi inversiovektorin kanssa (täydellisesti destruktiivinen interferenssi) voisi muuttaa tajunnan tilavektoreita homogeenisiksi, ts. hävittää niiden informaation ja vaikutusmahdollisuuden (sen, mitä sanomme ”olemassaoloksi”).

Siinä määrin tajunta on sidoksissa aivoihin, että on vaikea kuvitellakaan, mitä tajunnan sisällöt olisivat ilman tätä yhteyttä. Ei ole perusteita väittää, että korkeamman tason mentaaliset systeemit häviäisivät, mutta ilman havaintoja ja ilman aivojen tarjoamaa ”muistikirjaa” tajunta joutuisi harhailemaan, ehkä eräänlaisessa Platonin ”ideoiden maailmassa”, ennen pääsyä yhteyteen uusien ”käyttämättömien aivojen” (s.o. vastasyntyneen) kanssa ns. jälleensyntymässä.

”...it [mental information] is saved somewhere”. Kyllä. On syytä olettaa, että näin on: mentaalinen informaatio säilyy jossakin.

Elävän ihmisen koko mentaalisen informaation määrä on monta kertaluokkaa pienempi kuin kehon informaatioisisältö ja informaatioprosessien osuus. Mutta ihmisten kehittämät kehon ulkopuoliset informaatorakenteet, jotka esiintyvät ulkopuolisen tietämyksen muodossa, mukaan luettuna ihmisen artifaktien suunnaton kokoelma (jota nimitämme ”Summaksiksi”), kilpailevat biologisen informaation koko määrän kanssa.

Informaatio kasvaa ja  
me olemme maailmankaikkeuden myötäluojia

Informaatorakenteiden luomisen johdosta meidän päivinämme universumissa on enemmän informaatiota kuin koskaan. Tämä lisääntyvän informaation tosiasia sopii hyvin ajatukseen *determinoitumattomasta* universumista, joka edelleen luo itseään. Tässä universumissa muotoutuu edelleen tähtiä, biologiset systeemit tuottavat uusia lajeja ja älykkäät ihmisolennot ovat myötäluojia siinä maailmassa, jossa elämme.

Kaikki tämä luominen on seurausta yhdestä perimmäisestä prosessista, joka luo kaiken informaation. Se on yhdistelmä kahdesta erillisestä fysikaalisesta prosessista, joista toinen on kvanttimekaaninen ja toinen termodynaaminen. Tämän sisimmän luovan prosessin ymmärtäminen on niin lähellä meitä kuin olemme taipuvaisia ymmärtämään ideaa kaikkeuden antropomorfisesta luojasta, yhä läsnäolevasta pyhästä Sallimuksesta, kaiken *hyvän* ja *pahan* kosmisesta lähteestä.

Kaikki, mitä on luotu universumin alusta lähtien, yli 13 miljardia vuotta sitten, on tuotettu vain kahdella fundamentaalilla fysikaalisella prosessilla, jotka yhdessä muodostavat kaiken luovan prosessin ytimen. Nämä kaksi vaihetta tapahtuvat aina, kun yksikin informaatiobitti on tuotettu ja ilmaantuu kaikkeuteen.

Vaihe 1: Kvanttiprosessi – ”aaltofunktion romahdus”.

Jopa yhden informaatiobitin muotoutuminen, bitin, jota ei aikaisemmin ollut olemassa, vaatii sitä vastaavan ”mittauksen”. Tällä ”mittauksella” ei ole ”mittaajaa”, kokeensuorittajaa tai

havainnontekijää. Se tapahtuu, kun *probabilistinen* aaltofunktio, joka kuvaa mittaamisen *mahdollisia* tuloksia eli outcomeja, ”romahtaa” ja aine- tai energiahukkaneen ilmaantuu *aktuaalisesti* jossakin.

Vaihe 2: Termodynaaminen prosessi – entropian paikallinen väheneminen, mutta kosminen lisääntyminen.

Termodynamiikan toinen laki vaatii, että kosminen kokonaisentropia lisääntyy aina. Kun uutta informaatiota on syntynyt paikallisesti vaiheessa 1, jonkin määrän energiaa (ja siinä suurempi määrä positiivista entropiaa kuin uuden informaation tuoma negatiivinen entropia) on siirryttävä pois uusien bittien sijaintikohdasta tai sen täytyy hävitä, jotta paikallinen termodynaaminen tasapaino säilyisi. Tämä voi tapahtua vain sellaisessa sijaintikohdassa, jossa matalaentrooppisen aineen tai energian läpivirtaus pitää tilanteen kaukana tasapainosta.

**Kommentti 8 )** (Mitä Doyle tässä viimeisellä lauseellaan tarkoittaa, jää epäselväksi.) Termodynamiikka koskee vain havaittavassa muodossa olevia, *realisoituneita*, informaatorakenteita, hiukkasia. Doyle tarkastelee etupäässä *aineen* entropiaa ja informaatiota. ”Säteilymaailmalla”, jossa systeemit esiintyvät superpositioiden muodossa, mahdollisuuksina ja mahdollisuuksien muutoksina (tai ”aaltoina”, jos halutaan puhua Schrödingerin aaltomekaniikan kieltä), on omat, transitiomatriiseina esitetyt informaatorakenteensa, kuten kommenttien esimerkeistä on käynyt ilmi. Tätä ei voida välittömästi havaita (ja ”mittaus” muuttaisi sitä), mutta se *vaikuttaa* tapahtumiseen. Esimerkiksi kaksoisrakokokeessa tilavektorina esiintyvä todennäköisyyksien jakautuma säättää, missä lukuisuussuhteissa detektorin atomeihin partikkelit absorboituvat. Kun tunnemme teoreettisesti tilavektorin informaation, me voimme a) laskea sen määrän *Shannon-informaationa* ja b) tulkita jakautuman *semanttisena informaationa*, ts. tiedämme, mikä *merkitys* jakautumalla on ja voimme mm. ennustaa sen avulla osumia detektorilla. (Huomattakoon: Jos tilavektori olisi homogeeninen ja sen informaatio siis 0 ja jakautuma täysin tasainen, mikään yksittäisen tapauksen ennustus ei olisi toista parempi. Meillä tosin olisi semanttista informaatiota jakautuman täydellisestä sattumanvaraisuudesta, mutta se ei sisältäisi sellaista tietoa, joka auttaisi osumien ennustuksissa.)

Kvanttitilojen eli tilavektoreitten sisältämän informaation tarkastelu voi olla tärkeä osa maailmankaikkeuden prosessien ja ”kohtalon” selvittämisessä.

Tämä kaksivaiheinen sisin luova prosessi on perustana sellaisten mikroskooppisten objektien kuten atomien ja molekyylien muotoutumisessa, samoin kuin makroskooppisten objektien, galaksien, tähtien ja planeettojen.

Teleonomisen (tarkoitushakuisen) informaation emergenssi (ilmaantuminen uudessa muodossa) itseäänkopioiduissa systeemeissä on sama perusprosessi, joka on aina pohjana kaiken biologisen synnyssä. Mutta niissä jotkut *sattumanvaraiset* informaatorakenteiden muutokset tulevat luonnonvalinnan tietä hylätyiksi, kun sensijaan toiset lisääntyvät menestyksellisesti.

Lopuksi, itsestään tietoisien organismien emergentin ilmaantumisen mukana ja kun biologisesta-ulkopuolisen informaation varastoiminen ympäristöön saa alkunsa, tuo sama sisin informaation tuottamisen prosessi on perustana *kommunikaatiolle, tietoisuudelle, vapaalle tahdolle ja luovuudelle*.

*Huomautus:* Mitä Doyle tarkoittaa käsitteellä ”biologisesta-ulkopuolinen informaatio” (”extra-biological information”), jää epäselväksi. Lähimpänä on ajatus ihmisen tuottamista artifakteista, kuten rakennuksista, veistoksista, sävellyksistä, kirjallisuudesta, jotka ovat fyysisiä esiintymiä, mutta tulkittuina viestivät (semanttista) informaatiota.

Monet filosofit ovat tarkastelleet maailmankaikkeutta Newtonin mekaniikan näkökulman mukaisesti ja tulleet siihen johtopäätökseen, että se on yhdentekevä ihmiskunnalle. 1800-luvun näkemys lämpökuolemasta universumin päätepiteenä johti aivan erityisen pessimistiseen kuvaan.

Informaatiofilosofia tarjoaa paljon optimistisemmän näkemyksen. Se tukee kuvaa Kaitselmuksen ohjaamasta universumista. Meidän ”ergodiset” informaatiota luovat prosessimme ovat kaiken arvokkaan lähde maailmankaikkeudessa.

### **Suomentajan loppukommentti:**

Me sivuutamme helposti informaatiofilosofian yhtenä uutena suuntauksena lukemattomien –ismien ja ”aspektien” joukossa: Big Bang, tähtien syntyä miljardien vuosien saatossa, evoluutiota, DNA:ta... Me olemme kuolevaisia nyt ja tässä. Mitä meille kuuluu se, mitä tapahtuu galakseille ja galaksiryhmille joskus tuhansien biljoonien vuosien kuluttua.

”Ergodinen prosessi” – mitä se on? Jälleenkö uusi ”tieteen työkalu”, pelkkä ”maailmankatsomuksellinen aspekti”? – Ei.

Kun istutat kukan portin pieleen, kun suojelet taimen pakkaselta, ikuisuus liikahdaa: tekosi on osa ”ergodista prosessia” – peräti vähäinen osa, mutta kuitenkin...

Kun tutkit sairaan ja lääkitset hänet, olet osa ergodista maailmanprosessia ja teostasi rönstyä uusia prosesseja.

Kun sanot ystävällisen sanan naapurillesi, se on ergodinen, rakentava teko.

Kun onnistut, hajottamisen sijasta, yhdistämään ihmisiä konstruktiiiviseen yhteistyöhön, se on jo yrityksenä osa, pieni osa, ergodista prosessia. Jos onnistut tässä globaalisti, maailmanskaalassa, se on jo vähän suurempi osa.

Suuruus ei ratkaise vaan suunta.

Jos muistat lähimmäistäsi vaikkapa vain lämpimin ajatuksin, elämäsi ei ole tyhjää; se on osa rakentavaa maailmanprosessia.

Jos sinulla on taiteen tekemisen lahja ja maalaat taulun, jossa vanhus taluttaa pikkuista pojanpoikaansa rantapolulla ihmeellisessä valohämyssä, olet itse kulkenut luomisen polkua Luojaasi kanssa.

Ergodisessa maailmanprosessissa mukana, vaikkakin vähäisenä, mutta kuitenkin ”oheisluojana”, elämäsi ei ole tyhjyyttä.

Ihmiselämän tarkoitus on miljardien galaksien alle miltei musertuneessa tietoisuudessaan kuitenkin toteuttaa omalta, vaikkakin pieneltä osaltaan, ne ”ergodisen prosessin” mahdollisuudet, jotka elämäntilanteet hänelle avaavat. Se on hänen toivonsa ja ilonsa, ehkä vähäinen, mutta ei koskaan merkityksetön.

### **Kirjallisuutta:**

Doyle, Robert (2011): Cosmic Creation. (Artikkeli internetissä osoitteessa <http://www.informationphisophers.com> tai Google-haulla: Doyle Creation.)

### **Kommentteihin liittyvää kirjallisuutta:**

Eccles (1994): How the Self Controls Its Brain. Springer Verlag.

Frampton, P.H., Hsu, S.D.H., Reeb, D., Kephart, T.W. (2009): What is the Entropy of the Universe? arXiv: 0801-1847v3.

Gough, Michael Paul: Holographic Dark Information energy. Entropy, 2011, Vol. 13, pp. 924-935.

Gough, Michael Paul: The Accelerating Universe and the Second Law. arXiv.org/pdf/0906.2056

Gudder, Stanley (1986): Discrete Quantum Mechanics. J. Math. Physics, 27, 1782 (1986)

Rainio, Kullervo (2008): Discrete Process Model for Quantum and Mind Systems. Research Reports 1/2008, Department of Social Psychology, Helsinki University, e-book, available in address: <http://ethesis.helsinki.fi/valspsjul.html>

Rainio, Kullervo (2009): Discrete process model for quantum systems of matter and mind. World Futures. The Journal of New Paradigm Research, 65 (4), 2009, pp. 270 – 303.

Rainio, Kullervo (2010): Aivojen ja tajunnan vuorovaikutuksesta sekä havaitsemisprosessista diskreetin kvanttimekaniikan valossa. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2011a): The Mind/Brain Problem and Perception in Terms of Discrete Quantum Mechanics. International Journal of Psychological Studies, Vol. 3, n:o 2, pp. 87-106, 2011. <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijps/article/view/13337/9204> (pdf)

Rainio, Kullervo – Malaska, Pentti (2011c): Vektori-interferenssi diskreetissä kvanttimekaniikassa (DQM). <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2014): Tajunnan dynamiikka diskreettinä prosessina. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2015a): Kohti tajuntaprosessien teoriaa. I. Todellisuuden kuvauksen ontologisia lähtökohtia. Diskreetti prosessimalli. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2015b): Kohti tajuntaprosessien teoriaa. II. Fyysisen ja tajunnallisen vuorovaikutus. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2015c): Kohti tajuntaprosessien teoriaa. III. Tajunnan tasot ja dynamiikka. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Rainio, Kullervo (2015d): Kvanttitilojen informaatiosta. LFS, Seuran jäsenten julkaisuja. <http://www.lfs.fi/julkaisuja/>

Suntola, Tuomo (2011): The Dynamic Universe, Toward a unified picture of physical reality. Physics Foundations Society. Third edition, 2011. [www.physicsfoundations.org](http://www.physicsfoundations.org) /DOWNLOAD FREE E-BOOK (PDF).