

Esimene künnis: algus

Et hakata nullist õunapirukat küpsetama, tuleb esmalt leiutada universum.

Carl Sagan, „Kosmos“

*Nii pidi see olema olnud pärast lihtsa valguse sündi
esimeses loimetispaigas, lummatud hobused soojalt
sammumas
hirnuvast haljast tallist
välja kiidulaulude väljadele.*

Dylan Thomas, „Sõnajalamägi“*

Tekkeloo käimajooksmine

Bootstrapping tähendab inglise keeles võimatut ülesannet tõsta end õhku, tirides väga-väga kõvasti oma saapapaelu (*bootstraps*). Arvuti-slängis võeti see kujund kasutusele kirjeldamiseks arvuti elluärkamist ja esialgsete juhtnööride laadimist: *buutimine* ehk alglaadimine, *rebuutimine* ehk taaskäivitus. Muidugi on võimatu end sõna otseses mõttes saapapaeltest tirides üles tõsta, sest millegi tõstmiseks on tarvis tugipunkti. „Anna mulle koht, kus seista ja ma liigutan Maa paigast,“ ütles Kreeka filosoof Archimedes. Millele võis toetuda uue universumi loomine? Kuidas buutida universumit? Või siis tekkelugu, mis kirjeldab uue universumi sündi?

* Dylan Thomas. Surmad ja sisenemised. Eesti Raamat, Tallinn 1972, lk 42.

Tekkeloo muutmine on peaaegu sama raske ülesanne kui universumi muutmine. Üks võimalus on alguse küsimus ära kaotada, eeldades, et universum on alati olemas olnud. Buutida pole vajagi. Paljud tekkelood on seda teed läinud. Nii on teinud ka paljud uuema aja astronoomid, sealhulgas need, kes kahekümnenda sajandi keskpaiku toetasid püsiseisundi teooriat. Viimane seisneb idees, et universum on suures plaanis alati olnud samasugune kui praegu. Sarnane, kuid veidi erinev on idee, et oli loomishetk, mil universumis liikuvad vägevad olendid või jõud tekitasid asju, kuid seitsaati pole suurt midagi muutunud. Sel moel võisid asja näha Mungo hõimuvanemad, kirjeldades maailma, mille nende eellased on enam-vähem praegusel kujul loonud. Isaac Newton nägi kõiksuse *esmapõhjust* Jumalas, kes tema väitel on terves kosmoses kohal. Just seetõttu arvas Newton, et universum ei muutu tervikuna kuigivõrd. Kord kirjutas ta, et universum on „kehatu, elava ja intelligentse Olendi *sensoorium*“.* Kahekümnenda sajandi algul oli Einstein universumi suure mõõtkava muutumatutes nii kindel, et lisas oma relatiivsusteooriale erilise konstandi, mis pani selle ennustama stabiilset universumit.

Kas igavese või muutumatu universumi idee rahuldab meid? Õigupoolest mitte, eriti kui protsessi sundkäivitamiseks tuleb sisse nihverdada looja, nagu näiteks: „alguses polnud midagi ja siis lõi Jumal...“ Loogiline hüpe on ilmne, kuigi paljudel helgetel peadel läks tükk aega, et seda selgelt näha. Bertrand Russell loobus jumaliku looja ideest, kui ta oli kaheksateist ja luges John Stuart Milli autobiograafiast järgmist lõiku: „Isa seletas mulle, et küsimusele „Kes mu on loonud?“ ei saa vastata, kuna sellele järgneks kohe küsimus: „Aga kes lõi siis jumala?““**

* Richard S. Westfall. The Life of Isaac Newton. Cambridge, Cambridge University Press, 1993, lk 259. Hiljem mõttes Newton universumi kui Jumala „sensooriumi“ (meeleelundite) asjus ümber, kuid jäi kindlaks ideele, et Jumal on „sõna otseses mõttes kõikjalolev“.

** Bertrand Russell. Why I Am Not a Christian. Loeng Battersea raekojas. London, märts 1927. Eesti keeles: Miks ma kristlane ei ole. Tlk Andres Tarand. Akadeemia 7/2002, lk 1439.

Ning on veel üks mõistatus. Kui jumalal on piisavalt väge universumi kavandamiseks, siis peab jumal kahtlemata olema keerulisem kui universum, nii et jumaliku looja eeldamine tähendab seletada imepärastelt keerulist universumit seeläbi, et kujutada ette midagi veelgi keerulisemat, mis lihtsalt... lõi universumi. Mõnigi võiks arvata, et see on sohk.

lidsed India hümnid, mida nimetatakse veedadeks, ei pannud kõiki mune ühte korvi. „Ei olnud olemist ja olematust. Õhuruumi polnud, taevakatet ka...“* Ehk sündis kõik mingist ürgpingest olemise ja olematuse vahel, hämaras vallas, mis polnud veel õieti miski, aga võis millekski saada. Võib-olla pole miski täiesti eimiski, nagu ütleb üks tänapäeva Austraalia aborigeenide vanasõna.** See on konksuga mõte, mida mõni võiks eitada kui hängusat ja müstilist, kui sel poleks hämmastavaid paralleele tänapäeva kvantfüüsika ideega, et ruum pole kunagi täiesti tühi, vaid on alati võimalusi täis.

Kas on olemas mingi energiaookean või võimaluste meri, millest kindlad vormid kerkivad justkui laine või tsunami? See mõte on nii levinud, et tekib kiusatus pidada meie ideid kõige alguse kohta isiklikest kogemustest lähtuvaiks. Igaüks meist kogeb hommikuti, kuidas teadvustatud maailma vormid, aistingud ja struktuurid tunduvad kerkivat mitteteadvuse kaootilisest maailmast. Joseph Campbell kirjutab: „Nii nagu inimese teadvus puhkab öömeres, millesse ta uinudes laskub ja millest ta imelisel kombel taas üles tõuseb, nii paisatakse ka müüdi kujutelmades universum välja ajatusest, millel ta puhkab ja millesse ta jälle lahustub.“***

* „Rigveeda“ 10.129, 1–2. Cit Christian. Maps of Time, lk 17. Sama katkend eesti keeles Linnart Mälli tõlkes rmt-s: Jawaharlal Nehru. India avastamine. Tlk Maret Kark. Perioodika, Tallinn 1978, Loomingu Raamatukogu nr 24–26, lk 20.

** Deborah Bird Rose. Nourishing Terrains: Australian Aboriginal Views of Landscape and Wilderness. Canberra, Australian Heritage Commission 1996, lk 23.

*** Joseph Campbell. The Hero with a Thousand Faces. Teine väljaanne. Princeton, New Jersey: Princeton University Press 1968, lk 261. Eesti keeles: Tuhendenäoline kangelane. Tlk Ülo Valk ja Maarja Valk. Eesti Transpersonaalne Assotsiatsioon, Lohkva 2015, lk 290.

Aga see on ehk liialt metafüüsiline. Raskus võib peituda loogikas. Stephen Hawking väidab, et alguse küsimus on lihtsalt valesti esitatud. Kui aegruumi geometria on sfääriline nagu Maa pind, ent enamais mõõtmeis, siis on küsimus millegi olemasolust enne universumi nagu tennisepalli pinna alguspunkti otsimine. See ei õnnestu. Ajal pole äärt ega algust, just nagu Maa pinnal pole äärt ega algust.*

Tänapäeval leidub kosmolooge, keda köidab teistsugune ideestik, mis viib meid tagasi alguse ja lõputa universumi juurde. Ehk on meie universum osa lõputust multiversumist, millest suurte paukude läbi sünnivad aina uued universumid. See võib olla tõsi, kuid praegu pole meil kindlaid andmeid millegi muu kohta kui kohalik Suur Pauk. Meie universumi loomine oleks justkui olnud nii tormiline, et kogu teave selle päritolust kustus. Kui on teisigi kosmilisi külasid, siis meie neid veel ei näe.

Ausalt öelda pole meil tänapäeval kõige alguse kohta paremaid vastuseid kui ükskõik millisel eelnenud inimühiskonnal. Universumi muutimine tundub endiselt olevat loogiline ja metafüüsiline paradoks. Me ei tea, millised Kuldkihara-tingimused lubasid universumil tekkida ja me ei suuda seda ikka veel paremini seletada kui romaanikirjanik Terry Pratchett, kes kirjutab: „Teadmiste hetkeseisu saab kokku võtta nii: alguses oli eimiski, mis plahvatas.“**

Esimene künnis: universumi kvantbuutimine

Tänapäeval kõige üldisemalt tunnustatud kõige alguse kirjeldus käivitatakse Suure Paugu idee abil. See on üks tänapäeva teaduse suuri

* Stephen Hawking. A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes. London, Bantam 1988, lk 151.

** Selle viite eest tänan Elise Bohanit. Terry Pratchett. Lords and Ladies. London, Victor Gollancz 1992.

paradigmasid nagu looduslik valik bioloogias või laamtektoonika geoloogias.*

Suure Paugu teooria olulisimad osad sündisid alles 1960ndate algul. Siis tuvastasid astronoomid esmakordselt kosmilise mikro-laine-taustkiirguse – Suure Paugu jääenergia, mis on universumis tänini. Kuigi kosmoloogid näevad alles vaeva universumi tekkehetke mõistmisega, oskavad nad rääkida hooga loo, mis algab (sügav hingetõmme, ja loodan, et olen siin täpne) miljardik miljardikust miljardikust miljardikust miljardikust miljardiksekundist pärast universumi teket (umbes 10^{-43} sekundit pärast nullpunkti).

Üldjoontes kõlab lugu nõnda: algul oli universum aatomist väiksem punkt. Kui väike see on? Meie liigi mõistus on arenenud inim-mõõtmeliste asjadega tegelema ja jääb nii väikestega hätta, kuid ehk on abiks teadmine, et punkti selle lause lõpus mahuks miljon aatomit.** Suure Paugu hetkel oli terve universum väiksem kui üksainus aatom. Sinna oli kokku pressitud kogu praeguse universumi energia ja materia. Viimseni. Hirmuäratav mõte, mis võib esmapilgul tunduda lihtsalt sõge. Kuid kõik meil praegu olemas olevad andmed kinnitavad, et selline hämmastav, tibatilluke, kujuteldamatult kuum objekt oli 13,82 miljardit aastat tagasi tõepoolest olemas.

Me ei mõista veel, kuidas ja miks see objekt tekkis. Kuid kvantfüüsika ütleb meile, ja aatomisestele osakestele elektri- või magnetväljade abil suuri kiirusi andvad osakeste kiirendid *näitavad* meile, et vaakumis võib tõepoolest eimillegi tekkida miski – kuigi selle tähenduse mõistmiseks on tarvis keerukat arusaama *eimiskist*. Tänapäeva kvantfüüsikas on võimatu aatomisestele osakeste asukohta ja liikumist täpselt määrata. See tähendab, et kunagi ei saa öelda, kas mingi ruumiosa on tühi, mis omakorda tähendab, et tühjus on tulvil

* Klassikaline tekst paradigmade kohta: Thomas Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2. väljaanne. Chicago, University of Chicago Press 1970. Eesti keeles: Teadusrevolutsioonide struktuur. Tlk Ruth Lias. Tartu, Ilmamaa 2003.

** Peter Atkins. *Chemistry: A Very Short Introduction*. Oxford, Oxford University Press 2015. Kindle, koht 722.

millegi ilmumise võimalust. See pinge paistabki olevat buutunud meie universumi nagu India veedade *ei olemine ega olematus*.*

Tänapäeval viitame universumi esimesele hetkele kui „Suurele Paugule“, justkui oleks universum sünnihetkel imikuna karjatanud. Selle toreda termini vermis 1949. aastal Inglise astronoom Fred Hoyle, kes ise pidas seda mõtet naeruväärseks. 1930ndate algul, kui Suure Paugu idee esimest korda välja pakuti, nimetas Belgia astronoom (ja katoliku preester) Georges Lemaître vastündinud universumi *kosmiliseks munaks ja ürgaatomiks*. Vähestele teadlastele, kes ideed tõsiselt võtsid, oli selge, et kui ürgaatomis oli kokku surutud nii palju energiat, siis pidi see olema kujuteldamatult kuum ja pööraselt paisuma, et survet leevendada. Paisumine kestab tänapäevalgi, nagu vallanduks tohutu vedru enam kui kolmteist miljardit aastat järjest.

Esimestel sekunditel ja minutitel pärast Suurt Pauku juhtus väga palju. Mis kõige olulisem – ilmusid esimesed huvitavad struktuurid ja mustrid, esimesed selgelt mittejuhusliku vormi ja omadustega entiteedid või energiad. Ikka tundub nõidusena, kui emergeerub ehk kerkib esile midagi, millel on selgelt uued omadused. Me näeme seda oma tekkeloos ikka ja jälle, kuigi see, mis paistab esmapilgul nõidusena, paistab vähem nõiduslik, kui mõistame, et uus asi ja selle uued omadused pole tulnud eikusilt ega eimiskist. Uute omadustega uued asjad sünnivad juba olemasolevate asjade ja jõudude uutest kombinatsioonidest. Uus kombinatsioon annab võimaluse uuteks omadusteks, just nagu kilde teisiti kokku pannes saab mosaiigis sündida uus muster. Tavaliselt peame vesinikku ja hapnikku värvituiks gaasideks. Ent kui kaks vesiniku aatomit ja üks hapniku aatom kindlal viisil kokku panna, tekib vee molekul. Kui panna kokku hulk vee molekule, tekib täiesti uus omadus, millest me mõtleme kui „veelikkusest“. Nähes uut, uute omadustega vormi või struktuuri, näeme tegelikult juba olemas olnud asjade uut

* Lawrence Krauss. A Universe from Nothing: Why There Is Something Rather than Nothing. Simon and Schuster, New York 2012.

kombinatsioonini. Uuenemine on emergents, esilekerkimine. Kui võtame emergentsi oma loo tegelasena, siis on ta tõenäoliselt hiiliv, salapärane ja ettearvamatu, võib ootamatult pimedusest välja karata ja viia lugu uutesse, üllatavasse suundadesse.

Kui Suurest Paugust välja karanud asjad ja jõud ühinesid uuteks kombinatsioonideks, kerkisid just sel moel esile universumi esimesed struktuurid ja mustrid.

Varasemal hetkil, mille kohta meil mingeidki andmeid on – sekundi murdosa pärast Suurt Pauku –, koosnes universum puhtast, juhuslikust, diferentseerumata, vormitust energiast. Võime mõelda energiast kui *millegi toimumise võimalusest*, võimest asju *teha* või *muuta*. Ürgaatomis oli vapustav energia, triljoneid kraade üle absoluutse nulli. Järgnes lühike ülikiire paisumise periood, mida nimetatakse *inflatsiooniks*. Paisumine oli nii kiire, et võis paisata suure osa universumist märksa kaugemale, kui meie pilk kunagi ulatub. Mis tähendab, et see, mida me praegu näeme, on tõenäoliselt vaid väike osa tervest meie universumist.

Sekundi murdosa hiljem paisumine aeglustus. Suure Paugu mäsav energia rahunes, universumi paisumise jätkudes energia hajus ja lahjenes. Keskmine temperatuur langes ja on langenud tänaseni, nii et praegu on suurem osa universumist vaid 2,76 kraadi üle absoluutse nulli. (Absoluutne null on temperatuur, kus miski isegi ei võngu.) Meie ega ükski teine organism planeedil Maa ei tunne säärast külma, sest Päike soojendab meid nagu lõke.

Suure Paugu äärmuslike temperatuuride juures oli peaaegu kõik võimalik. Sedamööda, kuidas temperatuur langes, võimalused ahenesid. Jahtuva universumi kaootilisest udust hakkasid esile kerkima selgepiirilised entiteedid, mis Suure Paugu raevukas pajas poleks saanud olemas olla. Teadlased nimetavad neid vormi- ja struktuurimuutusi *olekumuutusteks*. Igapäevaelus näeme olekumuutusi, kui aur kaotab oma energia ja muutub veeks (mille molekulid liiguvad palju vähem kui auru molekulid) ja vesi muutub jääks (millel on nii

vähe energiat, et molekulid vibreerivad ühel kohal). Vesi ja jää saavad eksisteerida ainult kitsas väga madalate temperatuuride vahemikus.

Miljardik miljardikku miljardikku miljardikku sekundit pärast Suurt Pauku muutus energia enda olek. Energia jagunes neljaks liigiks. Tänapäeval tunneme neid kui gravitatsiooni, elektromagnetjõudu ning tugevat ja nõrka vastasmõju. Meil tuleb nende erinevate isiksustega tutvust teha, sest nemad kujundasid meie universumi. Gravitatsioon on nõrk, kuid ulatub kaugele ja tõmbab asju kokku, koondades nõnda oma jõudu. Ta kaldub universumi tükilisemaks muutma. Elektromagnetenergia esineb positiivsel ja negatiivsel kujul, tühistades end sageli ise. Gravitatsioon on küll väike jõud, kuid vormib universumi suures plaanis. Elektromagnetism valitseb keemia ja bioloogia tasandeid, hoides meie kehasid koos. Kolmas ja neljas fundamentaaljõud on tuntud mitte kuigi kõlavate nimede all: tugev ja nõrk vastasmõju. Nende haare on väga lühike ja nad on olulised aatomisiseses mõõtkavas. Inimestena ei koge me neid otseselt, kuid nad vormivad meie maailma kõiki aspekte, määrates, mis toimub sügaval aatomeis.

Energialiike võib veel olla. 1990ndail näitas universumi paisumiskiiruse mõõtmine, et kiirus kasvab. Laenates ideed, mille esimesena pakkus välja Einstein, väidavad paljud füüsikud ja astronoomid nüüd, et mingil kujul võib kõikjal kosmoses eksisteerida antigravitatsioon, mille jõud universumi paisudes kasvab. Hetkel võib selle energia mass olla kuni 70 protsenti universumi kogumassist. Ent isegi kui see hakkab meie universumit valitsema, ei saa me veel aru, mis energia see on ja kuidas toimib. Sestap kutsuvad füüsikud seda *tumeenergiaks*. See on asendustermin, mida tasub jälgida, sest tumeenergia mõistmine on üks suuremaid tänapäeva teaduse ees seisvaid väljakutseid.

Aine ehk materia tekkis esimese sekundi jooksul pärast Suurt Pauku. Aine on see, mida energia liigutab. Alles veidi enam kui sajandi eest eeldasid teadlased ja filosoofid, et materia ja energia

on erinevad asjad. Nüüd teame, et aine on tegelikult väga tugevalt kokku surutud energia. Noor Albert Einstein näitas seda 1905. aastal oma kuulsas artiklis. Valem $E = mc^2$ (ehk energia (E) võrdub massi (m) ja valguse kiiruse (c) ruuduga) ütleb meile, kui palju energiat on kindlaks ainekoguseks pressitud. Et hoomata, kui palju energiat on mateeriatükis, korruta selle mass mitte valguse kiirusega (üle miljardi kilomeetri tunnis), vaid *iseendaga korrutatud* valguse kiirusega. See on üüratu number. Väiksegi mateeriakoguse lahtipakkimine annab tohutu energia. Vesinikupommi plahvatuses see juhtubki. Noores universumis toimus vastupidine protsess. Tohutud energiakogused pressiti väikesteks ainekogusteks nagu tolmukübemed ääretus energiaudus. Märkimisväärset moel suudame meie, inimesed, säärast energiat Genfi lähedal Suures Hadronite Põrgutis hetkeks taastekitada. Ja sellest podisevast energiaookeanist hakkavad välja hüppama osakesed.

Ning me oleme ikka alles esimese sekundi juures...

Esimesed struktuurid

Kohe pärast Suurt Pauku hakkasid kaootilisest energiaudust ilmuma vormid ja struktuurid. Energiaudu on küll alati olemas, kuid sellest esile kerkinud struktuurid annavad meie tekkeloole kuju ja faabula. Mõned struktuurid või muustrid kestavad miljardeid aastaid, mõned ainult sekundi murdosa, kuid *ükski* ei püsi. Kõik nad on põgusad nagu lained ookeani pinnal. Termodünaamika esimene seadus ütleb meile, et energiaokean on alati olemas, see püsib. Termodünaamika teine seadus ütleb, et kõik esile kerkinud vormid lahustuvad aja jooksul taas energiaookeani. Vormid on nagu tantsuliigutused, mis *ei säili*.

Mõned selgepiirilised struktuurid ja vormid kerkisid esile sekundi jooksul pärast Suurt Pauku. Miks? Miks pole universum lihtsalt juhuslik energiavoog? See on põhiküsimus.

Struktuuri teket oleks lihtne seletada, kui meie loos oleks jumalik looja. Võiksime paljude lugude kombel lihtsalt eeldada, et Jumal eelistas struktuuri kaosele. Ent enamik tänapäevase tekkeloos versioone ei tunnista enam jumaliku looja ideed, sest tänapäeva teadus pole suutnud leida otseseid tõendeid tema olemasolust. Paljud inimesed on jumalaid *kogenud*, kuid kirjeldatud kogemused on erinevad ja vastukäivad ning neid ei saa korrata. Need on liiga mõjutatavad, ebamäärased ja subjektiivsed, et pakkuda objektiivseid, teaduslikke andmeid.

Niisiis peab tänapäevane tekkelugu leidma muid viise struktuuride ja vormide esilekerkimise seletamiseks. See pole lihtne, sest termodünaamika teine seadus ütleb meile, et varem või hiljem lagunevad kõik struktuurid. Nagu kirjutas Austria füüsik Erwin Schrödinger: „Nüüd tõdeme, et see füüsika fundamentaalne seadus väljendab asjade loomulikkude kalduvust läheneda kaootilisele olekule, kui me seda ära ei hoi. (Seesama tendents ilmneb raamatukoguraamatute või kirjutuslauale kuhjatud paberite ja käsikirjavirnade puhul.)“*

Kui tänapäevases tekkeloos leidub negatiivne tegelane, siis see on kahtlemata entroopia, struktuuride ilmselt üldine kalduvus lahustuda juhuslikkuses. Entroopia on termodünaamika teise seaduse truu teener. Kui võtame entroopiat oma loo tegelasena, siis tuleks teda kujutleda pahelise, hiiliva, teiste valu ja kannatuste suhtes hoolimatu tüübina, kel pole huvi sulle silma vaadata. Entroopia on ka väga-väga ohtlik ja saab meid kõiki lõpuks kätte. Entroopia seisab iga tekkeloos lõpus. Ta lammutab kõik struktuurid ja kujud, kõik tähed ja galaktikad, kõik elusrakud. Joseph Campbell kirjeldas entroopia rolli oma mütoloogiaraamatus poeetiliselt nõnda: „...maailm, nagu meie seda tunneme... lubab vaid üht

* Erwin Schrödinger. *What Is Life? And Mind and Matter*. Cambridge University Press, Cambridge 1967, lk 73. Eesti keeles: *Mis on elu?* Tlk Ruth Lias. Tartu, Ilmamaa 2015, lk 100.

lõppu: surma, lagunemist, hävingut ning südame ristilöömist meile armsate asjade kadumise läbi.“*

Tänapäeva teadus seletab entroopia rolli statistika külmaverelises keeles. Enamik mustmiljonist viisist, kuidas asjad saavad seatud olla, on struktureerimata, juhuslikud, korrapäratud. Enamik muutusi on nagu võtta 10^{80} (kümme 80 nulliga, aatomite ligilähedane arv universumis) mängukaardist koosnev pakk ning segada seda ikka ja jälle lootuses, et kõik ässad satuvad järjestikku. See on kujuteldamatult haruldane muster – nii haruldane, et seda pole tõenäoline kohata isegi siis, kui jätkata segamist mitme universumi eluea jooksul. Valdava osa ajast struktuuri ei leidu või leidub vähe. Kui visata telliseid, mörti, juhtmeid ja värvi täis ehitusplatsile pomm, siis kui tõenäoline on, et tolmu langedes leiame eest kaabeldatud, viimistletud kortermaja, mis on valmis ostjaid vastu võtma? Völumaaailm võib entroopiat ignoreerida, meie maailm mitte. Seetõttu puudub suuremal osal universumist, eriti just tohutuil galaktikatevahelistel aladel vorm ja struktuur.

Entroopia on nii võimas, et pole kerge mõista, kuidas üldse mingid struktuurid tekkida said. Kuid me teame, et nad tekkisid, ja tundub, et tekkisid entroopia loal. Entroopia nagu nõudnuks selle eest, et lubab asjadel seostuda ja keerukamaid struktuure moodustada, vastutasuks energias tasutavat keerukusmaksu. Täpsemalt näeme, et entroopia on nõudnud mitmesuguseid erinevaid keerukusmaksu, meenutades mõnevõrra Vene tsaari Peeter Suurt, kes lõi oma valitsuses eraldi ametkonna uusi maksu välja mõtlema. See tehing meeldib entroopiale, sest kõigi keeruliste entiteetide tasutud maksud toetavad entroopia sünget ettevõtmist muuta terve universum pudruks. Juba entroopiamaksude tasumine isenesest tekitab kaost ja jäätmeid juurde, täpselt nagu tänapäeva linna käigushoidmine

* Campbell. *The Hero with a Thousand Faces*, lk 25–26. Eesti keeles: *Tuhandenäoline kangelane*. Tlk Ülo Valk ja Maarja Valk. Eesti Transpersonaalne Assotsiatsioon, Lohkva 2015, lk 42.

tekitab tohututes kogustes prügi ja soojust. Me kõik tasume entropiamakse iga sekundiga oma elust. Me lõpetame nende tasumise oma surmapäeval.

Kuidas siis esimesed struktuurid esile kerkisid? See on küsimus, millele teadusel pole veel täit vastust, kuigi on hulk paljulubavaid ideid.

Lisaks energiale ja materiale kerkisid Suurest Paugust esile mõned elementaarsed toimimisreeglid. Teadlased hakkasid nende reeglite põhjanevusest aru saama alles seitsmeteistkümnenda sajandi teadusrevolutsiooni ajal. Tänapäeval nimetame neid fundamentaalseiks füüsikaseadusteks. Need selgitavad, miks ürgaatomi pööraised ja kaootilised energiad polnud täiesti sihitud. Füüsikaseadused juhtisid muutusi kindlaile radadele ja tõkestasid peaaegu lõpmatu arvu muid võimalusi. Füüsikaseadused filtreerisid välja universumi säärased olekud, mis nendega kokku ei sobinud, nii et igal üksikul ajahetkel eksisteeris universum vaid ühes paljudest olekuist, mis *olid* universumi toimimisreeglitega kooskõlas. Need uued olekud tekitasid omakorda lisareegleid, mis juhtisid muutusi uutele radadele.

See pidev võimatute olekute välistamine tagas minimaalse struktuuri. Me ei tea, miks need reeglid esile kerkisid või miks nad just säärase kuju võtsid. Me ei tea isegi seda, kas need reeglid on vältimatud. Võib-olla on olemas teisi universume, kus reeglid on pisut teistsugused. Ehk on mõnes universumis gravitatsioon tugevam või elektromagnetism nõrgem. Kui see on nii, siis jutustavad nende universumite elanikud (kui neid on) teistsuguseid tekkelukusid. Võib olla, et mõned universumid keetsid vaid miljondiksekundi, teised aga eksisteerivad palju kauem kui meie oma. Ehk loovad mõned universumid palju veidraid eluvorme, teised aga on bioloogikalmistud. Kui meie universum tõepoolest eksisteerib multiversumis, võime kujutleda oma universumi loomishetkel toimunud suurt täringuveeretamist, millele järgnes teade: „Nonii, selles universumis saab olema nii gravitatsioon kui elektromagnetism, ja elektromagnetism

saab olema gravitatsioonist 10^{36} korda tugevam.“ (See on tõepoolest gravitatsiooni ja elektromagnetismi tugevuse suhe, vähemalt meie universumis.) Nende reeglite olemasolu tagas, et meie universum ei saa muutuda täiesti kaootiliseks. Oli tagatud, et kuskil ilmub midagi huvitavat.

Niipea kui kerkisid esile energia eri vormid, tekkisid ka struktuurid ja mustrid. Kui energia tardus esimestesse mateeriaosakesesse, olid neilgi omad reeglid. Sekundite jooksul pärast Suurt Pauku ilmusid aatomite elementaarsed koostisosad: neutronid, prootonid ja elektronid, aga ka prootonite ja elektronide vastandosakesed (see tähendab negatiivse laenguga prootonid ja positiivse laenguga elektronid), moodustades kokku selle, mida füüsikud nimetavad *mateeriaks* ja *antimateeriaks*. Kui universumi temperatuur langes tasemeni, mille juures said hõlpsasti tekkida mateeria ja antimateeria, toimus üle kogu universumi metsik romuralli, milles mateeria ja antimateeria tühistasid teineteist, vabastades tohutuid energiakoguseid. Meie õnneks elas murdosa mateeriast (võib-olla üks osake miljardi kohta) need tapatalgud üle. Allesjäänud mateeriaosakesed olid sunnitud paigale jääma, sest temperatuur langes peagi liiga madalale selleks, et nad saanuks taas puhtaks energiaks muutuda. Sellest järelejäanud kraamist koosnebki meie universum.

Temperatuuri langedes mateeria mitmekesisus. Elektrone ja neutriinosid valitses elektromagnetism ja nõrk vastasmõju. Aatomituumi moodustavad prootonid ja neutronid koosnesid kummaliste kvarkideks nimetatud osakeste kolmikuist, mida sidus omavahel tugev vastasmõju. Elektronid, neutronid, kvargid, prootonid, neutriinod... kõigest paari sekundiga pärast Suurt Pauku oli meie kiirelt jahtuv universum fikseerinud mõned kindlapiirilised, erinevate emergentsete omadustega struktuurid. Suure Paugu keeristormi vaibudes kadusid nende ürgstruktuuride lammutamist võimaldavad äärmuslikud energiad, mistõttu meile paistavad

energia eri liigid ning prootonite ja elektronide sugused osakesed enam-vähem surematud.

Nii tekitasid juhus ja paratamatus omavahel kombineerudes esimesed lihtsad struktuurid. Paratamatuse osa oli see, et füüsikaseadused sõelusid palju võimalusi välja. Seejärel korraldas juhus asju järeljäänud võimaluste piires ringi. Nii see kõik toimibki. Nagu kirjutab nanofüüsik Peter Hoffmann: „Näputäie paratamatust lisava füüsikaseadusega tembitud juhusest saab loov jõud, meie universumi mootor. Kogu ilu, mida enda ümber näeme, galaktikaist päevalilledeni, on kaose ja paratamatuse loova koostöö tulemus.“*

Esimesed aatomid

Esimeste minutite jooksul pärast Suurt Pauku tekkisid prootonite ja neutronite ühinemisest uued struktuurid. Üksik prooton on vesiniku aatomi tuum; prootonipaar moodustab (koos kahe neutroniga) heeliumi aatomi tuuma. Nii hakkas universum ehitama esimesi aatomeid. Ent prootonite liitmiseks kulub tuumasünteesis palju energiat, kuna nende positiivsed laengud tõukuvad. Temperatuur langes pärast Suurt Pauku kiiresti, muutes võimatuks rohkemate prootonite sünteesi suuremate aatomituumade moodustamiseks. See selgitab üht meie universumi põhiomadust: ligi kolmveerand aatomeid on vesiniku aatomid ja enamus ülejäänuid heelium.

Palju suurem osa materiat on *tumeaine*, mida me veel ei mõista, kuigi teame, et see on olemas, sest selle gravitatsioon määrab kindlaks galaktikate struktuuri ja jaotuse. Nii et mõni minut pärast Suurt Pauku koosnes meie universum suurtest tumeainepilvedest; nende vahele oli pressitud särtsuvat prootoni- ja elektroniplasmat, millest

* Peter M. Hoffmann. *Life's Ratchet: How Molecular Machines Extract Order from Chaos*. Basic Books, New York 2012. Kindle, koht 179.

voolasid läbi valgusfootonid. Tänapäeval leidub plasmat ainult tähtede südames.

Nüüd peame tegema pausi ja ootama umbes 380 000 aastat (ligi kaks korda nii kaua kui meie liik on Maal eksisteerinud). Kogu selle aja universum jahtus. Kui temperatuur langes alla tuhande kraadi Celsiuse järgi, toimus veel üks olekumuutus, justkui oleks aurust saanud vesi. Selle olekumuutuse selgitamiseks tuleb mõista, et soojus on õigupoolest aatomite liikumise määr. Kõik materiaosakesed värisevad pidevalt energiast nagu erutatud lapsed, ja temperatuur on keskmise vibratsiooni mõõt. Vibratsioon on tegelik. Oma kuulsas 1905. aastal ilmunud artiklis näitas Einstein, et aatomite vibreerimine põhjustab tolmuühemete juhuslikku pöörlemist õhus. Temperatuuri langedes vibreerivad osakesed vähem, kuni saavad lõpuks omavahel seostuda. Universumi jahtumise käigus tõmbas elektromagnetjõud negatiivse laenguga elektrone positiivse laenguga prootonite poole, kuni elektronid rahunesid piisavalt, et jääda prootonite ümber tiirlema. Ja palun väga: sündisid esimesed aatomid, kogu meid ümbritseva materia põhimoodustajad.

Üldiselt on iseseisvad aatomid elektriliselt neutraalsed, sest nende prootonite ja elektronide positiivsed ja negatiivsed laengud neutraliseerivad üksteist. Seega, kui moodustusid esimesed vesiniku ja heeliumi aatomid, muutus enamik universumi materia järsku neutraalseks ja särisev plasma haihtus. Elektromagnetjõudu kandvad prootonid voogasid nüüd vabalt läbi elektriliselt neutraalse aatomi- ja tumeaineudu. Tänapäeva astronoomid saavad selle olekumuutuse tagajärgi tuvastada, sest plasmast pääsenud footonid tekitasid vaikselt sumiseva energiatausta (kosmilise mikrolaine-taustkiirguse), mis läbib tänini tervet universumit.

Meie tekkelugu on ületanud oma esimese künnise: meil on universum. Selles on juba mõned eristuvate emergentsete omadustega struktuurid. Selles on eristuvad energia ja materia

vormid, igaüks neist omaette isiksus. Selles on aatomid. Ja sellel on oma toimimisreeglid.

Millised on tõendid?

Kogu see lugu võib tunduda kummaline, kui seda esimest korda kuulda, ent meil tuleb seda tõsiselt võtta, sest seda toetab suur hulk andmeid.

Esimene viide sellele, et Suur Pauk tõepoolest toimus, oli universumi paisumise avastamine. Kui universum praegu paisub, siis ütleb loogika, et kunagi ammu pidi see olema lõpmata väike. Me teame, et universum paisub, sest meil on instrumendid ja vaatlustehnikad, mida Mungo järverahval polnud, kuigi pelgalt silmi kasutanud astronoomidena olid nad kindlasti suurepärased.

Enamik astronoomide on Newtoni ajast saati eeldanud, et universum peab olema lõputu, sest kui see poleks lõputu, oleks see pidanud gravitatsiooniseaduse toimele koondama oma sisu üheks nätskeks massiks nagu õli karteris. Kuid üheksateistkümnendaks sajandiks olid astronoomide instrumendid juba piisavalt täpsed, et hakata kaardistama tähtede ja galaktikate jaotust, ning koostatud astronoomilised kaardid hakkasid universumist sootuks uut pilti looma.

Kaardistamine algas udukogudest – kõigil tähekaartidel esinenud hägust. (Praeguseks teame, et enamik udukogusid on terved galaktikad, igaühes miljardeid tähti.) Kui kaugel udukogud asuvad? Mis nad täpsemalt on? Kas nad liiguvad? Aja jooksul olid astronoomid õppinud tähtedest kiirgavast valgusest üha rohkem infot välja meelitama. Selle info hulka kuulub tähtede kaugus meist ja see, kas nad liiguvad lähemale või eemale.

Üks nutikamaid tähtede ja udukogude uurimise meetodeid kasutab Doppleri efekti (nimetatud üheksateistkümnenda sajandi Austria matemaatiku Christian Andreas Doppleri järgi), et mõõta

kiirust, millega tähed või udukogud liiguvad meie poole või meist eemale. Energia liigub lainetena ja laineil on sagedus nagu rannas. Laineharjad järgnevad üksteisele regulaarse, mõõdetava sammuga. Sagedus aga muutub, kui vaatleja liigub. Kui sukelduda ookeani ja ujuda avamerele, siis tundub vastu tulevate lainete sagedus suurenevat. Sama toimub helilainetega. Kui objekt, näiteks mootorratas, tekitab müra ja liigub sinu poole, tundub helilainete sagedus tõusvat, ja su kõrvad tõlgendavad suuremat sagedust helikõrguse tõusuna. Kui objekt on möödunud, tundub helikõrgus langevat, sest laine pikeneb. Mootorrattur ise muidugi ratta suhtes ei liigu ning kuuleb ühte ja sama helikõrgust. Doppleri efekt on elektromagnetkiirguse sageduse näiline muutus, kui objektid liiguvad üksteise poole või üksteisest eemale.

Sama põhimõte toimib tähevalguse puhul. Kui täht või galaktika liigub Maa suunas, tundub selle valguslainete sagedus tõusvat. Meie silmad tõlgendavad kõrgema sagedusega nähtavat valgust sinise valgusena, nii et räägime valguse nihkest elektromagnetspektri sinise otsa poole. Kui aga objekt liigub Maast eemale, siis paistab selle valguskiirguse sagedus nihkuvat spektri punase otsa poole; astronoomid nimetavad seda punanihkeks. Sageduse nihet mõõtes oskame öelda, kui kiiresti täht või galaktika liigub.

1814. aastal valmistas noor Saksa teadlane Joseph von Fraunhofer esimese teadusliku spektroskoobi – spetsiaalse prisma, mis lahutab tähevalguse sagedused samal moel nagu iga klaasprisma lahutab valguse vikerkaarevärvideks. Fraunhofer avastas päiksevalguse spektrist teatud sagedustelt peened mustad jooned, justkui kosmoloogilise ribakoodi. Kaks teist Saksa teadlast, Gustav Kirchhoff ja Robert Bunsen tõestasid lõpuks laboratoorselt, et erinevad elemendid kiirgavad või imavad valgusenergiat erinevail sagedustel. Paistis, et tumedaid jooni põhjustab Päikse tuumast lähtuva valguse neeldumine Päikse välimiste piirkondade mitmesugustes elementides. Neid tumedaid jooni nimetatakse *neeldumisjoonteks* ja erinevad elemendid tekitavad

erinevaid neeldumisjoonte mustreid. Näiteks on olemas süsinikule ja rauale iseloomulikud jooned. Kui tähe valguses on punanihe, nihkuvad kõik jooned spektri punase otsa poole ja me saame nihke suurust täpselt mõõta. See on politsei kiirusemõõtja astronoomiline vaste.

Kahekümnenda sajandi algul kasutas Ameerika astronoom Vesto Slipher seda tehnikat, et näidata üllatavalt suure hulga astronoomiliste objektide punanihet – need liikusid üsna kiiresti Maast eemale. Selle kummalise eemaldumise tõeline tähendus sai selgeks, kui Ameerika astronoom Edwin Hubble lisas neile avastustele objektide kauguse mõõtmise.

Tähtede ja udukogude kaugust on keeruline mõõta. Nagu juba Vana-Kreekas mõisteti, saab vaatleja põhimõtteliselt kasutada paralaksi meetodit. Kuude jooksul, mil Maa pöörleb ümber Päikse, saab jälgida, kas mõni täht on teiste tähtede suhtes liikunud. Kui on, saab nende kauguse väljaselgitamiseks kasutada trigonomeetriat. Õnnetuseks on isegi lähim täht Proxima Centauri nii kaugel (umbes neli valgusaastat Maast), et liikumist on võimatu tuvastada, kui pole väga täpseid instrumente. Kuni üheksateistkümnenda sajandini ei suutnud astronoomid paralaksi meetodil mõõta isegi meie naabertähtede kaugust. Ja objektid, mida Vesto Slipher uuris, asusid palju kaugemal.

Õnneks avastas Harvardi observatooriumi astronoom Henrietta Leavitt kahekümnenda sajandi algul viisi mõõta kaugete tähtede ja udukogude kaugust teatud tüüpi tähtede abil, mida nimetatakse muutuvaiks tsefeiidideks. Need on tähed, mille heledus varieerub väga regulaarselt (näiteks Põhjanel on tsefeiid). Leavitt avastas varieerumissageduse ja tähe heleduse lihtsa seose, mis laseb välja arvutada tsefiidi absoluutheleduse. Võrreldes seejärel absoluutheledust tähe näiva heledusega Maalt vaadelduna, sai välja arvutada tähe kauguse, sest tähe valgus väheneb läbitud vahemaa ruudu võrra. See suurepärase tehnika andis meile astronoomilise standardküünla,

mis lasi Edwin Hubble'il teha kaks põhjanevat avastust meie universumi kohta.

Kahekümnenda sajandi algul uskus enamik astronoomide, et kogu universum sisaldub meie galaktikas, Linnutees. 1923. aastal kasutas Hubble Los Angeleses Mount Wilsoni observatooriumis üht maailma võimsaimat teleskoopi ja näitas, et tollal Andromeeda udukoguna tuntud objektis asuvad muutuvad tsefeiidid on liiga kaugel, et kuuluda meie galaktikasse. See kinnitas mõnegi astronoomi aimdust, et universum on palju suurem kui ainult Linnutee, ja koosneb paljudest galaktikatest, mitte ainult meie omast.

Kui Hubble hakkas muutuvate tsefeiidide abil mõõtma vahemaid suure hulga kaugete objektideni, avastas ta midagi veel hämmastavat. 1929. aastal näitas ta, et peaaegu kõik galaktikad paistavad meist eemale liikuvat ja kõige kaugemate objektide punanihe näib kõige suurem. Teisisõnu: mida kaugem objekt, seda kiiremini see eemaldub. See tundus tähendavat, et terve universum paisub. Belgia astronoom Georges Lemaître oli seda juba kahtlustanud puhtteoreetilistel alustel. Ja nagu Lemaître osutas: kui universum praegu paisub, siis pidi kõik selles sisalduv kunagi ammu olema olnud kokku surutud tillukeseks täpiks, mida ta nimetas *ürgaatomiks*.

Paisuva universumi idee šokeeris astronoomide enamikku ja nad oletasid, et Hubble'i arvutustes on viga. Hubble polnud isegi kindel, ja Einstein oli universumi muutumatutes nii veendunud, et kohendas üldrelatiivsusteooria valemeid muutumatut universumi ennustama, lisades midagi, mille ta nimetas *kosmoloogiliseks konstandiks*.

Astronoomid olid skeptilised osalt seetõttu, et Hubble'i hinnangutega oli tõepoolest probleeme. Tema arvutuste järgi algas paisumine kõigest kahe miljardi aasta eest, kuid astronoomid teadsid juba, et Maa ja Päiksesüsteem on märksa vanemad. See on üks põhjus, miks enamik astronoomide pidas paisuva universumi ideed aastakümneid küll huviväärseks, kuid tõenäoliselt ekslikuks. Paljud eelistasid alternatiivset statsionaarse universumi ideed, mille pakkusid 1948. aastal

välja Hermann Bondi, Thomas Gold ja Fred Hoyle. Statsionaarse universumi pooldajad mõnsid, et galaktikad paistavad üksteisest eemalduvat, kuid samal ajal tekib ainet juurde, nii et suures plaanis universum eriti ei muutu ja selle tihedus jääb samaks.

Lõpuks kaldusid andmed toetama paisuvat universumit. 1940ndail osutas Los Angeleses Mount Wilsoni observatooriumis (samas, kus oli töötanud Hubble) töötav Walter Baade, et muutuvaid tsefiide on kahte tüüpi, millest lähtuvad erinevad kaugushinnagud. Baade täpsustatud arvutused väitsid, et Suur Pauk võis toimuda rohkem kui 10 miljardi aasta eest (tänapäeva täpsemad hinnangud väidavad, et 13,82 miljardi aasta eest). See lahendas kronoloogiaprobleemi. Praegu pole teada ühtki astronoomilist objekti, mis oleks vanem kui 13,82 miljardit aastat. See on tugev argument Suure Paugu kosmoloogia toetuseks. Kui universum on muutumatu ja igavene, siis peaksid paljud objektid olema vanemad kui 13,82 miljardit aastat.

Otsustavad tõendid, nende seas kosmilise mikrolaine-taustkiirguse avastamine, saabusid 1960ndate keskpaiku. See on kiirgus, mis vabanes esimeste aatomite tekkides, umbes 380 000 aastat pärast Suurt Pauku. Mikrolaine-taustkiirgusest sai universumi paisumise peamine kinnitaja. Kuidas?

1940ndaiks olid Hubble'i andmed mõnelegi astronoomile ja füüsikule sedavõrd muljet avaldanud, et nad püüdsid aru saada, mis võis olla toimunud, kui Suur Pauk tõesti olemas oli. Milline oleks olnud algusaegade universum, kui kõik olnuks ürgaatomisse kokku pressitud? Kui Hubble'il ja Lemaître'il oli õigus, siis pidi vastündinud universum olema erakordselt tihe ja kuum ning kiiresti paisuma ja jahtuma. Kuidas aatomite ja energia säärastes äärmuslikes tingimustes käituvad? Teise maailmasõja ajal oli aatompommi ehitanud Manhattani projekt hoogustanud ülikõrgete temperatuuride füüsika uuringuid. 1940ndate lõpul kirjeldas Venemaal sündinud füüsik Georgi Gamov Manhattani projekti avastusi kasutades või-

malikke sündmisi universumis vahetult pärast Suurt Pauku. Koos kolleeg Ralph Alpheriga tuli ta välja hüpoteesiga, et universum pidi pikapeale piisavalt jahtuma, et aatomid saaksid moodustuda, ja kui esimesed aatomid moodustusid, pidi vallanduma tohutu hulk energiat, sest footonid põgenesid aatomieelse ajastu laetud plasmast ja levisid elektriliselt neutraalses universumis vabalt. Edasi väitsid teadlased, et see energiapurse peaks olema ikka veel tuvastatav, kuigi selle sagedus pidi paisuvas universumis laiali laotudes olema langedunud nulli lähedale. Kui teadlased piisavalt tähelepanelikult otsiksid, leiaksid nad kõigest suundadest tuleva kiirguse, mille temperatuur on absoluutse nulli lähedal. Paljudele tundus see idee pöörane, nii et keegi ei hakanud terves universumis esinevat madala temperatuuriga kiirgust otsima.

1964. aastal avastati Gamovi energiapuhang kogemata. Kaks raadioastronoomi – Arno Penzias ja Robert Wilson – ehtasid New Jersey osariigis Holmdelis Belli laboratooriumis ülitäpset raadioantenni tehiskaaslastega suhtlemiseks. Et häireid kõrvaldada, jahutasid nad vastuvõtja umbes 3,5 Celsiuse kraadini üle absoluutse nulli, kuid mõistatuslik madala temperatuuriga energiasumin jäi ikka taustale. Tundus, et müra tuleb igast suunast, nii et astronoomid teadsid, et see pole pärit mõne massiivse tähe plahvatusest. Vastuvõtja ricket kahtlustades ajasid nad sarvekujulisest antennist välja seal pesitsetunud tuvipaari ja koristasid nende väljaheitel, kuid see ei muutnud midagi. (Kurval kombel üritasid tuvid muudkui antenni naasta, nii et lõpuks tuli nad maha lasta.) Penziase ja Wilsoni avastusest kuulis Robert Dicke juhitud astronoomide rühm – kes oli sealsamas lähedal Princetonis just hakanud Gamovi taustkiirgust otsima – ja sai kohe aru, et neid on üle trumbatud. Mõlemad rühmad otsustasid avastust kirjeldavad artiklid koos ette valmistada. Nad väitsid, et tõenäoliselt on tegu Suure Paugu järgse energiaga, mida Gamov oli ennustanud.

Kosmilise mikrolaine-taustkiirguse avastamine veenis astronoomide enamikku Suure Paugu tegelikkuses, sest ükski teine

teooria ei suutnud kõikjal esinevat kiirgust seletada. Sedalaadi kummaline, kuid lõppkokkuvõttes edukas ennustus on üks tugevamaid viise teadlasi teooria paikapidavuses veenda. Paistis, et universum paisub tõepoolest ja oli tõesti sündinud Suures Paugus.

Tänaseks on meil ülekaalukad tõendid, et meie universum sai alguse Suurest Paugust. Palju üksikasju tuleb veel välja selgitada, kuid hetkel on põhiidee tänapäevase tekkeloo esimese peatükina kindlalt paigas. See ongi buutimine. Ja kuna kvantfüüsika lubab asjadel vaakumist ilmuda, siis paistab, et terve universum vupsas tõepoolest välja mingist võimalusteküllasest eimiskist.*

* Lähemalt sellest ideest: Krauss. A Universe from Nothing.