

**UNIVERSUMI
SALADUSTE
JÄLIL**

STEPHEN HAWKING oli väljapaistev

teoreetilisele füüsikale pühendunud teadlane, keda peetakse üheks maailma suurimaks mõtlejaks. Ta oli Cambridge'i ülikooli matemaatikaprofessor ja rahvusvahelise bestselleri „Aja lühilugu“ („A Brief History of Time“) autor. Teiste tavalugejale mõeldud raamatute hulka kuuluvad „Aja lühem lugu“ („A Briefer History of Time“), esseekogumik „Mustad augud ja varajased universumid“ („The Black Holes and Baby Universes“), „Universum päklikloores“ („The Universe in a Nutshell“, eesti k 2002 ja 2017) ja „Lühikesed vastused suurtele küsimustele“ („Brief Answers to the Big Questions“, eesti k 2018). Stephen Hawking suri 14. märtsil 2018. aastal.

LUCY HAWKING jutustab lugusid, mis aitavad

lugejatel teadusest aru saada ja tekitavad selle vastu huvi.

Koos oma isa Stephen Hawkingiga lõi ta Georgi sarja, mis sai üleilmseks menukiks ja on tõlgitud enam kui neljakümnesse keelde (eesti k „Georg ja Universumi salavõti“, 2010; „Georgi kosmiline aardejaht“, 2014; „Georg ja Suur Pauk“, 2015). Lucy tööde eest saadud autasude seas on Londoni Queen Mary ülikooli teaduste audoktori tiitel. Viimase nelja aasta jooksul on Lucy algatanud kaks äärmiselt edukat projekti Euroopa kosmoseagentuuri ja kirjastuse Curved House kaasabil, et suurendada loominguliste õppemeetodite toel õpilaste osalust algkooli STEM-hariduses (STEM – Science, Technology, Engineering, Mathematics, st loodus- ja täppisteadused ning tehnoloogia). Lucy on teinud raadiosaateid BBC-le ning koostöös Guardian Media Groupiga valmis tal virtuaalreaalne film teismeliste tüdrukute autismist. Ta on Stephen Hawkingi sihtasutuse juht.

UNIVERSUMI SALADUSTE JÄLIL

STEPHEN & LUCY
HAWKING

Jan Bielecki illustratsioonid
Inglise keelest tõlkinud Krista Kallis



*„Et te vaataksite ka üles tähtede poole,
mitte ainult oma jalge ette.“*

Stephen Hawking

Sisukord

Sissejuhatus

Esimene osa. Alguses	1
Universumi tekkimine. <i>Professor Stephen Hawking</i>	2
Reis läbi Universumi. <i>Professor Bernard Carr</i>	5
Homogeensus kosmoses	13
Kõiksuse teooria	16
Suur Pauk	23
Universumi paisumine	31
Kas elu pärineb Marsilt? <i>Doktor Brandon Carter</i>	34
Kuidas sai elu alguse?	47
Elu tekkelugu. <i>Professor Michael J. Reiss</i>	50
Geneetika. <i>Professor Ammar Al Chalabi</i>	56
Teine osa. Mida leidub Maa peal?	61
Planeet Maa: millest see koosneb?	62
Kui pikk on „päev“ Maal?	64
Elukõlblik ala	66
Maa ookeanid. <i>Professor Ros E. M. Rickaby</i>	68
Vulkaanid Maal, Päikesesüsteemis ja väljaspool.	
<i>Professor Tamsin A. Mather</i>	80
Millest Maa koosneb?	88
Osakeste pörkumine	91
Määramatus ja Schrödingeri kass	102
M-teooria – 11 dimensiooni	107
Elu ehitusplokid. <i>Doktor Toby Blench</i>	110
Lamemaalased, Kuu-pektuse uskujad ja vaktsiinivastased.	
<i>Doktor Sophie Hodgetts</i>	117
Kolmas osa. Universumi uurimine	123
Stratosfäärihüpe	124
Öine taevas	128

Meie Kuu	130
Valgus ja tähed	135
Päikesesüsteem	136
Merkuur	144
Veenus	146
Marss	148
Jupiter	152
Saturn	157
Uraan	164
Neptuun	166
Pluuto	168
Nipet-näpet	170
Eksoplaneedid	171
Alpha Centauri	172
55 Cancri	174
Andromeeda	176
Satelliidid kosmoses	179
Multiversum. <i>Professor Thomas Hertog</i>	185
 Neljas osa. Tumedad valdkonnad	 191
Kuu nähtamatu külg	192
Universumi tume pool. <i>Doktor Paul Davies</i>	196
Tumeaine ja tumeenergia	201
Mida on vaja teada mustadest aukudest. <i>Professor Stephen Hawking</i>	206
Singulaarsused	215
Pimedussejäämine	217
Mustad augud. <i>Sasha Haco</i>	221
 Viies osa. Elu kosmoses	 227
Miks me läheme kosmosesse? <i>Professor Stephen Hawking</i>	228
Elu Marsil – kas tõesti?	233
Raketiehitus Marsi külastamiseks. <i>Allyson Thomas</i>	234
Kujutledes elu Marsil. <i>Kellie Gerardi</i>	238
Inimesed kosmoses	243
Ülevaate-efekt. <i>Doktor Richard Garriott de Cayeux</i>	251
Drake'i valem	258

Nullgravitatsioonilennud	261
Robotite kosmoselennud	264
Komeedid	273
Valgus ja selle liikumine kosmoses	275
Kontakti otsimine tulnukatega. <i>Doktor Seth Shostak</i>	278
Heli liikumine kosmoses	283
On seal kusagil keegi? <i>Lord Martin Rees</i>	286
 Kuues osa. Ajaränd	 293
Ussiaugud ja ajarännak. <i>Doktor Kip S. Thorne</i>	294
Kosmos, aeg ja relatiivsus	300
Ajaränd ja liikuvate kellade müsteerium. <i>Professor Peter McOwan</i>	304
 Seitsmes osa. Tulevikku!	 311
Minu robot, sinu robotid. <i>Professor Peter McOwan</i>	314
Robotieetika. <i>Kate Darling</i>	324
Tehisintellekt. <i>Doktor Dernis Hassabis</i>	328
Tehisintellekti eetikast. <i>Carissa Veliz</i>	334
Mis on arvuti?	340
Universaalne Turingi masin	350
Mida arvuti ei suuda?	354
Kvantarvutid. <i>Doktor Raymond Laflamme</i>	358
3D-printimine. <i>Doktor Tim Prestidge</i>	362
Juhita autod	368
Meie planeeti ohustavad probleemid	370
Toidu tulevik. <i>Doktor Marco Springmann</i>	374
Poliitika tulevik olete teie! <i>Andy Taylor</i>	380
Tulevikulinnad. <i>Beth West</i>	385
Internet: privaatsus, identiteet ja informatsioon. <i>Dave King</i>	392
Kliimamuutus. <i>Nitya Kapadia</i>	399
 Järelsõna	 407
Sõnastik	408
Register	413
Tänu sõnad	419

Sissejuhatus

Terve elu on mul olnud erakordne privileeg veeta aega oma isa Stepheni sõprade ja kolleegide, maailma suurimate ja uuendusmeelseimate teadlaste seltsis, nendega rääkida ja neile küsimusi esitada. Minu isa oli imetlusväärne teadlane, kes mõistis, kui tähtis on kõneleda oma tööst nii, et inimesed sellest aru saaksid. Tema arvates on igal inimesel õigus teada, mida teadlased teevad ja mida see tähendab. Seega tundus mulle kui koolitüdrukule küsimuste esitamine – ja nende vastuste saamine – täiesti tavaline. Vastused äratasid mõtteid, aga mõnikord tekitasid ka hämmastust või isegi viha. Aga sain vastused inimestelt, kes teadsid, mida nad räägivad. Ja nende inimeste kuulamine ja uute küsimuste esitamine andis tunde, nagu saaksin minagi kuidagi osa Universumi imelisusest.

Suureks kasvanuna mõistsin, kui haruldane oli selline võimalus. Kui peaksin välja tooma peamise, mida olen oma tööga saavutada püüdnud, siis on see mulle osaks langenud suure õnne jagamine – pannes need kütkestavad, originaalsed, loovad, targad ja naljakad inimesed raamatutesse. Alates isa vaimustavast esseest meie esimeses koos kirjutatud raamatus „Georg ja Universumi salavõti“ („George’s Secret Key to the Universe“) rikastavad tervet Georgi sarja nende imepäraste teadlaste ja teiste asjatundjate hääled, mis räägivad noortele lugejatele oma uurimustest ja elutööst.

Tänu internetile on meil nüüd muidugi suur hulk kergemini kättesaadavat informatsiooni kui minu lapsepõlves. Aga mida see kõik tähendab? Ja kuidas te teate, kas see, mida te internetist loete, ka tõsi on? Koos isaga kirjutades saime aru, et võime muuta informatsiooni teadmisteks.

Raamat „Universumi saladuste jälil“ („Unlocking the Universe“) koondab kõik suurepäraseid esseed ja faktid, mida olime kogunud, ja sisaldab ka mõningal määral vaimustavat uut teavet sellistel teemadel, mida olen alati tahtnud uurida, nagu näiteks geneetika ja multiversum, ning uut esseed mustade aukude kohta. Meie kõige uuemad autorid pistavad rinda ka tehisintellekti eetikaga ja teaduse eituse probleemiga – ja meie absoluutselt noorim panustaja räägib kliimamuutusest ning sellest, mis tunne on olla teismeline globaalselt soojenevas maailmas.

Näib, nagu oleks see olnud kaua aega tagasi, kui meil isaga tekkis mõte kirjutada sellest, mis juhtub poisiga, kui ta musta auku kukub. See esimene koos kirjutatud raamat sai alguse küsimusest, mis esitati isale ühel sünnipäevapeol. Too küsimus saatis meid missioonile – kirjutada küsimusele vastamiseks raamat. Nüüd, meie seitsmenda ja viimase raamatu puhul võin tõdeda: kui esitate küsimuse, siis ei tea kunagi, mis selle tulemusel juhtub. Raamatus „Georg ja Universumi salavõti“ kirjutab teadlane ja Anni isa Erik lastele raamatut, mille pealkiri on „Universumi teejuht“. Ja seda on ka käesolev raamat.

Sellele reisile asumine koos sinuga on suur rõõm ja privileeg. Kui sa juba oled meie lugeja, siis tänan sind! Ja kui veel ei ole – siis hüppa aga kosmoselaeva pardale ja valmistu õhkutõusmiseks! Olgu sul õnne kõigis kosmoseseiklustes ja pea meeles: mustale augule ei tohi liiga lähedale lennata!

Lucy Hawking

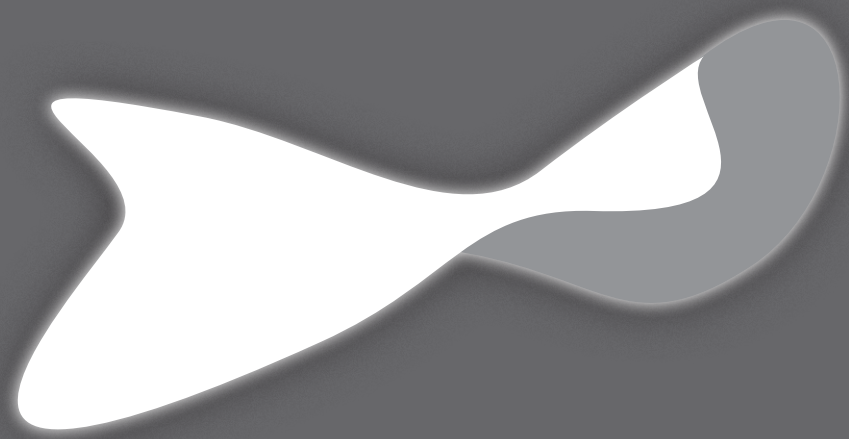
ESIMENE OSA

Alguses



Universumi tekkimine

Professor STEPHEN HAWKING



Maailma saamisloost on palju erinevaid lugusid. Näiteks Kesk-Aafrika *bushongo* rahvas teab, et alguses olid vaid pimedus, vesi ja suur jumal Bumba. Ühel päeval oksendas Bumba kõhuvalu käes piineldes välja Päikese. Päike kuivatas ära osa veest, järele jäi maa. Ikka veel kõhuvalu kannatab Bumba oksendas välja Kuu, tähed ja siis veel mõned loomad – leopardi, krokodilli, kilpkonna ja lõpuks inimese.

Teistel rahvastel on teistsugused lood. Need olid varajased püüded vastata suurtele küsimustele:

- **Miks me siin oleme?**
- **Kust me tulime?**

Neile küsimustele vastav esimene teaduslik tõendusmaterjal avastati umbes sajandi eest. Leiti, et teised galaktikad kaugenevad meist. Universum paisub: galaktikad liiguvad üksteisest eemale. See tähendab, et minevikus olid nad üksteisele lähemal. Peaaegu 14 miljardit aastat tagasi võis Universum olla väga kuumas ja tihedas olekus. Hetke, mil ta hakkas laienema, kutsutakse Suureks Pauguks.

Universum sai alguse sellest, et Suur Pauk laienes üha kiiremini. Seda nimetatakse inflatsiooniks, sõna kirjeldab ka viisi, kuidas hinnad kauplustes aina tõusevad. Inflatsioon varajases Universumis oli palju kiirem kui hindade puhul: meie peame inflatsiooni kõrgeks, kui hinnad aasta jooksul kahekordistuvad, kuid Universum kahekordistus mitmeid kordi sekundi murdosa jooksul.

Inflatsioon muutis Universumi väga suureks, tasaseks ja lamedaks. Kuid ometi polnud ta täiesti ühtlane: kohati oli

Universumis tillukesi variatsioone ehk häiritusi. Need põhjustasid varase Universumi temperatuuris imeväikesi erinevusi, mida võime näha nähtuses, mis on tuntud kosmilise mikrolaine-taustkiirgusena. See tähendab, et mõned piirkonnad laienevad veidi aeglasemalt. Need piirkonnad lakkavad lõpuks laienemast ja kukuvad kokku, moodustades galaktikaid ja tähti. Oma eksistentsi võlgneme noile häiritustele. Kui varajane Universum oleks olnud täiesti ühtlane, poleks olnud ei galaktikaid ega tähti, seega poleks elu saanud areneda.

Suur Pauk

Suur Pauk on teooria – idee või hulk ideid – sellest, kuidas Universum alguse sai. Teadlased otsivad oma ideede õigsuses veendumiseks tõendusi. Enamik teadlasi aktsepteerib Suure Paugu teooriat.



Reis läbi Universumi

Professor BERNARD CARR

Londoni Queen Mary ülikooli
füüsika ja astronoomia osakond



Enne kui teekonda alustame, peame aru saama, mida mõtleme sõnade „reis“ ja „Universum“ all. Universum tähendab sõna-sõnalt kõike, mis eksisteerib. Ent astronoomia ajalugu võib vaadelda üksteisele järgnevate sammude jadana ja iga sellise sammu puhul on Universum tundunud suuremaks saavat. Nii et see, mida mõtleme kõige all, on aja jooksul muutunud.

Tänapäeval nõustub enamik kosmolooge Suure Paugu teooriaga, mille kohaselt sai Universum alguse umbes 14 miljardit aastat tagasi äärmiselt kokkusurutud seisundist. See tähendab, et me ei suuda näha kaugemale kui see vahemaa, mille valgus on oma liikumisel läbinud Suurest Paugust alates. See määrab uurimist võimaldava Universumi suuruse.

Mida siis tähendab reis? Esmalt tuleb meil vahet teha Universumi vaatlemisel ja sellest läbi reisimisel. Lähema



vaatlusega tegelevad astronoomid ja nagu näeme, kaasneb sellega ajas tagasi vaatamine. Reisimisega tegelevad astronautid ja see tähendab kosmoses liikumist. Kuid on veel võimalusi. Kui me reisime Maalt vaadeldava Universumi äärele, siis taastame me tegelikult inimõtte ajalugu.

Reis minevikku läbi aja



Astronoomid saavad informatsiooni elektromagnetlainete kaudu, mis liiguvad valguse kiirusel (umbes 300 000 kilomeetrit sekundis – 299 792 458 meetrit sekundis). See on väga suur kiirus, kuid samas lõplik, ja astronoomid mõõdavad sageli kaugust valguse kiiruse abil. Näiteks kulub valgusel Päikeselt meieni jõudmiseks minuteid, kuid kõige lähemalt tähelt jõuab valgus meile aastate pärast, kõige lähemast suurest galaktikast Andromeedast aga miljonite aastate pärast* ning kõige kaugematest galaktikatest koguni mitmete miljardite aastate pärast.

See tähendab, et kui võtame suuremad vahemaad lähema vaatluse alla, siis vaatame ka üha kaugemale minevikku. Kui me näiteks uurime 10 miljoni valgusaasta kaugusel asuvat galaktikat, siis näeme seda sellisena, nagu ta oli 10 miljonit aastat tagasi. Selles mõttes pole reis läbi Universumi mitte ainult reis ruumis, vaid on ka reis minevikku läbi aja – otse Suure Pauguni välja.

Tegelikult pole meil võimalik vaadelda minevikku Suure Pauguni välja. Algstaadiumis Universum oli niivõrd kuum, et moodustas osakeste udu, millest me läbi ei näe. Kui Universum

* Ernst Öpik avaldas 1922. aastal *Astrophysical Journalis* artikli Andromeeda udukogu kaugusest, kasutades täiesti uut meetodit. Ta sai tulemuseks 1,5 miljonit valgusaastat. Edwin Hubble avaldas oma mõõtmistulemused 1924. aastal ja sai tulemuseks 900 000 valgusaastat. (Konsultant Tõnu Viik, edaspidi T. V.)



paisus, ta ka jahtus ning umbes 380 000 aastat pärast Suurt Pauku udu hõrenes. Ometi võime kasutada oma teooriaid, et spekuleerida, milline võis Universum olla enne seda. Kuna ajas tagasi minnes tihedus ja temperatuur tõuseb, sõltub meie spekulatsioon kõrge energia füüsika alale kuuluvaist teooriaist, kuid nüüd on meil olemas üsna täielik pilt Universumi ajaloost.

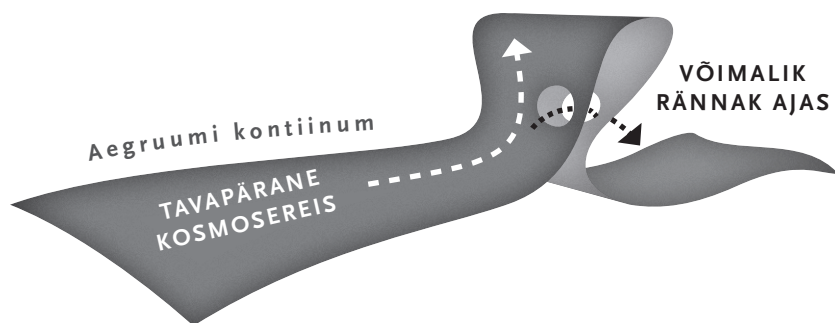
Võiks ju oodata, et meie ajareis minevikku lõpeb Suure Pauguga. Ometi püüavad teadlased nüüd aru saada loomisprotsessi enese füüsikast, ja iga mehhanism, mis võib luua meie Universumi, võiks põhimõtteliselt genereerida teisigi. Näiteks usuvad mõned, et Universum teeb läbi laienemise ja kollapsite tsükleid, mis annab meile universumid, mis on ajas välja venitatud. Teised arvavad, et meie Universum on vaid üks paljudest kosmosesse hajutatud „mullidest“. Need kujutavad endast versioone nn multiversumi hüpoteesist.

Reis läbi kosmose

Füüsilises mõttes läbi Universumi reisimine on palju suurem väljakutse selleks kuluva aja tõttu. Füüsik Albert Einstein esitas kaks tähtsat teooriat ruumi ja aja kohta. Oma erirelatiivsusteoorias (1905) pakub ta, et ükski kosmoselaev ei suuda liikuda kiiremini kui valgus. See tähendab, et Galaktika läbimiseks kuluks vähemalt 100 000 aastat ja Universumi läbimiseks 10 miljardit aastat – vähemalt Maa peal olevate inimeste jaoks. Kuid erirelatiivsus ennustab ka, et liikuvate vaatlejate jaoks kulub aeg aeglasemalt, seega astronautidele enestele võib reis olla palju kiirem. Ja tõesti, kui oleks võimalik liikuda valguse kiirusel, siis ei kuluks üldse aega!

Ükski kosmoselaev ei suuda liikuda valguse kiirusel*, kuid järk-järgult oleks võimalik kiirendada liikumist maksimumkiiruse suunas; siis oleks kogetav aeg palju lühem kui Maal. Kui näiteks kosmoselaeva viiks edasi kiirendus, millega kehad langevad Maa raskusjõu mõjul, näib reis läbi meie Linnutee galaktika võtvat vaid umbes 30 aastat. Seejärel oleks võimalik inimesel Maale tagasi jõuda *omaenda* eluajal, ehkki sõbrad on juba ammuilma siitilmast lahkunud. Kui aga sajandi jooksul jätkataks kiirendamist Galaktikast väljaspool, siis võiks inimene põhimõtteliselt jõuda praegu vaadeldava Universumi servale!

Einsteini teine teooria, üldrelatiivsusteooria (1915), pakuks veelgi eksootilisemaid võimalusi. Näiteks võiksid ehk astronautid kunagi kasutada ussiauke või ruumi kõverdumise efekte, mis muudaksid sellised reisirid isegi kiiremaks ja laseksid jõuda koju tagasi ilma, et neid ähvardaks sõprade kaotus. Kuid see kõik on väga spekulatiivne.



* Ükski järgi ei saa ükski seisumassi omav keha liikuda valguse kiirusega. (T. V.)



Reis läbi inimõtte ajaloo

Vanade kreeklaste jaoks oli Maa Universumi kese ja sellele suhteliselt lähedal asusid planeedid, Päike ja tähed. Selline geotsentriline arusaam (*geos* = Maa) purustati 16. sajandil, kui Kopernik näitas, et Maa ja teised planeedid liiguvad ümber Päikese (*helios*). Siiski ei kestnud see heliotsentriline käsitlus väga pikalt. Mitmeid aastakümneid hiljem kasutas Galileo oma äsjaleiutatud teleskoopi näitamaks, et Linnutee – mida tollal tunti vaid taevas asuva valgusvöödina – koosneb arvukatest tähtedest nagu Päike. See avastus mitte ainult ei muutnud Päikese staatust, vaid andis ka tohutult lisa Universumi seni teada olnud mõõtmetele.

18. sajandiks oli omaks võetud, et Linnutee on tähtede ketas (galaktika), mida hoiab koos raskusjõud. Siiski eeldas enamik astronoomide, et Linnutee hõlmab kogu Universumit ja see galaktikakeskne arusaam püsis jõudsalt veel 20. sajandi alguseski. Siis aga mõõtis Edwin Hubble 1924. aastal vahemaa meile kõige lähema suure galaktikani (Andromeedani) ja näitas, et see peab olema üsna palju Linnuteest kaugemal. Järjekordne nihe Universumi suuruse mõistmisel!

Paari järgmise aasta jooksul sai Hubble andmeid mitmekümne lähedal paikneva galaktika kohta. Need näitasid, et kõik galaktikad liiguvad meist eemale kiirusel, mis on võrdeline nende kaugusega meist. Kõige lihtsam viis seda endale ette kujutada on mõelda, et ruum ise paisub nagu täispuhutud õhupalli pind, millele on joonistatud galaktikad. Seda paisumist tuntakse Hubble'i seaduse nime all ja nüüdseks on näidatud, et see kehtib selliste kauguste puhul, mis ulatuvad



kümnete miljardite valgusaastateni piirkonnas, mis sisaldab sadu miljardeid galaktikaid.

Selline kosmosekeskne (kosmos = universum) vaade on lõplik nihe Universumi suuruse määratlemisel. Kosmiline paisumine tähendab, et ajas tagasi minnes tulevad galaktikad üksteisele lähemale ja sulavad lõpuks ühte. Enne seda suureneb tihedus üha – kuni 14 miljardit aastat tagasi aset leidnud Suure Pauguni – ja sealt alates ei saa me kunagi näha kaugemale sellest valguse läbitud vahemaast. Siiski on hiljuti toimunud üks huvitav areng. Ehkki raskusjõust tingituna võiks oodata Universumi paisumise aeglustumist, pakutakse käimasolevate vaatluste põhjal, et see tegelikult kiireneb. Seda selgitavad teooriad oletavad, et meie vaadeldav Universum võib osutuda osaks suuremast „mullist“. Ja see mull ise vaid üheks mulliks paljudest!



Mis edasi?

Seega on kõigi kolme reisi – esimene kulges läbi aja, teine läbi ruumi ja kolmas jälgis inimõtte ajalugu – lõpp-punkt üks ja seesama: need vaadeldamatud universumid, millele saab pilku heita vaid teooriate abil ja mida on võimalik külastada oma mõtetes!



Albert Einstein **(1879–1955)**

Füüsik ja matemaatik Albert Einstein sündis Saksamaal, kuid ta perekond kolis siis Itaaliasse ning seejärel Šveitsi. Juba varasest noorusest ilmutas ta huvi teaduse vastu – viieaastaselt võlus teda kompass ja viis, kuidas kompassinõel aina samasse suunda osutas. Kaheteistkümneaastaselt õppis ta selgeks algebra ja geomeetria.

1905. aastal, 26-aastasena avaldas ta kolm teaduslikku uurimust. Üht neist, „Liikuvate kehade elektrodünaamikast“, tuntakse rohkem erirelatiivsusteooriana. Kümme aastat hiljem, 1915. aastal avaldas ta oma üldise relatiivsusteooria.

Einstein oli juut ja 1932. aasta detsembris, kuu aega enne Adolf Hitleri Saksamaa kantsleriks saamist, loobus Saksa kodakondsusest. Ta läks Ameerika Ühendriikidesse, kus veetis ülejäänud elu. Einstein oli patsifist ja aatomipommi vastane. Ta soovis, et kõigi rahvuste vahel valitseks rahu ja maailmal oleks üks valitsus.

Albert Einsteinile anti 1921. aastal Nobeli füüsikaauhind. Paljud peavad teda kõigi aegade suurimaks teadlaseks matemaatilise füüsika alal.

Einsteini teooriad

Eirelatiivsusteooria

Universumis on kõik liikumises. Relatiivsus kirjeldab ruumi, aja ja liikumise vahel valitsevaid seoseid. Oma eirelatiivsusteoorias pakkus Einstein, et valguse kiirus vaakumis on samasugune igasuguse vaatleja jaoks, ükskõik kui palju valgusallikas ka liiguks. Samuti on füüsikaseadused samasugused kõikide vaatlejate jaoks, kui nad on üksteise suhtes ühtlases sirgjoonelises liikumises. Sel teoorial on mõned huvitavad tulemused, kaasa arvatud faktid, et energia ja mass on vahetatavad ja et miski ei saa liikuda valgusest kiiremini. Sellest teooriast pärineb Einsteini kuulus valem:

$$E = mc^2$$

Üldrelatiivsusteooria

See puudutab raskusjõudu. Einstein väitis, et ruumis olev aine moonutab selle ümber asuvat ruumi – kõverdab seda. Kõverdumine on see, millest meie mõtleme kui gravitatsioonist, aga see geomeetria, mida me tavaliselt kasutame, töötab vaid Cartesiuse koordinaatidega (ruumiliste ristkoordinaatidega) kirjeldatava ruumi puhul ja nii ei saa seda kasutada kõvera ruumi puhul. Üldrelatiivsus kirjeldab seda, kuidas gravitatsioon mõjutab nii aega kui ka ruumi.

Homogeensus kosmoses

Selleks, et rakendada üldrelatiivsust Universumis tervikuna, tuleme tavaliselt välja mõnede eeldustega:

- mis tahes koht kosmoses on samade omadustega (homogeensus),
- kosmos peaks välja nägema samasugune igas suunas (isotroopsus).

See annab meile pildi Universumist, mis:

- on homogeenne ja isotroopne,
- saab alguse Suurest Paugust,
- laieneb seejärel võrdsel määral kõikjale.

Sellist pilti toetavad tugevasti astronoomilised vaatlused – see, mida me näeme Maal ja kosmoses asuvate teleskoopide abil.

Ometi ei saa Universum olla ruumis täiesti homogeenne, sest see tähendaks, et selliseid struktuure nagu galaktikaid, tähti, päikesesüsteeme, planeete ja inimesi ei saaks eksisteerida. Selleks et selgitada, kuidas said esimesed gaasi ja tumeaine kogumid kokku kukkuda, nii et tuntud füüsikaseaduste järgi hakkasid tekkima tähed ja planeedid, läheb vaja tillukesi virvendusi, mis läbivad mustrina homogeensust.

Rohkem
saate tume-
aine kohta
teada lk 20
ja lk 191.

Kuna gaas ja tumeaine käituvad alguses peaaegu ühetaoliselt ja kuna oletame, et samad füüsikaseadused kehtivad kõikjal, siis eeldame, et kõik galaktikad moodustuvad sarnasel viisil. Seega peaks kaugetes galaktikates olema sama tüüpi tähed, planeedid, asteroidid ja komeedid nagu need, mida võime näha oma Linnutees.

Kust pärinesid algsed tillukesed virvendused, pole veel täiesti selge. Parim teooria praegu ütleb, et need tulenesid mikroskoopilistest kvantfluktuatsioonidest, mida võimendas väga kiire varane laienemisfaas – inflatsioon –, mis leidis aset Suure Paugu järgse esimese sekundi tühise murdosa vältel.

The background of the page is a light gray color, decorated with several white stars of varying sizes and several stylized white galaxies. Some galaxies are depicted as spiral patterns, while others are more elongated or ring-like. Dotted white lines with arrowheads point from the title area towards the galaxies, suggesting a connection or discovery. The overall theme is astronomy and space exploration.

Edwin Hubble (1889–1953)

Edwin Hubble oli Ameerika astronoom. Koolipõlves oli ta kergejõustikutäht, kel olid head tulemused kõikides õppeainetes peale õigekirja. Astronoomina töötas ta Californias Mount Wilsoni observatooriumis. 1923. aastal vaatlus ta tohutu 2,5-meetrise Hookeri teleskoobiga Andromeeda udukogu. Ta leidis erilist liiki tsefeiidiks nimetatava pulseeriva heledusega tähe, mis võimaldas tal tulla järeldusele, et Andromeeda udukogu on Maast 900 000 valgusaasta kaugusel. Ta ei saanud kuidagi paikneda meie Linnutee galaktikas, sest selle raadius on 52 850 valgusaastat – mis tähendab, et Andromeeda udukogu on tegelikult Andromeeda galaktika. See oli esimene kord, kui leiti veel teinegi galaktika, mis pani oletama, et Universum koosneb palju enamatest galaktikatest, millest mõned Hubble hiljem ka leidis. Ta töötas välja viisi galaktikate klassifitseerimiseks nende kuju järgi ning leidis vaatluste põhjal, et mida kaugemal galaktika asus Päikesesüsteemist, seda kiiremini see kaugemale liikus.

Sestpeale on välja arvatud, et Andromeeda asub 2,5 miljoni valgusaasta kaugusel, kuid sellest hoolimata oli Hubble'i avastus murranguline ja tõestas, et Andromeeda asub väljaspool meie Galaktikat.

Kõiksuse teooria

Kogu ajaloo vältel on inimesed vaadanud enda ümber ja püüdnud mõista hämmastavaid asju, mida nägid, küsides:

- **Mida need objektid endast kujutavad?**
- **Miks nad niimoodi liiguvad ja muutuvad?**
- **Kas nad on alati olemas olnud?**
- **Mida nad räägivad meie siinviibimise põhjuste kohta?**

Alles mõnel viimasel sajandil oleme hakanud neile küsimustele teaduslikke vastuseid leidma.



Klassikaline teooria

1687. aastal avaldas suur Inglise matemaatik ja füüsik Isaac Newton oma liikumisseadused, kirjeldades, kuidas jõud muudavad objektide liikumisviisi. Ta avaldas ka üldise gravitatsiooniseaduse, mis ütleb, et iga Universumis leiduv objekt tõmbab iga teist objekti enda külge jõuga – raskusjõuga –, mistõttu jääme ka meie Maa pinnale püsima, Maa tiirleb Päikese ümber ning on tekkinud planeedid ja tähed. Planeetide, tähtede ja galaktikate mõõtkavas on gravitatsioon arhitekt, mis kontrollib Universumi grandioosset struktuuri. Newtoni seadused on ikka veel piisavalt head selleks, et saata satelliite orbiidile ja kosmoselaevu teistele planeetidele. Kuid kui objektid on väga kiired või väga massiivsed, on tarvis tänapäevasemaid teooriaid, kaasa arvatud Einsteini relatiivsusteooria, ja siis on vaja veel üht, mis seletaks väga tillukeste asjade, nagu aatomite ja osakeste käitumist.

Liikumisseadused

1. Iga keha säilitab oma oleku kas paigalseisu või ühtlase sirgjoonelise liikumise kujul seni, kuni temale rakenduvad jõud seda ei muuda.
2. Liikumishulga muutus on võrdeline kehale mõjuva jõuga ning toimub samas suunas mõjuva jõuga.
3. Kaks keha mõjutavad teineteist jõududega, mis on suuruselt võrdsed ja vastassuunalised.

Üldine gravitatsiooni-seadus

Kaks masspunkti tõmbuvad teineteise poole jõuga, mis on võrdeline nende massidega ning pöördvõrdeline nendevahelise kauguse ruuduga.





Sir Isaac Newton (1642–1727)

Isaac Newton oli Inglise matemaatik ja füüsik. Ta isa suri, kui poiss oli alles laps, seetõttu kasvas teda vanaema. Koolis meeldis Newtonile valmistada päikese- ja veekelli. Kuulus lugu räägib, kuidas ta nägi koduaias puu otsast õuna kukkumas ning sai sellest inspiratsiooni gravitatsiooniseaduse väljatöötamiseks. 23 aasta vanuses oli ta tõepoolest matemaatiliselt tuletanud kõik kolm Kepleri seadust.

Newton sai jälile ka sellele, et valget valgust võib prisma abil eri värvideks jagada. Ta leiutas uut tüüpi teleskoobi. Ehkki ta oli omaaegsete matemaatikute ja teiste teadlaste seas laialdaselt tuntud, avaldas ta oma tööd alles elu lõpu poole. Kaks korda esindas ta parlamendis Cambridge'i ning 1705. aastal löödi ta rüütliks.



Kvantteooria

Klassikalised teooriad sobivad kasutamiseks suurte asjade korral, nagu näiteks galaktikad, autod või isegi bakterid. Kuid need ei sobi selgitama aatomite toimimist – tegelikult ütlevad need, et aatomeid ei saa olemas olla! 20. sajandi alguses said füüsikud aru, et väga väikeste asjade, nagu aatomite või aatomite osade, näiteks elektronide omaduste seletamiseks on vaja välja arendada täiesti uus teooria. Selleks on kvantteooria. Versiooni, mis võtab kokku meie praegused teadmised fundamentaalosakeste ja -jõudude kohta, tuntakse standardmudelina. Standardmudel on osakeste füüsikas teooria, mis kirjeldab kolme Universumi neljast tuntud fundamentaaljõust (elektromagnetiline, nõrk ja tugev interaktsioon) ega kirjelda gravitatsiooni. Samuti klassifitseerib see teooria kõik tuntud elementaarosakesed.

Standardmudeli osadeks on kvargid ja leptonid (aine koostisosakesed), elementaarosakesed (gluon, foton, W/Z) ja Higgsi boson (mida on vaja osade teiste osakeste massi selgitamiseks). Paljude teadlaste arvates on see kõik liiga keeruline ja neile meeldiks lihtsam mudel.

Ja kus on siis **tumeaine**, mille teadlased on avastanud? Ja kuidas jääb gravitatsiooniga? Gravitatsiooni elementaarosakest nimetatakse gravitoniks, kuid selle lisamine standardmudelile on raske, sest gravitatsioon on sootuks teistsugune – see muudab aegruumi kuju.

Teooria, mis selgitab kõiki jõudusid ja kõiki osakesi – kõiksuse teooria –, võib paista väga erinev kõigest sellest, mida oleme varem näinud, kuna sellel on tarvis anda seletus nii aegruumile kui ka gravitatsioonile. Kuid kui see on olemas, siis peaks see selgitama kogu Universumi füüsikalist toimimist, kaasa arvatud mustade aukude sisemust, Suurt Pauku ja kosmose kauget tulevikku. Selle leidmine oleks eriti silmapaistev saavutus.