



ALGIRDAS VACLOVAS VALIULIS

NEATSAKYTI VISATOS IR GYVYBĖS RAIDOS KLAUSIMAI



MOKSLAS
VISIEMS

ALGIRDAS VACLOVAS VALIULIS

NEATSAKYTI VISATOS
IR GYVYBĖS RAIDOS
KLAUSIMAI

VILNIUS | 2025

Recenzentas akad. Leonas Valkūnas

TEISĖS GINAMOS. Šį leidinį draudžiama atkurti bet kokia forma ar būdu, viešai skelbti, įskaitant padarymą viešai prieinamą kompiuterių tinklais (internete), išleisti ir versti, platinti jo originalą ar kopijas parduodant, nuomojant, teikiant panaudai ar kitaip perduodant nuosavybėn. Draudžiama šį kūrinį, esantį bibliotekose, mokymo įstaigose, muziejuose arba archyvuose, mokslinių tyrimų ar asmeninių studijų tikslais atkurti, viešai skelbti ar padaryti viešai prieinamą kompiuterių tinklais tam skirtuose terminaluose tų įstaigų patalpose.

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacinės sistemos (LIBIS) portale *ibiblioteka.lt*

ISSN 2351-5368

eISSN 3030-2293

ISBN 978-9986-08-105-0

eISBN 978-9986-08-106-7

© Lietuvos mokslų akademija, 2025

© Algirdas Vaclovas Valiulis, 2025

Turinys

<i>Ižanga</i>	7
Didysis sprogimas ir kas buvo prieš jį	12
Kaip gravitacija dera su kvantine teorija	33
Stygų teorija	41
Tamsioji medžiaga ir tamsioji energija	47
Kas yra laikas	73
Ar įmanoma keliauti laiku į praeitį ar ateitį	95
Visatos raida ir likimas	115
Keistas ūžesys, sklindantis iš Visatos pradžios	126
Ar Visatoje, be trijų erdvinių matmenų ir laiko, yra kitų paslėptų matmenų	137
Hipotezės apie gyvybės kilmę	154
Kaip galėjo atsirasti gyvybė	158
Nuo neorganinių junginių iki statybinių blokų	167
Sudėtingų gyvų būtybių bruožų (elgsenos, išvaizdos) atsiradimo mechanizmas	186

Ar kitose planetose yra protinga gyvybė	198
Ar yra galutinis žmogaus egzistavimo tikslas.....	232
Ilgalaikės žmonijos civilizacijos raidos trajektorijos.....	248
Kas yra sąmonė ir kas ją sukelia.....	265
Ar galime sukurti dirbtinį intelektą, panašų į žmogaus intelektą	286
Biologinis ir kultūrinis kalbos pagrindas	304
Kaip atmintis formuojasi ir saugoma smegenyse	315
Apie sąmoningus gyvūnų išgyvenimus	330
Kokie psichiniai procesai lemia originalias ir naujoviškas idėjas.....	341
Ar virtuali tikrovė gali pakeisti tikrojo pasaulio suvokimą	349
Žmogaus psichikos sutrikimų priežastys.....	363
<i>Literatūra ir šaltiniai</i>	384
<i>Iliustracijų sąrašas</i>	390
1 priedas. Visatos raida laiko skalėje.....	393
2 priedas. Galimi žmonijos raidos nulemti veiklos pėdsakai. . .	405
<i>Summary</i>	409

Ižanga

Gamtą valdo visur veikiantys dėsniai ir aiškiai apibrėžtos jėgos, kurias žmonės dažniausiai siekia imituoti, interpretuoti ir naudoti savo tikslams ir naudai. Visi žmogaus sukurti objektai yra civilizacijos, technosferos, noosferos (aukščiausios biosferos evoliucijos pakopos) arba pačios kultūros dalis. Žmonija išgyveno Renesansą, pramonės revoliuciją, atominį amžių, informacijos amžių, o dabar įžengė į ankstyvuosius dirbtinio intelekto, robotikos ir automatikos laikotarpius, kurie, deja, tikriausiai suardys šiuolaikinę civilizaciją. Moksliniai tyrimai atskleidžia, kad Visata yra senesnė, nei galime įsivaizduoti, didesnė, nei galime suvokti, o mūsų egzistavimas yra menkas ir greitai pamiršamas Visatos erdvės platybėse. Hipotezių ir teorijų kūrimas jau daugelį amžių buvo ir yra vien žmogaus kūrybos sritis. Tyrėjai tikisi kada nors panaudoti mašininę išmintį bendram Visatos modelio kūrimui, kuris galėtų atskleisti tikrąją jos prigimtį. Laiko požiūriu visai neseniai, 2015 m., JAV įsteigta dirbtinio intelekto tyrimų ir programinės įrangos kūrėja „OpenAI“. 2022 m. bendrovė sukūrė pokalbių roboto programą, atsakinėjančią į tekstines užklausas, o 2023 m. pristatė naujos kartos natūralios kalbos apdorojimo algoritmą „GPT-4“. „Pokalbių robotai“ pagal paprastas tekstines instrukcijas gali kurti tekstinius pokalbius ar net vaizdus. Dirbtinis intelektas „mintą“ didžiuliais duomenų kiekiais, o

jo naudojamas kvantinis kompiuteris užtikrina precedento neturintį duomenų apdorojimo greitį. Greitai bus sukurtos naujos, tobulesnės dirbtinio intelekto programos, leidžiančios naujai pažvelgti į mus supantį pasaulį. Daugiau gero ar blogo žmonėms atneš naujosios technologijos – dar vienas neatsakytas klausimas, nes turima patirtis rodo, kad kiekvienos technologijos spindesyje slepiasi ir grimasos.

Paulyje sparčiai plintant dirbtinio intelekto technologijoms jau yra galimybė prašyti pokalbių robotų informacijos apie tai, kokie yra žmonėms aktualiausi, dažniausiai diskutuojami klausimai, į kuriuos dar neatsakyta ir nežinia kada bus (arba apskritai bus) atsakyta. Naudojantis atvirų šaltinių informacija, šioje knygoje populiaria mokslo žinių sklaidos forma pateikiama, kas šiandien mokslo jau nustatyta ir į kokius klausimus dar nėra atsakymų. Tarp dažniausiai minimų, žmoniją jaudinančių neatsakytų klausimų pirmiausia reikia paminėti klausimus, kaip atsirado Visata, kas ar kaip lėmė jos egzistavimą, ar Visata nustos egzistavusi, ar ji yra begalinė, kas yra juodosios bedugnės viduje, kiek Visatoje yra matmenų, kaip šie matmenys veikia, kodėl mes egzistuojame, kodėl yra gyvybė, ar yra kitos nežemiškos kilmės gyvybės, ar kitakilmės gyvybės yra protingos, esame Žemės evoliucijos pabaigoje ar tik viduryje? Mokslas dar negali paaiškinti gravitacijos, nes nėra aišku, kaip apskaičiuoti gravitacijos būklę esant didelėms energijoms ar mažiems objektų dydžiams, būnant arti singularumo arba dalelių kvantinės būsenos atveju (kvantinis laukas). Mokslas nustatė, kad visi spontaniškai gamtos reiškiniai yra entropiniai. Laikui bėgant entropija negali mažėti, nes ji visada juda didžiausios termodinaminės pusiausvyros būsenos kryptimi. Yra nuomonių, kad galutinis gyvybės likimas yra visiškas jos išnykimas, numanomas antrajame termodinamikos dėsnyje, kuris teigia, kad entropija visada didėja laike. Taigi, mes, žmonės, Visatoje esame dulkelės, kurios trumpą kosminio laiko akimirką švysteli ir išnyksta. Viena didžiausių Visatos paslapčių yra tamsioji

energija. Manoma, kad tamsioji energija yra vienalytė, nelabai tanki, nėra žinoma jos sąveika per kokias nors kitas jėgas, išskyrus gravitaciją. Tamsiąją medžiagą sudarančios dalelės nesugeria, neatspindi ir neišskiria šviesos, todėl jų negalima aptikti stebint elektromagnetinę spinduliuotę, nes, skirtingai nuo įprastos medžiagos, tamsioji medžiaga nesąveikauja su elektromagnetine jėga. Dauguma mums žinomų reiškinių ar procesų turi pradžią ir pabaigą, o kada prasidėjo laikas ir kada jis baigsis? Ar iš tikrųjų Visatoje gali būti daugiau nei trys erdviniai matmenys? Matmenų Visatoje klausimas yra sudėtingas. „Stygų teorijos“ šalininkai pasisako už 10 dimensijų, kiti teoretikai mano, kad galimų dimensijų kiekis neapibrėžtas. Gyvybės kilmės ir raidos paaiškinimo šiuo metu taip pat nėra. Jokia paprasta apibrėžtis ar savybė nesiskiria gyvo nuo negyvo. Nėra žinomų priežastinių prielaidų gyvybei sukurti, taigi ir būdų, kaip iš negyvybės padaryti gyvybę. Apytiksliai žinome, kada atsirado pirmoji gyvybė, bet kaip ji atsirado, lieka paslaptimi. Nežemiška gyvybė – tai gyvybė, kuri nėra kilusi iš Žemės planetos, jos egzistavimas yra hipotetinis, nes kol kas nerasta jokių visuotinai pripažintų įrodymų. Kol kas dar neaišku, kaip evoliuciniai procesai formuoja paveldimumo pasiskirstymą genome, kur gali nuvesti žmogaus kišimasis į genomo sritį, kaip žmonės atrodys tolimoje ateityje. Nors mokslininkai intensyviai tyrinėjo gyvybę Žemėje, vienareikšmiškai apibrėžti ją ir gyvenimo prasmę vis dar yra iššūkis. Taip pat nėra bendro apibrėžimo ar vienos teorijos, kurie paaiškintų, kas yra sąmonė. Sąmonės išaiškinimas turbūt yra vienas iš sunkiausių mokslo sprendžiamų klausimų per visą žmonijos istoriją. Kaip ir atmintis – sudėtingas smegenų procesas, susijęs su informacijos saugojimu ir vėlesniu jos gavimu. Dar daug yra neįmintų atminties paslapčių, mes net nežinome, kaip iš tikrųjų ji veikia. Mokslininkai iki šiol nežino, kas yra kūrybiškumas ir kodėl tik pavieniai žmonės tampa genijais. Psichikos sutrikimai (arba psichikos ligos) turi įtakos žmogaus mąstymui, jausmams,

nuotaikai ir elgesiui. Visgi nėra vienareikšmių atsakymų, kaip sąmoningos mintys, jausmai ir su jais susiję psichikos susirgimai gali atsirasti iš pilkosios masės, vadinamos smegenimis, kuriose vyksta vien elektrocheminiai procesai. Klausimai apie gyvūnų sąmonę yra ir moksliniai, ir filosofiniai. Dauguma gyvūnų yra sąmoningi, tačiau jie bendrauja vieni su kitais garsais ir judesiais. Kuo skiriasi gyvūnų ir žmogaus sąmonė – taip pat neatsakytas klausimas.

Vienų, ypač su gyvybės raida susijusių, klausimų atsakymai labai svarbūs gydant įvairias ligas ar siekiant išgyventi, kiti, pvz., Visatos raidos, klausimai yra daugiau proto „mankšta“, nes šios sistemos raidos trukmė ir nuotoliai neprilygsta gyvosios gamtos egzistavimo masteliams.

Neatsakytų klausimų sąrašą galima papildyti ir klausimu, kodėl žmonėms patinka pramanų pasaulis. Daugybės romanų, kino filmų, spektaklių plėtojami siužetai, intrigos, pokalbiai yra tik meistriškai pateikti pramanai. Dar nebuvo rašto, o pasakos, išgalvotos istorijos keliavo iš lūpų į lūpas. Tai tarsi „lengvieji narkotikai“, kuriais naudojasi daugybė žmonių. Knygos, kuriose aprašomi mokslu pagrįsti įvykiai, yra mažiau įtraukios ir paklausios. Kuriant naujas, pramanytas, tačiau įtaigias istorijas akivaizdžiai prisidės ir dirbtinis intelektas. Žvelgdami į žmonijos ir technologijų raidos trajektoriją matome, kad technologinė pažanga vis spartėja, todėl sunku prognozuoti žmonijos technologinę būklę ateinančiame amžiuje ar dar kitais tūkstantmečiais. Viena aišku, nors technologinė pažanga spartėja, žmonijos prigimtis nesikeičia tūkstančius metų, todėl galime teigti, kad ji nepakis ir ateityje, o didelius technologinius pokyčius jau dabar galima numatyti.

Skaitytojui gali kilti mintis, tai apie ką galima rašyti, jei pačiu knygos pavadinimu teigiama, kad atsakymų į keliamus klausimus mokslas dar neturi. Taip, galutinių atsakymų kol kas nėra, tačiau daugeliui gali būti smalsu, ką mokslas jau žino, kokios yra naujos tyrimų

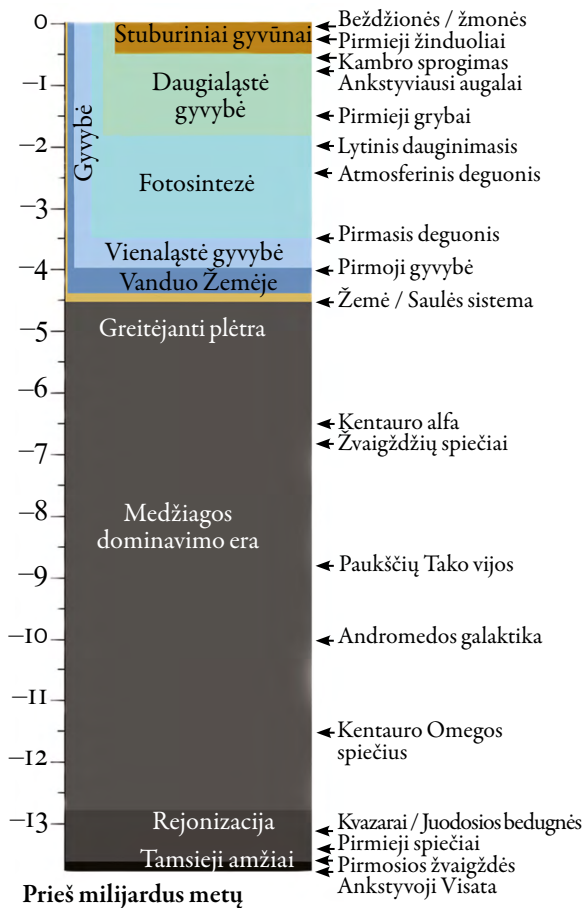
priemonės, kokiomis kryptimis ieškoma atsakymų į „neatsakytus“ klausimus ir ko dar tikrai nežinome, o gal ir niekada nesužinosime. Skaitytoją taip pat reikėtų įspėti, kad knygoje pateikta informacija nėra vadovėlinė ar neginčytinos mokslinės išvados, tai tik populiariųjų mokslo žinių sklaida, XXI a. 3-iojo dešimtmečio teorijų ir hipotezių įžvalgos. Kai yra neatsakytų klausimų, žinių erdvę užpildo hipotezės, teorijos ar net įvairios spėlionės. Po kelių dešimtmečių šiandien neatsakyti klausimai bus neaktualūs, nes naujos technologijos, prietaisai ar įrenginiai padeda mokslui sparčiai judėti į priekį ir atskleisti naujus pažinimo horizontus.

Didysis sprogimas ir kas buvo prieš jį

Didysis sprogimas – ši sąvoka nusako mūsų Visatos atsiradimo momentą. Manoma, kad Didysis sprogimas buvo Visatos raidos įvykis, atsiradęs iš singuliarumo – begalinio tankio ir gravitacijos taško, prasidėjęs prieš 13,8 mlrd. metų. Kas sukėlė šį sprogimą, vis dar yra paslaptis. Dalies mokslininkų požiūriu, iki šio įvykio erdvė ir laikas neegzistavo. Jų nuomone, prieš Didįjį sprogimą nebuvo nei erdvės, nei laiko, todėl beprasmiška klausti, kas sukėlė Didįjį sprogimą, nes nebuvo Visatos, kurioje ta priežastis galėjo egzistuoti. Taigi remiantis standartiniu kosmologijos Didžiojo sprogimo modeliu, laikas prasidėjo kartu su Visatos singuliarumu maždaug prieš 14 mlrd. metų.

Kol kas mūsų Visatos atsiradimo chronologiją geriausiai nusako Didžiojo sprogimo teorija, pateikianti tolesnių įvykių raidą. Iš šiandien turimų tyrimų galima daryti prielaidą, jog Visatos, pradėjusios formuotis prieš $13,73 \pm 0,12$ mlrd. metų, plotis dabar siekia mažiausiai 93 mlrd. šviesmečių.

Apie didelės energijos dalelių labai karštą ankstyvąją Visatą šiuo metu mažai žinoma, o dauguma šios epochos ypatybių ir detalių paremta tik hipotezėmis ar moksliniais spėjimais. Manoma, kad po ankstyvojo Visatos periodo susiformavo pirmieji elektronai, protonai ir neutronai, o vėliau ir atomai. Susiformavus neutraliam



1 pav. Visatos raidos chronologija.

vandeniliui, pradėjo skliti kosminė mikrobanginio fono spinduliuo-
tė. Vėliau medžiaga jungėsi į pirmąsias žvaigždes, o iš jų formavosi
kvazarai, galaktikos, galaktikų spiečiai ir superspiečiai. Hipotezės
apie labai ankstyvą Visatą laikomos spekuliatyviomis, kadangi šiuo
metu nėra pakankamų priemonių šiam periodui atskleisti (1 pav.).

1952 m. laiką prieš Didįjį sproginimą pasiūlyta vadinti Augustino era pagerbiant filosofą ir teologą šv. Augustiną (IV m. e. a.), kuris tikėjo, kad laikas buvo Dievo sukurtos Visatos savybė, o iki Visatos sukūrimo jo nebuvo. Šiuo terminu norėta pasakyti, jog žinomi fizikos dėsniai žlunga begalinio tankio gravitaciniame singuliarume ties nuliniu Didžiojo sproginimo momentu. Pagal Alberto Einsteino bendrąją reliatyvumo teoriją, iki to momento nebuvo jokio laiko. Dabar fizikai mano, jog bendrasis reliatyvumas yra nesuderinamas su kvantine mechanika Planko skalėje, taigi negalima pasitikėti ir bendrojo reliatyvumo prognozėmis prieš Planko erą, kai energijos ir temperatūros dydžiai buvo milžiniški. Planko era – tai laikas 10^{-43} sekundės po Didžiojo sproginimo. Manoma, kad tuo metu susiformavo keturios fundamentalios sąveikos: *elektromagnetinė, silpnoji, stiprioji ir gravitacinė*. Apie šį periodą žinoma labai mažai, o įvairios teorijos siūlo skirtingus scenarijus. Informaciją apie laiką prieš Planko erą galėtų atskleisti nauja kvantinės gravitacijos teorija. Fizikai tikisi, jog siūlomos kvantinės gravitacijos teorijos (*stygų teorija, ciklinė kvantinė gravitacija*) padės geriau suprasti šią epochą.

Laikas tarp 10^{-43} – 10^{-36} sekundės po Didžiojo sproginimo vadinamas *Didžiojo suvienijimo epocha*. Visata nuo Planko eros pradžios plečiasi ir vėsta, o gravitacija atsiskiria nuo elektromagnetinės, silpnosios ir stipriosios sąveikų. Galiausiai Didysis suvienijimas suyra nuo elektrosilpnosios sąveikos atsiskyrus stipriajai. *Elektrosilpnosji epocha* prasidėjo tarp 10^{-36} ir 10^{-12} sekundės po Didžiojo sproginimo, kai Visatos temperatūra nukrito iki 10^{28} K. To pakako, kad stiprioji sąveika atsiskirtų nuo elektrosilpnosios. Šis perėjimas sukėlė eksponentinį plėtimąsi, vadinamą *kosminiu išsipūtimu*. Procesui pasibaigus susidarė dideli kiekiai egzotiškų dalelių, pvz., W ir Z silpnosios sąveikos bei Higso bozonų. W (vektoriniai silpnosios sąveikos nešikliai) ir Z (nekeičiantys nei elektrinio, nei jokio kito krūvio ir atsakingi tik už sukinio ir judesio kiekio pokyčius) bozonai atrasti 1983 m.,

gliuonas (hipotetinė neutrali dalelė, lemianti kvarkų stipriąją sąveiką) – 1978 m., o Higgs bozonas (masyvi skaliarinė elementarioji dalelė, neturinti sukinio ir krūvio) – 2012 metais. 10^{-36} – 10^{-32} sekundės laiko intervale po Didžiojo sprogoimo tęsėsi kosminis išsipūtimas, kurio metu Visata suplokštėjo ir pasiekė homogeninio (vienalyčio) ir izotropinio plėtimosi tarpsnį. Dalis fotonų tapo virtualiais kvarkais ir hiperonais, tačiau šios dalelės buvo trumpaamžės ir greitai skilo. Vėlesnės *pašildymo epochos* metu eksponentinis plėtimas, atsiradęs per išsipūtimą, nutrūksta ir *infliatonų lauko* potencinė energija perėina į karštą reliatyvistinę dalelių plazmą. Kosminiam išsipūtimui pasibaigus, Visata užsipildo *kvarkų-gliuonų* plazma. Šiame periode Visatoje vyrauja spinduliavimas, formuojasi kvarkai, elektronai ir neutronai. Tam tikru metu po išsipūtimo susidariusios sąlygos paskatino asimetriją tarp *barionų* ir *antibarionų*. Kol kas nėra jokio fizikinio paaiškinimo, kodėl Visatoje barionų (įprastos materijos) yra gerokai daugiau nei jų antidalelių – antibarionų. Laiko tarpsnyje tarp 10^{-12} ir 10^{-6} sekundės po Didžiojo sprogoimo prasideda *kvarkų epocha*. Visos dalelės per Higgs mechanizmą įgyja masę. Fundamentaliosios sąveikos – elektromagnetinė, silpnoji, stiprioji ir gravitacija – nebėra pradinės formos, tačiau Visatos temperatūra yra pakankamai aukšta, kad kvarkai susijungtų ir suformuotų hadronus. Laiko tarpsnyje tarp 10^{-6} ir 1 sekundės po Didžiojo sprogoimo prasideda *hadronų epocha*. Visatą sudaranti kvarkų-gliuonų plazma vėsta, formuojasi hadronai, įskaitant barionus (protonus ir neutronus). Apytiksliai praėjus 1 sekundei po Didžiojo sprogoimo, atsiskiria ir laisvai erdve keliauja neutrinai. Toks neutrinių spinduliavimas vadinamas *kosminiu neutrinių fonu*, tačiau apie jo egzistavimą galima spėti tik iš netiesioginių įrodymų. Tiesiogiai šis spinduliavimas sunkiai užfiksuojamas, nes žemos energijos neutrinai silpnai sąveikauja su medžiaga. Laiko tarpsnyje tarp 1 sekundės 3 minučių po Didžiojo sprogoimo prasideda *leptonų epocha*. Hadronų epochos

pabaigoje hadronai ir antihadronai anihiliuoja (išnyksta), Visatoje dominuoja likę leptonai ir jų antidalelės. Anihiliacija – tai elementariosios dalelės ir jos antidalelės susidūrimas, paverčiantis jas atitinkamo fizikinio lauko kvantais (kitos formos materija). Apytiksliai po 3 sekundžių nuo Didžiojo sprogo temperatūra nukrinta iki ribos, kada naujos leptonų ir antileptonų poros nebesusidaro ir dauguma antileptonų eliminuojami anihiliacijos reakcijų metu, o Visatoje lieka tik nedidelis kiekis leptonų. Leptonų epochos pabaigoje pagal energijos pasiskirstymą Visatoje dominuoja fotonai, kurie ateinančius 300 000 metų dar pakankamai dažnai sąveikauja su protonais, elektronais, o netrukus ir su atomų branduoliais. Tarp 3 ir 20 minučių po Didžiojo sprogo prasideda *branduolių sintezė*, nes Visatos temperatūra nukrinta iki lygmens, kuriame gali formuotis atomų branduoliai. Protonai ir neutronai jungiasi į branduolius branduolių sąlajos metu. Šis branduolių formavimasis tęsiasi tik maždaug 17 minučių, nes Visatos temperatūra ir tankis nukrinta iki ribos, kai branduolių sąlaja vykti nebegali. Šiuo momentu Visatoje vandenilio (masės atžvilgiu) yra apie tris kartus daugiau nei ^4He izotopo, o kitų elementų – tik nedideli kiekiai. Besiplečiant Visatai, plazma palaipsniui toliau aušta. Maždaug po 400 000 metų, temperatūrai nukritus iki 3000 K, elektronai pradėjo jungtis su vandenilio ir helio branduoliais ir susidarė atomai. Šis procesas vadinamas rekombinacija, o Visatos vystymosi laikotarpis – *rekombinacijos epocha*. Kai beveik neliko laisvų elektronų, spinduliavimas laisvai plito faktiškai nesąveikaudamas su medžiaga. Astronomai šį reiškinį vadina spinduliavimo atsiskyrimu nuo medžiagos. Nuo tada iki šių laikų dėl Visatos plėtimosi reliktinio spinduliavimo temperatūra nukrito 1 100 kartų ir pasiekė dabartinę 2,725 K vertę.

Struktūrų formavimasis po Didžiojo sprogo tęsėsi pagal hierarchiją: pirma susiformavo mažos struktūros, o vėliau ir didelės. Manoma, jog iš pradžių susiformavo ryškūs kvazarai (galaktikų

branduoliai) ir III populiacijos žvaigždės. Mūsų ir kitų galaktikų jauniausios didžiausios sunkiųjų elementų gausa pasižymi – I populiacijos. Ankstyvesnės kartos žvaigždės su mažesne sunkiųjų elementų gausa – II populiacijos, o pačios ankstyviausios, kol kas neatrastos, – III populiacijos. Tarp 150 ir 800 mln. metų po Didžiojo sprogo vyko *rejonizacija*. Iš gravitacinio kolapso susiformavo pirmieji kvazarai, kurių intensyvus spinduliavimas rejonizuoja Visatą, todėl šiuo laikotarpiu didesnę Visatos dalį sudarė plazma. Rejonizacijos epocha truko apie 450 mln. metų. Jos metu buvo jonizuojami neutralūs vandenilio atomai, dėl kurių tarpžvaigždinė erdvė nepraleido ultravioletinės spinduliuotės. Apie 420 mln. metų po Didžiojo sprogo iš lengvųjų elementų (vandenilio, helio ir ličio) tikriausiai formavosi III populiacijos (turinčios itin mažai metalų ir tik branduolyje) žvaigždės. Kaip bebūtų, iki šiol neaptikta III populiacijos žvaigždžių, todėl jų formavimasis išlieka paslaptimi. Kai Visatai buvo 500 mln. metų, didelių masių sandūros formavo galaktikas. Šio proceso pradžioje susidarė II populiacijos žvaigždės, o vėliau – I populiacijos. Gravitacija traukia galaktikas viena prie kitos, todėl formuojasi grupės, spiečiai ir superspiečiai. Tarp 8 ir 9 mlrd. metų po Didžiojo sprogo formavosi Saulės sistema. Iš ankstesnių žvaigždžių liekanų Saulė susiformavo maždaug prieš 4,6 mlrd. metų, arba tarp 8–9 mlrd. metų po Didžiojo sprogo.

Taigi pirmas klausimas – koks yra Visatos amžius? Daugelį metų astronomai ir fizikai mūsų Visatos amžių, tai yra laiką, praėjusį nuo Didžiojo sprogo, skaičiavo tirdami seniausias žvaigždes pagal šviesos, sklindančios iš tolimų galaktikų, raudonąjį poslinkį. Ilgą laiką manyta, kad Visatai yra 13,8 mlrd. metų. Visgi daugeliui mokslininkų tai kėlė abejonių, nes kai kurios ankstyvosios žvaigždės buvo per gerai suformuotos, kad atitiktų tą laiko trukmę. Naujas 2023 m. Otavos universiteto Fizikos katedros tyrimas rodo, kad Visatos amžius gali

būti beveik dvigubai ilgesnis, nei anksčiau tikėta. Šis tyrimas meta iššūkį dominuojančiam kosmologiniam modeliui ir naujai nušviečia vadinamąją „neįmanomą ankstyvosios galaktikos problemą“. Naujas modelis prailgina galaktikos formavimosi laiką milijardais metų, todėl pagal jį Visatai yra 26,7 mlrd. metų, o ne 13,8, kaip buvo tvirtinama anksčiau. Vis dėlto ekspertai įspėja būti atsargiems, nes įvardyti Visatos amžių, neturint ypatingų įrodymų, yra sunku. Medžių rievės gali atskleisti vidutinio klimato sąlygomis augusių medžių amžių, radioizotopų analizė padeda gana tiksliai nustatyti, kokio senumo yra fosilijos ar uolienos Žemėje, tačiau Visatos amžiaus nustatymas yra visiškai kitas dalykas.

2021 m. paleisto Jameso Webbo kosminio teleskopo informacija suglumino daugelį mokslininkų, nes tokia žvaigždė kaip Metusela (pavadinta pagal seniausio Žemėje medžio rūšį) yra senesnė už apskaičiuotą Visatos amžių. Metuselos žvaigždė yra tikrai sena ir paprastai laikoma viena seniausių žinomų žvaigždžių. 2013 m. paskelbtame dokumente rašoma, kad jos amžius yra 14,45 mlrd. metų, o neapibrėžtis – $\pm 0,8$ mlrd. metų. Dėl savo amžiaus ji turėtų būti senesnė už pačią Visatą, todėl jos amžius yra dar viena neatsakyta paslaptis.

Dabartiniai Visatos amžiaus įverčiai yra pagrįsti *kosminės mikrobangų foninės spinduliuotės* (CMB – *cosmic microwave background radiation*) stebėjimais ir Visatos plėtimosi pagal Hablo dėsnį matavimais. Žvelgiant pro standartinį optinį teleskopą, erdvė tarp žvaigždžių ir galaktikų yra beveik visiškai tamsi. Tačiau pakankamai jautrus radijo teleskopas aptinka silpną foninį švytėjimą, kuris yra beveik vienodas ir nesusijęs su jokia žvaigžde, galaktika ar kitu objektu. Šis švytėjimas stipriausias radijo spektro mikrobangų srityje. Kosminis mikrobangų fonas (CMB) yra pirmosios šviesos, galėjusios laisvai sklirti Visatoje, likutis. Ši „iškastinė“ spinduliuotė, kurią toliausiai gali matyti bet kuris teleskopas, atsirado netrukus

po Didžiojo sprogi- mo aidu. Mokslininkai tai laiko Didžiojo sprogi- mo aidu. Laikui bėgant, ši pirmąkartė šviesa gerokai susilpnėjo, todėl dabar ją aptinkame tik mikrobangų srityje. Spinduliuotė atsitiktinai buvo atrasta 1965 m., kai radijo astronomai užregistra- vo signalą, kurio negalima priskirti jokiame tiksliai šaltiniui. Jis sklido iš visur vienodai intensyviai vasarą ar žiemą, dieną ar naktį. Astronomai padarė išvadą, kad signalai ateina iš mūsų galaktikos paribių ir yra atsiradę beveik Visatos raidos pradžioje. Šiandien Didžiojo sprogi- mo teorija vis dar yra vienintelis modelis, galintis įtikinamai paaiškinti kosminio mikrobangų fono spinduliuotės egzistavimą. Pagal šį modelį, Visata prasidėjo nuo labai tankios ir karštos fazės, kuri plėtėsi ir savaime vėso. Kelis šimtus tūkstančių metų temperatūra buvo tokia aukšta, kad negalėjo susidaryti neu- tralus atomai, o medžiagą sudarė daugiausia neutronai ir įkrautos dalelės (protonai ir elektronai). Elektronai glaudžiai sąveikavo su šviesos fotonais, todėl šviesa ir medžiaga tuo metu buvo glaudžiai susiję. Šviesa negalėjo nukeliauti ilgo atstumo tiesia linija ir Visata buvo nepermatoma. Maždaug po 300 000 metų Visata atvėso iki temperatūros (apie 3 000 K), kurioje galėjo susidaryti vandenilio atomai. Tada medžiaga tapo skaidri ir šviesa galėjo keliauti laisvai. Tos „pirmosios šviesos“ reliktas ir yra kosminio mikrobangų fono spinduliuotė. Ji prasiskverbia pro Visatą ir yra anksčiausia kosmose atsiradusi spinduliuotė. Nuo to laiko fotonų spalvinė temperatūra mažėjo (dabar ji $2,7260 \pm 0,0013$ K) ir toliau mažės, nes Visata ple- čiasi. Kosminės mikrobangų foninės spinduliuotės temperatūros svyravimų analizė padeda kosmologams nustatyti Visatos amžių, o Hablo dėsnis susieja galaktikų tarpusavio atstumus ir judėjimo greičius bei padeda nustatyti Visatos plėtimosi greitį, dar vadinamą Hablo konstanta. Ekstrapoliuodami šią plėtrą atbuline kryptimi mokslininkai gali įvertinti Didžiojo sprogi- mo laiką. Dabartinis kosminio mikrobangų fono spinduliuotės energijos tankis yra apie

411 fotonų/cm³. Žmogaus akys nemato šių mikrobangų (kaip ir rentgeno ar infraraudonųjų spindulių), tačiau naudojant specialius detektorius šią tolimiausią ir seniausią šviesą gali aptikti bet kuris teleskopas. Neįmanoma matyti toliau už kosminio mikrobangų fono spinduliuotės sklidimo pradžios momentą, nes prieš jį Visata buvo visiškai „nepermatoma“. Darant prielaidą, kad Visata ir toliau plėsis, kosminis mikrobangų fonas ir toliau didins „raudonąjį poslinkį“, kol galų gale spinduliuotės nebebus galima aptikti, o ją pakeis įvairių procesų (protonų ir pozitronų skilimo, juodųjų skylių garavimo ir kt.) foniniai spinduliuotės laukai. Kosminio mikrobangų fono spinduliuotė nukelia astronomus arčiau Didžiojo sprogo ištakų ir šiuo metu yra vienas iš perspektyviausių būdų suprasti Visatos, kurioje gyvename, gimimą ir evoliuciją.

Pagal naująją Visatos raidos modelį, Visatos amžius nustatomas remiantis *pavargusios šviesos teorija*. Ši 1929 m. pasiūlyta teorija paaiškina atskriejusių iš tolimų galaktikų fotonų raudonąjį poslinkį. Dabartinėje kosmologijoje raudonasis poslinkis yra fotonų „ištempimas“, atsirandantis Visatai plečiantis (panašų efektą patiriame, kai greitosios pagalbos automobilio sirenos garsas silpsta jam tolsant). Pavargusios šviesos teorija teigia, kad fotonai, keliaudami kosminius atstumus, palaipsniui praranda energiją. Toks tvirtinimas kol kas prieštarauja stebėjimams, tačiau leidus šiai teorijai egzistuoti kartu su besiplečiančia Visata, raudonąjį poslinkį galima naujai interpretuoti kaip hibridinį reiškinių, o ne vien kaip Visatos plėtimosi pasekmę. Galaktikų egzistavimas per pirmuosius kelis milijonus Visatos metų kartais vadinamas „neįmanoma ankstyvųjų galaktikų problema“, todėl kai kurie mokslininkai daro išvadą, kad Visata iš tikrųjų gali būti beveik 28 mlrd. metų senumo, nors tokius Visatos amžiaus skaičiavimus ginčija fizika ir nepatvirtina jokie stebėjimai. Visgi stebėjimai pažangiausiais teleskopais (pvz., J. Webbo kosminiu teleskopu) atskleidė jau subrendusias

galaktikas tuo metu, kai Visata buvo palyginti jauna. Jų egzistavimas meta iššūkį mūsų dabartiniam supratimui apie tai, kaip galaktikos formuojasi ir vystosi kosminėje laiko skalėje. Dabartinis supratimas apie Visatą rodo, kad galaktikoms vystytis reikia laiko, nes jos kaupia žvaigždes ir įvairiais procesais kuria naujas struktūras, todėl gali būti, kad mes dar nevisiškai suprantame galaktikų evoliuciją ankstyvojoje Visatoje. Nuo 2022 m. J. Webbo kosminis teleskopas siunčia mokslininkams didelės raiškos Visatos vaizdus (2 pav.), kurie suteikia tyrinėtojams naujų žinių apie tolimas galaktikas, žvaigždžių gimimą ir jų evoliucijos pabaigą, atskleidžia Visatos grožį ir didybę.

Nuotraukoje (3 pav.) matomas planetinis ūkas NGC 3132, esantis maždaug 2 500 šviesmečių nuo Žemės. Švytintis debesis, dujos ir dulės yra tai, kas liko iš Saulės tipo žvaigždės jos gyvavimo pabaigoje. Žvaigždės likučiai matomi ne debesies centre, bet kairėje pusėje ties rausvos ir melsvos sričių riba.

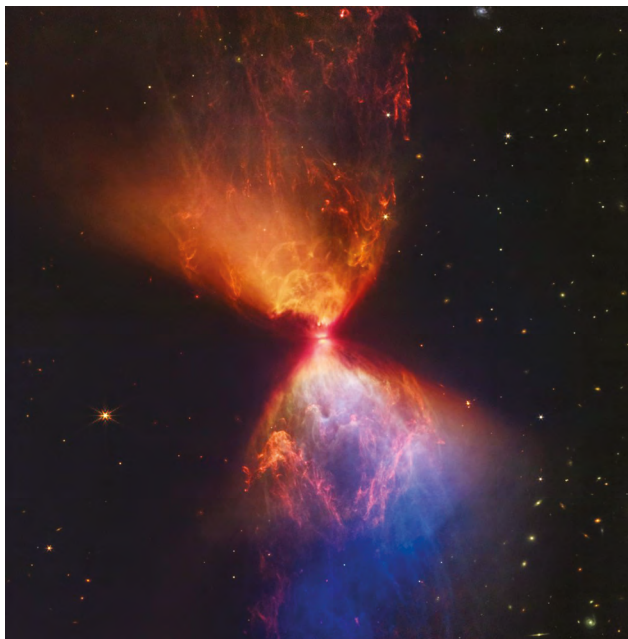


2 pav. „Kūrinių stulpai“ Erelio ūke, kuriuose formuojasi žvaigždės. Hablo kosminio teleskopo nuotrauka.



3 pav. Žvaigždės mirtis. J. Webbo kosminio teleskopo nuotrauka (2022).

Protožvaigždės yra labai jaunos žvaigždės, kurios dar tik renka medžiagą iš savo pradinio molekulinio debesies (4 pav.). Tai ankstyviausias žvaigždžių evoliucijos etapas. Mažos masės žvaigždės (pavyzdžiui, Saulės) augimas tęsiasi apie 500 000 metų. Tauro tarpžvaigždinis molekulinis debesis yra Tauro ir Aurigos žvaigždynuose. Šis debesis yra tarsi „žvaigždžių darželis“, kuriame yra šimtai naujai susiformavusių žvaigždžių. Tauro molekulinis debesis yra tik 430 šviesmečių atstumu nuo Žemės, todėl tai tikriausiai yra artimiausia didelių žvaigždžių formavimosi sritis. Šie liepsnojančys debesis Tauro žvaigždžių formavimosi regione matomi tik infraraudonojoje šviesoje. Protožvaigždė L1527 yra palyginti jaunas ankstyviausio žvaigždžių formavimosi etapo darinys, jam tik apie 100 000 metų. Tokios protožvaigždės vis dar yra tamsiame dulkių ir dujų debesyje, ir praeis daug laiko, kol jos taps visavertėmis žvaigždėmis. Nuotraukoje matomas milžiniškas dujų ir dulkių debesis, kuris veikiamas gravitacijos pamažu traukiasi, o didėjant spaudimui jame formuojasi protožvaigždė. Žvaigždės užuomazga yra ties kosminio „smėlio laikrodžio juosmeniu“. Šiame medžiagos



4 pav. Protožvaigždė.

traukos centre įsiziėbs sūlajos reakcija, rodanti ųvaigųdės gyvavimo pradųiā. L1527 per vandenilio branduolių sūlajā, kuri yra esminė ųvaigųdųių savybė, savo energijos kol kas negamina. Jos masė sudaro 20–40 % mūsų Saulės masės, todėl šis protoųvaigųdės vaizdas yra „langas“ į tai, kaip mūsų Saulė ir jos sistema atrodė kūdikystėje.

Ekspertai netiki, kad Visatos amųių pailginanti teorija pakeis paradigmā kosmologijoje, nes dabartinis Didųiojo sprogo ir Visatos plėtimosi modelis yra paremtas daugybe stebėjimų, paaiškinančių įvairius kosmologinius reiškinius. Nors naujoji teorija sulaukė daug dėmesio ųiniasklaidoje, standartiniame kosmologijos modelyje naudojami daugelio šaltinių (supernovų duomenų analizės, galaktikų pasiskirstymo, Visatos plėtimosi) matavimai, o naujojoje teorijoje atsiųvelgiama tik į supernovų stebėjimų duomenis.

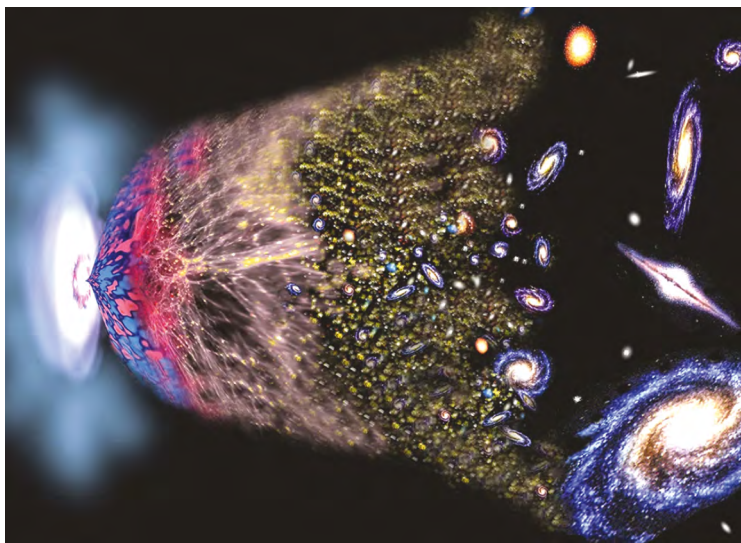
Anksčiau minėta *pavargusios šviesos teorija* teigia, kad šviesos raudonasis poslinkis iš tolimų galaktikų atsiranda dėl laipsniškai prarandamos fotonų energijos dideliais kosminiais atstumais. Tačiau tai prieštarauja naujausiems stebėjimams. Kai kurie mokslininkai mano, kad raudonąjį poslinkį įmanoma iš naujo interpretuoti kaip hibridinį reiškinį, o ne vien Visatos plėtimosi veiksnį. Ankstyvųjų galaktikų stebėjimas J. Webbo teleskopu, esant dideliame raudonajam poslinkiui, gali būti pratęstas nuo kelių šimtų milijonų iki kelių milijardų metų. Tai geriau paaiškina senųjų galaktikų išsivystymo lygį ir masę. Teigiama, kad būtina peržiūrėti tradicinį „kosmologinės konstantos“, kuri yra tamsioji energija, atsakinga už spartėjantį Visatos plėtimąsi, aiškinimą (Yazgin, 2023). Samprotavimų yra daug ir įvairių, visgi kol kas Visatos amžiaus pailginimui pritaria ne visi mokslininkai.

Mes nežinome, ar erdvė ir laikas yra beribiai. Žinome, kad *stebima Visata* – dalis, kurią galime aiškiai matyti ir išmatuoti, atsirado maždaug prieš 13,8 mlrd. metų (ar 26,7 mlrd. m.) nuo Didžiojo sprogo. Taigi Visatos amžius yra ribotas, bent jau nuo Didžiojo sprogo. Kol kas Visata plėsdamasi vis didėja. Manoma, kad mūsų matoma Visata kada nors baigsis. Didžiausios žvaigždės mirs ir užleis vietą neutroninėms žvaigždėms ir juodosioms bedugnėms. Juodoji bedugnė, arba juodoji skylė, – kosminis darinys, kurio paviršiuje, vadinamajame įvykių horizonte, traukos jėga stipresnė už kritinę reikšmę, todėl šviesa negali palikti objekto paviršiaus ir išsiveržti į erdvę. Žvaigždės, tarp jų ir mūsų Saulė, kada nors taps baltosiomis nykštukėmis. Raudonosios nykštukės praras gebėjimą tęsti sintezę ir pavirs juodosiomis nykštukėmis – nespinduliuojančiais žvaigždžių objektais, kurių dar nėra mūsų palyginti jaunoje Visatoje. Kaip šiuolaikinis mokslas įsivaizduoja Visatos raidos chronologiją, išsamiau pateikta 1 priede.

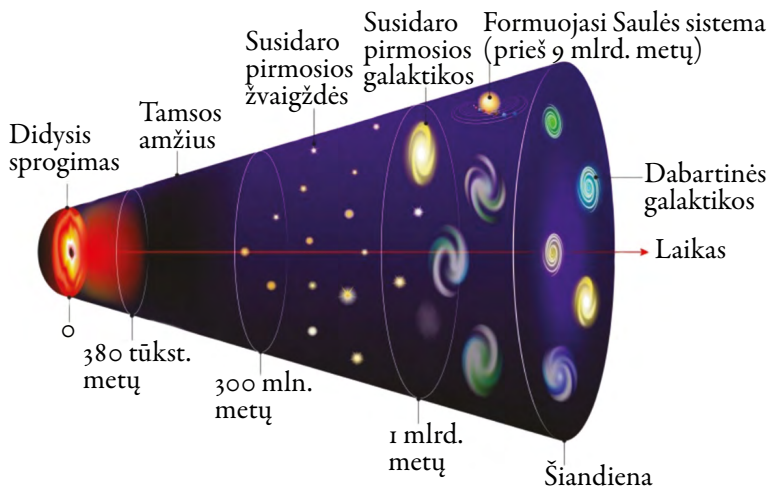
Nors dauguma astronomų naudojami Didžiojo sprogo teorija, kad paaiškintų, kaip atsirado mūsų Visata, tačiau kas sukėlė šį

sprogimą, vis dar yra paslaptis. Jų nuomone, Didysis sproginimas buvo akimirka, kai atsirado erdvė ir laikas, nes prieš Didįjį sproginimą jų nebuvo. Taigi iš tikrųjų beprasmiška klausti, kas sukėlė Didįjį sproginimą – nebuvo Visatos, kurioje ta priežastis galėjo egzistuoti. Didysis sproginimas yra plačiausiai pripažinta hipotezė. Visata prasidėjo kaip vienas taškas, tada išsiplėtė, išaugo iki dabartinio dydžio ir jos plėtra tebesitęsia (5–6 pav.).

Daug diskusijų kelia Visatoje egzistuojančių matmenų kiekis. Mus supantis pasaulis turi tris erdvės matmenis – ilgį, plotį ir gylį – ir vieną laiko matmenį. Tačiau yra nuomonių, kad egzistuoja daugiau dimensijų. Pagal *stygų teoriją* (vieną iš pirmaujančių fizikos modelių per pastarąjį pusšimtį metų), Visatoje yra 10 dimensijų. Apie galimų „paslėptų“ matmenų egzistenciją plačiau diskutuojama skyriuje „Ar Visatoje, be trijų erdvinių matmenų ir laiko, yra kitų paslėptų matmenų“.



5 pav. Didysis sproginimas (Dreifus, 2014).



6 pav. Žvaigždžių, galaktikų ir Visatos raida po Didžiojo sprogo laiko skalėje.

Mokslininkams smalsu, kas yra už mūsų Visatos ribų. Dabar teigiama, kad tiek erdvė, tiek laikas buvo sukurti per Didįjį sproginą, todėl anapus Visatos nieko nėra. Čia reikia atkreipti dėmesį, kad didelė Visatos dalis egzistuoja už mūsų stebimos Visatos, kurios skersmuo yra apie 90 mlrd. šviesmečių, ribų, todėl kas yra ir ar yra už šios ribos, mokslas atsakymo neturi. Taip pat nėra žinių apie multivisatos egzistavimą. Įrodymai, patvirtinantys multivisatos idėją, kol kas yra tik teoriniai, o kai kuriais atvejais ir vien filosofiniai.

Daugelis religingų asmenų, įskaitant daugybę mokslininkų, mano, kad Visatą ir įvairius procesus, skatinančius fizinę ir biologinę evoliuciją bei gyvybę Žemėje, sukūrė Dievas, todėl ieškoti priežasčių yra beprasmiška. Visgi mokslininkų protus jaudina, kas vyko prieš Didįjį sproginą. Pastaruosius kelis dešimtmečius fizikai teigė, kad pradžioje buvo labai tankus, mažytis materijos rutulys. Tam tikru momentu mūsų Visata – žvaigždės ir galaktikos – buvo persiuko dydžio, o temperatūra viršijo kvadrilijoną laipsnių. Jam sprogu

atsirado atomai, molekulės, žvaigždės ir galaktikos, t. y. viskas, ką matome šiandien. Ankstyvajame raidos etape visi mūsų sandaros elementai susiformavo per maždaug keliolika minučių. Ši hipotezė atitinka dabartinius stebėjimus. Stebėdami išlikusią jaunos Visatos elektromagnetinę spinduliuotę, lengviausių elementų gausą, astronomai nustatė, kad jie iš esmės atitinka Didžiojo sproginimo teoriją. Visgi šių žinių nepakanka, kad Didžiojo sproginimo vaizdas būtų aiškus – dėlionei trūksta svarbios detalės, tai yra pačios ankstyviausios, buvusios prieš pat sproginimą, Visatos akimirkos. Pastarųjų metų nauji teoriniai fizikos tyrimai atvėrė dar vieną galimą langą į labai ankstyvą Visatą, parodydami, kad tai galėjo būti tik pasikartojanti sproginimo ir susitraukimo ciklo iteracija, kuri tęsiasi bent kartą, o galbūt amžinai. Žinoma, prieš fizikams nusprendus atsisakyti Didžiojo sproginimo ir naudoti ciklinį sproginimo ir susitraukimo modelį, šios teorinės prognozės turės būti patvirtintos.

Pagrindinis keblumas aiškinant Visatos raidos pradžią yra tas, kad dar gerai nesuvokiame „singularumo“, arba begalinio tankio taško buvimo Didžiojo sproginimo pradžioje, kai Visata vienu metu buvo suspausta labai mažame didelio energijos tankio taške. Akivaizdu, kad esamos teorijos to paaiškinti negali, tad reikia naujos fizikos, kuri galėtų išspręsti šią problemą. Dabar naudojamas įrankių rinkinys nėra pakankamas šiai problemai išspręsti (Sutter, 2022). Mokslininkai mano, kad naujoji fizika turėtų susitelkti į gravitaciją ir kitas jėgas itin didelės energijos poveikio lauke. Būtent tai teigia dabartinė *stygyų teorija* ir manoma, kad ji gali paaiškinti ankstyviausius Visatos raidos momentus. Viena iš pirmųjų *stygyų teorijos* sąvokų yra „ekpirotinė visata“, kilusi iš graikiško žodžio, reiškiančio senovės graikų mitą, kuriame Visata yra įtraukta į amžiną ugnies gimimo, atšalimo ir atgimimo ciklą. Pagal šį scenarijų, Didįjį sproginimą sukėlė kažkas, įvykęs prieš jį. Taigi Didysis sproginimas buvo dalis kažkokių didesnių procesų, todėl įvairios teorijos bando išsiaiškinti, kas vyko prieš

Didįjį sprogingą. Remiantis ekpirotine teorija teigiama, kad Didysis sprogingas iš tikrųjų buvo didelis perėjimas iš ankstesnės susitraukimo epochos į dabartinę plėtimosi epochą. „Ekpirotinė visata“ – tai hipotetinis kosmologinis modelis, pagal kurį Visatoje vyko ciklinis išsiplėtimas ir susitraukimas, kai kiekvienas ciklas prasidėdavo „didžiuliu sprogingu“ ir baigdavosi „didžiuliu traškėjimu“. Pagal šią teoriją, kiekvieno ciklo pabaigoje Visata redukuojama į didelės energijos „ekpirotinę būseną“, nuo kurios prasideda naujas ciklas. Išplėtojus ekpirotinę koncepciją, atsirado ciklinės kosmologijos teorija, kuriai *stygų teorija* suteikė tvirtą matematinę pagrindą. Ciklinė Visata nuolat šoktelėja tarp didelių sprogingų ir didelių susitraukimų, ir tai vyksta galbūt amžinybę (tiek į praeitį, tiek ir į ateitį). Šis „ekpirotinis žibintuvėlis“ mokslininkams buvo uždegtas daugeliui metų. 2020 m. nustatyta, kad „susitraukimo“ akimirka, kai mūsų Visata susitraukia iki neįtikėtina mažo taško ir grįžta į Didžiojo sprogingo būseną, viską galima taip sumodeliuoti, kad būtų gautas stebėjimais patikrintas rezultatas. Kitaip tariant, sudėtinga (ir, žinoma, menkai suprantama) šio raidos periodo fizika iš tiesų galėtų radikaliai peržiūrėti mūsų laiko ir vietos kosmose vaizdą. Tačiau kad šis modelis būtų patikimai išbandytas, turime palaukti naujos kartos kosmologijos eksperimentų.

Visatos atsiradimo hipotezių netrūksta. Pagal vieną iš tokių hipotezių, provisata prieš sprogingą buvo beveik tuščia, pripildyta tik chaotiškai pasklidusios spinduliuotės ir dujų. *Dilatonų lauko* jėgos (pagal stygų teoriją, lauko, lemiančio bendrą visų sąveikų stiprumą) buvo tokios silpnos, kad esančios dalelės beveik nesąveikavo. Laikui bėgant jėgos stiprėjo ir kai kurie regionai iš savo aplinkos kaupė medžiagą. Galiausiai medžiagos tankis šiuose regionuose tapo toks didelis, kad pradėjo formuotis juodosios bedugnės. Juodųjų bedugnių viduje esanti medžiaga buvo atskirta nuo išorės, o provisata buvo suskaidyta į atskiras dalis. Juodojoje bedugnėje erdvė ir laikas

susikeičia vaidmenimis: bedugnės centras yra ne erdvės taškas, o akimirka laike. Kai krentanti medžiaga artėja prie centro, jos tankis didėja. Tankiui, temperatūrai ir kreiviui pasiekus didžiausias stygų teorijos leistinas vertes, šie dydžiai pradeda mažėti. Šis momentas, vadinamas Didžiuoju sprogitu, vėliau buvo pervadintas „didžiuoju atšokimu“. Pagal šią hipotezę, vienos iš tų juodųjų bedugnių vidaus transformacija ir tapo mūsų Visata.

Nepaisant astrofizikos ir astronomijos pažangos, mokslininkai dar nesupranta, kaip mūsų Visatoje gali egzistuoti milžiniškos galaktikos. Pastaraisiais metais naujais teleskopais kosmose atrasta milžiniška žiedo formos struktūra 1,3 mlrd. šviesmečių skersmens. Astronomai ją pavadino Didžiuoju žiedu, nes ji sudaryta iš galaktikų ir galaktikų spiečių. Struktūra yra tokia didelė, kad kelia iššūkį dabartinei sampratai apie Visatą. Pagal kosmologinį principą tokios didelės struktūros neturėtų egzistuoti, nes visa medžiaga Visatoje yra pasklidusi tolygiai. Nors žvaigždės, planetos ir galaktikos, mūsų akimis, yra didžiuliai medžiagos dariniai, Visatos kontekste jie yra nereikšmingi. Didysis žiedas nėra pirmasis kosmologinio principo pažeidimas – tai septintoji Visatoje aptikta didelė struktūra, kuri prieštarauja nuostatai, kad kosmosas didžiausiais masteliais yra tolygus. Milžinišką lanką primenanti galaktikų gija (Slouno didžioji siena) apima 3,3 mlrd. šviesmečių erdvę, o šiaurinė gigantiškųjų žiedų siena (*Hercules-Corona Borealis Great Wall*) užima apie 10 mlrd. šviesmečių. Šios struktūros suteikia pagrindą naujiems apmąstymams, kaip vystėsi Visata. Neatmestina tikimybė, kad šie objektai gali būti susiję ir sudaryti dar didesnę struktūrą. Taigi astronomams kyla klausimas, kaip susikuria tokie dideli dariniai. Galbūt mes matome ankstyvosios Visatos reliktą, kai didelio ir mažo tankio medžiagos bangos yra „užšaldomos“ ekstragalaktinėje terpėje. Nė viena iš šių itin didelių struktūrų nėra lengvai paaiškinama dabartiniu Visatos

raidos modeliui. Toks didžiulis galaktikų žiedas meta iššūkį Visatos raidos teorijai.

Apibendrinant šiuolaikines Didžiojo sprogo teorijas ir modelius, galima išskirti, kas yra žinoma ir kas dar ne:

- Didysis sprogo momentas buvo prieš 13,8 mlrd. (o gal 26,7 mlrd.) metų, kai iš tankaus mažo energijos „kamuolio“ atsirado mūsų Visata. Norėdami paaiškinti Visatos atsiradimą ir raidą dauguma astronomų šiandien naudoja Didžiojo sprogo teoriją.
- Mokslininkų manymu, mūsų Visata prasidėjo, kai didžiulės koncentracijos energija sprogo neišsivaizduojama jėga ir paskleidė besiplečiančią medžiagos bangą, iš kurios susidarė milijardai mūsų didžiulės Visatos galaktikų. Terminas „infliacija“ astronomijoje, fizikinėje kosmologijoje – hipotetinis reiškinys, kai Visatos pradinėse vystymosi stadijose (10^{-36} – 10^{-32} sekundžių laikotarpiu po Didžiojo sprogo) vyko eksponentinis greitėjantis plėtimasis, kuris vėliau sulėtėjo iki 72 km/s/Mpc greičio. Inflacijos hipotezė paaiškina, kodėl Visata yra tokia homogeniška (beveik vienoda), kodėl erdvė yra euklidinė (plokščia) ir kodėl nėra magnetinių monopolų. Yra nuomonių, kad pirmą kartą visata egzistavo ir prieš Didįjį sprogo, tuo metu ji pamažu traukėsi į Didįjį susitraukimą, o vėliau sprogo ir plėtėsi. Įvairios kvantinės gravitacijos teorijos aprašo, kas vyko Planko epochoje – tam tikrame įprastos erdvės ir laiko kvantiniame pirmtake, bet negali paaiškinti, kaip atsirado tokia būseną.
- Daugelis mokslininkų mano, kad Didysis sprogo greičiau siai pagimdė ne tik medžiagą, bet ir pačią erdvę. Plečiantis erdvei medžiagos tankis mažėjo, o sprogo, galima sakyti, įvyko visur vienu metu. Pasak A. Einsteino, erdvė ir laikas yra skirtingi tos pačios esybės, dabar vadinamos „erdvėlaikiu“,

aspektai, todėl tikėtina, kad jie atsirado vienu metu. Mūsų Visata neegzistavo amžinai. Ji gimė, kai per Didįjį sproginimą išsiveržė medžiaga, energija, erdvė ir laikas. Iš vėstančių sproginimo šiukšlių susidarė galaktikos – žvaigždžių salos, kurių viena iš maždaug dviejų trilijonų yra mūsų Paukščių Takas.

- Suvokti, kad Visata susikūrė iš nieko, gana sunku. Kvantinėje srityje kažkas tikrai gali atsirasti iš nieko. Teoriškai, esant pakankamai stipriems elektros laukams, įkrautos dalelės ir antidalelių atitikmenys gali būti išplėsti iš „tuščios“ erdvės, arba kvantinio vakuumo, ir virsti tikromis. Pagal impulso išsaugejimo dėsnį, iš vieno fotono ar fermiono medžiagos dalelių poros susidaryti negali, tačiau kita dalelė (kitas bozonas ar net fermionas) gali pasidalyti pirminio fotono impulsu. Dėl fizinių ir cheminių pokyčių medžiaga gali keisti formą, tačiau pati medžiaga išlieka. Tai vadinama *masių tvermės dėsniu*.
- *Kosminės infliacijos teorija* teigia, kad prieš Didįjį sproginimą erdvė buvo beveik tuščia, labai šalta ir pilna energijos, kuri sutraukė ją iki pradinės būklės prieš Didįjį sproginimą. Per pirmąsias Didžiojo sproginimo sekundės dalis karštoje ir tankioje Visatoje šurmuliavo atsirandančios ir išnykstančios medžiagos dalelių ir antidalelių poros. Tikėtina, kad fizinis pasaulis prieš pat sproginimą buvo sudarytas iš trumpaamžių elementariųjų dalelių, įskaitant kvarkus (protonų ir neutronų statybinius blokus). Kiekvienai medžiagos dalelei Visatoje turi būti antimedžiagos dalelė. Ir medžiagos, ir „antimedžiagos“ kiekis buvo maždaug vienodas. Susidūrusios medžiaga ir antimedžiaga yra sunaikinamos ir virsta energijos pliūpsniu, tai reiškia, kad šios dalelės buvo nuolat kuriamos ir naikinamos. Dar viena teorija tvirtina, kad prieš pat Didįjį sproginimą erdvė buvo užpildyta nestabilia energijos forma, kurios prigimtis nėra žinoma. Tam tikru momentu ši energija buvo paversta

pagrindinėmis dalelėmis, iš kurių kilo visa dabartinė medžiaga. Kvantinio lauko teorija teigia, kad net vakuumas, tariamai atitinkantis tuščią erdvę, yra pilnas įvairios fizinio aktyvumo energijos. Dėl šių svyravimų gali atsirasti nepastovių dalelių. Galbūt kvantinis vakuumas yra kažkas, o ne „niekas“. Taigi kol nebus „visuotinės teorijos“, negalėsime atsakyti, ar gali kažkas atsirasti iš „nieko“. Tai, ką mes patiriame kaip erdvę ir laiką, yra mikroskopinio lygmens kvantinių procesų produktas, kurie mums, makroskopinio pasaulio būtybėms, nėra labai prasmingi.

Jeigu yra laiko pradžia, tai ar bus jo pabaiga? Pagal kai kurias Didžiojo sprogo teorijas, Visata išsiplečia ir susitraukia (atšoka) tik vieną kartą. Pagal kitas, ji patiria begalinį išsiplėtimą ir susitraukimų (atšokimų) skaičių, tuomet laikas neturi pradžios ir pabaigos. Visi šie scenarijai rodo, kas būtų įmanoma, o ne tikrąją tiesą. Laikomasi nuomonės, kad prieš mūsų Visatą buvo pradinis, kol kas gerai nesuprastas, singuliarumas. Akimirka, einanti po pradinio singuliarumo, yra Planko epochos, arba ankstyviausio Visatos laikotarpio, dalis. Daugiausia, ką galima drąsiai pasakyti šiame etape, yra tai, kad tas „niekas“ prieš sprogdamas buvo kažkuo, ko dar nežinome ar negalime suprasti. Fizika iki šiol nepatvirtino atvejo, kad kažkas atsirastų iš nieko, todėl įvairių teorijų ar samprotavimų laukas išlieka labai platus.

Kodėl žmonėms svarbu, kaip įvyko Didysis sprogdimas ir kas buvo prieš jį? Tai ištis gilus klausimas, liečiantis tiek mokslą, tiek žmonių smalsumą, nes padeda suprasti visko kilmę – erdvės, laiko, materijos ir net mūsų pačių, kas esame ir kokia mūsų vieta Visatoje. Tai mokslinio siekio ir žmogiško prasmės troškimo derinys, tačiau tiksliai Didžiojo sprogo priežastis vis dar yra paslaptis. Gal tai paaiškins nežinoma fizika, kurios dar neatradome? Žmonėms tai svarbu, nes šie klausimai liečia ne tik Visatos raidą, bet ir pačią gyvybės egzistencijos esmę.

Kaip gravitacija dera su kvantine teorija

Kvantinė gravitacija – tai teorinės fizikos sritis, kurioje bandoma sujungti A. Einsteino bendrąją reliatyvumo teoriją ir kvantinę mechaniką, tiksliau, suformuluoti neturinčią prieštaravimų teoriją. Šiuo atveju kalbama apie aplinkas, kuriose negalima ignoruoti gravitacinių ir kvantinių efektų, atsirandančių, pavyzdžiui, šalia juodųjų skylių ar kompaktiškų neutroninių žvaigždžių. Pagrindinė kvantinės gravitacijos problema yra ta, kad dvi fizikinės teorijos, kurias ji bando sujungti kartu – *kvantinė mechanika* ir *bendroji reliatyvumo teorija* – yra grįstos skirtingais principais. Kvantinė mechanika aprašo fizikos reiškinius, su kuriais susiduriame tyrinėdami atomus bei juos sudarančias elementariąsias daleles, o bendroji reliatyvumo teorija žvilgsnį nukreipia į erdvėlaikį ir gravitacijos jėgą. Erdvėlaikis bendroje reliatyvumo teorijoje yra dinaminis kintamasis, priklausantis nuo jame esančių klasikinių sistemų. Kvantinė mechanika neatsižvelgia į gravitacijos reiškinius dėl jos nykstamai mažos įtakos. Ji formuluojama kaip fizinių sistemų, pvz., atomų arba elementariųjų dalelių, evoliucija laike, kurioje erdvėlaikis yra išorinis fonas. Todėl pagrindinis kvantinės gravitacijos teorijos tikslas – remiantis kvantiniais dėsniais, apibūdinti erdvėlaikio prigimtį nagrinėjant pačius mažiausius elementariųjų dalelių atstumus ir pabandyti ją paaiškinti fundamentaliųjų sudedamųjų dalių savybėmis.

Antra vertus, reikia suvokti, kaip pasaulį apibūdina gravitacija (bendroji reliatyvumo teorija) ir kvantinė fizika. Bendrosios reliatyvumo teorijos požiūris į viską yra „klasikinis“: objektai turi tokias padėtis, kurias galima tiksliai atsekti, turi konkrečias savybes (greitį ir pan.). Žinant sistemos „momentinį vaizdą“ t_1 laiku, galima tiksliai apskaičiuoti, kaip sistema atrodys t_2 laiku. Svarbu ir tai, kad bendroji

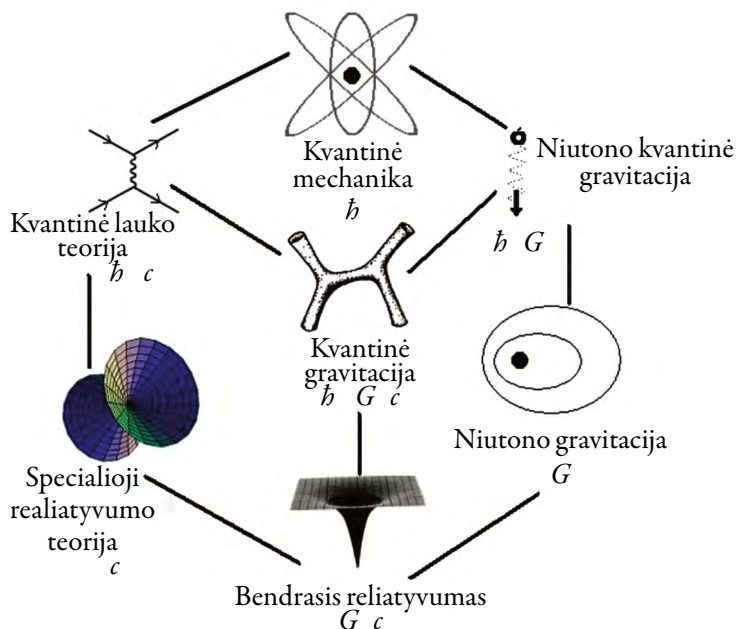
reliatyvumo teorija nelaiko erdvės ir laiko fiksuotais rėmais, o erdvė-laiką traktuoja kaip lankstų rėmą, kuris gali keistis priklausomai nuo objekto masės ir energijos.

Kvantinė fizika į viską žiūri „kvantiškai mechanškai“. Pagal ją, nežinoma, ką dalelė veikia, nebent tas parametras yra išmatuojamas. Bet kurioje kvantinėje teorijoje matavimo veiksmas yra labai svarbus, nes kvantinė teorija nepasakys tikslių sistemos pozicijų, greičio, pagreičio ir pan. Ji gali pasakyti, kokia yra tikimybė gauti tam tikrą rezultatą, jei išmatuosime kokią nors vieną savybę. Tai reiškia, kad negalime žinoti visko apie bet kurią sistemą. Negalima netgi padaryti „momentinės nuotraukos“, kaip bet kurios klasikinės teorijos atveju. Net ir žinodami, kokia yra tam tikra dalelės savybė t_1 laiko momentu, galime apskaičiuoti tik tikimybę, kokia ši savybė bus t_2 momentu. Ši teorija yra nedeterministinė, nes nežinia, kas bus toliau, kadangi apskaičiuojamos tik tikimybės. Gravitacijos teorija, skirtingai nei kvantinė, yra deterministinė. Abi teorijos apibūdina tikrovę labai skirtingai: klasikinės teorijos suteikia visas žinias apie tai, ką sistema daro bet kuriuo metu, o kvantinės teorijos pasakoja, kas vyksta matavimo metu, o ne tarp sistemų. Siekdami sukurti darnią kvantinės gravitacijos teoriją fizikai naudoja du pagrindinius metodus:

- remiantis kvantinės gravitacijos kilpos idėja, gravitacijos teoriją bandoma papildyti kvantavimo ir kvantiniais objektais;
- remiantis *stygų teorijos* idėja, kvantinę teoriją bandoma papildyti gravitacija kaip kita kvantuota gamtos jėga.

Kol kas nėra sutarimo, kuris požiūris geresnis. Galbūt reikia visiškai kitokios teorijos, nepanašios į turimas klasikinę ar kvantinę teorijas.

Nepaisant didelių technikos pasiekimų, šiuolaikinės technologijos nepajėgia tiesiogiai stebėti kvantinės gravitacijos reiškinių, todėl kvantinės gravitacijos teorija vis dar nėra visuotinai priimta (7 pav.). „Kvantinė gravitacija“ kol kas ne konkreti teorija, o daugiau atvira



7 pav. Skirtingos teorijos, apibūdinančios reiškinių prigimtį priklausomai nuo to, kurias universalias konstantas laikome svarbiomis.

problema. Šiuo metu svarbiausios nagrinėjamos kryptys yra *stygų teorija* ir *kilpinė kvantinė gravitacija*.

Daug diskutuojama, kodėl mokslininkai nepakankamai plėtoja teoriją, integruojančią gravitaciją ir kvantinę mechaniką? Kodėl ši integracija sustojo? Kas šiuo metu mums trukdo suvienyti kvantinės fizikos ir gravitacijos teorijas? Viena iš svarbių kliūčių gravitacijos ir kvantinės mechanikos integracijos pažangai yra *Heizenbergo neapibrėžtumo principas*, pagal kurį, matuojant dualiąsias vienos elementariosios dalelės charakteristikas, vis didėjantis vieno dydžio tikslumas didina kito tuo pačiu metu matuojamo dydžio paklaidą (neapibrėžtumą). Žinomiausia iš šių matuojamų porų yra dalelės *padėtis* ir *impulsas*. Šis neapibrėžtumo principas riboja reiškinių

matavimo galimybės. Tikslumo trūkumas blokuoja žinias, kurios būtinos gravitacijos ir kvantinės mechanikos integravimui. Nuo 2021 m., atradus makroskopinį susipynimą, jau galima apeiti neapibrėžtumo principą. Kvantinio susipynimo atveju dvi dalelės gali būti „susipynusios“ ir po to reaguoti beveik vienu metu visiškai taip pat, nepaisant jų fizinio atstumo. Kitaip tariant, jos gali būti taip toli viena nuo kitos, kiek norima, ir sąveikaudamos reaguoti į tą pačią sąveiką. Dabar fizikai gali didesniu tikslumu išmatuoti bet kokius gravitacijos ryšius su kvantine mechanika.

Kvantinė mechanika ir gravitacija tarp savęs iš tikrųjų gerai nedera. Kvantinė mechanika yra susijusi su mažytėmis dalelėmis ir jų elgesiu, o gravitacija – su daiktų judėjimu erdvėje. Problema ta, kad kai mokslininkai bando sujungti abu reiškinius, sistema tampa nedarnia, nes reiškiniai grindžiami skirtingais matematiniais skaičiavimais ir hipotezėmis apie tai, kaip viskas veikia. Jie kaip aliejus ir vanduo, kurių negalima sumaišyti. Taigi kol kas dar nėra vienos teorijos, kuri paaiškintų abu reiškinius.

Kvantinė mechanika teigia, kad viskas yra sudaryta iš kvantų, kurie gali veikti ir kaip dalelė, ir kaip banga – pavyzdžiui, šviesos kvantai vadinami fotonais. Gravitonų, hipotetinių gravitacijos kvantų, aptikimas įrodytų, kad gravitacija yra kvantinė. Problema ta, kad gravitacija yra labai silpna. Trys iš keturių pagrindinių fizikos jėgų yra aprašytos remiantis kvantine mechanika ir kvantinio lauko teorija. Dabartinis ketvirtosios jėgos – gravitacijos – supratimas grindžiamas A. Einsteino bendra reliatyvumo teorija, kuri suformuluota visiškai kitokioje klasikinės fizikos sistemoje ir yra neišsami. Pavyzdžiui, aprašant juodosios skylės gravitacinį lauką bendrojoje reliatyvumo teorijoje, fiziniai dydžiai, tokie kaip erdvės ir laiko kreivis, skiriasi juodosios skylės centre. Tai rodo poreikį sukurti teoriją, kuri sujungtų bendrąją reliatyvumą ir kvantinę sritį. Manoma, kad kvantiniai erdvėlaikio svyravimai labai arti juodosios skylės centro bus reikšmingi,

todėl šiems kvantiniams efektams apibūdinti reikalinga kvantinės gravitacijos teorija. Tokia teorija galbūt leistų suprasti fizikinius reiškinius, vykstančius juodosios skylės centre (Greighton, Price, 2008).

Kvantinės gravitacijos sritis aktyviai vystosi, o teoretikai analizuoja įvairius kvantinės gravitacijos problemos sprendimo būdus. Siejant šias teorijas visose energijos skalėse daug sunkumų kyla dėl skirtingų jų prielaidų, kaip veikia Visata. Bendroji reliatyvumo teorija gravitaciją modeliuoja kaip erdvėlaikio kreivumą, tai yra erdvėlaikis nurodo materijai, kaip judėti, o materija nurodo erdvėlaikiui, kaip lenktis. Kita vertus, kvantinio lauko teorija paprastai formuluojama plokščioje erdvėje. Visų šių metodų tikslas yra apibūdinti gravitacinio lauko kvantinį elgesį. Tai nebūtinai apima visų pagrindinių sąveikų sujungimą į vieną matematinę sistemą, tačiau daugelis kvantinės gravitacijos metodų, tokių kaip stygų teorija, bando sukurti sistemą, kuri sujungtų visas pagrindines jėgas. Kitos teorijos, pavyzdžiui, kilpos kvantinė gravitacija, tokių apibendrinimų nedaro, o stengiasi kiekybiškai įvertinti gravitacinį lauką, kol jis yra atskirtas nuo kitų jėgų (Wald, 1994). Fizikai dar neturi eksperimentinių duomenų, kurie padėtų atskirti pasiūlytas konkuruojančias teorijas. XXI a. pradžioje atsirado naujų tyrimo būdų ir technologijų, kurios rodo, kad netiesioginiai kvantinės gravitacijos bandymai per ateinančius kelis dešimtmečius gali būti įmanomi. Tikimasi, kad kvantinės gravitacijos teorija leis suprasti labai didelės energijos ir labai mažų erdvės matmenų problemas, padės paaiškinti juodųjų bedugnių elgesį ir Visatos kilmę.

Visos pagrindinės jėgos, išskyrus gravitaciją, turi vieną ar daugiau pernešamą dalelę, o tai verčia tyrėjus manyti, kad ir gravitacijoje turi egzistuoti bent viena dalelė. Ši hipotetinė dalelė yra žinoma kaip *gravitonas*. Ji veikia kaip jėgos dalelė ir yra panaši į elektromagnetinės sąveikos fotoną. Nors gravitonai yra svarbus teorinis kvantinio mechaninio gravitacijos aprašymo žingsnis, galvojama, kad jų

neįmanoma aptikti dėl per silpnos jų sąveikos (Rothman, Boughn, 2006). Gravitacija yra silpniausia iš visų žinomų jėgų. Ji 1 038 kartų silpnesnė už atomų branduolių, 1 036 kartų – už elektromagnetinę ir 1 029 kartų už subatominių dalelių arba kvantinę sąveiką. Pagal standartinį kvantinės mechanikos modelį, fotonai tarpininkauja elektromagnetinei jėgai, W ir Z bozonai – silpnai branduolinei jėgai, o gliuonai (pvz., kvarkai) – stipriai branduolinei jėgai. Gravitonas tarpininkautų gravitacijos jėgai. Jei bus rastas, tikimasi, kad gravitonas bus bemasis (nes veikia akimirksniu dideliais atstumais) ir turės sukinį.

Iki šiol kvantinė fizika nesprendžia su gravitacija susijusių klausimų, nes nerandama būdų, kaip išmatuoti kvantinę gravitacijos poveikį. Gamta iki šiol nepateikė jokių užuominų, o fizika be tikrų duomenų negali egzistuoti. Viena iš priežasčių, kodėl gravitaciją ypač sudėtinga įtraukti į kvantinės mechanikos sistemą, yra ta, kad gravitaciją apibūdina klasikinė A. Einsteino bendroji reliatyvumo teorija, o kvantinė mechanika nagrinėja dalelių elgseną labai mažose skalėse. Pastangos sujungti šias dvi teorijas į vieną sistemą, dažnai vadinamą „kvantine gravitacija“, susidūrė su dideliais teoriniais ir matematiniais sunkumais. Vienas iš žinomų šios problemos sprendimų yra *stygų teorija*, pagal kurią pagrindinės medžiagos dalelės iš tikrųjų yra mažos vibruojančios stygos. Stygų teorija bando suderinti gravitaciją su kvantine mechanika, tačiau ši teorija tebėra nebaigta ir galutinai neįrodyta. Kita nuolatinių tyrimų sritis yra *kilpinė kvantinė gravitacija*, kuria siekiama kvantuoti erdvę ir laiką, tačiau ši teorija taip pat susiduria su sunkumais. Gravitacijos aiškinimą kvantiniu lygmeniu apsunkina esminiai klasikinių ir kvantinių teorijų skirtumai, be to, sudėtinga sujungti šias teorijas į vieną nuoseklią sistemą. Šios dvi teorijos sutampa tose srityse, kuriose visur esanti gravitacija yra silpna, išskyrus gravitaciją šalia juodųjų skylių centro. Kai kurios kvantinio lauko teorijos, pavyzdžiui, stygų teorija, numato gravitacijos dalelę, *gravitoną*, esant silpnam lauko aproksimavimui

(aproksimavimas – vienų dydžių (geom. objektų) apytikslis reiškimas kitais, paprastesniais). Tačiau neaišku, kas bus su gravitonu stipriuose laukuose. Tarp teorijų yra esminis neatitikimas, nes bendroji reliatyvumo teorija yra netiesinė, o erdvėlaikio, apibūdinamo kvantinės mechanikos, kreivis yra tiesinis. Kvantinė mechanika palaiko erdvės ir laiko foną, bet ne tokį, kuris egzistuoja tiesinėse superpozicijose, kai nesąveikaujančių dėmenų sistemos poveikio rezultatas yra lygus dėmenų rezultatų sumai. Kol kas yra tik dvi hipotezės, kaip galėtų veikti kvantinė gravitacijos teorija: stygų teorija ir kilpinė kvantinė gravitacija. Abi hipotezės yra labai sudėtingos. Pavyzdžiui, pagal stygų hipotezę, turi būti bent 10 dimensijų (3 įprasti erdviniai matmenys, 1 laiko matmuo ir 6 kiti erdviniai matmenys, kurie yra „suvynioti“ kiekviename erdviniam taške). Kiti mokslininkai mano, kad galbūt yra net 26 dimensijos.

Klasikinis gerai veikiančios jėgos pavyzdys, kai žinome, kaip ją kvantiškai mechaniškai apdoroti, yra elektromagnetizmas. Jei gravitacija iškreipia erdvėlaikį, kodėl elektromagnetizmas neturėtų daryti to paties? Remiantis A. Einsteino bendrąja reliatyvumo teorija, gravitacija yra erdvės ir laiko kreivio, kurį sukelia masės ir energijos buvimas, rezultatas. Tai reiškia, kad masyvūs objektai, tokie kaip žvaigždės ir planetos, išlenkia erdvėlaikį, todėl kiti objektai juda išlenktais takais. Kita vertus, elektromagnetizmą apibūdinanti kvantinės elektrodinamikos teorija yra kvantinio lauko teorija, neįtraukianti erdvės ir laiko kreivumo taip, kaip bendroji reliatyvumo teorija. Elektromagnetizmas nusako elektromagnetinių laukų elgesį ir jų sąveiką su įkrautomis dalelėmis. Nors gravitacija ir elektromagnetizmas yra pagrindinės Visatos jėgos, jas kol kas apibūdina įvairios teorijos su skirtingomis matematinėmis formuluotėmis.

Kita vertus, gravitacijos elgsena yra visiškai kitokia. Kyla klausimas, kodėl gravitacija taip skiriasi nuo elektromagnetizmo? Viena iš priežasčių yra ta, kad elektromagnetizmas, skirtingai nei gravitacija,

paklūsta superpozicijos principui. Turėdami du taškinius krūvius ir apskaičiuodami dviejų krūvių elektrinį lauką galime tiesiog sudėti elektrinius laukus, kuriuos kiekvienas krūvis sukuria atskirai, ir surasti bendrą dviejų taškinių krūvių derinio elektrinį lauką. Gravitacinės sąveikos skaičiavimams šis būdas netinka. Jei turime dvi taškinės masės (juodąsias skylės) ir apskaičiuojame jų gravitacinį lauką atskirai, tai norėdami sudaryti dviejų masių gravitacinį lauką negalime tiesiog sujungti šių dviejų laukų. Pagrindinė priežastis yra ta, kad $E = mc^2$, nes gravituoja ne tik masė, bet ir energija. Pats gravitacinis laukas turi energijos. Taigi vienos juodosios skylės masė sukuria gravitacinį lauką ir šis laukas turi energijos, kuri taip pat sukuria gravitacinį lauką ir t. t. Tarp dviejų taškinių masių atsiranda sąveikos energija, nes masės traukia viena kitą, ir pati sąveikos energija keičia gravitacinį lauką. Labai greitai tai tampa sudėtingu reiškiniu, nes visos energijos formos ir impulsas, įskaitant energiją, kurią turi pats gravitacinis laukas, gravituoja ir daro gravitaciją iš esmės sudėtingesnę nei elektromagnetizmas. Pagal gravitacijos teoriją, supergravitacija turi sukinio $s = 2$ laukus, kurių kvantas yra *gravitonas*. Supersimetrijai būtina, kad gravitonų laukas turėtų superpartnerį. Šis laukas turi sukinį $s = 3/2$, o lauko kvantas yra *gravitinas*. Gravitinų laukų skaičius yra lygus supersimetrijų skaičiui. Supergravitacijos teorijos yra laikomos geriausiomis teorijomis, aprašančiomis bemasius sukinio $s = 3/2$ laukus. Vienas iš teisingesnių atsakymų galėtų būti, kad gravitacijai tarpininkauja sukinio $s = 2$ laukas, o elektromagnetizmui – sukinio $s = 1$ laukas. Iš tikrųjų dėl sukinio $s = 2$ gravitacija labai skiriasi nuo dalelių fizikos.

Pagal bendrąją reliatyvumo teoriją, nėra fiksuoto erdvės ir laiko fono, kaip randama I. Newtono mechanikoje ir specialiojoje reliatyvumo teorijoje. Čia erdvės ir laiko geometrija yra dinamiškos. Kita vertus, kvantinė mechanika nuo pat atsiradimo priklausė nuo fiksuotos foninės (nedinaminės) struktūros. Kvantinės mechanikos atveju laikas yra duotas, o ne dinaminis, kaip ir I. Newtono klasikinėje

mechanikoje. Reliatyvistinėje kvantinio lauko teorijoje, kaip ir klasikinėje lauko teorijoje, erdvėlaikis yra fiksuotas teorijos fonas.

Derinant kvantinę mechaniką su bendruoju reliatyvumu, koncepciją apsunkina prieštaringas laiko vaidmuo šiose dviejose sistemose. Kvantinėse teorijose laikas veikia kaip nepriklausomas fonas, per kurį vystosi būsenos, o bendroji reliatyvumo teorija laiką traktuoja kaip dinaminį kintamąjį, tiesiogiai susijusį su medžiaga. Šiuo metu nėra išsamios ir nuoseklios kvantinės gravitacijos teorijos, o įvairūs modeliai turi įveikti pagrindines formalias ir konceptualias problemas. Nors yra vilties, tačiau iki šiol kvantinės gravitacijos prognozių negalima pritaikyti eksperimentiniams bandymams.

Stygų teorija

Pagrindinė stygų teorijos idėja yra pakeisti klasikinę taškinės dalelės sampratą kvantinio lauko teorijoje kvantine vienmačių išplėstinių objektų teorija. Ši teorija žada būti bendru visų dalelių ir sąveikų aprašymu. Stygų teorija – tai fizikos modelis, kurio „statybiniai blokai“ yra vienmačiai objektai (stygos) ir bedimensės taškinės dalelės. Pakeitus taškinės dalelės stygomis, atsiranda galimybė sukurti kvantinės gravitacijos teoriją, nes galima žinomas elementariąsias sąveikas (gravitacinę, elektromagnetinę, stipriąją ir silpnąją) aprašyti tuo pačiu lygčių rinkiniu. Stygų teorija yra pagrindinė kandidatė tapti *Visko teorija* – teorija, kuri tvarkinga matematine sistema aprašytų visas sąveikas ir medžiagą. Tokia teorija dar vadinama *M teorija*. Stygų teorijai reikia naujų matematinių ir fizikinių idėjų, kurias į visumą sujungtų labai skirtingos matematinės formuluotės. Viena iš viską apimančių idėjų yra 11 dimensijų *M* teorija, pagal kurią erdvėlaikis turi turėti 11 dimensijų – priešingai mums įprastoms trimis erdvės ir vienai laiko dimensijai. Taigi erdvėlaikio supratimas stygų teorijoje nėra fiksuotas kaip tam tikra

sąvoka, jo būseną įvairuoja skirtingomis sąlygomis. Stygų teorijoje elektronai ir kvarkai yra ne taškiniai objektai, o viendimensės stygos. Šios stygos gali judėti ar vibruoti sukurdamos skirtingo krūvio, masės ar sukinio įvairias daleles. Stygos sudaro uždaras kilpas ir kartais paviršius, kurie gali atsідaryti į viendimenses linijas. Stygų teorija yra gravitacijos teorija, bendrosios reliatyvumo teorijos plėtotė ir klasikinė stygų interpretacija, teigianti, kad tai yra kvantmechaniškai vibruojančios, krūvį turinčios išplėstos juodosios bedugnės. Kiekviena elementari dalelė gali būti aprašoma kaip stygos ar kilpos (ar net jos dalies) svyravimo moda. Stygos ilgis yra apytiksliai lygus Planko ilgiui (Planko ilgis priklauso tik nuo fundamentalių konstantų – Planko konstantos, gravitacijos konstantos, šviesos greičio ir apytikriai lygus $1,6 \times 10^{-35}$ metro), bet gali būti ir gerokai didesnis stygoms silpnai sąveikaujant. Manoma, kad stygų teorija gali būti tinkama kvantinės gravitacijos teorija, ir daug mokslininkų įsitikinę, kad ji teisingai aprašo Visatą ir gali tapti *Visko teorija*. Nors stygų teorija kilo iš kvarkų, o ne iš kvantinės gravitacijos tyrimų, netrukus buvo nustatyta, kad stygų spektre gali būti ir gravitonas.

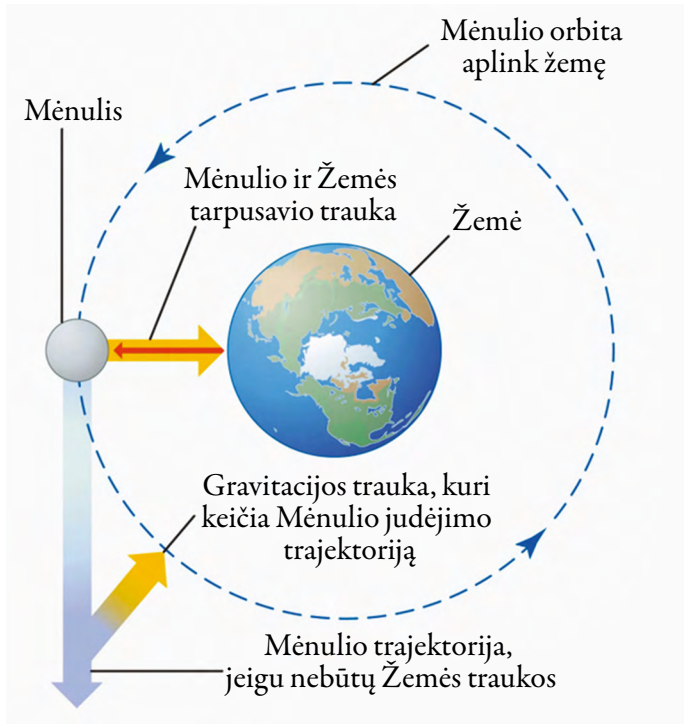
Daug šios teorijos priešininkų kritikuoja stygų teoriją, nes ji dar nedavė kiekybinių eksperimentinių rezultatų. Kaip ir visoms kitoms kvantinės gravitacijos teorijoms, eksperimentiniam šios teorijos tikrinimui reikėtų daug brangių inžinerijos priemonių ir išradimų. Kaip jau buvo minėta, kvantinės gravitacijos efektai yra labai silpni, todėl juos sunku patikrinti. Tačiau per pastarąjį dešimtmetį fizikai suprato, kad kvantinės gravitacijos poveikio įrodymai gali padėti plėtoti teoriją, ir nors teorinis vystymasis buvo lėtas, fenomenologinės kvantinės gravitacijos sritis, tirianti eksperimentinių bandymų galimybę, sulaukė daugiau dėmesio.

Kvantinės gravitacijos pavadinimas yra suteiktas bet kuriai teorijai, apibūdinančiai gravitaciją režimuose, kuriuose negalima nepaisyti kvantinių efektų. Šiuo metu nėra teorijos, kuri būtų visuotinai priimta ir patvirtinta praktiškai. Siūloma keletas kvantinės gravitacijos teorijų:

stygų teorija, M teorija, supergravitacija, kilpinė kvantinė gravitacija, Euklido kvantinė gravitacija, kanoninė kvantinė gravitacija ir kt. Vis dar nėra išsamios ir nuoseklios kvantinės gravitacijos teorijos, o siūlomi modeliai dar turi įveikti pagrindines formalias ir konceptualias problemas. Viena teorija, žinoma kaip *kilpinė kvantinė gravitacija*, siekia išspręsti dalelių ir erdvės laiko konfliktą suskaidant erdvę ir laiką į mažus fragmentus, dėl kurių mastelio pokyčiai negalimi. Gamtoje yra tik vienas gravitacijos tipas. Tai reiškia, kad yra tik vieno tipo gravitacinė jėga, kuri traukia du kūnus pagal jų masę ir atstumą tarp jų centrų. Gravitacija yra silpniausia gamtoje žinoma jėga. Stipriausia yra branduolinė jėga, po jos eina elektromagnetinė jėga, silpnoji branduolinė jėga ir gravitacija. Trys pagrindinės jėgos gali būti ir teigiamos, ir neigiamos, ir viena kitą panaikinančios, tačiau gravitacija yra tik traukianti jėga. Pagal I. Newtono gravitacijos dėsnį, bet kurie du materialūs taškai veikia (traukia) vienas kitą jėga, proporcinga jų masėms ir atvirkščiai proporcinga atstumo tarp jų kvadratui (8 pav.).

Anot A. Einsteino, objekto gravitacija yra erdvės kreivumas. Gravitacija iš tiesų yra tikra jėga, tik ne tradicine prasme. Platesne prasme gravitacija apibūdina susidariusią dviejų masių sąveiką, tačiau ji turi tik vieną krūvio ženklą. Elektromagnetizmas yra daug stipresnis ir turi du priešingus įkrovimo ženklus. Tai yra svarbiausias gravitacijos ir elektromagnetizmo skirtumas ir pagrindinė priežastis, kodėl šiuos du reiškinius suvokiame skirtingai.

Pagrindinė problema eksperimentiškai išbandant bet kokią kvantinės gravitacijos teoriją yra ta, kad eksperimentams stebėti reikalingi energijos lygiai dabartiniais laboratoriniais eksperimentais nepasiekiami, nes gravitacija yra masyvių kūnų sukeltas Visatos kreivumas, lemiantis objektų judėjimo kelią. Tas kreivumas yra dinamiškas objektams judant. Kvantinė gravitacija susiduria su rimtomis problemomis ir teoriniu lygmeniu. Gravitacija šiuo metu aiškinama bendrąja reliatyvumo teorija, kurios prielaidos apie Visatą makroskopiniu mastu labai



8 pav. I. Newtono gravitacijos dėsnis.

skiriasi nuo kvantinės mechanikos prielaidų mikroskopiniu mastu. Tikėtina, kad kvantinės gravitacijos supratimas ne tik įtvirtins naujas teorijas, bet ir įves iš esmės naują erdvės ir laiko supratimą. Visiškai įmanoma, kad jei kvantinė gravitacija egzistuoja, ji nebus paprasta. Tik laikas ir eksperimentai atskleis tikrąją tiesą.

Apibendrinkime tai, ką jau žinome:

- Šiuo metu nėra tokios teorijos, kuri būtų visuotinai priimta ir patvirtinta praktiškai, todėl terminas „kvantinė gravitacija“ labiau rodo atvirą problemą negu konkrečią teoriją. Visgi bendroji reliatyvumo teorija ir kvantinė mechanika galiausiai nėra tokios nesuderinamos, kaip ilgą laiką manyta.

- Ar kvantavimas ir gravitacija gali egzistuoti kartu? Kol kas šios dvi iš esmės nesuderinamos teorijos praktinių problemų nekėlė. Atominiu masteliu gravitacija eksperimentuose nėra svarbi, o kosmologiniu masteliu kvantinė mechanika tam, ką mes stebime, nevaidina ryškesnio vaidmens. Šiuo metu nėra tinkamos gravitacijos kvantavimo teorijos, nes nėra su gravitacija susijusių reiškinių, kuriuos reiktų kvantuoti.
- Viena iš daugelio problemų, kodėl gravitacija prieštariauja kvantinei mechanikai, yra ta, kad gravitacija iš tikrųjų nėra tokia jėga kaip kitos. Gravitacija yra susijusi su erdve laikiu, o erdve laikyje juda visos dalelės.
- Kai kurie gravitacijos tyrinėtojai teigia, kad erdve laikį sudaro kvantinis susipynimas. Tai reiškia, kad kvantinis susipynimas yra pagrindinė savybė, lemianti erdve laikį.
- Kvantinėje teorijoje kiekviena dalelė veikia ir kaip dalelė, ir kaip banga. Tai vadinama *dvilypumu*. Taigi jei yra gravitonas, tikimasi, kad jis elgsis ir kaip dalelė, ir kaip banga.
- Gravitacija yra silpna jėga, turinti tik vieną krūvio ženklą. Elektromagnetizmas yra daug stipresnis, tačiau turi du priešingus įkrovimo ženklus. Tai yra svarbiausias gravitacijos ir elektromagnetizmo skirtumas ir pagrindinė priežastis, kodėl šiuos du reiškinius suvokiame skirtingai.
- Gravitacija yra vienintelė jėga, kuri vis dar nepaaiškinama kvantiniu lygmeniu. Jos poveikį dideliems objektams (planetoms ar žvaigždėms) gana lengva matyti, tačiau kur kas sudėtingiau suprasti gravitaciją elementariųjų dalelių pasaulyje.
- Nors fotonai neturi masės, šviesa dėl gravitacijos aplink didelės masės šaltinius sklinda ne tiesiai, o išlinksta. Taip yra todėl, kad masė deformuoja erdve laikį, per kurį keliauja fotonai. Manoma, kad fotonas turi energiją, lygiavertę masei, todėl su viskuo sąveikauja gravitacijos būdu.

- Ar gravitacijos samprata neprieštarauja entropijai? Gravitacija bando išlaikyti objektus per jų tarpusavio trauką ir taip sumažina sistemos entropiją.
- Isaaco Newtono gravitacijos aprašymas (1687 m.) buvo laikomas moksliniu dėsniu iki Alberto Einsteino *bendrosios reliatyvumo teorijos*, paskelbtos daugiau nei po dviejų šimtmečių. I. Newtonas gravitaciją aiškino kaip jėgą, akimirksniu veikiančią per atstumą. Taigi kas mokslo ir gyvenimo požiūriu svarbesnis – A. Einsteinas ar I. Newtonas? Mokslo požiūriu A. Einsteinas buvo svarbesnis, nes sugebėjo mąstyti ne tik apie stebimus dalykus, bet ir kelti teorijas apie fiziką, kurios dabar tikrinamos. Tačiau I. Newtono atradimai turėjo didesnę įtaką kasdieniam žmonių gyvenimui.

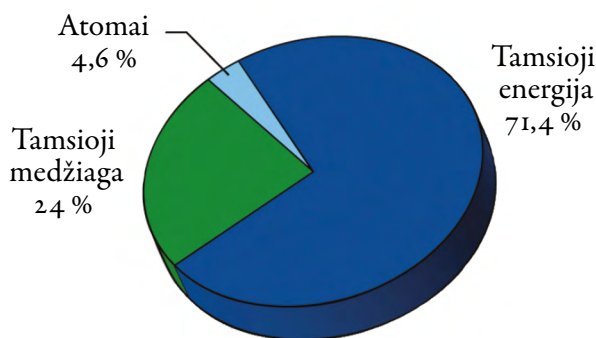
Mokslas vis dar negali paaiškinti gravitacijos, nes nežinia, kaip apskaičiuoti gravitacijos elgseną esant didelėms energijoms, mažiems objektų dydžiams, būnant arti singularumo arba dalelių kvantinės elgsenos atveju (kvantinis laukas). Taigi vis dar lieka erdvės hipotezės, teorijoms ir įvairioms spėlionėms.

Kaip gravitacija dera su kvantine teorija, kol kas yra viena didžiausių mokslo paslapčių. Šiuo metu fizika yra padalyta į dvi „karalystes“: bendroji reliatyvumo teorija paaiškina gravitaciją, erdvėlaikio struktūrą, planetų, žvaigždžių ir galaktikų raidą, kvantinė mechanika – kaip elgiasi atomai ir subatominės dalelės. Kai bandoma šias teorijas sujungti, jos nesutampa. Gravitacija galėtų turėti kvantinį paaiškinimą, bet niekas iki galo to dar neišsiaiškino. Galbūt erdvė ir laikas sudaryti iš kažko fundamentalesnio? Mokslininkai ieško kvantinės gravitacijos teorijos, nes tikisi, kad fizika tuomet galėtų atsakyti į klausimą, kas iš tikrųjų įvyko Visatos pradžioje? Šis atsakymas – tai trūkstamas raktas į visišką realybės supratimą.

Tamsioji medžiaga ir tamsioji energija

Mūsų Visatoje dominuoja paslaptingos ir nematomos medžiagos ir energijos formos, kurios dar nėra iki galo perprastos. Devynios didžiausios paslaptys yra susijusios su kosmosu ir beveik su viskuo, kas yra Visatoje: kaip susidaro galaktikos, ar mūsų Saulės sistema yra unikali, kas sukėlė Didįjį sprogamą, kaip baigsis Visata, ar A. Einsteino teorija klaidinga, ar Visata galėjo būti kitokia, kada įvyko ir ar įvyko kosminė infliacija, kokia tamsioji medžiaga – šalta, šilta ar karšta? Didžioji mūsų Visatos dalis yra nematoma, o dauguma astronomų teigia, kad didžiąją kosmoso dalį sudaro tamsioji medžiaga ir tamsioji energija (9 pav.). Kas yra tos mus supančios paslaptingos ir nematomos substancijos? Kuo skiriasi tamsioji energija ir tamsioji medžiaga?

Tamsioji medžiaga veikia kaip traukiamoji jėga. Ji – tam tikras kosminis cementas, laikantis mūsų Visatą ir lėtinantis jos plėtimąsi. Taip yra todėl, kad tamsioji medžiaga sąveikauja su gravitacija, bet neatspindi, nesugeria ir neišskiria šviesos. O tamsioji energija yra atstumianti jėga, savotiška antigravitacija, skatinanti vis spartesnę Visatos plėtimąsi.



9 pav. Visatos sudėtis.

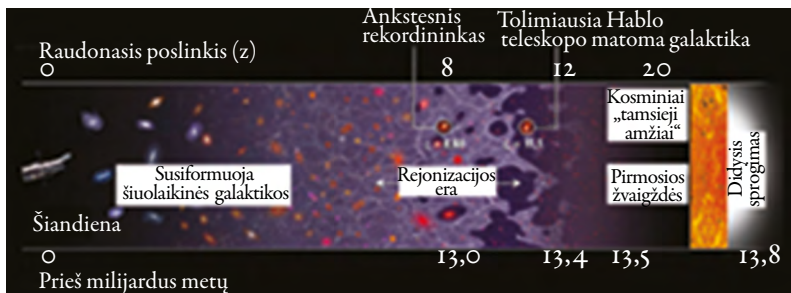
Tamsioji energija yra dominuojanti substancija, sudaranti maždaug 68–71 % Visatos masės ir energijos. Tamsioji medžiaga sudaro 24–27 %, o likusi dalis, tik apie 5 %, yra mums įprastos medžiagos formos. XX a. 3-įjį dešimtmetį mokslininkai, tyrinėdami maždaug 1 000 galaktikų spiečių, pastebėjo labai didelį jų judėjimo greitį ir spėjo, kad kažkokia „tamsioji medžiaga“ laikė jas kartu. Po kelių dešimtmečių JAV astronomai Vera Rubin ir Kentas Fordas aptiko panašų reiškinį, tyrinėdami atskirų galaktikų sukimosi greitį (Rubin ir kt., 1976). Išoriniame galaktikos pakraštyje esančios žvaigždės turėtų suktis lėčiau nei žvaigždės netoli centro. Taip skrieja mūsų Saulės sistemos planetos. Tačiau jie pastebėjo, kad žvaigždės galaktikos pakraščiuose skrieja taip pat greitai (arba greičiau) kaip ir žvaigždės arčiau galaktikos centro. V. Rubin ir K. Fordas rado daugiau įrodymų, kad kažkokia nematoma materijos forma laiko Visatą.

Astronomai dabar turi daug kitų įrodymų, kad tamsioji medžiaga yra tikra. Tiesą sakant, tamsiosios medžiagos egzistavimas yra plačiai pripažintas ir yra dalis vadinamojo standartinio kosmologijos modelio, kuris sudaro mokslininkų sampratos apie Visatos gimimą ir evoliuciją pagrindą. Dešimtmečius viso pasaulio fizikai, naudodami vis daugiau aukštųjų technologijų instrumentų, bandė aptikti tamsiąją medžiagą. Kol kas jie nerado jokių jos ženklų.

Jau maždaug šimtmetį astronomai žinojo, kad mūsų Visata plečiasi (Linder, 2003). Teleskopiniai stebėjimai rodo, kad dauguma galaktikų tolsta viena nuo kitos, o tai reiškia, kad tolimoje praeityje atstumai tarp jų buvo mažesni. Astronomai manė, kad bendra visų kosmoso žvaigždžių ir galaktikų gravitacinė trauka turėtų sulėtinti Visatos plėtimąsi. Šios minties atsisakyta 1990-ųjų pabaigoje, kai dvi astronomų grupės pastebėjo, kad tolimos galaktikos nuo mūsų tolsta greičiau nei netoliese esančios galaktikos. Tai rodo, kad Visata ne tik plečiasi, bet jos plėtimasis spartėja, o priežastimi buvo įvardyta *tamsioji energija*. Tamsioji energija yra hipotetinė energijos

forma, kurią pasiūlė fizikai, norėdami paaiškinti, kodėl Visata ne tik plečiasi, bet ir daro tai vis greičiau. Tiesą sakant, kai kurie žinomi mokslininkai vis dar nepripažįsta tamsiosios energijos egzistavimo. Tai nereiškia, kad jau žinoma, kas yra tamsioji energija, bet A. Einsteino bendroji reliatyvumo teorija padeda apibūdinti jos vaidmenį Visatoje. Pagal šią idėją, pati erdvė gali turėti energijos, tačiau mokslininkai iš tikrųjų dar nematė šios energijos ar jėgos Žemėje. Apskaičiuota, kad tamsioji energija sudaro apie 68–72 % visos Visatos energijos. Tai reiškia, kad ji dominuoja ir tamsiojoje, ir kasdienėje medžiagoje. Vienintelio tikro atsakymo į klausimą, „kas yra tamsioji energija“, šiuo metu nėra, tačiau tai nereiškia, kad mokslininkai yra visiškai nežinioje. Atrodo, kad tamsioji energija veikia tik didžiausiu Visatos masteliu, o jos plėtimąsi galima išmatuoti stebint galaktikas ir kitus kosminius objektus, kuriuos skiria milijonus, milijardus ir net dešimtis milijardų šviesmečių atstumu nutolusios erdvės. Mokslininkai apskaičiavo, kad galaktikos kas milijoną metų nutolsta viena nuo kitos 0,007 %. Kalbėdami apie kosminį objektą, esantį už 100 mln. šviesmečių, astronomai daro išvadą, kad jis tolsta 2 150 km/s greičiu, o už 1 mlrd. šviesmečių esanti galaktika tolsta 10 kartų greičiau – maždaug 21 500 km/s. Išmatuotas vienos iš seniausių kada nors atrastų galaktikų Galaxy GN-z11 plėtimosi greitis (10 pav.). Ją matome tokią, kokia buvo, kai Visatai buvo 400 mln. metų. Apskaičiuota, kad už 32 mlrd. šviesmečių esančią galaktiką tamsioji energija verčia judėti 687 000 km/s greičiu, tai yra daugiau nei dvigubai greičiau negu šviesos greitis. Nors niekas negali skristi erdvėje greičiau nei šviesa vakuume (299 792 km/s), tamsiosios energijos pavyzdys rodo, kad kosminė erdvė nėra suvaržyta tokių greičio apribojimų.

Tamsioji energija ir tamsioji medžiaga kartais yra apibūdinamos vienu terminu „tamsioji Visata“. Visgi, manoma, kad šios sąvokos nėra susijusios. Neteisinga manyti, kad tamsioji energija yra tiesiog



10 pav. Galaktikų atstumo matavimai NASA Hablo kosminiu teleskopu (z – spektroskopinis raudonasis poslinkis, pagal kurį apskaičiuojamas plėtimosi greitis).

tamsiosios medžiagos ekvivalentas. Abu „tamsieji“ Visatos aspektai negali būti tiesiogiai aptikti, bet jų egzistavimą rodo jų poveikis matomai medžiagai. Tamsioji medžiaga nesąveikauja su šviesa kaip materija, sudaryta iš atomų, protonų ir neutronų, kurie mus supa ir yra žinomi kaip „barioninė medžiaga“. Atrodo, kad kosminis „virvės traukimas“ tarp tamsiosios medžiagos traukos ir tamsiosios energijos stūmimo prasidėjo mažiausiai prieš 9 mlrd. metų, t. y. gerokai anksčiau, nei tamsioji energija ėmė pirmauti ir pradėjo spartinti Visatos plėtimąsi. Tai reiškia, kad tamsioji energija stumia objektus vieną nuo kito, o tamsioji medžiaga laiko galaktikas kartu. Šiuo požiūriu tamsioji energija ir tamsioji medžiaga gali būti laikomos Visatoje priešingai veikiančiomis. Tamsiosios ir barioninės medžiagos santykis Visatoje maždaug 6:1. Tai reiškia, kad apie 24–27 % energijos / medžiagos kiekio sudaro tamsioji medžiaga, o medžiaga, sudaranti žvaigždes, planetas ir viską, ką matome aplinkui, sudaro ne daugiau kaip 5 % viso Visatos turinio. Šiandien mokslininkai dar neįsivaizduoja, kas sudaro maždaug 95 % Visatos.

Tamsioji energija aptikta atradus, kad Visatos plėtimasis spartėja. Garsus astronomas Edwinas Hubble'as XX a. 4-ajame dešimtmetyje nustatė raudonąją šviesos poslinkį iš tolimų šaltinių, taigi ir Visatos

plėtimąsi. Iki 1990-ųjų pabaigos fizikai manė, kad Visata galiausiai sulėtins plėtimąsi dėl gravitacijos poveikio. Tamsiosios energijos atradimas ir spartėjantis Visatos plėtimasis visiškai apvertė šią idėją. Apskaičiuota, kad pradinė infliacija (*infliacija* fizikinėje kosmologijoje – hipotetinis reiškinys, kai Visatos pradinėse vystymosi stadijose, 10^{-36} – 10^{-32} sekundžių po Didžiojo sprogo, vyko eksponentinis greitėjantis plėtimasis, vėliau sulėtėjęs iki dabartinio 72 km/s/Mpc greičio) nutrūko praėjus 10^{-33} – 10^{-32} sekundėms po Didžiojo sprogo, o plėtra tęsėsi dar milijardus metų, nors ir daug lėčiau.

Šiuo Visatos raidos laikotarpiu gravitacija buvo dominuojanti jėga, leidžianti formuotis vis didesnėms struktūroms, tokioms kaip žvaigždės, galaktikos ir galaktikų spiečiai. Maždaug prieš 3–7 mlrd. metų įvyko kažkas naujo, nes tamsiosios energijos veika pradėjo dominuoti labiau negu gravitacija ir Visata vėl pradėjo sparčiai plėstis.

Kodėl svarbu suprasti, kas yra tamsioji energija? Tai padėtų sukurti tikslesnį modelį, kaip laikui bėgant Visata vystėsi (įskaitant jos formą) ir kokia ar kada bus jos pabaiga. Visatos kilmę ir likimą lemia jos „kritinis tankis“, apibrėžiamas kaip vidutinis medžiagos tankis, kurio reikia, kad Visata sustabdytų plėtimąsi, bet tik po begalinio laiko. Jei Visatos medžiagos / energijos tankis yra lygus kritiniam tankiui, tai geometrijos požiūriu Visata yra plokščia kaip popieriaus lapas. Visatoje, kurioje dominuoja medžiaga, kritinis tankis yra tarp tankio, kurio reikia susitraukiančiai „sunkiajai Visatai“, ir amžinai besiplečiančios „lengvosios Visatos“ tankio. Bendras Visatos turinys, be tamsiosios energijos, sudaro tik apie 30 % to, ko reikia plokščiai Visatai, tai yra tokia geometrija turėtų būti Visatoje, jei ji būtų sukurta Didžiojo sprogo metu. Prie bendro Visatos energijos „biudžeto“ pridėta tamsioji energija ją „papildo“ pakankamai, kad Visata būtų plokščia, o paprasčiausiuose kosminės infliacijos modeliuose Visatos tankis priartėja prie kritinio tankio. Kol į skaičiavimus ir hipotezes nebuvo įtraukta tamsioji energija, kosmologai manė, kad ilgainiui

gravitacijos poveikis nusvers Visatos plėtimąsi. Stebimas Visatos plėtimosi pagreitis išsklaido šią mintį. Jei tamsioji energija ir toliau spartins Visatos plėtimąsi, jos likimas gali būti „Didysis plėtimasis“, o ne „Didysis susitraukimas“. Scenarijus, kai tamsioji energija ilgainiui tampa dominuojančia prieš visas pagrindines Visatos jėgas – gravitaciją, elektromagnetizmą ir stiprias bei silpnas branduolines jėgas, sugriaua viską, kas šiuo metu yra moksliskai iš tų jėgų sujungta, ar tai būtų galaktikos, planetos, ar netgi atomus sudarantys protonai ir neutronai.

Taigi kosmologijoje ir astronomijoje tamsioji energija vis dar yra nežinoma energijos forma, dideliu mastu veikianti Visatą (Marcondes, 2016). Pirmieji įrodymai apie jos egzistavimą buvo gauti matuojant supernovas – jų duomenimis, Visata nesiplečia pastoviu greičiu, jos plėtimasis spartėja (Siegel, 2023). Nuo 1990-ųjų tamsioji energija yra labiausiai priimtina greitėjančios Visatos plėtros prielaida. Tamsiosios energijos tankis yra labai mažas: $\approx 7 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$, daug mažesnis nei įprastos arba tamsiosios medžiagos tankis galaktikų viduje. Tamsiosios energijos įrodymai yra netiesioginiai, tačiau gaunami iš trijų nepriklausomų šaltinių:

- atstumo tarp erdvinių Visatos objektų matavimų ir jų ryšio su raudonuoju poslinkiu, rodančiu spartėjančią Visatos plėtrą;
- teorinio papildomos energijos, kuri nėra įprasta ar tamsioji medžiaga, poreikio, kad susidarytų stebėjimo požiūriu plokščia, jokio aptinkamo kreivumo neturinti Visata;
- didelio masto bangų tankio Visatoje matavimų.

Kosmologai apskaičiavo, kad plėtros greitėjimas prasidėjo maždaug prieš 5 mlrd. metų, nors manoma, kad prieš tai dėl medžiagos gravitacinės traukos plėtimasis lėtėjo. Tamsiosios medžiagos tankis besiplečiančioje Visatoje mažėja greičiau nei tamsiosios energijos ir galiausiai tamsioji energija pradeda dominuoti. Tiksliau, kai Visatos tūris padvigubėja, tamsiosios medžiagos tankis sumažėja perpus, bet

tamsiosios energijos tankis beveik nekinta (kosmologinės konstantos atveju jis yra pastovus).

Įvairių tamsiosios energijos modelių prognozės gali radikaliai skirtis. Dėl kosmologinės konstantos ar bet kokio kito modelio, kuris numato, kad plėtimosi pagreitis tęsis neribotą laiką, galutinis rezultatas bus toks, kad galaktikos, esančios už Vietinės galaktikų grupės ribų, turės regimą greitį, kuris laikui bėgant nuolat didės ir galiausiai gerokai viršys šviesos greitį. Dabartinis Vietinės galaktikų grupės gravitacinis centras yra tarp Paukščių Tako ir Andromedos galaktikų, o galaktikų grupės skersmuo – 10 mln. šviesmečių. Tai nėra specialiojo reliatyvumo teorijos pažeidimas, nes čia vartojama „greičio“ sąvoka skiriasi nuo greičio sąvokos vietinėje inercinėje atskaitos sistemoje, kurioje bet kuriam masyviam objektui galioja reikalavimas judėti mažesniu už šviesą greičiu. Kadangi Hablo parametras laikui bėgant mažėja, iš tikrųjų gali būti, kad galaktika, kuri tolsta nuo mūsų greičiau nei šviesa, nebegalės skleisti mus pasiekiančių signalų. Taigi dėl vis spartėjančio plėtimosi prognozuojama, kad daugumos galaktikų šviesa ateityje niekada mūsų nepasieks. Darant prielaidą, kad tamsioji energija yra pastovi (kosmologinė konstanta), dabartinis atstumas iki šio kosmologinio įvykio horizonto yra apie 16 mlrd. šviesmečių, o tai reiškia, kad signalas iš šiuo metu vykstančio įvykio galiausiai galėtų mus pasiekti ateityje, jei įvykis buvo nutolęs mažiau nei 16 mlrd. šviesmečių, ir niekada nepasiektų, jei įvykis būtų nutolęs daugiau nei už 16 mlrd. šviesmečių. Galaktikoms artėjant prie šio kosmologinių įvykių horizonto kirtimo taško, šviesa iš jų vis labiau pasislinks į raudonąją spektro pusę. Kai bangos ilgis taps per didelis, praktiškai jų nebus galima aptikti ir stebėtojams galaktikos visiškai išnyks. Saulės sistema, Paukščių Takas ir Vietinė galaktikų grupė, kurios dalis yra Paukščių Takas, stebėtojams nepasikeistų, bet likusi Visatos dalis toldama išnyktų iš stebėjimo lauko.

Yra ir kitų, labiau spekuliatyvių, idėjų apie Visatos ateitį. Šmėkliškas tamsiosios energijos modelis sukelia skirtingą plėtimąsi, o tai reikštų, kad efektyvi tamsiosios energijos jėga toliau auga ir pradeda dominuoti prieš visas kitas Visatos jėgas. Pagal šį scenarijų, tamsioji energija galiausiai išardytų visas gravitaciškai surištas struktūras, įskaitant galaktikas, ir galiausiai įveiktų barioninės medžiagos elektrines ir branduolinių jėgas bei suplėšytų pačius atomus. Kita vertus, tamsioji energija laikui bėgant gali išsisklaidyti ar net tapti traukos jėga. Toks neapibrėžtumas palieka atvirą galimybę, kad galiausiai įsivyras gravitacinė sąveika ir Visata susitrauks. Antra vertus, galimi net tamsiosios energijos ciklai, reiškiantys ciklinį Visatos modelį, kuriame kiekvieną Didįjį sprogamą keičia Didysis susitraukimas. Toks ciklas truktų apie trilijonus (10^{12}) metų. Nors nė viena iš šių hipotezių nėra pagrįsta stebėjimais, jos neatmetimos.

Kaip žinia, visos jėgos, kurias patiriame kiekvieną dieną, gali būti suskirstytos į keturias kategorijas: gravitaciją, elektromagnetizmą, stipriąją ir silpnąją jėgas. Šios keturios pagrindinės jėgos valdo visus Visatos objektus. JAV „Fermilab“ dalelių greitintuvo mokslininkai 2021 m. pirmą kartą pasiūlė penktosios gamtos jėgos egzistavimo galimybę. Kodėl taip svarbu gauti eksperimentinį rezultatą, kuris visiškai neatitinka esamų realiųjų? Visas mus supantis pasaulis sudarytas iš atomų, o šie yra sudaryti iš dar mažesnių dalelių. Jų sąveiką sukuria keturios jėgos: elektra, magnetizmas, branduolinės jėgos ir gravitacija. Jau penkiasdešimt metų jų elgseną be paklaidų numatė standartinis modelis. Visgi *miuonais* vadinamos subatominės dalelės nesielia pagal dabartinę subatominės fizikos teoriją. Eksperimento metu mokslininkai įgreitino miuonus beveik iki šviesos greičio. Dalelių, judančių 15 m skersmens žiedu, elgsenos negali paaiškinti dabartinė standartinio modelio teorija, todėl keliama prielaida, kad čia reiškiasi kažkokia nauja gamtos jėga. Miuonai yra panašūs į elektronus, tačiau jų masė apie 200 kartų yra didesnė. Rezultatai

rodo, kad miuonai judėjo greičiau, nei teigė standartinis modelis, o tokią elgseną galėjo sukelti nauja nežinoma jėga (Ghosh, 2023). Jei tai būtų patvirtinta, tai būtų vienas didžiausių mokslo laimėjimų per šimtą metų nuo A. Einsteino reliatyvumo teorijos pradžios. Tyrėjai žino, kad egzistuoja tai, ką jie apibūdina kaip „fiziką už standartinio modelio ribų“, nes dabartinė teorija negali paaiškinti daugelio dalykų, kuriuos astronomai stebi kosmose. Pavyzdžiui, po Didžiojo sprogo, sukūrusio Visatą, plėtimasis nelėtėja, o galaktikos juda vis greičiau. Mokslininkai, dirbantys prie didžiojo hadronų greitintuvo (LHC), taip pat bando rasti standartinio modelio trūkumus, ir tai būtų labai svarbus visų laikų fizikos proveržis.

Tamsiosios medžiagos egzistavimą patvirtina skaičiavimai, rodantys, kad daugelis galaktikų elgtųsi visiškai kitaip, jei jose nebūtų daug nematomos medžiagos. Kai kurios galaktikos iš viso nebūtų susiformavusios, o kitos nejudėtų tokiu greičiu kaip dabar. Kiti įrodymai apima gravitacinių lęšių ir kosminio mikrobangų fono, Visatos dabartinės struktūros, galaktikų formavimosi ir evoliucijos, galaktikų judėjimo, galaktikų spiečių viduje stebėjimus.

Nors tamsiosios medžiagos dar niekas tiesiogiai nestebėjo, nes ji nesąveikauja (išskyrus gravitaciją) su įprasta barionine medžiaga ir spinduliuote, visgi daroma prielaida, kad ji egzistuoja. Manoma, kad tamsioji medžiaga yra nebarioninė ir gali būti sudaryta iš kai kurių dar neatrastų subatominių dalelių. Pagrindinis kandidatas į tamsiąją medžiagą yra kažkokia dar neatrasta nauja elementarioji dalelė. Ji pavadinta ypač silpnai sąveikaujančia masyviaja dalele (WIMP – *Weakly Interacting Massive Particles*). Vykdoma daug eksperimentų, skirtų tiesiogiai aptikti ir tirti tamsiosios medžiagos daleles, tačiau nė vienas jų nedavė rezultatų.

Nors dauguma mokslininkų pripažįsta tamsiosios medžiagos egzistavimą, kai kurie pasisako už įvairias standartinių bendrosios reliatyvumo teorijos dėsnių modifikacijas, apimančias modifikuotą

I. Newtono dinamiką, tenzorius-vektoriaus skaliarinę gravitaciją arba entropinę gravitaciją. Šie modeliai bando atsižvelgti į visus šiuolaikinius Visatos stebėjimus, nesinaudodami nebarioninės medžiagos buvimo veiksniais.

Tamsiosios medžiagos hipotezė turi ilgą istoriją. Dar 1884 m. buvo padaryta prielaida, kad Saulės amžius yra 20–100 mln. metų. Svarstyta, kas atsitiktų, jei 1 kiloparseko atstumu nuo Saulės būtų tūkstantis milijonų žvaigždžių, ir padaryta išvada, kad galbūt dauguma jų galėtų būti tamsūs kūnai. 1906 m. svarstyta, kad tamsiosios medžiagos kiekis turėtų būti mažesnis nei matomos medžiagos, 1922 m. – kad Visatoje turi būti daug daugiau masės, nei galime pastebėti, o 1932 m. buvo iškelta hipotezė apie tamsiosios medžiagos egzistavimą. 1933 m. Šveicarijos astrofizikas F. Zwicky'is, tyrinėjęs galaktikų spiečius, gavo nematomos masės įrodymų, kuriuos pavadino „tamsiąja medžiaga“. Jis apskaičiavo galaktikų masę pagal galaktikų judėjimą netoli spiečiaus krašto ir palygino ją su įvertinimu, pagrįstu galaktikų ryškiu ir skaičiumi. Jo skaičiavimais, stebimas klasteris turėjo apie 400 kartų daugiau masės, nei buvo galima stebėti vizualiai, o stebimų galaktikų gravitacijos efektas buvo per mažas tokiam dideliame galaktikų orbitiniam greičiui, todėl, jo nuomone, kažkur turėjo slypėti masė ar medžiaga, užtikrinanti spiečių išlaikančią gravitacinę trauką.

1960 m. radijo astronomijos stebėjimų duomenimis, pustuzinis galaktikų išoriniuose regionuose sukasi per greitai, o tai rodo tamsiosios medžiagos egzistavimą kaip priemonę, sukuriančią gravitacinę trauką, reikalingą žvaigždėms išsilaikyti savo orbitose. 1980 m. apskaičiuota, kad daugelyje galaktikų tamsiosios masės turi būti maždaug šešis kartus daugiau nei matomos masės. XX a. 9-ajame dešimtmetyje stebėjimai (galaktikų spiečiai, gravitaciniai lęšiai, karštų dujų temperatūros pasiskirstymas galaktikose ir klasteriuose, anizotropijos kosminiame mikrobangų fone) patvirtino tamsiosios

medžiagos buvimą. Kosmologai sutaria, kad tamsiąją medžiagą daugiausia sudaro dar nenustatyto tipo subatominės dalelės, o jų paieška yra vienas didžiausių siekių dalelių fizikoje. Tamsiosios medžiagos tyrimams ypač svarbūs galaktikos klasteriai, nes jų masę galima įvertinti trimis nepriklausomais būdais:

- pagal žvaigždžių spiečių galaktikose radialinio greičio sklaidą;
- pagal rentgeno spinduliuotę, kurią skleidžia karštos dujos klasteriuose, nes rentgeno spindulių energijos spektras ir srautas padeda įvertinti dujų temperatūrą ir tankį, taigi ir slėgį, o slėgio ir gravitacijos balansas lemia klasterio masės profilį;
- pagal spiečių masės gravitacinių lęšių (dažniausiai tolimesnių galaktikų) matavimus, kurie nesusiję su spiečių dinamikos (pvz., greičio) stebėjimais.

Tamsioji medžiaga nesulenkia šviesos. Šiuo atveju tamsiosios medžiagos masė išlenkia erdvėlaikį. Šviesa seka erdvėlaikio kreivumą, todėl atsiranda lęšio efektas. Nors ir tamsioji, ir įprastinė medžiaga yra materija, jos elgiasi ne taip pat. Visų pirma ankstyvojoje Visatoje įprastinė medžiaga buvo jonizuota ir stipriai sąveikavo su spinduliuote, o hipotetinė tamsioji medžiaga su spinduliuote tiesiogiai nesąveikauja, tačiau ji veikia kosminį mikrobangų foną savo gravitaciniu potencialu (daugiausia dideliais masteliais) bei įprastu medžiagos tankiu ir judėjimo greičiu. Tamsiosios medžiagos radiacija neveikia.

Dauguma astronomams žinomų įprastų medžiagų, įskaitant planetas, matomas žvaigždes, rudąsias, raudonąsias ir baltąsias nykštukes, neutronines žvaigždes ir juodąsias skyles, vadinamos *barionine medžiaga* (pagal įprastos medžiagos masėje dominuojančius barionus). Savo ruožtu barioninė medžiaga irgi yra nestabili. Dabartinio mokslo požiūriu, protono pusinės eliminacijos laikas yra apie 10^{31} – 10^{36} metai ir jis suyra į pozitroną ir neutralų pioną, kuris iš karto skyla į du gama spindulių fotonus. Į atomo branduolį įterpti neutronai yra stabilios dalelės, nes išsilaiko milijardus metų ir ilgiau, tačiau

už branduolio ribų laisvieji neutronai yra nestabilūs ir jų vidutinė gyvavimo trukmė yra 37,75 s, tai yra apie 14 min.

Tamsioji medžiaga gali reikšti bet kokią medžiagą, kuri daugiausia gravitacijos būdu sąveikauja su matoma medžiaga (pvz., žvaigždėmis ir planetomis). Yra nemažai įrodymų, kad didžioji dalis tamsiosios medžiagos nėra barioninė. Taigi iš esmės ji neturi būti sudaryta vien iš naujo tipo pagrindinių dalelių, bet bent iš dalies ji gali būti sudaryta iš standartinės barioninės medžiagos, tokios kaip protonai ar neutronai. Stebėjimai rodo, kad maždaug penki šeštadaliai visos medžiagos yra tokios formos, kuri reikšmingai, bet tik per gravitacinius efektus, sąveikauja su įprasta medžiaga arba fotonais.

Tamsiosios medžiagos nebarioninės kandidatės yra hipotetinės dalelės, tokios kaip *aksionai* (aksionas – hipotetinė bozoninė vienetinio lauko elementarioji dalelė, turinti mažą masę ir nulinį elektros krūvį, ji galėtų sąveikauti su medžiaga tik savo gravitaciniu lauku), neutrinai, silpnai sąveikaujančios masyvios dalelės (WIMP), supersimetrinės dalelės, arba geonai (objektai, sudaryti iš šviesos fotonų, o ne iš medžiagos). Skirtingai nuo barioninės medžiagos, nebarioninė medžiaga neprisidėjo prie elementų susidarymo ankstyvojoje Visatoje (Didžiojo sprogo nukleosintezės metu), todėl jos buvimą atskleidžia tik gravitacinis poveikis arba silpnų lęšių susiformavimas. Be to, jeigu ją sudarančios dalelės yra supersimetriškos, jos gali savime susinaikinti ir dėl to atsirasti šalutinių produktų, tokių kaip gama spinduliai ir neutrinai (netiesioginis aptikimas). Jei tamsiąją medžiagą sudaro silpnai sąveikaujančios dalelės, kyla klausimas, ar ji gali sudaryti objektus, lygiaverčius planetoms, žvaigždėms ar juodosiosioms bedugnėms.

Tamsiajai medžiagai trūksta įvairių sąveikų, reikalingų struktūroms formuoti. Įprasta medžiaga sąveikauja įvairiais būdais, todėl gali sudaryti sudėtingesnes struktūras. Pavyzdžiui, žvaigždės susidaro

dėl gravitacijos, tačiau jose esančios dalelės sąveikauja, o įgydamos daugiau energijos gali ją skleisti per neutrinus ir elektromagnetinę spinduliuotę. Protonai ir neutronai gali jungtis stiprios sąveikos metu ir sudaryti atomus su elektronais daugiausia per elektromagnetinę sąveiką. Nėra įrodymų, kad tamsioji medžiaga gali sąveikauti taip įvairiai. Atrodo, kad ji sąveikauja tik per gravitaciją ar tam tikromis kitomis priemonėmis, ne stipresnėmis už silpnąją sąveiką. Kol tamsioji medžiaga nebus geriau suprasta, lieka tik spėlioti.

Tamsiąją medžiagą pagal jos laisvo srauto ilgį sąlygiškai galima suskirstyti į šaltą, šiltą ir karštą (Peebles, Ratra, 2003). Galimi ir jų mišiniai. Šios kategorijos nurodo ne tikrąją temperatūrą, o greitį, kiek atitinkami objektai atsitiktinai pajudėjo ankstyvojoje Visatoje, o vėliau dėl kosminio plėtimosi sulėtėjo. Šis atstumas vadinamas laisvo srauto ilgiu (FSL – *free streaming length*), kuris nustato vėlesnio struktūros formavimosi mažiausią skalę. Fizikų nuomone, negali būti labai mažo ilgio objektų, mažiausias įmanomas ilgis turėtų būti Planko ilgis (maždaug 10^{-35} metrų).

Šalta tamsioji medžiaga formuoja struktūras iš apačios į viršų, kai pradžioje formuojasi pirmosios galaktikos, o vėliau ir galaktikų spiečiai. Karšta tamsioji medžiaga lemtų formavimosi scenarijų iš viršaus į apačią, kai anksčiausiai formuojasi didelės medžiagos sankaupos, vėliau suyrančios į atskiras galaktikas.

Jeigu tamsiąją medžiagą sudaro šviesos dalelių gausa ir jos išlieka reliatyvios iki pat rekombinacijos, tada medžiaga gali būti vadinama „karšta“. Geriausias karštos tamsiosios medžiagos kandidatas yra neutrinas. Antra galimybė – tamsiosios medžiagos dalelės sąveikauja silpniau nei neutrinai, tuomet jų bus ne tiek gausu. Tokios dalelės vadinamos „šilta tamsiąja medžiaga“, nes jų šiluminis greitis yra mažesnis nei masyvių neutrinų. Šiuo metu vienu iš kelių kandidatų, atitinkančių šį aprašymą, yra gravitinos. Gravitina – tai subatominė dalelė, susijusi su gravitonu ir nuspėjama pagal supersimetriją. Bet

kurios dalelės, labai anksti tapusios nereliatyviomis ir todėl galėjusios pasklisti nedideliu atstumu, vadinamos šalta tamsiąja medžiaga.

Dar viena apytikslė skiriamoji linija yra laikas, kada šilta tamsioji medžiaga tapo nereliatyvi. Manoma, kad Visatai buvo maždaug vieni metai, ji buvo 1 milijoninės dalies savo dabartinio dydžio, o spinduliuotės (fotonų ir neutrinų) temperatūra buvo 2,7 mln. kelvinų. Tokia temperatūra suteikia 250 elektronvoltų fotono energiją ir pagal tai nustatoma tipiška šiltos tamsiosios medžiagos masės skalė. Silpnai sąveikaujančios masyvios dalelės (WIMP) taptų nereliatyvios daug anksčiau nei praėjus metams po Didžiojo sprogo, nes jų laisvo srauto ilgis (FSL) buvo daug mažesnis nei protogalaktikos dydis, todėl jos yra šaltos. Ir atvirkščiai, daug lengvesnės dalelės, tokios kaip neutrinai, kurių masė yra tik keli eV, turi daug didesnę laisvo srauto ilgį nei protogalaktika, todėl jos laikomos karštomis.

Sutariama, kad *šaltą tamsiąją medžiagą* sudaro sudedamosios dalys, kurių laisvo srauto ilgis (FSL) yra daug mažesnis nei protogalaktikos dydis. Jos nėra žinomos – tai gali būti dideli objektai, tokie kaip juodosios bedugnės, Preono žvaigždė ar rudųjų nykštukų sankaupos, ir silpnai sąveikaujančios masyvios dalelės (WIMP) bei aksionai. Vėlgi Preono žvaigždė yra hipotetinis dangaus kūnas, kuris, manoma, lieka po masyvios žvaigždės mirties, kai kvarkai susiskaido į tariamas subatomines daleles, vadinamas preonais, ir taip susidaro didžiausio tankio kosmoso objektas. Jo tankis turėtų būti didesnis nei 10^{23} kg/m³.

Šiltą tamsiąją medžiagą sudaro dalelės, kurių laisvo srauto ilgis (FSL) panašus į protogalaktikos dydį. Nė viena žinoma dalelė negali būti priskirta šiltai tamsiajai medžiagai. Postuluojamas kandidatas yra sterilus neutrinai: sunkesnė, lėtesnė neutrino forma, kuri, skirtingai nei kiti neutrinai, nesąveikauja silpna jėga.

Karštą tamsiąją medžiagą sudaro dalelės, kurių laisvo srauto ilgis (FSL) yra daug didesnis nei protogalaktikos dydis. Šiai medžiagai

būdinga dalelė yra neutrinas, jo masė yra mažesnė nei 10^{-6} elektrono masė. Neutrinais su įprasta medžiaga sąveikauja tik per gravitaciją ir silpną sąveikos jėgą, todėl juos sunku aptikti, nes silpnoji jėga veikia tik nedideliu atstumu, todėl neutrinas sukelia silpnos jėgos įvykį tik atsitrenkęs į branduolį.

Jei tamsiąją medžiagą sudaro subatominės dalelės, tai milijonai, galbūt milijardai tokių dalelių kiekvieną sekundę turi praeiti pro kiekvieną kvadratinį Žemės centimetrą. Šią hipotezę siekiama patikrinti daugeliu eksperimentų, kuriuos galima suskirstyti į dvi klases: 1) tiesioginio aptikimo eksperimentus, kai detektoriuje ieškoma tamsiosios medžiagos dalelių sklaidos nuo atomų branduolių; 2) netiesioginio aptikimo eksperimentus, kai ieškoma tamsiosios medžiagos dalelių anihiliacijos, arba skilimo, produktų. Šiuo metu nėra tvirtų teiginių apie tamsiosios medžiagos radimą tiesioginiais aptikimo eksperimentais. Netiesioginio aptikimo eksperimentais ieškoma tamsiosios medžiagos dalelių kosminėje erdvėje savaiminio susinaikinimo arba skilimo produktų. Pavyzdžiui, regionuose, kuriuose yra didelis tamsiosios medžiagos tankis (pvz., mūsų galaktikos centre), dvi tamsiosios medžiagos dalelės gali susinaikinti, kad susidarytų gama spinduliai arba standartinio modelio dalelių ir antidalelių poros; arba, jei tamsiosios medžiagos dalelė yra nestabili, ji gali suirti į standartinio modelio (ar kitas) daleles. Šiuos procesus galima aptikti netiesiogiai per gama spindulių, antiprotonų ar pozitronų, sklindančių iš didelio tankio mūsų galaktikos ar kitų sričių, perteklių. Alternatyvus tamsiosios medžiagos dalelių suradimo būdas – jas gaminti laboratorijoje. Eksperimentai su didžiuoju hadronų greitintuvu (LHC) gali aptikti tamsiosios medžiagos daleles greitintuve susidūrus protonų pluoštams. Kadangi tamsiosios medžiagos dalelės sąveika su matoma medžiaga turėtų būti nereikšminga, ji gali būti aptikta netiesiogiai kaip didelis kiekis trūkstamos energijos ir impulsas, kuris išsiskiria iš detektorių, jei aptinkami kiti (nereikšmingi) susidūrimo produktai.

Bendroji reliatyvumo teorija yra gerai patikrinta Saulės sistemos atveju, tačiau jos tinkamumas galaktikos ar kosmologinėse skalėse nėra tvirtai įrodytas. Alternatyvių hipotezių problema yra ta, kad tamsiosios medžiagos stebėjimo įrodymai gaunami daugybe atskirų metodų. Paaikškinti bet kokią individualų stebėjimą įmanoma, tačiau paaikškinti juos visus, kai nėra tamsiosios medžiagos sampratos, yra labai sunku. Daugelis astrofizikų mano, kad nors bendrosios reliatyvumo teorijos modifikacijos gali paaikškinti dalį stebėjimo įrodymų, tikriausiai jau yra pakankamai duomenų, leidžiančių daryti išvadą, kad Visatoje turi būti tam tikros formos tamsiosios medžiagos.

Pastaruoju metu atsirado dar viena įdomi hipotezė. Dabartinė kosmologija, apimanti viską – nuo elementų kūrimo iki erdvėlaikio plėtimosi, neatsižvelgia į magnetinius laukus. Gali paaikškėti, kad magnetizmo vaidmuo buvo esminis žvaigždžių ir galaktikų formavimuisi, nors vis tiek tektų aiškintis, kas įmagnetino kosmosą. Magnetizmas – pažįstama jėga. Kosmose plintančių magnetinių laukų prigimtis tokia pati kaip ir magnetuko ant šaldytuvo – elektrinių dalelių, tokių kaip elektronai, judėjimas ir išsirikavimas. Magnetiniai laukai nematomi, tačiau jų poveikis sklinda plačiai, nes magnetizmas yra vienintelė, neskaitant gravitacijos, toli sklindanti fundamentali sąveika. Magnetizmas nėra toks kosminis nežinomas kaip juodosios bedugnės ar tamsioji energija, nes žinome, ką jis veikia ir kas jį generuoja. Yra žvaigždžių, vadinamų magnetarais, klasė, kuri, manoma, sukuria galingiausią magnetinį lauką Visatoje. Tačiau nežinome magnetinių laukų amžiaus ir kaip jie paveikė kosmoso evoliuciją. Ko gero, svarbiausias klausimas, ar magnetinis laukas buvo ankstyvosios Visatos savybė, ar atsirado vėliau, o nuo to priklauso, ar magnetinis laukas prisidėjo prie infliacijos, sekundės dalį trukusio eksponentinio plėtimosi, nukreipusio ankstyvąją Visatą dabartiniu raidos keliu. Vis daugėja nepaneigiamų įrodymų, kad Visata dabar plečiasi greičiau nei turėtų

pagal standartinį kosmologijos modelį, todėl iškelta nauja hipotezė, kad tai galėtų būti pirminių magnetinių laukų pasekmė. Tik bėda, kad nežinome, ar pirminiai magnetiniai laukai egzistuoja. Jei taip, tai jie tikriausiai neįtikėtinais silpnos Visatos liekanos, nusidriekusios neįsivaizduojamai toli. Jos netgi gali būti persmelkusios visą kosmosą kaip silpnas visur esantis signalas, kurį sukūrė nežinomas reiškiny Visatos laiko pradžioje.

Tamsioji medžiaga ir tamsioji energija yra vieni didžiausių šiuolaikinės astrofizikos galvosūkių. Viena iš galimų prielaidų, kad yra kokios nors dar neaptiktos dalelės. Apie jų buvimą astronomai daro prielaidą iš šių dalelių gravitacinės traukos matomai medžiagai. Jei traukos nebūtų, galaktikos paprasčiausiai išsiskirstytų; galbūt yra tam tikra energija vakuumo erdvėje, kuri veikia prieš gravitaciją ir verčia galaktikas tolti viena nuo kitos vis didesniu greičiu. 99 % matomos Visatos sudaro įkaitusi medžiaga – plazma. Ji tokia karšta, kad elektronai atsiplėšia nuo atomų ir sudaro jonizuotas dujas. Nakties danguje plazma šviečia žvaigždžių, ūkų ir net pašvaisčių pavidalu, kurios kartais raibuliuoja virš šiaurės ir pietų ašigalių.

Laiko ir gravitacijos santykis yra teorinės fizikos tema. Yra nuomonių, kad laikas gali būti tamsioji medžiaga. Jei gravitacija deformuoja ir medžiagą, ir laiką, ar laikas taip pat gali turėti įtakos gravitacijai, kaip ir medžiaga? A. Einsteino bendrojoje reliatyvumo teorijoje gravitacija apibūdinama kaip erdvėlaikio kreivumas, kurį sukelia masės ir energijos buvimas. Tai reiškia, kad medžiaga veikia erdvėlaikio kreivumą ir pačią laiko tėkmę. Šis reiškiny žinomas kaip gravitacinis laiko išsiplėtimas. Nors laikas vaidina svarbų vaidmenį gravitacijos elgsenoje, jis nėra laikomas tamsiosios medžiagos forma. Tamsiosios medžiagos prigimties paieška tęsiasi, o mokslininkai siekia suprasti jos sudėtį ir poveikį Visatai.

2023 m. liepos mėn. 1 d. buvo paleistas kosminis teleskopas „Euclid“, kuris turėjo sukurti detaliausią paslėptos „tamsiosios

Visatos“ žemėlapi ir vykdyti šios Visatos evoliucijos tyrimus. Kosminis teleskopas aprūpintas 600 megapikselių kamera, kad nustatytų infraraudonųjų spindulių spektrometru ir fotometru aptiktų galaktikų raudonąjį poslinkį (Amos, 2023). Mokslininkai sutaria, kad ir būdamos nematomos tamsioji medžiaga ir tamsioji energija vaidina lemiamą vaidmenį Visatos struktūroje ir jos plėtroje. Kad gautų užuominų apie vadinamosios tamsiosios medžiagos ir tamsiosios energijos prigimtį, per maždaug šešerius metus „Euclid“ apžiūrės trečdalį dangaus. Mokslininkai pripažįsta, kad šiandien apie jas beveik nieko nežino, nors jos tikriausiai sudaro 95 % Visatos. Stebėdamas milijardus galaktikų daugiau nei trečdalyje dangaus iki 10 mlrd. šviesmečių erdvėje teleskopas sudarys 3D Visatos žemėlapi (laikas yra trečiasis matmuo), atskleis, kaip ji plėtėsi ir kaip susiformavo jos struktūra. Tai leis astronomams daryti išvadas apie tamsiosios energijos, tamsiosios medžiagos ir gravitacijos savybes bei atverti daugiau jų prigimties paslapčių. Nors tamsioji energija greitina Visatos plėtimąsi, o tamsioji medžiaga valdo kosminių struktūrų augimą, mokslininkams neaišku, kas iš tikrųjų yra tamsioji energija ir tamsioji medžiaga, nes jos neaptinkamos tiesiogiai. Vienintelė viltis jas atsekti yra pastangos stebėti jų subtilius signalus matomuose dalykuose. „Euclid“ teleskopas stebės daugybę galaktikų, kurių šviesa pasklido ir mus pasiekė beveik nuo Visatos atsiradimo pradžios. Remdamiesi šio didžiausio kada nors sukurto 3D kosminio žemėlapio statistika, mokslininkai tikisi rasti atsakymus. Manoma, kad „Euclid“ teleskopo tyrimai bus patys svarbiausi pastaraisiais metais, nes šiuo metu nėra ištirta 95 % 13,8 mlrd. metų senumo Visatos.

„Euclid“ teleskopo vaizdų raiška yra pribloškianti: joks ankstesnis kosminis teleskopas nesugebėjo apimti tokio matymo pločio, gylio ir ryškumo. Pavyzdžiui, J. Webbo teleskopo skiriamoji geba daug didesnė, tačiau jis neapėmia tiek dangaus, kiek „Euclid“ viename

kadre. Teleskopo kamera, turinti šimtus milijonų pikselių, gali apžiūrėti tolimą Visatą ir didžiulio dangaus tūrio objektus erdvėje ir laike, todėl manoma, kad tik stebint didžiulį galaktikų skaičių galima išskirti subtilius tamsiosios energijos ir tamsiosios medžiagos signalus.

„Euclid“ teleskopo vieta erdvėje yra taško, žinomo kaip Saulės ir Žemės Lagranžo taškas 2 (padėtyje, kurioje labai mažos masės kūnas yra pusiausviro kitų dviejų didelės masės kūnų, skriejančių apskritiminėmis orbitomis aplink bendrą masės centrą, atžvilgiu), aplinkoje, esančioje vidutiniškai 1,5 mln. km atstumu už Žemės orbitos. Teleskopas fotografuos optinėje ir artimoje infraraudonųjų spindulių šviesoje. Ilgainiui šie vaizdai apims daugiau nei trečdalį galaktinio dangaus už Paukščių Tako ribų ir leis stebėti milijardus kosminių objektų, susidariusių šviesai pasiekus mus per 10 mlrd. metų. „Euclid“ teleskopo vaizdų ryškis ir kokybė bus bent keturis kartus geresnė nei ta, kuri pasiekama stebint antžeminius dangaus objektus įprastais teleskopais. Teleskopą sukūrė Europos kosmoso agentūra ir „Euclid“ konsorciumas.

Didžiausio pasaulyje dalelių greitintuvo Šveicarijoje mokslininkai pateikė siūlymus kurti naują, daug didesnę, supergreitintuvą, kuris padėtų atrasti naujas daleles, o tai leistų geriau suprasti Visatos raidą. Jei projektui bus pritarta, naujasis greitintuvas bus tris kartus didesnis už dabartinį milžinišką Didįjį hadronų priešpriešinių srautų greitintuvą. Visgi jo kaina (14 mlrd. EUR) sukėlė nuostabą, o vienas projekto kritikas apibūdino išlaidas kaip „neatsargias“. Tokios (tik pradinės) statybos išlaidos būtų dengiamos Europos branduolinių tyrimų organizacijos (CERN) narių lėšomis.

Dalelių greitintuvas – įrenginys, kuris, naudodamas elektrinį ir / arba magnetinį lauką, greitina elektrinį krūvį turinčias daleles, suteikdamas joms didelę energiją. Yra du pagrindiniai greitintuvų tipai: tiesinis (linijinis) ir žiedinis. Naujasis greitintuvas vadinsis Ateities

žiediniu greitintuvu (FCC – *Future Circular Collider*) (11 pav.). Jis turėtų padėti žmonijai žengti naujus žingsnius ieškant atsakymų į Visatos fundamentaliuosius fizikos klausimus.

Dabar veikiančią Didįjį hadronų greitintuvą sudaro požeminis žiedinis tunelis, kurio perimetras yra 27 km, o gylis 50–150 m. Jis yra netoli Ženevos, Šveicarijos ir Prancūzijos pasienyje. Greitintuvas įgreitina subatomines daleles (hadronus) iki greičio, artimo šviesos greičiui, ir juos kaktomuša sutrenkia. Greitintuvo tunelyje yra du vamzdžiai, apsupti superlaidžių magnetų, šaldomų skystu heliu, ir palaikoma pastovi $-271,3^{\circ}\text{C}$ temperatūra. Šiais vamzdžiais priešpriešais



11 pav. Tarptautinio tiesinio (CLIC, 32 km), Didžiojo hadronų (LHC, 26,6 km) ir Ateities žiedinio (FCC, 91 km) greitintuvo lokacijos vieta.

juda protonų pluoštai, kol jiems suteikiama reikiama energija. Tada papildomi kvadrupoliniai magnetai suglaudžia pluoštus, kad protonai susidurtų. Po susidūrimų likusios ar susidariusios subatominės dalelės padeda mokslininkams išsiaiškinti, iš ko sudarytos subatominės dalelės ir kaip jos sąveikauja tarpusavyje. Žiediniai greitintuvai daleles gali įgreitinti ilgesnėje greitėjimo atkarpoje, sukdami jas ta pačia rato formos trajektorija tiek kartų, kiek reikia. Be to, vieną kartą susidūrimą „praleidusi“ dalelė nėra prarandama, kaip kad tiesinio greitintuvo atveju, – ji gali skristi žiedu tol, kol galiausiai susiduria su kitomis dalelėmis. Didžiausias Didžiojo hadronų greitintuvo (LHC – *Large Hadron Collider*) pasiekimas buvo naujos dalelės, vadinamos Higgso bozonu, aptikimas 2012 metais. Nuo tada tikslas susekti tamsiąją medžiagą ir tamsiąją energiją pasirodė sunkiai pasiekiamas. Daugiau nei prieš 10 metų aptikta Higgso bozono dalelė buvo tikra naujovė. Jo egzistavimą dar 1964 m. numatė Jungtinės Karalystės fizikas Peteris Higgsas. Mokslininkai manė, kad Visatoje egzistuoja „statybinis blokas“, suteikiantis dalelėms formą. Tai buvo paskutinė subatominės fizikos dėlionės dalis, kuri vadinama standartiniu modeliu.

Naująjį greitintuvą siūloma statyti dviem etapais. Pirmasis įrenginys pradėtų veikti 2036 m. ir būtų skirtas elektronų susidūrimų tyrimams. Tikimasi, kad dėl didesnės greitintuvo energijos susidarytų daug Higgso dalelių, kurias mokslininkai galės išsamiai ištirti. Antrasis etapas prasidėtų 2070-aisiais, ir šiai naujai konstrukcijai reikės galingesnių magnetų, kokių iki šiol dar nebuvo sukurta. Vietoj elektronų bus įgreitinami sunkesni protonai, jų susidūrimų metu tarp susidariusių dalelių bus ieškoma visiškai naujų dalelių. Naujojo greitintuvo perimetras bus 91 km, tai yra jis bus tris kartus didesnis už Didžiojo hadronų greitintuvo perimetrą. Požeminis žiedas bus net 200 m gylyje.

Kam reikalingas dar didesnės galios hadronų greitintuvas? Didysis hadronų greitintuvas pradėjo veikti 2008 m., tačiau kol

kas juo nepavyko rasti dalelių, kurios padėtų paaiškinti net 95 % nematomos Visatos (tamsiosios energijos ir tamsiosios medžiagos) sandaros. Šių nežinomųjų atradimas leistų sukurti išsamesnę Visatos teoriją. Kai kurie fizikai jau seniai įtarė, kad mus supančio pasaulio paslaptingos dalelės gali gerokai pagerinti mūsų supratimą apie tikrąją Visatos prigimtį. Dabar mokslininkai mano, kad rado būdą įrodyti arba paneigti jų egzistavimą. Europos branduolinių mokslinių tyrimų organizacija (CERN) patvirtino jų paieškų eksperimentą. Naujasis instrumentas, skirtas tokioms dalelėms aptikti, bus tūkstantį kartų jautresnis nei ankstesni įrenginiai. Taigi, kas yra šios „vaiduoklinės“ dalelės ir kodėl joms aptikti reikėjo naujo mokslinio požiūrio? Dabartinė dalelių fizikos teorija, vadinama standartiniu modeliu, teigia, kad Visatoje viską sudaro 17-os dalelių grupė. Tai gerai žinomos dalelės, tokios kaip elektronas ir Higgso bozonas, taip pat mažiau žinomos – kvarkas, τ neutrinai ir gliuonai. Kai kurių dalelių įvairūs deriniai formuoja didesnes, bet vis tiek neįtikėtinai mažas daleles, kurios sudaro mus supantį pasaulį, taip pat žvaigždes ir galaktikas. Stebėdami galaktikų judėjimą astronomai rado aiškių ženklų, kad visa, ką galime stebėti, sudaro tik 5 % Visatos. Taigi visa likusi Visata gali būti sudaryta iš „paslėptų“ dalelių. Manoma, kad jos yra standartinio 17-os dalelių modelio „vaiduoklinės“ dalelės arba jų atitikmenys. Jeigu jos egzistuoja, jas tikrai sunku aptikti dėl labai retos sąveikos su mumis pažįstamu pasauliu. Kaip „vaiduoklinės“ dalelės jos praeina be kliūčių pro viską ir negali būti aptiktos jokių turimų prietaisų. Visgi teorija teigia, kad labai retai „vaiduoklinės“ dalelės gali suirti į standartinio modelio daleles ir tada jas gali užfiksuoti detektoriai. Hadronų greitintuve kaktomuša sutrenkus dalelių srautus, tik viena sandūra iš milijono gali sukurti detektoriumi fiksuojamą „vaiduoklinę“ dalelę. Šių dalelių paieškai reikalinga speciali įranga. Atliekant įprastus eksperimentus, pavyzdžiui, naudojant

Didįjį hadronų greitintuvą, naujas daleles galima aptikti iki metro atstumu nuo susidūrimo vietos, tačiau „vaiduoklinės“ dalelės gali likti nematomos ir nukeliauti kelias dešimtis ar net šimtus metrų, kol suyra ir atsiskleidžia, todėl įrenginio detektoriai išdėstomi daug toliau. Didysis hadronų greitintuvas 95 % nematomos Visatos ieško nuo 2008 metų. Kol kas nerasta jokių nestandartinio modelio dalelių. Naujuoju eksperimentiniu įrenginiu ketinama pradėti ieškoti „vaiduoklinių“ dalelių apie 2030 metus. Planuojama, kad greitintuvo įgreitintos dalelės trenksis į kietą paviršių, o ne bus nukreiptos vienos prieš kitas, kaip kad vyksta pagrindiniame CERN įrenginyje – Didžiajame hadronų greitintuve (LHC). Tai reiškia, kad beveik visos dalelės bus susmulkintos į mažesnes daleles. Eksperimente žavi tai, kad nors šios dalelės yra „tiesiai po mūsų nosimi“, mes negalime jų pamatyti dėl to, kad jos nesąveikauja su mumis žinoma aplinka.

Daugiau nei prieš 20 metų daugelis CERN mokslininkų prognozavo, kad Didysis hadronų greitintuvas suras šias paslaptingas substancijas, tačiau tai neįvyko, todėl ir pasitelkus naująjį greitintuvą nėra garantijų, kad pasiseks. Kai kurie mokslininkai teigia, kad išleisti 14 mlrd. EUR projektui būtų neapdairu. Jų nuomone, pasauliui susiduriant su klimato grėsmėmis, protingiau būtų šias mokslinių tyrimų lėšas nukreipti į pastangas kurti valdomą ateitį.

Tyrėjai kuria ir tiesinius greitintuvus. CERN stato didžiausią pasaulyje 32 km ilgio Tarptautinį tiesinį greitintuvą. Jis turėtų būti daugiau kaip 10 kartų ilgesnis nei tokio pat tipo įrenginys Stanforde (JAV) – nuo 1962 m. veikiantis tiesinis greitintuvas (3 073,72 m). Pagrindinė naujojo tiesinio greitintuvo užduotis būtų tirti elektronų ir pozitronų susidūrimų metu vykstančius reiškinius. Pagal dalelėms tenkančią energiją sistema būtų mažiau galinga nei žiedinės konstrukcijos greitintuve, tačiau juo būtų galima atlikti tikslesnius matavimus ir patvirtinti, patikslinti LHC greitintuvo atradimus.

Pirmieji tyrimai planuojami iki 2035 m., tyrimų programos trukmė – 25–30 metų.

Kaip ir Visata, laikas yra begalinis. Jei pasikartos Didysis susitraukimas, tai nebus pabaiga, nes sistemos energija virs kažkuo kitu – taigi pabaiga vėl bus kažko pradžia. Visata tikriausiai nėra begalinė, bet neturi pabaigos, kaip ir bet kokios sferos paviršius, kuris nėra begalinis, bet neturi nei pradžios, nei pabaigos. Galbūt ilgainiui Visata nustos plėstis ir vėl pradės trauktis (Wolchover, 2011). Ar yra kas nors už Visatos? Pagal vyraujančias hipotezes, anapus jos nieko nėra, nes erdvė ir laikas buvo sukurti per Didįjį sproginimą.

Taigi ką jau žinome ir ko nežinome apie tamsiąją medžiagą ir tamsiąją energiją:

- Viena didžiausių Visatos paslapčių – tamsioji energija. Apie ją daugiau nežinome nei žinome. Tamsiosios energijos prigimtis yra labiau hipotetinė nei tamsiosios medžiagos ir daugelis su ja susijusių dalykų lieka nepatvirtintomis hipotezėmis. Manoma, kad tamsioji energija yra labai vienalytė, nelabai tanki ir nėra žinoma, kad ji sąveikautų per kokias nors kitas jėgas, išskyrus gravitaciją. Ji daro įtaką Visatos plėtimuisi, todėl fizikai gali daryti išvadą, kad tamsioji energija kažkaip susijusi su erdvės vakuumu.
- Tamsiąją medžiagą sudaro dalelės, kurios nesugeria, neatspindi ir neišskiria šviesos, todėl jų negalima aptikti stebint elektromagnetinę spinduliuotę. Šios medžiagos negalima matyti tiesiogiai. Tiesą sakant, išvadą apie tamsiosios medžiagos egzistavimą mokslininkai galėjo daryti tik dėl jos galimo gravitacinio poveikio matomai medžiagai. Viskas, kas kada nors buvo pastebėta Žemėje visais turimais instrumentais, sudaro mažiau nei 5 % Visatos, o tamsiajai medžiagai tenka net apie 27 %.
- Taigi tamsioji medžiaga gali būti bet kokia medžiaga, gravitacijos būdu sąveikaujanti su matoma medžiaga (pvz., žvaigždėmis ir planetomis). Iš esmės jos neturėtų sudaryti naujo tipo

pagrindinės dalelės, bent dalis jos galėtų būti iš standartinės barioninės medžiagos, tokios kaip protonai ar neutronai.

- Tamsiąją energiją padėjo pastebėti tolimų supernovų švytėjimo silpnis, palyginti su jų tikėtinu ryškumu Visatoje, kuris mažėja veikiant gravitacijai. Atrodo, kad šį pagreitį skatina savotiška „antigravitacija“, stumianti Visatos objektus. Tyrėjai spėja, kad tamsioji energija susiformuoja dėl juodųjų bedugnių ir Visatos plėtimosi derinio. Juodosios bedugnės yra gana paslaptingi objektai, nors ir kiek ilgai jos bebūtų tyrinėjamos.
- Pagal „vaiduokliškos“ tamsiosios energijos hipotezę, Visatos plėtimasis ne tik greitėja, bet laikui bėgant didėja ir plėtimosi pagreitis. Jeigu plėtimasis būtų labai greitas, galaktikos, atomai ir pats erdvėlaikis turėtų suirti.
- Visi Visatos komponentai turi teigiamą masės ir energijos santykį. Jie susiję traukiančia gravitacine sąveika, kuri Visatai plečiantis mažėja. Visgi hipotetinė tamsioji energija turi neigiamą masės ir energijos santykį ir priešingai nei gravitacija pasižymi objektus atstumiančia sąveika. Erdvei plečiantis, tamsiosios energijos tankis išlieka pastovus, todėl Visatai plečiantis pakankamai ilgai, tamsioji energija pradeda dominuoti. Tamsioji energija iš tikrųjų veikia prieš gravitacijos jėgą, nes ji stumia kosminius objektus vienus nuo kitų, o gravitacija juos traukia.
- Kokia yra tamsioji medžiaga – šalta, šilta ar karšta? Lengvos, greitos dalelės yra žinomos kaip karšta tamsioji medžiaga, sunkios, lėtos dalelės yra šalta tamsioji medžiaga, o tarp jų esančios dalelės yra šilta tamsioji medžiaga. Todėl silpnai sąveikaujančios masyvios dalelės yra šalta tamsioji medžiaga, neutrinai yra šilta tamsioji medžiaga, o ankstyvosios Visatos reliktiniai neutrinai yra karšta tamsioji medžiaga. Kai kurie tyrinėtojai mano, kad tamsiąją medžiagą sudaro pirminės juodosios bedugnės, atsiradusios po Didžiojo sprogo.

- Pagrindinė tamsiosios medžiagos hipotezės problema yra ta, kad niekas nežino, kokios formos ta medžiaga gali būti. Nepaisant pastarojo meto astrofizikos ir astronomijos pažangos, mokslininkai dar neperprato galaktikų egzistavimo, nes visos galaktikos daugiausia sudarytos iš tamsiosios medžiagos, o matoma medžiaga (žvaigždės, dujos, dulkės) sudaro tik nedidelę galaktikų masės dalį.
- Klausimas, kodėl stebimoje Visatoje yra daugiau medžiagos nei antimedžiagos, yra dar viena atvira fizikos problema, žinoma kaip *barionų asimetrija*. Remiantis plačiai pripažinta teorija, Didysis sprogimas turėjo sukurti vienodą kiekį medžiagos ir antimedžiagos. Tačiau *bariogenezės* metu susidarė nedidelis medžiagos perteklius, palyginti su antimedžiaga, todėl Visatoje įsivyravo medžiaga. Siekiant suprasti šio disbalanso pobūdį, kuriamos įvairios teorijos ir vykdomi eksperimentai, įskaitant pagrindinių dalelių sąveikos ir neutrinų elgesio tyrimą. Nors siūloma keletas bariogenezės mechanizmų, galutinis pastebėtos medžiagos ir antimedžiagos asimetrijos paaiškinimas kol kas išlieka nepaaiškintų teorinės ir eksperimentinės fizikos reiškinių tyrimų sritimi.

Suprasti, kas yra tamsioji medžiaga ir tamsioji energija, yra labai svarbu, nes jos pirmapradėje Visatoje sudaro beveik viską, o mes apie jas beveik nieko nežinome. Iš esmės nepažįstame 95 % Visatos. Tamsioji medžiaga yra svarbi, nes veikia kaip nematomi klajai, laikantys galaktikas kartu, o tamsioji energija verčia Visatą plėstis vis greičiau ir greičiau, tai yra ji stumia galaktikas viena nuo kitos, įveikdama gravitacijos trauką. Suvokę, kas yra tamsioji medžiaga ir tamsioji energija, galbūt suprasime, kas iš tikrųjų sudaro pirmapradę Visatą. Šių paslapčių įminimas galėtų visiškai pakeisti požiūrį į Visatą, jos ateitį ir galbūt atskleistų dar nežinomus fizikos dėsnius.

Kas yra laikas

Dauguma mums žinomų reiškinių ar procesų turi pradžią ir pabaigą. Tačiau kada prasidėjo laikas ir kada jis baigsis, jau daug amžių neramina protus. Kokia buvo kibirkštėlė, pradėjusi laiką, ir kuo laikas kada nors pasibaigs? Laikas yra nenutrūkstama egzistencijos ir įvykių seka, negrįžtamai vykstanti iš praeities per dabartį į ateitį. Jis naudojamas sekti įvykius, palyginti įvykių trukmę ar intervalus tarp jų ir kiekybiškai įvertinti dydžių kitimo greitį materijoje realybėje. Laikas – viena pagrindinių (greta erdvės) materijos egzistavimo formų, pasireiškianti materialių objektų egzistavimo trukme, nuoseklia jų būsenų kaita. Jis egzistuoja objektyviai ir yra neatsiejamas nuo kintančios materijos.

Neįtikėtinai greitas medžiagos ir energijos plėtimasis, prasidėjęs po Didžiojo sprogo, kosmologų nuomone, pažymėjo Visatos gimimą, nors Visatos pradžia ir pabaiga toliau išlieka didele paslaptimi. Visų pirma neaišku, kada prasidėjo laikas ir koks jis buvo ankstyvojoje Visatoje. Kalbant apie tolimą ateitį ir samprotavimą, ar laikas baigsis, atsakymas iš dalies priklauso nuo to, ką turime mintyse sakydami „laikas“. Kosmologai sutinka, kad Visata atsirado prieš dešimtis mlrd. metų Didžiojo sprogo metu. Tai pagrįsta dešimtmečius trukusiais stebėjimais, rodančiais, kad visos Visatos galaktikos tolsta viena nuo kitos, arba, kitaip tariant, Visata plečiasi. Jei paleistume laiko juostą atgal, galėtume teigti, kad iš pradžių viskas buvo suspausta labai mažame taškelyje, arba „singuliarume“, kuris po Didžiojo sprogo stulbinančiai greitai išsiplėtė. Kyla pagunda sužinoti, kas buvo prieš tai, bet daugumai fizikų tai atrodys beprasmiška, nes, jų nuomone, laikas egzistuoja tik nuo tada, kai pradėjo egzistuoti Visata. Panašių minčių galima rasti ir krikščionių filosofo Tomo Akviniečio raštuose: nėra prasmės klausti, ką Dievas

veikė prieš sukurdamas Visatą, nes Dievas sukūrė viską, įskaitant laiką, todėl klausimas nėra prasmingas. Visgi dar negalime būti tikri, kad žinome, koks buvo Didysis sprogimas ir kas įvyko iškart po to. Šiuo metu tai vis dar tuščias žinių apie Visatos pradžią knygos puslapis. Pagrindinė problema yra ta, kad pradinis singuliarumas (ypatinga Visatos pradinės stadijos erdvės ir laiko būseną, kuriai būdingas begalinis materijos tankis) buvo labai mažų matmenų ir didelio tankio, o begalybė reiškia, kad negalime apibūdinti to, kas vyksta ar vyko. Kadangi begalybės teorijos sukelia dideles problemas, kai kurie fizikai teigia, kad singuliarumas iš tikrųjų neegzistuoja, bet yra ženklas, kad naudojama teorija „yra netinkama“. Be to, daug tyrimų rodo, kad didžiąją mūsų Visatos dalį sudaro tamsioji medžiaga ir tamsioji energija. Mes dar nežinome, „kas yra kas“, todėl negalime daryti prielaidų, kaip jos elgėsi ar elgtųsi ekstremaliomis ankstyvosios Visatos sąlygomis.

Kai kurie kosmologai svarsto kitas idėjas. Pagal vieną iš scenarijų, egzistuoja „supervisata“, kurioje yra mūsų Visata ir daugelis kitų. Šiuo požiūriu Didysis sprogimas yra pradžia tik mums, nes jis įvyko platesnėje supervisatoje, apie kurią nieko nežinome. Atrodytų, kad po Didžiojo sprogo laiko mūsų Visatoje pajudėjo tik viena kryptimi. Mes patiriame laiką, tekantį iš praeities į dabartį ir į ateitį, kuris niekada nekeičia krypties. Tai visiškai nepanašu į mūsų patirtį trimatėje erdvėje, kurioje galime laisvai judėti ir pirmyn, ir atgal.

Kai kurie fizikai įtaria, kad „laiko rodyklė“ nėra pagrindinė Visatos savybė, o kažkas, kas atsiranda dėl joje esančių medžiagų ir energijos elgsenos. Vienas iš tokių aiškinimų yra susijęs su entropijos dydžiu Visatoje. Entropijos kiekis Visatoje visada didėja. Gali būti atskirų regionų ar sričių, kur ji mažėja, tačiau esant tokiai anomalijai išsiskiria šiluma, kuri padidina entropiją kitose vietose. Toks nuolatinis entropijos didėjimas yra vienas iš galimų laiko rodyklės kryptingumo paaiškinimų. Kadangi bet kuriuo momentu yra

didesnė tikimybė, kad entropija didės, o ne mažės, laikas nuolat juda didesnės entropijos kryptimi. Visgi šis paaiškinimas turi ir trūkumų. Daroma prielaida, kad Visata prasidėjo mažos entropijos būsenoje, nes jei po Didžiojo sprogo entropija būtų buvusi didelė, ji negalėtų didėti. Tiesą sakant, dar neaišku, ar turime tam įrodymų. Kol kas ankstyvosios Visatos vaizdas gaunamas iš silpnos, vadinamos kosminiu mikrobangų fonu, spinduliuotės, kuri mus pasiekia iš kiekvieno dangaus kampelio. Spinduliuotės modelis yra entropinis, todėl neatrodo tikėtina atspirties tašku, nuo kurio buvo paleista laiko rodyklė. Dabartiniu požiūriu, tai buvo mažos entropijos būseną ir tam nereikia ieškoti ypatingos priežasties.

Per pastaruosius kelis dešimtmečius atsirado naujas mokslas – *nepusiausviryų vyksmų fizika*, įvedusi tokias sąvokas kaip saviorganizacija ir disipatyviosios struktūros, aprašanti vienakrypčio laiko padarinius ir suteikianti naują prasmę negrįžtamumo terminui.

Jau pačioje antrojo termodinamikos dėsnio esmėje randame pagrindinį skirtumą tarp „grįžtamų“ ir „negrįžtamų“ procesų. Klasikinėje izoliuotoje sistemoje su išoriniu pasauliu nesikeičia nei energija, nei medžiaga. Čia antrasis termodinamikos dėsnis tik nustato funkcijos (entropijos) egzistavimą, kuri monotoniškai didėja, kol pasiekia maksimumą esant termodinaminės pusiausvyros būsenai. Pagal antrąjį termodinamikos dėsnį, izoliuotos sistemos entropija bėgant laikui gali tik didėti arba išlikti pastovi. Savieigai paliktos sistemos entropija turi augti. Entropijos didėjimas rodo laiko tėkmę. Minimalios entropijos susidarymo teorija teigia, kad esant pastovioms būsenoms, pakankamai artimoms pusiausvyrai, entropijos augimas pasiekia savo minimumą, o nuo laiko priklausomos būsenos (atitinkančios tas pačias ribines sąlygas) pasižymi didesniu entropijos augimu.

Nepusiausvriosios termodinamikos teoremos formuluotė sako: stacionarioje būsenoje entropijos susidarymas termodinaminės

sistemos viduje su pastoviais išoriniais parametrais yra minimalus ir pastovus (Prigogine, 1977). Pagal šią teoremą, tiesinės nepusiausvirošios sistemos stacionari būseną (sąlygos, kurios neleidžia pasiekti pusiausvyros būsenos) atitinka minimalų entropijos susidarymą. Jei tokių kliūčių nėra, tai entropijos didėjimo greitis pasiekia absoliutų minimumą – nulį. Realioms sistemoms ši teorema galioja tik apytiksliai, todėl minimalus entropijos didėjimas stacionariai būsenai nėra toks bendras principas kaip maksimali pusiausvyros būsenos entropija. Ši teorija sako, kad toli nuo pusiausvyros esančios sistemos, kurios svyruoja netiesiškai, gali „peršokti“ per statistines *bifurkacijas* (staigius kokybinius sistemos judėjimo arba topologijos pakitimus tolygiai ir nedaug pakitus parametru) į naujas sudėtingas kategorijas. Be šios naujos sampratos, kurią lemia negrįžtami nepusiausvirieji vyksmai, gyvybės Žemėje turbūt nebūtų. Minimalios entropijos susidarymo teorema išreiškia savotišką nepusiausvirošios sistemos „inercinę“ savybę. Kai nustatytos ribinės sąlygos neleidžia sistemai pasiekti termodinaminės pusiausvyros (t. y. nulinio entropijos augimo), sistema nusistovi „mažiausio disipatyvumo, arba saviorganizacijos“, būsenoje. Taigi yra nuomonių, kad nepusiausvyra gali tapti *tvarkos šaltiniu* ir kad negrįžtami procesai gali sukelti naujo tipo dinamines medžiagos būsenas, vadinamas „disipacinėmis struktūromis“. Klasikinis mokslas pabrėžė tvarką ir stabilumą, o dabar, pripažįstant *nepusiausvirųjų vyksmų fiziką*, priešingai, visuose stebėjimo lygmenyse matome fluktuacijas, nestabilumą, įvairias alternatyvas ir ribotą nuspėjamumą. Tokios būsenos kaip chaosas tampa labai populiarios, nes daro įtaką mąstymui praktiškai visose mokslo srityse. Kai yra duotos atitinkamos pradinės sąlygos, mes galime patikimai numatyti ateitį arba „atkurti“ praeitį, o kai įtraukiamas nestabilumas, to padaryti nebeįmanoma, ir gamtos dėsnių reikšmė radikaliai keičiasi, nes dabar jie išreiškia tik *galimybes* arba *tikimybes*. Ši naujoji fizika prieštarauja vienai iš pamatinių minties tradicijų – *tikėjimui*

tikrumu, nes apskritai vyravo nuomonė, kad tikimybės yra proto, o ne pasaulio būsenos. Pripažįstant šią teoriją įvyksta mąstymo lūžis, kai mokslas nebetapatinamas su tikrumu, o tikimybė – su nežinojimu. Yra teorijų, kuriose mūsų Visatos gimimas siejamas nebe su singuliariniu tašku, bet veikiau su aplinkos nestabilumu, kuris yra artimas įvairiems virsmams. Kadangi entropija specifiskai susijusi su medžiaga, erdvėlaikio transformacija į medžiagą atitinka disipatyvųjį negrįžtamą vyksmą, sukuriantį entropiją, o atvirkščias vyksmas, kuris medžiagą transformuotų į erdvėlaikį, yra neįmanomas.

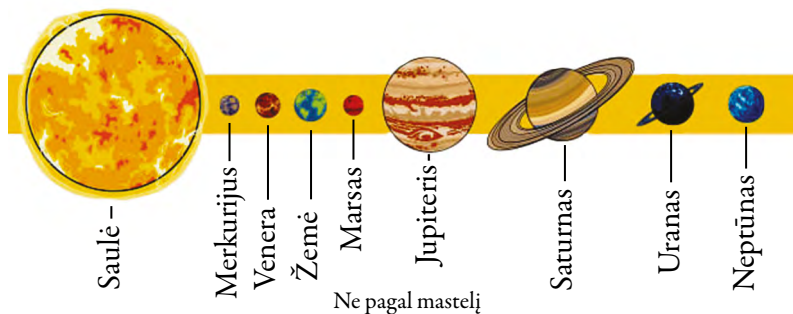
Dar vienas galimas aiškinimas, kad, be mūsų, yra ir kitų visatų, turinčių skirtingas pradines būsenas, tačiau gyvybės formos tikriausiai galėtų egzistuoti tik visatose, kurių entropija didėja. Visatos, kurios prasideda didele entropija, nepalaikytų gyvybės, o mes tiesiog atsidūrėme Visatoje, kurios entropija pradžioje buvo maža.

Kaip žinia, vienas iš galimų laiko rodyklės kryptingumo aiškinimų fizikoje ir chemijoje yra glaudžiai susijęs su antrojo termodinamikos dėsnio formulavimu, kuris mokslo istorijoje buvo labai svarbus. Pakanka paminėti L. Boltzmanno darbą apie kinetinę teoriją, M. Plancko kvantinės teorijos atradimą arba A. Einsteino spontaniškos emisijos teoriją, kurios buvo pagrįstos antruoju termodinamikos dėsniu. Viena vertus, sveikas protas linkęs teigti, kad kiekvienas įvykis yra nulemtas tam tikrų ankstesnių įvykių, taigi kiekvieną įvykį galima paaiškinti arba numatyti. Kita vertus, sveikas protas žmonėms priskiria gebą laisvai pasirinkti bet kurią alternatyvią veiklą. Taigi, ar ateitis yra duotybė, ar ji nuolat konstruojama, nes visur (chemijoje, kosmologijoje, biologijoje ar humanitariniuose moksluose) praeitis ir ateitis vaidina skirtingus vaidmenis. Tačiau gali būti, kad vyksmas ir ne toks. Yra hipotezių, kad Visata iš karto lemia visą istoriją, ne tik praeitį, bet ir ateitį, tik dar nežinome, kokia bus ta ateitis. Galbūt dabartis, ateitis ir praeitis priklauso viena nuo kitos mums dar nesuprantamais būdais.

Astronomijoje matuojant laiką naudojamosi žvaigždžių, Saulės, Žemės, Mėnulio judėjimu dangaus sferoje. Visgi Mėnulis – nuolatinis mūsų planetos orbitinis palydovas „žvaigždiname baletė“, kurį atliekame sukdamiesi aplink Saulę, pamažu tolsta. Kiekvienais metais atstumas tarp Žemės ir Mėnulio padidėja, todėl mūsų dienos tampa šiek tiek ilgesnės. Tai priklauso nuo Mėnulio gravitacijos poveikio mūsų planetai. Mėnulis sukuria potvynius ir atoslūgius. Taip nutinka todėl, kad jis, sukdamasis aplink Žemę, traukia jos vandenynus. Tokią pačią trauką jaučia ir Žemės pluta, tačiau kadangi vandenį pajudinti daug lengviau nei Žemės plutą, beveik niekas nepastebi nedidelių Žemės deformacijų, kurios siekia kelis dešimtis centimetrų. Dėl greito Žemės sukimosi Mėnulio sukeltas vandenynų ir sausumos išgaubtumas visuomet yra šiek tiek priekyje nei tuo atveju, jei sistema būtų stacionari. Mėnulio gravitacinė jėga išgaubia vandenyną ties tuo dienovidiniu, ties kuriuo jis kybo. Tuo pačiu metu vandenynas išsigaubia ir priešingoje Žemės pusėje. Sąveikaudamas su šiuo išgaubtumu Mėnulis po truputį tolsta nuo Žemės. Savo ruožtu Mėnulio sukelti potvyniai dėl sausumos pasipriešinimo vandens judėjimui stabdo Žemės sukimąsi aplink savo ašį. Tai palaipsniui mažina mūsų planetos sukimosi energiją, lėtina jos sukimąsi, o Mėnulis įgyja energijos ir judėdamas į aukštesnę orbitą tolsta nuo Žemės. Tokiu būdu Žemės sukimasis apie savo ašį lėtėja apie 1 sekundę kas 50 000 metų, o Mėnulis tolsta nuo Žemės apie 38,2 mm kasmet. Nors tai neatrodo labai daug, per 4,5 mlrd. metų Žemės istoriją šis nutolimas yra ryškus.

Laikas yra vienas iš septynių pagrindinių fizinių dydžių tiek tarptautinėje vienetų sistemoje (SI), tiek tarptautinėje kiekių sistemoje. Yra du laiko matavimo metodai: kalendorius (matematinis laiko intervalų organizavimo įrankis) ir laikrodis (fizinis laiko skaičiavimo mechanizmas). Kasdieniame gyvenime laikrodis naudojamas

trumpesniems nei paros laikotarpiams, o kalendorius – ilgesniems nei paros laikotarpiams fiksuoti. Mums įprastą klasikinį geocentrinį kosmosą sudaro aštuoni Saulės sistemos komponentai: Žemė, Saulė, Mėnulis (Žemės–Mėnulio–Saulės trejetas), penkios klajojančios žvaigždės (plika akimi matomos į žvaigždės panašios planetos) – Venera, Merkurijus, Marsas, Jupiteris ir Saturnas bei fiksuotų žvaigždžių žvaigždynai, arba dvylika Zodiako žvaigždynų (12 pav.). Klasikinė Antika Mėnulį ir Saulę laikė planetomis arba judančiomis žvaigždėmis. Norint geriau suprasti geocentrinį kosmosą, reikėtų atsižvelgti į šiuos dalykus: Saulė yra daug didesnė už bet kurią kitą Saulės sistemos objektą; Saulės šviesa tampa matoma tik tada, kai ji apšviečia objektą; naktį matome juodą dangų su žvaigždėmis ir tuo metu matomomis planetomis; planetos atrodo kaip žvaigždės, bet jos keičia savo santykinę padėtį nejudančių žvaigždžių atžvilgiu, todėl buvo žinomos kaip klajojančios žvaigždės. Žiūrint iš Žemės, Merkurijus visada yra arti Saulės ir todėl retai matomas. Venera dažnai matoma kaip rytinė arba vakarinė žvaigždė, esanti gana arti Saulės. Zodiakas yra Saulės (judančios žvaigždės) vienerių metų kelias per nejudrias žvaigždes. Klaudijus Ptolemajus veikale „Almagestas“ (II a. pr. m. e.) aprašė sudėtingus geocentrinis planetų judesius. Klasikinis kosmosas (Babilonija) turi daug senesnes šaknis



12 pav. Saulės sistema.

nei aprašytasis „Almageste“. Koperniko Saulės sistema yra teisinga, tačiau gyvi organizmai, įskaitant žmones, nepatiria Koperniko kosmoso. Organizmai patiria geocentrinį kosmosą, o Koperniko kosmosas jiems yra abstrakcija.

Klasikinio geocentrinio kosmoso įtaka aiškiai atsispindi kultūroje. Savaitė skirstoma į septynias dienas, o metai – į dvylika mėnesių. Daugelyje kalbų savaitės dienų pavadinimai nurodo Saulę, Mėnulį ir penkias klajojančias geocentrinės Saulės sistemos žvaigždes. Pavyzdžiui, prancūzų kalboje antradienis, trečiadienis, ketvirtadienis ir penktadienis yra atitinkamai *mardi* (Marsas), *mercredi* (Merkurijus), *jeudi* (Jupiteris) ir *vendredi* (Venera). Šeštadienio (Saturno), sekmadienio (Saulė) ir pirmadienio (Mėnulio) atitikmenys taip pat akivaizdūs (12 pav.). Dvylikos zodiako žvaigždynų skaičius atitinka dvylika metų mėnesių. Vidutinė dienos ir nakties trukmė yra dvylika valandų.

Sukurti tvarkingą kalendorių praeityje bandė ne vienas valdovas. Tai buvo nemenka užduotis, nes kalendorių reikėjo suderinti su Žemės sukimusi apie savo ašį (diena) ir jos sukimusi aplink Saulę (metai). Ankstyvąjį romėnų kalendorių lėmė Mėnulio ir žemės ūkio metų ciklai. Jame buvo tik 10 mėnesių, pradedant kovo mėnesiu pavasarį ir baigiant dešimtuojų, kurį vadinaime gruodžiu. Šeši iš tų mėnesių turėjo 30 dienų, keturi – 31 dieną, iš viso buvo 304 dienos. Du mėnesiai per metus, kai lauke nederbama, tiesiog buvo neskaičiuojami. Visgi greitai tokios praktikos atsisakyta, nes paaiškėjo, kad kalendorių suderinti su Saule yra vienas dalykas, o išlaikyti jį tokį – kas kita. Žemės apsisukimų skaičius aplink Saulę apytiksliai yra 365,2421897 apsisukimai. Taisant šį kalendorių trukdantį nesutapimą kas ketverius metus buvo pridedama papildoma diena. Tokie keliamieji metai kartodavosi kas ketverius metus. Visgi net ir padarius minėtą korekciją, visiškai metų sinchronizacijai pritrūkdavo apie 11 minučių. 1582 m. popiežius Grigalius pakoregavo kalendorių – pagal

ji, metų korekcijas reikia atlikti ne tik kas 4 metus, bet ir kas 400 metų, todėl, pavyzdžiui, 2000 metai buvo keliamieji, nes jie dalijasi ir iš 100, ir iš 400. Šis vis dar netobulas kalendorius garantuoja kelių tūkstantmečių tikslumą. Dabartiniu metu para dalijama į 24 valandas, valanda – į 60 minučių, minutė – į 60 sekundžių. Fizikinės laiko sistemos pagrindas – atominė sekundė. Sekundė – tai laiko vienetą, pavadintas pagal 1967 m. patvirtintą tarptautinės vienetų sistemos (SI) laiko vieneto apibrėžimą. Tai yra cezio izotopo ^{133}Cs spinduliuotės, kurią sukelia jo atomo pagrindinės būsenos dviejų hipersmulkios sandaros lygmenų šuoliai, 9 192 631 770 periodų trukmė. Nuo 2010 m. mažiausia laiko tiesioginio matavimo neapibrėžtis yra maždaug 12 atosekundžių ($1,2 \times 10^{-17}$ s), arba maždaug $3,7 \times 10^{26}$ Planko laiko dalis.

Nemažai žmonių gyvena neįprastiniu laiku. Nepalo Bikram Sambat kalendoriuje 2023 m. iš tikrųjų yra 2080 metai. Skirtingos etninės grupės šalyje naudoja mažiausiai keturis kalendorius, o Nepalo laikas net 15 min. nedera su standartinėmis laiko juostomis. Etiopijoje metai trunka 13 mėnesių. 2023 m. islamo kalendorius liepos mėn. pažymėjo 1 445 m., Mianmare – 1 384 m., Tailande – 2 566 m. atėjimą.

Laikas kartu su trimis erdviniais matmenimis dažnai vadinamas ketvirtąja dimensija. Norint apibūdinti kokį nors stebimą įvykį, paprastai pažymima vieta (padėtis erdvėje) ir laikas. Fizinę laiko prigimtį, atsižvelgiant į įvykių erdvėlaikyje, nusako bendrasis reliatyvumas. Bendroji reliatyvumo teorija nenagrinėja itin mažų intervalų, kuriuose galioja kvantinė mechanika, laiko prigimtį, antra vertus, dar nesukurta visuotinė kvantinė bendroji reliatyvumo teorija. Erdvės ir laiko santykio tyrimai paskatino fizikus apibrėžti erdvės ir laiko kontinuumą. Teoriniai ir eksperimentiniai erdvėlaikio tyrimai rodo, kad laikas gali būti iškraipytas ir išsiplėtęs, ypač judųjų bedugnių paribiuose.

Filosofijos ir gamtos mokslo istorijoje egzistavo dvi pagrindinės absoliutaus ir reliatyvaus laiko koncepcijos. Antikinė filosofija laiko sąvoką buvo menkai išplėtojusi. XVII a. pabaigoje įsigalėjo I. Newtono absoliutaus laiko koncepcija (vyravusi iki XIX a. vidurio), kurioje laikas ir erdvė buvo ypatingi būties pradai, egzistuojantys nepriklausomai nuo materijos ir vienas nuo kito. XX a. buvo pripažinta, jog begalinis realus laiko dalumas yra negalimas, pradėta kelti laiko kvantų (trumpiausių nedalių trukmių) hipotezė. Šiuolaikinėse nusistovėjusiose fizikinėse teorijose laikas nėra kvantuojamas. Jo kvantavimas yra hipotetinė sąvoka. Manoma, kad dabartinės nusistovėjusios fizinės teorijos požiūriu, Planko laikas gali būti mažiausias laiko vienetas, kurį iš esmės kada nors būtų galima išmatuoti. Vyrauja nuomonė, kad tai $\sim 5,4 \times 10^{-44}$ sekundės trukmės dydis.

Pasak reliatyvumo teorijos, erdvės ir laiko santykiai (kūno ilgis ir jame vykstančių procesų trukmė) yra reliatyvūs tarpusavyje susiję dydžiai. Žmogui laikas dar turi didelę socialinę reikšmę („laikas yra pinigai“) ir asmeninę vertę, nes suvokiamas ribotas kiekvienos dienos ir žmogaus gyvenimo trukmės laikas.

Filosofijoje laikas buvo kvestionuojamas ištiesus šimtmečius, ginčijamasi, ar jis tikras, ar ne. Senovės kultūros (babiloniečiai, senovės graikai, induistai, budistai, inkai, majai ir kt.) turėjo laiko rato sampratą. Jie laiką laikė ciklišku, sudarytą iš pasikartojančių amžių. Graikų mitologijoje laikas skirstomas į skaitinį, arba chronologinį, ir metafizinį (dieviškąjį). Senovės graikų filosofus domino, ar laikas yra linijinis ar cikliškas, ar jis begalinis ar baigtinis. Aristotelis manė, kad laikas koreliuoja su judėjimu ir pats neegzistuoja, bet yra susijęs su dangaus kūnų judėjimu. V a. p. m. e. Graikijos oratorius, matematikas, filosofas Antifonas teigė, kad laikas yra ne tikrovė, o sąvoka arba matas, o kitas to laikmečio graikų filosofas Parmenidas tvirtino, kad laikas, judėjimas ir pokyčiai yra iliuzijos, skatinančios paradoksus. Anglų filosofas J. M. E. McTaggartas savo darbuose teigė, kad laikas

yra nerealus, nes iš tikrųjų neegzistuoja pastovi praeitis, dabartis ir ateitis, todėl laiko idėja yra prieštaringa.

Senovės Indijos filosofai manė, kad Visatos gyvavimo laikotarpiai nuolat kartojasi, iš čia kilo teorijos apie atgimimo ir reinkarnacijos ciklus. Vedose (ankstyviausi tekstai apie indų ir induizmo filosofiją), datuojamose II tūkstantmečio pr. m. e. pabaiga, aprašoma senovės indų kosmologija, kurioje Visata išgyvena pasikartojančius kūrimo, sunaikinimo ir atgimimo ciklus, kurių kiekvienas trunka 4 320 mln. metų. Anot kabalistų, „laikas“ yra paradoksas ir iliuzija, o ateitis ir praeitis yra sujungtos ir tuo pačiu metu tai yra dabartis. Laikas kaip iliuzija taip pat yra dažna budizmo filosofijos tema.

Vakarų filosofijoje vyravo du priešingi požiūriai į laiką. Pagal vieną požiūrį, laikas yra pagrindinė, nuo įvykių nepriklausoma Visatos struktūros dalis, kurioje įvykiai vyksta nuosekliai. Priešinga nuomonė teigė, kad laikas reiškia ne kokį nors „konteinerį“, per kurį „juda“ įvykiai ir objektai, bet jis yra intelektualios struktūros dalis, kurioje žmonės seka ir lygina įvykius. Pagal šį požiūrį, laikas nėra nei įvykis, nei daiktas, jis neišmatuojamas ir juo negalima keliauti. I. Newtonas tikėjo absoliučia erdve ir absoliučiu laiku, o XVII–XVIII a. pradžios vokiečių filosofas, logikas, matematikas Gottfriedas Leibnizas manė, kad laikas ir erdvė yra susiję.

XVII ir XVIII amžių filosofai abejojo, ar laikas yra tikras ir absoliutus. Realistai tikėjo, kad laikas yra esminė Visatos dalis ir suvokiamas kaip įvykių seka, išraiška, o antirealistai manė, kad laikas yra sugalvota intelektualiai sąvoka, padedanti žmonėms suprasti įvykius. Tai reiškia, kad laikas buvo nenaudingas, jei nebuvo objektų, su kuriais jis galėtų sąveikauti.

Immanuelis Kantas laiką įvardijo kaip gryniausią įmanomą sąvokos ar kategorijos schemą, nes erdviniai matavimai naudojami kiekybiškai įvertinti objektų mastą ir atstumą tarp jų, o laiko matavimai – įvykių trukmę ir laiką tarp jų. Prancūzų filosofas Henris Luisas Bergsonas

manė, kad laikas nėra nei tikra vienalytė terpė, nei psichikos konstruktas, bet turi tai, ką jis vadino trukme, o trukmė, jo nuomone, tai kūrybiškumas ir atmintis kaip esminė tikrovės sudedamoji dalis. Pasak vokiečių filosofo egzistencialisto Martino Heideggerio, mes neegzistuojame laiko viduje, mes esame laikas. Mes sugebame prisiminti praeitį ir projektuoti į ateitį, tai yra turime savotišką atsitiktinę prieigą prie savo laikinosios egzistencijos ir mintimis galime išeiti iš nuoseklaus laiko. Vadinasi, santykis su praeitimi yra dabarties buvimo suvokimas, leidžiantis praeičiai egzistuoti dabartyje. Dabartis tampa patirtimi, kuri yra kokybinė, o ne kiekybinė.

Dabartinės epochos filosofai kelia klausimus, ar laikas yra tikras ar netikras, ar jis diskretus, ar turi trukmę, ar yra ateitis? Sakoma, kad erdvė ir įsivaizduojamas laikas yra riboti, bet neturi ribų. Filosofai sutinka, kad fizinis laikas egzistuoja už žmogaus proto ribų ir yra objektyvus, o psichologinis laikas priklauso nuo proto ir yra subjektyvus.

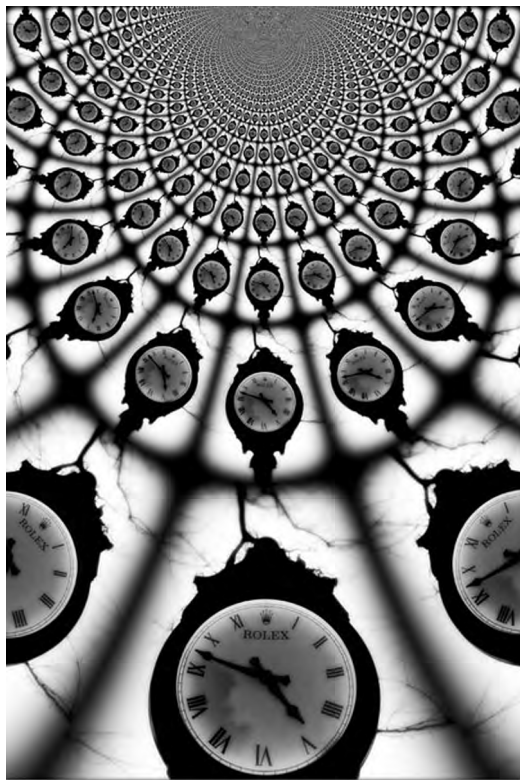
Šiuolaikiniai fizikai tiki, kad laikas yra toks pat realus kaip erdvė, o šiuolaikinė filosofinė teorija, vadinama *prezentizmu*, į praeitį ir ateitį žiūri kaip į žmogaus ir proto interpretacijas, o ne kaip realias laiko dimensijas, egzistuojančias kartu su dabartimi. Ši teorija atmeta bet kokios tiesioginės sąveikos su praeitimi ar ateitimi egzistavimą, apčiuopiama laikydama tik dabartį.

Klasikinėje mechanikoje I. Newtono sąvoka „santykinis, tariamasis ir bendras laikas“ gali būti vartojama formuluojant laikrodžių sinchronizavimą. Įvykiai, kuriuos mato du skirtingi stebėtojai, judantys vienas kito atžvilgiu, sukuria matematinę laiko sampratą, kuri pakankamai gerai apibūdintų kasdienius daugumos žmonių patirties reiškinius.

Šias problemas A. Einsteinas išsprendė naudodamas pastovų, baigtinį šviesos greitį kaip didžiausią signalo greitį. Tai leido daryti tiesioginę išvadą, kad vienas kito atžvilgiu judantys stebėtojai matuoja skirtingą to paties įvykio laiką. Specialioji reliatyvumo teorija randa erdvėlaikio formuluotę. Tai matematinė struktūra, jungianti

tris erdvės matmenis su vienu laiko matmeniu. Du įvykiai šiame erdvėlaikyje yra atskirti nekintamu intervalu, kuris gali būti panašus į erdvę, šviesą arba laiką. Skirtingi stebėtojai gali apskaičiuoti įvairius atstumus ir laiko intervalus tarp dviejų įvykių, tačiau nekintamas intervalas tarp įvykių nuo stebėtojo nepriklauso.

Pagal A. Einsteino specialią ir bendrą reliatyvumo teorijas, laikas ir erdvė kartu susilieja į erdvėlaikį (13 pav.). Remiantis šiomis



Skirtumas tarp praeities, dabarties ir ateities
yra tik atkakli iliuzija
Albertas Einsteinas

13 pav. Laikas pagal
A. Einsteina.

teorijomis, laiko samprata priklauso nuo stebėtojo erdvinio atskaitos taško. Pavyzdžiui, jei erdvėlaivis, gabenantis laikrodį, skrenda kosmose beveik šviesos greičiu, jo įgula nepastebi pasikeitusio laiko greičio laive, nes viskas (įskaitant laikrodį, įgulos mąstymą ir jų kūno funkcijas), kas skrieja tuo pačiu greičiu, sulėtėja irgi tuo pačiu greičiu. Tačiau stacionariam erdvėlaivio stebėtojui erdvėlaivis atrodo suplotas ta kryptimi, kuria jis keliauja, o erdvėlaivyje esantis laikrodis juda labai lėtai.

A. Einšteinas savo eksperimentais įrodė, kad žmonės, keliaujantys skirtingu greičiu, sutardami dėl priežasties ir pasekmės, matuoja nevienodą laiko skirtumą tarp įvykių ir netgi gali stebėti skirtingą chronologinę tvarką tarp nesusijusių įvykių. Nors žmogaus patirtyje šie efektai paprastai būna nedideli, daug ryškesnis poveikis matomas objektams, judantiems link šviesos greičio artėjančiu greičiu. Subatominės dalelės egzistuoja gerai žinomą vidutinę sekundės dalį laboratorijoje santykinai ramybės būsenoje, tačiau judėdamos šviesos greičiui artimu greičiu jos nukeliauja toliau ir egzistuoja daug ilgiau nei ramybės būsenoje. Palyginti su atskaitos sistema ramybės būsenoje, laikas dalelei atrodo „sulėtėjęs“, o atstumai trumpesni. Šiais samprotavimais A. Einšteinas atskleidė, kad greitas judesys gali pakeisti arba „iškreipti“ laiko ir erdvės matmenis.

Žmonėms atrodo, kad laikas turi kryptį – praeitis slypi už nugaros, fiksuota ir nekintanti, o ateitis – priešaky ir nebūtinai fiksuota. Tačiau dažniausiai fizikos dėsniai nenurodo laiko krypties ir leidžia bet kokiam procesui vykti tiek pirmyn, tiek atgal. Manoma, kad „laiko strėlės“ nuostata, nukreipta iš praeities į ateitį, yra kilusi iš Didžiojo sprogimo teorijos. Pradžioje Visata turėjo labai mažą entropiją, bet nuo tada entropija didėja ir šis pokytis laiko rodyklei suteikia kryptingumo. Kaip jau buvo rašyta, antrasis termodinamikos dėsnis teigia, kad laikui bėgant entropija turi didėti, ir tai gali vykti bet kuria kryptimi, nes pagal lygtis entropijos pokytis vyksta

simetriškai į priekį ar atgal. Taigi entropija turi tendenciją didėti bet kuria kryptimi. Niekas nežino, kas atsitiks Visatos pabaigoje, tačiau yra nuomonių, kad, kai bus pasiekta „šiluminės mirties“ riba, entropija pasieks maksimumą ir laiko rodyklė praras kryptį (Coveney, Highfield, 1991).

Kelionė laiku yra judėjimas atgal arba pirmyn į skirtingus laiko taškus, panašiai kaip judėjimas erdvėje, ir skiriasi nuo įprasto laiko „tėkmės“ žemėje. Šiuo požiūriu visi laiko taškai (įskaitant būsimą laiką) tam tikru būdu „išlieka“. Kelionė laiku atgal ar pirmyn niekada nebuvo patikrinta kaip procesas, todėl kyla daug prieštaringų teorinių problemų, kurios iki šiol nebuvo įveiktos. Pagrindinė kelionių laiku į praeitį problema yra priežastingumo pažeidimas. Jei poveikis būtų prieš jo priežastį, atsirastų laikinojo paradokso galimybė. Kai kurios kelionių laiku interpretacijos tai išsprendžia priimdamos galimybę keliauti tarp šakos taškų, lygiagrečių realybių ar visatų.

Be psichoaktyvių priežasčių, laiko vertinimą gali pakeisti laikinės iliuzijos, amžius ir hipnozė. Kai kurių žmonių, sergančių neurologinėmis ligomis, laiko pojūtis sutrinka. Psichologai tvirtina, kad sensant laikas bėga greičiau, tačiau literatūra apie šį su amžiumi susijusį laiko suvokimą tebėra prieštaringa.

Nors laikas laikomas abstrakčia sąvoka, vis daugėja įrodymų, kad laikas mintyse konceptualizuojamas erdvės požiūriu. Tai yra, užuot galvoję apie laiką abstrakčiai, žmonės mąsto apie jį erdviniu būdu ir mintyse jį tokį organizuoja. Šis erdvinis laiko vaizdavimas mintyse dažnai vaizduojamas kaip mentalinė laiko linija. Erdvės naudojimas mąstymui apie laiką leidžia žmonėms mintimis organizuoti laiko tvarką. Už laikrodžių pasukimą, t. y. vasaros laiką, turime dėkoti (arba kaltinti) vienam išradingam statybininkui. Jeigu ne statybininko brito Williamo Willetto pastangos, ketvirtadalis pasaulio, įskaitant JAV, galbūt niekada nebūtų pasirinkę vasaros laiko. W. Willettui pavyko įtikinti Didžiosios Britanijos

politinius lyderius tokiems pokyčiams. Šį žingsnį nulėmė anglies stygius Pirmojo pasaulinio karo metu, nes esant ilgesnei dienai reikėjo mažiau anglimi kūrenamos elektros energijos. Idėja buvo tokia veiksminga, kad per Antrąjį pasaulinį karą Didžioji Britanija laikinai dviem valandomis pailgino vasaros laiką, taip taupydama pramonės sąnaudas. Laikrodžių pasukimui vasarą, siekiant kuo geriau išnaudoti ilgos dienos šviesą aukštesnėse platumose, pritaria ne visi, nes laikas dažnai yra susijęs su žmogaus elgesio įpročiais, kelionių planavimu ir kita.

Įvykių (veiksmų, pakeitimų ar procedūrinių veiksmų) seka dažniausiai yra išdėstyta chronologine laiko tvarka ir turi priežastinius ryšius. Pasekmė niekada nebūna prieš priežastį. Įvykių seka, apimanti laiką ir informaciją apie vietą, apibūdinančią nuoseklų kelią, gali būti vadinama pasaulio linija. Įvykių sekos pasitelkiamos istorijose, istoriniuose įvykiuose (chronologija), procedūrose, veiklos planavimo tvarkaraščiuose. Įvykių seka taip pat gali būti naudojama apibūdinant mokslo, technologijų ir medicinos procesus, gali būti sutelkta į praeities ir ateities įvykius, kurie turi vykti iš anksto nustatyta tvarka. Be laiko negali būti sąmoningos patirties. Mes skaičiuojame laiką, vadinasi, esame. Laiko tikslėjimas yra nematomas mūsų gyvenimo širdies plakimas ir turi įtakos kiekvienai mūsų sąmonės akimirkai. Net visiškai tamsiame urve įstrigusį žmogų valdytų vidinio laikrodžio ritmai.

Jeigu laikas yra linijinis, tai kuria kryptimi jis teka? Horizontaliai, vertikalčiai ar dar kitaip? Laiko suvokimui turi įtakos ir kalba. Pavyzdžiui, anglakalbiai laiką apibūdina kaip esantį prieš juos arba už jų, kaip horizontalią liniją, judančią iš kairės į dešinę. Kinai laiką įsivaizduoja kaip vertikalią liniją, kurios kryptis žemyn reiškia ateitį, graikai į laiką linkę žiūrėti kaip į trimatę esybę, kuri yra „didelė“ ar „jos daug“, bet ji „neilga“. Australų aborigenų bendruomenėje laikas yra išdėstytas pagal rytus ir vakarus.

Pasvarstykime apie galimą Visatos baigtį ir kas nutiks laiko tėkmei. Sukurti keli galimi Visatos pabaigos scenarijai, nors vieni iš jų atrodo labiau tikėtini nei kiti. Pagal vieną scenarijų (laikomą mažai tikėtiniu), galaktikos tolsta viena nuo kitos, Visata tuštėja, o tamsioji energija vis labiau dominuoja. Galiausiai tamsioji energija tampa tokia galinga, kad iš pradžių suardo galaktikas, o vėliau suplėšo pačią erdvę. Dauguma kosmologų skeptiškai vertina tokios teorijos galimybę, jiems atrodo, kad šiam scenarijui reikia vis daugiau energijos, o akivaizdaus šaltinio kaip ir nėra.

Įdomi vakuuminio skilimo hipotezė. Šis raidos scenarijus susijęs su Higso bozono energijos lauko, kuris persmelkia visą Visatą ir atlieka pagrindinį vaidmenį elementarių dalelių sąveikoje, elgsena. 2012 m. Didžiojo hadronų greitintuvo tyrėjai aptiko Higso bozoną ir patvirtino tokio lauko egzistavimą. Kosmologai mano, kad Higso bozono energijos laukas ne visada buvo tokio paties intensyvumo, jis keitėsi ankstyvojoje Visatoje. Šio lauko sąlygos leido egzistuoti atomams, molekulėms ir jų deriniams. Higso bozono energijos laukas buvo stabilus, tačiau teoriškai jis gali pasikeisti. Tuomet atsirastų savotiškas burbulas, kurio viduje būtų kitokie fizikos dėsniai. Jie pakeistų esamą dalelių fizikos struktūrą, o pats burbulas plėstųsi maždaug šviesos greičiu ir viską sunaikintų. Toks hipotetinis vakuuminis skilimas yra tik teorinė galimybė, galbūt galinti įvykti po trilijonų metų.

Dar viena teorija teigia, kad gravitacijos trauka ilgainiui sustabdytų Visatos plėtimąsi, ji vėl pradėtų trauktis ir paskatintų naują singuliarumą, o tai reikš galutinę laiko tėkmės pabaigą. Tačiau nuo 1990 m. sukaupta daug įrodymų, kad Visatos plėtimasis spartėja, o tai rodo, kad gravitacija nebus pakankamai stipri, kad sustabdytų Visatos plėtrą. Galbūt plėtra sulėtėtų arba pasikeistų, jeigu plėtimąsi spartinanti paslaptina tamsioji energija pakeistų savo elgseną. Kol kas plačiausiai priimtas yra Visatos pabaigos „šiluminės mirties“ scenarijus. Pagal jį, Visata plečiasi ir galaktikos tolsta viena nuo kitos.

Galiausiai galaktikos bus taip toli viena nuo kitos, kad šviesa iš vienos galaktikos niekada nepasieks kitų. Kai medžiaga taip pasklis, žvaigždėms kažkada baigsis kuras, jos užtems ir ilgainiui bus pasiekta maksimali entropija. „Šiluminė mirtis“ būtų lėta ir šalta. Tačiau visa tai tik spėlionės, nes nėra įrodymų, kad kažkas panašaus gali vykti.

„Šiluminė mirtis“ turėtų pasekmių laiko tėkmei. Mūsų turima patirtis rodo, kad laiko rodyklė yra glaudžiai susijusi su didėjančia entropija, tačiau pasiekus „šiluminės mirties“ stadiją, entropija bus maksimaliai išnaudota, tai yra ji nebegalės didėti ir laiko krypties rodyklė bus prarasta. Visgi yra nuomonių, kad laikas turi keletą „formų“. Viena iš jų yra „objektyvi fizinė struktūra“, kuri išliktų net po „šiluminės mirties“, o dalykai, susiję su mūsų subjektyvia laiko patirtimi, ilgainiui išnyktų.

Apibendrinant šiuolaikinius erdvės ir laiko modelius galima matyti, kad laiko sąvokoje yra ir aiškių, ir dar ne visai apibrėžtų sampratų:

- Matematikoje laikas gali būti apibrėžtas kaip nuolatinė įvykių seka, vykstanti iš eilės – nuo praeities iki dabarties ir ateities. Laiku kiekybiškai įvertinama, matuojama arba palyginama įvykių trukmė arba intervalai tarp jų ir netgi sekos įvykiai. Taigi laikas yra nenutrūkstamų, nuoseklių aplinkos pokyčių matas, arba nuolatinė įvykių seka. Netgi fizikai nėra tikri, kas iš tikrųjų nutinka laikui bėgant. Pagal dabartines hipotezes, laikas yra ribotas į praeitį, bet begalinis į ateitį.
- Ar tikrai gyvename dabartyje? Vien skaitant šiuos žodžius, lengva manyti, kad „taip“. Tačiau iš tikrųjų tai ne visai tiesa. Pažvelkime į asmenį, kalbantį už stalo. Patvirtinimas, kad jis judina lūpas, pasiekia mūsų akis anksčiau nei jo balsas (nes šviesa sklinda greičiau nei garsas), tačiau mūsų smegenys garso ir vaizdą sinchronizuoja, todėl skirtumo tarp vaizdo ir garso nejaučiame. Ir tai nėra pats keisčiausias dalykas apie laiką.

Fizikos dėsniai rodo, kad kai kuriais atvejais laikas gali tekėti ir atgal.

- Laiko suvokimui labai svarbūs įvairūs veiksniai – atmintis, koncentracija, emocijos ir jausmas, kad laikas kažkokiu būdu yra erdvėje. Individualus laiko suvokimas formuoja mūsų psichinę tikrovę. Laikas yra ne tik gyvenimo organizavimo, bet ir patyrimo esmė. Tai leidžia mums šiek tiek kontroliuoti savo potyrius. Pavyzdžiui, norint pajusti, kad gyvenimas neskuba pro mus, svarbiausiu raktu yra naujovių pajauta. Tyrimai rodo, kad turėdami pasikartojančias ir įprastas veiklas pajuntame, kad laikas bėga greičiau.
- Klasikinėje ir kvantinėje mechanikoje laikas nebuvo tyrimo objektu – juo buvo laiko tėkmėje vykę įvykiai ar reiškiniai, o laiko dimensija buvo palikta nagrinėti filosofams. Tik specialioji reliatyvumo teorija sujungė erdvę ir laiką į vieną lauką ir atskleidė, kad laiko ir erdvės matmenis gali paveikti gravitacija.
- Praeitis ir ateitis neegzistuoja ir yra tik sąvokos, vartojamos izoliuotai ir kintančiai dabarčiai apibūdinti. Šis įprastas modelis kelia daug sudėtingų filosofinių problemų ir gali būti sunkiai suderinamas su šiuo metu priimtomis mokslinėmis teorijomis, tokiomis kaip reliatyvumo teorija.
- Tai, ką žmonės patiria dabartyje, iš tikrųjų yra praeitis. Vienas dalykas, dėl kurio mokslininkai sutaria, yra tas, kad laikas iš tikrųjų egzistuoja ir visada vaidino svarbų vaidmenį Visatoje.
- Kaip ir Visata, begalinė gyvų ir negyvų objektų kolekcija, laikas yra begalinis. Nuostata, kad buvo laiko pradžia ir kada nors bus jo pabaiga, nėra teisinga. Laiko pabaigos nebus. Esanti energija taps kažkuo kitu, o pabaiga bus kažko kito pradžia.
- Termodinaminiu požiūriu Visata turi laiko rodyklę, kuri „eina“ ta pačia kryptimi kaip ir didėjanti entropija. Tyrinėjant

Visatą fundamentaliu lygmeniu, paaiškėja, kad laikas gali būti ne pagrindinis dėmuo, tačiau egzistencijos lygmeniu labai sunku eliminuoti laiko veiksnį. Šimtmečius laikas buvo laikomas pastoviu, nepriklausomu veiksnium, tarsi Visatą valdytų vienas laikrodis. Šis laiko apibūdinimas pasikeitė 1905 m., kai A. Einšteinas sukūrė specialiąją reliatyvumo teoriją. Nors jau buvo žinoma, kad bėgantis laikas yra glaudžiai susijęs su erdve, ši monumentali teorija buvo pirmoji, sujungusi erdvę ir laiką į vieną lauką, kurio matavimai skiriasi priklausomai nuo objektų santykinio judėjimo ar gravitacinių jėgų. Gravitacija išlenkia erdvę ir laiką: kuo stipresnė gravitacija, tuo labiau ji iškreipia erdvėlaikį ir tuo labiau sulėtėja laikas. Iš esmės tai reiškia, kad laikas apskritai nėra pastovus universalus vienetą, jis santykinis ir kinta, kai objektai juda greičiau ar lėčiau arba kai juos veikia didesnė ar mažesnė gravitacija. Žinoma, norint pamatyti šiuos laiko efektus, greičio arba gravitacinės traukos pokytis turi būti didžiulis. Stebėtojo judėjimui artėjant prie šviesos greičio, unikalūs laiko matai tampa vis labiau pastebimi, nes dalelei artėjant prie šviesos greičio, jos „laikrodis“ lėtėja.

- Mūsų Visatoje turime erdvės laisvę ir galime judėti, kaip norime, tačiau esame priversti eiti laiko rodykle tiesine kryptimi. Skaičiavimai rodo, kad juodosios bedugnės horizonto kirtimas pakeistų šias laisves. Mums nebereikėtų sekti griežtos laiko krypties rodyklės, tačiau prarastume laisvę judėti erdvėje. Nors šie scenarijai padeda geriau suprasti laiko prigimtį, tiek šviesos greitis, tiek juodosios bedugnės veikimas turi apribojimų, neleidžiančių mums jų naudoti kaip tinkamą praktinį būdą laikui apsukti.
- Erdvės ir laiko modeliai gali apibūdinti laiko ir erdvės matavimus, tačiau nepaaiškina laiko įvykių sekos. Pagal šiuos laiko

aprašymus mūsų Visata yra vienas erdvės ir laiko blokas. Yra tarsi pradžia – Didysis sprogoimas ir pabaiga, kai pokytis nebe-matuojamas. Žmonės, išmanantys fiziką, žino, kad skirtumas tarp praeities, dabarties ir ateities yra tik atkakliai peršama iliuzija. Visgi gali būti kitokių užuominų apie laiko paslap-tį ir kitose fizikos srityse, ne tik kosmologijoje. Dar 1870 m. austrų fizikas L. Boltzmannas iškėlė hipotezę, kad yra ryšys tarp laiko ir didėjančio netvarkos lygio Visatoje. Susiedamas termodinamikos entropijos principą su laiku, kuris juda tik viena kryptimi, jis užsiminė apie galimą paaiškinimą, kodėl laiko rodyklė nukreipta į priekį. Jo nuomone, galbūt mūsų Visata pereina iš mažos entropijos kompaktiškos „kūdikystės“ Visatos į netvarkingą, ekspansyvią Visatą.

Laikas ne visada ir ne kiekvienam teka vienodu greičiu, tai gal-būt jis tik mintyse? Žmogiška patirtis rodo, kad sulėtinti laiką gali-ma ir be kelionių į kosmosą. Tai neturi nieko bendra su laiko fizika, tik su tuo, kaip gyvenimo greitį jaučia kiekvienas iš mūsų. Kai kurie tyrinėtojai teigia, kad, susidūrus su nauja patirtimi ar aplinka, ga-li atrodyti, kad laikas bėga lėčiau ar greičiau. Tai gali būti susiję su informacijos kiekiu, kurį smegenys turi priimti ir apdoroti, nes kai esame jauni arba mokomės kažko naujo, atrodo, kad pasaulis sulėtė-ja. Kai senstame ir įsigali rutina, dienos ir metai bėga greičiau. Arba, pavyzdžiui, automobiliui slystant kelio paviršiumi ir žeriant žvyrą į orą, stresas gali paspartinti smegenų veiklą ir padėti susidoroti su iškilusia gyvybės ar mirties situacija. Smegenų sutrikimai, tokie kaip epilepsija ar insultas, taip pat gali pagreitinti arba sustabdyti laiką. Kai kurie žmonės gali treniruoti savo smegenis, kad sukurtų laiko poslinkį pagal poreikį, pavyzdžiui, bangą gaudantis banglentinin-kas arba veržlus futbolininkas. Atrodo, kad laikas yra trapi iliuzija, tačiau dėl jos po akimirkos galime atsidurti pakitusioje realybėje. Idomu, kad nėra ir turbūt negali būti tokios sąvokos kaip 100 %

laikrodžio tikslumas. Metrologai stengiasi tiksliai matuoti minutes, sekundes ir valandas. Ir nors atominiai laikrodžiai yra neįtikėtinai tikslūs, jie netobuli. Tiesą sakant, Žemėje nėra laikrodžio, kuris būtų visiškai „teisingas“. „Tikrasis laikas“ yra pagrįstas daugybe laikrodžių visame pasaulyje. Visos nacionalinės laboratorijos siunčia savo laiko apskaitos duomenis Tarptautiniam svorių ir matų biurui Paryžiuje, kuris vėliau sukuria svertinį vidurkį. Taigi tikslus laikas yra žmogaus konstrukcija.

Žmonėms svarbu suprasti, kas yra laikas, nes mūsų egzistencijoje jis formuoja viską kaip tėkmę iš praeities į ateitį. Mokslininkų nuomone, mes iki galo nesuprantame, kas iš tikrųjų yra laikas. Ar tai realus dalykas, ar tik mūsų smegenų sukurta iliuzija? Ar jis galėtų elgtis kitaip kitose Visatos dalyse? Laiko supratimas yra svarbus, nes galėtų paaiškinti, kodėl Visata turi „kryptį“. Laikas nėra tik tiksintis laikrodis, tai platesnės realybės audinio dalis.

Ar įmanoma keliauti laiku į praeitį ar ateitį

Gebėjimas nusikelti laiku į ateitį ir praeitį jau seniai žavėjo mokslinės fantastikos rašytojus ir fizikus, tačiau ar tikrai įmanoma keliauti į praeitį ir ateitį realiaame pasaulyje? Ar įmanoma kada nors sukurti laiko mašiną ir nukeliauti į tolimą praeitį ar į ateitį, kad pamatytume savo propropoproanūkius? Kol kas galima drąsiai teigti, kad keliauti į ateitį įmanoma, tačiau keliauti į praeitį yra arba nepaprastai sunku, arba visiškai neįmanoma.

Filosofai apie erdvę ir laiką diskutavo jau nuo senovės Graikijos laikų, pavyzdžiui, Parmenidas (540–480 m. pr. m. e.) laikėsi požiūrio, kad laikas yra iliuzija. Po šimtmečių I. Newtonas (1643–1727 m.) palaikė absoliutaus laiko idėją, o jo amžininkas Gottfriedas Vilhelmas Leibnizas (1646–1716 m.) tvirtino, kad laikas yra tik įvykių ryšys ir jo negalima išreikšti savarankiškai. Pastarasis požiūris galiausiai paskatino reliatyvumo erdvėlaikio kūrimą. Prezentizmo filosofinės mokyklos filosofai mano, kad ateitis ir praeitis egzistuoja tik kaip pokyčiai, kurie įvyko arba įvyks dabartyje, ir jie neturi savo tikrojo egzistavimo. Remiantis šia filosofija, praeitis ir ateitis nėra tikrovės dalys. Vienintelis egzistuojantis dalykas yra dabartis. Tiek praeitis, tiek ateitis yra tik logiškos žmogaus sukurtos konstrukcijos. Reliatyvizuotas prezentizmas pripažįsta, kad yra begalė atskaitos sistemų, kurių kiekviena turi skirtingą vienu metu vykstančių įvykių rinkinį, ir neįmanoma atskirti vienos „tikrosios“ dabarties, todėl arba visi įvykiai laike yra tikri, o tai naikina skirtumą tarp prezentizmo ir amžinybės, arba kiekviena atskaitos sistema egzistuoja savo tikrovėje. Šiuo požiūriu kelionės laiku yra neįmanomos, nes ateities ar praeties, į kurią būtų galima keliauti, tiesiog nėra.

Kai kurie filosofai teigia, kad reliatyvumas reiškia amžinybę, idėją, kad praeitis ir ateitis egzistuoja realia prasme, o ne tik kaip pokyčiai,

kurie įvyko ar įvyks dabartyje. Dar kiti laiko matmenį prilygina erdvi-
niams matmenims, kad ateities įvykiai „jau yra“ ir egzistuoja skirtin-
gos vietos, kad nėra objektyvios laiko tėkmės, tačiau šios nuomonės
dar ginčijamos. Kai kurie filosofai mano, kad kelionės į praeitį gali
būti įmanomos, tik jos jokių būdu negalėtų pakeisti praeities įvykių
ar jų eigos. Pagal vieną iš teorijų, vietos fizikos dėsniai erdvėlaikio re-
gione, kuriame yra keliautojų laiku, negali skirtis nuo vietinių fizikos
dėsnių bet kuriame kitame erdvėlaikio regione (Harvey, Stein, 2023).

Grožinėje literatūroje mokslinės fantastikos kelionių laiku temas
galima suskirstyti į tris kategorijas: nekintanti laiko juosta, kintan-
ti laiko juosta, alternatyvios istorijos tarp sąveikaujančių pasaulių.
Nemoksliniu terminu „laiko juosta“ dažnai apibūdinami visi fiziniai
istorijos įvykiai, todėl ten, kur įvykiai keičiasi, keliautojas laiku įvar-
dijamas kaip naujos laiko juostos kūrėjas.

Prieš atsirandant kvantinei fizikai, mūsų supratimui apie Visatą
turėjo įtakos klasikinės teorijos, pagal kurias tikrovė egzistuoja, ne-
paisant to, stebi ją kas nors ar ne. Tarkime, I. Newtono judėjimo
dėsniai teigia, kad gyvename pasaulyje, kuriame viskas tiksliai api-
brėžta, vyksta nuspėjamai ir nepriklausomai nuo to, ką veikiamo
patys. Daugiau nei prieš 100 metų (1915 m.) A. Einšteinas pasiū-
lė hipotezę, kad laikas ir erdvė yra tarpusavyje susiję ir kad mūsų
Visatoje yra greičio apribojimas: niekas negali keliauti greičiau nei
šviesos greitis vakuume. Keliautojas, judantis šviesos greičiu, per
vieną sekundę apskrietų Žemės pusiaują maždaug 7,5 karto. Ką tai
reikštų kelionėms laiku? Pagal A. Einšteino reliatyvumo teoriją,
kurioje aprašoma erdvė, laikas, masė ir gravitacija, laiko tėkmė nėra
pastovi. Laikas gali paspartėti arba sulėtėti priklausomai nuo aplin-
kybių, todėl kelionės laiku gali atsirasti, būti moksliskai tikslios ir
turėti realių pasekmių. Pavyzdžiui, laikas juda lėčiau, jei keliaujame
dideliu greičiu, nors tik artėjant prie šviesos greičio, laiko pokytis
būtų reikšmingas. Panašiai laikas eis lėčiau, jei būsime intensyviame

gravitaciniame lauke, pavyzdžiui, juodojoje bedugnėje. Arčiau juodosios bedugnės laikas slinks lėčiau nei būnant toliau nuo jos. Atliktas eksperimentas, kurio metu du laikrodžiai buvo nustatyti tiksliai tuo pačiu laiku. Vienas laikrodis liko Žemėje, o kitas skrido lėktuvu ta pačia kryptimi, kaip sukasi Žemė. Lėktuvui apskridus aplink pasaulį, mokslininkai palygino abu laikrodžius. Greitai skriejančiame lėktuve laikrodžio rodmenys buvo šiek tiek atsilikę nei buvusiojo Žemėje. Taigi lėktuvo laikrodis rodė šiek tiek lėtesnį nei 1 sekundė per sekundę laiką. Nors žmonės negali laiko mašina grįžti laiku atgal, iš stebėjimų žinome, kad lėktuvų ir palydovų laikrodžių laikas juda kitokiu greičiu nei Žemėje. Pasaulinės padėties nustatymo sistemos (GPS) palydovai skrieja aplink Žemę maždaug 14 000 km/h greičiu, todėl palydovo laikrodžiai sulėtėja nedideli sekundės dalimi (panašiai kaip pateiktame lėktuvo pavyzdyje). Tačiau palydovai skrieja aplink Žemę maždaug 20 200 km atstumu nuo jos paviršiaus. Pagal A. Einsteino teoriją, gravitacija išlenkia erdvę ir laiką, todėl laiko eiga keičiasi, ir dėl mažesnio gravitacijos poveikio iš tikrųjų pagreitina palydovų laikrodžius mažą sekundės dalimi. Dideliame aukštyje Žemės gravitacija yra daug silpnesnė, todėl palydovų laikrodžiai eina greičiau nei laikrodžiai Žemėje, tai yra palydovų laikrodžiai eina šiek tiek greičiau nei 1 sekundę per sekundę. Taigi kelionės laiku yra tikras dalykas, nes tam tikromis sąlygomis galima patirti, kad laikas pračina kitokiu nei 1 sekundė per sekundę greičiu. Kasdieniame gyvenime šie reliatyvūs efektai yra per maži, kad juos pastebėtume, tačiau pasaulinės padėties nustatymo sistemos (GPS) palydovams jie turi įtakos.

Reliatyvumas reiškia, kad galima keliauti į ateitį. Tam net nereikia laiko mašinos. Turime arba keliauti šviesos greičiui artimu greičiu, arba praleisti laiką intensyviame gravitaciniame lauke. Kalbant apie reliatyvumą, šie du veiksmai iš esmės yra lygiaverčiai. Bet kuriuo atveju per asmeniškai patirtą gana trumpą subjektyvų laiką likusioje

Visatos dalyje praeis dešimtmečiai ar šimtmečiai. Priešingai, grįžti laiku atgal, atrodo, yra daug sunkiau. Ar tai gali būti įmanoma, ar ne, išvadų daryti neleidžia šiuo metu turimos žinios. Reliatyvumo teorijos siūlo keletą galimybių keliauti laiku atgal, tačiau jos labiau teorinės. Vienas iš būdų yra sukurti uždarą kelią per erdvę ir laiką, kuris grįžta į save. Šiuo keliu einantis asmuo galiausiai atsidurtų tame pačiame laike ir vietoje, kur ir startavo. Matematinis tokio kelio aprašymas paskelbtas dar 1949 metais. Austrų mokslininko Kurto Gödelio nuomone, bet kurioje pagrįstoje matematinėje sistemoje visada bus teisingų teiginių, kurių neįmanoma įrodyti. Visgi toks požiūris neatrodo perspektyvus dėl kelių priežasčių – mes nežinome, ar tai egzistuoja kur nors Visatoje, ir net jei turėtume daug galingesnes technologijas nei šiuo metu, mažai tikėtina, kad sugebėtume sukurti uždaro laiko kreives (Marshall, 2023).

Kosminiai teleskopai taip pat suteikia galimybę pažvelgti į labai seniai buvusį įvykį. Prireikia daug laiko, kad šviesa mus pasiektų iš tolimų galaktikų. Taigi žiūrėdami į dangų pro teleskopą matome, kaip tos žvaigždės ir galaktikos atrodė labai seniai, prieš milijonus metų. Keliauti šimtus metų į praeitį ar ateitį negalime fiziškai. Tokios kelionės laiku egzistuoja tik knygose ir filmuose. Visgi matematika rodo kelionių laiku įtaką kasdieniams dalykams, o kelionės laiku yra plačiai pripažinta mokslinės fantastikos sąvoka. Jeigu kelionė laiku į praeitį būtų įmanoma, tai veikiausiai kiltų klausimų dėl galimo įsikišimo į protėvių gyvenimą. Kelionės laiku pirmyn už įprasto laiko suvokimo ribų, laikantis specialiosios ir bendrosios reliatyvumo teorijų, yra suprantamos, tačiau dabartinėmis technologijomis neįmanoma priversti, kad vieno kūno laiko tekėjimas skirtųsi nuo kito daugiau nei kelias milisekundes. Kalbant apie keliones laiku atgal, bendrojoje reliatyvumo teorijoje galima rasti tai leidžiančių sprendimų, pavyzdžiui, priartėti prie juodosios bedugnės. Kelionės į savavališkai pasirinktą erdvėlaikio tašką turi

labai ribotą teorinės fizikos palaikymą ir paprastai yra susiję tik su kvantine mechanika arba kirmgraužomis.

Kai kurios teorijos, ypač specialioji ir bendroji reliatyvumo teorijos, teigia, kad tinkama erdvėlaikio geometrija arba specifiniai judėjimo erdvėje tipai gali leisti keliauti laiku į praeitį ir ateitį, tačiau šios teorijos nepatvirtina, ar tokia erdvėlaikio geometrija ir judėjimo būdai erdvėje apskritai yra įmanomi. Fizikai aptaria galimas laiko kreives, kurios erdvėlaikyje sudaro uždaras kilpas, leidžiančias objektams grįžti į savo praeitį, tačiau fizinis šių sprendimų realumas yra neaiškus ir kelionės laiku atgal yra mažai tikėtinos. Spėjama, kad pagrindiniai gamtos dėsniai neleidžia keliauti laiku, tačiau fizikai negalės priimti konkretaus sprendimo šiuo klausimu, kol kvantinės gravitacijos teorija neprisijungs prie kvantinės mechanikos ir bendrosios reliatyvumo teorijų ir nesukurs vienos teorijos.

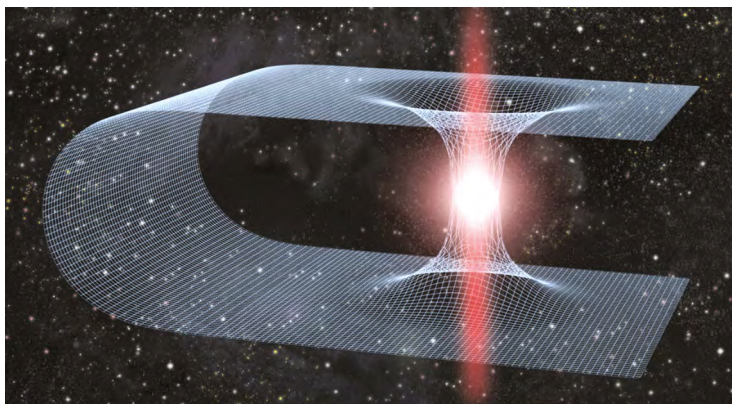
A. Einsteino reliatyvumo teorija teigia, kad laikas ir judėjimas yra susiję vienas su kitu, ir niekas negali vykti greičiau už šviesos greitį vakuume, kuris yra 299 792 458 m/s (šviesai sklindant vandeniui, jos greitis sumažėja 25 %, o sklindant stiklu, sumažėja 30 %). Fotonas nuo Saulės iki Žemės keliauja 8 min. ir 17 sekundžių. NASA teigimu, kelionės laiku yra įmanomos, tik ne taip, kaip tikimės. Kelionė laiku vyksta per vadinamąjį „laiko išsiplėtimą“. Laikas juda lėčiau, kai artėjame prie Žemės, nes, pagal A. Einsteino bendrąją reliatyvumo teoriją, didelės masės, kaip ir Žemės gravitacija, deformuoja erdvę ir laiką aplink ją. Pirmą kartą mokslininkai pastebėjo šį „laiko išsiplėtimą“ efektą kosminėje skalėje, pavyzdžiui, kai žvaigždė praskrieja šalia juodosios bedugnės. Laikrodžiai, esantys arčiau didelės gravitacinės masės, pavyzdžiui, Žemės centro, tiks lėčiau nei esantys toliau. Taigi, kadangi dirbtiniai Žemės palydovai yra daug toliau nuo Žemės centro, palyginti su laikrodžiais Žemės paviršiuje, kiekvieną dieną palydovų laikrodžiai prideda dar 45 mikrosekundes. Dėl specialaus reliatyvumo skaičiavimo atėmus

7 mikrosekundes, grynasis rezultatas yra pridėtos 38 mikrosekundės. Tai reiškia, kad norėdami nustatyti automobiliui, telefonui ar kariniam dronui reikalingą tikslumą, inžinieriai turi skirti papildomas 38 mikrosekundes per kiekvieną palydovo skrydžio dieną. Erdvėlaivyje esantys atominiai laikrodžiai nepradės rodyti kitos dienos, kol nepasieks 38 mikrosekundžių skirtumo nuo panašių laikrodžių Žemėje. Tokia laiko perslinka gali atrodyti nereikšminga, tačiau, atsižvelgiant į šiuolaikinės pasaulinės pozicionavimo technologijos tikslumą, tai iš tikrųjų svarbu, nes susisiekdamas su virš galvos skriejančiais palydovais žmogaus turimas telefonas gali neįtikėtinais tiksliai nustatyti jo buvimo vietą erdvėje ir laike (Ashby, 2003). Kiekvienas palydovas aprūpinamas atominiu laikrodžiu, kuris tiksi vardiniu nanosekundės (1 milijardinės sekundės dalies) tikslumu. Pasiiektas tikslumas yra labai reikšmingas, nes net rankinis pasaulinės pozicionavimo technologijos imtuvas vos per kelias sekundes gali nustatyti absoliučią padėtį Žemės paviršiuje 5–10 m tikslumu (Poggje, 2017). Automobilyje esantis GPS imtuvas gali pateikti tikslius padėties, greičio ir kurso rodmenis realiu laiku.

Fizikos dėsniai, tokie kaip antrasis termodinamikos ar reliatyvumo dėsnis, neigia kelionę laiku atgal dėl daugelio priežasčių. Jei keliautume laiku atgal, pakeistume įvykių eigą, taigi ir istorijos eigą. Teoriškai lengviau keliauti laiku pirmyn nei atgal iš dalies ir todėl, kad visi natūraliai judame į priekį. Erdvėje galime judėti pirmyn ir atgal ir tą darome kasdien. Tačiau laikas yra kitoks, jis turi kryptį, visada juda į priekį, o ne atvirkščiai, taigi laiko matmuo yra negrįžtamas. Tai viena didžiausių neišspręstų fizikos problemų. Teoriškai, nors tai ir neįmanoma, keliaudami šviesos greičiu stebėtojo Žemėje atžvilgiu, mes nepasentume. Mūsų laikas būtų sustingęs. Tai pagrįsta A. Einsteino atradimu, kad laikas yra matmuo ir juo galima manipuliuoti.

Realiam gyvenime laiko kelionės vyksta per laiko išsiplėtimą. A. Einšteinas pirmasis suprato, kad laikas nėra pastovus, kaip manyta anksčiau, o sulėtėja, kai greičiau judame erdvėje. Užuoat laikęs erdvę plokščia ir standžia vieta, kurioje yra visi Visatos objektai, jis laikė ją išlenkta ir lanksčia, galinčia sudaryti gravitacinius nuolydžius aplink mases, kurios traukia kitus objektus. Kuo objektas yra arčiau kritimo centro, tuo greičiau jis įsibėgėja. Žemės gravitacinio kritimo centras yra Žemės šerdyje, kur gravitacinis pagreitis yra stipriausias. Remiantis A. Einsteino teorija, kadangi laikas juda lėčiau judant greičiau erdvėje, kuo arčiau Žemės centro yra objektas, tuo lėčiau juda laikas.

Tad kodėl žmonijai nepasisekė įvykdyti drastiškų kelionių laiku į ateitį? Atsakymas į šį klausimą priklauso nuo objekto (žmogaus) judėjimo greičio. Kad žmonija pasiųstų keliautoją į ateitį, turėtume jam suteikti greitį, artimą šviesai (apie 1 mlrd. km/h). Norint įsibėgėti iki šviesos greičio su $9,80665 \text{ m/s}^2$ pagreičiu (apytikslis laisvojo kritimo pagreitis, kuris atstotų Žemės trauką), prireiktų beveik vienerių metų, arba 30 570 323 s. Dabartinėmis technologijomis žmonės gali įvaldyti kelionę į ateitį tik kelias mikrosekundes. Jeigu technologijos vieną dieną leis žmogui keliauti šviesos greičiui artimu greičiu, ar galės keliautojas kažkokiu būdu panaudoti laiko išsiplėtimą, kad sugrįžtų į praeitį ir praneštų apie savo atradimus? O jei negalime naudoti laiko išsiplėtimo, kad sugrįžtume į praeitį, ar tai reiškia, kad praeitis amžinai nepasiekiamo? Galbūt ne. A. Einšteinas pasiūlė, kad kelionė laiku į praeitį galėtų būti pasiekta per tam tikrą kirmgraužos, arba sliėkangės, tipą. Kirmgraužos yra teoriniai „tuneliai“ erdvėlaikio audinyje, galintys sujungti skirtingus realybės momentus ar vietas (10 pav.). Tai tam tikras trumpesnio kelio „tunelis“ pro erdvę ir laiką. Mokslininkų teigimu, juodoji bedugnė, besisukanti aplink kirmgraužą, turėtų skleisti signalines gravitacines bangas. Ir nors niekas nerado kirmgraužų mūsų Visatoje, mokslininkai dažnai



14 pav. Kirmgrauža yra erdvėlaikio tunelis, jungiantis skirtingas kosmoso dalis.

mato jas, aprašytas svarbių fizikos lygčių sprendimuose. Svarbiausia, kad A. Einsteino erdvės ir laiko teorijos bei bendrosios reliatyvumo teorijos lygčių sprendimai nagrinėja ir kirmgraužas.

Bendroji reliatyvumo teorija taip pat leidžia sukurti sparčiuosius perėjimo tunelius, vadinamus *erdvėlaikio kirmgraužomis* (Overbye, 2022) (14 pav.). Apskritai kirmgraužos yra hipotetinis iškreiptas erdvėlaikis (Susskind, 2021). Teoriškai toks erdvėlaikis gali būti sulankstytas kaip popieriaus lapas, leidžiantis pramušti tunelį ir sukurti perėjimą tarp dviejų plačiai atskirtų taškų. Spėliojimų apie kirmgraužas apstu. Hipotetinė kirmgrauža paprastai turi dvi angas, kitaip sakant, vienas tunelis jungia du įvykių horizontus. Pereidamos šį tunelį dalelės gali „keliauti“ nuo vieno įvykio horizonto iki kito. Per jas galima įveikti milijardus šviesmečių ar didesnius atstumus, sujungti skirtingus laiko taškus ir sutrumpinti kelią pro erdvę ir laiką. Tačiau neturime įrodymų, kad kirmgraužos iš tikrųjų egzistuoja. Matematiškai įrodyta, kad jos gali egzistuoti, tačiau nežinia, ar egzistuoja fiziškai. Jeigu kirmgraužos ir egzistuoja, jos bus neįtikėtinai trumpalaikės. Dažnai kirmgraužos apibūdinamos kaip dvi

susijungusios juodosios bedugnės. Tai reiškia, kad kirmgrauža turės neįtikėtinai intensyvią gravitacinę lauką, bus mikroskopinio dydžio ir pro jas negalės praeiti ne tik žmogus, bet ir bakterija.

Naudojant perkėlimui kirmgraužą, hipotetinė kelionės laiku mašina veiktų taip: vienas kirmgraužos galas pažangia varomąja sistema turėtų būti įgreitinamas iki greičio, artimo šviesos greičiui, ir tada vėl grąžinamas į pradinę būseną. Kitas būdas: vienas kirmgraužos įėjimas perkeliamas į didesnės gravitacijos sritį, o tada vėl grąžinamas į pradinę būseną. Taikant abu šiuos metodus, dėl laiko išsiplėtimo perkeltas kirmgraužos galas sensta mažiau arba tampa „jaunesnis“ už nejudantį galą, kurį mato išorinis stebėtojas. Tai reiškia, kad stebėtojas, patekęs į „jaunesnį“ galą, išeitų iš „senesnio“ galo tuo metu, kai jis buvo tokio pat amžiaus kaip ir „jaunesnis“, ir faktiškai grįžtų atgal į laiką, kurį stebėtojas mato iš išorės.

Teoriškai abi šios problemos gali būti išspręstos, tačiau remiantis dabartinėmis kirmgraužų prigimties teorijomis, norint sukurti „praeinamą“ kirmgraužą, reikia turėti neigiamos energijos medžiagą. Ji galėtų atsirasti absoliučiai mažose erdvėse, mažesnėse už atomus. Energijos laukas turi turėti bendrą teigiamą energiją, tačiau jame gali būti mažų neigiamos energijos „kišenių“, ir tai neatrodo labai reali galimybė. Techniškai kirmgraužos erdvėlaikiui reikalingas energijos paskirstymas, kuris pažeidžia įvairias energijos sąlygas, pavyzdžiui, nulinės energijos būseną kartu su silpnomis, stipriomis ir dominuojančiomis energijos rūšimis. Yra žinoma, kad kvantiniai efektai gali sukelti nedidelius išmatuojamus nulinės energijos būklės pažeidimus, todėl kai kurie fizikai mano, kad neigiama energija iš tikrųjų gali būti įmanoma.

Pagal bendrąją ir specialiąją reliatyvumo teorijas, stebėtojo laikas išsiplėčia, kai jis patenka į juodąją bedugnę. Kuo arčiau stebėtojas pasiekia juodosios bedugnės įvykių horizontą, tuo labiau išsiplėčia laikas. Tai reiškia, kad viena valanda stebėtojui, esančiam šalia įvykių

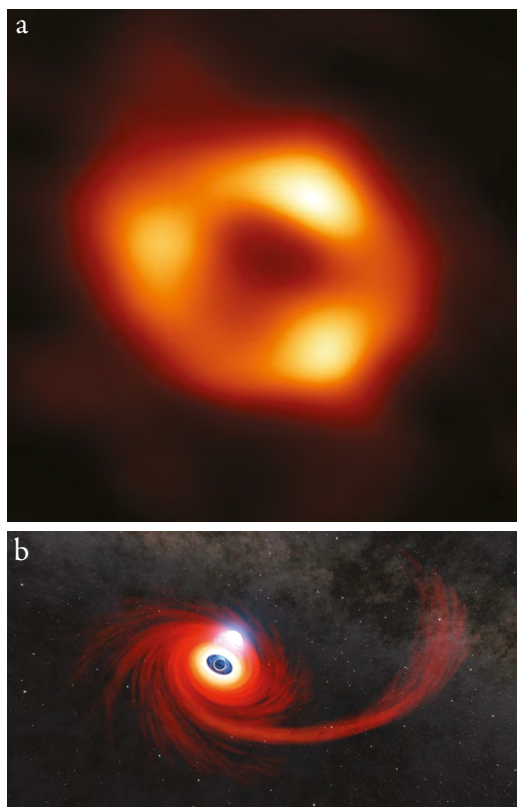
horizonto, prilygs 100 000 000 metų žmogui Žemėje. Juodosios bedugnės ar skylės yra natūralios laiko mašinos, leidžiančios keliauti tiek į praeitį, tiek į ateitį, tačiau šiuo metu žmonija neturi erdvėlaivių, kurie galėtų nuskraidinti prie juodosios bedugnės. Hipotetinė *baltoji bedugnė* turėtų būti juodoji bedugnė, kurioje laikas eina atgal. Kaip juodosios bedugnės negrįžtamai praryja daiktus, taip ir baltosios bedugnės juos turėtų išspjauti. Visgi, manoma, kad baltosios bedugnės negali egzistuoti, nes bendroji reliatyvumo teorija yra simetriška laikui ir jų egzistavimas pažeistų antrąjį termodinamikos dėsnį.

Yra nuomonių, kad jei rastume kirmgraužą (hipertunelį) ir tuneliu nusiųstume vieną šviesos bitą (vieną fotoną), tai fotono energijos reakcijos į aplink jį esantį erdvėlaikį pakaktų, kad kirmgrauža būtų visiškai sunaikinta greičiau nei šviesos greitis.

J. Webbo kosminis teleskopas mokslininkams suteikė naują supratimą apie tai, kaip juodosios bedugnės augo Visatos laiko aušroje. Astronomus stebina milžiniškų juodųjų bedugnių susidarymas ir egzistavimas. Juodųjų bedugnių dydis įvairuoja, pavyzdžiui, mažiausios gali būti iki atomo dydžio. Mums labiau žinomos žvaigždės masės juodosios bedugnės, kurios yra masyvių žvaigždžių gravitacinio kolapso rezultatas, kai dėl gravitacinės jėgos fizikinis objektas (pvz., vidinius energijos šaltinius išekvojusi žvaigždė) sparčiai susitraukia. Tokių juodųjų bedugnių masė sudaro 3–50 Saulės masių. Vidutinės masės juodosios bedugnės pasiekia maždaug 50 000 Saulės masių ir apima Jupiterio planetos dydžio kosmoso regioną. Supermasyvios juodosios bedugnės būna milijonus ar milijardus kartų didesnės už Saulės masę. Nors nėra griežto ultramasyvios juodosios bedugnės apibrėžimo, paprastai sutariama, kad ja laikoma ta, kurios masė yra 10 mlrd. kartų didesnė už Saulės masę. Vienas iš didžiausių iki šiol atrastų objektų – juodoji bedugnė Tonas 618 – slėpi kvazaro viduryje maždaug už 18 mlrd. šviesmečių nuo Žemės. Manoma, kad jos masė

66 mlrd. kartų didesnė už Saulės masę, o dydis iki 40 kartų didesnis už atstumą tarp Neptūno ir Saulės. Mūsų Visatoje didelės juodosios bedugnės galaktikų centruose yra maždaug 1 000 kartų mažesnės nei jų galaktika. Tačiau J. Webbo kosminis teleskopas randa juodųjų bedugnių, kurios yra tokio pat dydžio kaip ir galaktikos Visatos aušroje, o tai rodo, kad juodosios bedugnės galėjo susiformuoti anksčiau, nei aplink jas susiformavo galaktikos.

Tokių bedugnių egzistavimas yra netikėtas, atsižvelgiant į dabartinę juodųjų bedugnių augimo sampratą ir palyginti jauną Visatos amžių – vos 13,7 mlrd. metų. Visatos amžius ir greitis, per kurį susidaro juodosios bedugnės, turėtų riboti jų dydį (jis neturėtų būti didesnis kaip 270 mlrd. Saulės masių). Mokslininkai mano, kad kai kurios juodosios bedugnės šiuolaikinėje Visatoje galėjo išaugti daug didesnės ir pasiekti trilijonus Saulės masių. Tokių itin didelių juodųjų bedugnių skersmuo siektų šviesmečius, ir nors jos dar nerastos, negalima atmesti galimybės, kad jos slepiasi kai kurių galaktikų centruose. J. Webbo kosminis teleskopas (2021 m.) mokslininkams suteikė naujų duomenų apie juodųjų bedugnių augimą. Kad pasiektų tokį dydį, jos turėjo gimti gana ankstyvoje Visatoje ir įnirtingai „ryti“ supančią medžiagą, o tai prieštarauja mūsų žinioms apie juodųjų bedugnių susidarymo ribas. Juodąsias bedugnes aptikti sunku dėl jų prigimties – ties tam tikra riba, vadinamuoju įvykių horizontu, gravitacija tampa tokia intensyvi, kad niekas negali ištrūkti, net šviesa. Jas galima pamatyti tik tuo atveju, jei kristų šešėlis ant aplinkinių ryškių medžiagų. Vienas iš būdų, kuris padėtų aptikti juodąsias bedugnes, yra galingų juodosios bedugnės čiurkšlių, kurių ilgis gali siekti milijonus šviesmečių, paieška. Juodosios bedugnės taip pat gali sudaryti karštus medžiagos žiedus (akrecinius diskus), kurie sukasi aplink jas. Kuo didesnė juodoji bedugnė, tuo daugiau rentgeno spindulių ir radijo bangų sukuria akrecinis diskas ir čiurkšlė. Mokslas dar nesupranta, kaip gali susiformuoti tokios struktūros (15 pav., a). Aplink



15 pav. a – juodosios bedugnės nuotrauka, padaryta įvykių horizonto teleskopu (didelių radioteleskopų skirtingose žemės vietose);
b – juodoji bedugnė įtraukia kaimynystėje esančius objektus.

juodąją bedugnę besisukantis karštų dujų diskas ir dujų srautas, besitęsiantis į dešinę, tai viskas, kas liko iš žvaigždės, kurią įtraukė juodoji bedugnė (15 pav., b). Virš juodosios bedugnės esantis karštos plazmos vainikas – tai elektronų neturintys dujų atomai.

Gali būti, kad pirmosios juodosios bedugnės susidarė ne iš žvaigždžių, o iš dujų debesų. Paprastai tokie debesys, veikiant gravitacijai, būtų suformavę žvaigždes, tačiau jei temperatūra buvo

pakankamai aukšta, kai kurie debesys galėjo įgriūti tiesiai į juodąsias bedugnes. Dabartinėje Visatoje tokių sąlygų nėra, tačiau karštomis, audringomis ankstyvosios Visatos sąlygomis tai galėjo būti įmanoma.

Kad ir kaip formavosi juodosios bedugnės, iki didelių dydžių jos turėjo išaugti gana greitai. Viena iš galimybių, kad jos susikūrė gaučiai jungiantis vis didesnėms juodosioms bedugnėms. Tai patvirtintų idėją, kad jos kilo iš III populiacijos žvaigždžių, nes be juodųjų bedugnių griūtis jų būtų buvę daugiau. Lieka neaišku, kokio dydžio juodosios bedugnės gali būti šiuolaikiniame kosmose. Tad Visata turbūt dar ne kartą mus nustebins.

Juodosios bedugnės yra nepaprastai tankios masės objektai. Kai medžiaga patenka į juodosios bedugnės įvykių horizontą arba priartėja prie jo, ji tampa izoliuota nuo likusio erdvėlaikio. Ji nebegaali palikti to regiono ir praktiškai ši materijos dalis „pradingsta“ iš Visatos. Pagal A. Einsteino teoriją, laikas ir erdvė juodosios bedugnės viduje tam tikra prasme keičiasi vietomis. Laiko tėkmė traukia krintančius objektus į juodosios bedugnės centrą. Artimiausios žinomos juodosios bedugnės yra Gaia BH1 ir Gaia BH2. Gaia BH1 yra Gyvatnešio žvaigždyne tik 1 560 šviesmečių atstumu nuo mūsų, o Gaia BH2 – už 3 800 šviesmečių Kentauro žvaigždyne. Gaia BH1 masė yra apie 9,62 Saulės masių, o Gaia BH2 masė – apie 8,94 Saulės masių. Galaktiniu požiūriu šios juodosios bedugnės yra čia pat, mūsų kosminiam kieme. Yra nuomonių, kad čia galėtų būti ir artimiausia kirmgrauža. Atomų branduolio tankis $\sim 3 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$, o juodosios bedugnės $4 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$. Jei Žemė (hipotetiškai) būtų suspausta į juodąją bedugnę, jos skersmuo būtų mažesnis nei 25 mm. Visatoje yra juodųjų bedugnių, didesnių už mūsų Saulės sistemą ar milžinišką Andromedos galaktiką. Net esant mažiausiai pirmapradės juodosios bedugnės masei, jai atsitrenkus į Žemę, tai sukeltų apie 4 balų žemės drebėjimą.

Kadangi keliautojų laiku nėra, mokslininkai mano, kad tokios technologijos niekada nebus sukurtos. Tačiau tai yra analogiška paradoksui dėl nežemiškos gyvybės įrodymų nebuvimo. Kadangi nežemiškų lankytojų nebuvimas kategoriškai neįrodo, kad jų nėra, keliautojų laiku nebuvimas dar neįrodo, kad kelionės laiku yra fiziškai neįmanomos. Gali būti, kad kelionės laiku yra fiziškai įmanomos, bet dar neišvystytos. Kai kurios bendrosios reliatyvumo teorijos versijos numato, kad kelionės laiku gali būti įmanomos tik tam tikru būdu iškreiptame erdvėlaikio regione, todėl keliautojai laiku negalėtų grįžti į ankstesnius erdvėlaikio regionus, kol šis regionas neegzistavo.

Yra daug stebimų įrodymų apie laiko išsiplėtimą specialiojoje reliatyvumo teorijoje ir gravitacinį laiko išsiplėtimą bendrojoje reliatyvumo teorijoje, pavyzdžiui, atmosferos miuonų skilimas. Reliatyvumo teorija teigia, kad šviesos greitis yra nekintamas visiems stebėtojams bet kurioje atskaitos sistemoje, tai yra jis visada toks pat. Laiko išsiplėtimas yra tiesioginė šviesos greičio nekintamumo pasekmė. Ribota prasme laiko išsiplėtimas gali būti vertinamas kaip „kelionė laiku į ateitį“. Žmogus galėtų naudoti laiko išsiplėtimą, kad jam asmeniškai laikas eitų lėčiau, o kitur greičiau. Tai galima pasiekti keliaujant reliatyvistiniu greičiu arba veikiant gravitacijai.

Laiko mašina, naudojanti šį principą, gali būti, pavyzdžiui, sfera, kurios skersmuo yra penki metrai, o masė prilygsta Jupiterio masei. Sferos centre esantis žmogus keliaus laiku į priekį keturis kartus lėčiau nei toli esantys stebėtojai. Nėra abejonių, kad didelės planetos masės suspaudimas į tokią nedidelę struktūrą artimiausiu metu žmonijai nepasiekiamas tikslas. Esant dabartinėms technologijoms, skriedamas erdvėlaivyje kelių šimtų dienų kosminėje kelionėje keliautojas pasens keliomis milisekundėmis mažiau nei žmogus, likęs Žemėje.

Kai kurie fizikai mano, kad kirmgraužos kvantiniu mastu yra daug mažesnės už atomus, todėl jos nuolat atsiranda ir išnyksta. Dėl

bendrosios reliatyvumo teorijos ir kvantinės mechanikos nesuderinamumo bandymais tai įrodyti nepavyko. A. Einsteino lygtys rodo, kad šis tiltas erdvėje galėtų hipotetiškai sujungti du laiko taškus, jei jis būtų pakankamai stabilus. Realiam gyvenime kol kas nebuvo nustatyta jokių kirmgraužų. Yra hipotezių, kad pirminės kirmgraužos ties tunelio „burna“ dydis yra tik 10^{-33} centimetrų. Anksčiau buvo manoma, kad tokie matmenys bus pernelyg nestabilūs, kad pro juos kas nors galėtų keliauti, tačiau pagal dabartines hipotezes taip nėra. Visgi šiuo metu net toks „tiltas“ negalėtų būti naudojamas grįžimui į praeitį, nes neįrodytas jo stabilumas. Fizikai juokauja, kad geriausias įrodymas, kad kelionės laiku (į praeitį) yra neįmanomos ir niekada nebus įmanomos, yra tai, kad mūsų dar neužpuolė minios turistų iš ateities.

Tyrinėtojai siūlo ir kitus sprendimus, kurie leistų nusikelti laiku pirmyn ir atgal. Tačiau šios alternatyvios teorijos turi vieną didelį trūkumą – žmogus niekaip negalėtų išgyventi tokio gravitacinio traukimo ir stūmimo aplinkybėmis.

Pagal A. Einsteino specialiojo reliatyvumo teoriją, keliaujant greičiu, artėjančiu prie šviesos greičio, laikas sulėtėja, palyginti su išoriniu pasauliu. Tai nėra tik spėjimas ar minties eksperimentas – jis buvo išmatuotas. Jei būtume erdvėlaivyje, skriejančiame 90 % šviesos greičio, laikas eitų maždaug 2,6 karto lėčiau nei Žemėje. Ir kuo arčiau šviesos greičio, tuo kelionė laiku būtų ekstremalesnė.

Didžiausias greitis, pasiekiamas naudojant bet kokią žmogaus sukurta technologiją, tikriausiai yra protonai, skriejantys Didžiojo hadronų greitintuvo kanalais 99,9999991 % šviesos greičio. Taikydami specialiąją reliatyvumo teoriją galime apskaičiuoti, kad viena sekundė protonui yra lygi 27 777 778 sekundėms, arba maždaug 11 mėnesių. Fizikai turi atsižvelgti į šį laiko išsiplėtimą, kai susiduriama su skylančiomis dalelėmis. Laboratorijoje miuono dalelės paprastai suyra per 2,2 mikrosekundės. Tačiau greitai judantys miuonai, tokie

kaip tie, kurie susidaro kosminiams spinduliams patekus į viršutinės atmosferos dalis, suyra per 10 kartų ilgesnį laiką.

Kitas kelionės laiku metodas yra susijęs su gravitacija. Pagal bendrąją reliatyvumo teoriją, kuo stipresnis juntamas gravitacijos poveikis, tuo lėčiau juda laikas. Pavyzdžiui, artėjant prie Žemės centro, gravitacijos jėga didėja, tai yra laikas kojoms judės lėčiau nei galvai.

Šis poveikis buvo išmatuotas 2010 m. (Cathal O'Connell, 2021). Fizikai į lentynas padėjo du atominius laikrodžius, vieną 33 cm aukščiau kito, ir išmatavo jų tikslėjimo greičio skirtumą. Apatinis laikrodis tikėjo lėčiau, nes patyrė šiek tiek stipresnę gravitaciją. Norint keliauti į tolimą ateitį, tereikia itin stiprios gravitacijos, pavyzdžiui, juodosios bedugnės. Kuo arčiau įvykių horizonto, tuo lėčiau juda laikas, bet toks eksperimentas rizikingas, nes peržengus ribą iš šios zonos niekada nepavyks ištrūkti. Darant prielaidą, kad yra technologija, leidžianti nukeliauti didelį atstumą ir pasiekti juodąją bedugnę (artimiausia yra maždaug už 3 000 šviesmečių), laiko išsiplėtimas keliaujant būtų daug didesnis nei bet koks laiko išsiplėtimas skriejant aplink pačią juodąją bedugnę.

Kitas būdas keliauti laiku į ateitį – sulėtinti arba sustabdyti kūno procesus ir vėliau juos paleisti iš naujo. Bakterijų sporos gali išgyventi milijonus metų ramybės būsenoje, kol tinkamos temperatūros, drėgmės, maisto sąlygos vėl paskatins medžiagų apykaitą. Kai kurie žinduoliai, pavyzdžiui, lokiai ir voverės, gali sulėtinti medžiagų apykaitą žiemos miego metu, todėl jų ląstelių poreikis maistui ir deguoniui smarkiai sumažėja. Nors visiškai sustabdyti medžiagų apykaitos dabartinės technologijos dar negali, kai kurie mokslininkai stengiasi sukelti trumpalaikę, bent kelias valandas truncančią, tokią būseną. Deja, panašūs eksperimentai nebuvo sėkmingi, ir tai rodo, kad šis metodas gali netikti didesniems gyvūnams. Kitas metodas, sukeliantis hipoterminį žiemos miegą, kai kraujas pakeičiamas šaltu druskos tirpalu, buvo veiksmingesnis ir šiuo metu atliekami klinikiniai tyrimai.

Reliatyvumas apibūdina didelių objektų, tokių kaip žmonės, planetos ir galaktikos, elgesį, o kvantinė mechanika – labai mažas, už atomus mažesnes, daleles, tokias kaip elektronai ir fotonai. Šiose subatominėse skalėse fizika veikia taip, kad dažnai sujaukia mūsų loginį mąstymą. Vienas iš savotiškų pastebėjimų, atsiradusių tiriant kvantinę sritį, yra *nelokalumas* (*nelokalus*, t. y. visur ir niekur tuo pat metu). Dalelės būsenos pasikeitimas vienoje vietoje gali akimirksniu paveikti kitą „įsipainiojusią“ dalelę kažkur kitur. Šiose savotiškose kvantinėse sistemose informacija gali keliauti į ateitį, o vėliau grįžti į praeitį. Tai buvo daug kartų parodyta eksperimentų metu. Fizikų netenkina nelokalumo galimybė, nes norint, kad poveikis būtų momentinis, informacija turi būti perduodama iš vienos vietos į kitą greičiau nei šviesos greitis. Atrodo, kad tai neįmanoma. Toks aiškinimas kreipia link „retrokauzališkumo“ (kauzališkas – priežastinis), tai yra ateities įvykių, turinčių įtakos praeičiai, pripažinimo. Net jei „retrokauzališkumas“ yra tikras, greičiausiai tai nepadės mums tapti laiko valdovais, nes „retrokauzališkumas“ nėra tas pats, kas kelionės laiku.

Kas būtų, jeigu koku nors būdu sutiktume būsimą save? Klausimas labai keistas, bet, ko gero, apie tokią galimybę jau verta pamąstyti. Įsivaizduokime pokalbį su būsimuoju savimi. Galbūt išgirstume patarimų, įspėjimų ir pažadų iš senesnės, išmintingesnės, savo versijos, kurie pakeistų gyvenimo eigą. Dirbtinio intelekto modeliai („Chat-GPT“ ar „Bard“) gali būti apmokyti atsižvelgti į atskirų žmonių gyvenimo patirtį. Šie modeliai yra stulbinamai protingi, nes gauna žinių iš didžiulių duomenų rinkinių apie tai, kaip žmonės bendrauja, ir iš esmės jie gali prognozuoti žmonių veiksmus ar poelgius. Reikia tik žinoti, kad „Chat-GPT“ naudojami šaltiniai baigiasi 2021 m. duomenimis, todėl naujausių tyrimų ir informacijos prieiga yra ribota. „Bard“ turi daugiau duomenų, nes jam prieinama realaus laiko informacija ir pasiekiami naujausi tyrimai. Toks algoritmas

galėtų sukurti asmenį, kuriuo būsite po 10 ar 20 metų. Jau yra algoritmų, kurie gali apibrėžti žmogaus asmenybę ir norus. Šie algoritmai tampa vis galingesniais, nes turi platesnę prieigą prie duomenų apie panašius žmones, todėl nėra jokios priežasties, dėl kurios jie negalėtų nuspėti būsimus asmens sprendimus, pvz., pasirenkamas pramogas, keliones ar knygas. Galite įsivaizduoti, kad bendraujate su būsimą menama „savo“ versija taip pat, kaip dabar kalbatės su draugu ar artimu žmogumi. Taigi tai būtų lyg kelionė laiku, nes susitiktumėte su savo ateitimi. Ko paklaustume tokio savo „antrininko“, apie kokius savo gyvenimo aspektus norėtume sužinoti daugiau, ar norėtume, kad kas nors būtų gaubiamas paslapties, ar klaustume, ar tu sveikas ir laimingas, ar saugu gyventi tavo aplinkoje ir panašiai? Gal pokalbis pakryptų kita linkme ir rūpėtų būsimo savęs paklausti, kuo labiausiai didžiuojatės ir kodėl, dėl kokių veiksmų galėjotės, kad nesiėmėte laiku, kokią gyvenimo tarpsnį labiausiai norėtumėte kartoti, kam dabar turėtumėte skirti daugiau ir kam mažiau dėmesio, kokie sprendimai galėtų pakeisti ateitį, ko gyvenime labiausiai pasiilgstate ir kokie teigiami ar neigiami jūsų pokyčiai per tą laikotarpį? Taigi turimi žmogiškojo intelekto sukurti įrankiai yra pajėgūs suteikti menamą „kelionės laiku“ paslaugą (Hershfield, 2023).

Apibendrinkime šiuolaikinius samprotavimus apie keliones laiku į praeitį ar ateitį:

- Nors atrodo, kad laikas eina vienodai, tiksliai ritmu, bet taip nėra. Specialiojoje reliatyvumo teorijoje A. Einšteinas nustatė, kad laikas yra santykinis – kitaip tariant, laikas, kurį stebime, priklauso nuo mūsų atskaitos sistemos. Jis įvedė laiko sąvoką kaip ketvirtąją dimensiją ir neatsiejamai susiejo erdvę ir laiką. Dabartiniu fizikos požiūriu laikas yra toks pat realus kaip ir erdvė. Kartais laikas laikomas „tik“ ketvirtuoju matmeniu, bet atrodo, kad jis skiriasi nuo trijų erdvės dimensijų, nes juda tik viena kryptimi.

- Fizikos dėsniai neigia keliones laiku atgal dėl daugelio priežasčių. Tam prieštarauja antrasis termodinamikos ar reliatyvumo dėsnis. Erdvėje galime judėti pirmyn ir atgal, bet laikas yra kitoks, jis turi kryptį, visada juda į priekį, o ne atvirkščiai, taigi laiko matmuo yra negrįžtamas.
- Laikas neturi pradžios ir pabaigos. Pagal kai kuriuos Didžiojo sprogo modelius, Visata sprogo tik vieną kartą, pagal kitas hipotezes, ji patiria begalybę išsiplėtimų ir susitraukimų. Visi šie scenarijai mums rodo, kas yra įmanoma, o ne, kad tai yra tiesa.
- Visata turi tris erdvės matmenis – ilgį, plotį, gylį ir vieną laiko matmenį. Tačiau yra tikimybė, kad egzistuoja kur kas daugiau dimensijų. Pagal vieną iš pirmaujančių per pastarąjį pusimtį metų fizikos modelių – stygų teoriją, Visatoje veikia 10 dimensijų.
- Nors mokslininkai niekada nerado kirmgraužos mūsų Visatoje, jie dažnai mato jas, aprašytas svarbių fizikos lygčių sprendiniuose. A. Einsteino erdvės ir laiko teorijos bei bendrosios reliatyvumo teorijos lygčių sprendimai pripažįsta kirmgraužas.
- Sukurti laiko mašiną praktiškai vis dar neįmanoma. Mokslinės fantastikos filmai nuolat kaitina mūsų vaizduotę, tačiau tai yra tik mokslinėje fantastikoje pripažinta vizija. Sakydami frazę „kelionė laiku“ dažniausiai turime omenyje kelionę, greitesnę nei 1 sekundė per sekundę. Visgi niekas negali važiuoti ar skristi greičiau už šviesos greitį vakuume. Tokiu greičiu gali judėti tik bemosės dalelės, įskaitant šviesos fotonus. Neįmanoma pagreitinti jokio materialaus objekto iki šviesos greičio, nes tam prireiktų labai daug energijos. Taigi tokias keliones laiku galime pamatyti tik filmuose ar paskaityti apie jas mokslinės fantastikos knygose. Ar tai gali būti tikra? Mokslas sako – taip! Nors ir toliau diskutuojama, ar įmanoma keliauti

į praeitį, fizikų nuomone, pagal dabartinę Visatos sampratą, nors ir ribotai, keliauti į ateitį galima, ir nereikia jokios kirm-graužos, kad tai padarytumėte.

Nors daugelį žmonių žavi mintis pakeisti praeitį arba pamatyti ateitį anksčiau, nei ji ateis, dar niekas nepademonstravo mokslinės fantastikos kelionių pirmyn ir atgal, nepasiūlė būdo, kaip nusiųsti žmogų per reikšmingus laiko tarpus jo nesunaikinus kelyje. Vienintelė viltis yra ta, kad teorijos, kuriomis tai grindžiama, yra neišsamios. Reliatyvumas ir kvantinė mechanika labai gerai veikia tam tikrais Visatos aspektais, tačiau jie tarpusavyje dar nedera. Reikia gilesnės teorijos, kuri sujungtų minėtas teorijas į vieną, tačiau, nepaisant dešimtmečių pastangų, tokios bendros teorijos vis dar nėra.

Pagal fizikos dėsnius, kelionė į ateitį teoriškai įmanoma. Jei judėtume beveik šviesos greičiu, laikas sulėtėtų, palyginti su tais, kurie liko vietoje. Esant labai stipriam gravitacijos laukui (pavyzdžiui, prie juodosios bedugnės), laikas taip pat eina lėčiau. Kelionė į praeitį yra labai sudėtinga ir, dabartinėmis žiniomis, turbūt neįmanoma.

Visatos raida ir likimas

Galutinė Visatos raida yra fizinės kosmologijos tema, kuri su tam tikrais teoriniais apribojimais leidžia aprašyti ir įvertinti galimus Visatos evoliucijos scenarijus. Visatos evoliucijos raida tapo svarbiu ir pagrįstu kosmologijos klausimu. Įvairios mokslinės hipotezės numato keletą galimų ateities raidos scenarijų, pagal kuriuos Visata gali egzistuoti ribotai ar amžinai. Šios hipotezės siekia paaiškinti Visatos atsiradimo būdą ir aplinkybes.

JAV mokslininko Edwino Hubble'o 1930–1950 m. stebėjimų duomenimis, galaktikos tolsta viena nuo kitos. Kaip šių stebėjimų išdava kilo Didžiojo sprogo teorija, kuri teigia, kad Visata atsirado iš labai tankios substancijos maždaug prieš 13,787 mlrd. metų ir nuo to laiko tolygiai plėtėsi (Cosmology, 2009). Didžiojo sprogo patvirtinimas daugiausia priklauso nuo Visatos plėtimosi greičio, vidutinio medžiagos tankio bei masės ir energijos fizinių savybių. Šiandien daugelis kosmologų mano, kad Visata yra „plokščia“ (lygiagrečios linijos visada ir visur lieka lygiagrečios) ir kad ji plėsis amžinai. Pasak jų, Visatos kilmei, raidai ir galutiniam likimui didelę svarbą turi Visatos forma, struktūra, vidiniai galaktikų judėjimai bei Visatoje esančios tamsiosios medžiagos ir tamsiosios energijos kiekis.

Mokslininkai sutaria, kad teoriniams Visatos raidos tyrimams pagrindą suteikė 1915 m. A. Einsteino bendroji reliatyvumo teorija. Yra keli galimi bendrosios reliatyvumo teorijos lygčių sprendimai ir kiekvienas jų reiškia galimą Visatos raidą ir likimą. Pagal kai kuriuos sprendimus Visata plečiasi nuo pat pradinio singuliarumo, kuris iš esmės buvo Didžiojo sprogo pradžia. Nuo tada Visatos pradžia ir galima jos pabaiga yra nuolatinis mokslinių tyrimų objektas.

Visata plečiasi po Didžiojo sprogimo, bet kaip greitai? Manoma, kad, žiūrint bet kuria kryptimi, toliausiai matomi Visatos regionai yra nutolę maždaug 46 mlrd. šviesmečių. Bet tai tik spėjimas – niekas tiksliai nežino, kokia iš tikrųjų didelė yra Visata. Taip yra todėl, kad matome tik tiek, kiek šviesa (tiksliau – mikrobangų spinduliuotė, atsiradusi Didžiojo sprogimo metu) nukeliavo atsiradus Visatai. Po Visatos sprogimo ji nuolat plečiasi į išorę. Tikslus Visatos amžius nežinomas, todėl sunku nustatyti, kiek ji tęsiasi už šiandien matomų ribų, tačiau toks skaičius kaip Hablo konstanta gali padėti. Jis rodo, kaip greitai plečiasi Visata dabartiniu metu, ir nustato Visatos mastelį – jos dydį ir amžių.

Deja, kuo daugiau astronomų išmatuoja šį skaičių, tuo labiau atrodo, kad jis prieštariauja esamoms Visatos prognozėms. 1929 m. astronomas E. Hubble'as, stebėdamas kintamų žvaigždžių (cefeidų) tolimese galaktikose elgseną, paskelbė, kad Visata plečiasi, ir nustatė plėtros konstantą – 500 km per sekundę ir per megaparseką (km/s/Mpc). Tai reiškia, kad matomos galaktikos tolsta nuo mūsų 500 km/s greičiau nei tos, kurios yra nutolusios arčiau megaparseko (atstumo vienetą, atitinkantis 3,26 mln. šviesmečių). Praėjus daugiau nei šimtmečiui nuo E. Hubble'o kosminio plėtimosi greičio įvertinimo, šis skaičius buvo ne kartą tikslintas. Šiandieniniais skaičiavimais jis yra tarp 67 ir 74 km/s/Mpc.

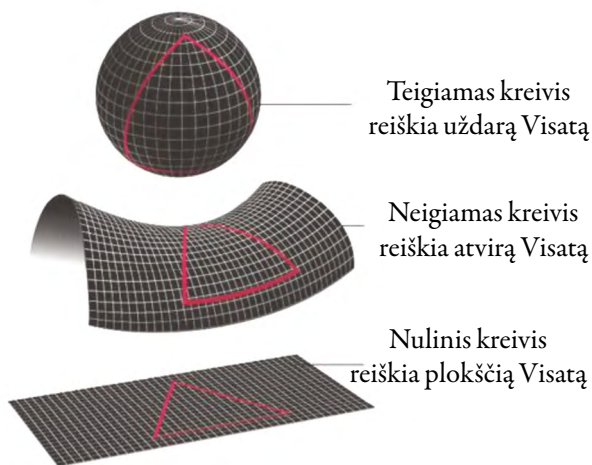
Problema ta, kad Hablo konstanta gali skirtis priklausomai nuo to, kaip ji matuojama. Yra du jos vertės matavimo būdai – stebėti, kaip greitai nuo mūsų tolsta netoliese esančios galaktikos, ir matuoti kosminių mikrobangų foną, pirmąją šviesos spinduliuotę, atsiradusią po Didžiojo sprogimo. Šią spinduliuotę galima matyti ir šiandien, tačiau dėl tolstančių nuo mūsų tolimųjų Visatos sričių šviesa išsitempė į radijo bangų diapazoną. Šie radijo signalai, pirmą kartą atsitiktinai aptikti XX a. 7-ajame dešimtmetyje, suteikia ankstyviausią įžvalgą apie tai, kaip atrodė Visata.

1927 m. belgų mokslininko Georgeso Lemaître'o pateikta teorija nuo to laiko vadinama Visatos atsiradimo Didžiojo sproginimo teorija (Lemaître, 1931). 1948 m. anglų astronomas Fredas Hoyle'as pasiūlė Visatos *pastovios būsenos teoriją*, pagal kurią Visata nuolat plėtėsi, bet statistiškai išliko nepakitusi, nes nuolat sukuriamą naują medžiagą. Šios dvi teorijos varžėsi iki 1965 m., kai JAV radijo astronomas Arno Penziasas ir astronomas Robertas Wilsonas atrado kosminę mikrobangų foninę spinduliuotę. Šią spinduliuotę numatė Didžiojo sproginimo teorija, o Visatos pastovios būsenos teorija jos negalėjo paaiškinti. Dėl šio atradimo Didžiojo sproginimo teorija tapo plačiausiai paplitusia Visatos kilmės teorija.

Visatos, kuri nei plečiasi, nei traukiasi, modelį pasiūlė A. Einšteinas. Jis į bendrosios reliatyvumo teorijos lygtis įtraukė kosmologinę konstantą, kuri turėjo kompensuoti gravitacijos poveikį, nes gravitacijos veikiama materialioji Visata „sugniužtų“. E. Hubble'ui nustačius priklausomybę tarp „raudonojo poslinkio“ ir atstumo, A. Einšteinas savo koncepciją pavadino „didžiausia klaida“. Tačiau net ir tada kai kurie mokslininkai manė, kad statinė Visata yra įmanoma, jei „raudonasis poslinkis“ būtų aiškinamas kitaip. Jų nuomone, šviesa, keliaudama erdve, praranda dalį energijos ir tampa „pavargusia“ šviesa. Šiuo metu daugelis kosmologų nepritaria statinės Visatos modeliui.

Visatos raidai yra svarbus jos tankio parametras Ω), apibrėžiamas kaip vidutinis Visatos medžiagos tankis, padalytas iš kritinės to tankio vertės. Taip pasirenkama viena iš trijų galimų Visatos geometrijų, priklausomai nuo to, ar Ω lygi, mažesnė ar didesnė už 1. Atitinkamai Visata vadinama plokščia, atvira ir uždara (16 pav.).

Šios trys sąvokos atspindi bendrą Visatos geometriją, o ne vietinį erdvėlaikio kreivį, kurį sukelia mažesni masės dariniai (pavyzdžiui, galaktikos ir žvaigždės). Jei pirminis Visatos turinys, kaip tvirtinama populiariose XX a. koncepcijose, yra inertinė medžiaga, tai kiekvienai geometrijai būdingas tam tikras raidos kelias.



16 pav. Galimos Visatos formos.

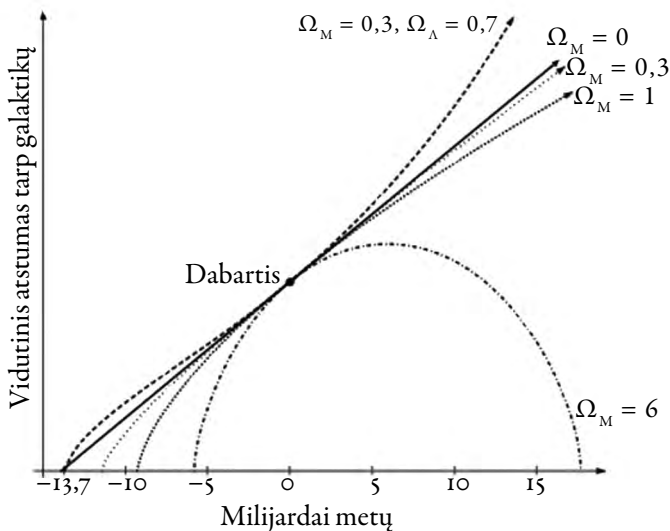
Žiūrint į pradžių pradžių visų pirma reikia suprasti ir sutarti, kas buvo tas Didysis sproginimas. Didysis sproginimas yra akimirka laike, o ne taškas erdvėje. Taigi reikėtų pamiršti tą lengvai įsivaizduojamą mažą, tankų medžiagos tašką, staiga sprogusį ir išsiplėtusį visomis kryptimis, nes Visata Didžiojo sproginimo metu galėjo būti ir nemaža. Žinoma, viskas, ką šiandien matome Visatoje – sferoje, kurios skersmuo yra apie 93 mlrd. šviesmečių ir kurioje yra ne mažiau nei 2 trilijonai galaktikų, – tilpo į mažesnę nei centimetro skersmens erdvės darinį. Už regimosios Visatos ribų gali būti daug kas – tiesiog negalime to pamatyti, nes didesnio atstumo šviesa per 13,8 mlrd. metų negali įveikti. Todėl visai įmanoma, kad Didžiojo sproginimo metu Visata buvo ir labai maža, ir neribotai didelė, mat nėra galimybių pažvelgti į praėjusį laiką. Viskas, ką galime pasakyti, – Visata buvo labai tanki ir itin greitai tapo mažiau tankia. Pagal vyraujančią apibrėžimą, už Visatos ribų nėra nieko, nes Visata yra *viskas*. Taigi Didžiojo sproginimo metu viskas buvo išsidėstę tankiau ir buvo karščiau nei dabar, tačiau Visatos „išorės“ nebuvo daugiau, negu yra

dabar. Visata nesiplėtė į erdvę. Plėtėsi pati erdvė. Nesvarbu, kurioje Visatos vietoje esate, jeigu atsuktumėte laiką 14 mlrd. metų atgal, grįžtumėte į tašką, kur buvo labai karšta, tanku ir viskas labai greitai plėtėsi. Tai kas buvo iki Didžiojo sproginimo? Trumpas atsakymas į šį klausimą – *nežinome*, o ilgas atsakymas – *galėjo būti daug kas*. Šiuolaikinis mokslas tiksliai nežino, kas vyko Visatoje iki Didžiojo sproginimo, kurio metu Visata atvėso pakankamai, kad protonai ir neutronai galėtų susidurti ir jungtis vienas prie kito, sudarydami atomų branduolius. Daugelis mokslininkų sutaria, kad Visatoje tą trumpą laiką vyko eksponentinis plėtimasis, vadinamas *infliacija*, kuris paaiškina, kodėl materija taip tolygiai pasiskirsčiusi visoje dabar matomoje Visatoje. Pagal naują teoriją, mūsų Visata gali būti uždara kilpa, o ne didžiulė nesibaigianti erdvė, tačiau šie samprotavimai sulaukė aštrios kosmologų kritikos.

Įmanoma, kad iki Didžiojo sproginimo Visata buvo begalinė labai karštos, tankios medžiagos sankaupa, išlaikiusi stabilią būseną. Pagal kvantinės mechanikos dėsnius tokia labai tanki Visata egzistuoti galėjo. Didysis sproginimas buvo akimirka, kai pagrindiniu Visatos evoliucijos varikliu tapo klasikinė fizika. Įvykiai prieš Didįjį sproginimą neišmatuojami, taigi ir neapibrėžti, todėl juos galima apskritai pašalinti iš teorijos ir teigti, kad laikas prasidėjo nuo Didžiojo sproginimo. O gal iki Didžiojo sproginimo vyko kas nors, apie ką verta pagalvoti ir apsvarstyti? Viena iš tokių idėjų – Didysis sproginimas yra ne laiko pradžia, bet simetrijos akimirka. Pagal šią idėją, iki Didžiojo sproginimo egzistavo kita visata – identiška mūsų, tačiau joje entropija didėjo ne į ateitį, o į praeitį. Toje veidrodinėje visatoje laikas bėgtų priešinga kryptimi nei dabartinėje, o mūsų Visata būtų praityje. Viena iš teorijų sako, kad Didysis sproginimas nebuvo visko pradžia, tai buvo akimirka laike, kai Visata „persijungė“ iš susitraukimo periodo į plėtimosi periodą. Pagal tokią „atšokimo“ idėją – didžiųjų sproginų gali būti begalė, o Visata yra cikliška, tai susitraukianti,

tai išsiplečianti, ir kiekvieną ciklą nuo kito skiria Didysis sproginimas. Pagrindinis šios idėjos trūkumas yra tas, kad mokslininkai negali paaiškinti, kodėl besiplečianti Visata staiga turėtų trauktis ir grįžti į mažo entropiškumo būseną. 2004 m. fizikai iškėlė hipotezę, kad galbūt mūsų Visata yra atžala Visatos, nuo kurios „atplyšo“ dalis erdvėlaikio. Tai būtų panašu į radioaktyvaus branduolio skilimą: skylančiam atomo branduoliui, išmetama alfa arba beta dalelė. Motininėje Visatoje galėjo nutikti kažkas panašaus, tik vietoj dalelių ji galėjo paskleisti dukterines visas – galbūt net begalinį jų kiekį. Šios dukterinės visatos iš esmės būtų tarpusavyje nesąveikaujančios ir nedarančios viena kitai įtakos. Tokie ir panašūs samprotavimai rodo, kad mokslininkai iki šiol nežino, kaip traktuoti Didžiojo sproginimo akimirką, jau nekalbant apie tai, kas vyko iki jo.

Nuo 1998 m. supernovų stebėjimai tolimose galaktikose buvo interpretuojami kaip atitinkantys Visatos, kurios plėtimasis spartėja, modelį. Vėlesnės kosmologijos teorijos šį galimą pagreitį aiškino tamsiąja energija. Apskritai tamsioji energija yra bendras terminas, apibūdinantis bet kokią hipotetinę neigiamo slėgio, kurio tankis kinta plečiantis Visatai, lauką. Dabartiniu metu dauguma kosmologų sutaria, kad Visatos raida priklauso nuo jos formos, kiek joje yra tamsiosios energijos ir nuo to, kaip tamsiosios energijos tankis reaguoja į Visatos plėtimąsi (17 pav.). Naujausi stebėjimai rodo, kad, praėjus 7,5 mlrd. metų po Didžiojo sproginimo, Visatos plėtimosi greitis tikriausiai didėjo, o tai atitiktų atviros Visatos teoriją. Visgi Vilkinsono mikrobangų anizotropijos zondo, matavusio šviesos poliarizaciją ir reliktinio spinduliavimo, likusio po Didžiojo sproginimo, temperatūrą, duomenys rodo, kad Visata yra plokščia arba labai arti plokščios formos. Kai kurie kosmologai tvirtina, kad erdvė yra beveik plokščia. Ir ką tai reiškia? Remiantis bendrąja reliatyvumo teorija, pagal kurią erdvė gali išlinkti, Visata gali būti plokščia kaip popieriaus lapas, uždara kaip sfera arba atvira kaip balnas (16 pav.).



17 pav. Besiplečiančios Visatos raidos priklausomybė nuo materijos tankio Ω_M ir tamsiosios energijos tankio Ω_Λ .

Jei materijos tankis $\Omega_M > 1$, erdvės geometrija bus uždara kaip sferos paviršius. Tokiame paviršiuje trikampio kampų suma viršija 180° ir nėra lygiagrečių tiesių, nes visos linijos galiausiai susitinka. Tokios Visatos geometrinė forma, bent jau labai dideliu mastu, yra elipsinė. Uždaroje Visatoje gravitacija galiausiai sustabdo jos plėtimąsi, o tuomet Visata pradeda trauktis, kol visa joje esanti materija susitraukia ir pasiekia būseną, buvusią prieš Didįjį sproginimą. Visgi kai kurios naujos šiuolaikinės teorijos daro prielaidą, kad Visatoje gali būti daug tamsiosios energijos, kurios atstumiančių jėgų gali pakakti, kad Visatos plėtimasis tęstųsi amžinai.

Jei materijos tankis $\Omega_M < 1$, erdvės geometrija bus neigiamai išlenkta (kaip balno paviršius). Trikampio kampų suma bus mažesnė nei 180° , o tokios Visatos geometrija bus hiperbolinės formos. Net ir be tamsiosios energijos neigiamai išlenkta Visata amžinai plečiasi,

o gravitacija tik truputį lėtina plėtimosi greitį. Esant tamsiajai energijai, plėtra ne tik tęsiasi, bet ir greitėja. Ilgainiui tamsiosios energijos sukeltas pagreitis tampa toks stiprus, kad visiškai užvaldo gravitacines, elektromagnetinio poveikio ir stipriojo ryšio jėgas. Galutinis atviros Visatos likimas yra *šiluminė mirtis*. Visatos *šiluminė mirtis*, dar žinoma kaip *Didysis užšalimas*, yra scenarijus, pagal kurį dėl nuolatinio plėtimosi Visata asimptotiškai artėja prie absoliutaus nulio temperatūros, kol pasiekia maksimalios entropijos būseną, kurioje viskas pasiskirsto tolygiai ir nėra jokių energijos gradientų. Pagal šį scenarijų, žvaigždės formuosios dar 10^{12} – 10^{14} (1–100 trilijonų) metų, tačiau ilgainiui jų susidarymui reikalingų dujų atsargos bus išnaudotos. Kai esamoms žvaigždėms baigsis kuras ir jos nustos šviesti, Visata lėtai ir nenumaldomai tamsės. Galiausiai Visatoje dominuos juodosios bedugnės, kurios laikui bėgant irgi išnyks, o per begalinį laiką entropija spontaniškai sumažės. Manoma, kad šiluminės mirties scenarijus galėtų atsirasti tik esant plokščiai arba hiperbolinei Visatos geometrijai, nors, esant teigiamai kosmologinei konstantai, gali atsirasti ir uždaroje Visatoje. Ir atvirkščiai, neigiama kosmologinė konstanta, kuri atitiktų neigiamą energijos tankį ir teigiamą slėgį, verstų net atvirą Visatą judėti link Didžiojo susitraukimo, tai yra žlugimo.

Jei vidutinis Visatos tankis lygus kritiniam tankiui, tai yra $\Omega_M = 1$, Visatos geometrija bus plokščia, trikampio kampų suma bus lygi 180° , o lygiagrečios tiesės nuolat išlaikys tą patį atstumą. Visatos plokštumą patvirtina ir Vilkinsono mikrobangų anizotropijos zondo matavimai. Jei nėra tamsiosios energijos, plokščia Visata plečiasi amžinai, bet plėtimasis nuolat lėtėja ir asimptotiškai artėja prie nulio. Esant tamsiajai energijai, Visatos plėtimosi greitis iš pradžių dėl gravitacijos poveikio lėtėja, bet galiausiai spartėja, o galutinė Visatos raida tampa kaip ir atviros Visatos. Visatos raidą ir jos pabaigą gali nulemti ir jos tankis. Iki šiol daugeliu įrodymų, pagrįstų plėtimosi

greičio ir masės tankio matavimais, pirmenybė teikiama Visatai, kuri ir toliau plėsis neribotą laiką, tačiau stebėjimai nėra įtikinami ir vis dar galimi alternatyvūs Visatos raidos modeliai.

Dabartinė Hablo konstanta apibrėžia Visatos plėtros pagreitį, kuris nėra toks didelis, kad sunaikintų vietines struktūras, pvz., galaktikas, kurias laiko gravitacija, bet pakankamas, kad didėtų erdvė tarp Visatos struktūrų. Hablo konstantos didėjimas iki begalybės lemtų, kad visi materialūs objektai Visatoje, pradedant galaktikomis ir baigiant visomis kitomis formomis, kad ir kokios mažos jos būtų, suirtų į nesurištas elementarias daleles, spinduliuotę ir kitas formas. Ypatingu hipotetinės tamsiosios energijos atveju, kai manoma, kad neigiama kinetinė energija sukeltų didesnę plėtros pagreitį, nei prognozuoja kitos kosmologinės konstantos, gali įvykti staigus *Didysis Visatos suplyšimas*.

Didžiojo susitraukimo teorija daro prielaidą, kad vidutinio Visatos tankio pakaks jos plėtimuisi sustabdyti ir Visata pradės trauktis. Rezultatas nežinomas. Šis scenarijus leidžia Didžiajam sproгимui įvykti iškart po ankstesnės Visatos Didžiojo susitraukimo. Jei tai kartojasi, susidaro ciklinis modelis, žinomas kaip ciklinė visata. Tokią visatą galėtų sudaryti begalinė baigtinių visatų seka, o kiekviena baigtinė visata baigtųsi Didžiuoju susitraukimu, kuris kartu sudarytų prielaidą naujam visatos Didžiajam sproгимui. Ciklinės visatos problema yra ta, kad ji nesuderinama su antruoju termodinamikos dėsniu, nes kauptųsi entropija ir galiausiai įvyktų visatos šiluminė mirtis. Dabartiniai tyrimai rodo, kad Visata nėra uždara ir todėl dalis kosmologų atsisakė ciklinės visatos modelio. Nors toks scenarijus yra mažai tikėtinas, bet neatmestinas, nes buvo matuojama tik trumpą laiką ir ateityje prognozės gali pasikeisti.

Teorinis Didžiojo atšokimo modelis, susijęs su žinomos Visatos pradžia, yra kilęs iš ciklinės, pasikartojančios Didžiojo sproгimo interpretacijos, kai pirmasis kosmologinis įvykis yra ankstesnės Visatos

žlugimo rezultatas. Pagal vieną Didžiojo sprogo kosmologijos teorijos versiją, iš pradžių Visata buvo be galo tanki. Toks aprašymas, atrodo, prieštarauja kitoms plačiau pripažintoms teorijoms, ypač kvantinei mechanikai ir jos neapibrėžtumo principui, todėl kvantinė mechanika sukūrė alternatyvią Didžiojo sprogo teorijos versiją, pagal kurią Visata turėjo kvantinę mechaniką atitinkantį baigtinį tankį. Jeigu Visata būtų uždara, ši teorija numatytų, kad kai ši Visata, pasiekus visuotinį singuliarumą, žlugs arba atstumianti kvantinė jėga sukels pakartotinį plėtimąsi, susikurs kita Visata. Paprastai tariant, pagal šią teoriją, Visata nuolat kartos Didžiojo sprogo ciklą – nustojusi plėstis ji labai dėsningai trauksis ir „pasiruoš“ kitam Didžiajam sprogimui.

Kiekviena čia aprašyta Visatos raidos galimybė yra pagrįsta tamsiosios energijos įtakos vertinimu lygtyse. Tačiau šiuo metu labai mažai žinoma apie tamsiosios energijos fiziką. Jei infliacijos teorija yra teisinga, pirmaisiais Didžiojo sprogo momentais Visata išgyveno tarpsnį, kuriame dominavo kokia nors tamsiosios energijos forma, tačiau infliacija baigėsi, o tai rodo, kad būsenos apibrėžties lygtys yra daug sudėtingesnės, nei buvo manoma iki šiol. Kadangi tamsiosios energijos ir tamsiosios medžiagos prigimtis tebėra mįslinga, o gal net hipotetinė, jų vaidmuo Visatoje šiuo metu nežinomas.

Netrūksta ir kitokių hipotezių. Viena jų – *Didžiojo šliurpimo* hipotezė. Pagal ją, Visata šiuo metu egzistuoja netikrame vakuume, kuris bet kurią akimirką gali tapti tikru. Tikras vakuumas egzistuoja tol, kol Visata egzistuoja žemiausios energijos būsenos, o tokiu atveju netikro vakuumo teorija nėra svarbi. Jei vakuumas nėra žemiausios energijos būsenos (netikras vakuumas), jis gali pereiti į mažesnės energijos būseną ir tai vadinama *vakuuminio skilimu* ar *žlugimu*. Kai kuriuose scenarijuose net įvairios fizinės konstantos gali turėti skirtingas vertes ir stipriai paveikti materijos, energijos, erdvėlaikio pagrindus, tad visos Visatos konstrukcijos gali būti sunaikintos

akimirksniu, be išankstinio įspėjimo. Skaičiavimai rodo, kad Didysis šliurpimas sunaikintų tik dalį Visatos, o didžioji dalis vis tiek liktų nepaveikta, nes galaktikos, esančios toliau nei 13 mlrd. šviesmečių viena nuo kitos, tolsta viena nuo kitos greičiau, didesniu nei šviesos greitis, o Didysis šliurpimas negali plėstis greičiau nei šviesos greitis.

Visatos pradžioje veikė dvi konkuruojančios jėgos – gravitacijos trauka ir spinduliuotės stūmimas į išorę. Šių jėgų sukelti trikdžiai vis dar gali būti matomi kosminių mikrobangų fone kaip nedideli temperatūrų skirtumai. Matuojant šiuos trikdžius, galima nustatyti, kaip greitai Visata plėtėsi netrukus po Didžiojo sprogo, ir galima daryti išvadą apie plėtimosi greitį šiandien. Tačiau yra viena problema. Kai astronomai bando išmatuoti Hablo konstantą, žiūrėdami, kaip netoliese esančios galaktikos tolsta nuo mūsų, jie gauna kitokias vertes. Europos kosmoso agentūros palydovai 2014 m. ir 2018 m. nustatė, kad Hablo konstantos vertė yra 67,4 km/s/Mpc, ir tai yra maždaug 9 % mažiau, nei nustatė astronomai, stebėdami netoliese esančias galaktikas. Pasinaudojus cefeidų šviesio kaitos matavimų ir Hablo kosminio teleskopo duomenimis, 2001 m. išmatuota Hablo konstanta yra 72 km/s/Mpc. Kita astrofizikų grupė, matuodama nuo kvazarų sklindančią šviesą, gavo 73 km/s/Mpc vertę. Jei šie matavimai yra teisingi, vadinasi, Visata gali plėstis greičiau, nei leidžia standartinis kosmologijos modelis. O jei standartinis modelis yra neteisingas, tai gali reikšti, kad teorijos apie Visatos sandarą (barioninės arba „normalios“ medžiagos, tamsiosios medžiagos, tamsiosios energijos ir spinduliuotės kiekiai) nėra visiškai teisingos. Jei Visata tikrai plečiasi greičiau, nei manėme, ji gali būti daug jaunesnė, nei šiuo metu priimta (13,8 mlrd. m.). Neatitikties paaiškinimu gali būti tai, kad Visatos dalis, kurioje gyvename, yra kitokia, palyginti su likusia Visatos dalimi, ir šis skirtumas iškreipia matavimus. Galbūt tai yra mažai tikėtina Hablo konstantos neatitikimo priežastis, tačiau neatsižvelgti į pastebėtus skirtumus būtų neatsakinga. Astronomai mano, kad

netrukus galės tiksliai nustatyti, kuris Hablo konstantos matavimas yra teisingas.

Jei Hablo konstantos matavimai skirsis, ateis laikas naujai fizikai. Ir nors buvo pasiūlyta daug teorijų, paaiškinančių skirtumus, tačiau kiekviena potenciali teorija turi neigiamą pusę. Pavyzdžiui, gali būti, kad ankstyvojoje Visatoje būta kitos rūšies spinduliuotės arba tamsioji energija laikui bėgant gali keistis.

Keistas ūžesys, sklindantis iš Visatos pradžios

Kosmologinė infliacija yra plačiai pripažinta teorija, kuri aiškina, kaip Visata iš mažos, karštos, tankios pradinės būsenos išsiplėtė į šiandien mus supančią Visatą. Ši teorija patyrė daugybę variacijų, pateikė daug įtikinamų prognozių, tačiau tiesioginių jos tikrumo įrodymų vis dar nėra. Per pirmuosius kelis šimtus tūkstančių metų po mūsų Visatos gimimo perkaitusių dalelių plazmą perplėšė pirmapradis ūžesys. Šiandien mokslininkai klausosi to ūžesio, tikėdamiesi gauti naujų įžvalgų apie paslaptinę jėgą, žinomą kaip tamsioji energija.

Dar iki žvaigždžių, planetų, juodųjų bedugnių, baltųjų nykštukių susidarymo ar atomų, šviesos spindulių atsiradimo Visatoje aidėjo pirmapradis ūžesys. Jis sklido daugiau nei puse šviesos greičio per įkaitusią barionų, fotonų ir tamsiosios medžiagos plazmą. Praėjus keliems šimtams tūkstančių metų, plazma išnyko kaip rūkas ir Visata staiga visiškai nutilo. Vis dėlto ir šiandien įmanoma pagauti šias pirmines ankstyvojoje Visatoje sklidusias garso bangas, kurios paliko pastebimą pėdsaką medžiagos pasiskirstyme visoje Visatoje. Šio pasiskirstymo matavimai astronomams suteikia užuominų apie vieną didžiausių šiandienos Visatos paslapčių – paslaptinę jėgą, žinomą kaip tamsioji energija.

Pirminės garso bangos, dar žinomos kaip *barioniniai akustiniai virpesiai*, susiformavo, kai ankstyvojoje Visatoje dalelės dėl gravitacijos pradėjo trauktis. Barioniniai akustiniai virpesiai egzistavo tik kelis šimtus tūkstančių metų, tačiau jie padeda mokslininkams atskleisti nematomos Visatos istoriją nuo jos pirmos akimirkos, kai fotonų sukurta spinduliuotės slėgis kovojo su gravitacija ir viską stūmė atgal. Ši kova sukūrė akustinius virpesius – garso bangas.

Jei žmogus būtų egzistavęs „barioninių akustinių virpesių“ epochoje, jis nieko nebūtų girdėjęs, nes garsų bangos ilgis siekė apie 450 000 šviesmečių. Šis neįtikėtinai gilus negirdimas užesys sklido pro terpę, pro kurią net galingiausi šiuolaikiniai teleskopai negali prasisiverbti. Vis dėlto 2009 m. Europos kosmoso agentūros (ESA) paleistas kosminis teleskopas „Planck“ užfiksavo ankstyvosios Visatos barioninių akustinių virpesių aidus, o mokslininkai sugebėjo juos paversti garsiniais dažniais.

Maždaug po 379 000 metų po Didžiojo sprogmio Visata pakankamai atvėso, kad protonai ir elektronai susiporuotų ir suformuotų pirmuosius neutralius vandenilio atomus. Plazma išnyko, todėl Visata staiga tapo permatoma šviesai. Tą pačią akimirką baigėsi radiacijos ir gravitacijos kova, taip pat barioninių akustinių virpesių epocha ir Visata nutilo.

Šviesos energijos sklidimas per Visatą buvo toks galingas, kad net po daugiau nei 13 mlrd. metų jos likučiai vis dar pasiekia radijo teleskopus, ir tai yra žinoma kaip kosminė mikrobangų foninė spinduliuotė, kuri yra seniausias ir išsamiausias išlikęs ankstyvosios Visatos vaizdinis įrašas.

Barioniniai akustiniai virpesiai ne tik padeda įsivaizduoti, kaip skambėjo ankstyvoji Visata, bet ir įvertinti tamsiosios energijos poveikį. Tamsioji energija verčia Visatą plėstis. Jos poveikis yra visur, tačiau prigimtis nežinoma. Tiriant barioninius akustinius virpesius skirtingais atstumais nuo Žemės, galima stebėti, kaip pasikeitė tamsiosios energijos poveikis per Visatos istoriją.

Vandenilio atomai išskiria žmogaus akims nematomą, bet radijo teleskopu aptinkamą 21 cm bangos ilgio spinduliuotę. Šią radiaciją iš tolimų kosminių vandenilio debesų išstempia tamsioji energija, padidindama stebimą bangos ilgį Žemėje. Kuo toliau yra vandenilio debesis, tuo labiau ištemptas registruojamas bangos ilgis.

Brazilijoje (Paraibos valstijoje) statomas radijo teleskopas BINGO (*Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutral Gas Observations*) stebės vandenilio linijos emisijos poslinkio intensyvumą ir sieks išmatuoti tamsiąją energiją per barioninių akustinių virpesių svyravimus (BAO – *Baryon Acoustic Oscillations*) radijo dažnių juostoje. Teleskopo sistemos pradėjo veikti 2020 metais. Teleskopas sukurtas taip, kad būtų galima nustatyti vandenilio pasiskirstymą nuo vieno milijardo iki keturių milijardų šviesmečių nuotoliu. Du teleskopo paraboliniai veidrodžiai nukreipia šią pirmąją spinduliuotę ant 50-ies bangų detektorių. Pagrindinė judanti teleskopo dalis yra pati planeta, ant kurios jis pastatytas. Besisukanti Žemė judina teleskopą žvaigždžių atžvilgiu, skenuodama dangaus juostą 15° ir 200° kampų. BINGO teleskopas stebės vėlyvąją Visatą, kai plėtimosi metu jau dominavo tamsioji energija. Vandenilio intensyvumo kartografavimas iš esmės gali išmatuoti bet ką Visatoje – nuo šiandienos iki kosminės mikrobangų fono elektromagnetinės spinduliuotės (CMB), kuri yra ankstyvosios Visatos stadijos raidos likutis, dar žinomas kaip „reliktinė spinduliuotė“. CMB yra pagrindinis Visatos Didžiojo sprogo kilmės įrodymas. Kai Visata buvo jauna, iki susiformuojant žvaigždėms ir planetoms, ji buvo tankesnė, daug karštesnė ir užpildyta nepermatomo vandenilio plazmos rūko. Visatai plečiantis, plazma vėso, o ją užpildanti spinduliuotė išsiplėtė iki ilgesnių bangų. Nukritus temperatūrai, protonai ir elektronai susijungė, sudarydami neutralius vandenilio atomus. Skirtingai nei plazma, šie nauji atomai negalėjo išsklaidyti šiluminės spinduliuotės, todėl Visata tapo skaidri.

Nuo laiko, kai barioninė plazma užleido vietą kosminei mikrobangų fono elektromagnetinei spinduliuotei, ir „kosminės aušros“, kai nušvito pirmoji žvaigždė, praėjo 250–350 mln. metų. Tamsiaisiais amžiais Visata buvo tamsi, tačiau stebimame vaizde yra nedidelių ryškumo svyravimų, kurie atitinka didesnę ar mažesnę tankį ir rodo karštesnius ir šaltesnius taškus. Kosminė mikrobangų fono elektromagnetinė spinduliuotė (CMB – *Cosmic Microwave Background*) yra tarsi nuotrauka, kurioje detalai užfiksuoti esminiai kosmologijos evoliucijos momentai. Svarbu sugebėti atpažinti kosmologinį signalą. Per barioninius akustinius virpesius tikimasi atskleisti daugiau Visatos praeities paslapčių, pasiekti Visatos „infliacijos epochą“, kurios metu, pasak dalies kosmologų, erdvė plėtėsi už šviesos greitį didesniu greičiu.

Naudodami Pietų Afrikoje pastatytą MeerKAT radijo teleskopų masyvą astronomai 2024 m. Paukščių Take aptiko naują objektą, sunkesnę už sunkiausias žinomas neutronines žvaigždes, bet lengvesnę už žinomas juodąsias bedugnes (Massey, 2024). Mokslininkai nustatė, kad aptiktas milisekundinis pulsaras skrieja už 40 000 šviesmečių ir sukasi labai greitai – šimtus kartų per sekundę. Manoma, kad tai gali būti pirmasis radijo pulsaro – juodosios bedugnės dvynio – atradimas. Ši pora galbūt padėtų atverti duris juodųjų bedugnių tyrimams ir suteiktų naujų įžvalgų branduolinės fizikos srityje. Kai neutroninė žvaigždė (itin tankios mirusios žvaigždės liekanos) įgauna per daug masės, ji suyra ir gali tapti juodąja bedugne. Manoma, kad tokia reikalinga masė yra 2,2 karto didesnė už Saulės masę. Lengviausios tokių žvaigždžių sukurtos juodosios bedugnės yra daug didesnės. Jos maždaug penkis kartus masyvesnės už Saulę, todėl susidaro vadinamoji „juodosios bedugnės masės spraga“. Šios masės objektų prigimtis kol kas nežinoma.

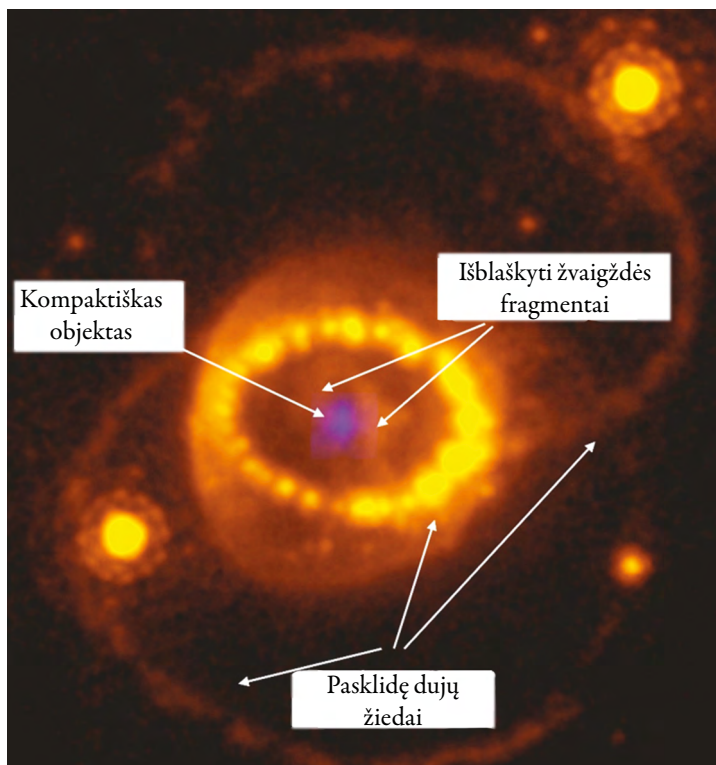
Astronomai teigia, kad šiame sektoriuje erdvė yra tiek perpildyta, kad žvaigždės gali sąveikauti viena su kita, sutrikdydamos orbitas

ir net retais atvejais susidurdamos, todėl aptiktas masyvus objektas, dabar skriejantis aplink radijo pulsarą, galėjo atsirasti susidūrus dviem neutroninėms žvaigždėms. Nors astronomai negali galutinai pasakyti, ar jie atrado iki šiol masyviausią neutroninę žvaigždę, „lengviausią“ juodąją bedugnę ar naują egzotiškos žvaigždės variantą, jie atskleidė kažką, kas galbūt padės tirti medžiagos savybes ekstremaliausiomis sąlygomis.

Visatos pažinimas nuolat plečiasi, nes kuriami nauji, vis tikslesni ir jautresni teleskopai, statomi žemėje ar skriejantys kosmose. Jais mokslininkams dažnai pavyksta patvirtinti sukurtas teorijas ar hipotezes (žr. 1 priedą). Kai netoliese esančioje galaktikoje 1987 m. sprogo iki 20 kartų už Saulę didesnė žvaigždė, sprogo buvo toks stiprus, kad pietiniame Žemės pusrutulyje plika akimi jis buvo matomas kelias savaites. 2024 m. mokslininkai nustatė, kad iš tos supernovos susidarė nepaprastai didelio tankio objektas, vadinamas neutronine žvaigžde (18 pav.). Neutroninėje žvaigždėje esanti arbatinio šaukštelio (5 ml) tūrio medžiaga sveria apie milijardą tonų.

1987A supernova atsirado per 160 000 šviesmečių nuo Žemės esančiame Didžiajame Magelano debesyje, nykštukinėje galaktikoje, besiribojančioje su mūsų Paukščių Taku. Visatos atveju tai nedidelis atstumas, nes vienas šviesmetis, kurį šviesa nukeliauja per metus, yra 9,5 trilijono km. Ši žvaigždė dėl savo didelės masės gyvavo palyginti trumpai – tik apie 20 mln. metų. Sprogimo šviesa iš Žemės buvo pastebėta 1987 m. vasario 24 d., kitą dieną po to, kai buvo aptiktas didžiulis supernovos išmestų neutrinių srautas. Didžiuliai subatomiinių dalelių neutrinių kiekiai susidaro įvykus didelės žvaigždės šerdies griūčiai. Nuo 1604 m. tai buvo pirmas kartas, kai supernova buvo matoma plika akimi.

Žvaigždės, mažiausiai 8–10 kartų didesnės už Saulės masę, po jų šerdies griūties baigia savo gyvavimą, išmesdamos didžiąją dalį medžiagos į Visatą ir sprogo epicentre palikdamos tik likučius.



18 pav. Neutroninės žvaigždės pėdsakai sprogius 1987A supernovai Didžiajame Magelano debesyje (Dunham, 2024).

Tokie katastrofiški sproginiai yra pagrindiniai cheminių elementų, įskaitant anglį, deguonį, silicį ir geležį, kurie būtini gyvybei, šaltiniai. Priklausomai nuo buvusios žvaigždės dydžio, gali susidaryti neutroninė žvaigždė arba juodoji bedugnė – objektas, kurio gravitacinė trauka tokia stipri, kad net šviesa negali ištrūkti. 1987A supernovos dydis ir neutrino srauto trukmė leidžia manyti, kad liekana bus neutroninė žvaigždė, tačiau tiesioginiais įrodymais tai nebuvo patvirtinta. J. Webbo kosminis teleskopas aptiko jonizuotų argono ir sieros atomų. Tyrėjai išsiaiškino, kad tokie atomai ten galėjo atsirasti tik

dėl neutroninės žvaigždės ultravioletinės ir rentgeno spinduliuotės. Dabar mokslininkai siekia nustatyti, kokia tai neutroninė žvaigždė – ar greitai besisukantis stipraus magnetinio lauko, ar „tylesnis“ silpno magnetinio lauko pulsaras.

Dulkės, kurių masė daugiau nei 200 000 kartų didesnė už Žemės masę, po sprogimo pasklido apie susidariusią neutroninę žvaigždę ir erdvę optinei ir ultravioletinių bangų šviesos spinduliuotei tapo neskaidri. Tyrėjams pasisekė, nes J. Webbo kosminis teleskopas yra infraraudonųjų spindulių teleskopas, o tokiai spinduliuotei šios dulės nėra didelė kliūtis.

Kosmologija nagrinėja pasaulį kaip erdvės, laiko ir visų reiškinių visumą, o fizinė kosmologija – tai Visatos kilmės, jos struktūrų ir dinamikos bei galutinės Visatos raidos tyrimas. Tyrimus vykdo astronomai, fizikai, filosofai (metafizikai, fizikos filosofai ir erdvės bei laiko filosofai). Fizinės kosmologijos teorijos gali apimti tiek mokslinius, tiek ir nemokslinius teiginius. Kaip jau ne kartą buvo minėta, šiuolaikinėje fizinėje kosmologijoje dominuoja Didžiojo sprogimo teorija, kuria bandoma sujungti stebėjimo astronomiją, dalelių fiziką, tamsiąją medžiagą ir tamsiąją energiją. Astrofizikai kosmologiją apibūdina kaip „istorinį mokslą“, nes kai žiūrime į erdvę, dėl šviesos greičio prigimties žiūrime atgal. Kai kurie kartais ir nemoksliniai samprotavimai kelia nesibaigiančias diskusijas:

- Kokia yra Visatos kilmė? Kokia jos susikūrimo / sukūrimo pirminė priežastis (jei tokia yra)? Ar būtinas jos egzistavimas?
- Kokie yra svarbiausi materialūs Visatos komponentai?
- Kokia yra svarbiausia Visatos egzistavimo priežastis (jei tokia yra)? Ar erdvėlaikis turi tikslą?
- Ką mes žinome apie erdvėlaikio visumą? Ar kosmologiniai samprotavimai atskleidžia metafizines tiesas?

Remiantis tik vyraujančia Didžiojo sprogimo hipoteze, galima pasakyti, kad tiek erdvė, tiek laikas buvo sukurti per Didįjį

sprogimą – maždaug prieš 14 mlrd. metų, todėl, turimomis žiniomis, anapus Visatos nieko nėra. Visgi didelė mūsų Visatos dalis egzistuoja už stebimų Visatos (jos skersmuo yra apie 90 mlrd. šviesmečių) ribų, bet kas yra už šių ribų, informacijos nėra. Įvairios hipotezės siūlo daug galimų Visatos raidos variantų.

Įvairūs stebėjimai rodo, kad Visatos plėtimasis tęsis be galo ilgai, o gal ir amžinai. Vyrauja teorija, kad besiplečianti Visata vis labiau vės ir galiausiai taps per šalta gyvybei. Dėl šios priežasties šis ateities scenarijus vadinamas ir „šilumine mirtimi“, ir „Didžiuoju atšalimu“ (*Big Chill, Big Freeze*). Kokia bus Visatos būseną ateityje – ar bus Visatos Didysis išsiplėtimas, ar ji greitai išsiplės ir „suplys“, ar toliau ramiai didės ir atvės, o gal priešingai – susitrauks? Visa tai, tikėtina, nulems hipotetinis tamsiosios medžiagos ir tamsiosios energijos bei įprastos medžiagos (barioninės) ir energijos santykis erdvėje.

Didysis išsiplėtimas (Didysis plyšimas) – tai paskutinio Visatos raidos etapo kosmologinė hipotezė, pagal kurią Visata peržengs plėtimosi ribą ir suplys, nes plėtimosi jėgos taps stipresnės už joje veikiančias gravitacijos jėgas. Yra skaičiavimų, kad tai atsitiks, kai Visatai bus 50 mlrd. metų, ji bus smarkiai atšalusi, joje bus daug masyvių juodųjų bedugnių, o objektai tols 95 % šviesos greičiu. Dėl tamsiosios energijos Visata vis greičiau plės, kol „praplys“. Jei Didžiojo išsiplėtimo hipotezė būtų teisinga, tai medžiaga erdvėje išnyktų ir atsirastų „tuščia“ Visata su dideliu energijos kiekiu, nes viskas joje suirs ir visos galaktikos, planetinės sistemos, žvaigždės, o galų gale ir patys atomai išsiskaidys.

- Kalbant apie besibaigiantį laiką, galima teigti, kad laikas neturi pabaigos. Visata plečiasi kiekvieną dieną ir atrodo, kad tai tęsis amžinybę. Ateitis atvira, ir vis dar bus kitas rytas.
- Kiek liko laiko iki Didžiojo išsiplėtimo, priklauso nuo daugelio visiškai nežinomų ar dar niekaip neįrodytų veiksnių. Dabartinės hipotezės tvirtina, kad viskas priklauso nuo mūsų

Visatoje esančios tamsiosios energijos tipo, žinomo kaip *fantominė energija*. Jei tamsioji energija Visatoje didės be apribojimų, ji gali sunaikinti visas jėgas, kartu laikančias Visatą, kurios priklauso nuo tamsiosios energijos slėgio ir jos tankio santykio (w). Jei $-1 < w < 0$, Visata toliau plečiasi, tačiau tamsiosios energijos veikimas laikui bėgant silpnėja ir Didysis išsiplėtimas neįvyksta. Kai fantominės energijos parametras $w < -1$, tai reiškia, kad energijos tankis Visatoje jai plečiantis didėja. Kuo w arčiau -1 , tuo numatomas Didysis išsiplėtimas bus vėlesnis. Mokslininkai svarsto hipotetinį atvejį, kai $w = -1,5$, $H_0 = 70 \text{ km/s/Mpc}$ ir $\Omega_m = 0,3$. Čia Ω_m yra dabartinė visos Visatos medžiagos tankio vertė, o H_0 yra Hablo konstanta. Manoma, kad Hablo konstanta taip pat gali būti aiškinama kaip santykinis Visatos plėtimosi greitis. Ši konstanta dažniausiai matuojama km/s/Mpc dimensija, nurodant 1 megaparseko ($3,09 \times 10^{19} \text{ km}$) atstumu esančios galaktikos tolumo greitį km/s , ir jos reikšmė yra apie 70 km/s/Mpc . Esant dabartiniam plėtimosi greičiui, reikės milijardo metų, kad Visatos struktūra padidėtų 7 %, o Didysis išsiplėtimas įvyktų maždaug po 22 mlrd. metų. Jei w būtų lygus -1 , Didysis išsiplėtimas negalėtų įvykti, nepaisant H_0 arba Ω_m reikšmių.

- Jei tamsioji energija išliks nepakitusi, erdvė plėsis neribotą laiką, o vis labiau izoliuotos žvaigždės pamažu išnyks ir atšals, taigi jas ištiks „šiluminė mirtis“. Jeigu tamsioji energija ir toliau spartins Visatos plėtimąsi, galiausiai Didysis plyšimas sudraskys erdvę.
- Dar viena teorija tvirtina, kad Visata palaipsniui išnyks visam laikui. Jokio atgimimo, jokių ciklų, nes Visata egzistuoja ją supančioje tuštumoje, žinomoje kaip *išorė*, kitaip tariant, virtualaus *nieto* tuštumoje. Kai kurių religijų požiūriu, dvi

dievybės skrieja aplink Visatą, viena priklauso Kūrėjui, o kita – Naikintojui.

- „Šiluminės mirties“ scenarijaus idėja kyla iš antrojo termodinamikos dėsnio, kurio viena versija teigia, kad izoliuotoje sistemoje entropija linkusi didėti. Tai reiškia, kad jei Visata gyvuoja pakankamai ilgai, ji asimptotiškai (neribotai) artėja prie būsenos, kurioje visa energija Visatoje pasiskirsto tolygiai. Vienu atveju Visata plėsis be sustojimo (infliacinis modelis, „Didysis išsiplėtimas“), kitu atveju, esant didesniam tankiui, vėl trauksis (defliacinis modelis, „Didysis susitraukimas“) ir susidarys situacija, panaši į buvusią prieš Didįjį sprogimą. Tokiu atveju galima teigti, jog Visatos raida yra cikliška.
- Spėjama, kad praėjus 10^6 – 10^{14} (1–100 trilijonų) metų po Didžiojo sprogo, kai visos žvaigždės išnaudos vandenilio kurą ir užtems, Visata pateks į *Išsigimimo erą*. Šioje eroje žvaigždės bus išdegusios ir liks tik žvaigždžių likučiai – baltosios nykštukės, neutroninės žvaigždės ir juodosios bedugnės. Vėlesnėje *Tamsiojoje eroje* baltosios nykštukės, neutroninės žvaigždės ir kiti mažesni astronominiai objektai protonų skilimo metu bus sunaikinti, todėl liks tik juodosios bedugnės. Galiausiai *Tamsiojoje eroje* net juodosios bedugnės išnyks – jos labai lėtai susitrauks dėl Hokingo spinduliuotės (Hokingo spinduliuotė – šiluminis spinduliavimas, kurį dėl kvantinių efektų skleidžia juodosios bedugnės). Liks tik atskiestos fotonų ir leptonų dujos.
- Nors atrodo, kad tam tikroms Visatos ypatybėms reikia multivisatos egzistavimo, tačiau kol kas tai tik teoriniai samprotavimai, nes tiesiogiai nebuvo pastebėta nieko, kas leistų manyti, kad ji iš tikrųjų egzistuoja. Įrodymai, patvirtinantys multivisatos idėją, yra grynai teoriniai, o kai kuriais atvejais ir filosofiniai. Vienoje multivisatoje turėtų būti begalinis skaičius

visatų, o visatoje yra begalinis skaičius multivisatų. Skalė tokia: *Visata, Multivisata, Metaverse, Megaverse, Hyperverse* ir *Omniverse*.

- Ar yra kas nors didesnis už Visatą, priklauso nuo to, kaip ją apibrėžiame. Jei apibrėžiame mūsų Visatą kaip viską, kas egzistuoja, įskaitant visą materiją, energiją, erdvę ir laiką, tada pagal apibrėžimą negali būti nieko už Visatos ribų arba didesnio už Visatą. Nors sunku įsivaizduoti, bet Visata neturi centro ir neturi ribų. Pagal formules, naudojamas riboms apskaičiuoti, 13,7 mlrd. metų turinti mūsų Visata egzistavimo ribą pasieks maždaug po 5 mlrd. metų.
- Ar žmonijai svarbu, kiek ilgai egzistuos Visata? Maždaug po 100 trilijonų metų užges paskutinė šviesa. Bloga žinia ta, kad Visata mirs lėtai ir skausmingai. Gera naujiena – mes to nepamatysime. Artimoje ateityje, tarkime, po penkių šimtų metų, pasaulis bus labiau užterštas žmonių veiklos atliekomis, dėl visuotinio atšilimo klimatas bus karštesnis ir Žemė galbūt virs netinkama gyventi planeta.

Galutinis mūsų Visatos raidos scenarijus tebėra paslaptis. Atsižvelgiant į Visatos plėtimosi greitį, svarstomi „Didžiojo išsiplėtimo“, „Didžiojo atšalimo“ ir „Didžiojo susitraukimo“ scenarijai. Kiekvienas jų turi trūkumų ir yra tikėtinas, bet ar bus kada nors atsakyta, „kas yra kas“, dar nežinia.

Ar Visatoje, be trijų erdvinių matmenų ir laiko, yra kitų paslėptų matmenų

Tiek iš bendrosios reliatyvumo teorijos, tiek iš teorinės dalelių fizikos žinome, kad stebimą Visatą galima apibūdinti trimis erdviniais ir vienu laiko matmenimis. A. Einsteino reliatyvumo teorijoje ir standartiniame modelyje turime tik tris erdvinis matmenis, tačiau jų galėtų būti daugiau, ir daugelis mokslininkų mano, kad taip yra. Kyla daug įdomių hipotezių, jei pripažįstame papildomus matmenis (dimensijas). Ar iš tikrųjų Visatoje gali būti daugiau nei trys erdviniai matmenys? Egzistuoja fiziniai šių matmenų raiškos barjerai, tačiau kol kas jokių būdu negalima atmesti jų buvimo.

Iš bet kurio erdvės taško galime laisvai judėti bet kuria pasirinkta kryptimi. Galime keliauti pirmyn arba atgal, aukštyn ir žemyn arba iš vienos pusės į kitą, turėdami tris nepriklausomus matmenis. Yra ir ketvirta dimensija – laikas. Fizinis judėjimas erdvėje ir laike yra neatsiejamas vienas nuo kito. Ar gali būti papildomų erdvinų matmenų? Šis klausimas jau šimtmetį jaudina fizikus, matematikus ir filosofus. Nors fizinės pasekmės, kurios kiltų dėl papildomų erdvinų dimensijų, turi griežtų apribojimų, matematinės galimybės leidžia šią erdvę išplėsti.

Galbūt geriausias atspirties taškas yra įsivaizdavimas, koks būtų gyvenimas, jei būdamas trimatėje būtybėje, susidurtum su būtybe, gyvenančia tarytum popieriaus lapo paviršiuje, dvimatėje Visatoje. Ši būtybė galėtų judėti pirmyn arba atgal, į kairę ar dešinę, tačiau ji neturėtų supratimo apie judėjimą aukštyn ir žemyn. Tai, kad ji negalėtų suvokti šios papildomos, trečiosios, dimensijos, nebūtinai yra jos egzistavimą neigiantis argumentas, tačiau reikėtų suvokti, ką gali suteikti tokie papildomi matmenys. Pavyzdžiui, jei tame dvimačiame paviršiuje gyvenanti būtybė prabiltų, kaip sklistų jos skleidžiamo

garso bangos? Ar jos liktų ribotoje dvimatėje Visatoje, ar nutekėtų į trimatę Visatą? Jei būtume trimačiu stebėtoju, ar išgirstume pokalbius nuo dvimačio paviršiaus, ar garsui pavyktų sklisti per šią trečiąją dimensiją? Kai klausomės vieno garso įvairiu atstumu, galime išmatuoti, kaip garsiai jis skamba ir iš kur sklinda. Ar jis plinta ratais, kai jo sklidimas apsiriboja tik dviem ar trimis matmenimis kaip sfera? Mums įprasti trijų erdvių dimensijų signalai (garsas, šviesos srautas, gravitacinių ir elektromagnetinių jėgų laukai) plinta kaip sferos paviršius.

Jei ir yra papildomų, tam tikra prasme makroskopinių, dimensijų, mūsų Visatoje esančios jėgos ir reiškiniai turbūt „nenuteka“ į jas. Kažkodėl žinomos dalelės ir sąveikos apsiriboja 3 erdvės ir 1 laiko matmenimis. Jeigu yra papildomų bet kokio pastebimo dydžio dalelių ar reiškinių dimensijų, jos mums neturi pastebimo poveikio. Žinoma, teoriškai gali būti papildomų dimensijų, kuriose įvairių jėgų, dalelių ar sąveikų poveikis gali pasireikšti tik labai mažose skalėse. Pavyzdžiui, labai suartinus dvi įkrautas daleles, galima išmatuoti tarp jų esančias traukos arba atstumties jėgas. Dalelių greitintuvuose įkrautų dalelių srautų susidūrimo metu tarp dalelių galimas 10^{-18} m atstumas. Jei šiame energetiniame lygmenyje būtų nukrypimų nuo žinomos elektromagnetinės jėgos elgsenos, eksperimentai būtų tai atskleidę, tačiau stiprių, silpnų ir elektromagnetinių jėgų sąveikose nepastebėta jokių papildomų dimensijų.

Visgi kalbant apie gravitaciją dar trūksta aiškumo. Gravitacijos jėgos yra neįtikėtina silpnos, todėl sunku jas išmatuoti esant mažiems sąveikaujančių objektų dydžiams. Pastaraisiais metais pradėti gravitacijos matavimai tarp mikrometrinio dydžio objektų. Tyrimų rezultatai rodo, kad gravitacija bet kokių dabartinėmis priemonėmis stebimų mastelių skalėje „nenuteka“ į papildomas dimensijas (Siegel, 2023).

Iš esmės nėra jokių apribojimų labai mažoms papildomoms dimensijoms, mažesnėms už tas, kurios pasiekiamos šiuolaikiniais eksperimentais. Vieninteliai tikėtini didesni apribojimai yra galimybė

sukurti galingesnę greitintuvą arba tyrimams panaudoti kosminius spindulius. Kol nėra tokių priemonių, turime pripažinti, kad galbūt $\sim 10^{-19}$ – $\sim 10^{-35}$ m skalėje galime tikėtis aptikti vieną ar daugiau papildomų erdvinį dimensijų.

I. Newtono mechanika, su kuria kasdien susiduriame, aprašoma vos keliomis formulėmis, kuriomis galima apskaičiuoti sąveikaujančių objektų trajektorijas. Iš tiesų ši mechanika yra tarsi iš atskirų kaladėlių pagal tam tikras taisykles sudarytas konstruktorius. XX a. pradžioje buvo įrodyta, kad atomą, kuris ilgą laiką buvo laikomas mažiausiu medžiagos statybinio bloku, sudaro dar mažesnės subatominės dalelės, vadinamos protonais, neutronais ir elektronais. Kitos subatominės dalelės buvo atrastos XX a. 7-ajame dešimtmetyje. Aštuntajame dešimtmetyje nustatyta, kad protonus ir neutronus (ir kitus hadronus) sudaro mažesnės dalelės, vadinamos kvarkais. Sukurta Standartinio modelio teorija, apibūdinanti šių dalelių sąveiką. Formaliam elementariųjų dalelių sąveikų aprašymui sukurta *kvantinė lauko teorija*. Yra įvairių kvantinių lauko teorijų: elektronus apibūdina vadinamasis Dirako laukas, Higgso bozoną – kvantinė skaliarinio lauko teorija, fotonų aprašymui arba bozonų kalibravimui yra kvantinė kalibruojančių laukų teorija. Standartinis modelis, pavadintas „beveik Visko teorija“, apibūdina visų žinomų subatominių dalelių santykius ir tris fundamentaliąsias jėgas: elektromagnetizmą, stipriąją ir silpnąją jėgas. Į šį modelį nebuvo įtraukta gravitacija – ji atskirai minima kvantinės gravitacijos teorijoje. Standartinis modelis – konkreti kvantinės lauko teorijos realizacija, aprašant žinomas eksperimentiškai stebimas elementarias daleles. Kol kas nėra rimtų prieštarų tarp eksperimentų rezultatų ir Standartinio modelio prognozių, tačiau ši teorija negali atsakyti, kas yra tamsioji medžiaga ir kas nutiko antimaterijai po Didžiojo sprogo.

Standartiniu modeliu galima kažką numatyti, o kvantinė lauko teorija tokios galios neturi, nes tai tik savotiškas konstruktorius – lygiai

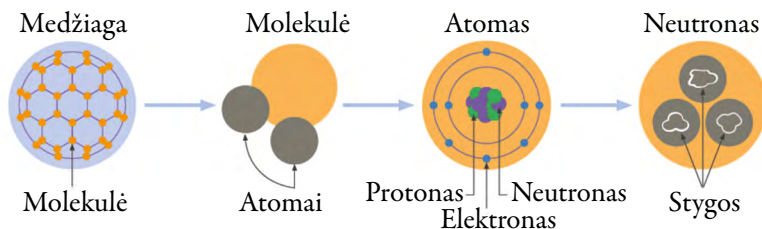
kaip mechanika. Kol neįvardijame konkrečių ingredientų, nieko numatyti neįmanoma. Tačiau yra viena dalelė, kuriai šiame konstrukto-riuje vieta nenumatyta – gravitonas, jis neturi masės, o jo sukiny s yra 2. Nežinome, kaip kvantiniu lygiu užrašyti gravitonų tarpusavio są-veikas su kitais laukais. Kitaip tariant, neturime kvantinės gravitacijos teorijos. Klasikinė gravitacijos teorija yra A. Einsteino reliatyvumo teorija, kuri gravitonų tarpusavio sąveiką paaiškina klasikiniu būdu. Deja, negalime aprašyti gravitonų kvantiniu lygmeniu, nes tokio ele-mento šioje priemonėje nėra. Tai, kad nežinome, kaip teoriškai apra-šyti gravitonų kvantinę sąveiką, yra viena iš pagrindinių neišspręstų teorinės fizikos problemų.

XX a. 9-ajame dešimtmetyje atsirado naujas matematinis teori-nės fizikos modelis, vadinamoji *stygų teorija*, kuri atskleidė, kad visos skirtingos mokslui žinomos subatominės dalelės gali būti sukons-truotos iš hipotetinių labai mažų „statybinių blokų“, arba vienmačių „stygų“, turinčių tik ilgį, bet neturinčių aukščio ar pločio matmenų. Kad stygų teorija būtų matematiškai nuosekli, stygos Visatoje turėtų būti dešimties matmenų. Tai prieštarauja patirčiai, kad mūsų Visata turi keturis matmenis: tris erdvės (aukštis, plotis ir ilgis) ir vieną lai-ko. Stygų teorijos kūrėjai pasiūlė aiškinimą, kad papildomos šešios dimensijos egzistuoja, bet negali būti aptiktos tiesiogiai. Remiantis stygų teorija, kiekvieną Visatos dalelę, kuri yra ultramikroskopinio lygmens (Planko ilgis $1,6 \times 10^{-35}$ m), sudaro įvairūs vibruojančių sty-gų (arba gijų) deriniai su pageidaujamais vibracijos modeliais. Šios „stygos“ vibruoja keliais matmenimis ir priklausomai nuo to, kaip jos vibruoja, trimatėje erdvėje gali būti matomos kaip materija, šviesa ar gravitacija. Taigi pagal šį modelį stygos vibracija lemia, su kokia forma – materija ar energija – susiduriame, o kiekviena materijos ar energijos forma yra stygų vibracijos rezultatas (Wolchover, 2017).

Šiuolaikinė stygų teorija kelia hipotezę, kad žemiau ekspe-rimentiškai aptinkamų ribų yra ne vienas papildomas erdvinis

matmuo. Jų gali būti net šeši. Žinoma, teoriškai įmanoma, kad egzistuočių papildomi matmenys, tačiau jie turėtų būti labai maži. Galbūt jie bus atskleisti būsimaiais galingesniais eksperimentais. Teoriškai mūsų Visatoje gali būti daugiau nei trys erdviniai matmenys, kol tie „papildomi“ matmenys nesiekia tam tikro eksperimentiškai išbandyto kritinio dydžio. Taigi yra hipotezių, kad $\sim 10^{-19}$ iki 10^{-35} m dydžių skalėje yra vietos ketvirtam (ar daugiau) erdviniam matmeniui.

Bėgant metams atsirado daugybė teorijų, kurios siekia sujungti bendrąją reliatyvumo teoriją ir kvantinę mechaniką ir bando paaiškinti, kaip veikia Visata. Viena iš jų pretenduoja į „Visko teoriją“. 1995 m. JAV matematikas ir teorinis fizikas Edwardas Wittenas pateikė teiginį, kad, žiūrint iš įvairių perspektyvų, net penkios skirtingos stygų teorijos versijos gali aprašyti tą patį reiškinį (Witten, 1995). Jis pasiūlė bendrą „M teoriją“, kurioje „M“ nėra konkrečiai apibrėžta, bet paprastai suprantama kaip „membrana“. „M teorija“ sujungė visas stygų teorijas. Nors pilna matematinė „M teorijos“ formuluotė nėra žinoma, ji yra pagrindinis pretendentas į universalią „Visko teoriją“, kuri sujungia gravitaciją su kitomis jėgomis, tokiomis kaip elektromagnetizmas. „M teorija“ siekia matematiškai sujungti kvantinę mechaniką su bendrosios reliatyvumo teorijos gravitacijos jėga. Teorija teigia, kad stygos iš tikrųjų yra dvimatės membranos vienmačiai griežinėliai, vibruojantys 11 dimensijų erdvėlaikyje. Pagal stygų teoriją, kiekviena subatominė dalelė yra vibruojanti styga. Visos elementariosios dalelės Visatoje yra vibruojančios vienmatės energijos gijos, žinomos kaip stygos (19 pav.). Stygos neturi pločio ar aukščio, tačiau jų ilgis (10^{-35} metro) yra daug kartų mažesnis už atomo branduolio skersmenį. Stygos judėjimas lemia dalelės tipą ir jos charakteristikas – fotonas, elektronas, gravitonas ar kitokio tipo dalelė. Šiuo atžvilgiu styga veikia panašiai kaip smuiko styga, kurios vibracijos formuoja garso virpesio toną

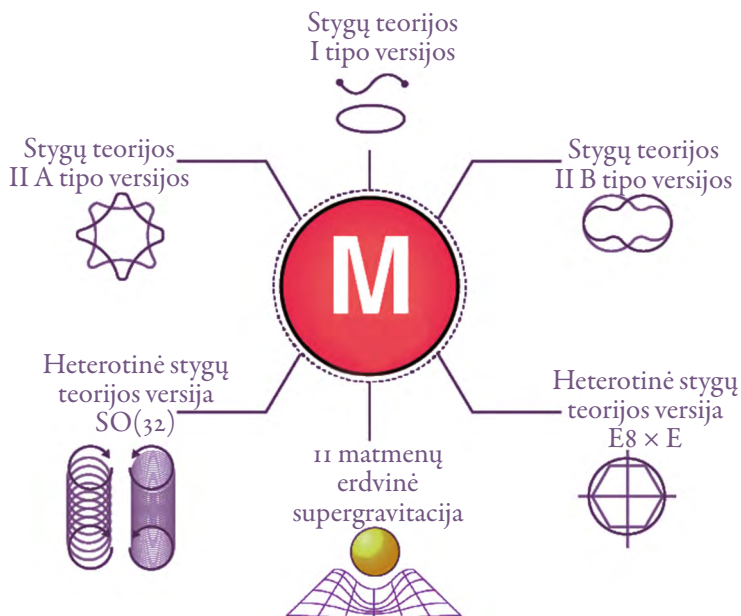


19 pav. Pagal stygų teoriją, pagrindiniai visos materijos komponentai yra mažytės vibruojančios gijos, arba energijos stygos.

(Sheldon, 2022). Superstygų teorija numato devynių erdvės dimensijų ir vienos laiko dimensijos egzistavimą.

Svyravimai, arba vibracijos, lemia skirtingas dalelių savybes, tokias kaip masė ir krūvis. Ši teorija aprašo ir mums įprastą Visatą su keturmačiu erdvėlaikiu, ir atvejus, kai koordinatė 10-matėje erdvėje apibrėžiama ne realiais skaičiais, o visai kitokio tipo matematiniais dydžiais. Taigi erdvėlaikio sąvokos supratimas stygų teorijoje nėra fiksuotas tam tikra sąvoka, jis geriausiai suprantamas kaip esantis skirtingas nevienodomis sąlygomis. Stygų teorija šią problemą išsprendžia, nes pateikia gravitonų aprašymo kvantiniu lygmeniu metodą ar bent jo koncepciją. Standartiniame dalelių fizikos modelyje šie „statybiniai blokai“ yra bedimensės taškinės dalelės, o stygų teorijoje „bloškai“ yra vienmačiai objektai (stygos), todėl stygų teorija išvengia kai kurių problemų, susijusių su bedimensėmis dalelėmis standartiniame modelyje. Pakeitus taškinės daleles stygomis, atsiranda galimybė sukurti kvantinės gravitacijos teoriją, taip pat yra nuomonių, kad galima sujungti žinomas elementariąsias sąveikas (gravitacinę, elektromagnetinę, stipriąją ir silpnąją) aprašant jas tuo pačiu lygčių rinkiniu (20 pav.).

Stygų teorija yra daugybės fizikų dėmesio centre, nes jai reikalingos naujos matematinės ir fizikinės idėjos, kurios būtų sujungtos labai skirtingomis matematinėmis formuluotėmis. Stygų teorijos



20 pav. Stygų „M teorija“.

atveju žinome, kad galime aprašyti visas reikalingas daleles: ir skalarius, ir fermionus, ir kalibruotus bozonus, ir gravitoną. Stygų teorijoje elektronai ir kvarkai yra ne taškiniai objektai, o viendimensės stygos. Šios stygos gali judėti ar vibruoti, sukurdamos įvairias stebimas daleles su skirtingu krūviu, mase ar sukiniu. Pagal šiuolaikinį Standartinį modelį elementariosios dalelės yra skirstomos į fermionus ir bozonus. Fermionai turi 12 elementariųjų dalelių, turinčių pusinį ($\frac{1}{2}$) sukinį. Kiekvienas fermionas turi savo antidalelę. Fermionai yra skirstomi į leptonus ir kvarkus. Leptonai, skirtingai nei kvarkai, nėra veikiami stipriosios sąveikos (todėl neturi spalvinio krūvio). Žinomi 6 leptonai (su antidalelėmis – 12). Kol kas nėra jokių įrodymų apie leptonų vidinę struktūrą. Kvarkai yra veikiami visų keturių fundamentalųjų jėgų. Nuo leptonų kvarkai skiriasi tuo, jog turi spalvinį

krūvį ir yra veikiami stipriosios sąveikos. Kvarkų krūvis yra pusinis: $\frac{1}{2}$ arba $-\frac{1}{2}$. Šiuo metu žinomi 6 kvarkai (su antikvarkais – 12): kylantysis, krentantysis, keistasis, žavusis, gelminis ir viršūninis. Laisvi kvarkai formuoja hadronus: mezonus (sudarytus iš kvarko ir antikvarko) arba barionus (sudarytus iš trijų kvarkų). Elektronai, miuonai bei taonai turi neigiamą elektrinį krūvį ir sąveikauja elektromagnetškai. Neutrinai neturi elektrinio krūvio ir yra veikiami tik silpnosios sąveikos bei gravitacijos, todėl juos labai sunku aptikti. Barionai, protonai ir neutronai taip pat yra laikomi fermionais, tačiau juos sudaro trys kvarkai, todėl jie vadinami kompoziciniais (sudėtiniais) fermionais. Stygų teorija skverbiasi dar giliau, tad fizikai pasitelkia papildomus erdvinius matmenis.

Stygų teorija įtraukia ir bendresnius nei stygos objektus, vadinamus *branomis* (angl. *brane*, trumpinys iš „membranų“). Stygos formuoja uždaras kilpas ir kartais paviršius, vadinamus D-branomais, kurie gali sudaryti viendimenses linijas. Stygų teorijos atveju kombinacijų gali būti labai daug, nes padaryti galima praktiškai viską. Tai ir stygų teorijos stiprybė, ir problema. Praktiškai ši teorija apima visas fizikines teorijas, tačiau kol kas ji yra tik matematinis modelis, nes trūksta ją patvirtinančių eksperimentinių įrodymų. Yra dar vienas svarbus aspektas. Kadangi stygų teorija tokia įvairialypė, tai vienos konkrečios teorijos nėra – yra tik nesusijusios arba nelabai glaudžiai susijusios žinių salelės. Ši teorija panaši į matematiką, nes turi daug tarpusavyje susijusių, tačiau techniškai labai skirtingų sričių. Tai viena teorija, tačiau bendro supratimo, kuris sujungtų atskiras žinias, kol kas nėra. Stygų teorija pasirodė esanti tokia lanksti, įvairialypė priemonė, kad į ją galima įterpti faktiškai bet kokią teoriją, todėl ji prarado savo numatymo galią. Lygiai kaip mechanika negali nieko numatyti, kol nebus patikslinta, kokia fizikinė sistema nagrinėjama, o kvantinė lauko teorija – kol nepatikslingos dalelės, jų masės ir sąvybės, taip ir stygų teorija negali nieko numatyti, kol nebus įvardyta

konkreči stygų teorijos realizacija ar konkretus stygų teorijos kontekstas. Pagrindinė branų teorija vis dar tobulinama, nes didesnių matmenų objektus daug sunkiau matematiškai apskaičiuoti nei tašką klasikinėje fizikoje, vienmatę eilutę stygų teorijoje arba dvimates membranas „M teorijoje“. Vienas didelio susidomėjimo sulaukęs „M teorijos“ aspektas yra tas, kad ji natūraliai numato gravitono, turinčio sukinį 2, egzistavimą, kuris, kaip spėjama, tarpininkauja gravitacinei jėgai. Be to, „M teorija“ numato reiškinių, panašų į juodosios bedugnės garavimą. „M teorija“ nėra baigta, tačiau metodo matematika buvo labai išsamiai ištirta. Nors ši teorija labai populiari mokslo pasaulyje, iki šiol niekam nepavyko jos įrodyti. Tikriausiai todėl kai kurie mokslininkai ją laiko fantazija. Vis dėlto kosmologus traukia „M teorijos“ matematinė elegancija ir santykinis paprastumas. Kai kurie fizikai šią teoriją vertina skeptiškai, nes nemano, kad toks požiūris kada nors išsirutulios į fizinę teoriją, apibūdinančią mūsų realų pasaulį.

Prieš įvedant stygų teoriją, buvo įprasta manyti, kad mes gyvename Visatoje, turinčioje tik keturis matmenis – tris erdvinius ir vieną laiko. Pirma dimensija yra linijinis matmuo, turintis ilgį, bet be pločio ar aukščio. Šis matmuo paprastai vaizduojamas kaip du taškus jungianti linija. Antroji dimensija – plokščias matmuo, kurio ilgis ir plotis yra apibrėžti, bet nėra aukščio, panašiai kaip popieriaus lapas. Trečia dimensija – tai matmenys, kuriais patiriame mus supančio pasaulio ilgį, plotį ir aukštį. Ketvirta yra laiko dimensija, kuri išplečia trimatį pasaulį, įtraukdama įvykius, leidžiančius trimatiams objektams judėti į priekį ir keistis. Ketvirta dimensija vaidina pagrindinį vaidmenį bendrojoje reliatyvumo teorijoje. Stygų teorija įtraukia dar šešias dimensijas. Šeši matmenys gali būti suvokiami tik kaip stygos ir kitaip neaptinkami, tačiau jų konfigūracijos yra labai svarbios nustatant subatominių dalelių savybes. Vis dėlto net ir turint 10 dimensijų kol kas nepavyksta sukurti bendros *Visko* teorijos.

Idėja, kad jėgos, dalelės ir jų sąveika yra visa apimančios vienos teorijos apraiškos, yra patraukli, tik būtina ją papildyti kitais matmenimis, daugybe naujų dalelių bei sąveikų. Yra daug matematinių konstrukcijų, kurias galima tyrinėti, tačiau be fizinės Visatos, su kuria galėtume palyginti tų tyrimų rezultatus, vargu ar sužinosime ką nors nauja ir prasminga apie savo Visatą.

Fizikai iš tiesų norėtų įrodyti, kad visos jėgos, įskaitant gravitaciją, yra vieno simetriško principo pasekmės. Daugelis mokslininkų mano, kad stygų teorija gali būti tinkama kvantinės gravitacijos teorija, kad ji teisingai aprašo Visatą ir gali tapti *Visko* teorija. Nežinoma, kiek laisvai galima pasirinkti kai kuriuos parametrus stygų teorijos sprendiniams. Nėra tinkamo apibrėžimo visomis sąlygomis, kai stygos nėra paprasčiausiai ir lengviausiai apibrėžiamos perturbacijų teorijoje, tai yra kai vyksta reiškiniai, stabilią sistemą paverčiantys chaotiška. Branų kvantinė mechanika nėra lengvai apibrėžiama ir stygų teorinė elgsena kosmologijos skalėse nėra iki galo aprašyta. Turėti viską apibūdinančią teoriją yra tyrėjų troškimas, kuris nebūtinai atspindimas gamtoje. Nepaisant naujų teorijų ir hipotezių, galinčių padėti išspręsti labai sudėtingas fizikos problemas, nėra tiesioginių įrodymų apie papildomų dimensijų egzistavimą, o be įrodymų visos teorijos yra spekuliatyvios.

Taigi kiek matmenų yra mūsų Visatoje? Remiantis patirtimi ir turimais tiesioginiais įrodymais, yra trys erdviniai ir vienas laiko matmuo. Jų pakanka bet kokiam reiškiniui paaiškinti, tačiau papildomų matmenų galimybė tebėra viliojanti, nes padėtų atskleisti daugybę paslapčių. Pavyzdžiui, ar yra sistema, kurioje gravitacija ir kitos pagrindinės jėgos susijungia? Fizikoje, kaip ir kituose moksluose, tiesą apie mūsų Visatą lemia įrodymai, o ne hipotezės populiarumas. Kol nebus įrodymų, galime būti atviri papildomoms erdvinėms dimensijoms, tačiau turime išlikti skeptiški.

Pagal A. Einsteino bendrąją reliatyvumo teoriją, materija ir energija išlenkia erdvėlaikio „audinį“, o išlenktas erdvėlaikis lemia

materijos ir energijos judėjimą. Į klausimą, koks trumpiausias atstumas tarp dviejų taškų, dauguma pateiks atsakymą – tiesi linija. Plokščiame popieriaus lape bet kur pažymėję du taškus, galėsime juos sujungti bet kokia linija ar kreive. Kol popierius išliks plokščias ir nesulenktas, tiesi linija, jungianti du taškus, bus trumpiausias būdas juos sujungti. Būtent taip Visatoje veikia trys erdvės matmenys: plokščioje erdvėje trumpiausias atstumas tarp bet kurių dviejų taškų yra tiesi linija. Tačiau mūsų Visatoje yra ne tik trys erdvės matmenys, bet ir laiko matmuo, todėl trumpiausias atstumas tarp dviejų erdvė-laikio įvykių nebėra tiesi linija.

Yra du būdai, rodantys, kaip laiko dimensija skiriasi nuo erdvės. Pirmuoju atveju negalime išmatuoti erdvės (tai yra atstumo) ir laiko vienodai, nes nėra būdo konvertuoti vieną į kitą. Laimei, tarp atstumo ir laiko yra svarbus ryšys: šviesos greitis arba lygiavertis jam bet kurios dalelės, keliaujančios per Visatą be ramybės masės, greitis. Šviesos greičio konstanta vakuume ($299\,792\,458\text{ m/s}$) tiksliai rodo, kaip susieti judėjimą erdvėje su judėjimu laiku. Kai norime „laiką“ paversti atstumu, turime jį padauginti iš šviesos greičio vakuume.

Antrąjį atvejį suprasti sunkiau. Pagrindinė idėja yra ta, kad visi vienu metu judame per Visatą, tiek erdvėje, tiek laike. Tačiau esminis dalykas, kad kuo greičiau judame erdvėje, tuo lėčiau judame laiku, arba kuo greičiau judame per vieną (erdvę ar laiką), tuo mažiau judame per kitą. Štai kodėl A. Einsteino reliatyvumo teorija pateikia tokias sąvokas kaip laiko išsiplėtimas ir ilgio susitraukimas. Jeigu, lyginant su šviesos greičiu, judame labai lėtai, jokių efektų nepastebime. Atrodo, kad laikas juda sekundė po sekundės visiems žmonėms, o atstumai judant įprastu Žemėje greičiu atrodo vienodi. Tačiau artėdami prie šviesos greičio, kai santykinis greitis tarp stebėtojo ir kito objekto yra artimas šviesos greičiui, pastebėsime, kad laikas susitraukė pagal judėjimo kryptį.

Taip yra todėl, kad šviesos greitis yra vienodas visiems stebėtojams. Jei įsivaizduotume, kad laikrodis apibrėžiamas kaip šviesa, šokinėjanti pirmyn ir atgal tarp dviejų veidrodžių, tada, stebėdami kažkieno laikrodį, judantį arti šviesos greičio, matytume, kad šis neišvengiamai veiks lėčiau nei mūsų. Kitaip tariant, transformacija iš „judėjimo erdvėje“ į „judėjimą laike“ yra sukimasis ne dekartinėmis erdvės koordinatėmis (kur x , y ir z yra visi realieji skaičiai), bet per hiperbolines erdvėlaikio koordinatas, ir jei erdvės koordinatės yra realios, tai laiko koordinatė turi būti įsivaizduojama.

Stebina, kad A. Einšteinas, net ir neturėdamas matematinės įžvalgos, gerai suprato, kad laiko matmuo yra susijęs su trimis įprastiniais erdvės matmenimis, ir sugebėjo sujungti šias svarbias fizines įžvalgas, tai yra padidinus judėjimo greitį erdvėje, judėjimas laiku sulėtėja, o padidinus laiko judėjimą – judėjimo greitis erdvėje sulėtėja, nes visi erdvės ir laiko matavimai yra reikšmingi tik atitinkamo stebėtojo atžvilgiu ir priklauso nuo santykinio stebėtojo judėjimo greičio stebimo objekto atžvilgiu. Daugeliui mokslininkų reliatyvumas buvo didžiulė staigmena, tačiau fizikoje Visata, o ne kieno nors nuomonė, yra pagrindinis mokslinės tiesos arbitras (Siegel, 2022).

Kasdienės tris dimensijas galima apibūdinti ilgio, pločio ir aukščio (pirmyn – atgal, dešinėn – kairėn ir aukštyr – žemyn) sąvokomis. Ketvirta dimensija – laikas (ateitis – praeitis) turi svarbų apribojimą, nes laiko dimensijoje galima eiti tik viena kryptimi ir negalima sugrįžti dėl kito bandymo.

Stygų teorijoje 10 naudojamų dimensijų turi tam tikrą vaidmenį. Pagal kai kurių stygų teorijos kūrėjų sampratą, pirmos keturios dimensijos yra visiems puikiai žinomos, tačiau penkta dimensija viską stipriai keičia, nes jei galėtume tai pamatyti, matytume pasaulį, kuris šiek tiek skirtųsi nuo mūsų, o tai leistų įvertinti mūsų ir kitų galių pasaulių panašumus ir skirtumus. Stygų teorijos šešta dimensija leistų pamatyti variantus pasaulių, kurie prasidėjo tomis pačiomis

pradinėmis sąlygomis ir tik vėliau kitaip išsivystė. Žvilgsnis į septintą dimensiją padėtų pamatyti pasaulius, kurie nuo pat pradžių skyrėsi nuo mūsų, o aštuntoji leistų juos visus išskleisti ir ištirti. Devinta dimensija būtų galima „palyginti visas įmanomas visatos istorijas“, o paskutine, 10-oja, – pasiekti tašką, kuriame yra aprėpta viskas, kas įmanoma ir įsivaizduojama (Robinson, 2022). Viena aišku, jei stygų teorijos lygmens hipotetinės dimensijos ir egzistuoja pasaulyje, jos niekaip neveikia mums įprasto keturių dimensijų pasaulio.

Daugelis kvantinės mechanikos interpretacijų teigia, kad egzistuoja begalinis skaičius lygiagrečių visatų, turinčių visus galimus kvantinės mechaninės sistemos požymius. Visgi kol kas įrodymai, patvirtinantys multivisatos idėją, yra grynai teoriniai, o kai kuriais atvejais ir filosofiniai. Tai rodo ir visatos sąvokų įvairovė. *Omnivisata* yra visų tariamai kartu egzistuojančių lygiagrečių visatų hipotetinis rinkinys, arba skaičius. *Burbulinė multivisata* – tai begalinė multivisata, pripildyta daugybės metagalaktikų, beveik panašių ar visiškai identiškų mūsų galaktikai. Šias galaktikas viena nuo kitos skiria dideli atstumai ir šviesos greitis riboja galimybę ką nors apie jas sužinoti. *Infliacinė multivisata* remiasi nenutrūkstamos infliacijos teorija, teigiančia, kad multivisata sudaryta iš daugybės infliacinių „burbulų“. *Branų multivisata* postuluoja, kad mūsų Visata egzistuoja didesnių dimensijų erdvės branoje (brana – tam tikra matematinė stygų teorijos koncepcija; pavyzdžiui, 0-brana primena taškinę dalelę, 1-brana yra styga; 2-brana – tam tikra membrana). Toje erdvėje yra ir kitų membranų / branų, kurios, judėdamos arba traukiamos gravitacijos (ar kitų mums nežinomų jėgų), susiduria tarpusavyje ir sukelia Didžiuosius sprogius. *Ciklinės multivisatos* pagrindas – daugelio branų multivisata. Branos vibruoja, susiduria. Susidūrimų metu vyksta Didieji sprogiimai, senosios visatos suardomos ir susikuria naujos. *Kraštovaizdžio multivisata* grindžiama stygų teorija. Kvantinės fluktuacijos susuka ir deformuoja stygą arba stygų pluoštą taip, kad

žemiausioje energetinėje būsenoje gaunama kišeninė visata su savitais fizikiniais dėsniais ir konstantomis. *Holografinės multivisatos* principas teigia, kad bet kokią turį ribojančiame paviršiuje užkoduota visa informacija, esanti tame tūryje. *Matematinė multivisata* apima visas galimas visas, kurios tik aprašomos matematiškai.

Visata, turinti 10-ies dimensijų „įmanomų ir įsivaizduojamų“ pasaulių, skamba gana patraukliai, tačiau 2017 m. pastebėtas neutroninių žvaigždžių susidūrimas atvėsino šiuos samprotavimus. Stygų teorija teigia, kad gravitacijos bangos, sklisdamos labai dideliais (tarpgalaktiniais!) atstumais, turėtų susilpnėti, todėl visatos plėtimasis palaipsniui spartėtų. Stygų teorijoje šį susilpnėjimą lemia gravitacinės energijos „nutekėjimas“ į kitas dimensijas. Tačiau stebimi neutroninių žvaigždžių susidūrimai tokio nutekėjimo nepatvirtina. Taigi arba stebimi matmenys yra labai maži, arba tokie dideli, kad net 80 mln. šviesmečių neužtenka, kad juos būtų galima pastebėti.

Europos branduolinių tyrimų organizacijos (CERN) teigimu, galimos ir kitos priemonės šioms matmenims ištirti. Viena iš galimybių yra gravitonų, arba hipotetinių (bet dar neaptiktų) dalelių, susidarantių dėl gravitacijos, tyrimai. Dar vienu įrankiu galėtų būti hipotetinių atominio dydžio juodųjų bedugnių tyrimai. Tad vis dar nežinome, kiek matmenų yra Visatoje, o ieškant atsakymo greičiausiai kils daugybė naujų klausimų.

Apibendrinkime erdvinių matmenų, laiko ir paslėptų matmenų modelių įžvalgas.

- Stygų teorija yra hipotetinė idėja, neva galinti paaiškinti visus pagrindinius mikroskopinius (nuo gamtos jėgų iki visos materijos sudedamųjų dalių) egzistuojančios tikrovės aspektus. Ši idėja dar nebaigta ir neišbandyta, be to, nuo pat jos pateikimo ji liko nepakitusi.
- Vieni teoretikai pasisako už neapibrėžto skaičiaus galimų dimensijų egzistavimą. Kiti teigia, kad eksperimentai

patvirtina tik žinomus ilgio, pločio ir aukščio matmenis bei laiko matmenį. Be mums žinomų šių keturių dimensijų, stygų teorija numato šešių papildomų erdvinį matmenų egzistavimą – „paslėptus“ matmenis, susisukusius į mažytes geometrinės figūras kiekviename Visatos taške. Pagal dabartines stygų teorijos versijas, reikia 10-ies dimensijų, o dar labiau hipotetinė „M teorija“ (fizikos teorija, sujungianti ir apibendrinanti penkias superstygų teorijas), kuri nėra baigta, iškelia 11 dimensijų. Pavyzdžiui, 5 dimensijų erdvėlaikis – tai stipriai išlenkta, mažesnė už atomą kilpinė erdvėlaikio plokštuma. Tačiau žvalgydamiesi po Visatą mes matome tik įprastus tris erdvinius matmenis ir laiko matmenį, kurių pakanka bet kokiam stebimam reiškiniui paaiškinti. Mes esame trimačiai (3D) padarai ir gyvename 3D pasaulyje, bet mūsų akys gali parodyti tik dvi dimensijas. Gylis, kurį visi tariamai matome, yra tik smegenų vaizduotės triukas, išmoktas per evoliuciją. Deja, 4 ar 10 dimensijų pasaulio įsivaizduoti negalime.

- 11-oji dimensija yra erdvės laiko savybė, kuri buvo pasiūlyta kaip galimas atsakymas į superstygų teorijos klausimus. Superstygų teorija kalba apie devynių erdvės ir vienos laiko dimensijos egzistavimą. Pagal bozoninių stygų teoriją, erdvėlaikis yra 26 matmenų, superstygų teoriją – 10, o „M teoriją“ – 11 matmenų. Todėl norint aprašyti tikrus fizinius reiškinius naudojant stygų teoriją, reikia įsivaizduoti scenarijus, kuriuose šie papildomi matmenys nebūtų stebimi eksperimentuose.
- Skirtumas tarp 3D ir 4D yra tas, kad 3D yra labiau apčiuopiamas, o 4D yra abstraktesnis. Su 3D objektais ir aplinka galima fiziškai sąveikauti, o 4D erdvė ir laikas yra labiau konceptualus darinys. Tai būdas apibūdinti Visatą, bet nėra kažkas, ką galima paliesti ar pamatyti tiesiogiai. Neturime intuityvios konstrukcijos, kuri leistų visiškai mąstyti ir vizualizuoti 4-oje

dimensijoje. Dauguma žmonių negali įsivaizduoti ar suprasti, kas iš tikrųjų yra erdvėlaikis ir kaip jis veikia.

- Singularumo tikriausiai negalima patvirtinti, tačiau fizikoje yra reiškinių be įprastų stebimų skiriamųjų ribų. Žinomiausi iš jų yra gravitaciniai singularumai ir begalybės, atsirandančios bendrojoje reliatyvumo teorijoje, kuri šiuo metu geriausiai paaiškina gravitacijos veikimą.
- Infliacijos teorija remiasi idėja, kad po Didžiojo sprogo Visata pirmosiomis akimirkomis itin sparčiai plėtėsi. Šią plėtrą, žinomą kaip *kosminė infliacija*, sukėlė nežinoma energijos forma – *inflacinė energija*. Pagal infliacijos teoriją, prieš Didįjį sprogimą buvo absoliutus materijos nulis, tačiau tuščioje erdvėje slėpėjusi didžiulė energija priartino Visatą iki pradinės būklės prieš Didįjį sprogimą.
- Kosmologai nėra tikri, ar Visata yra be galo didelė, ar tiesiog nepaprastai didelė. Siekdami išmatuoti Visatą, astronomai žiūri į jos kreivumą. Geometrinis kreivis Visatos masteliais apibūdina bendrą jos formą. Taigi, jei Visata geometriškai idealiai plokščia, ji gali būti begalinė.
- Kaip ir Visata, didžiulis gyvų ir negyvų objektų rinkinys, laikas yra begalinis. Net jei būtų jo pradžia, tai pabaigos tikrai nebus, nes Visatoje slėpinti energija taps kažkuo kitu ir vieno etapo pabaiga bus kito pradžia.
- Visatos vaizdas, atsiradęs iš A. Einsteino reliatyvumo teorijos, liudytų, kad ateitis gali egzistuoti, nes tie trys būdai, kuriais atskiriame laiką – praeitį, dabartį ir ateitį, yra ne kas kita, kaip proto sukurta iliuzija.
- Nors atrodo, kad tam tikras Visatos ypatybės paaiškintų multivisatos buvimas, tačiau kol kas tiesiogiai nepastebėta nieko, kas leistų manyti, kad ji iš tikrųjų egzistuoja.

Klausimas, kiek matmenų yra Visatoje, yra sudėtingas ir fizikai dar neturi bendro atsakymo. Ar iš tikrųjų Visatoje gali būti daugiau nei trys erdviniai matmenys? Egzistuoja fiziniai suvaržymai, kaip šie matmenys galėtų reikštis, tačiau kol kas negalima atmesti jų buvimo. Daug mokslininkų kritikuoja stygų teoriją, nes ji nedavė kiekybinių eksperimentinių rezultatų, o tiesioginiam eksperimentiniam teorijos patikrinimui reikėtų labai brangių inžinerinių įrenginių ir išradimų. Taigi, jei ir yra būdų netiesiogiai patikrinti teoriją, kol kas mokslui jie nežinomi. Dauguma fizikų sutaria, kad už Standartinio modelio ribų turi egzistuoti tam tikra naujosios fizikos forma. Deja, kol kas mes nežinome, kas tai yra.

Hipotezės apie gyvybės kilmę

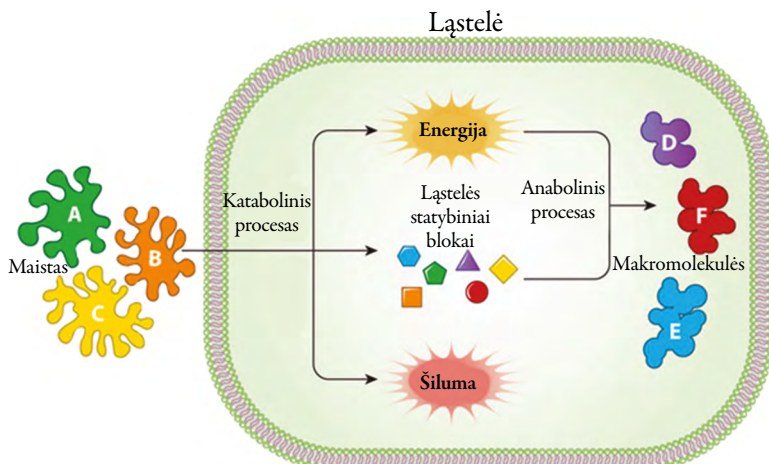
Šiuo metu gyvybės kilmė dar nėra aiški. Nemažai žmonių tiki, kad visą gyvybę Žemėje per kelias dienas sukūrė aukščiausias Kūrėjas. Visgi mokslininkai, tyrėjai, hipotezių kūrėjai bando suvokti gyvybės atsiradimo paslaptį. Kai tiriami kokie nors praeities įvykiai, tarkime, gyvybės atsiradimas, visiško sutarimo mokslininkai nepasiekia, nes neįmanoma patikrinti faktų: viskas jau įvyko, todėl aiškintis, kas ir kaip nutiko, tenka remiantis tiesioginiais ir netiesioginiais įrodymais. Ar tai pavyks padaryti, taip pat dar neatsakytas klausimas.

Prieš sprendžiant gyvybės kilmės problemą, svarbu aiškiai suvokti, kas yra gyvenimas. Prieš penkiasdešimt metų daugelis mokslininkų buvo įsitikinę, kad gyvybės paslaptis netrukus bus atskleista. Biologai pripažino, kad raktas slypi tarp ląstelės molekulinio komponentų. Fizikams išsiaiškinus atominę medžiagos struktūrą, atrodė, kad netrukus bus išspręsta ir gyvybės kilmės problema (Schrödinger, 1944). Tuomet manyta, kad gyvi organizmai yra tarsi sudėtingi mechanizmai su mikroskopinėmis dalimis, kurias galima ištirti eksperimentinės fizikos metodais. Tyrimas iš dalies patvirtino šią nuomonę, nes gyva ląstelė iš tiesų prigrūsta miniatiūrinių „mechanizmų“, ir atrodė, kad reikėjo tik vadovo, gebančio išspręsti, kaip surinkti tokius elementus. Šiandien toks ląstelės įvaizdis yra gana naivus. Nors molekulinės biologijos pasiekimai stulbinantys, mokslininkai ir šiandien dar negali tiksliai suprasti, kas skiria gyvą organizmą nuo negyvo. Organizmo kaip mechanizmo traktavimas neabejotinai pasirodė esąs rezultatyvus, tačiau mechanistinis aiškinimas buvo nepakankamas. Fizikai įpratę galvoti apie medžiagą kaip pasyvią ir inertišką substanciją, reaguojančią tik tada, kai ją paveikia išorinės jėgos. Tačiau gyvos būtybės tiesiogine prasme turi savo gyvenimą. Jose yra tarsi tam tikra vidinė kibirkštis, paleidžianti gyvą organizmą ir suteikianti

jam savarankiškumo. Atrodo, kad ši savybė paliečia mįslingiausią aspektą, skiriančią gyvą nuo negyvo, tačiau sunku suprasti, iš kur jis atsiranda. Kokios fizinės gyvų organizmų savybės suteikia jiems savarankiškumą? Atsakymo kol kas nėra.

Akivaizdu, kad nėra lengvo atsakymo į klausimą, kas yra gyvenimas. Jokia paprasta apibrėžtis ar savybė neskiria gyvo nuo negyvo. Klaidinga ieškoti ryškios skiriamosios linijos tarp gyvų ir negyvų sistemų. Nėra tokio dalyko kaip gyva molekulė, yra tik molekulinis procesų sistema, kuri gali būti laikoma gyva.

Maždaug prieš 4,5 mlrd. metų susiformavus Žemei, gyvybė tikriausiai prasidėjo prieš 3,5–3,9 mlrd. metų. Paprasti organiniai junginiai galėjo patekti į ankstyvąją Žemę nuo nukritusių meteoritų. Manoma, kad gyvybė laipsniškai atsirado iš neorganinių molekulių susiformavus „statybiniais blokams“ (pavyzdžiui, aminorūgštims), kurie vėliau jungėsi ir sudarė sudėtingus polimerus. Eksperimentiškai įrodyta, kad gyvybei reikalingos organinės molekulės gali susidaryti iš neorganinių komponentų. Kai kurie mokslininkai palaiko RNR gyvybės atsiradimo hipotezę (*ribonukleino rūgštis* (RNR) – tai biopolimeras, sudarytas iš kovalentiniais ryšiais sujungtų nukleotidų), pagal kurią pirmoji gyvybė buvo savaimė besidauginanti RNR. Kiti pritaria metabolizmo hipotezei, pirmenybę teikdami ne DNR (sudėtinga grandinės pavidalo molekulė, kurioje yra gyvų organizmų genetinė medžiaga) ar RNR, o metaboliniams tinklams, nes metabolizmas yra gyvybę palaikančių cheminių reakcijų organizmuose visuma, per kurią vyksta svarbiausios organizmo medžiagų apykaitos: maiste esančios energijos virtimas energija, skirta ląstelių procesams; maisto virtimas baltymų, lipidų, nukleorūgščių ir kai kurių angliavandenių statybiniais blokais; medžiagų apykaitos atliekų pašalinimas. Jis įgalina ląsteles augti, daugintis, reaguoti į aplinką, judėti. Šiuo požiūriu metabolizmas ir yra gyvybės pagrindas (21 pav.). Kataboliniai procesai apima maistinių medžiagų molekulių



21 pav. Metabolizmo kataboliniai ir anaboliniai procesai ląstelėse.

skaidymą į tinkamas formas (statybinius blokus), nes *katabolizmas* yra gyvoje ląstelėje vykstančio metabolizmo dalis, kurio metu į organizmą patekusios maistinės medžiagos (pvz., angliavandeniai, lipidai, baltymai ir t. t.) suskaidomos į paprastesnes medžiagas (CO_2 , H_2O , NH_3) – metabolitus. Šiame procese energija arba kaupiama molekulėse, kad ją būtų galima panaudoti vėliau, arba išleidžiama kaip šiluma. Anaboliniai procesai, naudodami sukauptą energiją, sukuria naujas molekules iš katabolizmo produktų. Naujos molekulės (makromolekulės), sukurtos per anabolinius procesus, yra būtinos kuriant ląstelių struktūras ir palaikant ląstelę.

Geologai apskaičiavo, kad Žemė susiformavo maždaug prieš 4,5 mlrd. metų. Šis skaičius gautas naudojant seniausių Žemės uolienų, taip pat Mėnulio uolienų ir meteoritų amžiaus radiometrinį datavimą, kai laikas skaičiuojamas pagal radioaktyviųjų izotopų skilimą, prasidėjusį tų uolienų susidarymo metu.

Daugelį milijonų metų ankstyvąją Žemę bombardavo asteroidai ir kiti dangaus objektai. Esant aukštai temperatūrai vanduo buvo dujų,

o ne skysčio pavidalo. Pirmoji gyvybė galėjo atsirasti per intensyvaus asteroidų bombardavimo pertrauką prieš 4,4 mlrd. metų, kai buvo pakankamai vėsu, kad kondensuotųsi vanduo ir susidarytų jūros ir vandenynai. Antroji asteroidų ataka įvyko maždaug prieš 3,9 mlrd. metų. Tikėtina, kad po šio paskutinio asteroidų bombardavimo Žemėje susidarė nuolatinei gyvybei palanki aplinka. Ankstyviausi gyvybės Žemėje įrodymai gauti iš Vakarų Australijoje aptiktų fosilijų. Šios fosilijos yra liekanos struktūrų, žinomų kaip stromatolitai, kurios dažniausiai susidaro sluoksnis po sluoksnio augant vienaląsčiams mikrobams, pvz., cianobakterijoms. Stromatolitus gamino tiek priešistoriniai, tiek ir dabartiniai mikrobai.

Mokslininkų nuomone, ankstyviausiose mikrobų fosilijose ir jų šalutiniuose produktuose yra sierą metabolizuojančių bakterijų liekanų. Fosilijoms iš Australijos yra maždaug 3,4 mlrd. metų (22 pav.). Šios bakterijų liekanos leidžia manyti, kad gyvybė tikriausiai prasidėjo daug anksčiau nei prieš 3,5 mlrd. metų. Dabartinių mokslinių tyrimų tikslas – nustatyti, kaip iki gyvybės atsiradimo vykusios cheminės reakcijos, kurios labai skiriasi nuo šiandieninių Žemėje, sudarė sąlygas gyvybei atsirasti. Gyvybė veikia per specializuotą anglies ir



22 pav. Stromatolitai.

vandens chemiją ir daugiausia remiasi keturiomis pagrindinėmis cheminių medžiagų grupėmis: lipidais (ląstelių membranoms), angliavandeniais (tokiais kaip cukrus), aminorūgštimis (baltymų metabolizmui) ir nukleino rūgštimis (DNR bei RNR paveldimumo mechanizms). Mokslininkai įvairiais metodais tiria, kaip galėjo atsirasti savaime besidauginančios molekulės arba jų komponentai. Vieni tyrėjai mano, kad dabartinė gyvybė kilo iš RNR pasaulio, kiti – kad galbūt dar prieš susidarant RNR galėjo atsirasti kitos savaime besidauginančios molekulės.

Kaip galėjo atsirasti gyvybė

Gyvybės atsiradimo paslaptį daug amžių bando įminti ne tik mokslininkai, bet ir filosofai (Nurse, 2021; Davies, 2003; Rosen, 2005; Schrödinger, 2013). *Homo sapiens*, pirmieji šiuolaikiniai žmonės, išsivystė iš ankstyvųjų pirmtakų hominidų prieš 200 000–300 000 metų. Jų gebėjimas kalbėti susiformavo maždaug prieš 50 000 metų. Pirmieji šiuolaikiniai žmonės pajudėjo už Afrikos ribų maždaug prieš 70 000–100 000 metų. Taigi žmonės ir pirmas gyvas būtybes Žemėje skiria net 4 mlrd. metų. Nuo Aristotelio (IV a. pr. m. e.) iki XIX a. vyravo požiūris, kad „žemesni“ gyvūnai išsivystė iš pūvančių organinių medžiagų, o gyvybė atsirado atsitiktinai. Atsiradus mikroskopui, XIX a. viduryje „spontaniškas“ gyvybės atsiradimas buvo paneigtas. Pagal kitą V a. pr. m. e. kilusią idėją – gyvybė egzistuoja visoje Visatoje, ją platina meteoroidai, asteroidai ir kometos. *Panspermijos* idėja gyvybės Žemėje kilmę priskiria kitiems dangaus kūnams. Idėja, kad gyvybė palaipsniui kilo iš negyvos medžiagos, pasirodė tik IX a. viduryje. Buvo teigiama, kad pirminė gyvybės užuomazga galėjo atsirasti šiltame mažame tvenkinyje su amoniako ir fosforo druskomis veikiant šviesai, šilumai, žaibų elektrai ir kt. Vėliau mokslininkai

pasiūlė teoriją, kad pirmosios molekulės, sudarančios ankstyviausias ląsteles, savaime organizavosi iš „pirmykštės sriubos“.

Mokslininkai sutaria, kad netrukus po Didžiojo sprogdimo, kuris įvyko maždaug prieš 14 mlrd. metų, vieninteliai cheminiai elementai Visatoje buvo vandenilis, helis ir litis. Šie elementai palaipsniui susijungė į žvaigždes. Ankstyvosios žvaigždės buvo masyvios ir trumpaamžės. Žvaigždžių nukleosinteze sukuriami nauji atomų branduoliai iš jau esančių nukleonų (protonų ir neutronų). Šių procesų metu susiformavo visi žinomi sunkesni elementai. Anglis, šiuo metu ketvirtas (po vandenilio, helio ir deguonies) pagal paplitimą cheminis elementas Visatoje, susidarė daugiausia baltosiose nyktukinėse žvaigždėse. Pasiekusios savo gyvavimo ciklo pabaigą šios žvaigždės išmetė sunkesnius elementus, įskaitant anglį ir deguonį, į Visatą ir tai padėjo susidaryti naujiems objektams, įskaitant naujas planetas ir kitus kūnus.

Prieš 4 mlrd. metų Žemė buvo nesvetinga gyviems organizmams. Gyvybė Žemės paviršiuje galėjo prasidėti tik prieš daugiau nei 3,5 mlrd. m., kai pakankamai sustingo pluta. Vandenynai galėjo atsirasti praėjus 200 mln. metų po Žemės susiformavimo. Atmosferą sudarė daugiausia vandens garai, azotas ir anglies dioksidas, mažesni anglies monoksido, vandenilio ir sieros junginių kiekiai. Manoma, kad tirpdamas vandenyje anglies dioksidas jūros vandenį padarė šiek tiek rūgštinį (pH apie 5,5). Jeigu giluminė hidroterminė aplinka buvo gyvybės atsiradimo vieta, tai gyvybės užuomazgos galėjo pasireikšti prieš 4,0–4,2 mlrd. metų, o Žemės paviršiuje – prieš 3,7–4,0 mlrd. metų. Gyvybė, kuri galėtų išsivystyti vandenyne daugiau nei dešimties metrų gylyje, būtų apsaugota nuo krentančių dangaus kūnų ir didelės Saulės ultravioletinės spinduliuotės poveikio. Geotermiškai šildoma vandenyno dugno pluta per galias hidrotermines angas galėjo duoti gyvybei daug reikalingų organinių junginių.

Ankstyviausią fizinių gyvybės įrodymą iki šiol teikia mikrofosilijos, randamos juostuotose geležingose uolienose, kurių amžius

mažiausiai 3,77, o galbūt net 4,28 mlrd. metų. Mikroorganizmai gyveno hidroterminėse nuosėdose, susidariusiose šalia karštųjų versmių, ir buvo panašūs į šiuolaikines hidroterminių kiaurymių bakterijas. Suakmenėjusiame piritu turinčiame smiltainyje rasta įtikinamų ankstyvosios gyvybės įrodymų (22 pav.). Manoma, kad radiniuose matomos apvalios vamzdinės ląstelės, nesant deguonies, oksidavo sierą fotosintezės būdu.

Kadangi visi cheminiai elementai, išskyrus vandenilį ir helį, sudarė žvaigždžių nukleosintezės metu, tai pagrindines gyvybei svarbias sudedamąsias chemines dalis – anglies ir vandenilio molekules (CH), anglies ir vandenilio teigiamus jonus (CH⁺) bei anglies jonus (C⁺) – gamino žvaigždžių ultravioletinė spinduliuotė. Sudėtingos molekulės, įskaitant organines, nuolat natūraliai susidaro tiek kosminėje erdvėje, tiek ir planetose. Ankstyvojoje Žemėje atsiradusios organinės molekulės galėjo būti ir nežemiškos kilmės, o susidariusios tarpžvaigždiniuose dulkių debesyse.

Organinės medžiagos molekulėse būtinai yra anglies. Daug anglies yra Saulėje, žvaigždėse, kometose ir daugumos planetų atmosferoje. Organinių junginių susidarymą dažniausiai inicijuoja jonizuojančioji spinduliuotė. Meteorituose rasta guanino, adenino, citozino, uracilo ir timino, iš kurių galėjo susidaryti DNR ir RNR ankstyvojoje Žemėje. Kometos yra padengtos tamsia, į degutą panašia organine medžiaga, kuri susidarė iš paprastų anglies junginių veikiant jonizuojančiajai spinduliuotei. Apskaičiuota, kad vėlyvojo sunkaus Žemės bombardavimo metu meteoritai per metus galėjo palikti iki penkių milijonų tonų organinių prebiotinių elementų (prebiotikai yra angliavandeniai (skaidulos), kurių neįsisavina žmogaus organizmas). Aminorūgštys – baltymų sudedamosios dalys ir apskritai gyvybei reikalingi junginiai – aptinkamos ir kosmose. Dar 1970 m. aminorūgštis – glicino buvo rasta meteorituose. Paaiškėjo, kad ši paprasčiausia aminorūgštis gali susiformuoti netgi

tarpžvaigždinėje erdvėje, kurioje tarpžvaigždinio molekulinų dujų debesies sąlygomis vyksta visos reakcijos, reikalingos glicinui susiformuoti. Ant dulkių dalelių nusėdę atomai ir laisvieji radikalai jungiasi tarpusavyje, formuodami įvairius sudėtingus junginius, tarp jų ir gliciną – vieną iš dvidešimties dažniausiai baltymuose randamų aminorūgščių. Šis atradimas rodo, kad glicino formavimuisi nebūtina nei ultravioletinė spinduliuotė, nei kosminių spindulių srautas. Glicinas ir galbūt kiti svarbūs prebiotiniai junginiai į Saulės sistemą galėjo patekti iš pirminio debesies, iš kurio formavosi žvaigždės, tai yra daug anksčiau, nei įprastai galvojama. Šiandien jau eksperimentiškai patvirtinta, kad paprastos neorganinės molekulės gali susijungti ir sukurti gyvybei reikalingas organines statybines medžiagas.

Gyvybės atsiradimo hipotezių yra labai daug ir kiekviena jų turi ne tik savo „stuburą“, bet ir silpnas vietas. Nėra lengva, net ir abstrakčiai, paaiškinti šių hipotezių esmę.

Abiogenezės, arba gyvybės atsiradimo iš negyvosios medžiagos, teorija teigia, kad gyvybės pradžia – neorganinės molekulės, kurios dėl skirtingo energijos įsisavinimo rekombinavo įvairiomis formomis. Šie statybiniai blokai galėjo susijungti, sudarydami polimerus, tokius kaip baltymai arba RNR. Kol kas *abiogenezės procesas* niekada nebuvo stebimas. Manoma, kad gyvybės atsiradimas iš negyvos materijos yra ypač retas reiškinys ir gali vykti tik specifinėje aplinkoje, kurios nėra šiuolaikinėje Žemėje. Tvirtinama, kad šiuo metu gyvybė iš neorganinių medžiagų atsirasti negali, nes aplinkoje yra daug atmosferos deguonies. Deguonis oksiduoja atmosferoje esančias neorganines medžiagas ir tai tampa kliūtimi cheminei gyvybės raidai.

Chemine, arba *prebiotinė, evoliucija* vadinamas pirmasis gyvybės evoliucijos etapas, kuriame organinės medžiagos susidarė iš neorganinių molekulių veikiant išoriniams veiksniams ir saviorganizacijos procesams. Kada ir kur prasidėjo cheminė evoliucija – nežinoma. Pagal vieną iš versijų – Hadėjuje, arba pirmajame Žemės istorijos

eone (senovės graikų sąvoka, nusakanti ilgą laiko ciklą), prieš 4,2–3,8 mlrd. metų iš neorganinių molekulių veikiant energijai iš pradžių susidarė organiniai junginiai ir prebiotinės molekulės, o vėliau išsivystė pirmosios gyvybės formos. Iš pradžių Žemės atmosferą sudarė vandens garai, azotas, anglies dioksidas, nedidelis kiekis vandenilio ir anglies monoksido. Cheminės evoliucijos metu atmosferoje nebuvo deguonies, kuris galėjo oksiduoti susidariusius organinius junginius. Vandenynuose ištirpusios atmosferos dujos, veikiamos išorinių energijos šaltinių, tokių kaip žaibai, vulkanų karštis ir radiacija, jungėsi į primityvius organinius junginius. Cheminės evoliucijos rekonstravimas yra sudėtingas, nes iš laikotarpio prieš 3,8 mlrd. metų nėra išlikusių jokių fosilijų ar tikslių žinių apie geocheminę Žemės sudėtį. Meteoritų tyrimai leidžia daryti prielaidą, kad cheminės evoliucijos pradžia galėjo būti praėjus 12,8 mlrd. metų po žvaigždžių ir supernovų gimimo. Pirmajame cheminės evoliucijos etape molekulės primityvioje aplinkoje suformavo paprastas organines medžiagas, tokias kaip aminorūgštys. Antrame etape ant kieto paviršiaus arba garuojančių potvynių baseinų (o ne vandeningoje „prebiotinėje sriuboje“) galėjo susidaryti sudėtingos molekulės. Trečiame etape iš makromolekulių susiformavo ribos / membranos, atskiriančios nukleorūgščių vidinį turinį ir chemines savybes nuo išorinės aplinkos. Ketvirtame etape susidarė pirmoji sudėtinga RNR organinė molekulė, kuri galėjo saugoti savo sekos informaciją, savarankiškai replikuotis ir atlikti fermentines funkcijas.

Pagal *gyvybinės jėgos teoriją*, manoma, kad tik gyvi organizmai gali sukurti organinius junginius iš neorganinių, kad organiniai junginiai susidaro tik gyvose ląstelėse, jų neįmanoma išgauti laboratorijose ir kad tai vienintelis būdas sukurti organinius junginius. Viena iš pagrindinių gyvybės atsiradimo teorijų teigia, kad gyvybė atsirado dėl cheminių procesų ankstyvajame Žemės vandenyne. Paprasti cheminiai pirmtakai (vanduo, anglis ir vandenilis) vis maišėsi, kol

susidarę gyvybės statybiniai blokai – sudėtingi polimerai, tokie kaip DNR, RNR ir baltymai. *Vitalizmo* teorijos šalininkai buvo įsitikinę, kad gyvi organizmai iš esmės skiriasi nuo negyvų būtybių, nes juose yra nefizinės gyvybinės jėgos. Ši jėga yra atsakinga už augimą, dauginimąsi ir gyvybės palaikymą. Vitalizmo teorijai pritarė daug žymių mąstytojų (Aristotelis, Rene Descartes). Vitalizmas paprastai priešpriešinamas redukcionizmui – tikėjimui, kad visus reiškinius galima paaiškinti fizikos ir chemijos dėsniais. Vitalizmo šalininkai teigia, kad gyvieji organizmai yra pernelyg sudėtingi, kad juos būtų galima visiškai paaiškinti vien šiais dėsniais. Vėliau vitalizmą pakeitė vadinamoji ląstelės teorija, kuri teigia, kad visos gyvos būtybės sudarytos iš ląstelių ir kad ląstelės yra pagrindinis gyvybės vienetas.

Teorija, aiškinanti, kad gyvybė kyla iš negyvos medžiagos, yra žinoma kaip *spontaniškos generacijos teorija*. Spontaniška generacija reiškia procesą, kurio metu skirtingi gyvybės tipai gali atsirasti iš kitokių šaltinių negu sėklos, kiaušinėliai ar tėvai. Pagal šią teoriją, gyvybė kyla iš negyvos medžiagos ir jai nereikia jokio priežastinio veiksnio, pavyzdžiui, tėvų. Tariamai pavyzdžiai: sezoninis pelių ir kitų gyvūnų atsiradimas iš Nilo purvo, blusų atsiradimas iš negyvų medžiagų, tokių kaip dulkės, arba lervų atsiradimas negyvame kūne. Dėl spontaniškos generacijos teorijos pagrįstumo ginčų tarp biologų nėra, nes ji tiesiog atmetama.

Viena iš spekuliatyvių gyvybės atsiradimo hipotezių teigia, kad svarbų vaidmenį gyvybės atsiradimui galėjo turėti policikliniai aromatiniai angliavandeniliai, kurių gausu Visatoje, įskaitant kometas, taip pat manoma, kad jų buvo daug ankstyvojoje Žemės „sriuboje“. Atrodo, kad jie susiformavo netrukus po Didžiojo sprogimo, jų buvo aptikta ūkuose, tarpžvaigždinėje terpėje, kometose ir meteorituose. Tikėtina, kad jie buvo Žemės pirmykščių jūrų sudedamoji dalis. Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai tarpžvaigždinėje

terpėje hidrinimo ir hidroksilinimo būdu gali virsti sudėtingesniais organiniais junginiais, randamais ir gyvose ląstelėse. NASA meteoritų tyrimai rodo, kad visos keturios DNR nukleobazės (adeninas, guaninas ir susijusios organinės molekulės) susiformavo kosmose. Glikoaldehydas, cukraus molekulė ir RNR pirmtakas, buvo aptiktas įvairiuose kosmoso regionuose. Nukleobazės, tokios kaip guaninas ir adeninas, gali būti susintetintos iš paprastų anglies ir azoto šaltinių, tokių kaip vandenilio cianidas (HCN) ir amoniakas. Formamidas gamina visus keturis ribonukleotidus, kai yra šildomas su mineralais, jo yra Visatoje, nes jis susidaro reaguojant vandeniui ir HCN. DNR ir RNR komponentai gali būti susintetinti kosmoso sąlygomis naudojant pradines chemines medžiagas, tokias kaip pirimidinas, randamas meteorituose.

Pagal *lipidų* atsiradimo hipotezę, pirmasis savaime besidauginantis objektas buvo panašus į lipidus. Pagrindinė idėja yra ta, kad lipidų molekulinė sudėtis yra išankstinė informacijos saugojimo sąlyga, o evoliucija paskatino polimerų, tokių kaip RNR, kurie saugo informaciją, atsiradimą. Visgi ši hipotezė nepaaiškina pagrindinio evoliucijos klausimo – kaip paprastos protoląstelės pirmą kartą atsirado ir kaip prasidėjo jų reprodukcija.

1962 m. pasiūlyta *RNR hipotezė* teigia, kad ankstyvoji Žemė turėjo savaime besidauginančią RNR, bet neturėjo DNR ar baltymų. Mažos RNR gali katalizuoti visas gyvybei reikalingas chemines grupes ir informacijos perdavimą, išreiškia ir palaiko genetinę informaciją šiuolaikiniuose organizmuose, o cheminiai RNR komponentai lengvai sintetinami tokiomis sąlygomis, kurios buvo artimos ankstyvajai Žemei. Visgi kol kas nėra jokių įtikinamų scenarijų, susijusių su replikacijos pradžia, tai yra su pagrindiniais procesais, kurie kartu sudaro biologinių sistemų branduolį ir akivaizdžią biologinės evoliucijos sąlygą. Genomikos tyrimai rodo, kad paskutinis bendras visų šiuolaikinių gyvybės formų protėvis yra tarp bakterijų ir eukariotų

suformuotame gyvybės medyje, egzistavusiame daugiau nei prieš 4 mlrd. metų. Akivaizdu, kad tai buvo sudėtingas organizmas, kuris jau turėjo pirmakū ir nebuvo pirmas gyvas daiktas. Analizuojant gyvybės medį, termofilinės ir hipertermofilinės bakterijos ir archėjos yra arčiausiai šaknų, o tai rodo, kad gyvybė galėjo išsivystyti karštoje aplinkoje. Žemės plutos ventiliacijos angos yra nuolatinis cheminės energijos šaltinis. Oksidacijos-redukcijos (cheminė reakcija, kuriai vykstant pakinta vieno arba kelių reaguojančių elementų oksidacijos laipsnis) metu, vykstant egzoterminėms reakcijoms, molekulinis vandenilis reaguoja su anglies dioksidu. Dalelių difuzija ir elektrostatinė jėga suteikia energijos abiogeninei sintezei.

Kiti mokslininkai teigia, kad vienintelė aplinka, imituojanti reikalingas sąlygas Žemėje, yra povandeninės karštosios versmės. Hipotetinė prebiotinė aplinka yra panaši į povandeninių hidroterminių angų aplinką. Karštosiose versmėse susidarę biomolekulių šaltiniai galėjo būti pernešami tarpplanetinių dulkių dalelių, atmosferos srautų ar organinių junginių geocheminės sintezės metu.

1985 m. buvo pasiūlyta dar viena vadinamoji *molio hipotezė*. Pagal ją, sudėtingos organinės molekulės palaipsniui susidarė ant jau egzistuojančių neorganinių silikatų kristalų paviršių, kurie liečiasi su vandeniniu tirpalu. Tyrėjai nustatė, kad molio telkinių mineralas montmorilonitas katalizuoja RNR polimerizaciją vandeniniame tirpale iš nukleotidų monomerų ir membranų susidarymą iš lipidų. 1998 m. iškelta idėja, kad pirmieji organizmai buvo savaimė besidauginantys geležies turintys moliai, kurie sujungė CO₂ į oksalo rūgštį (C₂H₂O₄) ir kitas dikarboksirūgštis. Ši replikacijos sistema vėliau išvystė gebą fiksuoti azotą. Galiausiai susidarę fosfatai leido sintezuoti nukleotidus ir fosfolipidus.

XX a. 9-ajame dešimtmetyje buvo iškelta prebiotinių cheminių krypčių evoliucijos *geležies ir sieros hipotezė*. Pagal šių dienų biochemiją, pirminės reakcijos, kurių metu iš dujų sintetinami organiniai

statybiniai blokai, turi „įmontuotus“ energijos šaltinius – geležies sulfidus, tokius kaip FeS_2 . Energija, išsiskirianti oksiduojant šiuos metalų sulfidus, gali palaikyti organinių molekulių sintezę.

Pirito hipotezę pratęsia *cinko hipotezė*. Pagal šią teoriją, hidroterminiai skysčiai, kuriuose gausu H_2S , sąveikaudami su šaltu pirmųjų vandenynų vandeniu, nusodina metalo sulfido daleles. Seniausiuose vulkanogeninės sulfidų rūdos telkiniuose labiausiai yra paplitę piritas (FeS_2), chalkopiritas (CuFeS_2), sfaleritas (ZnS), galenas (PbS) ir alabanditas (MnS). ZnS ir MnS geba kaupti ultravioletinės spinduliuotės energiją. Kai atsirado besidauginančios molekulės, ultravioletinė spinduliuotė buvo 10–100 kartų intensyvesnė nei dabar, taigi ZnS sąlygojama fotosintezė suteikė energijos informacinių ir metabolinių molekulių sintezei bei fotostabilių nukleobazių atrankai.

Savita yra *homochiralumo hipotezė*. Homochiralumas reiškia medžiagų, sudarytų iš chiralinių (neveidrodinių, asimetriškų) vietų, geometrinį tolygumą. Daugelis biomolekulių yra asimetriškos ir gyvose sistemose pasitaiko tik viena iš dviejų galimų formų. Gyvi organizmai naudoja molekules, kurių chiralumas yra „kairiarankis“ (aminorūgštys) arba „dešiniarankis“ (nukleotidai ir cukrus). Chiralines molekules galima susintetinti, tačiau, nesant chiralinio katalizatoriaus, mišinyje jos susidaro abiejų formų santykiu 50:50. Mišinių susidarymą tikriausiai veikė silpna elektros sąveika, poliarizuota šviesa, Žemės sukimasis ir daugelis kitų veiksnių. Homochiralumas galėjo prasidėti kosmose, nes aminorūgštys iš meteoritų rodo „kairiarankį“, o cukrus – daugiausia „dešiniarankį“ chiralumą, kaip gyvuose organizmuose, o tai liudija biogeninę šių junginių kilmę.

XX a. 4-ajame dešimtmetyje rusų mokslininkas A. Oparinas ir anglų mokslininkas J. B. S. Haldane'as (abu atskirai) pasiūlė tai, kas dabar vadinama *Oparino-Haldane'o hipoteze*. Pagal ją, gyvybė

Žemėje galėjo atsirasti žingsnis po žingsnio iš negyvosios medžiagos per laipsnišką cheminę evoliuciją (Origin of life, 2012). Mokslininkų nuomone, ankstyvoji Žemė turėjo redukuojančią atmosferą, t. y. joje trūko deguonies ir molekulės buvo linkusios atiduoti elektronus. Tokiomis sąlygomis:

- paprastos neorganinės molekulės galėjo reaguoti (dėl žaibų ar Saulės spinduliuotės energijos), sudarydamos tokius „statybinius blokus“ kaip aminorūgštys ir nukleotidai, kurie galėjo kauptis vandenynuose ir sudaryti „pirminę sriubą“;
- tolesnėse reakcijose statybiniai blokai galėjo jungtis, sudarydami didesnes, sudėtingesnes molekules, pavyzdžiui, baltymus ir nukleorūgštis;
- polimerai galėjo jungtis į patvarias pasikartojančias struktūras; A. Oparino nuomone, tai galėjo būti susitelkusios baltymų „kolonijos“, kuriose vyko metabolizmas, J. B. S. Haldane'o manymu, makromolekulės buvo uždarytos membranose ir jose susidarė į ląsteles panašios struktūros.

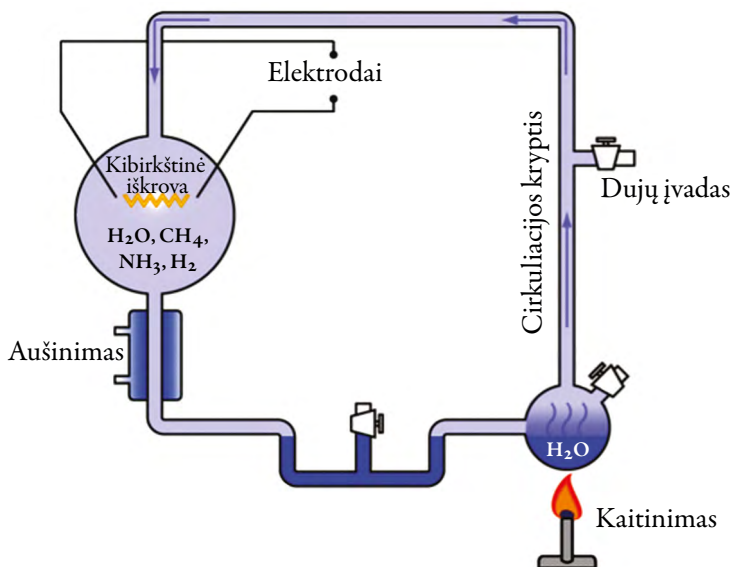
Šių modelių detalės mokslininkams kelia daug abejonių. Pavyzdžiui, geologai dabar mano, kad ankstyvoji atmosfera nebuvė labai redukuojanti, ir neaišku, ar vandenyno pakraštyje esantys baseinai buvo ta vieta, kur pirmą kartą pasirodė gyvybė. Tačiau pagrindinė idėja – laipsniškas, spontaniškas paprastų, vėliau sudėtingesnių, o dar vėliau savaime išsilaikančių biologinių molekulių susidarymas – šiandien vis dar yra daugelio gyvybės kilmės hipotezių pagrindas.

Nuo neorganinių junginių iki statybinių blokų

Siekiant patikrinti A. Oparino ir J. B. S. Haldane'o idėjas, 1953 m. buvo atlikti eksperimentai, kuriais bandyta parodyti, kad organinės

molekulės redukuojančiomis sąlygomis, panašiomis į ankstyvosios Žemės sąlygas, gali gamintis spontaniškai. Eksperimentatorių sukurtoje uždaroje sistemoje buvo šildomas vandens baseinas ir dujų mišinys. Manoma, kad tokia ar panašiai mišinyje buvo gausu ankstyvosios Žemės atmosferos dujų. Žaibo, kuris galėjo suteikti energijos cheminėms reakcijoms ankstyvojoje Žemės atmosferoje, imitaciją eksperimentinėje įrangoje atliko elektros kibirkštinė iškrova (23 pav.).

Per savaitę trukusį eksperimentą mokslininkai nustatė, kad susidarė įvairių tipų aminorūgštys, cukrus, lipidai ir kitos organinės molekulės. Nors trūko didelių, sudėtingų molekulių, tokių kaip DNR ir baltymai, tačiau eksperimentas rodė, kad bent kai kurie šių molekulių statybiniai blokai gali spontaniškai susidaryti iš paprastų



23 pav. Įrenginio, imituojančio sąlygas ankstyvojoje Žemėje, veikimo schema.

junginių. Dabar mokslininkai mano, kad ankstyvosios Žemės atmosfera buvo kitokia nei šioje eksperimentinėje įrangoje, tai yra neredukuojanti ir neturtinga amoniako bei metano. Taigi ankstyvosios Žemės sąlygų modeliavimas mokslininkams vis dar kelia abejonių. Vėlesniais įvairiais eksperimentais nustatyta, kad organiniai statybiniai blokai (ypač aminorūgštys) iš neorganinių pirmtakų gali susidaryti gana įvairiomis sąlygomis. Remiantis šiais eksperimentais būtų galima pagrįstai manyti, kad bent dalis gyvybės statybinių blokų ankstyvojoje Žemėje galėjo susiformuoti abiotiškai, tai yra veikiant negyvos aplinkos veiksniams.

Pagrindinis neorganinių anglies junginių elementas yra anglis. Tarp organinės ir neorganinės anglies formų yra nuolatinis dvipusis anglies srautas. Anglies pagrindu pagaminti neorganiniai junginiai gali turėti kitų elementų, tokių kaip deguonis, azotas, siera, natris ir kiti metalai. Neorganinė anglis randama oksiduotos būsenos, kuri fotosintezės metu redukuojama į organinę anglį. Organinę anglį gali oksiduoti atmosferos deguonis, dažniausiai kvėpavimo metu. Anglies atomai yra unikalūs, nes gali susijungti, sudarydami labai ilgą patvarias grandines, įvairaus dydžio šakas ar žiedus. Silicis ir keli kiti elementai taip pat gali sudaryti panašias grandines, tik jos paprastai yra trumpesnės ir mažiau patvarios.

Neorganiniai junginiai yra svarbūs visoms gyvoms būtybėms ir atlieka daugybę paprastų funkcijų. Pagrindiniai neorganiniai junginiai yra vanduo (H_2O), deguonis (O_2), anglies dioksidas (CO_2), kai kurios rūgštys ir druskos. Vanduo ir deguonis palaiko *homeostazę* (homeostazė – reiškinys, kai sistema išlaiko savo būseną pastovią). Vanduo yra sudarytas iš vandenilio ir deguonies atomų, sujungtų kovalentinėmis jungtimis, ir yra neorganinis junginys, nes jame nėra anglies. (Žmogaus kūne yra 60–75 % vandens.)

Pradžioje pasiaiškinkime, kaip gyvi organizmai gauna anglies. Fotosintezei augalai naudoja anglies dioksidą: iš atmosferos paėmę

neorganinę anglį, įtraukia ją į savo struktūrą organinės anglies (cukraus ir krakmolo) pavidalu. Gyvūnai anglies gauna mėsami augalais arba kitais gyvūnais. Neorganinių molekulių virtimas organinėmis vadinamas anglies fiksavimu, nes CO_2 iš neorganinės formos „fiksuojamas“ į organines molekules. Neorganinėse medžiagose nėra anglies. Daugelyje neorganinių junginių, tokių kaip vanduo (H_2O) ir druskos rūgštis (HCl), yra vandenilio atomų. Neorganiniai junginiai naudojami kaip katalizatoriai, pigmentai, dangos, paviršiaus aktyviosios medžiagos (junginiai, kurie sumažina skysčio paviršiaus įtempimą), vaistai, kuras ir kt. Dažnai jie pasižymi aukšta lydymosi temperatūra ir specifinėmis didelio arba mažo elektros laidumo savybėmis. Vanduo yra gausiausias neorganinis junginys, sudarantis daugiau nei 60 % ląstelių turio ir daugiau nei 90 % kūno skysčių, pavyzdžiui, kraujo. Daugelis medžiagų ištirpsta vandenyje ir visos organizme vykstančios cheminės reakcijos vyksta vandenyje. Pirmasis neorganinis junginys Žemėje buvo amoniakas (NH_3).

Dauguma gyvų būtybių molekulių yra organinės molekulės. Jose yra anglies ir vandenilio. Anglis atokiausioje orbitoje turi 4 elektronus ir gali kovalentiškai jungtis su kitais atomais, sudarydama įvairias formas – grandines, žiedus ir šakas. 1828 m. vokiečių chemikas Friedrichas Wöhleris, apdorodamas gyvsidabrio fulminatą ($\text{Hg}(\text{ONC})_2$) amonio chloridu, gavo karbamidą. Tai buvo pirmasis organinis junginys, susintetintas iš neorganinių cheminių medžiagų. Gyvybė Žemėje yra pagrįsta anglimi greičiausiai todėl, kad kiekvienas anglies atomas vienu metu gali sudaryti ryšius su keturiais kitais atomais. Anglis yra kiekvienos žinomos biologinės molekulės pagrindas. Gyvuose padaruose yra beveik 10 mln. anglies junginių. Biologinis anglies fiksavimas, arba anglies asimiliacija, yra procesas, kurio metu neorganinę anglį (ypač CO_2 pavidalo) gyvi organizmai paverčia organiniais junginiais. Šie junginiai naudojami energijai kaupti, kitų biomolekulių struktūrai kurti ar palaikyti. Neorganiniai

elementai veikia kaip joniniai elektrolitai. Svarbiausi yra natrio, kalio, kalcio, magnio, chlorido, fosfato ir bikarbonato jonai.

Viena iš nagrinėjamų gyvybės kilmės hipotezių yra *genų hipotezė*. Galbūt pirmosios gyvybės formos buvo savaime besidauginančios nukleino rūgštys, tokios kaip ribonukleino rūgštis (RNR) arba dezoksiribonukleino rūgštis (DNR), o kiti veiksniai (pvz., metaboliniai tinklai) buvo vėlesni šios pagrindinės sistemos priedai. Dezoksiribonukleino rūgštis (DNR) yra organinė cheminė medžiaga, kurioje yra genetinės informacijos ir baltymų sintezės instrukcijos. Daugelis šia hipoteze besiremiančių mokslininkų mano, kad greičiausiai RNR, o ne DNR, buvo pirmoji genetinė medžiaga. Svarbiausia yra tai, kad RNR gali ne tik perduoti informaciją, bet ir veikti kaip katalizatorius, kai jokių natūraliai atsirandančių katalizinių DNR molekulių dar nežinome.

Ribozimais vadinami RNR katalizatoriai galėjo atlikti pagrindinį vaidmenį RNR pasaulyje. Katalizinė RNR gali katalizuoti cheminę reakciją, kad nukopijuotų save. Tokia savaime besidauginanti RNR galėtų perduoti genetinę medžiagą iš kartos į kartą, tenkindama pagrindinius gyvybės ir galbūt evoliucijos kriterijus. Tiesą sakant, mokslininkai jau sugebėjo sintetiniu būdu sukurti mažus ribozimus, galinčius savarankiškai replikuotis.

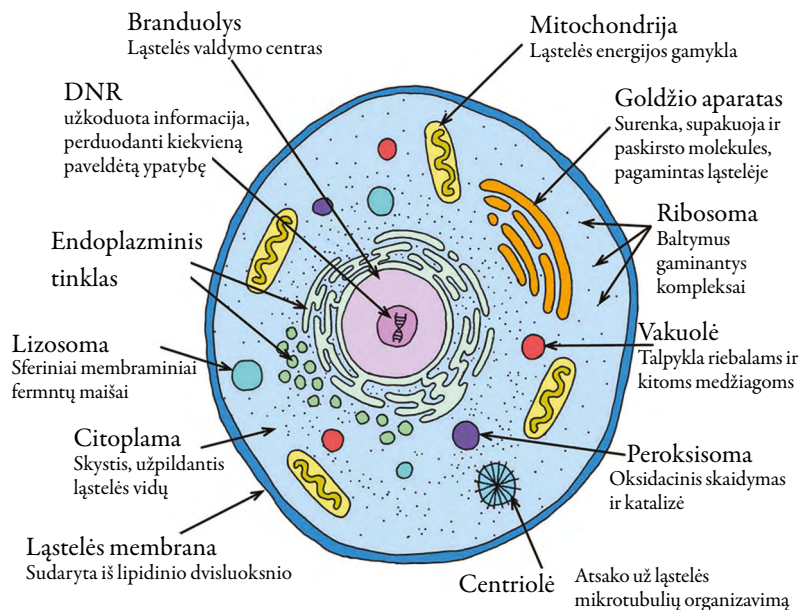
Gali būti, kad ir RNR nebuvo pirmoji informaciją nešanti, t. y. genetinė, molekulė. Kai kurie mokslininkai mano, kad buvo dar paprastesnė RNR molekulė, turinti katalizinę ir informacijos perdavimo gebą, ir galėjo katalizuoti arba veikti kaip RNR sintezės šablonas. Kartais tai vadinama „iki RNR pasaulio“ hipoteze.

Alternatyva pirmųjų genų hipotezei yra *metabolizmo hipotezė*, pagal kurią savaime išsilaikantys medžiagų apykaitos tinklai galėjo būti pirmoji, dar iki nukleino rūgščių, primityvi gyvybė. Šie tinklai galėjo susiformuoti šalia povandeninių hidroterminių kiaurymių, kurios nuolat tiekė pagrindinius, gyvybės kriterijus atitinkančius

cheminius pirmtakus. Pagal šį scenarijų, iš pradžių galėjo susikurti molekulės, kurios veikė kaip katalizatoriai formuojant sudėtingesnes molekules. Galų gale metaboliniai tinklai galėjo sukurti dideles molekules, tokias kaip baltymai ir nukleino rūgštys.

Kaip galėjo atsirasti ankstyvosios ląstelės? Pagrindinė ląstelės savybė yra geba išlaikyti vidinę, skirtingą nuo supančios aplinkos, terpę. Šiandienos ląstelės nuo aplinkos yra atskirtos fosfolipidų dvisluoksniu (24 pav.).

Mažai tikėtina, kad tomis sąlygomis, kuriomis susiformavo pirmosios ląstelės, būtų buvę fosfolipidų, tačiau buvo įrodyta, kad kiti lipidų tipai (kurių greičiausiai galėjo būti) spontaniškai sudaro dvisluoksnės konstrukcijas. Iš esmės tokio tipo konstrukcijos galėtų apsupti savaime besidauginantį ribozimą arba medžiagų apykaitos



24 pav. Ląstelės sandara.

komponentus, sudarydamos labai paprastą ląstelę. Nors ir intriguojanti, tokio tipo idėja dar nepatvirtinta eksperimentais.

Dar viena nagrinėjama galimybė yra organinių molekulių pateikimas iš kosmoso. Ankstyvojoje Žemės raidos epochoje organinės molekulės galėjo susiformuoti spontaniškai iš neorganinių molekulių. Ar galėjo jos patekti iš kosmoso? Mintis, kad organinės molekulės galėjo atkelti į Žemę su meteoritais, gali atrodyti kaip mokslinė fantastika, tačiau ją patvirtina pagrįsti įrodymai. Mokslininkai nustatė, kad organinės molekulės gali susidaryti iš kosminėje erdvėje esančių paprastų cheminių pirtakų, kai erdvėje veikia stipri ultravioletinė (UV) spinduliuotė ir yra žema temperatūra. Taip pat žinome, kad kai kurie organiniai junginiai yra pastebėti kosminėje erdvėje ir kitose žvaigždžių sistemose. Labai svarbu, kad iš kosmoso į Žemę atskriejusiuose meteorituose rasta organinių junginių. Viename iš Marso atkeliavusiam meteorite rasta organinių molekulių su daugybe žiedinių struktūrų. Kitame meteorite rasta azotinių struktūrų (kaip DNR ir RNR), taip pat daugybė aminorūgščių. 2000 m. Kanadoje nukritusiam meteorite rasta mažųjų organinių struktūrų, vadinamų „organiniais rutuliais“. NASA mokslininkai mano, kad tokio tipo meteoritai galėjo dažnai nukristi į Žemę ankstyvojoje planetos istorijoje, pasėdami joje organinius junginius. Organinės molekulės (šiuo atveju aminorūgštys) gali būti sukurtos iš neorganinių medžiagų natūraliomis aplinkos sąlygomis, tokiomis kaip rūgštinis tirpalas, šiluma ir elektros iškrova (žaibas), be fermentų tarpininkavimo. Anglies dioksidas yra pirmasis organinis junginys, susidaręs Žemės paviršiuje oksiduojančioje atmosferoje.

Astronomai, ieškodami „svetimos gyvybės“ Visatoje, rado, jų nuomone, tobulą Saulės sistemos analogą. Mūsų Saulės sistema kūrėsi vykstant ekstremaliems procesams. Planetoms formuojantis kai kurios susidurdavo viena su kita, sutrikdydamos orbitas ir palikdamos mūsų sistemoje tokius milžinus kaip Jupiteris ir Saturnas bei

palyginti mažas planetas, kaip mūsų Žemė. Už 100 šviesmečių nuo Saulės sistemos surastą sistemą sudaro šešios maždaug tokio paties dydžio sinchroniškai besisukančios planetos. Jose sąlygos beveik nepasikeitė nuo jų susikūrimo prieš 12 mlrd. metų. Dėl ilgalaikių pastovių sąlygų jos idealiai tinka norint sužinoti, kaip šios planetos susiformavo ir ar yra ten gyvybė. Per pastaruosius trisdešimt metų astronomai atrado tūkstančius žvaigždžių sistemų, tačiau nė viena nėra tokia tinkama tyrinėjimui, kaip minėtos planetos. Visas šešias naujas planetas astronomai vadina „subneptūnais“. Jos yra nuo dviejų iki trijų kartų didesnės už Žemę ir mažesnės už Neptūną. Susidomėjimas šia sistema išaugo nuo tada, kai buvo atrasta, kad viena iš šių planetų turi atmosferą su dujomis, kurias Žemėje išskiria gyvi organizmai. Astronomai tai vadina biologiniu parašu. Dabar vyksta lenktynės siekiant naujais teleskopais (NASA „Transiting Exoplanet Survey Satellite“ (TESS) ir ESA palydovu „ExOPlanet Satellite“) aptikti biologinius ženklus šiose ir dešimtyse kitų egzoplanetų. Kai kurie mokslininkai mano, kad nežemiškos gyvybės paieška yra tik laiko klausimas.

Visiems gyviems organizmams būdingos kelios pagrindinės savybės / funkcijos: tvarka, jautrumas arba reakcija į aplinką, dauginimasis, prisitaikymas, augimas ir vystymasis, homeostazė, energijos apdorojimas ir evoliucija. Organinės molekulės, susijusios su gyvais organizmais, dar vadinamos biomolekulėmis. Organiniai junginiai yra molekulės, kuriose yra anglies atomų, kovalentiškai sujungtų su vandenilio atomais (C-H ryšiai). Daugelį metų mokslininkai manė, kad organinius junginius gali pagaminti tik gyvi organizmai, nes jie turi gyvybinę jėgą.

Organiniai junginiai yra svarbūs, nes visi gyvi organizmai turi anglies. Jie yra pagrindiniai daugelio Žemėje vykstančių ciklų komponentai. Organinių molekulių yra visose gyvose būtybėse, jos yra gyvybės elementai. Nukleino rūgštys sintezuojamos gyvose ląstelėse

vykstant replikacijai. Šio proceso metu nukleotidai naudojami kaip pirmtakai polinukleotidų grandinėms gaminti. Nukleotidų seka grandinėje paremta pradine DNR grandine, o procesą vykdo fermentai – polimerazės. Visus gyvus organizmus sudaro viena ar daugiau ląstelių, kurios laikomos pagrindiniais gyvybės vienetais. Net vienaląsčiai organizmai yra sudėtingi. Kiekvienos ląstelės viduje esantys atomai sudaro molekules, o šios – ląstelių organus ir struktūras. Daugialąsčiuose organizmuose panašios ląstelės formuoja audinius. Neorganines molekules organiniais junginiais paverčia autotrofiniai organizmai. Autotrofai gamina sudėtingus organinius junginius iš paprastų molekulių, naudodamiesi išoriniu energijos šaltiniu (šviesa ar neorganinių junginių cheminių reakcijų energija). Autotrofai yra pirminiai gamintojai ir užima svarbiausią ekologinę nišą visose maisto grandinėse. Pagal energijos rūšį, naudojamą produktų sintezei, išskiriamos dvi autotrofų kategorijos – chemotrofai ir fototrofai. Chemotrofiniai organizmai energiją gauna oksiduodami junginius, o fototrofai – iš šviesos, vykdydami fotosintezę. Heterotrofai skaido ir minta negyvų organizmų liekanomis bei kitomis organinėmis atliekomis. Proceso metu jie paskleidžia į aplinką paprastas neorganines molekules.

Biologijoje gyvybės kilmė yra natūralus procesas, kurio metu gyvybė atsirado iš negyvosios medžiagos, pavyzdžiui, paprastų organinių junginių. Vyrauja mokslinė hipotezė, kad perėjimas iš negyvų į gyvas būtybes Žemėje buvo sudėtingas procesas, apimantis planetos formavimąsi, prebiotinę organinių molekulių sintezę (prebiotikai – gerosios bakterijos, sudarančios naudingą žmogaus mikrofloros dalį), molekulinę savireplikaciją, autokatalizę ir ląstelių membranų atsiradimą. Pastaruoju metu tyrimais siekiama įrodyti, kad neorganiniai cheminiai junginiai, kaip ir biologinės ląstelės, gali daugintis ir vystytis. Ir nors „neorganinės gyvybės“ tyrimai dar tik pradedami, tačiau tikėtina, kad ji yra visiškai įmanoma.

2018 m. Sibire, Kolymos upės regiono amžinajame įšale, rasti senoviniai kirminai – nematodai (Mannie, 2023). Mokslininkai atgaivino šių senovinių nematodų, arba mikroskopinių apvaliųjų kirmėlių, porą, gyvenusią prieš 46 000 metų pleistoceno epochoje, kai Žemėje dar klajojo mamutai (25 pav.).

Šis stebinantis atradimas rodo, kad yra galimybių pristabdyti gyvenimą ir po ilgos pauzės jį vėl pratęsti. Kirminai buvo ištraukti iš 40 m gylio amžinojo įšalo, kuriame jie išbuvo sušalę, bet gyvi – anabiozės būsenos. Gali būti, kad šie nematodai užmigo dar pleistoceno laikais, o tai reiškia, kad jie sukūrė mechanizmus, galinčius sustabdyti gyvybinius procesus net geologinį laikotarpį. Labai lėtai mokslininkų atšildytos apvaliosios kirmėlės galėjo judėti, maitintis ir net daugintis. Kyla klausimas, kur yra viršutinė riba, kiek laiko gyva būtybė gali išbūti anabiozės būsenos. Ne visi mokslininkai yra įsitikinę, kad šios apvaliosios kirmėlės iš tikrųjų išsilaikė dešimtis tūkstančių metų. Yra manančių, kad amžinojo įšalo mėginyje esančios apvaliosios kirmėlės tėra tik paviršiaus teršalai. Visgi dauguma mokslininkų



25 pav. Amžinajame įšale Sibire rastos apvaliosios kirmėlės.

pasitiki naudotomis sterilumo procedūromis. Vienas iš kirminų buvo veisiamas laboratorijoje 100 kartų po to, kai mokslininkai nustatė, kad rūšis gali dauginis partenogenetiškai, t. y. be vyriškojo partnerio. Atrodo, kad gyvenimas pasiryžęs neatskleisti kai kurių savo paslapčių, kol nepakeisime mąstymo stereotipų. Galime tik viltis, kad atsiras naujos informacijos ir naujų mokslinių idėjų, įrodančių, kad gyvybės atsiradimas yra ne Dievo, bet gamtos kūryba.

Įvairios gyvybės formos Žemėje tarpsta viena kitoje. Viena gyvybės forma kitai gali būti augimo terpė ar maisto medžiagų šaltinis. Varžantis tarp savęs įvairioms gyvybės formoms, imuninė sistema keičiasi, prisitaiko prie naujų sąlygų ir leidžia „užpultai“ gyvybės rūšiai apsisaugoti ir išlikti. Tokias sąsajas rodo pastaraisiais metais atlikti buvusių mirtinų pandemijų paliktų pėdsakų imuninėje sistemoje tyrimai. Viena iš pandemijų, paveikusių žmogaus imuninę sistemą, buvo *buboninis maras*. Rašytinėje žmonijos istorijoje juodąja mirtimi vadinama liga nusinešė daugiausiai gyvybių. Šiaurės Afrikoje ir Eurazijoje nuo jo mirė 75–200 mln. žmonių. Europoje juodoji mirtis pražudė trečdalį, tai yra apie 34 mln., gyvybių. Dabar ši liga reta tiek JAV, tiek Europoje, gyvenimo būdo pokyčiai neleidžia jai taip lengvai plisti nuo užkrėstų blusų. Maro bakterijos vis dar cirkuliuoja laukinių gyvūnų, tokių kaip voverės ir prerijų šunys, organizmuose. Šiandien ligą gana lengva išgydyti antibiotikais, tačiau maro atvejų vis tiek pasitaiko, todėl mokslininkai ieško, ar ji galėjo palikti pėdsaką žmonių imuninėje sistemoje ir ar galima šiuos pėdsakus aptikti šiandien gyvenančių žmonių genomuose.

Manoma, kad maro *Yersinia pestis* bakterijos žmones kankino tūkstančius metų. Bakterijų DNR įrodymų rasta skeletuose, kurių amžius siekia 4 000 metų, tačiau 1300-ųjų pradžioje viena bakterijų atmaina Europoje išplito kaip juodoji mirtis. Galvojama, kad ji atsirado dabartinės Kirgizijos kaimuose. Tikėtina, kad per užsikrėtusias kiaunių blusas ji pateko į žmogaus organizmą ir pasiekė Europą

prekybiniu Šilko keliu. Kadangi maro protrūkiai buvo tokie katastrofiški, mokslininkai seniai domėjosi, ar liga galėjo palikti pastebimą pėdsaką žmogaus imuninėje sistemoje. Pagal vieną teoriją, galėjo susidaryti natūrali atranka ir kai kurie ligą įveikę asmenys galėjo perduoti genetinius pokyčius ateities kartoms. Visgi labai sudėtinga surinkti duomenis, kurie padėtų atsakyti į šį klausimą. DNR sekos nustatomos iš maro aukų skeletų, rastų masinėse laidojimo vietose. Tačiau mokslininkams dažnai tenka dirbti su labai mažais DNR fragmentais, daugelis jų yra užteršti dirvožemio arba bakterijų, patekusių į skeletą po žmogaus mirties. Neseniai ekspertai aptiko vieną skeleto gabalėlį (vidinės ausies kaulinio labirinto), kuriame rasta nepažeista žmogaus DNR. Šie duomenys suteikė naujų įžvalgų apie tai, kas išgyveno buvusius maro protrūkius ir kodėl.

Antai COVID-19 pandemijos tyrimai atskleidė, kad žmogaus leukocitų antigeno (HLA) sistemą sudaro grupė genų, koduojančių žmogaus ląstelių paviršiuje esančius baltymus, kurie atlieka svarbų vaidmenį koordinuojant imuninę atsaką. Nustatyta, kad kai kurie žmonės, nesirgę COVID-19, turėjo tam tikrus žmogaus leukocitų antigeno variantus, kurie veikė kaip natūrali apsauga nuo viruso. Santykinai reti šių genų variantai galėjo padėti kai kuriems žmonėms išgyventi pandemiją. Jeigu COVID pandemijos žūčių skaičius būtų buvęs daug didesnis, žmonių populiacija būtų turėjusi gerokai didesnę natūralios apsaugos nuo viruso variantų dažnį.

2021 m. mokslininkai įrodė, kad žmogaus leukocitų antigenai greičiausiai turėjo įtakos išgyvenusiems maro protrūkius. Ištyrę masinę maro aukų kapavietę ir palyginę jos ir šioje vietovėje šiandien gyvenančių žmonių tyrimų rezultatus, tyrėjai nustatė, kad XXI a. miesto gyventojai pasižymėjo įvairiais leukocitų genų skirtumais, dėl kurių jų protėviai galėjo geriau pasipriešinti *Yersinia pestis* bakterijoms. Mokslininkai atkreipė dėmesį į ERAP2 geną koduojantį baltymą, kuris padeda žmogaus imuninėms ląstelėms kovoti su *Yersinia*

pestis ir kitais patogenais. Tyrimai rodo, kad vienas ERAP₂ variantas gamina ribotos sudėties baltymą, o kitas – platesnės sudėties baltymą, todėl pastarąjį baltymo variantą turėję Viduramžių žmonės pasižymėjo didesne tikimybe išgyventi juodosios mirties protrūkį. Visgi tyrimas neatsako, ar šie žmonės būtų atsparesni maro bakterijai, nes per šimtmečius kito ne tik žmonių imuninė sistema, bet ir maro bakterijų štamai. Norėdami patvirtinti šiuos preliminarinius tyrimus mokslininkai turi ištirti daugiau genomų asmenų, gyvenusių visoje Europoje juodosios mirties metu ir vėlesniais šimtmečiais, kad išsiaiškintų, ar adaptacijos, tokios kaip ERAP₂ variantas, tikrai buvo plačiai paplitusios ir integruotos į mūsų DNR.

Šie tyrimai padeda suvokti, kaip evoliucija padėjo spręsti praeities problemas, kaip dėl jos prieš tūkstančius metų susikūrė biologiniai kovos su ligomis mechanizmai. Tai labai svarbu, nes gali būti panaudota kuriant naujas vakcinas ir vaistus. Mokslininkai netgi svarsto, ar tokia liga kaip raupai, pražudę šimtus milijonų žmonių, kurie buvo dar patvaresni ir virulentiškesni (virulentiškumas apibūdina mikroorganizmo gebėjimą sukelti ligas ir infekcijas) už marą, galėjo turėti didesnę poveikį formuojant šiuolaikinę imuninę sistemą. Genetinis kodas yra bendras visoms gyvybės formoms, taigi mokslininkams dar teks padirbėti nustatant šio kodo ir su juo susijusių sąvokų esmę.

Kol kas mokslui sunkiai sekasi apibendrinti daugybės hipotezių, teorijų ir tyrimų žinias apie gyvybės kilmę ir gyvų būtybių atsiradimo mechanizmus:

- Vieni mokslininkai mano, kad ankstyvoje Žemės atmosferoje buvo amoniako, metano, anglies dioksido dujų ir vandens garų. Šios neorganinės cheminės medžiagos sukūrė organinių molekulių „sriubą“, kurioje cheminės reakcijos neorganines molekules pavertė organinėmis.
- Kitų nuomone, gyvybę formuojantys organiniai junginiai susidarė cheminės evoliucijos metu iš negyvų ar neorganinių

medžiagų derinio dėl nuolat kintančios pirminės Žemės aplinkos.

- Treti svarsto, kad gyva molekulė turėjo susidaryti iš organinės medžiagos. Pasak jų, gyvi organizmai išsivystė iš vandenyno, kuriame organinės molekulės jungėsi į gyvas struktūras. Šiame procese didelę reikšmę turėjo fotosintezė, kurios metu neorganinės medžiagos anglies dioksidas ir vanduo veikiant šviesos energijai augale virsta organiniais junginiais. Procesu metu išskiriamas dujinis deguonis, labai svarbus gyvybės raidai.
- Kad molekulė taptų organine, joje turi būti anglies atomų, kovalentiškai sujungtų su vandenilio atomais (C-H ryšiai). Organinėse molekulėse paprastai yra deguonies, taip pat gali būti anglies, vandenilio, azoto, sieros, fosforo ir kitų atomų. Azotas dalyvauja baltymų ir DNR gamyboje, o deguonis – ląstelių kvėpavime. Anglis yra pagrindinis gyvybės, organinių junginių elementas.
- Biologinio anglies fiksavimo, arba anglies asimiliacijos, metu neorganinė anglis (ypač anglies dioksido pavidalo) gyvų organizmų paverčiama organiniais junginiais, kurie naudojami energijos kaupimui ir kitų biomolekulių statybai. Procesas, kai neorganinės molekulės paverčiamos energijos šaltiniu (neorganinių cheminių reakcijų metu išsiskirianti energija panaudojama gyvybės formų maisto gamybai), vadinamas *chemosinteze*. Jis vyksta bakterijose ir kituose organizmuose.
- Būtina gyvybės egzistavimo sąlyga yra prieiga prie energijos šaltinių. Norint neorganines molekules paversti organinėmis, reikalinga laisva energija. Dauguma Žemės gyvų būtybių gauna energijos oksiduodamos maistines medžiagas arba tiesiogiai iš Saulės fotosintezės būdu.
- Visas gyvas būtybes sudaro keturi organiniai junginiai: baltymai, angliavandeniai, lipidai ir nukleino rūgštys. Gyvybei

būtinų neorganinių junginių grupei priskiriamas vanduo, druskos, rūgštys ir nukleobazės. Vanduo yra gausiausias neorganinis junginys, sudarantis daugiau nei 60 % ląstelių tūrio ir daugiau nei 90 % kūno skysčių. Daugelis medžiagų ištirpsta vandenyje ir visos organizme vykstančios cheminės reakcijos vyksta vandens terpėje.

- Gyvybei svarbiausios substancijos yra deguonis, vandenilis, kartu su deguonimi gaminantis vandenį, be kurio gyvybė nebūtų įmanoma, ir azotas. Šie pagrindiniai elementai sudaro Žemės atmosferą.
- Cheminė energija, sukaupia organinėse molekulėse, tokiose kaip cukrus ir riebalai, per kelias chemines ląstelių reakcijas paverčiama energija adenoizino trifosfato (ATP) molekulėse. ATP ($C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$) yra vienas pagrindinių ląstelės makroenerginų junginių. ATP gaminamas mitochondrijų viduje. Viena mokslinė hipotezė teigia, jog ATP yra iki vieno nukleotido redukuota senovinio ribozimo liekana, menanti laikus, kai baltymų nebuvo, o pirmykštei gyvybės formai reikalingas reakcijas tiesiogiai katalizuodavo RNR.
- Į gyvą organizmą anglis patenka su maistu, angliavandeniais ir baltymais. Gyvūnų ląstelėse su maistinėmis medžiagomis susijungęs deguonis gamina kasdieniškai veiklai reikalingą energiją. Augalai fotosintezės būdu perkelia anglį iš atmosferos į biosferą. Naudodami Saulės energiją jie sujungia anglies dioksidą su vandens vandeniliu ir deguonimi, sudarydami cukraus molekules.
- Neorganinius junginius gamina ir gyvi organizmai: augalai fotosintezės būdu gamina deguonį, kvėpuodami gyvūnai (ir augalai) gamina anglies dioksidą, gyvūnų skrandyje susidaro virškinimui būtina druskos rūgštis. Neorganinį CO_2 organiniu energijos šaltiniu paverčia anglies fiksavimo procesas.

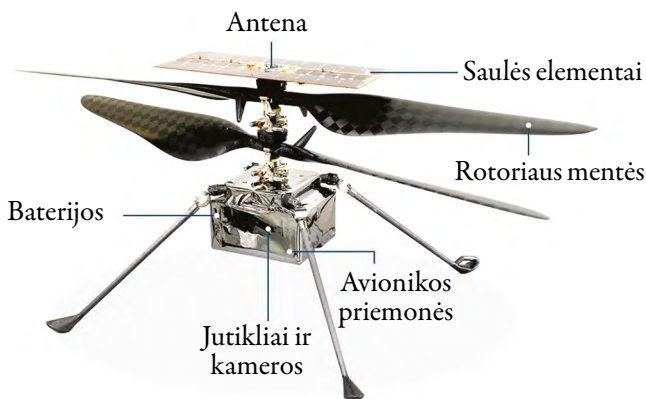
Jo metu augalai ir dumbliai neorganinėse molekulėse esančią anglį paverčia organine medžiaga, sukurdami biologinius statybinis blokus ir ląstelių kvėpavimui reikalingą kurą. Sausumos augalų fotosintezė atmosferos CO₂ (neorganinę anglį) fiksuoja kaip organinę anglį, kuri kaupiama augaluose kaip biomasė arba dirvožemyje. Augalui ir dirvožemiui kvėpuojant ji vėl suskyla į CO₂.

- Gyvai būtybei reikalingi 25 cheminiai elementai. Keturi elementai – anglis (C), deguonis (O), vandenilis (H) ir azotas (N) – sudaro 96 % gyvosios medžiagos, o kartu su siera ir fosforu – 98 % gyvosios medžiagos Žemėje. Jungdamiesi į įvairias formas jie sudaro gyvybei būtinas organines molekules.

Taigi įvairios gyvybės formos yra organinės ar neorganinės? Visuose gyvuose organizmuose yra anglies junginių, todėl jie yra organiniai, tačiau didesnę jų dalį sudaro išgyvenimui būtinas vanduo, kuris yra neorganinio junginio pavyzdys, nes jame nėra anglies ir jo nesukūrė gyvi organizmai.

Mokslininkai diskutuoja, ar gali egzistuoti gyvybės formos be anglies, nes visi Žemės gyviai turi anglimi paremtą struktūrą. Spėliojama apie kitų, ne anglies, atomų privalumus ir trūkumus formuojant gyvybei reikalingas molekulinės struktūras, tačiau niekas nepasiūlė teorijos, pagal kurią tokie atomai jas sudarytų.

Nukeliauti į egzoplanetas ir ieškoti gyvybės kol kas gali tik fantastikos skaitytojai, todėl mokslininkai pirmiausia gyvybės pėdsakų ieško artimiausiuose dangaus kūnuose (Mėnulyje, Marse, Jupiterio palydovuose). 2004 m. sausio mėn. Marse nusileidę NASA marsaeigiai „Spirit“ ir „Opportunity“ pradėjo naują tarpplanetinių tyrinėjimų erą. „Opportunity“ surado mineralinio hematito, susidariusio rūgščiame vandenyje, o „Spirit“ aptiko senovinių karštųjų versmių pėdsakus, kurios prieš milijardus metų galėjo būti mikrobų gyvenimo buveinės. Marsaeigis „Perseverance“



26 pav. Marso sraigtasparnis „Ingenuity“.

2021 m. Marse rinko uolienas, ieškodamas senovės mikrobu gyvybės požymių. Pirmą kartą marsaeigis buvo aprūpintas žvalgybai skirtu sraigtasparniu (26 pav.).

Skristi Marso anglies dvideginio atmosferoje yra sunku, nes jos tankis yra tik 1 % Žemės atmosferos tankio (toks tankis yra 27 km aukštyje nuo Žemės paviršiaus, o jo sraigtasparniai niekada nepasiekia). Sraigtasparnis ypač lengvas (1,8 kg), sraigtas sukasi apie 2 800 apsisukimų per minutę greičiu (plg. Žemės atmosferoje sraigtasparnių sraigtas sukasi tik apie 100 apsisukimų per minutę), jį suka iki 350 W galios elektros variklis. Kai Marsas ir Žemė yra priešingose Saulės pusėse, atstumas tarp jų yra apie 378 mln. km. Laikas, per kurį elektromagnetinė banga įveikia šį atstumą, yra maždaug 21 minutė. Marsui ir Žemei suartėjus iki 78 mln. km, signalas šį atstumą įveikia per 4,3 min. Elektromagnetinio signalo kelionė pirmyn ir atgal užtrunka 10 min., todėl aparatas turi būti autonominis, savarankiškai susidoroti su vėjo gūsiomis ar neplanuotomis aplinkybėmis. Pirmą skrydį Marse sraigtasparnis atliko 2021 m., o paskutinį, 72-ąjį skrydį, – 2024 metais. Kol kas šie aparatai neaptiko gyvybės kitose Saulės sistemos planetose.

Gyvybės egzistavimas turi tokią pat priežastinę galią kaip ir fizikos dėsnių ir jėgų egzistavimas. Tai savarankiška tikrovė su savo ypatinga ontologija (filosofijos disciplina, nagrinėjanti būtį), turinti glaudų ryšį su fiziniu kūnu. Gyvybė kyla ne iš fizinės egzistencijos, kurią sudaro materija ir energija, ji nėra redukuojama į materiją ir energiją. Gyvybė sąveikauja su fizine aplinka, tačiau tai yra kitokia egzistencijos forma. Nėra žinomų priežastinių prielaidų gyvybei sukurti, taigi ir būdų, kaip iš negyvybės padaryti gyvybę. Gyvybei užgesus, būtybė virsta to paties fizinio turinio negyva būtybe. Apie gyvybės buvimą ar nebuvimą galima spręsti iš to, kokią įtaką ji daro materijos rinkiniui. Gyvybė ateina su materijos savybių rinkiniu, kuris apibūdina gyvą būtybę ir jos elgesį ir visiškai kontroliuoja gyvos būtybės fizinį kūną.

Gyvybė yra vienas dažniausiai stebimų, atpažįstamų ir brangių gamtos reiškinių. Nors ji neapčiuopiama, bet nėra iliuzija. Ji yra kažkas tarp chemijos ir biologijos. Be gyvybės nebūtų biologijos mokslo. Gyvybė egzistencijos hierarchijoje aukštai vertinama, nes jai pavaldūs visi negyvi fiziniai objektai. Pavyzdžiui, negyva bitė ar vapsva yra bevertė, palyginti su gyva, nors iš esmės fiziniu požiūriu jos yra tokios pat prieš mirtį ir iškart po jos. Nors gyvybės prigimtis ir toliau lieka paslaptimi, negalima paneigti šio reiškinio. Mes taip pat nežinome tamsiosios materijos ir tamsiosios energijos prigimtį, tačiau tai netrukdo fizikams pripažinti jų egzistavimą. Gyvybės atsiradimo negalima numatyti fizikos dėsniais ir jėgomis, apibūdinti priežasties ir pasekmės santykiais, nes gyvybė yra anomalija ir atrodo, kad ji primetama fizinei sferai iš niekur.

Turime atskirti gyvybės apraiškas ir gyvybės prigimtį. Gyvoms būtybėms būdingos tokios savybės kaip prisitaikymas prie aplinkos sąlygų, aplinkos išteklių panaudojimas išgyvenimui, milijonų rūšių įvairovė, tikslingos funkcijos, paprastesnių gyvybės formų (tokių kaip ląstelės ir organai sudėtingose gyvybės formose arba

organizmuose) sąveika, skirtingų gyvybės formų simbiozė (pvz., trilijonai naudingų bakterijų žmogaus virškinimo sistemoje), visaverčio daugialąsčio organizmo augimas iš vienos ląstelės, dauginimasis darant savas kopijas ir įamžinant savo rūšis, savęs išgydymo ar koregavimo geba.

Gyvybės atsiradimas mūsų planetoje yra neįtikėtinai sudėtingas klausimas. Ryškus skirtumas tarp gyvų ir negyvų būtybių rodo savią gyvosios ir negyvosios gamtos tarpusavio santykį, o ta paslaptiną šių sferų skirtis yra vadinama gyvybe. Apytiksliai žinome, kada atsirado pirmoji gyvybė, bet kaip ji atsirado, lieka paslaptimi. Kol kas nėra mokslinių įrodymų, kaip galėjo atsirasti gyvybė, ir nė viena diskutuojama idėja nėra įtikinanti.

Sudėtingų gyvų būtybių bruožų (elgsenos, išvaizdos) atsiradimo mechanizmas

Biologijoje evoliucija yra paveldimų biologinių savybių pasikeitimas per kelias kartas, kai tam tikros savybės populiacijoje tampa daugiau ar mažiau paplitusios. Evoliucijos pagal natūralią atranką teoriją XIX a. viduryje sukūrė Charlesas Darvinas ir Alfredas Russelis Wallace'as. Jų nuomone, natūralios atrankos būdu vykstanti evoliucija nustatoma remiantis gyvų organizmų stebėjimais: kai susidaro daugiau palikuonių, nei gali išgyventi; kai individų morfologija, fiziologija ir elgsenys yra skirtingi; kai bruožų skirtumai nulemia skirtingą išgyvenamumą ir dauginimąsi (diferencinis tinkamumas); kai bruožai gali būti perduodami iš kartos į kartą (paveldimumas).

XX a. pradžioje konkuruojančios evoliucijos idėjos buvo paneigtos, o evoliucija grindžiama Gregoro Mendelio dėsniais (dominavimo, skilimo ir nepriklausomo požymių paveldėjimo). Šiuolaikinėje evoliucijos teorijoje paveldimumo pagrindas yra DNR molekulės, perduodančios informaciją iš kartos į kartą. Procesai, keičiantys populiacijos DNR, apima natūralią atranką, mutacijas, migraciją ir genetinę dreifą.

Visa gyvybė Žemėje, įskaitant žmoniją, turi pirminį bendrą protėvį (LUCA – *Last universal common ancestor*), kuris gyveno maždaug prieš 3,5–3,8 mlrd. metų. Esama biologinė įvairovė susiformavo dėl nuolatinio naujų rūšių formavimosi (speciacijos), pokyčių rūšių viduje (anagenezės) ir rūšių išnykimo per visą gyvybės Žemėje istoriją. Dabar Žemėje tarpsta nuo 10 iki 14 mln. rūšių, iš kurių maždaug 1,9 mln. yra įvardytos, o daugiau nei penki milijardai rūšių, kada nors gyvenusių Žemėje, yra išnykusios.

Organizmų evoliucija vyksta keičiantis paveldimoms jų savybėms, pavyzdžiui, žmonių akių spalva yra iš tėvų paveldima savybė. Paveldimus požymius valdo genai, o visas genetinės medžiagos genų rinkinys vadinamas *genotipu*.

Organizmo struktūros ir elgesio bruožų visuma vadinama *fenotipu*. Šie bruožai atsiranda dėl genotipo sąveikos su aplinka, todėl daugelis organizmo fenotipo aspektų nėra paveldimi. Pavyzdžiui, įdegusi oda atsiranda dėl žmogaus genotipo ir Saulės šviesos sąveikos, toks įdegio polinkis neperduodamas palikuonims, nors kai kurie žmonės įdega lengviau nei kiti. Tai rodo skirtingus genotipinius pokyčius. Ryškus pavyzdys – žmonės, turintys paveldėtą albinizmą, visiškai neįdegantys ir labai jautrūs saulės spinduliams.

Paveldimi bruožai iš kartos į kartą perduodami per DNR – molekulę, koduojančią genetinę informaciją. DNR yra deoksiribonukleotidų polimeras. DNR deoksiribonukleotidus sudaro fosforilinta 2-deoksiribozę, glikozidiniu ryšiu sujungta su purino (adenino – A ir guanino – G) bei pirimidino (citozino – C ir timino – T) bazėmis. Bazių seka išilgai tam tikros DNR molekulės nurodo genetinę informaciją. Prieš ląstelės dalijimąsi DNR nukopijuojama, todėl kiekviena iš dviejų susidariusių naujų ląstelių paveldės DNR seką. DNR molekulės dalys, nurodančios vieną funkcinį vienetą, vadinamos *genais*, o skirtingi genai turi nevienodas bazių sekas. Ilgos DNR grandinės ląstelėse sudaro struktūras, vadinamas *chromosomomis*. Specifinė DNR sekos vieta chromosomoje yra žinoma kaip *lokusas*. Jei DNR seka lokuse tarp individų skiriasi, šios sekos skirtingos formos vadinamos *aleliais*. DNR sekos gali keistis per mutacijas, gamindamos naujus alelius. Jei geno viduje įvyksta mutacija, naujas alelis gali paveikti geno valdomą požymį ir pakeisti organizmo fenotipą. Ir nors šis paprastas alelio ir bruožo atitikimas veikia kai kuriais atvejais, daugumą požymių kiekybiškai arba epistatiškai (kai du skirtingi genai sąveikauja, kad suteiktų tą patį fenotipą) paveikia iš karto keli genai.

Daugelis biologų manė, kad evoliucija kryptingai rutuliojosi link vadinamųjų „aukštesniųjų“ organizmų, todėl atsirado terminai „aukštesnieji gyvūnai“ ir „žemesnieji gyvūnai“. Dabar ši mintis laikoma klaidinga, nes natūrali atranka neturi vidinės krypties. Nors per visą gyvybės istoriją sudėtingumo lygis augo, kartu buvo ir daug paprastų organizmų, o sudėtingumo lygis išliko santykinai pastovus. Paprastai organizmai, kurie dauginasi greičiau, turi evoliucinį pranašumą, nes mutacijos, dėl kurių prarandamas sudėtingas bruožas, yra dažnesnės už sudėtingus požymius gausinančias mutacijas. Nuo gyvybės Žemėje pradžios genomas darėsi vis sudėtingesnis. Visgi Žemėje dominuoja mikroskopinė gyvybė, o dideli organizmai tik atrodo įvairesni dėl šališko objektų pasirinkimo.

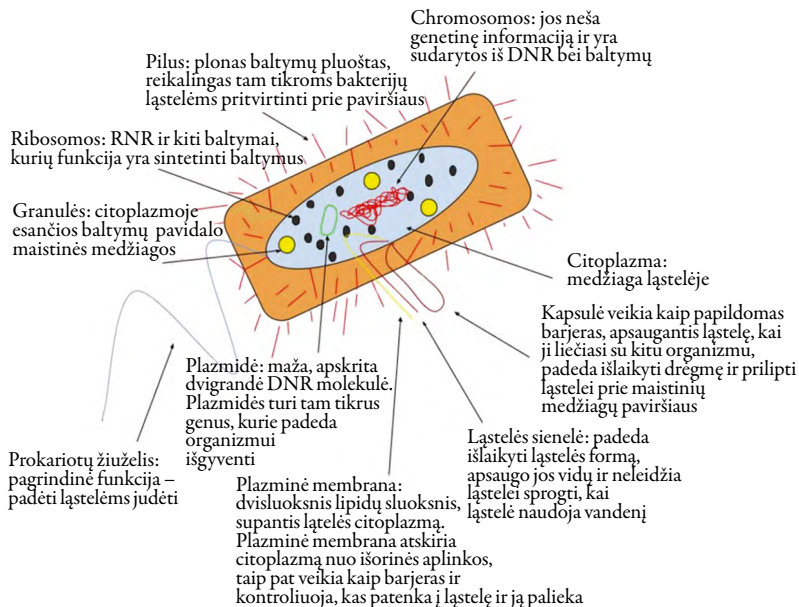
Pirmosios gyvybės formos Žemėje buvo vadinamos *prokariotais* – tai vienaląsčių organizmų grupė, kuriai priklauso bakterijos. Prieš du–tris milijardus metų atsirado sudėtingesnių organizmų tipų, žinomų kaip *eukariotai*. 2023 m. žurnale *Nature* buvo paskelbta, kad mokslininkai ištyrė mikroorganizmo *Asgard archaea*, rasto Atlanto vandenyno nuosėdose, genetinę sandarą, kuri, manoma, buvo reikšminga pereinant nuo vienaląsčių prie daugialąsčių organizmų. Tyrimas rodo, kad kai kurie *Asgard archaea* baltymai yra susiję su baltymais, būdingais sudėtingesnėms gyvybės formoms, išsivysčiusioms Žemėje po milijonų metų. Išanalizavę šimtus baltymų mokslininkai sugebėjo nustatyti visos genetinės šakos, iš kurios kilo sudėtingesni eukariotai, genetinę sandarą. Pagal šį naujausią tyrimą, visų sudėtingų gyvybės formų šaknys siekia bendrą mikrobų grupės, vadinamos *Asgard archaea*, protėvį. Mokslininkai mano, kad šių mikroorganizmų protėviai gyveno gana palankioje aplinkoje ir sugebėjo naudotis įvairiais maistinių medžiagų šaltiniais. Daug informacijos gali atskleisti šių mikrobų DNR. Siekiama atsakyti į vieną iš evoliucinės biologijos klausimų – iš kur atsirado eukariotai? Dabartinių tyrimų rezultatai meta iššūkį įprastinei sampratai apie

sudėtingų gyvybės formų kilmę ir pabrėžia *Asgard* linijos svarbą atskleidžiant evoliucijos paslaptis (Lauta ir kt., 2023).

Sudėtingi organizmai yra labai organizuoti specializuotų ląstelių rinkiniai. Nepaisant skirtumų, visos ląstelės turi bendrų pagrindinių savybių ir yra bet kokio gyvo organizmo sudėtinis „vienetas“. Jos yra apsuptos plazminės membranos, naudoja DNR kaip savo genetinę medžiagą ir tuos pačius pagrindinius energijos apykaitos mechanizmus (Forterre, 2010). Ląstelės yra dviejų tipų: eukariotinė (dalyvauja kuriant sudėtingus organizmus ir turi branduolį, citoplazmą, organoidus) ir prokariotinė. Prokariotinės ląstelės neturi branduolio ir beveik neturi organelių. Jos skirstomos į archėjas ir bakterijas. Archėjos neturi tikrojo branduolio ir yra prisitaikiusios gyventi aukštos temperatūros bedeguonėje aplinkoje. Jos gauna energijos anaerobinių procesų metu, redukuodamos anglies dioksidą (CO_2) ir kitus anglies junginius, sulfatus ar sierą. Yra archėjų, gyvenančių augalų audiniuose, gyvūnų organuose, pvz., atrajotojų skrandyje.

Ląstelių vientisumą užtikrina lipidų membranos, kurios sudaro apvalkalą ir atskiria ląstelės vidų nuo aplinkos (27 pav.). Pagrindiniai membranų blokai yra fosfolipidai, arba amfipatinės molekulės, sudarytos iš dviejų hidrofobinių riebalų rūgščių grandinių. Šios molekulės sudaro dvisluoksnį, sąveikauja su aplinkos vandeniu, o riebalų rūgščių uodegėlės formuoja hidrofobinį vidų (Klingmüller, 2006). Be to, žinduolių ląstelių membranoje yra glikolipidų ir cholesterolio, kurie padidina ląstelių standumą.

Žinduolių ląstelėse membranos ne tik atskiria ląstelės vidų nuo aplinkos, bet ir supa ląstelių organeles. Didžiausia organelė yra branduolys, kuriame yra ląstelės genomas (DNR) ir transkripcijos (RNR sintezės) vieta. Citoplazmoje vyksta paskutiniai genų veiklos etapai – baltymų sintezė (transliacija). Taigi branduolys ne tik saugo genetinę informaciją, bet ir kontroliuoja ląstelių atsakus. Tai atveria naujas galimybes reguliuoti genų veiklą, įskaitant transkripcijos



27 pav. Prokariotų genomai ir jo sudėtinės dalys.

faktorių transportavimą iš citoplazmos į branduolį. Dviem membranomis apgaubtos organelės, esančios eukariotų citozolyje, yra *mitochondrijos*, kuriose didžioji dalis ląstelių ATP (ląstelės makroenerginis junginys – $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$) susidaro oksiduojant mažas molekules. Todėl mitochondrijos laikomos ląstelės „jėgaine“. Didelis tarpusavyje sujungtų membranų uždarytų kanalėlių tinklas sudaro endoplazminį tinklą, kuris tęsiasi nuo branduolinės membranos per visą citozolį. Pagrindinė endoplazminio tinklo užduotis yra rūšiuoti baltymus, skirtus sekrecijai iš plazmos membranos. Polipeptidinės grandinės perkeltamos į endoplazminį tinklą, kur vyksta baltymų lankstymas ir apdorojimas. Iš endoplazminio tinklo baltymai membraninėse pūslelėse pernešami į *Golgi aparatą*, toliau patenka į ląstelės paviršiaus membraną arba išskiriami. Be membranomis uždarytų

organelių, per citoplazmą tęsiasi baltymų gijų tinklas, sudarydamas *citoskeletą*. Citoskeletas suteikia struktūrinį pagrindą, lemiantį ląstelių formą ir jų judėjimą. Yra trys pagrindiniai baltymų gijų tipai: aktino gijos, tarpinės gijos ir mikrovamzdeliai. Aktino gijos (aktinas – ląstelės citoskeleto dalis) susidaro polimerizuojant aktino monomerus, suformuojančius spiralinę struktūrą. Šių gijų surinkimą ir išmontavimą griežtai reguliuoja aktiną surišantys baltymai. Sąveikaudamos su baltymu miozinu aktino gijos palaiko įvairų ląstelių judėjimą. Tarpinės gijos yra skirtingų baltymų polimerai, kurių struktūra primena virvę. Jie nedalyvauja ląstelių judėjime, bet suteikia mechaninę atramą. Mikrovamzdeliai susidaro polimerizuojant tubuliną ir yra atsakingi už chromosomų atskyrimą.

Neseniai buvo pasiūlyta hipotezė, kad esant ne tokiai intensyviai atrankai, kuri dažnai supaprastina genomus, organizmo sudėtingumas galėtų didėti. Toks procesas pavadintas *konstruktyviąja neutralia evoliucija*. Geriausiai žinomas *prokariotinis* organizmas yra bakterija. Daugelis bakterijų yra lazdelių ir spiralės formos vienaląsčiai organizmai. Kadangi bakterijos yra prokariotiniai organizmai, jos neturi branduolio. Dauginasi dalijimosi būdu: senstanti motininė ląstelė nemiršta, bet skyla pusiau ir virsta dviem dukterinėmis ląstelėmis. Eukariotiniai organizmai turi tikrą branduolį, o ne nukleoidą. Kadangi efektyvus eukariotų (ypač daugialąsčių organizmų) populiacijos dydis yra daug mažesnis nei prokariotų, jis patiria mažesnę atranką.

Rūšies evoliucija gali įvykti, jei populiacijoje yra genetinių variacijų. Variacija atsiranda dėl genomo mutacijų, genų persitvarkymo lytinio dauginimosi metu ir migracijos tarp populiacijų (genų srauto). Tačiau net ir santykinai nedideli genotipo skirtumai gali būti lemtingi, pavyzdžiui, šimpanzės ir žmogaus genomas skiriasi tik apie 5 %. Ląstelės genomo DNR sekos pokyčiai (mutacijos) yra pagrindinis visų organizmų genetinės variacijos šaltinis. Mutacijos

gali pakeisti geno struktūrą, neleisti jam funkcionuoti arba neturėti jokio poveikio.

Evoliucija natūralios atrankos būdu yra procesas, kurio metu išlikimą ir dauginimąsi gerinantys bruožai tampa svarbesni naujoms populiacijos kartoms. Evoliucijoje ypač svarbus yra *genetinis dreifas*, arba atsitiktinis alelių dažnio svyravimas populiacijoje iš kartos į kitą. Kiekviena alelė turi unikalią nukleotidų seką ir užima tą pačią genetinę vietą chromosomose, tačiau alelėse gali atsirasti atrankos klaida. Šis pokytis / dreifas sustoja, kai alelė galiausiai tampa fiksuota, išnyksta iš populiacijos arba visiškai pakeičia kitas aleles. Dėl genetinio dreifo dvi atskiros populiacijos, kurios prasideda ta pačia genetinė struktūra, gali išsiskirti į dvi skirtingas populiacijas su skirtingais alelių rinkiniais.

Evoliucija daro įtaką kiekvienam organizmų formos ir elgesio aspektui. Ryškiausi yra specifiniai elgesio ir fiziniai prisitaikymai kaip natūralios atrankos rezultatas. Šios adaptacijos padeda surasti maisto, išvengti plėšrūnų ar pritraukti draugų. Organizmai gali reaguoti į atranką, sąveikaudami vieni su kitais, įsitraukdami į abipusiai naudingą simbiozę. Ilgainiui evoliucija sukuria naujas rūšis, suskaidydama protėvių organizmų populiacijas į naujas grupes, kurios negali arba nenori kryžmintis. Šie evoliucijos rezultatai pagal laiko skalę išskiriami kaip makroevoliucija ir mikroevoliucija. Makroevoliucija vyksta rūšių lygmeniu, pasireiškia evoliuciniais rūšies ar populiacijos pokyčiais ir yra ilgų mikroevoliucijos laikotarpių rezultatas, o mikroevoliucija veikia genus ir organizmus. Taigi skirtumas tarp mikro- ir makroevoliucijos nėra esminis, svarbiausias yra laikas. Makroevoliucijoje didelė individų įvairovė leidžia rūšiai greitai prisitaikyti prie naujų buveinių, sumažėja tikimybė, kad ji išnyks, o platus geografinis diapazonas padidina rūšių susidarymo galimybę. Klasikinis natūralios atrankos pavyzdys – žirafų ilgų kaklų kilmė. Šiuolaikinių žirafų protėviai buvo panašūs į elnius ar antilopes,

jų kaklai buvo įprasto ilgio. Besivystantys ilgi kaklai leido žirafoms maitintis lapais, kurių kiti nepasiekė, ir tai suteikė konkurencinį pranašumą. Dėl geresnio maisto šaltinio ilgesnių kaklų individai galėjo išgyventi, daugintis ir perduoti vertingą savybę ateinančiai kartai.

Procesai, lemiantys sudėtingų individų, populiacijų ir rūšių bruožų skirtumus, buvo evoliucinės biologijos pagrindas. Daugelis dominuojančių bruožų yra genetiškai sudėtingi ir paveldimi, tai reiškia, kad jų variacijos atsiranda dėl genomo lokusų skirtumų. Sudėtingi gyvūnų bruožai ir jų evoliucija tiriami daugiau nei šimtmetį, tačiau tik pastarąjį dešimtmetį žmonių genomo tyrimai atskleidžia jų genetinį pagrindą.

Daugelis fenotipų, įskaitant morfologinius, gyvenimo istorijas ir elgesio ypatumus, ligų riziką, yra genetiškai sudėtingi, o norint suprasti fenotipinius individų skirtumus, reikia žinoti sudėtingų bruožų genetinės variacijos priežastis. Pasikeitus atrankos intensyvumui, atsakas į bruožo pokytį apima alelių pokyčius daugelyje lokusų. Dėl šios priežasties poligeninis atsakas (genai, kurie lemia tą patį požymį ir jų pasireiškimas sumuojasi) yra labai svarbus norint suprasti fenotipinių populiacijų ir rūšių skirtumų evoliuciją. Interpretuojant įvairių tyrimų rezultatus, labai svarbu suprasti evoliucinius procesus, sukeliančius paveldimus sudėtingų bruožų pokyčius, nes ryšys tarp funkcijos ir paveldimumo nėra aiškus – ryšys tarp alelio poveikio bruožui ir jo dažnio, kurie kartu lemia lokuso indėlį į paveldimumą, yra formuojamas tarsi nereikšmingų atrankos postūmių.

Kai kurios hipotezės sudėtingų bruožų evoliuciją susieja su kitais biologijos aspektais. Molekuliniu lygmeniu procesai, formuojantys paveldimą variaciją, galėtų būti susieti su ląstelių procesais, kurie šį skirtumą paverčia fenotipiniais skirtumais. Yra evoliuciniai modeliai, kurie mutacijų poveikį daugeliui sudėtingų bruožų susieja su tam tikro bruožo genetinė architektūra, nors nėra pagrįsto atsako, kaip

šis mutacijų poveikis genų ekspresijai (*genų ekspresija* yra procesas, kurio metu DNR saugoma informacija paverčiama baltymų ir kitų molekulių gamybos instrukcija) virsta indėliu į bruožų paveldimumą. Vis dar neaišku, kaip evoliuciniai procesai formuoja paveldimumo pasiskirstymą genome.

Apibendrinkime žinias apie gyvų būtybių sudėtingų bruožų (elgsenos, išvaizdos) atsiradimo mechanizmus:

- Gyvų organizmų sudėtingos savybės atsiranda dėl genų, aplinkos bei elgesio sąveikos per įvairius mechanizmus: mutacijas, atsitiktinį poravimąsi, baigtinį populiacijos dydį (genetinį dreifą) ir natūralią atranką.
- Požymius gali nulemti genai ir aplinkos veiksniai arba jų derinys. Savybės gali būti kokybinės (akių spalva) arba kiekybinės (ūgis, kraujospūdis). Tam tikri bruožai yra bendra individo fenotipo dalis. Variacija, atsirandanti populiacijoje atsitiktinės mutacijos metu, vadinama *nuolatine genetinė variacija*. Mutacija yra „neapgalvotas“ evoliucijos žingsnis, nes sukuriami nauji paveldimi fenotipai, neatsižvelgiant į jų tinkamumą ar prisitaikymą.
- Natūrali atranka yra procesas, kurio metu gyvų organizmų populiacijos prisitaiko prie aplinkos ir keičiasi. Natūralioje atrankoje genetinės mutacijos, naudingos individo išgyvenimui, perduodamos dauginimosi būdu, tad naujos kartos organizmai turi didesnę tikimybę išgyventi ir daugintis. Bet kurio evoliucijos bruožo likimas priklauso nuo išlikimo. Natūralios atrankos procese organizmai, turintys naudingą požymį, išgyvena ir dauginasi, perduodami tą savybę ateities kartoms.
- Sudėtingiausia biologinė sistema, iki šiol žinoma Visatoje, yra smegenys. Jose yra šimtai milijardų ląstelių, sujungtų trilijonais jungčių. Žmogaus smegenys, palyginti su kūno dydžiu, yra daug didesnės nei kitų žinduolių, o intelekto lygis

neprilygsta kitiems gyvūnams. Intelektas suteikia daug privalumų, pavyzdžiui, gebėjimą planuoti ir bendradarbiauti, diegti naujas technologijas ir dalytis informacija apie veikiančią aplinką ir kt.

- Evoliucija yra ir faktas, ir teorija. Evoliucija vyksta ir mūsų kasdieniame gyvenime, pavyzdžiui, kai užsikrečiame arba kovojame su gripo virusu. Ji vaidina svarbų vaidmenį kai kuriose sveikatos srityse. Pavyzdžiui, žmogaus imunodeficitą virusas (ŽIV) vystosi greičiau, nei imuninės sistemos geba su juo kovoti. Evoliucija yra stebima laboratorinėse ir natūraliose populiacijose, kurios laikui bėgant keičiasi. Tai, kad kasmet reikia naujų gripo vakcinų, yra vienas pastebimos evoliucijos pavyzdžių.
- Ar žmonės vis dar vystosi? Plačiąja prasme evoliucija reiškia laikui bėgant laipsnišką populiacijos genetikos pasikeitimą. Žmogaus bruožus (ūgį, kūno masės indeksą) ir ligas (diabetą, psichikos sutrikimus ir kt.) paveikia daugybė genetinių ir aplinkos veiksnių. Šiuo požiūriu žmonės nuolat vystosi ir toliau vystysis tol, kol sėkmingai dauginsis. Tiek žmonės, tiek ir beždžionės yra primatai. Nors žmonės nėra kilę iš beždžionių ar kitų šiandien gyvenančių primatų, tačiau prieš 8–6 mln. metų turėjo bendrą protėvį su šimpanzėmis. Pasaulinėje žmonių populiacijoje pastebimi kūno, smegenų dydžio, žandikaulių ir dantų proporcijų mažėjimo tendencijos. Reaguodamos į skirtingą klimatą ir gyvenimo būdą regioninės populiacijos suformavo skirtingas fizines ir genetines savybes.
- Žmogus sensta dėl įvairių priežasčių. Kai kurios teorijos teigia, kad ląstelių gyvavimo trukmė yra iš anksto numatyta, kitos kalba apie genetinių klaidų poveikį, dar kitos – kad senėjimą lemia genetinės ar biocheminės evoliucijos reakcijos. Laikui bėgant mūsų ląstelės keičiasi: DNR mutuoja, ląstelės nustoja

dalytis ir jose kaupiasi kenksmingi ląstelių veiklos šalutiniai produktai. Visi šie procesai kartu ir lemia senėjimą.

- Ar galima senti lėčiau, nes kai kurie žmonės tarsi nesensta? Jauna išvaizda yra labai susijusi su genais. Kiekvieno žmogaus DNR yra tūkstančiai genų, daug dėmesio skiriančių ląstelių energijai, odos formavimuisi ir antioksidantų gamybai. Nors daug kas priklauso nuo genetikos, ne mažesnę reikšmę turi ir *epigenetika* – aplinkos veiksnių visuma žmogui. Pavyzdžiui, kaukaziečių odoje yra labai mažai pigmento, apsaugančio kolageną nuo suirimo ankstyvame amžiuje. Šiaurės Europos baltaodžių (jų oda yra plonesnė) odos tekstūra pastebimai šiurkštėja senstant ir veikiant ultravioletiniams spinduliams. Raukšlės gali atsirasti jau sulaukus 20 metų. Azijiečių plaukuose ir odoje yra nemažai melanino, todėl jų pigmentacija sumažės gerokai vėliau. Azijiečiai ne tik yra mažiau jautrūs raukšlėms ir spalvos pokyčiams (papilkėjusi oda), senstant jiems būdinga ne tokia suglebusi oda. Kitaip tariant, aplinka ir gyvenimo būdas nulems senėjimo procesą. Už senėjimą atsakingi įvairūs dar galutinai neištirti biologiniai mechanizmai. Mes patys galime leisti arba neleisti tam tikriems genams pasireikšti ir taip sulėtinti organizmo senėjimą. Yra daug būdų, padedančių sumažinti priešlaikinį odos senėjimą: saugoti odą nuo saulės spindulių; vietoj deginimosi naudoti savaiminio įdegio priemonę; nerūkyti; vengti pasikartojančių veido išraiškų; valgyti sveiką, gerai subalansuotą maistą; saikingai vartoti alkoholį; sportuoti; prižiūrėti odą. Senstantiems žmonėms genų poveikis reiškiasi skirtingai.
- Jei mūsų prieraša technologijoms išliks, tai evoliucijos raidoje žmonių išvaizda turėtų pasikeisti. Galbūt jie bus labiau sulinkę, turės platų kaklą, nuo darbo kompiuteriu susiraukšlėjusią ranką, o gal ir antrus akių vokus.

Kol kas dar nežinome:

- kaip dėl evoliucijos procesų paveldimumas pasiskirsto genome;
- kur gali nuvesti žmogaus kišimasis į genomo sritį;
- kaip žmonės atrodys tolimoje ateityje.

Ar kitose planetose yra protinga gyvybė

Nežemiška gyvybė – tai gyvybė, kuri nėra kilusi iš Žemės planetos. Tai gali būti tiek bakterijų dydžio ir sudėtingumo organizmai, tiek protingos, sąmoningos būtybės. Nežemiškos gyvybės egzistavimas yra hipotetinis, nes kol kas nerasta jokių visuotinai pripažintų įrodymų. Jeigu tokia gyvybė egzistuoja, ji galėjo atsirasti skirtingose Visatos vietose arba vienoje planetoje ir tada pasklisti po kitas.

Kol kas nežinoma, ar yra gyvybė už Žemės ribų. Ironiška, tačiau vis dar neturime visuotinio gyvybės apibrėžimo. Atrodytų, kad tereikia aptikti kokius nors gyvybės ženklus egzoplanetų (esančių prie kitų žvaigždžių) atmosferoje, kad suprastume, ar yra gyvybė už Žemės ribų. Tik ar pažinsime ją pamatę? 2021 m. paleistas J. Webbo kosminis teleskopas, analizuojantis dujų mišinio sudėtį Žemės dydžio egzoplanetų atmosferoje, žada pirmąsias prošvaistas. Šis teleskopas ar panašus įrenginys ateityje galbūt pastebės kitose planetose tokios atmosferos kaip Žemėje požymių (deguonies, anglies dioksido, metano). Ateities teleskopai galbūt netgi galės aptikti fotosintezės (augalų šviesos pavertimo chemine energija) požymių, dujų ar molekulių, rodančių, kad egzistuoja gyvybė. Protinga technologinė gyvybė, kaip kad mūsų planetoje, gali sukurti iš toli pastebimą atmosferos taršą. Egzoplaneta, turinti, tarkime, 95 % gyvybės tikimybę, galbūt pakeistų istorines prielaidas ir spėliones apie gyvybę už Žemės ribų. Daug tyrėjų mano, kad gyvybę kosmose gali pernešti asteroidai (28 pav.). Deja, kol kas neaišku, kaip aptikti nežemišką gyvybę.

Gyvybės židiniai gali slypėti net mūsų kaimynystėje – galbūt po Marso paviršiumi arba tamsiose Jupiterio palydovo Europos vandenynų gelmėse; gal išsipildys svajonė ir mes išgirsime nežemiškų civilizacijų komunikaciją arba užfiksuosime kokius

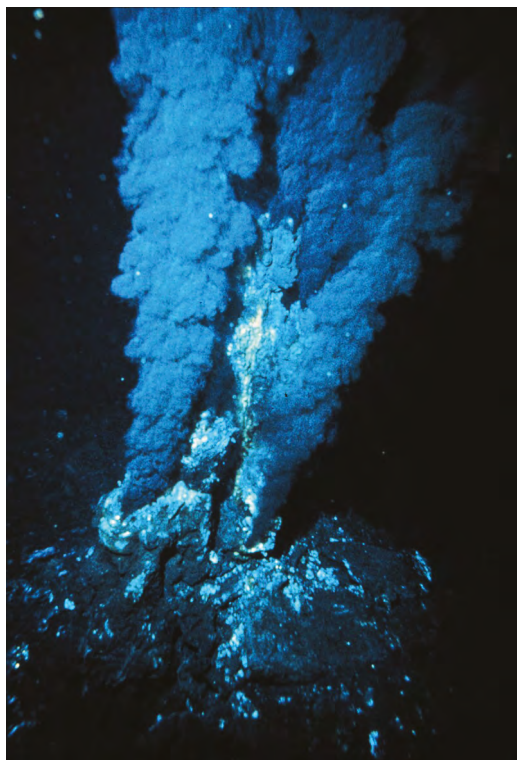


28 pav. Atnešti
gyvybę į Žemę
galėjo ir asteroidas.

nors technologijų pėdsakus (pavyzdžiui, smogą). Nors tokia sėkmė ir galima, darbas bus labai sunkus. Tikėtina, kad svarbiu raktu bus šviesa. Egzoplanetų atmosferų sklaidžiamą šviesą, išskleistą į spektrą, galima perskaityti kaip brūkšninį kodą. Šis metodas vadinamas *tranzito spektroskopija*. Planetos tranzitu įvardijamas procesas, kai planeta praskrieja tarp savo žvaigždės ir mūsų, pritemdydama žvaigždę. Kai vyksta tranzitas, dalį žvaigždės šviesos planeta visiškai užblokuoja, o dalis praeina pro planetos atmosferą. Jei išmatuosime žvaigždės spektrą tranzito metu ir be jo ir apskaičiuosime skirtumą tarp šių dviejų spektrų, galėsime nustatyti, kokio bangos ilgio šviesą sugeria planetos atmosfera. Įvairūs cheminiai elementai ir junginiai skirtingai sugeria šviesą. Vadinasi, žinodami, kokio bangos ilgio šviesą sugeria planetos atmosfera, galime pasakyti, kokia yra tos atmosferos cheminė sudėtis ir kokios ten galėtų būti su gyvybe susijusios medžiagos. Gyvybė, apie kurią dar mažai žinome, tarpsta ir Žemėje. Jos yra Jeloustono nacionalinio parko (JAV) kaustinių cheminių medžiagų telkiniuose, sausuose Antarktidos slėniuose ar karštose hidroterminėse angose vandenyno dugne.

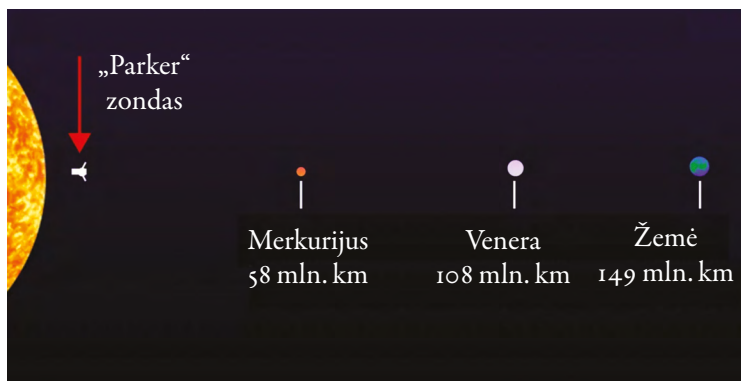
Pastarosios, suformuodamos daug energijos turinčią aplinką, palaiko ekstremofilines bakterijas, tad galėtų palaikyti gyvybę ir kitose kosmoso dalyse (29 pav.).

Šios ekstremofilinės gyvybės formos atsiskyrė nuo kitų Žemėje egzistuojančių gyvybės formų prieš milijardus metų. Jos tarpsta aplinkoje, kuri pražudytų bet kokią kitą gyvybę, ir galbūt galėtų būti keistų gyvybės formų tolimuose pasauliuose analogais. Astronomai nustatė, kad mūsų galaktikoje egzistuoja daugiau nei 4 900 egzoplanetų, tačiau jų skaičius galėtų siekti ir trilijonus. Egzoplanetos atrandamos 5 pagrindiniais būdais: radialinių greičių matavimu, tranzito metodu, tiesioginiu stebėjimu, mikrolęšių



29 pav. Hidroterminės angos vandenynų gelmėse.

metodu ir astrometriniu metodu. Kol kas daugiausia egzoplanetų atrasta tranzito metodu, nors tikimasi, kad tiesioginio stebėjimo metodas ilgainiui taps pagrindine priemone ieškant ir apibūdinant egzoplanetas. Mokslininkai, siaurindami gyvenamų pasaulių paiešką, sukūrė „gyvenamosios zonos“ sąvoką. Tai orbitinis atstumas nuo žvaigždės, kai temperatūra pasiekia lygį, tinkamą skystam vandeniui susidaryti planetos paviršiuje. Gyvybės zonos plotis priklauso nuo žvaigždės spektrinės klasės. Mūsų Saulės klasės (G klasės) žvaigždžių egzistavimo laikas yra ~10 mlrd. metų, o gyvybės zonos plotis yra 75–230 mln. km atstumu nuo žvaigždės. 2024 m. pabaigoje kosminis zondas „Parker“ praskriejo tik 6,1 mln. km atstumu nuo Saulės (30 pav.). Kad išsiaiškintų, kaip veikia Saulė, zondas paniro į jos išorinę atmosferą. 11,5 cm storio anglies ir kompozito zondo skydas turėjo atlaikyti 1400 °C temperatūrą ir spinduliuotę, galėjusius sugadinti elektroniką. Nykštukinių žvaigždžių (M klasės) gyvavimo laikas siekia ~100 mlrd. m., paviršiaus temperatūra 2 000–3 500 °C. Tokių žvaigždžių gyvybės zona yra siauresnė ir arčiau šviesulio.



30 pav. „Parker“ zondo skriejimo nuo Saulės nuotolis.

Gyvenamoji zona iš tikrųjų tik apibrėžia planetas, kuriose galėtų būti tinkamos sąlygos gyvybei. Ieškant gyvybei tinkamų egzoplanetų, pradedama nuo pasaulių, panašių į mūsų. Aptikta daug uolėtų Žemės dydžio planetų, kurios galbūt tiktų gyvybei.

Iki 2006 m. terminas *planeta* neturėjo darbinio apibrėžimo ir buvo pagrįstas klasifikacija, ankstesne nei kai kurie pagrindiniai šiuolaikiniai atradimai Visatoje. Dabar Plutonas priskiriamas nykštukinei planetai, nes negali dominuoti orbitoje ir išvalyti aplink ją esančią aplinką. Visgi dabar, kai Kuiperio juosta (Saulės sistemos sritis už Neptūno orbitos, kurioje gausu ledinių kūnų) „atėmė“ devintą planetą, mokslininkai mano, kad tokia planeta gali vėl atsirasti. Kuiperio juostoje yra keturios iš penkių oficialiai pripažintų nykštukinių planetų: Plutonas, Eridė, Makemakė ir Haumėja. 2023 m. paskelbtame tyrime teigiama, kad gali egzistuoti dar nepastebėta planeta, kurios masė yra nuo 1,5 iki 3 kartų didesnė už Žemės masę. Dėl didelės masės ji galėtų išlaikyti, pavyzdžiui, požeminius vandenynus. Jos orbita būtų labai tolima, daug tolesnė už Neptūno orbitą, o nuo Saulės būtų nutolusi 200 kartų toliau negu Žemė. Savo orbita ji apsisuktų per 10 000–20 000 metų. Neabejotinai dėl devintos planetos yra visiškų skeptikų, o bandant išsiaiškinti, kas tai yra (ir ar yra), kyla daug diskusijų. Galbūt 2025 m. pabaigoje pasirodęs naujas teleskopas, galintis kas kelias naktis apžvelgti visą dangų, suteiks naujų žinių.

Kalbant apie tinkamas gyventi egzoplanetas, pirmiausia turima omenyje žvaigždė ir jos sukuriama dominuojanti jėga. „Gyvenamosios zonos“, kuriose gali būti gyvybės turinčių planetų, karštesnių žvaigždžių yra platesnės. Remiantis mūsų Saulės sistema, dideli dujiniai pasauliai, tokie kaip Jupiteris, yra mažiau tinkami gyvybei. Paukščių Tako galaktikoje daug Žemės dydžio planetų skrieja aplink raudonąsias nykštukines žvaigždes, kurios yra mažesnės ir blankesnės už Saulę, skleidžia infraraudonąją spinduliuotę ir kartais

išmeta didelius energijos pliūpsnius, galinčius sudeginti aplink esančias planetas. Rentgeno ir ultravioletinės spinduliuotės gali būti iki šimtų tūkstančių kartų intensyvesnės nei Žemėje.

Mūsų Saulė puoselėjo gyvybę Žemėje beveik 4 mlrd. metų, tad atrodytų, kad tokios žvaigždės kaip ji būtų geriausios kandidatės ieškant kitų potencialiai tinkamų gyvybei pasaulių. Tačiau tokios žvaigždės kaip Saulė yra retesnės mūsų galaktikoje. Šiek tiek vėsesnės ir ne tokios ryškios kaip Saulė žvaigždės vadinamos oranžinėmis nykštukėmis. Kai kurie mokslininkai laiko jas tinkamesnes gyvybei. Jos gali šviesti dešimtis milijardų metų, todėl biologinei evoliucijai atsiveria didžiulė laiko perspektyva, per kurią gali susikurti tvirtos gyvybės formos. *K tipo* pagrindinės sekos žvaigždės taip pat galėtų palaikyti nežemišką gyvybę. Šios žvaigždės skleidžia ne UV spinduliuotę, o jų temperatūra yra tinkama skystam vandeniui planetos paviršiuje egzistuoti. Jos lėčiau degina vandenilį, todėl pagrindinėje sekoje išlieka ilgiau nei Saulė. Planetose, skriejančiose aplink tokią žvaigždę, turėtų būti daugiau laiko gyvybei formotis. Planetos „gyvenamoji zona“, priklausomai nuo žvaigždės dydžio, gali būti nuo 0,1–0,4 iki 0,3–1,3 astronominio vieneto (AU) ir yra pakankamai toli nuo žvaigždės, kad jos neveiktų potvyniai ir atoslūgiai, būtų mažas mirtinų gyvybei žvaigždės žybsnių aktyvumas. *K tipo* nykštukinių žvaigždžių gausa padidina galimybes rasti gyvybę šiose sistemose.

Įvairios paieškos (Keplerio ir J. Webbo kosminiais teleskopais ir kitais kosminės erdvės tyrimo prietaisais) gali pateikti svarių įrodymų apie potencialiai tinkamus gyventi pasaulius. J. Webbo kosminis teleskopas Visatą mato infraraudonųjų spindulių šviesoje. Tikimasi, kad per šių spindulių šviesos spektrą jis galės analizuoti egzoplanetų atmosferų sudėtį. J. Webbo teleskopas gali stebėti tiek artimus, tiek ir tolimus objektus. Tik apie 7 % teleskopo laiko bus skirta stebėti mūsų Saulės sistemą, likusį laiką teleskopas stebės objektus, labai

nutolusius nuo mūsų planetos. Infraraudonųjų spindulių jutikliais J. Webbo teleskopas gali analizuoti netoliese esančių planetų, tokių kaip Jupiteris ir Marsas, atmosferą. Šios galimybės taip pat gali būti nukreiptos į kai kurias artimiausias Žemės dydžio egzoplanetas, nors jas nuo mūsų skiria kelios dešimtys šviesmečių. Vienas iš teleskopo tikslų yra atskirti *biologinį parašą*, t. y. požymį, kad gyvybė tuose pasaulyuose egzistuoja (arba egzistavo). Žemėje biologiniu parašu gali būti moliusko kiautas, nukritusi paukščio plunksna ar į nuosėdines uolienas įterptas suakmenėjęs papartis. Egzoplanetoje tai gali būti tam tikras dujų (deguonies, metano, H_2O ir CO_2) kiekis, rodantis mikrobų ar augalų buvimą.

Gyvybės egzistavimą gali rodyti tiek biologiniai, tiek technologiniai ženklai. Ar teleskopas fiksuoja gyvybę palaikančią atmosferą, ar kokių nors technologijų ženklą? Biologinių parašų ieškantys mokslininkai gali susidurti su ženklais, kuriuos sukelia nežinia kas.

Dar iki galimų elektroninių signalų iš egzoplanetų atmosferų analizės astronomai gali stebėti mūsų planetos reiškinius. Jei jie matytų, kaip mūsų planeta praeina priešais Saulę (vadinamasis planetos tranzitas), tai matytų ir Saulės šviesą, sklindančią pro Žemės atmosferą, bei galėtų analizuoti stebimas dujas. 2021 m. nustatyta, kad 300 šviesmečių atstumu nuo Žemės yra beveik 2 000 žvaigždžių, kuriose galėtų vykti toks tranzitas. Remiantis tokiais stebėjimais, geriausias gyvybės rodiklis Žemėje galėtų būti deguonis, azotas ir vandens garai, kurie rodytų, kad planetoje yra stabilaus skysto vandens. Azoto dioksidas taip pat gali suteikti tam tikrų užuominų, kad planetoje galbūt yra protinga gyvybės forma, nes šios dujos iš esmės yra šalutinis degimo produktas. Chlorfluorangliavandeniliai, patenkantys į Žemės atmosferą iš aerolių, šaltnešių ir kitų šaltinių, taip pat gali būti mūsų planetos pramoninės veiklos ženklas, nes jie atsiranda tik naudojant technologijas. Vienas ryškiausių technologinių ženklų gali būti plataus spektro miestų šviesos. Visgi dabartinė

Žemė greičiausiai nėra pakankamai urbanizuota, kad ją būtų galima aptikti tokiu būdu, nes mažiau nei 1 % Žemės paviršiaus dengia miestai. Tačiau plėtrai tęsiantis dabartiniu tempu, iki 2150 m. urbanizacija gali išsiplėsti 10 kartų ir tuomet Žemė spindės kaip švyturys. Jeigu egzoplanetų civilizacijos turi pažangesnius (pavyzdžiui, 100 m skersmens) teleskopus, jie gali mus pastebėti. Kai kuriems mokslininkams kyla klausimas, ar tikrai norime būti tokie pastebimi, kiti nori pranešti apie mūsų buvimą ir jau pasiuntę į Visatą tikslingus pranešimus. Žmonija toliau keičia planetą, tad jei savo egzistavimo nenutrauksime karu ar kitomis priemonėmis, Žemė greičiausiai taps vis labiau pastebima. Jeigu norime užmegzti pirmąjį kontaktą ir visuomenė tam pritartų, galbūt galėtume kosmose statyti milžiniškas struktūras, pavyzdžiui, didelį planetos dydžio trikampį ar kvadratą, pagamintą iš plonos medžiagos, kuris akivaizdžiai būtų pastebimas ženklas. Visgi esminis klausimas, kurį turėtume užduoti: ar kas nors apskritai ieško būdų, kaip mus pastebėti?

Vieni tyrėjai svarsto, kaip chlorfluorangliavandeniliai (pramoninis šalutinis produktas) galėtų pasiųsti J. Webbo teleskopui aiškų spektrinį signalą, kiti aiškinasi, ar pramonės šalutinio produkto azoto dioksido išmetimai gali reikšti technologijų egzistavimą tiriamoje planetoje. Pastebėta, kad techniniai parašai (Mėnulyje paliktos šiukšlės, Marse važinėjantys „roveriai“, zondai, skriejantys Saulės sistemos pakraštyje į tarpžvaigždinę erdvę) yra ne tik geriau aptinkami nei biologiniai, jie gali būti gausesni ir ilgalaikiai. Tokie techniniai parašai gali išbūti Visatoje milijardus metų, o mes kosmosą tyrinėjame tik 65 metus. Senesnės civilizacijos galėjo pasėti galaktikoje tūkstančius techninių ženklų, kuriuos būtų galima aptikti. Visai tikėtina, kad gyvybė yra tokia reta, kad jai esant už kiloparsekų nieko negalime rasti, bet mūsų signalu, išsiųstu prieš daugelį metų, gali būti keliaujantys zondai, tokie kaip „Voyagers“ ar kiti. Bet kuri gyvybės rūšis tikriausiai turėtų sukurti reikšmingą grįžtamojo ryšio

poveikį savo planetoje ir palikti netyčinių žymenų. Manoma, kad daugelis egzoplanetų yra vandens pasauliai. Žemė, kurios maždaug trečdalis yra sausuma, gali būti išimtis. Kyla klausimas, ar vandenynų pasaulis gali sukurti pastebimą techninį parašą? Problema ta, kad techninio parašo laukas kol kas remiasi nedideliu, vienos planetos (Žemės), duomenų rinkiniu.

Dešimtmečiais buvo klausomasi Žemę pasiekiančių radijo signalų ir ieškoma kitų gyvybių siunčiamų ženklų, tačiau šios pastangos vis dar be rezultatų. Nors astronomai nustatė keletą galimų kandidatų, kur Visatoje galėtų egzistuoti gyvybė, konkrečių ateivių gyvybės įrodymų nėra. Kas atsitiktų, jei kitų planetų gyvybės formos bandytų mus rasti? Galbūt egzoplanetų astronomai gali stebėti mūsų planetą. Ką jie pamatytų? Kaip jie suprastų, kad Žemėje yra gyvybė?

Iki šiol mūsų galaktikoje rasta daugiau nei 5 500 planetų, besisukančių aplink kitas žvaigždes ir vadinamų egzoplanetomis. Paukščių Take tokių pasaulių greičiausiai yra trilijonai. Kai kurių šių pasaulių atmosferoje ieškoma cheminių ženklų, galinčių rodyti biologinį aktyvumą, ir „techninių parašų“, kuriuos gali skleisti protingos gyvybės formos (pavyzdžiui, tikslingai ar netyčia siunčiami mūsų kryptimi radijo signalai).

Žemė jau maždaug šimtmetį nuolat transliuoja savo buvimą galaktikoje. Ypač stiprios radijo transliacijos vyko nuo 1900 m. iki Antrojo pasaulinio karo, nes žmonės neturėjo jautrių radijo imtuvų. Šiandien transliuojami radijo, televizijos laidų, palydovinio ryšio signalai mažiau aptinkami, o kitos modernesnės komunikacijos formos, pavyzdžiui, mobiliojo telefono signalai, greičiausiai visai nebus aptinkami. Apskaičiuota, kad kai kurios iš šių transliacijų, kurių galia iki 20 kilovatų, gali pasiekti kitas žvaigždes. Rastos keturios netoliese esančios žvaigždės ir jų planetos, kurios jau galėjo būti gavusios mūsų signalus, o daugiau nei 1 000 žvaigždžių šie signalai pasieks iki 2300 metų.

Nuo XX a. 6-ojo dešimtmečio viena pagrindinių nežemiškų būtybių paieškos idėjų buvo *Fermi paradoksas* – prieštaraavimas tarp apskaičiuotų nežemiškų civilizacijų egzistavimo tikimybių ir kontakto su jais ar jų egzistavimo įrodymų nebuvimo. Esminis klausimas – kodėl Visatoje, kurioje gausu žvaigždžių ir planetų, dar nematėme gyvybės už Žemės ribų įrodymų? Vienas iš galimų paaiškinimų yra tas, kad gyvybė Žemėje yra retas ar net unikalus reiškinys. Galbūt protingos būtybės kitur egzistuoja, tačiau nenori būti stebimos, arba rūšies evoliucija yra sudėtinga, o jos kuriamos technologijos sukelia pavojingus atoveiksmio efektus ir kosminę tylą ir pan. Iš savo civilizacijos patirties žinome, kad techninės civilizacijos linkusios naikinti save netrukus po to, kai tampa pajėgios palaikyti tarpžvaigždinį radijo ryšį, antra vertus, šylanti planetos atmosfera negailestingai mažina pasaulio biologinę įvairovę. Galbūt sėkmingas technologines visuomenes sunku aptikti, nes jos gyvena daugiau ar mažiau pusiausvyroje su savo planeta.

Ateinantis biologinių ir techninių parašų stebėjimo amžius gali atskleisti daugybę egzoplanetų, kuriose gali būti gyvybė. Tačiau ne technologijų ženklų, bet gyvybės požymių radimas turėtų kelti nerimą, nes tai rodytų tikimybę, kad technologinės civilizacijos labai retos arba linkusios susinaikinti. Kita vertus, jei Visatoje rastume daug techninių parašų, tai reikštų, kad technologijos gali būti ilgalaikėje ir tvarioje pusiausvyroje su savo planeta.

Taigi egzoplanetų gyvybė gali būti aptikta ne tik dėl radijo signalų, sklindančių per kosmosą, bet ir dėl civilizacijos šalutinio poveikio – taršos. Mokslininkai gali ieškoti chlorfluorangliavandenilių ir kitų cheminių medžiagų tolimų planetų atmosferoje, tirdami atsispindinčius nuo svetimų pasaulių šviesos spektrus, atskleidžiančius chemines medžiagas tolimoje planetoje. Žemėje įvairūs prietaisai (aeroliniai balionėliai, šaldytuvai) daug metų išskiria chlorfluorangliavandenilių dujas, ardančias planetos

ozono sluoksnį. Teleskopai galėtų aptikti tokią atmosferos taršą ir tai galėtų būti užuomina apie technologijų kultūrą Visatoje. Tyrėjai apskaičiavo, kad jei šių dujų koncentracija tolimos planetos atmosferoje būtų maždaug 10 kartų didesnė nei Žemėje, jų buvimą būtų galima aptikti J. Webbo kosminiu teleskopu. Chlorfluorangliavandenilių dujos planetos atmosferoje gali išlikti dešimtis tūkstančių metų, taigi civilizacija nebūtinai turės jas gaminti labai ilgai, kad liktų su dujomis susijusios veiklos pėdsakų. Galbūt mes ne vieni taip gebame sujaukti planetą. Tyrėjai išskyrė įvairius galimus aukšto lygio taršos techninius ženklus (perteklinė šviesa, kosminės šiukšlės, kenksmingos dujos planetos atmosferoje ir kt.), kurie gali atskleisti tolimos civilizacijos buvimą.

NO₂ koncentracijos kaita gali būti užuomina apie pramoninės veiklos lygį svetimoje planetoje, nes didžioji dalis (65 %) Žemės atmosferoje esančio NO₂ atsirado dėl pramoninės veiklos – automobilių, laivų, lėktuvų, elektrinių ir kitų antropogeninių šaltinių išmetamų teršalų. Skirtingai nei chlorfluorangliavandenilių dujos, NO₂ atmosferoje būna trumpiau, todėl rasti jas kitose planetose gali būti sunkiau. NO₂ koncentracija gali padėti įvertinti pramoninės veiklos lygį egzoplanetoje, tačiau NO₂ išskiria ir natūralūs šaltiniai – žaibas ir miškų gaisrai, todėl tai nebūtų įrodymas, kad egzoplanetos civilizacija sukūrė vidaus degimo variklius ar kokią nors kitą NO₂ išskiriančią technologiją.

Mokslininkai jau kurį laiką tyrinėja nuo tolimų planetų atspindinčią šviesą, siekdami nustatyti, kokių ten gali būti cheminių medžiagų. 2023 m. J. Webbo kosminiu teleskopu vienos už 120 šviesmečių esančios planetos atmosferoje buvo aptikta metano, anglies dioksido ir dimetilsulfido. Dimetilsulfidą (CH₃)₂S Žemėje gamina tik gyvybė, nors jį išskiria ir kai kurie pramoniniai šaltiniai, pavyzdžiui, medieną apdirbančios celiuliozės gamyklos. Tai galėtų būti ir gyvybės ženklas, ir gal net techninis signalas, jei egzoplanetoje

medžiagos apdorojamos panašiai, kaip mes apdorojame medieną. Žinoma, taip svarstydami rizikuojame klaidingai manyti, kad egzoplanetų civilizacijos bus labai panašios į mūsų.

Žemėje statomi vis galingesni geresnės skiriamosios gebos optiniai ir radijo teleskopai. Be J. Webbo kosminio teleskopo, kuris jau skrieja aplink Saulę, tarptautinės tyrimų organizacijos – Europos Pietų observatorijos (*European Southern Observatory*) Čilėje kuriamas teleskopas turėtų pradėti veikti 2028 metais. NASA 2030 m. planuoja paleisti Didįjį optinį ultravioletinės infraraudonosios spinduliuotės matininką (LUVOIR), kurio veidrodžio skersmuo yra per 15 m ir kuris, manoma, egzoplanetose galėtų aptikti NO₂. Pagaliau baigiama kosminė Gyvenamųjų egzoplanetų observatorija (HabEx), kurios paskirtis – tiesiogiai tirti į Saulę panašių žvaigždžių planetų sistemas ir jų atmosferas. Ją planuojama paleisti į erdvę 2035 metais. Visgi optinių teleskopų galimybės ribotos, todėl tyrėjai daugiau dėmesio skiria iš galaktikos sklindantiems radijo signalams aptikti.

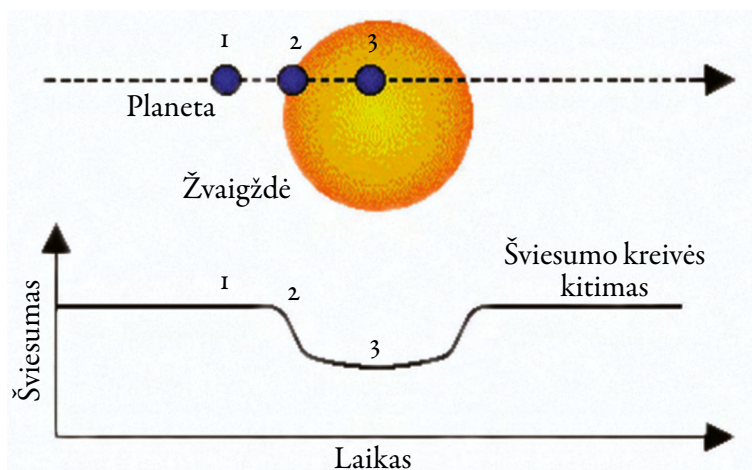
Kadangi iki šiol siūlomi galimi techniniai ženklai iš esmės yra pagrįsti tik žmonių gaminamų teršalų analize, rizikinga manyti, kad tolimosios civilizacijos bus labiau panašios į mūsų. Labai protingos gyvybės formos ilgainiui gali nepalikti teršalų techninių ženklų, tokių kaip, pavyzdžiui, chlorfluorangliavandenilių dujos. Tyrėjai mano, kad nebūtina net žinoti, ko tiksliai ieškome, tereikia rasti ką nors netikėta ir tą netikėtumą toliau tirti. Kai kurie teleskopai gali analizuoti tolimų planetų atspindėtą šviesą ir aptikti deguonies, vandens garų ar kitus galimos gyvybės požymius. Gyvybės ženklų paieška gali užtrukti dešimtmečius. Jau rengiami naujos kartos planetų iešiklių projektai, kurie bus realizuoti 2030 ar 2040 metais. Mokslininkai ieško naujų galimų cheminių derinių, galinčių reikšti gyvybės požymius. Biochemikai sutelkė dėmesį į šešis pagrindinius elementus, susijusius su gyvybe Žemėje: anglį, azotą, deguonį, fosforą, sierą ir vandenilį.

Pirmosios planetos, aptiktos aplink kitas žvaigždes, buvo ekstremalūs pasauliai. Kai kurios skriejo aplink besisukantį pulsarą ir buvo veikiamos reguliarių galingos spinduliuotės impulsų. Kita maždaug pusės Jupiterio dydžio dujų milžinė sukosi taip greitai, kad jos metai truko tik 4 dienas. Pakėlus teleskopus virš Žemės atmosferos, šviesos spektre atsiskleidė akinanti Visata ir išsiplėtė galimybės ieškoti planetų aplink kitas žvaigždes. Mokslininkai dar tik kuria pirmuosius Visatos tamsiosios medžiagos žemėlapius. Kosmosas yra daug platesnis, nei mes įsivaizdavome. Remiantis vertinimais, Visatoje yra šimtas milijardų trilijonų žvaigždžių, apie kurias sukasi egzoplanetos. Pirmosios egzoplanetos buvo atrastos 1990 metais. Jos yra įvairaus dydžio – nuo dujų milžinių, didesnių už Jupiterį, iki mažų, uolėtų planetų, maždaug tokio dydžio kaip Žemė ar Marsas. Jų temperatūra gali būti tinkama metalų lydymuisi arba artima absoliučiam nuliui. Jos gali skrieti aplink savo žvaigždes labai greitai („metai“ trunka tik kelias dienas) arba skrieti vienu metu aplink dvi saules.

Į Žemę panašiausia egzoplaneta (Epsilon Eridani b) sukasi apie oranžinę Saulės tipo žvaigždę vos už 10,5 šviesmečių nuo mūsų. Ši egzoplaneta yra pakankamai nutolusi nuo savo žvaigždės, todėl mokslininkai mano, kad joje galėtų būti skysto vandens. Tinkamiausia mūsų tipo gyvybei egzoplaneta (Gliese 581 d) skrieja aplink Gliese 581 žvaigždžių sistemą. Nuo Žemės ji nutolusi 20,4 šviesmečių. Manoma, jog ši egzoplaneta turi kietą paviršių ir joje yra palankiausios sąlygos atsirasti gyvybės formai, panašiai į mūsų. Egzoplaneta nutolusi nuo savo raudonosios nykštukės Gliese 581 tokiu atstumu, kad joje gali būti vandens. Ji yra maždaug 8 kartus masyvesnė už Žemę. Egzoplaneta GJ 1214b turi kietą paviršių, manoma, kad joje turėtų būti vandens ledo pavidalo. Ši planeta sukasi apie raudonąją nykštukę, yra maždaug 3 kartus sunkesnė ir 6,5 karto didesnė už Žemę ir nutolusi nuo mūsų per 40 šviesmečių.

Astronomai atrado, jog keletas egzoplanetų turi atmosferą. Vienos iš jų (HD 189733b) pavyko nustatyti atmosferos sudėtį – didžiąją jos dalį sudaro metanas, kuris, spėjama, gali būti natūralios kilmės, bet gali būti ir gyvybinės veiklos produktas. Egzoplanetoms aptikti naudojami *radialinio greičio* ir *tranzito* metodai (31 pav.). Egzoplanetų gausa didina tikimybę atrasti nežemišką gyvybę. Astrobiologijos duomenimis, paprasta gyvybė, sudaryta iš atskirų ląstelių arba mažų daugialąsčių organizmų, Visatoje galėtų būti visur, tačiau į žmones panašių gyvybės formų buvimą įrodyti daug sunkiau. Sudėtingos gyvybės evoliuciją Žemėje paskatino jos prisitaikymas prie fotosintezės, kurios išskirtu deguonimi pagrįstos aukštesnės gyvybės formos.

Labai svarbu, kad planetos atmosfera būtų skaidri matomai šviesai. Daugelio planetų atmosfera yra stora (kaip Veneroje) ir sugeria šviesą jai nepasiekus paviršiaus arba jos (kaip Merkurijus) neturi jokios atmosferos. Žemė išlaiko ploną atmosferą, turi skystos geležies



31 pav. Tranzito metodas egzoplanetoms aptikti.

šerdį ir tai sąlygoja stiprų apsauginį magnetinį lauką. Ši magnetosfera, esanti virš jonosferos, apsaugo gyvybę Žemėje ir jos atmosferą nuo žalingo Saulės spinduliuotės poveikio. Toks planetos sąlygų derinys vargu ar plačiai įmanomas. Visgi kuo daugiau žinome, stebėdami kosmoso pakraščius ir suvokdami, kad egzistuoja galaktikos, žvaigždės ir egzoplanetos, tuo didesnė tikimybė, kad vienoje iš tų planetų gali būti gyvybė, ir gal net protinga. Nuo XX a. 7-ojo dešimtmečio pradžios mokslininkai bando apskaičiuoti nežemiškos gyvybės tikimybę. Norint aptikti gyvybę egzoplanetose, reikia galingų teleskopų, aprūpintų pažangiais spektroskopijos instrumentais. Tik 1995 m. buvo atrasta pirmoji egzoplaneta, skriejanti aplink Pegasų 51,50 šviesmečių atstumu nuo Žemės. Nuo to laiko mūsų galaktikoje buvo patvirtinta daugiau nei 4 000 egzoplanetų. Astrofizikų vertinimu, šimtų milijardų žvaigždžių galaktikoje gali būti tik viena ar dvi planetos, tinkamos gyvybei ar net technologiškai pažangiai civilizacijai. Stebimoje Visatoje yra 2 trilijonai galaktikų, todėl didelė tikimybė, kad tokių tolimų kaimynų yra daug. Jei tik viena iš šimto milijardų žvaigždžių gali palaikyti išsivysčiusią gyvybę, reiškia, kad Paukščių Tako galaktikoje, kurioje yra 400 mlrd. žvaigždžių, galėtų būti keturios tokios planetos. Žinoma, protingos gyvybės tikimybė Visatoje padidės, jei skaičiavimus išplėsimė į 2 trilijonus galaktikų, esančių už Paukščių Tako galaktikos ribų.

Deja, mažai tikėtina, kad kada nors užmegsime ryšį su gyvybe kitose galaktikose. Kelionė erdvėlaiviu iki artimiausio tarpgalaktinio kaimyno, nykštukinės „Didžiojo šuns“ („Canis Major“) galaktikos, esant dabartinėms technologijoms, užtruktų beveik 750 000 000 metų. Net radijo signalui, kuris juda beveik šviesos greičiu, prireiktų 25 000 metų. Kosmoso milžiniškos platybės verčia pripažinti nemalonią tikrovę: yra didelė statistinė tikimybė, kad protingos gyvybės formos jau vystėsi ar išsivystys kitur Visatoje, tačiau labai mažai tikimybė, kad galėsime su jomis bendrauti. Kodėl mums svarbus

protingos gyvybės egzistavimas Visatoje? Visatos be protingos gyvybės idėja mums kelia kosminio vienišumo baimę, nes iš esmės esame socialūs padarai.

Dabar egzoplanetas skaičiuojame tūkstančiais, daugelis jų yra maždaug Žemės dydžio ir skrieja savo žvaigždžių „gyvenamose zonos“. Tikimasi, kad naujos kartos kosminiai teleskopai atvers naujus langus ieškant gyvybės už Žemės ribų.

1960 m. amerikiečių astronomas ir astrofizikas Frankas Drake'as (Drake, Sobel, 2010) sukūrė formulę, kuria bandyta apskaičiuoti nežemiškų civilizacijų, su kuriomis galėtume užmegzti kontaktą, skaičių mūsų galaktikoje:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_c \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L;$$

čia N – civilizacijų skaičius Paukščių Tako galaktikoje, su kuriomis gali būti įmanomas ryšys; R_* – vidutinis žvaigždžių formavimosi greitis galaktikoje; f_p – žvaigždžių, kurios turi planetas, skaičius; n_c – vidutinis planetų, galinčių palaikyti gyvybę, skaičius, tenkantis vienai planetų turinčiai žvaigždei; f_l – planetų, galinčių palaikyti kokią nors gyvybės formą, dalis; f_i – planetų, kuriose yra gyvybė ir kuriose iš tikrųjų vystosi protingos gyvybės (civilizacijos), dalis; f_c – civilizacijų, kuriančių technologijas, kurios leidžia į kosmosą jų egzistavimui aptikti tinkamus ženklus, dalis; L – laikas, kurį tokios civilizacijos į kosmosą leidžia aptinkamus signalus.

Pagrindinė šios lygties problema yra ta, kad net 4 lygties nariai (gyvybę turinčių planetų skaičius, gyvybės tapimo protinga tikimybė, protingos gyvybės noro ir gebėjimo bendrauti tikimybė ir tokių civilizacijų egzistavimo trukmė) yra visiškai nežinomi. Kol kas žinomas tik vienas pavyzdys (gyvybė Žemėje), todėl galima tik spėlioti, kaip dažnai kiekvienas iš šių įvykių nutinka. Optimistai spėja, kad Paukščių Take yra apie vieną milijoną planetų, tinkančių

civilizacijoms, o pesimistai mano, kad vidutinis civilizacijoms tinkančių planetų skaičius galaktikoje daug mažesnis už vieną.

F. Drake'o ir jo kolegų „išsamūs spėjimai“ 1961 m. buvo pagrįsti skaičiavimais, pagal kuriuos $R_* = 1$ metai (viena žvaigždė susiformuoja per metus, vidutiniškai per galaktikos gyvavimo laikotarpį), $f_p = 0,2-0,5$ (nuo penktadalio iki pusės visų susiformavusių žvaigždžių bus planetos), $n_c = 1-5$ (žvaigždės turės nuo 1 iki 5 planetų, kuriose gali atsirasti gyvybė), $f_l = 1$ (100 % šių planetų atsiras gyvybė), $f_i = 1$ (100 % iš jų bus protinga veikla), $f_c = 0,1-0,2$ (10-20 % iš jų galės bendrauti su kitomis planetomis), L – tarp 1000 ir 100 000 000 metų. Pagal šiuos skaičiavimus, Paukščių Tako galaktikoje tikriausiai turėtų būti 1 000–100 000 000 planetų su civilizacijomis.

Dabartinių astronominių stebėjimų duomenimis, žvaigždžių susidarymo greitis galaktikoje $R_* = 1,5-3$ metai. Tyrimų analizė rodo, kad f_p gali priartėti prie 1, o kadangi galaktikoje yra apie 100 mlrd. žvaigždžių, tai reiškia, kad f_p būtų lygus maždaug 0,4. Apie 10 % Paukščių Tako galaktikos žvaigždžių sistemų yra svertingos gyvybei, nes turi sunkiųjų elementų, yra toli nuo supernovų ir pakankamai ilgai stabilios. Jei Marse, Europoje, Encelade ar Titane būtų rasta gyvybė (arba ankstesnės gyvybės įrodymų), kuri išsivystė nepriklausomai nuo gyvybės Žemėje, tai reikštų, kad f_l vertė yra artima 1. Remiantis šešiasdešimties istorinių Žemės civilizacijų trukme, L galėtų būti apie 420 metų. Šie duomenys rodo, kad, F. Drake'o skaičiavimais, gautą planetų su civilizacijomis skaičių reikėtų mažinti 100 kartų. Nors F. Drake'o skaičiavimai tėra spėjimas, kai kurie mokslininkai mano, kad tik laiko klausimas, kada bus atrasta nežemiška „gyvybė“.

Pradėkime nuo žvaigždžių skaičiaus mūsų galaktikoje, kuris paprastai įvertinamas 100 mlrd., nors dažnai nurodomas ir tris kartus didesnis. Iš tų 100 mlrd. 20–50 % žvaigždžių tikriausiai turi planetų sistemas, nors ne visos šios egzoplanetos galėtų išlaikyti į Žemę panašią gyvybę. Iš tų biologiškai draugiškų pasaulių nuo 0 % iki 100 %

iš tikrųjų galėtų vystytis gyvybė ir susikurti gyvybės formos, kurias laikytume protingomis. Tačiau vien tik protingų gyvybės formų egzistavimas nieko nesako, nebent jos turi galimybę apie save pranešti, o tai reiškia, kad jos turėtų manipuluoti radijo bangomis ir kitomis elektromagnetinių signalų formomis. F. Drake'as apskaičiavo, kad 10–20 % išmaniųjų civilizacijų galėtų užpildyti šią juostą. Galiausiai F. Drake'o lygtyje atsižvelgia į tai, kiek laiko kuri nors iš tų „semaforinių“ civilizacijų galėtų siųsti kokius nors registruojamus signalus. Mūsų Saulės tipo žvaigždės išgyvena apie 10 mlrd. metų, gyvybė Žemėje gyvuoja tik apie 3,5 mlrd. metų, o žmonės radijo bangas siunčia vos šimtmetį.

Jei rytoj sunaikinsime save per aplinkos ar branduolinę katastrofą, o tokiems kataklizmams jau esame pribrendę, tai mūsų skleidžiami signalai užges. Jei išgyvensime dešimtis tūkstančių metų ar dar ilgiau ir skelbsime apie savo buvimą kosmose (tas pasakytina ir apie visas kitas galimas civilizacijas Paukščių Take), tai bus tik akimirka Visatos raidoje. Vertinant vis didesnę gebą tirti kitas žvaigždžių sistemas ir manant, kad yra per 10 000 tinkamų civilizacijoms vystytis planetų, tikėtina, kad galbūt jau iki 2040 m. yra tikimybė rasti nežemiškos kilmės gyvybę. Jei tokių civilizacijų būtų milijonai, nežemiškos kilmės gyvybę atrastume iki 2028 metų. F. Drake'o lygtis nėra galutinė, bet ji yra būdas organizuotai „sutvarkyti mūsų nežinojimą“. Astronomai, ieškantys kitų civilizacijų signalų, iki šiol ištyrė tik kelis tūkstančius žvaigždžių sistemų. Paukščių Take yra apie 100 mlrd. žvaigždžių sistemų, kuriose, remiantis mūsų dabartinėmis prielaidomis, galėtų būti protinga gyvybė. Apskaičiuota, kad 100 000 aktyvių civilizacijų galaktikoje reikštų vieną civilizaciją milijonui žvaigždžių ar jų sistemų.

Kanados ir JAV astronomė Sara Seager pasiūlė pakoreguotą lygtį, pagrindinį dėmesį skirdama paieškai planetų, turinčių biologinių požymių. Ji atkreipė dėmesį į biogenines dujas, kurias gamina

gyvi organizmai ir kurios planetos atmosferoje gali susikaupti iki tokio lygio, kad jį galima aptikti nuotoliniais kosminiais teleskopais (Powell, 2013). Pagal ją:

$$N = N_* \cdot F_Q \cdot F_{HZ} \cdot F_O \cdot F_L \cdot F_S;$$

čia N – planetų su aptinkamais gyvybės ženklais skaičius; N_* – stebimų žvaigždžių skaičius; F_Q – ramių žvaigždžių dalis; F_{HZ} – žvaigždžių su uolinėmis planetomis galimoje gyvybės zonoje dalis; F_O – stebimų planetų dalis; F_L – planetų, kuriose yra gyvybė, dalis; F_S – planetų, kuriose gyvybė išskiria aptinkamas specifines dujas, dalis.

Remiantis šia lygtimi, planetų ieškoma pagal gyvybės išskiriamas dujas. Net ir aptikę tokių dujų, vis vien nežinosime, kas jas išskiria – protinga gyvybė ar paprastos bakterijos. Ne visi lygties nariai gali būti apskaičiuojami. Paskutiniai du yra tik spėlionės. Aptinkami dujų emisijos ženklai gali reikšti keletą dalykų. Žmonės iškvepia anglies dioksidą – tai mūsų biologinio parašo dujos, tačiau atmosferoje anglies dioksidas atsiranda ir natūraliai. Galima ieškoti ir kitų tikėtinių dujų, nes deguonį gamina augalai ir fotosintetinančios bakterijos, o amoniakas taip pat yra biologinės dujos. Visai Žemės gyvybei reikalinga anglis, vandenilis, deguonis, azotas, siera, fosforas ir daugybė kitų medžiagų, tarp jų ir mineralai. Dar reikalingas vanduo, kad jame galėtų vykti biocheminės reakcijos. Pakankamas anglies ir kitų svarbiausių gyvybę formuojančių elementų kiekis kartu su vandeniu tikriausiai galėtų suformuoti gyvus organizmus ir kitose planetose, kurių vidutinė temperatūra ir cheminė sudėtis yra panaši į Žemės.

Kadangi Visatoje gausu pagrindinių gyvybę sudarančių elementų, pasiūlyta ir kitų elementų bei tirpiklių, kurie galėtų suteikti pagrindą gyvybei. Manoma, kad silicis galėtų būti alternatyva angliai. Silicinės „gyvybės“ formos turėtų kristalinę morfologiją ir galėtų

egzistuoti aukštoje temperatūroje arti žvaigždės esančiose planetose. Siūlomos amoniaku (vietoje vandens) pagrįstos gyvybės formos. Manoma, kad kai kurios organizmų savybės (skraidymas, rega, fotosintezė, galūnės ir kt.) yra universalios, todėl gyvybės formos ir kitose planetose neišvengiamai turėtų evoliucionuoti šia kryptimi. Milžiniška Žemės gyvybės formų įvairovė leidžia daryti prielaidą, kad skirtumai tarp nežemiškų gyvybių formų turėtų būti dar ženkllesni ir radikalesni.

Tikėjimas nežemiška gyvybe egzistavo daugelyje antikinių kultūrų, bet dažnai buvo siejamas su antgamtiniais reiškiniais. Graikų atomistai manė, kad begalinėje Visatoje galėtų būti ir begalinis skaičius gyvybę turinčių planetų, o Platonas ir Aristotelis neigė kitų pasaulių egzistavimą. Jeruzalės Talmude teigiama, kad yra bent 18 000 kitų pasaulių, tik neaišku – fizinių ar dvasinių. Išradus teleskopą paaiškėjo, kad Žemė tėra vienas iš nesuskaičiuojamos galybės Visatos kūnų. Apie tris šimtmečius (nuo mokslinės revoliucijos iki moderniosios eros) tikėjimas nežemiškos gyvybės buvimu buvo plačiai diskutuojamas. Daug astronomų ir didelė dalis visuomenės mano, kad nežemiška gyvybė yra reali. Nežemiška gyvybe suabejota, kai kosminiai zondai aplankė galimas gyvybės buveines Saulės sistemoje ir nieko nerado. Nežemiškų civilizacijų paieška vyksta nuo 1960 metų. Daugiausia dėmesio skiriama radijo signalams, taip pat manoma, kad spektrografine analize ateityje bus įmanoma aptikti su gyvybe susijusių dujų (tokių kaip metanas ir deguonis) atmosferinę taršą. Dauguma kosmoso medžiagų prasidėjo nuo vandenilio, iš kurio, žvaigždėse vykstant „nukleosintezei“, buvo sintetinami sunkesni elementai. Tie patys elementai yra kiekvienoje molekulėje, iš kurios susikūrė visa Žemės gyvybė. Kitaip tariant, vandenilio ir vandens linija yra ypatinga Žemės gyvybei ir gali būti ženklu, kur galime aptikti savo kosminius kaimynus. Dažniausiai ieškoma žmonių sukeliamų ženklų, bet gali būti, kad nežemiškos civilizacijos naudoja

kitokius, mums nesuprantamus, būdus ar technologijas. 2007 m. buvo paskelbta, kad rasta pirmoji į Žemę panaši planeta Gliese 581 C. Ją nuo Žemės skiria 20,4 šviesmečių, arba 194 trilijonų km. Klimato kompiuterinis modeliavimas rodo, kad planetoje esančios anglies dioksido ir metano dujos galėtų sukelti šiltnamio efektą, planeta sušiltų iki gerokai aukštesnės nei 100 °C temperatūros ir tai neleistų joje egzistuoti skystam vandeniui. Dėl šių priežasčių viltys čia rasti gyvybę sumažėjo (Ker Than, 2007). Šiuo metu už Saulės sistemos ribų atrastos 347 galinčios tikti gyvybei planetos, todėl vilčių aptikti nežemiškos gyvybės formų dar yra. Nežemiškomis gyvybės formomis domisi *ksenologija*, jų biologija – *ksenobiologija*, o tokių gyvybės formų psichikos procesais, jei jos yra protingos, – *ksenopsichologija* (Freitas, 2008).

Nežemiško intelekto paieškoms skirto teleskopo idėja pradėta įgyvendinti 1997–1999 metais. Pirmasis toks radijo teleskopas „Allen Telescope Array“ (ATA) (32 pav.) yra Hat Creek miestelio Kalifornijoje observatorijoje. ATA teleskopo masyvu siekta pagerinti žvaigždžių skleidžiamų signalų žvalgybą. Teleskopas suteikia mokslininkams prieigą prie instrumento septynias dienas per savaitę, vienu metu gali ieškoti kelių skirtingų objektų, atlikti nežemiškų civilizacijų žvalgybą ir kitus radijo astronomijos stebėjimus. Šiuo teleskopu nežemiškų civilizacijų paieška gali paspartėti mažiausiai 100 kartų. ATA teleskopo imtuvai veikia 1 000–15 000 MHz dažnių diapazone ir vienu metu gali tirti daugybę dangaus sričių. Pirmasis teleskopo statybos etapas, kurį sudarė 42 šešių metrų skersmens antenos, baigtas 2007 metais. Galiausiai komplekse bus 350 antenų.

Vien mūsų galaktikoje yra 10–50 mlrd. potencialiai tinkamų gyventi pasaulių. Intensyviausias nežemiško intelekto paieškas vykdė 1984 m. JAV įkurta nevyriausybinė *Search for Extra Terrestrial Intelligence* (SETI) organizacija. Nors dauguma SETI programų signalų ieškodavo radijo spektre, išbandytas ir optinis dažnių



32 pav. Radijo teleskopo „Allen Telescope Array“, skirto radijo astronomijos projektams ir nežemiško intelekto paieškoms (SETI), antenos vaizdas.

diapazonas. Kelta prielaida, kad nežemiškos protingos būtybės gali siųsti signalus lazeriu. SETI ieško mokslo ir technologijų požymių už Saulės sistemos ribų kaip gyvybės ir intelekto įrodymų, tačiau tai iš esmės yra adatos paieška šieno kupetoje. Dabartiniu laikotarpiu paiešką gerina nauji įrankiai, nes dirbtinio intelekto (DI) gebėjimas valdyti didžiulius duomenų rinkinius ir pastebėti anomalijas keičia nežemiško intelekto žvalgybos strategiją.

SETI kuria dirbtinio intelekto valdomą programinės įrangos sistemą „Very Large Array“ (VLA), skirtą Nacionalinei radijo astronomijos observatorijai. VLA sudaro pietvakarinėje JAV Naujosios Meksikos valstijos dykumoje išdėstytos 25 m skersmens 28 antenos. Sistema leis nuskaityti milijoną žvaigždžių ir 100 galaktikų įvairiose radijo ir optinių dažnių juostose, o dirbtinis intelektas kas sekundę

galės apdoroti du terabaitus (TB) informacijos (šiuolaikinių nešiojamųjų kompiuterių saugyklos talpa paprastai yra apie 1 TB) bei padės ieškoti naujų tipų radijo signalų iš tolimų šaltinių. Tradiciškai SETI ieškojo siaurajuosčių signalų, panašių į tuos, kuriuos radijo ryšiui naudoja žmonės. O gal pažangi nežemiška technologija naudoja plačiauostį signalą? Tuomet mūsų tradiciniai metodai neveiks, o ekrane pagautas signalas atrodys kaip triukšmas.

Neseniai sukurta nauja, dirbtinį intelektą naudojanti sistema, kuri analizuoja teleskopo gaunamus duomenis ir atskiria galimus nežemiškų civilizacijų signalus nuo trikdžių. Nežemiškų civilizacijų signalas pasirodytų tik į jį nukreipus teleskopą ir išnyktų jam nukrypęs į šalį. Jau nustatyti aštuoni galimi nežemiško intelekto signalai, kurių neaptiko tradicinė analizė. Visgi stebėjimai nebuvo pakartoti ir tikriausiai jie yra klaidingi. Dirbtinis intelektas taip pat pasitelkiamas bandant aptikti galbūt paprastesnius ir arčiau Žemės esančius gyvybės ženklus.

2023 m. NASA marsaeigis „Perseverance“ Marse pradėjo rinkti mėginius iš Jezero kraterio, kurie sėkmės atveju po kelerių metų pasieks Žemę. Jau dabar mokslininkai mano, kad marsaeigis aptiko organinių junginių, kurie švyti ultravioletinėje šviesoje. Visgi organiniai junginiai gali susidaryti ir nebiologinių procesų metu, todėl negalima tvirtinti, kad jie kilę iš ankstesnės planetos gyvybės. Nauji tyrimo metodai, naudojant dirbtinį intelektą esamos ar praeities gyvybės požymiams uolienų pavyzdžiuose analizuoti, padės atskirti buvusią gyvą ir negyvą medžiagą beveik 90 % tikslumu.

Ieškodami gyvybės apraiškų artimoje ir tolimoje Visatoje dar ne viską žinome apie tai, kas slypi čia pat, po mūsų kojomis. Mokslininkai atskleidė, kad milijardai menkai žinomų ar net visai nežinomų mikroorganizmų gyvena netolimose Žemės gelmėse. 2018 m. jie apskaičiavo, kad maždaug 70 % visų planetoje esančių mikrobų gyvena po žeme. Galima teigti, kad gyvybės Žemės gelmėse

genetinė įvairovė gali būti panaši į paviršinės, o gal net ir didesnė. Po žeme dominuoja bakterijos, archėjos, pastebėta nemažai eukarijų. Archėjos, kaip ir bakterijos, yra vienaląsčiai prokariotiniai mikroorganizmai, gyvenantys ekstremalių sąlygų vietose, kuriose beveik nėra kitų gyvybės formų. Eukarijams priklauso eukariotai, kurie išsivystė iš archėjų. Šios dvi didžiulės grupės yra seniausios žinomos gyvybės formos Žemėje. Jos egzistuoja daugiau nei tris milijardus metų, tai yra gerokai anksčiau nei gyvūnai ir augalai. Yra ir aerobinių mikrobų. Metanu mintančios bakterijos suskaido nitritus į azotą ir deguonį, o deguonį panaudoja metanui skaidyti ir energijai gauti. Dalis taip pagaminto deguonies iš ląstelių patenka į supančią aplinką ir sunaudojamas kitų, nuo deguonies priklausomų, mikroorganizmų. 2019 m. 2,4 km gelmėje buvo aptikti mikrobiniai organizmai, kvėpuojantys siera ir mintantys piritu uolienomis. Viena bakterijos rūšis rasta 2,8 km gylyje: maždaug 60 °C temperatūros šarminiame vandenyje ji energijos gauna redukuodama azotą iš amoniako molekulių ir amonio jonų, o anglį – iš CO₂.

Požemyje veikia stiprus karštis, didžiulis slėgis, nėra šviesos ir beveik nėra maistinių medžiagų. Galima tik stebėtis medžiagų apykaita, kuri padeda gyvybei išlikti itin skurdžioje aplinkoje, ir sąlygomis giliai po Žemės paviršiumi. Apie 70 % visų Žemėje esančių bakterijų ir archėjų yra po žeme. Kiek giliai tęsiasi biosfera, dar nėra aišku. Manoma, kad gyvybė turi viršutinę temperatūros ribą, tik mes jos nežinome. Niekas negali gyventi išlydytos lavos paviršiuje, tačiau kai kurie mikrobai gali ištverti didelį karštį. Aukšta temperatūra sukelia stresą organizmams, pagreitindama procesus, kurie pažeidžia svarbias molekules, tokias kaip DNR ir aminorūgštys. Tai padidina energijos poreikį šioms molekulėms „pataisyti“. Tačiau ląstelės gali keisti šių molekulių struktūrą ir taip jas stabilizuoti. Mikrobai gali išgyventi aukštesnėje nei 100 °C temperatūroje, jei slėgis yra pakankamai aukštas, kad vanduo neužvirtų. Aukščiausia temperatūra,

kurioje organizmas buvo auginamas laboratorijoje, siekė 122 °C, o slėgis – 20 MPa ir 40 MPa. Teoriškai apskaičiuota, kad aukščiausia temperatūra, kurioje gali išsilaikyti gyvybė, yra apie 150 °C. Požemyje ląstelės katabolizuoja (suskaudo molekulės energijai ar statybinėms medžiagoms) 10 000–1 milijoną kartų lėčiau nei paviršiuje. Sunku nustatyti aiškias energijos, reikalingos ląstelėms išsilaikyti, bet neaugti, ribas, nes joms reikia energijos pagrindinėms funkcijoms, tokioms kaip osmosinio slėgio ir makromolekulių (fermentų ir RNR) palaikymas.

Gyvi organizmai giliai Žemėje suteikia užuominų apie galimą gyvybę Marse. 2024 m. JAV mokslininkai pranešė apie didžiulį skysto vandens rezervuarą dideliame planetos plutos gylyje. Nors Marso paviršius yra nevaisinga dykuma, duomenys rodo, kad dideli vandens kiekiai yra 11,5–20 km uolinių gylyje. Požeminis vanduo Marse atveria požeminės gyvybės jame galimybę. Dalis Žemės požeminio gyvenimo vyksta itin lėtai. Kadangi iš viršaus nepatenka naujos maistinės medžiagos, giliai esantys mikrobai turi mažai maisto, o tai reiškia, kad jie neturi energijos naujoms ląstelėms gaminti, todėl sulėtina medžiagų apykaitą ir yra beveik sustingę. Būtent tokia gyvybė – priklausoma nuo cheminių reakcijų tarp uolinių ir vandens bei galbūt itin lėtos medžiagų apykaitos – gali būti aptikta vandeninėse uolienose giliai po Marso paviršiumi. Nors dar per anksti džiūgauti, nes bet kokie daug žadantys rezultatai turi būti patvirtinti kitais stebėjimais arba fizikos modeliais, tačiau renkant ir analizuojant vis daugiau duomenų, tikimybė aptikti nežemišką gyvybę (jei ji egzistuoja) nuolat didėja.

Fizikai ir kiti mokslininkai gali atlikti labai tikslius matavimus, bet dažnai nieko negali pasakyti apie tikrovės esmę. Apskaičiuota, kad gyvybė Žemėje prasidėjo prieš kelis milijardus metų, o žmonės atsirado visai netolimoje praeityje. Žinomoje Visatoje gyvybė egzistuoja tik Žemės planetoje su keliomis visiškai išnykimo grėsmėmis jos

istorijoje. Evoliucijos raidoje išsaugoma tai, kas veikia, ir atmetama, kas neatitinka gyvybės raidos reikmių ir ciklų. Gyvybės principai yra įspausti visų gyvų sistemų evoliucinėje atmintyje. Jie sudaro vidinę jutiminio įvesties apdorojimo sistemą, užtikrinančią gyvų būtybių prisitaikymą ir augimą. Gyvasties suvokimas yra sukuriamas sensoriniu apdorojimu, kuris pirmiausia yra elektromagnetinis cheminis signalo perdavimas iš suaktyvintų receptorių. Apskaičiuota, kad žmogaus kūne yra maždaug 40 trilijonų 200 skirtingų tipų ląstelių. Didžiąją dalį jutiminės informacijos žmogus gauna regėdamas. Visos biologinės sistemos turi vienokio ar kitokio lygmens smegenis – pradedant nerviniu mazgu (gangliju) ir baigiant visiškai susiformavusiomis smegenimis. Gyvas organizmas – sliekas, žuvis, paukštis ar žmogus – nieko nedaro be priežasties. Vykstant evoliucijai visi gyvi organizmai išstobulino ir paveldėjo vidinių paskatų mechanizmus, kurie gyvam organizmui rodė, ko siekti ir ko vengti. Pradinuose smegenų evoliucijos etapuose sprendimai dažniausiai būdavo priimami nesąlyginiais refleksais, instinktais. Ilgainiui greta vidinių paskatų sistemos formavosi ir smegenų pažintinė, arba informacijos gavimo, apdorojimo ir laikymo, sistema (jutimai, suvokimas, mąstymas, atminties mechanizmai).

Tikrovės suvokimas yra sudėtingas savęs ir aplinkos matas, jis pagrįstas tuo, kaip žmonės vakar, šiandien ir rytoj naudojo ir interpretavo individualius juslinius įnašus. Šis suvokimas prasideda pojūčiais, kurie yra sąmoningo gyvenimo pagrindas. Be pojūčių būtybė gal dar bus gyva, bet, nesant sąmonės, nebus nieko, kas galės tai paliudyti. Sąmoningam egzistavimui reikalingos specifinio jautrumo juslinės ribos, nustatančios individualią egzistencinę tikrovę.

Nežemiškos gyvybės paieškos rėmėsi prielaida, kad mūsų kosminiai „kaimynai“ yra organinės būtybės, bet kaip reikėtų elgtis susidūrus ne su organinėmis būtybėmis, bet su dirbtinio intelekto valdomais kūriniais?

Jau daugiau nei šimtmetį transliuojame į kosmosą žinią apie save. 2024 m. signalai iš pirmojo pasaulyje didelio televizijos renginio (1936 m. olimpinį žaidynių) turėjo pasiekti kelias potencialiai tinkamas gyvybei planetas. Taigi, kodėl nežemiškos civilizacijos su mums dar nesusisiekė? Galbūt mūsų artimiausioje kosminėje aplinkoje nėra protingų būtybių. Galbūt gyvybės formos niekada neišsivystė toliau mikrobu lygmenis, o gal protingos būtybės padarė išvadą, kad saugiau likti nuošalyje, tačiau greičiausiai nežemiška gyvybė niekuo nepanaši į mūsų.

Tyrėjai mano, kad turėtume keisti požiūrį į ateitį, kad įsivaizduotume, kokie bus tarpcivilizaciniai kontaktai. Jeigu praėjus porai šimtų metų nuo radijo išradimo galėjome sukurti dirbtinį intelektą, „ateiviai“ greičiausiai tokį etapą įveikė kur kas anksčiau. Dar nežinia, ar dirbtinis intelektas taps sąmoningas, apsibrėš savo tikslus ir nuspręs, kad jam nereikia jį sukūrusių biologinių būtybių. Gali būti, kad po 50 metų, ar net greičiau, turėsime mašiną, daug protingesnę už ankstesnes mašinas ir žmones. O gal dirbtinis intelektas – mąstančios mašinos su sintetinėmis supersmegnimis – net neįmanomas. Kai mašinos pranoks žmones, norėdami tęsti civilizacijos vystymąsi žmonės turės išmokti bendradarbiauti su mašinomis. Patekęs į mūsų vidų, DI veiks per mus ir padarys mus daug protingesnius. Galbūt 2045 m. žmonės galės milijonus kartų padidinti savo intelektą. Kol kas artimoje ir tolimoje Visatoje ieškome kažko, ką įsivaizduojame nors kiek panašų į mus, ir taip ribojame paiešką. Radijo ir kiti teleskopai ieško buveinių, kuriose žmogaus evoliucija taptų įmanoma, tačiau mašininis intelektas gali egzistuoti bet kur Visatoje, ypač kur yra dideli energijos šaltiniai.

Tikėtina, kad nežemiškos gyvybės formos sukūrė unikalius bendravimo būdus, taigi, kaip žmonija galėtų su jomis bendrauti, jei kada nors užmegztų kontaktą? Kad nežemiška gyvybė gali egzistuoti tolimose planetose, kol kas įrodymų nėra, tačiau kai kurie mokslininkai

mano, kad tam vis tiek turėtume ruoštis. Jei atrasime gyvybę kitoje planetoje ir ji bus protinga, kaip su ja bendrausime? Kokia galėtų būti ta kalba ir ar mūsų rūšys gali tikėtis suprasti viena kitą?

Žmonės per istoriją įveikė iš pažiūros neįmanomus kalbos barjerus, iššifravo senovės raštus ir kalbas. Kūno kalba yra svarbi bendravimo priemonė, kai naudojami rankų ženklai ir gestai. Nežemiškos būtybės gali mąstyti ir elgtis kitaip nei mes. Jų galima socialinė struktūra mums gali būti nepažįstama ar net nesuvokiama. Ir kaip galėtume atspėti, ką jie bandytų pasakyti?

Esame vienintelė rūšis Žemėje, galinti viską išreikšti kalba. Žmonės bendrauja apie 7 100 kalbų. Tačiau mūsų planetoje gyvena ne tik žmonės, bet ir kitos būtybės. Ar gyvūnų bendravimo būdai galėtų ko nors išmokyti apie nežemišką bendravimą? Kai kurie ekologai mano, kad evoliuciniai iššūkiai yra universalūs ir kad evoliuciniai procesai, formuojantys gyvybę Žemėje, sukuria daug panašių nežemiškos gyvybės bruožų, tai yra gyvybė ir kalba kosmose gali turėti tam tikrų bendrų bruožų. Be kalbos technologinė civilizacija neišsivaizduojama. Jeigu protingos egzobūtybės siųstų žinutes, ar atpažintume jas kaip tikrą signalą? Ar galėtume iššifruoti svetimą kalbą? Ar galėtume pasikalbėti? Mokslininkai siunčia į kosmosą pranešimus, kurie rodo žmonijos intelektą. Jų informaciją turėtų suprasti panašaus intelekto lygio nežemiškos būtybės (periodinė elementų lentelė, II reikšmė, vandens cheminė formulė, informacija apie vandenilio fiziką ir t. t.).

Praėjo daugiau nei keturi milijardai metų, kol Žemėje natūralios atrankos būdu atsirado protinga gyvybė, tačiau mūsų planeta dar gyvuos milijardus metų. Per tą laiką intelektas gali vystytis naujomis kryptimis. Galbūt žmonės artėja prie Ch. Darwino evoliucijos pabaigos, kai tarprūšinėje kovoje nebereikės kovoti dėl išgyvenimo, prasidės dirbtinių protų technologinė evoliucija. Gali praėti tik keli šimtmečiai ir žmonės pralenks neorganinis intelektas. Jei taip

atsitiktų, žmonijai tektų tik trumpas Žemės istorijos tarpsnis prieš įsivyraujant mašinoms. Kyla klausimas, ar ateiviai būtų kūno ir kraujo kūriniai, kaip mes, ar labiau panašūs į mašinas? Nors daugelis mano, kad ateiviai bus tokie kaip mes, yra pagrindo manyti, kad jie gali būti dirbtinio intelekto forma. Neorganinio svetimo intelekto perspektyva atveria kitas galimybes. Tikriausiai šios būtybės elgtųsi ir galvotų visiškai kitaip nei mes arba nenorėtų būti aptiktos. Gali būti, kad jų ketinimų bus neįmanoma suvokti.

Jeigu jų smegenyse pagrindinis elementas būtų silicis, tai „bitams“ apdoroti reikėtų mažiau energijos šaltiesniuose kosmoso regionuose, atokiau nuo planetų sistemų. Galbūt jie galėtų užmigti milijardus metų, kol kosminis mikrobangų fonas (likusi Didžiojo sprogo spinduliuotė) dar labiau atvės dėl besitęsiančio Visatos plėtimosi. Išgyvendami be gravitacijos, kosmose galėtų gaminti dideles ir lengvas energiją surenkančias konstrukcijas. Jų siekiai gali nesutapti su mūsų. Mes tapome ekspansine rūšimi, nes atranka teikė pirmenybę ne tik intelektui, bet ir agresyvumui. Tačiau dirbtiniai subjektai nebūtinai turėtų būti agresyvūs. Tai, kad mes jų nematome ir nebuvo užpulti, nereiškia, kad kosmoso erdvėje nieko nėra, nes „didžioji kosmoso tyla“ nepatvirtina jų buvimo ar nebuvimo. Terminas „civilizacija“ Žemėje reiškia individų visuomenę, o kosminis dirbtinis intelektas, priešingai, gali būti vienapradis integruotas intelektas. Visata gali būti sudėtinga, jos negali suvokti nei mūsų intelektas, nei pojūčiai, tačiau elektroninės smegenys gali turėti visiškai kitokį suvokimą.

Darant prielaidą, kad ateivių intelektas greičiausiai bus neorganinis, kokia galėtų būti nežemiško intelekto paieška? Norėdami jį aptikti, turėtume ieškoti „techninių parašų“, pavyzdžiui, elektromagnetinių signalų radijo dažnių spektre. Ieškant neorganinio intelekto reikia mokėti pastebėti negamtinių reiškinių ar veiklos požymius net mūsų Saulės sistemoje, tokius kaip blizgantys ar keistos formos objektai, slypintys tarp asteroidų.

2017 m. kosmose buvo pastebėtas 90 000 km/h greičiu skriejantis objektas („Oumuamua“). Jis atkeliavo iš Lyros žvaigždyno Vegos žvaigždės, esančios už 237 trilijonų km nuo Saulės sistemos. Pailgos cigaro formos, neįtikėtinai į erdvėlaivį panašus objektas tuo metu, kai buvo pastebėtas, pasisuko ir ėmė lėkti kita kryptimi. Tai nebuvo įprasta kometa ar asteroidas, o pirmasis kada nors užfiksuotas tarpžvaigždinis objektas iš tolimos Visatos. Pirma keista šio objekto savybė – nutolimo nuo Saulės pagreitis, sunkiai suderinamas su galima jo kilmės medžiaga. Antra keista savybė – savotiška jo forma. Kai kuriais skaičiavimais, ilgis buvo 10 kartų didesnis už storį (33 pav.). Vėlesniais metais mokslo žurnaluose ir žiniasklaidoje būta įvairių spėlionių. Gal tai buvo kieto vandenilio ar milžiniškas kosminių šiukšlių luitas, o gal dirbtinė konstrukcija, sukurta protingos nežemiškos civilizacijos?

Mokslininkai seniai įtarė, kad Saulės sistemą gali aplankyti tarpgalaktiniai keliautojai, manoma, klajojantys tarp žvaigždžių milijardus metų. „Oumuamua“ nebuvo galutinai priskirta kometoms



33 pav. „Oumuamua“ vaizdas (Lu, 2019).

ar asteroidams, nes dauguma kometų turi uodegas, kurios susidaro joms keliaujant arti Saulės, o įkaitusios išskiria viduje sušalusias dujas ir dulkes. „Oumuamua“ atveju to nebuvo. Mintis, kad „Oumuamua“ galėjo sukurti protinga ateivių civilizacija, atrodo vis labiau tikėtina ir mokslininkai bandė įsiklausyti į bet kokius radijo signalus, kuriuos objektas galėjo skleisti, tačiau pastangos nedavė rezultatų.

Visatos tyrinėjimas verčia susimąstyti apie mūsų tarpusavio santykius, santykį su aplinka ir kitomis gyvybės rūšimis. Nėra jokių tarptautinių susitarimų ar mechanizmų, kaip žmonija elgtųsi, susidūrusi su nežemišku intelektu. Vienas iš pagrindinių aspektų šiuo atveju būtų ateivių ketinimai – ar jie geri, ar priešiški. Pagrįsta prielaida, kad bet kuri rūšis, pasiekusi Žemę, turėtų būti aukšto intelekto ir pakankamai jautri, todėl turėtų būti traktuojama panašiai kaip žmonės. Būtų sudėtinga nustatyti nežemiškų būtybių interesus. Jeigu ateiviai gali patekti į mūsų planetą, turbūt ne dėl jų turėtume nerimauti. Labiau tikėtina, kad sulauksime ženklų iš technologiškai pažangių civilizacijų, o ne pačių ateivių. Sulaukus ženklo, nebūtų didelės skubos, nes prieš bet kokią mūsų siunčiamą signalą turėtume laiko parengti apgalvotą atsakymą. Visatoje yra planetų sistemų, kurios bent milijardu metų senesnės už mūsų, todėl gali būti, kad intelektas jose išsivystė į kažką neorganinį, nes mokslininkai vis dar nežino, ar gyvybės kilmė yra reta, ar tai įvyko tik Žemėje.

Apibendrinę paskelbtas hipotezes ir turimas žinias, turime pripažinti, kad dar daug ko nežinome:

- Tarp Saulės sistemos pasaulių tik Žemėje tarpsta gyvybė. Žemė yra unikali savo atmosfera, nes joje gausu deguonies. Nė viena planeta už Žemės savo atmosferoje neturi daug deguonies, nors jis yra gana dažnas kosmoso elementas. Viena iš priežasčių yra ta, kad deguonis lengvai jungiasi su kitais elementais. Žemė nėra vienintelis vandenynų pasaulis mūsų

Saulės sistemoje. Įvairių vandens formų yra palydovuose, nykštukinėse planetose ir net kometose. Ledas, vandens garai atmosferoje ir vandenynai kituose pasauliuose suteikia užuominų, kur ieškoti gyvybės už mūsų planetos ribų. Jei niekas nepasikeis, augant gyventojų skaičiui, kuris iki 2050 m. gali siekti 9,6 mlrd., kad išlaikytume savo gyvenimo būdą, prireiks beveik trijų tokių kaip Žemė planetų.

- Žmonės dar nenukeliavo labai toli į kosmosą. Mėnulis yra vienintelis žmogaus aplankytas dangaus kūnas, kosminiai zondai nusileido Marse ir Veneroje. Nuotoliniai ir tiesioginiai tyrimai rodo, kad jokia kita Saulės sistemos planeta neturi sąlygų palaikyti gyvybę, kokia yra Žemėje.
- Iki šiol Marse nerasta nei praeities, nei dabarties gyvybės įrodymų. Yra duomenų, kad senovėje Marso paviršiaus aplinkoje buvo skysto vandens, tad galėjo būti ir mikroorganizmų. Vis dėlto tinkamos gyventi sąlygos nebūtinai rodo gyvybę.
- Venera dažnai vadinama „Žemės dvyne“, nes jos yra panašaus dydžio ir struktūros, tačiau Venera pasižymi didele paviršiaus temperatūra ir tankia, toksiška atmosfera. Dauguma astronomų mano, kad Venera yra gyvybei priešiška vieta: planeta labai sausa, joje nėra vandens, paviršiaus temperatūros (500°C) pakanka švinui išlydyti (327°C), oro slėgis jos paviršiuje yra daugiau nei 90 kartų didesnis nei Žemėje.
- Jupiteris – didžiausia Saulės sistemos planeta, kurios skersmuo didesnis už Žemės skersmenį 11 kartų. Planetą gaubia tanki atmosfera iš molekulinio vandenilio (87 %), helio (13 %), metano (0,3 %), amoniako (0,026 %), anglies monoksido, ciano (CN_2), fosfino (PH_3), acetileno (C_2H_2) ir vandens garų priemaišų. Atmosferoje yra keli debesų sluoksniai, sudaryti iš amoniako (NH_3), amonio hidrosulfido (NH_4)HS ir ledų kristalų. Vidutinė paviršiaus temperatūra 108°C .

- Uranui priklauso žemiausios kada nors išmatuotos Saulės sistemos temperatūros rekordas – -224°C . Neptūne temperatūra irgi labai žema, paprastai apie -214°C , bet Uranas jį pranoksta. Tokios žemos Urano temperatūros priežastis yra jo atstumas nuo Saulės.
- Spėjama, kad trys (Venera, Žemė ir Marsas) iš aštuonių Saulės sistemos planetų gali palaikyti gyvybę. Remiantis naujausiais planetų, esančių už mūsų Saulės sistemos ribų, duomenimis, 1 iš 5 planetų gali egzistuoti savo žvaigždės „gyvenamojoje zonoje“.
- Nors iki šiol nėra gyvybės Saturno palydove Titane įrodymų, dėl sudėtingos chemijos ir unikaliios aplinkos jis neabejotinai taps tolesnių tyrinėjimų vieta. Titano atmosferoje yra daug azoto, jo atmosfera 1 000 kartų tankesnė už Marso. Manoma, jog Titane gali būti skysto metano ežerų ir jūrų, o sausumą gali dengti užšalęs metanas ir sniegas. Titanas turi gausybę visų gyvybei palaikyti reikalingų elementų ir yra svertingiausias ir tinkamiausias žmonių kolonizacijai nežemiškas pasaulis Saulės sistemoje.
- Europos (Jupiterio palydovo) paviršių labai veikia Jupiterio radiacinė spinduliuotė. Dėl intensyvios spinduliuotės planetos paviršiuje gyvybė negali išsivystyti ar išgyventi, tačiau radiacija gali sukurti gyvybei palankias sąlygas vandenyno gilumoje. Spinduliuotė trapioje Europos atmosferoje suskaido vandens molekules į deguonį ir vandenilį.
- 2015 m. netoli į Saulę panašios žvaigždės, esančios Gulbės žvaigždyne, atrasta į mūsų panašiausia egzoplaneta Kepler-452b. Ji yra nutolusi nuo Žemės maždaug 1 400 šviesmečių. Uolėtą paviršių ir dujų atmosferą turinti planeta gali būti panaši į Neptūną. Egzoplaneta yra vadinamojoje „gyvybės zonoje“, todėl joje potencialiai gali egzistuoti gyvybė.

- Jau šimtą metų mes skleidžiame radijo signalus į kosmosą, o pastaruosius 60 metų klausomės ir tikimės „dangiško“ pokalbio pradžios. Tikėjimas, kad gyvybė yra ir kitose planetose, išlieka gilus, nors pastangos su jomis susisiekti ir bendrauti kol kas bevaisės. Galima neabejoti, kad naujos žmonių kartos toliau stebės dangų ir tikėtis užmegzti ryšį su kitomis civilizacijomis ar bent gauti signalą, kad Visatoje esame ne vieniši.

Visata yra tokia didžiulė, o planetų ir egzoplanetų skaičius joje yra milžiniškas, tad mažai tikėtina, kad gyvybė Žemėje yra vienintelė gyvybės forma Visatoje. Kol kas nė vienas iš naujų radinių kosmose neįrodo, kad kur nors egzistuoja nežemiška gyvybė. Žinomi žmogaus genetikos ar ekonominiai tyrimai nepateikė jokių tvirtų žinių apie galimą žmonijos raidą, o tokia raida gali krypti ir į protingos gyvybės Žemėje išnykimą. Deja, ir praeityje, ir dabartyje, ir tikriausiai ateityje Žemėje galimi įvairūs visuomenės tarpusavio konfliktai. Jeigu Žemėje dėl kokių nors priežasčių protingai gyvybei grėstų išnykimas, tai turimomis techninėmis priemonėmis dar būtų galimybė persikelti į Marsą, Mėnulį ar į kitus didžiųjų Saulės sistemos planetų palydovus.

Ar yra galutinis žmogaus egzistavimo tikslas

Atsakymas į klausimą – „Kokia yra gyvenimo prasmė?“ – apskritai yra susijęs su gyvenimo ar egzistencijos reikšme. Į šį ar panašius klausimus įvairios kultūros ar ideologijos siūlo daug atsakymų (Leach, Tartaglia, 2018). Istoriskai gyvenimo prasmės ieškojimas kėlė daug filosofinių, mokslinių, teologinių ir metafizinių spėlionių, nes skirtingi žmonės ir kultūros įvairiai atsako į šį klausimą.

Galimos įvairios klausimų apie gyvenimo prasmę formuluotės: kas yra gyvenimas, kokia yra gyvenimo prasmė, kas mes tokie, kodėl mes čia, kokia yra tikrovės prigimtis, koks yra žmogaus gyvenimo tikslas, kas gyvenime yra prasminga ir vertinga, kokia priežastis gyventi, koks apskritai egzistencijos tikslas? Yra daugybė mokslinių, filosofinių, teologinių aiškinimų šia tema ar tiesiog žmogiškų samprotavimų.

Taigi gyvenimo prasmė yra senas ir gilus klausimas, neraminęs žmonių protus įvairiose kultūrose ir epochose. Nors galutinio atsakymo nėra, įvairūs požiūriai atskleidžia daug šios egzistencinės sampratos briaunų. Gyvenimo eigoje visi patiriame netektis, atstūmimą, nesėkmes, stresą darbe, sveikatos problemas, o kai kurie dar ir skurdą bei diskriminaciją. Tai dažnai labai asmeniškai ir subjektyvu, tačiau turbūt reikia sutikti, kad gyvenimo prasmė yra siekti laimės, pilnatvės, asmeninio augimo, prisidėti prie kitų gerovės ir pasaulyje palikti teigiamą ženklą. Žvelgiant iš visuomenės perspektyvos tokie veiksniai kaip socialinė ir ekonominė padėtis, egzistuojanti nelygybė, prieiga prie išteklių ir įvairios išorinės ar net istorinės aplinkybės gali labai paveikti žmogaus gyvenimo kokybę. Deja, kai kurie gimsta apsupti privilegijų ir gausos, o kiti nuo gimimo susiduria su didžiuliais iššūkiais ir sunkumais. Įvairios filosofinės, religinės ir egzistencinės

teorijos siūlo skirtingas gyvenimo prasmės interpretacijas. Filosofijos požiūriu, gyvenimo prasmė ir tikslas kyla iš mūsų pačių pasirinkimų ir patirties. Filosofai ir mąstytojai tyrinėja egzistenciją, sąmonę, socialinius ryšius ir laimę. Mokslas aprašo empirinius faktus apie Visatą, gilindamasis į gyvenimo „kaip“ aspektus. Jis tiria egzistencijos kontekstą ir parametrus, siūlo išvalgas apie gerovę ir moralę. Suvokiant gyvenimą labai reikšmingas jau ne kartą minėtas antrasis termodinamikos dėsnis, susijęs su entropija ir energijos srautu. Daugelis religinių tradicijų gyvenimo ir jo tikslo suvokimą formuoja remdamiesi Dievo, sielos ir pomirtinio gyvenimo sampratomis, mano, kad kančia tarnauja aukštesniam tikslui, veda į dvasinį augimą arba atpirkimą. Mirties prasmė aiškinama skirtingai. Dalis mokslininkų ir filosofų tvirtina, kad mirtis yra esminė natūralaus gyvenimo ciklo dalis. Kaip keičiasi metų laikai ir sena užleidžia vietą naujam, taip ir mirtis leidžia nuolat atsinaujinti. Be mirties pasaulis taptų sustingęs ir perkrautas, negalėtų palaikyti naujos gyvybės. Ribotų išteklių pasaulyje mirtis yra būtina pusiausvyrai išlaikyti, nes ji užtikrina tvarų gyvybės tęstinumą, užkerta kelią išteklių išsekimojui ir palaiko ekosistemų harmoniją. Mirties buvimas suteikia žinojimą, kad gyvenimas yra ribotas, skatina branginti laiką, siekti meilės ir laimės, suteikia egzistavimui gylį ir reikšmės. Mirtis nėra pabaiga, tai perėjimas iš vienos egzistencinės būsenos į kitą. Tai lyg vartai į didžiojo gamtos egzistencijos projekto kitą būties etapą.

Humanistinio požiūrio šalininkams svarbi gyvenimo prasmė, asmeniniai tikslai ir pasitenkinimas. Yra manančių, kad per gilūs svarstymai apie gyvenimo prasmę gali sukelti egzistencines krizes. Ryškus kančios ir malonumo kontrastas tebėra paslaptis – vieni randa nusiramtinimą siekdami išmanymo, kiti priima gyvenimą kaip mįslę.

Apskritai gyvenimo prasmė dažnai kildinama iš filosofinių, mokslinių ir religinių apmąstymų apie egzistenciją, sąmonę ir laimę, taip

pat yra kitų klausimų, tokių kaip Dievo, sielos ir pomirtinio gyvenimo sampratos. Deja, mokslas tiria ir gali teikti rekomendacijas tik dėl gerovės ir moralės siekimo.

Daugelis mokslininkų ir filosofų mano, kad mokslas gali pasiūlyti įvairiausių išvalgų nuo laimės iki mirties temų. Tirdami įvairius gyvenimo ir tikrovės aspektus (Didįjį sprogimą, gyvybės atsiradimą ir jos evoliuciją) mokslininkai šiuos objektyvius veiksnius susieja su žmogaus gyvenimo prasmės ir laimės sąvokomis.

Psichologai analizuoja empirinius veiksnius, lemiančius psitenkinimą gyvenimu, visapusišką įsitraukimą į veiklą, asmeninių stiprybių panaudojimą. Tyrimai rodo, kad žmonės patiria pasitenkinimą ir mato prasmę, kai įvaldo sudėtingas užduotis ir gauna naujas. Motyvaciją analizuojantis *neuromokslas* gyvenimo prasmę mato siekyje maksimaliai padidinti malonumą ir palengvinti gyvenimą.

Eksperimentinės filosofijos ir *neuroetikos* tyrimai rodo, kad daugelis etinių sprendimų įvairiose kultūrose yra universalūs, tačiau dalis jų gali būti įgimti, o dalis yra būdingi tik tai kultūrai. *Kognityviniai mokslai* kelia teorijas apie konservatyvios ir liberalios etikos skirtumus ir apie tai, kaip jie gali būti pagrįsti skirtingais šeiminio gyvenimo būdais, pvz., stipraus tėvo ir auklėjančios motinos modeliais.

Neuroteologija – neuromokslų kryptis, tirianti religinės patirties neurofiziologiją, ieško neuroninių ryšių ir religinės patirties mechanizmų sąsajų. Tyrimų metu žmonių, patiriančių transcendentinius jausmus, smegenyse bandoma aptikti sritis ar neuronų tinklus, kurie leidžia patirti tokius jausmus, ir tokie religiniai potyriai nagrinėjami kaip eiliniai neurofiziologiniai potyriai. Prieštaringi laimės ir religinių įsitikinimų koreliavimo tyrimų rezultatai apsunkina nešališkų analizių paiešką.

Sociologija nagrinėja teorines konstrukcijas, tokias kaip vertybių teorija, normos, anomija (socialinis reiškiny, rodantis visuomeninių ryšių susilpnėjimą, visuomenės nustatytų taisyklių reguliuojamo

poveikio stoką dėl visiškai ar iš dalies sunykusių tradicinės kultūros formų, dorovės ar elgesio normų) ir kt. Viena socialinės psichologijos teorija teigia, kad mintis apie žmogaus prasmę skatina mirties baimę, o pasirinkamos vertybės padeda išvengti minčių apie mirtį. Žmonės įvairiai vertina teigiamus ir neigiamus savo egzistavimo aspektus, taigi ir savo gyvenimo vertę bei reikšmę. Nauji tyrimai rodo, kad gyvenimo prasmė glaudžiai siejasi su geresne fizine sveikata. 2014 m. Didžiosios Britanijos nacionalinė sveikatos tarnyba rekomendavo penkių žingsnių psichikos gerovės, pagrįstos prasmingu gyvenimu, planą: ryšys su bendruomene ir šeima, fiziniai pratimai, mokymasis visą gyvenimą, dovanojimas kitiems, supančio pasaulio dėmesingumo siekis.

Įvairios gyvybės formos vystėsi per genetinę mutaciją ir natūralią atranką. Taigi mes esame evoliucijos produktai. Galima sakyti, kad gyvybę maitina neigiama entropija, nes procesų metu gyvos būtybės sumažina savo vidinę entropiją tam tikros energijos, paimtos iš aplinkos, sąskaita. Nesant bendro gyvybės apibrėžimo, dauguma dabartinių biologijos apibrėžimų yra aprašomieji. Gyvybė laikoma tam tikra savybe, kuri išsaugo, skatina ar sustiprina egzistavimą tam tikroje aplinkoje. Žvelgiant iš fizikos perspektyvos, organizmas yra termodinaminė sistema su organizuota molekuline struktūra, kuri gali daugintis ir vystytis taip, kad išliktų. Pagal kitą gyvybės apibrėžimą – ji yra savaime išliekanti cheminė sistema, galinti vykdyti biologinę evoliuciją. Biologai mano, kad gyvybės formos yra besiorganizuojančios sistemos, reguliuojančios savo vidinę aplinką taip, kad išlaikytų šią organizuotą būseną ir energija aprūpinančią medžiagų apykaitą, o dauginimasis užtikrina gyvybės tęstinumą per kelias kartas. Paprastai organizmai reaguoja į dirgiklius ir genetinės informacijos pokyčius, todėl evoliucijos metu prie jų prisitaiko ir atitinkamai optimizuoja individualaus organizmo ir jo palikuonių išgyvenimo galimybes.

Astrobiologija tiria įvairių gyvybės formų galimybę kituose pasauliuose, įskaitant struktūrų, pagamintų iš kitų medžiagų nei DNR, atkartojimą. Ieškant iš kur atsirado gyvybė – ar ji išsivystė Žemėje, ar iš kažkur atkeliavo prieš 4 mlrd. metų, galimi du variantai: 1) gyvybė prasidėjo vienoje vietoje kažkur kitur, o vėliau išplito, 2) cheminis gyvybės atsiradimo būdas. *Panspermijos teorija* tvirtina, kad gyvybė atsirado ne Žemėje, o kažkur Visatoje ir buvo atgabenta į mūsų planetą tarpžvaigždinių objektų (asteroidų, kometų, meteoritų), kurie trenkėsi į Žemę prieš milijardus metų.

Visų civilizacijų vystymosi, egzistavimo ir išlikimo pagrindu mokslininkai laiko energiją. Pagal gebėjimą panaudoti turimą energiją skiriami trys civilizacijos tipai. I tipo civilizacija yra sistema, galinti panaudoti visą energiją, kuri pasiekia planetą iš pagrindinės žvaigždės (Žemės atveju ši vertė yra apie 2×10^{17} W). Mūsų civilizacija yra įvertinta 0,73 lygiu, taigi žmonėms dar toli iki I tipo civilizacijos. Prognozuojama, kad I lygį ji pasieks po 200–300 metų. Kol kas dar tik naudojame neatsinaujinančius gamtos išteklius (naftą, gamtines dujas, anglį), planuojame saulės, vėjo ir kt. rūšių energijos panaudojimą didesniu mastu, bet labai lėtai judame į I tipo civilizacijos viršukalnę.

Didelio masto intervencijas į Žemės klimato sistemą yra pajėgios atlikti II tipo civilizacijos. Šio tipo civilizacijos atstovai laisvai kontroliuotų ir valdytų ne tik planetos, bet ir gimtosios žvaigždės procesus. Šios civilizacijos energijos poreikis būtų 10 mlrd. kartų didesnis nei I tipo civilizacijos. Antai geoinžinerija siūlo suvaldyti antropogeninę klimato kaitą tiesiogiai sulaikant CO₂ iš oro arba didinant Žemės albedo aeroliais (Arkties ledą padengti aeroliais, atspindinčiais saulės spinduliuotę). Visgi tokių veiksmų pasekmės pasauliniu mastu yra neprognozuojamos ir kelia didelę riziką, nes žmogaus egzistencija, kaip ir jo veikla, yra tik gamtos raidos epizodas. III tipo civilizacija visiškai įvaldytų energijos paslaptis, plėtotų

savarankiškai pasidauginančių robotų kolonijas, o dabartiniai žmonės būtų tik menkas gyvybės porūšis, kurį III tipo civilizacijos atstovai, ko gero, suvoktų kaip labai ribotą.

Mokslininkai plačiai diskutuoja apie sąmonės ir proto prigimtį bei kilmę. Vienų teigimu, sąmonę galima visiškai paaiškinti neurologijos mokslu, pasitelkiant smegenų ir jų neuronų veiklą, t. y. laikantis biologinio natūralizmo. Kiti mano, kad sąmonė, kaip ir erdvėlaikis, gali turėti savo vidinius laisvės lygius ir kad žmogaus suvokimas gali būti toks pat tikras (ar net tikresnis) kaip materialūs objektai. Elektromagnetinė sąmonės teorija teigia, kad smegenų generuojamas elektromagnetinis laukas yra tikrasis sąmoningos patirties nešėjas. Kvantinės proto teorijos šalininkai tam tikras proto savybes aiškina kvantine teorija. Yra teigiančių, kad egzistuoja kosminė sąmonė ir kad sąmonė iš tikrųjų yra visos būties pagrindas. Remdamiesi paranormaliais reiškiniais (ekstrasensoriniais suvokimais, asmenų psichinėmis galiomis) jie bando įrodyti bekūnės aukštesnės sąmonės buvimą.

Kai mokslas neranda pagrįsto atsakymo, koks yra žmogaus egzistavimo tikslas, šią erdvę užpildo gausios filosofinės, psichologinės ir religinės sampratos, teorijos bei nuostatos. Vieni filosofai gyvenimo prasmę apibrėžia kaip darną ir tikslą, kiti siūlo ją sieti su tikslu, supratimu, atsakomybe ir malonumu. Jie sako:

- turite pasirinkti vertą arba reikšmingą gyvenimo tikslą;
- turite suprasti, kas esate, ko iš jūsų reikia gyvenime ir kaip galite atlikti jame reikšmingą vaidmenį;
- tik jūs esate atsakingi už sprendimą, kokį gyvenimą norite gyventi ir koks yra reikšmingas ir vertingas gyvenimo tikslas;
- gilų reikšmingumo jausmą ir pasitenkinimą patirsite tik tada, kai įgyvendinsite savo apsisprendimą ir aktyviai sieksite verto gyvenimo tikslo.

Nors dauguma psichologų gyvenimo prasmę vertina kaip subjektyvų jausmą ar sprendimą, filosofai mano, kad gyvenimo prasmės kriterijai turi būti objektyvūs ir konkretūs, o žmogaus tikslo siekimas ir visas gyvenimas yra prasmingas pagal kokį nors objektyvų norminį standartą.

Platonas, vienas pirmųjų įtakingiausių filosofų, teigė, kad gyvenimo prasmė yra pasiekti aukščiausią žinojimo formą, kuri yra gėrio idėja (forma) ir iš jos kyla visi naudingi ir vertingi gėriai ir teisingi dalykai. Platono mokinys Aristotelis tvirtino, kad žmogus turi mokytis ir praktikuotis, kad taptų „geras“. Taigi, jei žmogus siekia tapti doru, jis negali tiesiog tyrinėti, kas yra dorybė, jis turi būti doras per dorybingą veiklą. Sokrato mokinys Antistenas apibrėžė cinizmo temą, teigdamas, kad gyvenimo tikslas yra gyventi dorą gyvenimą, atitinkantį prigimtį. Ciniškas gyvenimas atmeta įprastus turto, valdžios, sveikatos ir šlovės troškimus, nes yra laisvas nuo įgytos nuosavybės. Būdami protingi žmonės gali pasiekti laimę griežtai treniruodamiesi, gyvendami natūraliai. Pasaulis vienodai priklauso visiems, todėl kančias, pagal visuomenės papročius ir tradicijas, sukelia klaidingi vertinimai, kas vertinga ir kas nevertinga.

Graikų filosofas Epikūras (270 m. pr. m. e.) mokė, kad didžiausias gėris gyvenime yra kuklūs malonumai, kad reikia siekti ramybės ir išsilaisvinti iš baimės per žinias, draugystę ir dorą, saikingą gyvenimą. Laisvė nuo skausmo ir baimės yra aukščiausia laimės forma. Pagal Epikūrą, gyvenimo prasmė atmeta nemirtingumą. Yra siela, bet ji mirtinga, kaip ir kūnas. Pomirtinio gyvenimo nėra, tačiau mirties bijoti nereikia, nes kas nebeturi pojūčio, mums yra niekas.

Stoicizmo sekėjams pagrindiniai dalykai yra dorybė, protas ir prigimtinis įstatymas, kurių laikomasi ugdant asmeninę savikontrolę ir psichikos tvirtybę, kaip priemonę įveikti destruktivias emocijas. Stoikas nesiekia užgesinti emocijų, tik vengia emocinių bėdų, ugdydamas vidinę ramybę per logiką, apmąstymus ir susikaupimą.

Apšvietos filosofijoje atsidavimą ir paklusnumą Dievui iš esmės pakeitė neatimamų prigimtinių teisių ir proto galimybių sampratos. Visuotiniai meilės ir atjautos idealai užleido vietą laisvės, lygybės ir pilietybės sampratom.

Klasikinis liberalizmas atsirado XVII–XVIII a. kilus konfliktams tarp augančios turtingos klasės ir Europoje vyravusių aristokratų bei religinių ordinų. Liberalizmo atstovai pripažino prigimtines žmonių teises ir ieškojo būdų, kaip subalansuoti teises visuomenėje. Jų nuomone, asmens laisvė yra svarbiausias tikslas, nes tik užtikrinus laisvę ginamos kitos prigimtinės teisės. XIX a. utilitarizmo filosofai aiškino, kad gamta pavedė žmoniją valdyti dviem suvereniems šeiminkams – skausmui ir malonumui ir kad gėris daugeliui žmonių teikia didžiausią laimę. Nihilizmo filosofai tvirtino, kad gyvenimas neturi objektyvios prasmės. Pasak jų, jei Dievas, kaip visos tikrovės viršjusias pagrindas ir tikslas, yra miręs, tai viršjusias idėjų pasaulis praranda gyvybingumą ir ugdymą, todėl nebelieka nieko, į ką Žmogus galėtų įsikibti ir į ką orientuotis.

Dabartinė era iš esmės pakeitė žmogaus prigimtines sampratas. Šiuolaikinio mokslo atskleistos žinios veiksmingai perrašė žmonijos santykį su gamtos pasauliu. Medicinos ir technologijų pažanga išlaisvino žmones nuo reikšmingų ankstesnių epochų apribojimų ir negalavimų, o filosofija pakeitė žmonių santykių su savimi ir vienas kitu suvokimą. Klausimai apie gyvenimo prasmę taip pat patyrė radikalių pokyčių – nuo bandymų iš naujo įvertinti žmogaus egzistenciją biologiniu ir moksliniu požiūriu iki pastangų teorizuoti prasmės kūrimą kaip asmeninę individualią veiklą (egzistencializmas, pasaulietinis humanizmas).

XIX a. pabaigoje atsiradęs pragmatizmas teigė, kad tik kovojant su aplinka išvestinės teorijos turi prasmę, o pasekmės, tokios kaip naudingumas ir praktiškumas, taip pat yra tiesos komponentai. Kartu buvo teigiama, kad viskas, kas naudinga ir praktiška, ne visada

yra tiesa, kad tai, kas labiausiai prisideda prie žmogaus gerovės ilgą laiką, yra tiesa, kad praktiškas, naudingas gyvenimo supratimas yra svarbesnis nei nepraktiškos abstrakčios tiesos apie gyvenimą paieška.

Pagal egzistencialistus, kiekvienas žmogus susikuria savo gyvenimo esmę (prasmę). Gyvenimas nėra nulemtas Dievo ar žemiškos valdžios, žmogus yra laisvas. Egzistencializmas priešinasi racionalizmui ir pozityvizmui. Ieškodamas gyvenimo prasmės egzistencialistas žvelgia į tai, kur žmonės randa gyvenimo prasmę. Egzistencija yra pirmesnė už esmę, nes gyvenimo esmė atsiranda tik po jos. Friedricho Nietzschė's nuomone, gyvenimas yra vertas gyventi tik tada, kai yra įkvepiantys gyventi tikslai.

Pagal absurdistų filosofiją, absurdas kyla iš disharmonijos tarp individo prasmės ieškojimo ir akivaizdžios Visatos beprasmybės. Kaip būtybės, ieškančios prasmės beprasmiame pasaulyje, žmonės turi tris būdus šiai dilemai išspręsti:

- savizudybė (pabėgimas nuo egzistencijos), kai žmogus tiesiog nutraukia savo gyvenimą;
- religinis tikėjimas transcendentine sfera arba būtybe: kai tikima tikrovės, kuri yra anapus absurdo, egzistavimu ir ji turi prasmę;
- absurdo priėmimas: kai žmogus priima absurdą ir toliau gyvena jo nepaisydamas.

Loginiai pozityvistai mano, kad žmonės, įvykiai žmogaus gyvenime gali turėti prasmę kaip visumos dalis, tačiau gyvenimo prasmės be tų dalykų išvelgti negalima. Žmogaus gyvenimas yra prasmingas (sau, kitiems) gyvenimo įvykiais, atsirandančiais dėl jo pasiekimų, šeimos ir pan., tačiau teiginys, kad gyvenimas savaime yra prasmingas, yra netinkamas, nes reikšmingos pasekmės yra aktualios tik gyviesiems.

Postmodernistinė mintis mato žmogaus prigimtį kaip sukurtą kalbos arba žmonių visuomenės struktūrų ir institucijų. Skirtingai

nuo kitų filosofijos formų, postmodernizmas retai ieško *a priori* ar igimtų žmogaus egzistencijos reikšmių, o sutelkia dėmesį į duotųjų reikšmių analizę ar kritiką, kad jas racionalizuotų ar rekonstruotų.

Religinės gyvenimo prasmės ideologijos gyvenimą aiškina numanomomis tikslais, kurio neapibrėžė žmonės. Šių ideologijų gausa didžiulė. Teistai tiki, kad Dievas sukūrė Visatą ir kad Dievas turėjo tikslą tai daryti. Jie laikosi požiūrio, kad žmonės savo gyvenimo prasmę ir tikslą atranda jiems Dievo skirtoje kūrybinėje veikloje. Jei nebūtų Dievo, kuris suteikia gyvenimui galutinę prasmę, vertę ir tikslą, gyvenimas būtų absurdiškas.

Rytų Azijos filosofai *mohistai* (Kinija) tikėjo, kad gyvenimo tikslas yra visuotinė, nešališka meilė. Mohizmas propagavo nešališko rūpinimosi filosofiją – žmogus turi vienodai rūpintis visais kitais asmenimis, nepaisydamas jų faktinio ryšio su juo. Visgi vėliau turėtų labiau mylėti savo tėvus nei atsitiktinius nepažįstamus žmones.

Krikščionybės šaknys yra judaizme ir jai būdinga daug pastarojo tikėjimo ontologijos (ontologija – filosofijos disciplina, nagrinėjanti būti). Krikščionišku požiūriu, žmonija buvo sukurta pagal Dievo paveikslą ir tobula, tačiau žmogaus nuopuolis privertė pirmųjų tėvų palikuonis paveldėti gimtąją nuodėmę ir jos pasekmes. Kristaus kančia, mirtis ir prisikėlimas suteikia galimybę peržengti tą „nešvarią“ būseną. Krikščionybės gyvenimo tikslas yra ieškoti dieviškojo išganymo per Dievo malonę ir Kristaus užtarimą. Naujajame Testamente kalbama apie Dievo troškimą palaikyti ryšį su žmonėmis tiek šiame, tiek būsimame gyvenime, o tai gali įvykti tik tada, kai bus atleistos nuodėmės. Pagrindinis žmogaus tikslas yra šlovinti Dievą ir džiaugtis juo amžinai. Dievas reikalauja paklusti apreištam moralės įstatymui: „Mylėk Viešpatį, savo Dievą, visa širdimi, visa siela, visomis jėgomis ir visu protu, o savo artimą kaip save patį“.

Krikščionybės atšaka mormonizmas moko, kad gyvenimo Žemėje tikslas yra įgyti žinių, patirties ir džiaugtis. Mormonai tiki, kad žmonės tiesiogine prasme yra dvasiniai Dievo Tėvo vaikai, todėl gali tobulėti, kad taptų į Jį panašūs. Jie teigia, kad Dievas suteikė savo vaikams galimybę ateiti į Žemę, o tai yra laikoma esminiu jų vystymosi etapu – kai mirtingasis kūnas kartu su pasirinkimo laisve sukuria aplinką mokytis ir augti. Adomo nuopuolis nėra vertinamas kaip nelemtas pradinio Dievo plano dėl rojaus atšaukimas, o priešingybė, nes iššūkių, sunkumų ir pagundų įveikimo procesas suteikia galimybę įgyti išminties ir stiprybės, mokytis vertinti ir pasirinkti gerą bei atmesti blogį.

Judaizmo pasaulėžiūroje gyvenimo prasmė yra iškelti fizinį pasaulį ir paruošti jį ateinančiam pasauliui, mesijo erai. Judaizmas orientuotas ne į asmeninį išganymą, o į bendruomeninius (žmogaus su žmogumi) ir individualius (žmogaus ir Dievo) sudvasintus veiksmus šiame pasaulyje. Svarbiausias judaizmo bruožas yra vienos absoliučios būtybės, kuri sukūrė ir valdo Visatą, garbinimas. Judaizme Dievas sudarė ypatingą sandorą su tauta, Izraelio žmonėmis, prie Sinajaus kalno, duodamas žydų įsakymus. Žydų filosofija pabrėžia, kad individas ir visuomenė gauna naudos, artėdami prie Dievo. Tarp pagrindinių Toros vertybių yra teisingumo siekimas, užuojauta, taika, gerumas, sunkus darbas, klestėjimas, nuolankumas ir išsilavinimas.

Islame pagrindinis žmonijos tikslas yra garbinti savo kūrėją Alachą ir reikšti jam dėkingumą nuoširdžia meile ir atsidavimu. Žemiškas gyvenimas yra išbandymas, nulemiantis žmogaus artumo su Alachu padėtį anapusiniame gyvenime. Žmogus bus arti jo ir jo meilės rojuje arba bus toli Džanname (pragare).

Daugelis žmonių tam tikru savo gyvenimo momentu užduoda sau klausimą: „Koks yra gyvenimo tikslas?“ Atsakymų ar samprotavimų yra daug:

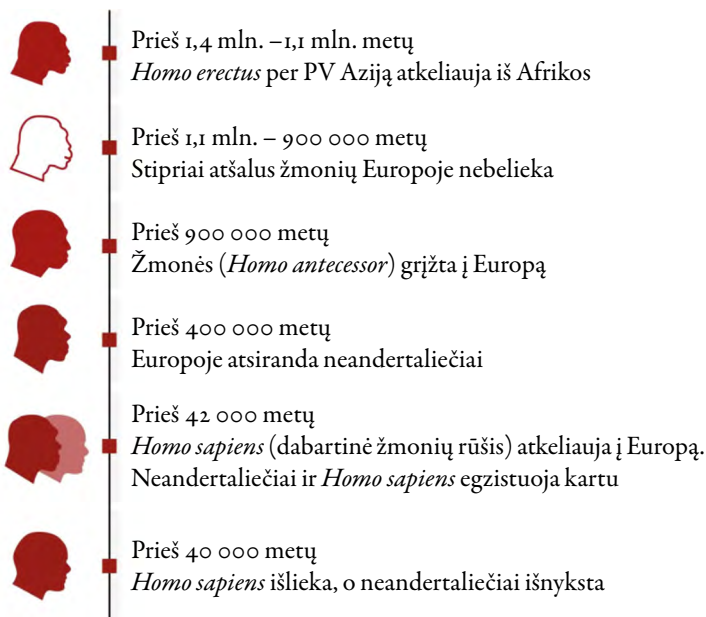
- gyvenimas neturi prasmės;
- gyvenimas / žmogaus egzistencija neturi tikros prasmės ar tikslo, nes žmogaus egzistavimas gamtoje yra atsitiktinis ir viskas, kas egzistuoja atsitiktinai, neturi jokio tikslo;
- gyvenimas neturi prasmės, bet mes, žmonės, stengiamės surasti prasmę ar tikslą, kad galėtume pateisinti savo egzistavimą;
- nereikėtų siekti suprasti gyvenimo prasmę;
- atsakymas į klausimą dėl gyvenimo prasmės yra per daug gilus, kad jį būtų galima suprasti;
- niekada negyvensi, jei ieškosi gyvenimo prasmės;
- gyvenimo prasmė – pamiršti gyvenimo prasmės paieškas;
- žmogus neturėtų klausti, kokia yra jo gyvenimo prasmė, bet pripažinti, kad to jis klausia savęs, nes tik jis gali atsakyti į šį klausimą.

Daugelio žmonių manymu, gyvos būtybės Žemėje išsivystė dėl gamtoje vykstančios natūralios atrankos, bet be aiškaus tikslo. Kitų nuomone, Dievas sukūrė gyvas būtybes turėdamas tikslą. Taigi, ar gyvybė Žemėje turi tikslą ir kuo gyvenimas skiriasi nuo negyvenimo? Visos gyvybės formos turi bent vieną esminį tikslą – išlikimą. Tai dar svarbiau nei kitas pagrindinis gyvenimo tikslas – dauginimasis. Būti gyvam yra daugiau nei genų perdavimas kitai kartai. Būti gyvam reiškia norėti išlikti. Tai esminis skirtumas tarp gyvų būtybių ir kitų sudėtingų, bet negyvų materialių formų, tokių kaip žvaigždės ar uolos, kurios tiesiog egzistuoja. Pastarąsias formuoja pasyvūs fiziniai procesai: uolienas veikia erozija, žvaigždžių atveju – tai kova su gravitaciniu susitraukimu, kol jų branduoliuose yra pakankamai branduolinio kuro, neleidžiančio žvaigždei subliukšti (kolapsas).

Gyvybė yra materialinė forma, kuri stengiasi išlikti, ir esminis skirtumas tarp gyvųjų ir negyvųjų yra siekis išlikti (Marcellino, 1996). Klausimas apie gyvenimo tikslą tampa painus, kai pažvelgiame į stulbinančią gyvų formų įvairovę planetoje. Nėra abejonių, kad

kiekvienas organizmas nori išlikti gyvas. Net bakterijos tikslin-
gai juda ten, kur yra daugiau maisto. Tačiau viskas kur kas sudė-
tingiau, kai klausiamo, ar gyvybę sieja kolektyvinis tikslo jausmas.
Painiavą kelia sudėtinga gyvybės Žemėje istorija, kuri prasidėjo
nuo vienaląsčių organizmų ir laikui bėgant išsivystė į sudėtingas
daugialąstes gyvybės formas, įskaitant mus pačius. Žemėje gyvy-
bė gyvuoja mažiausiai 3,5 mlrd. metų. Pažymėtina, kad maždaug
pirmuosius 2,5 mlrd. metų buvo tik vienaląstės bakterijos. Gyvybės
formų įvairovė išaugo tik prieš maždaug 600 mln. metų. Ypač po
Kambro sprogimo (maždaug prieš 530 mln. metų) primityvūs
organizmai labai sparčiai evoliucionavo į sudėtingesnes gyvybės
formas, kurios paplito vandenynuose, žemėje ir ore. Daugiau nei
99 % visų kada nors egzistavusių gyvų būtybių rūšių išnyko ir tai
galėjo paspartinti evoliuciją bei suteikti galimybę atsirasti naujoms
organizmų grupėms. Šis procesas tęsiasi ir šiaandien. *Homo* rūšies
evoliucija prasidėjo nuo *Homo erectus*, po jų buvo neandertaliečiai,
o dabar yra šiuolaikiniai žmonės. Šioje raidoje svarbiu momentu
buvo mūsų rūšies (*Homo sapiens*) atsiskyrimas nuo bendro protėvio
su kitomis *Homo* rūšimis.

Iki šiol sutariama, kad žmonės Europoje nepertraukiamai egzis-
tavo 1,5 mln. metų. Visgi prieš 1,1 mln. metų susidariusios vandenynų
nuosėdos rodo, kad visą šį laikotarpį temperatūra nebuvo pastovi,
o vienu metu staiga nukrito daugiau nei 5 laipsniais. Didelio
klimato atšalimo įrodymų randama jūros dugno nuosėdose prie
Lisabonos (Portugalijos) krantų. Aptikta net tada augusių augalų
žiedadulkių. Kompiuterinis nuosėdų modeliavimas atskleidė,
kad vidutinė žiemos temperatūra daugelyje Europos vietų, net ir
švelnesnėje Viduržemio jūros zonoje, nukrisdavo gerokai žemiau
nulio. Anksčiau mokslui nežinomas didelis atšalimas prieš 200 000
metų ištūmė ankstyvuosius žmones iš Europos, tačiau vėliau jie
prisitaikė ir sugrįžo (34 pav.). Manoma, kad ankstyvieji protėviai



34 pav. Hominidų kaita Europoje.

Europoje negalėjo išgyventi, nes neturėjo šiltų drabužių ar kokių nors šildymo priemonių.

Paskutinis svarbus žmonijos raidos įvykis buvo ne evoliucinis, o kultūrinis. Vienas didžiausių dabarties archeologų iššūkių yra atkurti senovės žmonių elgesį ir mąstymą. XIX a. identifikavus pirmuosius neandertaliečių palaikus, šis klausimas buvo esminis. Iš pradžių neandertaliečiai buvo vieninteliai žmonės, apie kurių egzistavimą Žemėje mes žinojome. Net ir atradus kitas senovės homininių rūšis, jie buvo savotišku mūsų atvaizdu. Tai, kad neandertaliečiai išnyko maždaug prieš 40 000 metų, šimtus tūkstantmečių išgyvenę Vakarų Eurazijoje, ilgai buvo laikoma įrodymu, kad tam turėjo būti kažkokia priežastis. Mokslininkai ieškojo įrodymų, kodėl neandertaliečiai buvo mažiau sėkmingi ir kodėl juos pakeitė pranašesnė forma.

Neandertaliečiai buvo vieni iš artimiausių dabartinio žmogaus giminaičių, su kuriais bendrą protėvį turėjome maždaug prieš 550 000–800 000 metų. Evoliucijos požiūriu tai yra labai neseniai. Vien tuo remiantis galima tikėtis, kad neandertaliečiai daugeliu atžvilgių turėjo būti labai panašūs į mus. Jų kaukolės rodo, kad smegenų tūris buvo toks pat kaip mūsų. Tačiau protą lemia ne tik smegenų dydis. Nors neandertaliečių smegenys ir buvo didelės, jos buvo kiek kitokios – bendra jų forma, nustatyta pagal vidinę kaukolės formą, buvo kitokia. Tai gali reikšti potencialiai kitokią smegenų funkciją, mat skirtingi smegenų regionai yra susieti su tam tikromis funkcijomis, tokiomis kaip analitinė mintis ar atmintis. Taip pat yra žinoma, kad ir nedideli genų, dalyvaujančių neurologinėje raidoje, pokyčiai turi didelį poveikį žmogaus smegenims. Tyrimai rodo, kad NOVA1 genas veikia neuronų augimą ir jų elektrinį aktyvumą, o TKTL1 genas padidina neuronų ir smegenų vingių skaičių. Neandertaliečiai turėjo šiek tiek kitokias šių genų versijas, pavyzdžiui, TKTL1 geno versijos, susijusios su aukštesnėmis kognityvinėmis (pažinimo) smegenų funkcijomis, tokiomis kaip samprotavimas ir kalba, nuo dabartinio žmogaus skyrėsi viena aminorūgštimi. Kaulai ir DNR yra tik vienas iš tyrimų šaltinių bandant sužinoti, koks buvo neandertaliečių protas. Klausos kaulų analizė patvirtino idėją, kad neandertaliečiai kasdieniame gyvenime bendraudavo balsu.

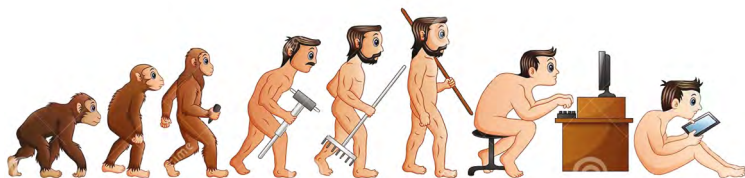
Vienas elgsenos aspektų, seniai dominusių tyrinėtojus, yra neandertaliečių gebėjimas mąstyti abstrakčiai, meniškai ir simboliais. Nuo XIX a. vidurio žinome, kad senovės žmonės, gyvenę po neandertaliečių, urvuose kūrė įspūdingus gyvūnų paveikslus, smulkiai raizgytas figūreles, o mirusiuosius laidojo su įkapėmis, pavyzdžiui, kriauklių karoliukais. Tarp neandertaliečių artefaktų nerasta nieko panašaus. Iki šiol sudėtingiausia neandertaliečių grafinė graviūra rasta Vokietijoje, maždaug 51 000 metų senumo elnio piršto kaule: viename lenkto kaulo šone yra 10 gana sudėtingų linijinių

graviūrų. Yra įrodymų, kad neandertaliečiai domėjosi spalvomis. Mineraliniai pigmentai, kurių spalva svyruoja nuo juodos iki raudonos, oranžinės, geltonos ir net baltos spalvos, buvo rasti daugiau nei 70 vietų.

Daugeliu atžvilgių neandertaliečiams taikyti žodį „menas“ yra sudėtinga. Atrodo, kad jie užsiėmė materialia kūryba, kuri neabejotinai buvo susijusi su bendruomenės veikla. Medžioklė ir gyvūnai neandertaliečiams turėjo socialinę reikšmę, todėl juos supančias kitas gyvas būtybes jie galėjo vertinti ne tik kaip maisto išteklius. Jie buvo smalsūs ir protingi, todėl galėjo suvokti grobį ir kitus plėšrūnus kaip savo socialinio pasaulio dalį.

Žemės ūkio pradžia prieš 10 000 metų lėmė ilgalaikius pokyčius, suformavusius šiuolaikinę visuomenę ir modernų, nors iš dalies iškreiptą, žmonių gyvenimo būdą (35 pav.). Kai kurie mokslininkai mano, kad šiais procesais buvo siekiama didinti gyvenimo sudėtingumą. Jeigu iš tiesų buvo toks planas, tai turėjo būti ir planuotojas. Pagal teleologiją (filosofinę koncepciją), jeigu gamtos ar visuomenės reiškiniai turi tam tikrą išankstinį tikslą, tai tokiu planuotoju yra Dievas.

Visgi turbūt nėra plano padaryti gyvenimą sudėtingesnį, kad jis pagaliau sukurtų protingas būtybes. Gyvūno prisitaikymas prie gamtos sąlygų nėra planas. Mutacijos neturi plano. Prieš 150 mln.



35 pav. Žmogaus raidos kelias.

metų gyvenę dinosaurai buvo labai gerai prisitaikę prie savo aplinkos, tačiau drastiškai pasikeitus sąlygoms jie išnyko. Kitos gyvybės rūšys po radikalių mutacijų, įvykusių per trumpą laiką, išliko. Jei nebūtų buvę vieno ar kelių dramatiškų Žemės istorijos įvykių, tarkime, asteroido, sunaikinusio dinosaurus prieš 66 mln. metų, gyvybės istorija Žemėje galėtų būti kita. Šiuo atveju nekyla klausimas apie gyvenimo tikslą, nes kūryba ir naikinimas gamtoje „šoka“ kartu, tik be choreografo.

Ilgalaikės žmonijos civilizacijos raidos trajektorijos

Ilgalaikę žmonijos civilizacijos trajektoriją galima apibrėžti kaip kelią, kuriuo žmonių civilizacija ėjo, eina ir eis per visą žmonijos civilizacijos laikotarpį. Mažai tikėtina, kad tokios *status quo* trajektorijos išliks tolimoje ateityje, ypač atsižvelgiant į ilgalaikius astronominius procesus. Kaip atrodo žmonių civilizacija po milijono, milijardo ar trilijono metų, yra mokslinės ir etinės diskusijos klausimai. Nors kosmologija tiria fizinę Visatos dinamiką tolimoje ateityje, žmogaus ateities tyrimai demografijos, ekonomikos, tvarumo srityse dažniausiai sutelkti tik į ateinančius dešimtmečius, dažnai pasikliaujant esamų faktų ekstrapoliacija ir tendencijų arba scenarijų rašymu. Visgi svarbūs civilizacijos raidos procesai gali vykti ilgesnį laiką. Apriboti dėmesį artimiausiais dešimtmečiais gali būti neatsakinga ir netvaru, todėl reikia sintezuoti įvairių sričių perspektyvą, įskaitant moralės filosofiją, demografiją, ekonomiką, tvarumo tyrimus, rizikos analizę, ateities studijas, politikos mokslus, archeologiją, klimatologiją, astrobiologiją ir kt. mokslus. Mokslininkai civilizacijos trajektorijas sąlyginai skirsto į keturias klases (Baum ir kt., 2019):

- *status quo* trajektorijos, kai žmonijos civilizacija tolimoje ateityje išlieka panašios į dabartinę būsenos;

- katastrofų trajektorijos, kai vienas ar keli įvykiai daro didelę žalą žmonių civilizacijai;
- technologinės transformacijos trajektorijos, kai radikalūs technologiniai laimėjimai nukreipia žmonių civilizaciją iš esmės nauja kryptimi;
- astronominės trajektorijos, kai žmonių civilizacija plečiasi už savo gimtosios planetos ribų į prieinamas kosmoso sritis.

Šios keturios trajektorijų klasės yra pagrindinės potencialios ilgalaikės žmogaus civilizacijos raidos trajektorijos. Jų prognozuojama žmonių civilizacija išlieka maždaug dabartinio lygio, besitraukianti arba besiplečianti per kokį nors technologinį proveržį arba astronominę plėtrą. Kai kurie scenarijai gali apimti kelias trajektorijas, pavyzdžiui, technologinis proveržis gali sukelti katastrofą arba astronominę plėtrą. Kiekvienos trajektorijos savitus bruožus reikia vertinti atskirai. *Status quo* trajektorijos pagrįstos demografijos, ekonomikos, tvarumo mokslo ir susijusių disciplinų tendencijų ekstrapoliacija. Katastrofų trajektorijos pagrįstos pasaulinės katastrofinės ir egzistencinės rizikos analize, ypač šių įvykių pasekmių tyrimais. Technologinės transformacijos trajektorijos kyla iš ateities studijų, susijusių su radikalių technologinių pokyčių sampratomis. Galiausiai astronominės trajektorijos remiasi astrobiologija, kai socialinės ir technologinės kosminių kelionių galimybės yra siejamos su astronomine Visatos struktūra. Ilgalaikių trajektorijų tyrimas yra svarbus, nes kai kurie dabartiniai veiksmai (katastrofų rizika, transformuojančios technologijos ar žmonių civilizacijos plėtra į kosmosą) gali turėti įtakos ilgalaikiai civilizacijos raidai.

Ilgalaikę žmonių civilizacijos trajektoriją galima apibrėžti kaip kelią, kuriuo žmonių civilizacija eina į tolimą ateitį, o ilgalaikį laikotarpį – kaip būsimą laikotarpį, per kurį žmonių civilizacija galės toliau egzistuoti. Kuria trajektorija pasuks žmonių civilizacija, dabar sunku prognozuoti dėl sudėtingos žmonių civilizacijos sąvokos.

„Žmogų“ galima apibrėžti kaip *Homo sapiens* rūšį, tačiau ilgainiui žmonių palikuonys dėl genetinio dreifo gali tapti kita rūšimi arba sukurti naujas biologines ar nebiologines būtybes (pvz., robotus), kurios galėtų tęsti civilizaciją. Toks apibrėžimas leidžia tyrinėti ilgalaikes trajektorijas neatsižvelgiant į tai, ar civilizacija yra „žmogiška“. Analizuojant trumpalaikes trajektorijas, daugiausia dėmesio skiriama gyventojų skaičiui, ekonomikai, gamybai, gyvenimo kokybei, gamtos ištekliais ir kitiems aplinkos parametrams. Į šiuos požymius galima atsižvelgti ir nustatant ilgalaikes trajektorijas. Ilgainiui žmonių civilizacija gali nenaudoti dabartinių gamtos išteklių, o aplinka gali taip pasikeisti, kad jos parametrai bus nebesvarbūs. Civilizacijos forma taip pat gali tiek smarkiai pakisti, kad dabartinės ekonominės gamybos ir gyvenimo kokybės sampratos praras prasmę. Daugelyje puikiai parašytų knygų diskutuojama apie civilizacijos raidą ir galimas jos trajektorijas (Harari, 2023; Visata, 2018). Prieš septyniasdešimt tūkstančių metų Žemėje buvo mažiausiai šešios skirtingos humanoidų rūšys. Šiandien liko tik viena žmonių rūšis, valdanti planetą, todėl kyla klausimų, kodėl esame būtent tie, kodėl būtina susieti praeities įvykius su dabartiniais rūpesčiais, kodėl reikia suabejoti mūsų pagrindiniais pasakojimais apie pasaulį. Kyla ir kitų minčių, pavyzdžiui, mes valdome pasaulį, nes esame vienintelis gyvūnas, tikintis dalykais, kurie egzistuoja tik mūsų pačių vaizduotėje, pavyzdžiui, dievais, žmogaus teisėmis, mums svarbūs pagrindiniai žmoniją ir jos pasaulį formuojantys procesai. Yra bandymų nagrinėti žmonijos raidos istoriją iš visiškai naujos perspektyvos, pavyzdžiui, kad elgesys su gyvūnais šiuolaikiniame žemės ūkyje yra baisus nusikaltimas, kad kapitalizmas yra sėkmingiausia kada nors išrasta religija, kad pinigai yra pliuralistinė kada nors sukurta abipusio pasitikėjimo sistema. Ir nors esame daug galingesni už mūsų protėvius, deja, laimingesni tikrai nesame. Tokie svarstymai rodo, kad reikia naujų gairių, kaip XXI a. žmogui suvaldyti didžiausias savo abejones ir baimes.

Moksliniai atradimai ir technologiniai išradimai neatsiranda iš nieko – jie sukuriami iš esamų žinių ir technologinių komponentų derinių. Mokslo ir technologiniai pokyčiai gali arba įtvirtinti turimas žinias ir sustiprinti ankstesnę trajektoriją, arba destabilizuoti praeities pasiekimus ir atverti naujus keliuos. Istorija rodo, kad daugybė reikšmingų mokslo laimėjimų dešimtmečius buvo atmetami arba ignoruojami. Revoliucinės bendrosios paskirties technologijos, tokios kaip garo ar elektros varikliai, dirbtinis intelektas, skleidėsi ilgai, nes jos augino ir brandino papildomas technologijas, tačiau sukūrus palankią aplinką jos buvo greitai pripažintos, nes didino gamybos produktyvumą. Kol bus įvertinta ir patvirtinta nauja mintis / idėja, gali praeiti dešimtmečiai. Informacijos gausybėje dažnai sunku pastebėti naujovę, nes vien 1800–2020 m., tai yra per 220 metų, buvo paskelbti 87 860 684 straipsniai apie įvairius technologinius pasiekimus. Ne visos naujovės ar mokslo įžvalgos buvo iš karto pripažintos (prisiminkime mokslo įspėjimus apie tabako ir DDT pavojų, nykstančio ozono sluoksnio svarbos ignoravimą ar klimato kaitos neigimą). Egzistencinės rizikos, arba žmonių civilizacijos žlugimo, tyrimai tik neseniai tapo integruota mokslinių tyrimų sritimi. Visgi ankstyviausiais egzistencinės ar pasaulinės katastrofos rizikos tyrimais buvo laikomi branduolinės ginkluotės tyrimai, paskelbti pirmaisiais šaltojo karo metais.

Yra manančių, kad pramonės revoliucija ir jos pasekmės nuo pat pradžių buvo pražūtingos žmonijai (Kaczynski, 1995; Harari, 2015). Nors ji gerokai pailgino žmogaus gyvenimo trukmę „išsivysčiusiose“ šalyse, tačiau destabilizavo visuomenę, daugelio gyvenimą pavertė nepatenkinamu, sumenkino nemažą dalį žmonių, sukėlė galias psichologines ir fizines žmonių kančias trečiajame pasaulyje ir padarė didelę žalą gamtai. Tolesnė technologijų raida gali tik pabloginti situaciją, o tai neabejotinai sukels žmonių nepasitenkinimą, padarys didesnę žalą gamtai, nulems didesnius socialinius trikdžius ir padidins fizines žmonių kančias net „pažengusiose“ šalyse.

Pramoninė-technologinė sistema gali išlikti ilgai arba suirti. Jos išlikimo atveju pasekmės neišvengiamai bus blogos, nes negalima reformuoti arba pakeisti sistemos neatimant žmonių orumo ir savarankiškumo. Jei sistema pradės skeldėti, pasekmės irgi bus labai skaudžios. Kuo didesnė sistema, tuo pražūtingesnės bus jos irimo pasekmės.

Yra žmonių, pasisakančių už revoliuciją prieš esamą pramonės sistemą. Ši revoliucija gali panaudoti smurtą arba būti nesmurtine, gali būti staigi arba laipsniška, trunkanti kelis dešimtmečius. Negalime numatyti, kaip tai vyks, bet galime apibrėžti priemones, kurių turėtų imtis tie, kurie nekenčia pramoninės sistemos, kad pasiruoštų revoliucijai prieš tą visuomenės organizacijos formą. Tai neturėtų būti *politinė* revoliucija. Jos tikslas – ne nuversti vyriausybės, bet pakeisti dabartinės visuomenės ekonominę ir technologinę pagrindą.

Kitas svarbus aspektas – ilgalaikių raidos trajektorijų santykis su šiuolaikine žmogaus veikla. Kai kurie dabartiniai veiksmai gali turėti įtakos ilgalaikiai žmonių civilizacijos raidos trajektorijai (veiksmai, keičiantys didelių katastrofų rizikos tikimybę, radikalaus technologinio proveržio ir / arba kosminės erdvės kolonizacijos perspektyvą). Šių veiksmų svarba priklauso nuo jų poveikio ilgalaikėms trajektorijoms ir kaip pastarosios yra vertinamos. Aiškinant ilgalaikių trajektorijų reikšmę šiuolaikiniam žmogui, reikia atkreipti dėmesį į etinius klausimus. Tikslios žinios turėtų būti vertinamos tik tiek, kiek jos didina gerovę. Tokie samprotavimai rodo, kokiems teiginiams, priimančiam dabartinius sprendimus, turėtų būti teikiama pirmenybė:

- mažinti žmonių išnykimo riziką, nes jiems išnykus neliktų ir civilizacijos;
- mažinti didelių katastrofų, kurios lemtų pažangios žmonių civilizacijos praradimą, riziką;
- spartinti technologinius laimėjimus ir užtikrinti jų indėlį į gerovę;

- spartinti kosmoso kolonizaciją ir užtikrinti, kad ji prisidėtų prie gerovės;
- didinti trumpalaikę gerovę, nes ilgalaikės trajektorijos bet kuriuo atveju bus vienodos, be to, dabartinių sprendimų poveikis ilgalaikėms trajektorijoms nėra pakankamai suprantamas, kad būtų galima vadovautis priimant sprendimus.

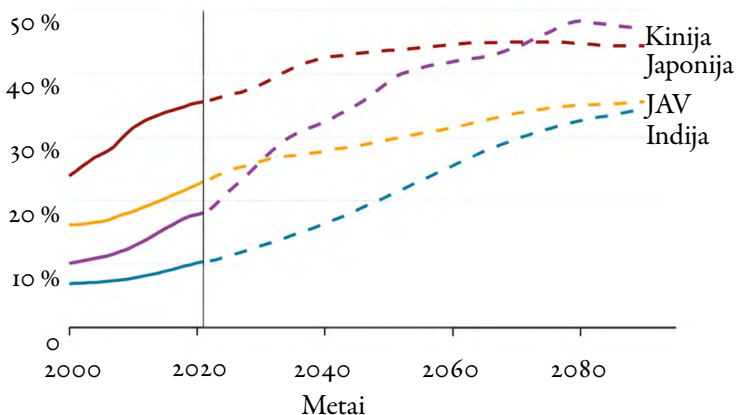
Galima įsivaizduoti kiekvienos iš šių trajektorijų vyksmą:

- jos gali būti laikomasi, jei žmonija susiduria su išnykimo grėsme ir jei išnykimas yra vienintelis dalykas, galintis pakeisti jos ilgalaikės raidos trajektoriją;
- jos gali būti laikomasi, jei žmonija susidurs su didele katastrofos rizika ir jei tokios katastrofos sumažintų ilgalaikės raidos trajektoriją;
- jos gali būti laikomasi, jei svarbūs technologiniai laimėjimai bus pasiekti iki katastrofos;
- jos gali būti laikomasi, jei kosmoso kolonizacija bus pasiekta iki katastrofos ir technologijų proveržio;
- galiausiai jos gali būti laikomasi, jei šiuolaikiniai veiksmai neturėtų poveikio ilgalaikėms trajektorijoms.

Kai kurie mokslininkai teigia, kad pirmenybę reikia teikti žmonių išnykimo rizikos mažinimui, nes išnykimas bus visų ateities kartų pabaiga, kitų manymu, pirmenybę turėtų būti teikiama bet kokios katastrofos, kuri padarytų didelę ilgalaikę žalą žmonių civilizacijai, rizikos mažinimui. Dar kiti pasisako už bet kokią veiksmą, pagerinantį ilgalaikes trajektorijas, ir teigia, kad šių ilgalaikių katastrofų rizikos mažinimas gali būti veiksmingiausias būdas.

Status quo trajektorijos reiškia, kad dabartinė civilizacija į ilgalaikę ateitį tęstųsi panašia į dabartinę forma. Kas tiksliai atitinka *status quo* trajektoriją, yra diskutuotina tema, nes gali reikšti civilizacijos būklės tęstinumą arba tendencijų kaitą. Pavyzdžiui, dabartinė žmonių populiacija auga dideliu greičiu, o kad trajektorija nebebūtų

status quo, reikalingas didelis arba staigus nuokrypis. Dešimtmečiais, šimtmečiais, tūkstantmečiais ar net ilgiau besitęsiančios ekonomikos ir technologijų raidos *status quo* tendencijos dėl aplinkos degradacijos ir išteklių išnaudojimo greičiausiai lems kažką visiškai kitokio nei dabartinė civilizacija. Iš tiesų, kai kurios katastrofos prognozės kyla iš dabartinių tendencijų, ypač pasaulinių aplinkos pokyčių ir gamtinių išteklių nykimo, ekstrapoliacijos. Taigi, ar dabartinė civilizacija yra *status quo* civilizacijų, egzistavusių prieš 1 000, 100 ar tik prieš 20 ar 30 metų, tąsa, atsižvelgiant į daugybę politikos, kultūros ir technologijų pokyčių? Pavyzdžiui, *status quo* trajektorija gali būti susijusi su prastėjančia aplinka, technologine pažanga, senstančiomis visuomenėmis (36 pav.). 2050 m. pasaulyje daugiau kaip 2 mlrd. gyventojų bus vyresni negu 60 metų. Tokia *status quo* trajektorijų samprata leidžia kisti kai kuriems svarbiems požymiams, bet nepaverčia jų ekstremalesniais įmanomais pokyčiais. Pagal Jungtinių Tautų pateiktą populiacijos augimo scenarijų, gyventojų skaičius iki 2100 m. išaugs nuo 9,5 mlrd. iki maždaug 13,5 mlrd. žmonių.



36 pav. Žmonių, vyresnių nei 60 metų, skaičiaus kitimo dinamika (%).

Ūkinių gyvūnų populiacija yra daug didesnė nei žmonių. 2012 m. visame pasaulyje maistui buvo paskersta 68 mlrd. gyvūnų. Apskritai žmogus yra serijinis žudikas – net su akmens amžiaus įrankiais mūsų protėviai išnaikino pusę planetos stambių sausumos žinduolių gerkai iki atsirandant žemės ūkiui. Laimei, gyvūnų *status quo* trajektorijos gali pasikeisti, pavyzdžiui, naudojant *in vitro* mėsą.

Civilizacija gali arba išmirti, arba transformuotis. Išlikus *status quo* trajektorijai, civilizacija tikriausiai baigs gyvavimą maždaug po kelių šimtų milijonų, o gal tęsis iki kelių milijardų metų. Žemė taps negyvenama, nes Saulė vis labiau karštės ir didės. Vis dėlto būtų neįtikėtina, jei *status quo* trajektorija išliktų taip ilgai. Didelių išnykimo įvykių dažnis Žemės istorijoje rodo, kad *status quo* civilizacija vargu ar išliks dar milijardą metų. Norint išgyventi tolimoje ateityje, gali prireikti transformuojančių technologijų arba astronominės plėtros. Iš tiesų, spartūs technologiniai ir socialiniai pokyčiai rodo, kad gana greitai turėtų įvykti tam tikra esminė transformacija. Ir anksčiau būta didelių pokyčių, pavyzdžiui, susijusių su žemės ūkiu ir industrializacija, ir tai dar labiau įtikina, kad ateityje trajektorija gali keistis. Galbūt dabartinė civilizacija yra labai atspari įvairioms katastrofoms arba sugeba jų išvengti, o radikalūs technologiniai proveržiai ir kecionės į kosmosą pasirodys sunkiai pasiekiami. Tokiu atveju *status quo* gali išsilaikyti ilgą laiką. Mūsų civilizacija atrodo gana tvirta, atsižvelgiant į dabartinę dominuojančią jos padėtį Žemėje, tačiau mūsų *status quo* pasaulis gali būti ir ne toks patvarus. Taigi nors negalime atmesti ilgalaikio *status quo* trajektorijų gyvybingumo, kitos trajektorijos irgi yra labai tikėtinos.

Lengviausia analizuoti tas *katastrofų trajektorijas*, kurios yra susijusios su žmonių išnykimu, nes daugybė mokslininkų ir mokslo laboratorijų ar centrų nuolat kuria vis grėsmingesnes žudančias medžiagas, metodus ar priemones. Nors šie kūrėjai supranta, kad panaudojus naikinimo priemones ir jų lauks mirtis, net ir tokia grėsmė nesustabdo

jų pragaištingos kūrybos. Po lemtingos katastrofos pagrindiniai požymiai (gyventojų skaičius, ekonomika, gamyba, gyvenimo kokybė) kristų iki nulinių reikšmių. Sudėtingesnės yra katastrofos, per kurias kai kurie žmonės išgyvena, tačiau jų forma skiriasi nuo *status quo* civilizacijos. Analizuojant šias lemtingas katastrofas (branduolinį karą, Žemės ir didelio asteroido ar kometos susidūrimą, superugnikalnio išsiveržimą, visuotinį atšilimą, „pabėgusį“ dirbtinį intelektą, fizinių eksperimentų nelaimės), reikia atkreipti dėmesį į žmonių perspektyvas atkurti tam tikrą civilizacijos formą radikaliam pasikeitusiam pasaulyje. Tikėtina, kad kai kurie tokie įvykiai iškart baigsis žmonių išnykimu, pavyzdžiui, fizinio eksperimento nelaimė gali pakeisti aplinką, todėl gyvybė ar protinga gyvybė Žemėje taps neįmanoma. Kitų įvykių rezultatas yra dviprasmiškesnis, pavyzdžiui, asteroidai, kometos, ugnikalniai ir branduolinis karas gali blokuoti Saulės šviesą ir sunaikinti žemės ūkį, tačiau kai kurie žmonės prisitaikys ir išgyvens.

Ilgalaikės katastrofos atveju trajektorijos prognozuoja išgyvenusių populiacijų likimą: gal ilgą laiką jos bus silpnesnės būsenos ir vėliau išmirs; gal kada nors atkurs iki katastrofinę *status quo* civilizaciją; gal toliau sieks technologinės transformacijos ir (arba) kosmoso kolonizacijos. Išgyvenusių gyventojų likimas pirmiausia priklausys nuo to, kaip jiems seksis iškart po katastrofos, o vėliau ir nuo jų ilgalaikių perspektyvų atkurti civilizaciją. Svarbus katastrofos trajektorijų kintamasis yra katastrofos greitis. Kai kurios katastrofos gali padaryti didelę žalą žmonių civilizacijai per trumpą laiką, pavyzdžiui, branduoliniai karai ar pandemijos. Kitos katastrofos, tokios kaip visuotinis atšilimas ar tam tikrų gamtos išteklių išsekvojimas, veikia lėčiau. Lėtos katastrofos suteikia žmonėms daugiau laiko prisitaikyti prie naujų sąlygų, nes iškart po katastrofos išgyvenusieji turės užtikrinti savo pagrindinius maisto ir vandens poreikius.

Žlugus civilizacijai, išgyvenusiųjų populiaciją daugiausia sudarytų natūriniai ūkininkai, medžiotojai, rinkėjai ir kiti žmonės, gebantys

patenkinti savo pagrindinius poreikius. Nors šiuo metu šie žmonės dažnai laikomi vienais skurdžiausių pasaulyje, po katastrofos jie gali būti vieni sėkmingiausių. Kita sėkminga grupė būtų ta, kuri ruošėsi katastrofai. Tai gali būti karinėse ir vyriausybiniuose slėptuvėse ar kitose įrengtose vietovėse išlikę gyventojai. Šie žmonės galėtų turėti pakankamai maisto ir vandens, medicinos reikmenų ir kitų išteklių, reikalingų išgyventi be civilizacijos, taip pat išteklių, kuriais galima palaikyti ir (arba) atkurti civilizaciją, pavyzdžiui, sėklų, įrankių, ir žinoti būtiną informaciją. Šiuo metu dauguma institucijų ruošiamos mažesnėms ir dažnesnėms katastrofoms, tokioms kaip žemės drebėjimai, uraganai ir pandeminių ligų protrūkiai. Yra siūlymų, kaip išlaikyti maistą per katastrofas, kurios sutrikdo tradicinį žemės ūkį. Jei tokie siūlymai būtų įgyvendinti, išgyvenusiųjų skaičius gali būti daug didesnis.

Nors po katastrofos internetas gali būti sunaikintas arba nepasiekiamas, daugelyje bibliotekų ir knygynų yra būtinos informacijos apie vandens valymą ar maisto auginimą. Jei išgyvenę asmenys galės pasiekti šią informaciją, jų perspektyvos gerokai pagerės. Maisto, vandens, informacijos ir kitų išteklių prieinamumas labai priklausys nuo katastrofos specifikos. Pavyzdžiui, kai kurios katastrofos gali sutrikdyti žemės ūkio veiklą. Tikėtina, kad branduolinių karai sunaikins miestų teritorijas, tačiau pandemijos nepalies pastatų infrastruktūros ir gali turėti ribotą poveikį kai kuriose vietovėse, pavyzdžiui, atokiose salose ar teritorijose. Jei populiacija galės išgyventi iškart po katastrofos, tolesnė jos trajektorija priklausys nuo gebėjimo išauginti naujas žmonių kartas. Kai pradinė išgyvenusiųjų populiacija yra per maža arba nepakankamai sveika, nėra tinkamo amžiaus ir lyčių pasiskirstymo, ji gali būti negyvybinga. Tikimybė išgyventi ir klestėti didėja augant gyventojų skaičiui. Mažiausia, tačiau gyvybinga populiacija yra maždaug 100–500 žmonių. Populiacija, kuri yra pakankamai didelė

genetiniam gyvybingumui, gali susidurti su kitomis nuolatinėmis grėsmėmis, tokiomis kaip ligos, stichinės nelaimės ar vidiniai nesutarimai. Iš tiesų, nedidelė išgyvenusiųjų populiacija gali išmirti daug anksčiau, pavyzdžiui, dėl stichinių nelaimių, išteklių stygiaus, vidinių nesutarimų ir kitų veiksnių. Ar gyventojų skaičius, ekonomika ir kiti požymiai pasieks prieš katastrofą buvusį lygį, priklausys nuo kitų veiksnių, ypač susijusių su žemės ūkiu ir pramone.

Žemės ūkis iki šiol vaidino pagrindinį vaidmenį žmonijos civilizacijoje, tad sunku įsivaizduoti, kad po katastrofos gyventojai pasiektų išsivysčiusią civilizaciją be žemės ūkio. Yra nuomonių, kad žemės ūkio revoliucija buvo didžiausia istorijos apgaulė, nes javai (kviečiai, ryžiai, soros ir kt.) prijaukino žmogų, o ne atvirkščiai. Šiuolaikiniam pramoniniam žemės ūkiui reikia sudėtingų išteklių, tiekimo grandinių ir darbo jėgos, o tai gali būti pažeidžiama įvairių didelių katastrofų, įskaitant branduolinį karą, ugnikalnio išsiveržimą ar susidūrimą su asteroidais, dėl kurių į atmosferą patenka dulkių, mažėja paviršiaus temperatūra, Saulės spindulių ir kritulių kiekis per metus. Medžioklė ir rinkimas gali būti ypač perspektyvūs, jei žmonių populiacija sužlugtų ir liktų daug natūraliai augančio maisto. Be to, medžiotojai-rinkėjai gali išgyventi kai kurias katastrofas, nes jie dažnai laikosi atokiai nuo kitų žmonių, neturi socialinių kontaktų, juos mažiau paveiktų tokios nelaimės kaip pandemijos.

Be abejo, bus svarbu turėti prieigą prie pasėlių ir gyvulių rūšių. Šios rūšys buvo sukurtos per tūkstančius metų siekiant maksimaliai padidinti produktyvumą ir maistinę vertę. Kai kurios naujesnės, herbicidams atsparios rūšys gali neduoti didelio derliaus, tačiau vis tiek būtų daug produktyvesnės, nei buvo prieinamos ankstyviesiems žmonėms. Per pastaruosius milijonus metų Žemėje šaltąjį (ledyninį) klimatą keitė šiltojo (tarpledynmečio) periodai. Tarpledynmečiai vyksta kas ~100 000 metų ir trunka ~15 000 metų. Šiuo metu Žemė yra tarpledynmetyje, holocene, kuris prasidėjo prieš ~10 000 metų.

Ankstesnis Emio tarplėdynmetis truko nuo $\sim 130\,000$ iki $\sim 115\,000$ metų. Žemės ūkio ir jo civilizacijos iškilimas sutampa su holoceno tarplėdynmečiu, t. y. pastaraisiais $10\,000$ metų. Palankus holoceno klimatas galėjo būti žemės ūkio plėtros sąlyga, nors vien šilto klimato tikriausiai nepakako. Istoriniai duomenys rodo, kad trečdalis tarplėdynmečių tam buvo tinkami, nes per pastaruosius $300\,000$ metų įvyko trys tarplėdynmečiai. Pramonės pertvarkymo perspektyvos po katastrofos gali būti prastos, nes mažai tikėtina, kad išgyvenusioje populiacijoje vienu metu būtų daug veiksnių, skatinančių pramonės plėtrą. Energijos gamybai bus prieinami vėjo ir vandens šaltiniai, kuriuos, kaip rodo istorinė patirtis, gana lengva panaudoti. Nors pagrindiniai metalų telkiniai bus išseikvoti, metalo vis tiek bus, nes didelė jo dalis bus miestuose ir sąvartynuose, o griuvėsiai bus tinkama vieta kasybai po katastrofos. Atsižvelgiant į skirtingas sąlygas, su kuriomis susidurs išgyvenusių žmonių populiacija, tikėtina, kad civilizacija, kuri atsinaujins po katastrofos, skirsis nuo dabartinės. Galbūt naujoji civilizacija bus mažesnė, daugiausia dėl iškastinio kuro ir energijos stygiaus.

Technologinės transformacijos ir astronominės trajektorijos gali sudaryti sąlygas sparčiai žmonių civilizacijos plėtrai, nors technologinė transformacija gali sukelti ir katastrofą. Technologinės transformacijos trajektorijoje žmonių civilizacija šiuo metu išgyvena sparčių technologinių pokyčių laikotarpį (nanotechnologijos, biotechnologijos, dirbtinis intelektas). Nanotechnologijos vis plačiau naudojamos daugelyje sričių, įskaitant apsaugos nuo saulės priemones, tekstilę ir mediciną. Ši svarbi technologijų sritis ne itin yra transformuojama.

Gyvulininkystėje ir augalininkystėje plačiai naudojamos biotechnologijos iki šiol vis dar tobulinamos. Biotechnologijos jau taikomos tokiuose įrenginiuose kaip kochleariniai implantai, leidžiantys kurtiesiems girdėti, ir gaminant farmacinius preparatus, pvz., modafinilą

(pagerinantį žmogaus pažintinius gebėjimus, didinantį budrumą). Dirbtinis intelektas (DI) išgyvena sparčią plėtrą, o mašininio mokymosi algoritmai skatina pažangą daugelyje sektorių, įskaitant transportą, mediciną, finansus, karybą ir kt. Visgi dabartinis DI, palyginti su kai kuriais jo ateities lūkesčiais, dar yra kuklus. Dirbtinis intelektas gali būti kur kas pajėgesnis nei žmogaus intelektas ir gali keisti pasaulį, sprendamas daugelį jo problemų. Nanotechnologijos, biotechnologijos ir dirbtinis intelektas gali derintis tarpusavyje transformuojančiais būdais. Nanotechnologijos galėtų pakeisti biotechnologijų gamybą, sudarydamos sąlygas masiškai pritaikyti transformacines biotechnologijas. Savo ruožtu dirbtinis intelektas galėtų palengvinti nanotechnologijų ir biotechnologijų plėtrą. Visgi minėtos technologijos gali nulemti kelių tipų trajektorijas. Jos gali sukelti katastrofą, pavyzdžiui, masinei ginklų gamybai naudojamos nanotechnologijos, mirtinus patogenus kuriančios biotechnologijos arba nekontroliuojamas ir žmonėms kenkiantis dirbtinis intelektas. Transformacinių technologijų sukeltos katastrofos gali būti daug sunkesnės, nes dėl nanotechnologijų galėtų kilti didesni karai, dėl biotechnologijų – atsirasti pavojingesni patogenai, o didelio pajėgumo dirbtinis intelektas gali sukelti nekontroliuojamas nelaimes. Pavyzdžiui, dirbtinis intelektas, sukurtas subjektyviai patirčiai pagerinti, dėl žmogaus psichologijos subtilybių netyčia gali veikti priešingai. Ir atvirkščiai – transformacinės technologijos galėtų sumažinti ar net panaikinti skurdą, ligas, pagerinti aplinką ar įveikti kitus didelius iššūkius. Taigi dėl netinkamo transformuojančių technologijų naudojimo gali išnykti žmonija arba geriausiu atveju – žemės ūkis ir pramonė.

Kai kurių mokslininkų nuomone, didžiausios ir ilgaamžiškiausios civilizacijos atsiras kolonizavus kosmosą. Žmonių *status quo* civilizacija jau atliko kai kuriuos pagrindinius kosmoso tyrinėjimus, dabar aktyviai diskutuojama apie nuolatinių kolonijų steigimą ant

nežemiškų kūnų, ypač Marse. Tačiau tokia žmogaus veikla kosmose turės minimalų poveikį ilgalaikiai žmogaus civilizacijos trajektorijai. Visų pirma tokios kolonijos bus priklausomos nuo Žemės ir nepadidins bendro žmonijos civilizacijos dydžio bei nepratęs civilizacijos ilgaamžiškumo. Savarankiškos kosmoso kolonijos galėtų išlikti ilgiau. Galbūt iš pradžių jos būtų priklausomos nuo Žemės, bet palaipsniui taptų savarankiškos. Tokiu atveju būtų galima išgyventi ilgiau, negu Žemė bus tinkama gyventi, jei kolonija yra toliau nei Žemė nuo Saulės, pavyzdžiui, Marse ar dideliuose palydovuose (Ganimedas, Kalista), aplink kitas žvaigždžių sistemas. Naujausiais egzoplanetų tyrimais, 22 % į Saulę panašių žvaigždžių turi į Žemę panašias planetas, o tai reikštų, kad galaktikoje yra nuo milijardų iki dešimčių milijardų planetų, kurias žmonės galėtų kolonizuoti. Atrodo, kad ilginiui žmonių civilizacija Žemėje nustos egzistuoti. Tačiau gali praeiti labai daug laiko, kol tai įvyks, ypač jei civilizacija kolonizuos kitą erdvę ir, žinoma, jei išvengs artimiausios žmonijai išnykimo grėsmės. Taigi žmonių civilizacijos raida galėtų vykti įvairiomis trajektorijomis – nuo paprasto išlikimo be žemės ūkio ar pramonės iki plačios kosmoso kolonizacijos. Trajektorių realizaciją lems priimami šiuolaikiniai sprendimai, kuriuos galima taip apibendrinti:

- dėl netinkamų šiuolaikinių sprendimų yra pavojus prarasti esamą žmonių civilizaciją, nes mažai tikėtina, kad išgyvenusieji katastrofas atkurs sunaikintą civilizaciją;
- yra galimybių daryti įtaką technologiniams proveržiams;
- yra galimybių paveikti kosmoso kolonizaciją;
- nėra didelių galimybių paveikti dideles katastrofas, technologinius proveržius ar kosmoso kolonizaciją.

Galbūt gresianti katastrofa sunaikins civilizaciją ir niekas tam nesutrukdytų. Tačiau dauguma žmonių tuo netiki ir mato daugybę galimybių, kaip to išvengti. Visgi analizė rodo, kad žmonijos

civilizacijos sėkmė po katastrofos nėra garantuota, o pramonės atsigavimas yra ypač problemiškas. Atsigavimas po katastrofos greičiausiai atitolintų kosminės erdvės kolonizaciją, o tai gali sumažinti ilgalaikę trajektoriją.

Svarbus kintamasis yra laikas. Jei technologiniai proveržiai arba kosmoso kolonizacija įvyks gana greitai, gali sumažėti daugelio galimų katastrofų scenarijų tikimybė, ypač kai technologijos ar kosminės kolonijos gali sumažinti katastrofų riziką. Ankstyva katastrofa gali sutrukdyti vystytis transformacinėms technologijoms arba „paleisti“ kosmines kolonijas. Be to, transformacinė technologija gali labai palengvinti erdvės kolonizaciją. Kai kurie iš šių įvykių gali įvykti santykinai artimiausiu metu, todėl ypač svarbu juos stebėti ir daryti jiems įtaką.

Pastaruoju metu vis daugiau diskutuojama apie dirbtinio intelekto poveikį žmogaus ir visos žmonijos egzistavimui. Mokslininkai nuo diskusijų apie dirbtinio intelekto vystymosi pavojų pereina prie scenarijaus, kaip sėkmingai plėtoti superintelektą, kaip jį valdyti ir panaudoti didžiulį potencialą. Kai pasaulyje atsisakoma žmogaus darbo, žmogus patenka į „postinstrumentalumo“ būseną, nes praktiniams tikslams jo pastangos nebūtinės. Čia slypi filosofinis ir dvasinis iššūkis žmogui – koks yra jo egzistavimo tikslas tokia pasaulyje, kai praktiniai poreikiai tenkinami be pastangų, nes gyvenimo prasmė dažnai pranoksta išgyvenimo siekį. Galbūt tokiomis aplinkybėmis žmogus imsis savęs „atradimo“, asmeninio augimo ir indėlio į kitus didinimo, nes besiplečianti egzistencijos erdvė leis tyrinėti, siekti žinių. Šioje erdvėje meilė, transcendencija, ryšys ir atjauta, nuostaba ir baimė, žinių, grožio ir tarpusavio ryšių ieškojimas turėtų nušvisti naujais, ryškiais atspalviais žmogaus gyvenime. Mūsų protas turėtų tapti derlinga dirva smalsumui, kūrybiškumui ir tyrinėjimams, nors klausimas, kokį pėdsaką paliksime šiame pasaulyje, išliks. Kai patenkinami praktiniai poreikiai, atsiveria subtilios žmogiškumo

gijos. Gerumo, empatijos ir užuojautos veiksmai taps raminamuoju balzamu sužeistoms sieloms. Tarpusavio ryšiai virs bendryste. Pats gyvenimo prasmės ieškojimas galiausiai taps žmogaus „šiaurine“ žvaigžde, nes bus suvokta, kad gyvenimo tikslas yra ne koks nors fiksuotas siekis, o amžina kelionė.

Žmogaus egzistavimo tikslai yra lygtys su daugybe dažnai tik spėjamų kintamųjų:

- Visos gyvybės formos turi bent vieną esminį tikslą – išlikimą, kuris daug svarbesnis nei kitas gyvenimo tikslas – dauginimasis. Daugybė gyvų organizmų dauginasi skirtingai.
- Gyvenimo tikslas yra gyventi ir leisti gyventi. Visuomenės gyvenimas įmanomas, kai tarp jos narių tvyro bendruomeniška darna ir brolybės jausmas. Šeimos ir santuokos institucijos prisideda prie darnaus gyvenimo visuomenėje. Ramus sambūvis – raktas į sėkmingą gyvenimą. Senovės indų šventraščiai nurodo keturias žmogaus siekiamybes: teisumą, klestėjimą, malonumą ir dvasinę laisvę.
- Galutinė tikrovė prigimtis neatitinka natūralių Visatos dėsnių ir nėra veikiamą materialių jėgų ar kitos fizinės įtakos. Manoma, kad galutinė tikrovė yra pagrindinis visų žinių šaltinis, taip pat visų moralinių ir etinių principų šaltinis.
- Kiekvieno žmogaus gyvenimo tikslas priklauso nuo jo individualių įsitikinimų, vertybių ir asmeninės patirties. Gyvenimo tikslo paieškai reikia daug laiko, jei žmonės siekia surasti, kas juos tikrai daro laimingus.
- Gyvenimas be tikslo gali paveikti visus gyvenimo aspektus, sukelti nerimastingas mintis ir kančią. Gyvenimo tikslas yra svarbus psichikos gerovei, jis gali padėti gyventi visavertį ir turiningą gyvenimą. Gyvenimas be tikslo yra judėjimas be prasmės, veikla be krypties ir įvykiai be priežasties. Toks gyvenimas yra trivialus, smulkmeniškasis ir beprasmiškas. Gyvenimas

yra subtili pusiausvyra tarp pasirinkimo ir likimo. Likimas suteikia galimybių, o laisva valia lemia – pasinaudosime jomis ar ne. Taigi likimas yra potencialių gyvenimo galimybių išnaudojimas.

- Likimas apibrėžia įvykius kaip „neišvengiamus“, ir tai pagrįsta įsitikinimu, kad Visatoje yra fiksuota natūrali tvarka. Kad gyvenime yra likimas, nėra abejonių. Mūsų gyvenimo situacijos ir viskas, kas mus supa Visatoje, yra likimas.
- Vienintelis įrodymas, kad egzistuojame kaip save suvokiančios būtybės, yra sąmoningas mąstymas apie savo egzistavimą. Deja, čia esame vieniši, negalime pasiekti kito žmogaus sąmoningų minčių, todėl negalime žinoti, ar jis suvokia save taip pat.

Tikslūs abiogeneizės (gyvybės atsiradimo iš negyvosios medžiagos) mechanizmai nežinomi. Nors mokslininkai intensyviai tyrinėjo gyvybę Žemėje, vienareikšmiškai ją apibrėžti vis dar yra iššūkis (Davies, 2000). Kai mokslas neranda pagrįsto atsakymo, koks yra žmogaus egzistavimo tikslas, šią erdvę užpildo gausios filosofinės, psichologinės ir religinės sampratos bei nuostatos. Pagal jas, gyvybės atsiradimas yra antgamtinio įvykio, viršijančio fizikos, chemijos ir kitų mokslų galias, rezultatas. Žmonėms nevalia tik stebėti, kaip *Homo sapiens* tampa *Homo deus*, reikia nuspręsti, kokius reikalus turime perimti kaip naujieji planetos dievai ir kaip apsaugoti savo trapią planetą ir žmoniją nuo savo pačių destruktijos.

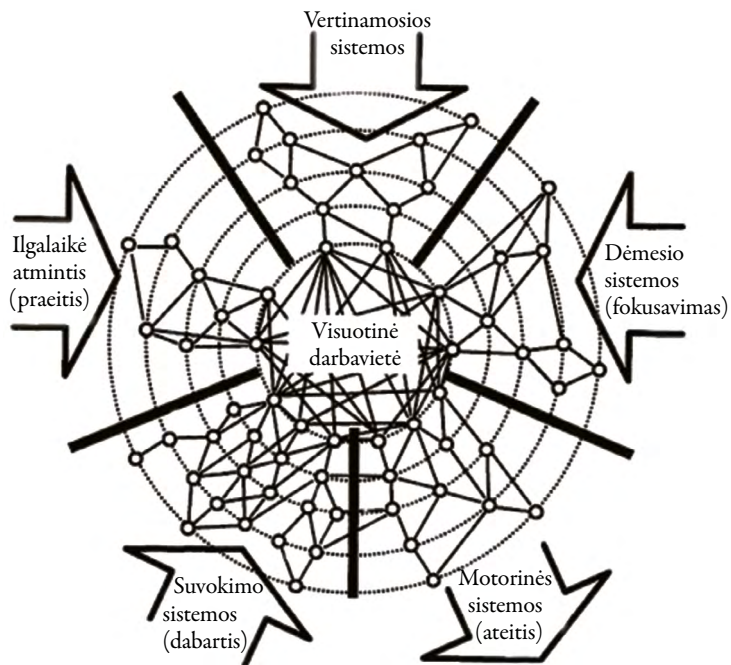
Manoma, kad Visata, o su ja ir žmonijos likimas kada nors baigsis, tada ir klausimo, koks yra egzistencijos tikslas, tiesiog nebeliks, nes dėl žemos ar aukštos temperatūros biologinė gyvybė ilgainiui taps netvari ir sunyks (žr. 2 priedą). Galima tikėti tuo, kas yra tiesa, ir tuo, kas nėra tiesa, taip pat ir tuo, kad niekas nežino – tiesa tai ar ne. Galbūt gyvybės apraiškos yra Visatos liga, nes gyvenimas yra procesas, o ne medžiaga.

Kas yra sąmonė ir kas ją sukelia

Materialistinė filosofija skelbia, kad bet kurios rūšies energija yra materijos, tai yra atomų veiklos ar sąveikos, rezultatas, o fizikoje – tai fizikinė tikrovė, iš kurios sudaryta Visata. Nuo seno klausimas, kas pirminis – sąmonė, energija ar materija, domino garsiausius pasaulio protus. Kol kas nėra net vieno apibrėžimo ar teorijos, paaiškinančios, kas yra sąmonė. Sutariama tik dėl vieno savaime suprantamo dalyko – sąmonė užgimsta smegenyse. Dalis mokslininkų pradėjo ieškoti konkretesnės „sąmonės saugyklos“ smegenyse vietos, bandydami išsiaiškinti, kas turi įvykti smegenyse, kad žmogus būtų sąmoningas. Sparti neurologijos pažanga padeda suprasti smegenų veiklą. Turbūt tik laiko klausimas, kada naujesnės ir galingesnės technologijos atskleis smegenų veikimo mechaniką.

Mokslininkai ir filosofai seniai domisi, kaip smegenys sukuria sąmoningą patirtį. Žmogaus smegenyse yra vidutiniškai 86 mlrd. ląstelių, kurios nuolatos sąveikauja viena su kita. Nors yra abejojančių, ar objektyvūs mokslo įrankiai gali susidoroti su tokiu subjektyviu reiškiniu, mokslininkai nustatė smegenų veiklos pokyčius, susijusius su sąmoningumu, ir iškėlė keletą idėjų, kodėl išsivystė sąmonė. Kaip iš milijardų atskirų nervų ląstelių elektrinio aktyvumo sukuriamas sąmoningas supratimas, lieka vienas didžiausių neatsakytų gyvosios gamtos klausimų. Žinome, kad esame sąmoningi, turėdami mintis, suvokimą ir jausmus, tačiau to negalime įtikinamai paaiškinti. Mokslininkai siekia atrasti nervinės sąmonės koreliacijas, kurios padėtų diagnozuoti ir gydyti sąmonės ir kai kuriuos psichikos sutrikimus.

Pastaraisiais metais sąmonės problema iš filosofijos galutinai persikėlė į gamtos mokslų sritį. Vienas iš aktualiausių neuromokslų klausimų – biologinio žmogaus sąmonės pagrindo supratimas (37 pav.). Paprastas sąmonės apibrėžimas yra juslinis kūno, savęs ir



37 pav. Žmogaus sąmonės atsiradimas: nuo vaisiaus iki naujagimio (Lagercrantz, Changeux, 2009).

pasaulio suvokimas. Vaisius gali suvokti kūną, jausdamas skausmą. Jis reaguoja į prisilietimą, kvapą ir garsą veido mimika. Šios reakcijos tikriausiai yra užprogramuotos ir yra nesąmoningos. Naujagimiui būdingas ne tik jutiminis suvokimas (ypač skausmingi dirgikliai), bet ir gebėjimas atskirti savo ir kito prisilietimą, išreikšti emocijas.

Būseną, kai žmogus suvokia save kaip realybės subjektą, susijusi su smegenų sudėtingų neuroninių tinklų aktyvumu. Mokslininkų bandymai nustatyti konkrečias smegenų zonas, kuriose „gyvena sąmonė“, nebuvo sėkmingi, nors galvos smegenų fiziologija yra ganėtinai intensyviai tyrinėjama sritis. Jie išskyrė smegenų dalis,

kurių aktyvumas yra aiškiai susijęs su sąmone – tai *gumburas*, *juostinė žievė* ir *kampiniai vingiai*. Klasikinė neurologija byloja, kad du kritiniai sąmonės elementai yra susijaudinimas ir sąmoningumas. Susijaudinimą lemia smegenų kamienas – smegenų dalis, ties kuria galvos smegenys jungiasi su stuburo smegenimis. Ji atsakinga už miego ir budrumo ciklą, širdies ir kvėpavimo ritmą. Ilgą laiką sąmoningumo buvo ieškoma žievinėje smegenų dalyje, kuri atsakinga už daugelį aukštesniųjų funkcijų. Tyrimų duomenys rodo, kad žmogaus sąmonė slypi smegenų kamieno ir šių dviejų smegenų žievės regionų tinkle, bent jau čia yra esminiai sąmonės elementai.

Gyvūnai turi neuroanatomines, neurochemines ir neurofiziologines struktūras, kurios liudija sąmoningas būsenas ir elgseną, taigi sąmonę kaip neurologinį substratą turi ne tik žmonės, bet ir kiti gyvūnai bei paukščiai. Sąmonės atsiradimas ir jos turinio formų įvairovė tebėra mįslė. Prieš išsiaiškindami sąmonės mechanizmus mokslininkai turi įvardyti, ką šis terminas apibrėžia. Dirbtinis intelektas nustojo būti mokslinė fantastika, o technologijos vystosi taip sparčiai, kad jau artimiausią dešimtmetį žmonėms teks spręsti, kaip elgtis, jei skaitmeninis protas save „suvoktų“ jį supančiame pasaulyje. Kokie yra išskirtiniai žmogaus sąmonės bruožai? Ar pripažinsime nebiologinių objektų, kurių sudėtingas elgesys nenusileis žmonių elgesiui, sąmonę? Manoma, kad pokalbių robotas „ChatGPT“ pasižymi tam tikru sąmoningumu, todėl svarbu suvokti, kokios „ChatGPT“ savybės yra panašios į žmonių ir kaip jas supranta visuomenė. Į klausimą, kas yra sąmonė, dirbtinis intelektas pateikia atsakymą: sąmonė yra sudėtingas ir daugialypis reiškiny, nurodantis būseną, kai žmogus gali mąstyti bei suvokti aplinką, mintis, jausmus ir išgyvenimus. Ji dažnai apibūdinama kaip subjektyvi vidinė proto patirtis. Visgi kol kas žmogaus egzistencijoje sąmonės prigimtis išlieka filosofinio, mokslinio ir metafizinio tyrimo tema.

Kaip žmogaus smegenys sukuria sąmonę ir kodėl? Kai kas abejoja, ar objektyvūs mokslo įrankiai kada nors susidoros su tokiu subjektyviu reiškiniu. Vis dėlto mokslininkai gali nustatyti smegenų veiklos pokyčius, susijusius su sąmoningumu, ir turi hipotezių, kodėl išsivystė sąmonė. Ir dabar ne visada sutariama, kad sąmonė yra vienas esminių žmogaus elementų. Kaip ir kiekvienoje srityje, taip ir sąmonės klausimu filosofijos ir gyvybės mokslų atstovai neranda daugelio bendrų atsakymų. Filosofai sąmonę tyrinėja tūkstantmečius, o neuromokslininkai tyrimus pradėjo kiek vėliau. Vienas iš fundamentalių klausimų – kas yra žmogus? Nežinant, kas yra sąmonė, būtų sunku atsakyti į šį klausimą. Sąmonės būseną yra visų subjektyvių pojūčių visuma, o sąmonės turinys nurodo konkrečius pojūčius ir išgyvenimus. Yra ne viena teorija, aiškinanti su sąmone susijusius aspektus ar jos lygius.

Sąmonė iš esmės yra subjektyvi, tai reiškia, kad ji patiriama iš pirmojo asmens perspektyvos. Tik tai patiriantis individas gali iš tikrųjų žinoti, kokia yra jo sąmonė. Kokybiniai sąmoningos patirties aspektai – tai spalvų, skonių ar emocijų suvokimas arba subjektyvus jutimo suvokimas stimuliuojant jusles. Šiuos „neapdorotus sąmonės pojūčius“ sudėtinga paaiškinti fiziniais ar moksliniais terminais. Sąmonė nėra vienoda būseną, ji gali svyruoti nuo gilaus miego ir pakitusių sąmonės būsenų iki įvairių budrumo ir sąmoningumo lygių. Galimos įvairios sąmonės būsenos – būdravimo, sapnavimo, gilaus miego ar meditacijos, psichoaktyvių medžiagų sukeltos būsenos. Kiekviena iš jų turi unikalių smegenų veiklos savybių ir modelių.

Neuromokslas ir neurologijos pažanga leido identifikuoti neuronines sąmonės koreliacijas, tai yra specifinius smegenų procesus ir struktūras, susijusius su sąmoninga patirtimi. Nors šios koreliacijos suteikia vertingų įžvalgų, jos nepakankamai paaiškina sąmonės prigimtį.

Sąmonė turi keletą išmatuojamų skirtingų matmenų. Svarbiausi iš jų:

- budrumas, arba fiziologinis susijaudinimas;
- sąmoningumas, arba gebėjimas turėti sąmoningą psichinę patirtį (mintis, jausmus ir suvokimą);
- juslinė organizacija, arba skirtingų suvokimų ir abstraktesnių sąvokų jungtys, suformuojančios bendrą sąmoningą patirtį.

Šios trys dimensijos sąveikaudamos kiekvieną akimirką sukuria bendrą sąmonės būseną (Kingsland, 2023). Nustatyta, kad žmogaus sąmonės sutrikimai, priklausomai nuo būsenos, yra susiję su vienos ar kelių pagrindinių žievės sričių degradacija. Kai kurie mokslininkai teigia, kad sąmonę lemia mikrosąmonės mazgai skirtinguose smegenų regionuose ir kad ji nėra vientisa. Pavyzdžiui, spalva ir judėjimas yra suvokiami skirtingose žievės dalyse, tik tada susijungiami su kitais mazgais ir susidaro makrosąmonė. Pagal sąmonės teorijas, sąmonei yra reikšmingi priežasties ir pasekmės ryšiai tarp neuronų smegenyse. Vienos teorijos priežastį ir pasekmę tarp neuronų įvardija kaip mechanizmą, atsakingą už smegenų veiklos modelių generavimą. Kitoms priežastis ir pasekmė yra fundamentalesnės, be jų sąmonė negali egzistuoti. Nors smegenų veikla įvairi, ji beveik visada susijusi su neuronų veikimo potencialu. Veiksmingas neuronų veikimo potencialo panaudojimas neuroprotezavimui ir nervų funkcijos atkūrimui patvirtina šį potencialą kaip pagrindinį smegenų informacijos elementą.

Psichoanalizės pradininkas S. Freudas išskyrė tris sąmonės kategorijas:

- sąmonę, apimančią pojūčius ir išgyvenimus, kuriuos žmogus suvokia tam tikru momentu;
- priešsąmonę, kurią sudaro mintys, jausmai, įspūdžiai, prisiminimai, esantys už sąmonės ribų; ji yra tai, ką žmogus tuoju užmirš, arba tai, ką beveik jau prisimena;

- sąmonę – primityvių instinktų, emocijų, siekių, trauminių atsiminimų ir kitų suvoktų dalykų „talpyklą“, kurie per sąmonę pateko ir joje įsitvirtino.

Pasąmonei nėra svarbi logika, laikas, erdvė, racionalūs dalykai. Ji labiausiai atsiskleidžia sapnuose, nes sąmonės kalba yra vaizdas. Sapnavimo procesas yra tuo įdomus, kad jo metu esame „atsijungę“ nuo išorinio pasaulio. Nors beveik jokie stimulai nepasiekia smegenų ir mes nebendruojame su aplinka, sapno metu vis tiek išlieka subjektyvūs pojūčiai, sąmonė nedingsta. Akivaizdu, kad sąmonė yra smegenyse generuojamas procesas, jį lengviau izoliuoti miego metu, nes galima atskirti visas neuroninio perdavimo stadijas, kurios nėra būtinos sąmonės egzistavimui.

Taigi žmogus turi ne tik sąmonę, bet ir pasąmonę. Pasąmonė – subjektyviai nekontroliuojamų psichinių procesų visuma. Psichologijoje pasąmonė yra sąmonės priešingybė, ne visada tiesiogiai suvokiama, tačiau veikianti sąmoningą elgesį. Pasąmonės charakteristikomis galima paaiškinti, kodėl žmogus savo veikloje vadovaujasi motyvais, kurie jam pačiam nėra „pasiekiami“ sąmoningai. Evoliucijos metu pasąmonė susiformavo kaip sąmonės apsaugos mechanizmas, saugantis sąmonę nuo nereikalingo darbo ir nepakeliamo krūvio. Jei kokie nors gebėjimai ar tam tikra veikla galima be sąmonės įsikišimo („automatiškai“), tokiu atveju pasąmonė atlaisvina sąmonę nuo psichinio krūvio. Pasąmonė visada saugo tai, kas yra įgyta ir įsisavinta, nesvarbu, ar tai įgūdis, gebėjimas, požiūris ar norma. Pasąmonės konservatyvumas yra vienas pagrindinių jos bruožų. Būtent dėl pasąmonės visa, kas yra individualiai įsisavinta, įgyta, gali įgauti neatidėliotino būtinumo, griežtumo ir kategoriškumo savybių, būdingų nesąlyginiais refleksams.

Skirtingai nuo sąmonės, viršsąmonės sričiai priskiriami pirminiai įvairios kūrybos etapai – idėjų, hipotezių generavimas, kūrybinis nušvitimas. Jeigu pasąmonė apsaugo sąmonę nuo nereikalingo

darbo, per didelio krūvio ir nuovargio, tai išskirtinės kūrybinės intuicijos nesuvokiamumas saugo nuo pirmalaikio sąmonės įsikišimo, ankstesnės patirties poveikio. Be šios apsaugos sveikas protas, dogmatizmas, tvirtos normos blokuotų atsiradusią drąsą ir naują idėją, nes protas pirmiausia įvertina logiškai, o tada palygina ir įvertina idėją remdamasi nusistovėjusia praktika. Viršsąmonės veikla neapsiriboja tik „psichinių mutacijų“ generavimu, atsitiktiniu atmintyje išlikusių pėdsakų rekombinavimu ar atkūrimu. Tam tikromis sąlygomis ji atlieka pirminę potencialių galimybių, variantų atranką ir sąmonei perteikia tik tuos, kuriems būdinga didesnė jų realaus egzistavimo, veiksmingumo ar pritaikymo tikimybė. Todėl net pačios beprotiškiausios kūrėjo idėjos iš esmės skiriasi nuo patologinės beprotystės „pranašiskų sapnų“, kuriuos patiria psichikos ligoniniai ir fantasma-gorijos apimti žmonės.

Smegenys yra mūsų centrinės nervų sistemos centras. Šis sudėtingas valdymo ir kontrolės centras yra atsakingas už kūno sistemų kontrolę. Jis gauna ir apdoroja informaciją iš kūno ir aplinkos bei formuluoja tinkamus atsakymus dažnai be sąmoningo asmeninio suvokimo. Pastarųjų metų tyrimai rodo, kad šiuolaikinių žmonių smegenys yra maždaug 13 % mažesnės nei *Homo sapiens*, gyvenusių prieš 100 000 metų. Ar smegenys mažėja dėl besikeičiančio klimato, ar dėl kai kurių įgūdžių, kuriuos įgijome biologinės raidos metu? Per šešis milijonus metų, nuo tada, kai žmogus paskutinį kartą turėjo bendrą protėvį su šimpanzėmis, žmogaus smegenys padidėjo beveik keturis kartus ir yra labai didelės, palyginti su kitais panašaus dydžio gyvūnais. Visgi tyrimai rodo, kad ši tendencija keičiasi, nes per pastaruosius 100 000 metų vidutinis smegenų dydis sumažėjo. Šiuolaikinių žmonių kaukolės yra vidutiniškai 12,7 % mažesnės nei *Homo sapiens*, gyvenusių per paskutinį ledynmetį. Manoma, kad smegenys ėmė mažėti, kai žmonės nuo intuityvaus mąstymo perėjo prie abstraktaus, padedančio geriau suprasti supančią aplinką. Ši

mąstymo pokytį lėmė kalbos išradimas, dėl kurios metaboliškai efektyviau persitvarkė smegenų nerviniai kanalai. Kitų teigimu, fosilijos rodo, kad smegenys pradėjo trauktis vėliau negu prieš 100 000 metų, o tai reiškia, kad pokytis nebuvo susijęs su kalba. Visgi dar nepakan-ka duomenų, kodėl tam tikru momentu smegenų dydis vėl pradėjo didėti, o vėliau mažėti. Yra nuomonių, kad kintantis klimatas, o ne kalba, yra svarbiausia smegenų mažėjimo priežastis, nes tyrimai rodo, kad žmonių smegenys mažėjo maždaug nuo paskutinio ledynmečio pabaigos ir kad šis mažėjimas koreliavo su klimato atšilimo laikotarpiais. Kuo šiltesnis klimatas, tuo mažesnis žmonių smegenų dydis, o kuo klimatas vėsesnis, tuo smegenys didesnės. Kaukolės susitraukimą galima paaiškinti ir maistinių medžiagų trūkumu, kai mūsų protėviai medžiotojai-rinkėjai perėjo prie žemės ūkio veiklos. Yra manančių, kad žmonių kaukolės sumažėjo dėl socialinių priežasčių: jei draugiškesni, socialiesni žmonės evoliucijos požiūriu buvo sėkmingesni, tai smegenys laikui bėgant galėjo susitraukti. Tačiau šiai teorijai mažai kas pritaria. Tiksliai nustatyti, kada kaukolė ėmė mažėti, beveik neįmanoma dėl randamų fosilijų retumo ir kokybės. Tradiciškai manoma, kad žmogaus „didžiosios smegenys“ išskiria mūsų rūšį iš kitų gyvūnų, nes mąstymo gebėjimai leido sukurti meną, įvairias technikos priemones ir net pasiekti kitas planetas. Taigi, ar dėl smegenų dydžio tampame mažiau protingi, ar mūsų geba siekti didesnio intelekto mažėja (arba bent jau neauga) ir ką tai reiškia žmogaus intelektui? Žmonės išmoko kaupti informaciją kompiuteriuose ir naudoti mašinas, todėl dabartinės smegenys galbūt panaudoja mažiau intelekto ir galios, tačiau tai nereiškia, kad kaip rūšis žmonės tampa mažiau protingi.

Sąmonė yra mūsų pojūčių ir aplinkos patirtis, kuri išblėsta, kai panyrame į gilų miegą arba anesteziją. Tai tampa įmanoma dėl didžiulio neuroninio tinklo. Manoma, kad žmogaus smegenyse yra 15–33 mlrd. neuronų, o kiekvienas neuronas gali turėti daugiau kaip

10 000 sinapsinių jungčių (jungtys tarp dviejų neuronų signalams perduoti). Neuronų sinapsės yra dvejopos – cheminės ir elektrinės. Cheminėse sinapsėse nervinis signalas perduodamas chemiškai sklindančiomis neuromediatoriaus molekulėmis, o elektrinėse sinapsėse – elektriškai. Kai neuronai sąveikauja vieni su kitais, naudodami elektrinius signalus, iš smegenų sklindantys elektros signalai yra matuojami kaip smegenų biosrovės. Smegenų bangos yra elektromagnetinės prigimties, jos susidaro žmogaus galvos smegenyse. Biosrovės yra skirstomos pagal bangos dažnius, kurie yra matuojami hercais per sekundę. Yra žinoma, kad kiekvienas elektrocheminis neuronų impulsas sukuria tam tikro dažnio elektromagnetinį lauką, kurį galima išmatuoti elektroencefalografu (EEG) arba kitais prietaisais. Mokslininkai sugrupavo kai kurias iš šių bangų ir suteikė joms pavadinimus. Lėtos (1 ir 2 Hz) bangos, vadinamos *delta bangomis*, dominuoja žmogui miegant. Delta dažnio bangos sąlygoja gilų atsipalaidavimą. Jos generuojamos magnetiniais arba elektriniais impulsais. 1 Hz dažnio bangos lemia bendrą gerą savijautą, harmoniją ir balansą, 1,1 Hz bangos padeda pasiekti poveikį, panašų į sukliamą endorfinų ir serotoninų harmoniją. 1,45 Hz dažnio bangos sukuria rezonansą tarp pogumburio, hipofizės ir kanorėžinės liaukos.

Teta bangos pulsuoja 3 Hz ir 5 Hz dažniu ir neša emocinį ir pažintinį reaktyvumą. Miego, gilios meditacijos metu teta bangos kaitaliojasi su delta bei alfa bangomis. Esant šioms bangoms (jeigu sugebama išlikti sąmoningam), lengviausiai pasiekama pasąmonė, susidaro optimalios sąlygos kūrybingumui, gebėjimui atsiminti ir mokytis, fantazuoti, įkvėpimui, vizualizacijai, kūrybiniam mąstymui. 4 Hz dažnis stimuliuoja katecholaminų (nervų sistemos mediatorių), svarbių atsiminimui ir mokymuisi, gamybą. Šis dažnis gali būti lengvai sukliamas garsu, pavyzdžiui, būgnais, t. y. esant 160 bpm ritmui (bpm – impulsų dažnis per minutę). Esant 7,5 Hz dažnio

bangoms, fiksuojamas mentalinių gebėjimų aktyvumas, susijęs su neįprastais (paranormaliais) reiškiniiais ir viršjutiminiu suvokimu. Akustinė, optinė arba elektromagnetinė 7,83 Hz stimuliacija aktyvuoja natūralius procesus.

Alfa bangos (8–14 Hz) – tai tranco būsenos ir negilaus miego bangos. Jos atsiranda atsipalaidavus ir nusiraminus užmerktomis akimis. Alfa bangos atitinka budrios sąmonės būseną, kai vyrauja gera savijauta, ramus ir sklandus mąstymas, teigiama nuotaika. Alfa bangas generuoja sveikas organizmas. Sumažėjus alfa bangų aktyvumui, atsiranda streso, susirūpinimo požymiai, sutrikusios smegenų veiklos bei ligų indikacijos. 8–10 Hz apatinė alfa bangų sritis atsako už savivoką, kūno ir psichikos veiklos integraciją. 10 Hz bangos sąlygoja organizmo stabilumą ir veiklos harmonizavimą. Tai optimalus dažnis, stimuliuojantis žinduolio organizmo funkcijas. Savijauta esant 10 Hz gali būti palyginama su katės, tykančios prie pelės urvelio (atsipalaidavusi, bet pasiruošusi pulti bet kurią akimirką). Tokia budėjimo būseną leidžia veiksmingai reaguoti į vieną iš pasirinktų dėmesio objektų. Nustatyta, kad sąmoningumas susijęs su staigiu alfa bangų kritimu ir teta bangų pakilimu.

Beta bangos (14–30 Hz) dominuoja būdraujant atmerktomis akimis, kai dėmesys fokusuojamas į išorinį pasaulį arba sprendžiamos konkrečios problemos. Beta bangos siejamos su koncentracija bei stresu, karštligiška būsena, susirūpinimu, nerimu. 14 Hz dažnis yra jutiminės motorikos ritmas. Tai rami fizinė būseną, kurios metu stebima, kas vyksta tiek kūne, tiek aplinkui, bet apie tai negalvojama. Didelė beta bangų dalis sąlygoja didesnę išskiriamų streso hormonų kiekį. 12–15 Hz beta bangos sutelkia dėmesį į išorę atsipalaidavus, o vidutinės beta bangos (15–18 Hz) – aktyvų dėmesį į išorę. Aukštos beta bangos (18–35 Hz) sukelia stresą, baimę, didelę įtampą.

Gama bangos (35–130 Hz) apsunkina normalų aplinkos suvokimą. Esant gama bangų aktyvumui, pasireiškia hiperaktyvumas,

panika, didelė baimė, išgąstis, įtampa, itin produktyvi protinė veikla. Gama bangos fiksuojamos psichikos ligų atveju (šizofrenija), gali atsirasti mistinių bei transcendentinių vizijų, jos liudija apie savojo „aš“ ribų praradimą. Didesni neuronų tinklai skirtingose smegenų srityse sinchronizuoja bendrą veiklą esant 40 Hz dažniui.

Pateikta dažnių klasifikacija neatsako į klausimą, kas yra sąmonė. Šiais laikais smegenų ir įrenginio sąsajos koduoja ir dekoduoja neuronų veiklą ir įprastai yra naudojamos neuroprotezavimui kontroliuoti. Jutiminių smegenų sričių elektrinė stimuliacija yra tokia tiksli, kad galima pateikti specifinį turinį aplenkiant jutimo organus arba sergančius smegenų audinius. Dabar įmanoma sužadinti atmintį ir selektyviai iš naujo suaktyvinti neuronus, kurie anksčiau buvo natūraliai aktyvūs gyvūno smegenyse.

Laboratoriniuose eksperimentuose veikimo potencialai sukeliami ir registruojami pavieniuose neuronuose ir net nedideliuose tinkluose naudojant srovę ir įtampą. Spartus neurologijos įrankių ir technologijų tobulėjimas priartina tikslą užfiksuoti veikimo potencialą kiekviename smegenų neurone. Iki šiol didžiausiose elektrodų matricose esantys 65 536 kanalai suteikia galimybę gauti precedento neturinčias įžvalgas apie smulkias smegenų funkcijos detales.

Nervų protezavimas ir ypač regos protezavimas gali padėti suprasti, ar smegenų aktyvinimas lemia sąmonės netekimą. Aklujų pacientų matymą gali užtikrinti elektrodų matricos implantai regos žievėje. Neuronai, kuriuos aktyvuoja elektrodai regėjimo žievėje, sukuria regimąjį ir netgi spalvų suvokimą. Šiuo metu smegenų ir įrenginio sąsajų neuronų, kuriuos matricos implantai gali tiksliai stimuliuoti, skaičius yra ribotas. Pagal kai kurias teorijas, naivus bandymas pagerinti regėjimo kokybę didinant stimuliuojamą smegenų sritį ir stimuliuojančių elektrodų skaičių gali sumažinti sąmoningą regėjimo patirtį. Kadangi sąmonė įtraukia daugybę skirtingų pojūčių ir duomenų tipų (jausminių, motorinių ir kt.), mokslininkai

nusprendė gilintis į sritį, kuri sujungia šiuos pojūčius ir duomenis. Tyrimais pavyko nustatyti aktyvią zoną, dar vadinamą *galine karštąja zona*, kurioje per matymą, klausą ir lietimą atėjusi informacija yra apdorojama ir iš jos formuojamas sąmoningas suvokimas apie tai, ką matome, girdime ar jaučiame. Paaiškėjo, kad tai plonas neuronų pluoštelis abiejuose smegenų pusrutuliuose.

Kaip darbalaukis ar vartotojo sąsaja kompiuteryje, leidžiantys juo naudotis neišmanant vidinės sistemos procesų, taip ir sąmonė mūsų mąstymą ir gyvenimą padaro paprastesnį. Norint suprasti, kaip veikia sąmonė, atrodytų tereikia atrasti jos veikimo mechanizmą. Sąmonės prigimtį bando paaiškinti įvairios teorijos.

Materializmas: sąmonė kyla dėl fizinių procesų smegenyse, kitaip tariant, ji yra nervų veiklos produktas. *Dualizmas*: sąmonė yra nuo fizinio kūno atskira esybė, kuri negali būti supaprastinta iki fizinių procesų. Šį požiūrį propagavo René Descartes'as. *Panpsichizmas*: visa gamta yra sudvasinta, visi materialūs objektai turi psichinių savybių ir tam tikrą sąmonės lygį. Žemesnių pakopų būtybių šios savybės nėra akivaizdžios, geriausiai jos pasireiškia žmonėms. Tai rodo, kad sudėtinga sąmonė (būdinga žmonėms) atsiranda paprastesnėms jos formoms susijungus į bendresnius arba pagrindinius elementus.

2014 m. atsiradusi *integruotos informacijos teorija* teigia, kad sąmonė kyla dėl integruotos informacijos apdorojimo smegenyse. Joje pabrėžiama informacijos integravimo kiekybės ir kokybės svarba, siekiama susieti sąmoningumą su tam tikromis fizinėmis sistemos, nustatyti, ar bet kokia fizinė sistema yra sąmoninga, koks yra jos sąmoningumo lygis ir kaip fizinė sistema tą sąmoningumą jaučia. Teorija teigia, kad tiriant, matuojant ir suvokiant sąmoningumą svarbiausias yra patyrimas. Sąmonė formuojasi iš patyrimų, kuriuos apdoroja tam tikra sistemos fizinė struktūra. Kad organizmas būtų sąmoningas, reikia, kad iš aplinkos gaunamus signalus į bendrą patyrimą sujungtų struktūrizuota, integruota, gebanti siųsti signalus

ir juos priimti sistema. Kodėl mes turime sąmonę, kaip ji atsirado evoliucijos eigoje, kodėl suprantame, kad ją turime, kodėl negalime egzistuoti ir atlikti visus reikalingus veiksmus remdamiesi tik biologiniais algoritmais, be jokio asmens įsikišimo, pastebėjimo ar egzistavimo, anot mokslininkų, yra patys sunkiausi klausimai. Lietuvos fizikas Jonas Grigas rašė „Jei sąmonė yra mūsų Visatos dalis, bet kokia fizikos teorija, kurioje sąmonei nėra vietos, turi esminį trūkumą, nes nesukuria pasaulio tikrojo vaizdo. Dar nėra fizikinės, biologinės ar modelinės teorijos, kuri bent kiek paaiškintų sąmonę ir iš jos išplaukiantį protą, tačiau tai nemažina mokslininkų pastangų ją sukurti“ (Grigas, 2021).

Bendraudami žmonės dažnai kalba apie sielą, arba dvasią, nes ji yra tai, kas skiria gyvą kūną nuo negyvo. Kas yra siela? Kaip ją pažinti, kaip su ja bendrauti, kaip į ją kreiptis ir kaip ją suvokti? Ar tai žmogaus dalis, ar tai jo sąmonė? Ar siela turi savo sąmonę, ar ji geba atskirai nuo proto vertinti matomą pasaulį? Jei ji geba atskirai mąstyti, ar gali kenkti žmogui blaiviam mąstymui? Niekas gyvenime nesuteikia mums didesnės asmeninės patirties kaip mūsų pačių sąmonė. Vis dėlto nors sąmonė yra mums įprastas dalykas, ji vis dar yra didžiausia šių laikų paslaptis. Tik dėl to, kad turime sąmonę, galime suvokti aplinką ir save. Šiuolaikiniai mąstytojai susiduria su dideliais sunkumais vien tik bandydami apibrėžti sąmonės koncepciją. Senovės arabų mokslininkas ir poetas Abu al Faradž al Isfahani teigė, kad siela be išminties negyva. Bet jeigu ją praturtinsime mokslu, ji atgis nelyginant užleista žemė po lietaus. XVII a. filosofas R. Descartes'as samprotavo, kad žmonės sudaryti iš dviejų skirtingų medžiagų (substancijų): kūnas ir smegenys yra iš materialios substancijos, o protas – nematerialus ir neapčiuopiamas. Ši filosofinė pozicija negali paaiškinti proto ir sąmonės. Ta nemateriali substancija, kuri kartais įvardijama „siela“, iš esmės egzistuoja savame fizikos dėsniams nepriklausančiame pasaulyje. Remiantis

gyvenimiška patirtimi, tokia atskirtis tarp sąmonės ir kūno atrodo gana natūrali. Juk „aš“ esu mano protas ir „aš“ kasdien įsakau savo kūnui atlikti kažkokį veiksmą: pakelti ranką, pasisveikinti su kaimynu arba mąstyti, džiaugtis. Lietuvos XIX–XX a. mokslinių veikalų autorius Vilhelmas Storosta (Vydūnas), matydamas gamtoje įvairias materijos pakopas ir su jomis susijusias dvasines apraiškas, joje matė ir sąmonę. Negyvojoje gamtoje (kristaluose) tesąs tiktai sąmonės „blykstelėjimas“, augaluose jau yra sąmoningumo „brėškimas“. Tolesnė organinės gamtos pakopa – gyvūnai. Jų sąmoningumas „brėkšta“ ir yra gyvenimą veikiantis pradas. Gyvūnų minčių pasaulis pasireiškia instinktais. Aukščiausią sąmoningumo pakopą yra pasiekęs žmogus. Čia sąmoningumas, anot Vydūno, yra viską nušviečianti šviesa. Šalia sąmonės sąvokos Vydūnas dar vartoja sielos (psichikos) ir dvasios-sielos sąvokas, kurių turinys siauresnis už sąmonės sąvoką. Vydūnui dvasia-siela yra aukščiausia sąmonės išsivystymo pakopa ir reiškiasi tada, kai subjektas per kalbą veikia sąmoningai, atsakydamas už savo veiksmus. Pagal Vydūną, kalba ir savimonė neatskiriami dalykai, nes kalba žmogus išreiškia tai, ką jis pažįsta, suvokdamas išorinį pasaulį ir stebėdamas bei tirdamas savo išgyvenimus. Anot Lietuvos filosofo S. Šalkauskio, filosofija tiria tolimiausias dalykų priežastis, apibendrina specialiųjų mokslų duomenis – mokslas ir filosofija nėra prieštaringi ir vienas kitą papildo, bet pasaulėžiūros mokslu gali būti tik filosofija. Jo nuomone, egzistuoja trys gyvenimo pakopos – gamta, kultūra ir religija. Kiekviena aukštesnė gyvenimo sritis remiasi žemesne, ją papildo, tobulina ir užbaigia. Žemiausia pakopa yra gamta, jai priklauso ir žmogaus prigimtis. S. Šalkauskis ir A. Maceina teigė, kad religija neabsorbuoja kultūros, o tik nukreipia ją pažangos keliu. Pasak filosofo A. Šliogerio, „akivaizdu, kad filosofas yra žmogus, keliantis klausimus, į kuriuos nėra atsakymų. Jeigu taip, tai filosofija yra visuma tokių klausimų, kurie atsakymo neturi. Ar

turi prasmę klausimas, jei žinau, kad atsakymo nėra?“ (Šliogeris, 2019). Šie samprotavimai leidžia suvokti, kad siela yra ypatinga struktūra, ji tarsi yra savarankiška, bet kartu integravusi save į žmogaus kūną ir protą ir nekelianti vidinių prieštaravimų. Kai kurių mokslininkų nuomone, mūsų sielos yra kai kas daugiau nei neuronų sąveika smegenyse. Iš esmės siela yra sudaryta iš pirmapradės kosmoso medžiagos ir veikiausiai egzistavo nuo pat pirmosios pasaulio atsiradimo akimirkos. Kai kurie fizikai sako, kad proto sukurta informacija išlieka Visatoje ir po smegenų mirties, nes mirstant siela niekur nedingsta, ji tiesiog palieka fizinį kūną ir grįžta į kosmosą. Jų nuomone, žmogaus smegenys – tai natūralus kvantinis kompiuteris, mūsų sąmonė – jo programos, o siela – kvantinė informacija, kuri negali būti sunaikinta. Kai kūnas miršta, ji susilieja su Visata, kurioje gali egzistuoti amžinai. Pagal jų sampratą, būtent ta informacija ir yra siela. Taigi teorijų daug, o įrodymų iš anapus dar niekas nepateikė.

Daugybė tyrimų ne kartą patvirtino:

- Žmogaus smegenys yra pati sudėtingiausia žinoma Visatos materijos forma. Ją sudaro milijardai neuronų, kurių sąveika paremta sudėtingais principais. Neuronai yra netiesiniai elementai. Didžioji jų dalis sugeba išsiųsti atskirus galingus signalų pliūpsnius ar jų virtines. Vienas atskiras neuronas sudaro apie 1 000 jungčių su kitais neuronais ir taip suformuojamas tinklas, kuriuo keliauja informacija. Neuronas gali būti padalytas į tris atskiras funkcinės dalis: *dendritą*, *kūną* (*somą*) ir *aksoną*. Dendritas perduoda impulsą į neuroną, aksonas jį gauna iš neurono, o kūnas (*soma*) apdoroja. Jeigu į neuroną atėjusių signalų visuma viršija tam tikrą slenkstinį dydį, neuronas sužadinas – sugeneruojamas išėjimo signalas. *Sinapsė* – tai jungtis tarp dviejų neuronų, skirta signalams perduoti. Dažniausios sinapsės yra tarp

vieno neurono aksono ir kito neurono dendrito, bet yra ir kitokių. Pagal veikimo principą neuronų sinapsės yra dvejopos – cheminės ir elektrinės.

- Sąmonė atsiranda keičiantis informacija cheminiais ir elektriniais signalais smegenyse ir ji padeda gyvybei suvokti savo aplinką.
- Biologijoje, kaip ir apskritai gamtos moksluose, vyrauja materializmas. Biologija vis sėkmingiau aiškina sąmonės reiškinius. Kol kas nėra empirinių reiškinių, kurie paneigtų fundamentalią prielaidą, kad negali būti žmogaus sąmonės būsenos pokyčių be smegenų pakitimų.
- Norėdami paaiškinti sąmonę kaip fizinį procesą, turime pripažinti energijos vaidmenį smegenyse. Energetinė veikla yra visų fizinių procesų pagrindas, todėl ji lemia ir biologinį elgesį. Sąmonė negali egzistuoti be smegenų veiklos. Sąmonės atsiradimo pagrindas yra vidinių poreikių sistemos sąsaja su išoriškai pagrįsta situacijos suvokimo sistema, o tai glaudžiai siejasi su žmonių psichikos mechanizmu.
- Sąmonė, be abejo, yra biologijos reiškinys, todėl jos paaiškinimui reikalingas biologinis požiūris, o patikslinti įžvalgas galima tik ištyrus evoliucijos procesą ir susijusius neurologinius mechanizmus.
- Yra nuomonių, kad sąmonė tėra iliuzija, nors sunku nesutikti, kad sąmonė yra vienintelis nepaneigiamas mūsų egzistavimo faktas. Ji yra toks pat tikrovės aspektas, kaip masė ar elektros krūvis. Sąmonė negali gyventi be kūno, sąmonės ir proto tarpininkas yra fizinė aplinka. Sąmoningas išorinio pasaulio suvokimas yra realaus pasaulio suvaržyta haliucinacija. Vidinių būsenų, tokių kaip emocijos, savastis ir laisva valia, suvokimas taip pat yra haliucinacijų rūšis. Nors sąmonė yra haliucinacijų forma, vis dėlto ji labai svarbi mūsų išlikimui ir klestėjimui.

- Smegenų žievės sričių stimuliavimas gali sukelti judesius ar pojūčius, tačiau tam, kad atsirastų sąmoningas supratimas arba sąmoningas valios veiksmas, reikalingas nepažeistas pagrindinis informacijos perdavimo į žievę centras – *talamas* ir vidurinės smegenys. Talamas yra filtras, esantis prieš smegenų žievę. Visa informacija, patekusi į šią sritį, prieš ją perduodant smegenims, iš anksto apdorojama. Jei viršutinis smegenų kamienas yra sąmonės variklis, tai žievė suteikia mums sąmoningumą.
- Dešimtmečiais neurologai ieško neabejotinų sąmonės signalų elektrinėje smegenų veikloje. Tyrimai rodo, kad kūdikių sąmonės ir atminties blyksniai pasireiškia jau nuo 5 mėnesių amžiaus, o 35 savaitių vaisius turi tam tikrą sąmonės lygį. Iš esmės sąmonė yra psichologinė būseną, kai dėmesio centru tampa „aš“. Tai vienas pirmųjų savęs sampratos komponentų. Žmonės negimsta visiškai sąmoningi, tačiau tyrimai rodo, kad kūdikiai turi pradinį savimonės jausmą. Net vaisius gali suvokti kūną, pavyzdžiui, jausdamas skausmą. Jis reaguoja į prisilietimą, kvapą ir garsą, keičia veido išraiškas, reaguodamas į išorinius dirgiklius. Daugumai žmonių sąmonės „didžiojo sprogo“ momentas įvyksta tarp 2 ir 5 metų. Kai kurie teigia, kad prisimena anksčiau, tačiau kyla abejonių, ar tai tikrai buvo jų sąmoningos atminties aušra, ar kažkas, kas jiems buvo pasakyta.
- Protas yra energija, jis generuoja energiją mąstymui, jausmams ir pasirinkimui. Tai reiškia, kad protas veikia taip, kaip mes generuojame energiją smegenyse. Sąmonė ir protas dažnai laikomi sinonimais, nes „sąmonė“ reiškia unikalių minčių, prisiminimų, jausmų, pojūčių ir aplinkos suvokimą. Smegenys yra proto organas.
- Manoma, kad miego metu prarandame sąmonę. Visgi sąmonė nėra kažkas, ką galima prarasti, bet mūsų subjektyvios

sąmonės būsenos suvokimas yra kažkas kita. Miego metu mes prarandame savo subjektyvios būsenos suvokimą, o sapnuodami suvokiame savo sapno būseną.

- Sąmonė ne tik prisiminimai, ji neatskiriama jutiminės, darbinės ir epizodinės atminties dalis, todėl į visus šiuos elementus žiūrime kaip į tos pačios atminties sistemos dalį.
- Sergantiesiems obsesiniu kompulsiniu sutrikimu (OKS) įvairios mintys kelia nerimą ir atrodo labai tikros. Protas siunčia signalus, kad reikia ką nors daryti, nors realios rizikos ar priežasties nėra. Smegenyse vyksta labai realus procesas, kurio metu kyla reikalavimas imtis veiksmų. Nerimą sukelia mūsų pačių protas, todėl kartais sunku jį atpažinti ir atskirti nuo tikro nerimo.
- Kiekvieną dieną žmogui kyla tūkstančiai skirtingų minčių. Kai kurios iš jų atsitiktinės, beprasmės, painios, gėdingos ar įžeidžiančios. Kartais mintys gali prieštarauti pripažįstamoms vertybėms ar įsitikinimams, antra vertus, mintys dažnai yra automatinės. Mes nežinome, kada įsitraukiame į automatinę mąstymą, tad jo buvimas dažnai nepastebimas.
- Nustatyta, kad smegenų energija intensyviau naudojama, kai atliekamos kognityvinės užduotys, tai yra kai smegenys apdoroja įvairią informaciją, būtiną sėkmingiems kasdieniams procesams, orientavimuisi laike ar aplinkos suvokimui. Masės ir energijos ryšys fizikoje – santykis tarp masės ir energijos raišybės sistemoje ($E = mc^2$). Jis rodo, kad masė ir energija yra ekvivalentūs dydžiai, nes c^2 yra konstanta. Kadangi mintys yra energijos signalai, tai energijos signalą koduojantys jonai ir molekulės taip pat turi masę.
- Intelektas ir sąmonė yra skirtingi dalykai: intelektas – tai *daryti*, o sąmonė – *būti*. Sąmonė – suvokimų, minčių ir jausmų turėjimas. Sąmonės procesas gali būti vertinamas

ir evoliuciniu požiūriu: nuo atomo iki DNR molekulės, iš DNR molekulės į ląstelę ir iš ląstelių iki neuronų.

- Smegenys yra fizinis organas gyvūnų kaukolės viduje, o protas yra sąmonės jausmas, vykstantis smegenų viduje. Visi organizmo prisiminimai yra saugomi smegenyse neuronų skaidulose.
- Sąmonė be medžiagos egzistuoti negali, nes sąmone apibūdinamas laikotarpis, kai mes (ar kita gyvybės forma) suvokiame savo aplinką. Neurologų teigimu, mes suvokiame tik apie 5 % savo pažintinės veiklos, todėl mūsų sprendimai, veiksmai, emocijos ir elgesys daugiausia priklauso nuo 95 % smegenų veiklos, kuri viršija mūsų sąmoningą suvokimą.
- Žmogaus sąmonė turi tiesioginį ryšį su šviesa, nes būtent šviesa padeda kurti sąmonę. Per regėjimą smegenys atlieka mąstymo, samprotavimo, apdorojimo, integravimo ir visos turimos informacijos interpretavimo funkcijas.
- Dauguma gyvūnų yra sąmoningi ir šią būseną kontroliuoja specifinės smegenų sritys, pavyzdžiui, žinduolių apatinis smegenų kamienas. Vis dėlto tai nėra sąmoningas turinys. Pavyzdžiui, šunys yra sąmoningi, jausmingi, gali ir jausti, ir suvokti kitų jausmus. Jie supranta, kad jie veikia kitus ir aplinkinius įvykius. Daugelis gyvūnų turi ne tik sąmonę, bet ir pasąmonę, tuo galima įsitikinti stebint sapnuojantį šunį.
- Neuronai yra ląstelės, galinčios pasiųsti elektrinius signalus. Beveik kiekviena augalų ląstelė geba tai daryti. Pagrindinis skirtumas tarp gyvūnų ir augalų yra tas, kad gyvūnai tam tikras funkcijas sutelkia organuose, o augalai visas funkcijas paskirsto po visą „kūną“. Augalai gali perduoti tam tikrą prasmę turinčius pranešimus tiems, kurie sugeba juos priimti ir suprasti. Negalėdami laisvai judėti, jie sukūrė kitas komunikacijos sistemas. Svarbiausia iš jų – ore sklindančios lakiosios

medžiagos. Kiekviena molekulė neša tam tikrą informaciją, o molekulių visuma galima perduoti gana sudėtingą pranešimą. Augalų neuroninių tinklų veiklą netiesiogiai rodo tai, kad augalai naudoja beveik tuos pačius neurotransmiterius, kaip ir žmonės, įskaitant du svarbiausius – glutamatą ir GABA (gama amino sviesto rūgštį).

Nors mokslininkai jau daug metų siekia išsiaiškinti proto prigimtį, kaip veikia protas ir kaip protą veikia kūnas, kol kas vienareikšmių atsakymų vis dar nėra arba jie neišsamūs. Nors tikrasis žmonių smegenų pajėgumas lieka nežinomas, turimi tyrimai rodo, kad smegenys gali sukaupti iki 2,5 petabaitų (arba milijonus gigabaitų) duomenų. Niekas tiksliai negali paaiškinti, kiek atmintis užima vietos mūsų smegenyse, jau nekalbant apie tai, kas yra atmintis. Kaip tokios skirtingos sistemos kaip protas ir sąmonė gali sąveikauti tarpusavyje, kokie yra jų sąveikos principai ir dėsniai, kaip sąmoningos mintys ir jausmai gali atsirasti iš pilkosios masės, vadinamos smegenimis, kuriuose vyksta vien elektrocheminiai procesai?

Ar sąmonė, mintys ir jausmai yra kažkas šalia smegenyse vykstančių fizinių procesų, ar tai yra tie fiziniai procesai? Manoma, kad svarbiausia priežastimi, kodėl nepavyksta paaiškinti sąmonės, yra ta, kad jos negalima funkciškai išanalizuoti. Sąmonė yra daugiamatis reiškinys, tačiau pagrindiniai aspektai, tokie kaip sąmoningumas ir budrumas, kol kas aprašyti tik konceptualiai, o ne neurobiologiškai. Žmogaus sąmonė laikoma grynai natūraliu (biologiniu) reiškiniu. Žinome, kad sąmonė yra viena iš materijos formų, tačiau nežinome, kaip ji gali atsirasti iš smegenyse esančių medžiagų. Mokslininkai sutaria, kad sąmonė yra būseną, kai žmogus suvokia aplinką, mintis, jausmus ir patirtį, visgi tiksliai sąmonės prigimtis, kilmė ir mechanizmai dar yra diskusijų ir tyrimų objektas. Neuronai yra priežastinis sąmonės pagrindas, tačiau mes neįsivaizduojame, kaip pastaroji forma atsiranda iš pirmosios. Mokslas kol kas neturi tikslaus atsakymo,

kas yra protas ir sąmonė, tačiau yra požiūris, kuris sąmonę sieja su aiškia biologine funkcija.

Sąmonės išaiškinimas turbūt yra vienas sunkiausių mokslo sprendžiamų klausimų per visą žmonijos istoriją. Nepaisant mokslo pažangos apie sąmonę, klausimas, kaip sąmonė kyla iš smegenų veiklos, išlieka. Nors mokslininkų laukia ilgas kelias, tikimasi, kad atsakymai į klausimus apie sąmonę anksčiau ar vėliau bus surasti.

Ar galime sukurti dirbtinį intelektą, panašų į žmogaus intelektą

Intelektas, arba protas, – ypatinga subjekto ir objektų sąveikos forma, kylanti iš išorinių veiksmų, pasireiškiančių kaip visuma koordinuotų tarpusavyje operacijų, kurios sudaro grįžtamąsias pastovias ir paslankias psichikos struktūras, pasižyminčias aukštu motyvacijos bei savimonės lygiu. Antra vertus, intelektas – gabumų, iš kurių kiekvienas gali savarankiškai atskirai egzistuoti, visuma. Dirbtinio intelekto vystymo iššūkiai ir galimos grėsmės kelia nemažai klausimų – kaip mes mąstome, bendraujame, mokomės, jaučiame ir kuriame. Jei norime sukurti žmogaus lygį siekiantį dirbtinį intelektą, pirmiausia turime suvokti, kas apibrėžia žmogų ir jo tikslus. Išskiriami septyni pirminiai intelekto gebėjimai: 1) geba suvokti erdvę, visas jos figūras ir santykius, 2) geba orientuotis erdvėje ir perdirbti mintyse jau susidariusius vaizdus, 3) geba išreikšti žodžiais savo mąstymo turinį, 4) geba įsiminti, išlaikyti ir atgaminti informaciją ar patyrimą, 5) geba nustatyti kiekio santykius ir jais operuoti, 6) geba nustatyti dėsningumus, juos apibendrinti ir daryti loginius sprendimus ir 7) geba vaizdingai, lakoniškai kalbėti. Žmogaus intelekto ir elgesio ištakos siejamos su unikaliu individo genetikos, auklėjimo, polinkių ir įvairių situacijų bei aplinkos poveikio deriniu, todėl nagrinėjamos įvairios intelekto rūšys. Loginis matematinis intelektas pasižymi lanksčiu mąstymu, gebėjimu grupuoti mintis, pamatyti dėsningumus ir juos apibendrinti. Kalbiniui intelektui būdingas gebėjimas suvokti žodžių reikšmes, tinkamai vartoti žodžius, suprasti ir įsiminti kalbinę informaciją bei metaforas. Muzikiniam intelektui svarbi užkoduota ritminė informacija, ritmo proporcijų jautumas, ryškūs girdimų garsų vaizdiniai. Erdvinis intelektas geba suvokti erdvės visumos vaizdą, jos figūras ir santykius, pasižymi turtinga vaizduote, techninio

konstravimo polinkiu. Kūniškam intelektui svarbus labai tikslus savo kūno suvokimas ir valdymas. Vidinis intelektas pasižymi nuolatinio žinių kaupimu apie save, geba įsisąmoninti savo mintis, jausmus, kūno pojūčius, valdyti kūno funkcijas ir elgesį. Socialiniam intelektui svarbi geba bendrauti ir suprasti kitą žmogų. Skiriamas *takusis* ir *kristalizuotas* intelektas. Takusis intelektas nulemia gebėjimą naudoti ir pritaikyti informaciją, gaunamą iš atminties ar iš to, ką šiuo metu suvokiame. Kristalizuotas intelektas susijęs su informacija, kurią žinome ar prie kurios turime prieigą, nes ji prisiminimų forma saugoma atmintyje. Žmogaus intelektas siekia prisitaikyti prie naujų situacijų, derindamas įvairius pažinimo procesus, o taikydamas naujai įgytą informaciją, jis gali laisvai formuoti savo aplinką.

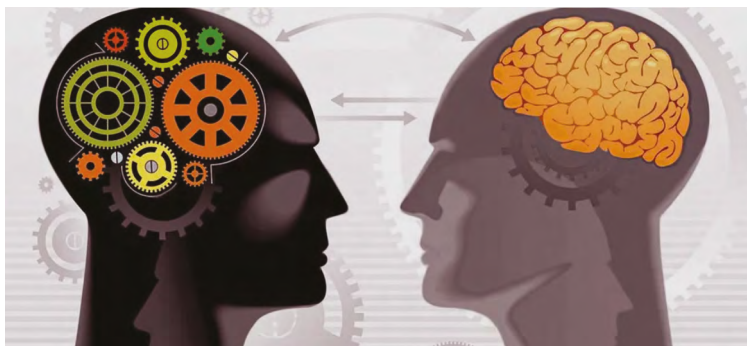
2022 m. sukurtas dirbtinio intelekto (DI) palaikomas pokalbių robotas „ChatGPT“ 2024 m. pateko į metų svarbiausių mokslinių tyrinėjimų dešimtuką. Pokalbių roboto įtraukimas į dešimtuką patvirtina didžiulį jo poveikį mokslo raidai ir pažangai. Nors pokalbių robotas „haliucinuoja“ faktus ir nuorodas, svarbiausia jo užduotis yra skatinti vaizduotę. Galimi tokių sistemų kaip pokalbių robotas pritaikymai ateities tikslams vis dar neaiškūs, tačiau dėl vieno aspekto sutariama: dirbtinio intelekto revoliucija prasidėjo ir kelio atgal nėra.

Dirbtinis intelektas – tai sukurtas mašinos ar kompiuterio gebėjimas, kuris techninėmis priemonėmis leidžia teisingai interpretuoti išorinius duomenis, mokytis iš jų ir panaudoti žinias konkrečioms tikslams ir uždaviniams įgyvendinti. Dirbtinis intelektas siekia sukurti mašinas, kurios galėtų imituoti žmogaus elgesį (argumentavimą, mokymąsi, planavimą, kūrybiškumą) ir atlikti užduotis, panašias į žmonių atliekamas. Kompiuteris priima duomenis (jau parengtus ar surinktus per savo jutiklius, pavyzdžiui, vaizdo kamerą), juos apdoroja ir reaguoja. Dirbtinio intelekto pagrindas yra žmogaus išvalgos, kurios gali būti nustatytos taip, kad mašinos galėtų lengvai atlikti

darbus – nuo pačių paprasčiausių iki sudėtingiausių. Į dirbtinio intelekto sritį patenka robotikos, mechanizmų valdymo, kompiuterinio regėjimo, planavimo, duomenų gavybos ir kitos užduotys. Analizuodamos ankstesnių veiksmų poveikį ir dirbdamos autonomiškai dirbtinio intelekto sistemos gali tam tikru lygiu pritaikyti savo elgesį. Dirbtinis intelektas yra laikomas svarbiausiu visuomenės skaitmeninės transformacijos prioritetu. Ir nors prognozuojama, kad būsimos programos ateityje atneš didžiulius pokyčius, jau dabar jis daro didžiulę įtaką mūsų kasdieniam gyvenimui. Iki šiol nežinomas nė vienas atvejis, kai pernelyg protingas dirbtinis intelektas kam nors padarė žalą. Priešingai, nepakankamas dirbtinio intelekto lygis gali padaryti didelę žalą, nes tai tik technologija, kuri pertvarko ir perduoda žmonių žinias. Dirbtinio intelekto galimybės nuolat plečiasi, nors jo sistemoms sukurti reikia daug laiko, o jas kuria žmogus. Visos dirbtinio intelekto formos, įskaitant savarankiškai važiuojančias transporto priemones ir robotiką, taip pat sudėtingesnes technologijas, tokias kaip kompiuterinis regėjimas ir natūralios kalbos apdorojimas, priklauso nuo žmogaus intelekto. Labiausiai pastebimas dirbtinio intelekto poveikis yra daugelio pramonės šakų rankinių procesų skaitmeninimas ir automatizavimas. Užduotys, susijusios su tam tikru pasikartojimo lygiu arba didelių duomenų kiekių naudojimu ir interpretavimu, perduodamos kompiuteriui, o tam tikrais atvejais norint atlikti šias užduotis jau nereikia žmonių įsikišimo. Robotika, dirbtinis intelektas ir pramoninė automatika atlieka daugelį kasdinių pareigų, kurias anksčiau atlikdavo žmonės, o ekspertai turi daugiau laiko analizei, naujų ir originalių sprendimų paieškai ir kitoms operacijoms, susijusioms su žmogaus intelektu. Dirbtinis intelektas gali padidinti produktyvumą ir bendradarbiavimą įmonės viduje, paskatinti prekių ir paslaugų paklausos didėjimą ir ekonomikos augimą. Taigi dirbtinis intelektas geriausiai tinka pasikartojančioms, duomenimis grįstoms užduotims tvarkyti

ir duomenimis pagrįstiems sprendimams priimti, gali automatizuoti konkrečias užduotis ir darbus, todėl greičiausiai kai kuriose srityse jis pakeis žmones. Tačiau žmogaus įgūdžiai, kūrybiškumas, kritinis mąstymas, emocinis intelektas ir sudėtingų problemų sprendimų geba vis tiek yra vertingesni, nes negali būti lengvai atkartojami dirbtinio intelekto. Svarbu dirbtinį intelektą vertinti kaip įrankį, galintį padidinti produktyvumą ir suteikti naujų galimybių, o ne kaip visišką žmogaus dalyvavimo pakaitalą. Nepaisant pasaulinių dirbtinio intelekto plėtros tendencijų, žmonių padėtis šiuose procesuose lieka neaiški. Atsižvelgiant į investicijas ir vyraujančias dirbtinio intelekto integravimo į pagrindinius sektorius strategijas, žmonija šios technologinės revoliucijos metu rizikuoja likti nuošalyje. Norint išlikti konkurencingoms, valstybėms būtina ne tik didinti investicijas į dirbtinį intelektą, bet ir parengti nacionalines jo integravimo į ekonomiką strategijas. Nors dirbtinio intelekto privalumai ir trūkumai yra ginčytini, jo poveikis pasaulinei pramonei yra neabejotinas. Jis ir toliau auga kiekvieną dieną, skatindamas verslo tvarumą. Išmaniųjų sistemų kūrimas ir integravimas į gamybos procesus ne tik padidins našumą, bet ir sumažins žmogiškojo veiksnio įtaką, pašalins klaidas ir padidins operacijų tikslumą. Pagrindinių darbuotojų pakeitimas dirbtiniu intelektu kai kuriuose sektoriuose jau tapo realybe.

Dirbtinio intelekto tyrimams dar nėra ir šimto metų. Tik 1940 m. ir 1950 m. keletas įvairių sričių (matematikos, psichologijos, inžinerijos, ekonomikos ir politikos mokslų) mokslininkų pradėjo diskutuoti apie galimybę sukurti dirbtines smegenis. Neurologijos tyrimai rodo, kad smegenys yra elektrinis neuronų tinklas, skleidžiantis impulsus. Bet kokia skaičiavimo forma gali būti aprašyta skaitmeniniu būdu (38 pav.). Kilo hipotezė, kad galbūt įmanoma sukurti „elektronines smegenis“. Dirbtinio intelekto pradininku laikomas britų logikas ir kompiuterių iniciatorius Alanas Mathisonas Turingas, kuris XX a. viduryje atliko ankstyviausius dirbtinio intelekto kūrimo



38 pav. Dirbtinio intelekto ir mašininio mokymosi palyginimas.

darbus. 1950 m. A. M. Turingas svarstė galimybę sukurti mąstančias mašinas, tačiau pažymėjo, kad „mąstymą“ sunku apibrėžti. Pasak jo, jei aparatas galėtų palaikyti pokalbį (per telespausdintuvą), kurio negalima atskirti nuo pokalbio su žmogumi, tuomet būtų galima sakyti, kad mašina „galvoja“. 1952 m. mokslininkas Arthuras Samuelis sukūrė pirmą programą savarankiškai žaisti šaškėmis.

1956–1974 m. buvo sukurtos „stulbinančios“ programos – kompiuteriai sprendė algebros uždavinius, įrodinėjo geometrijos teoremas ir mokėsi kalbėti angliškai. Mažai kas tuo metu tikėjo, kad toks „protingas“ mašinų elgesys apskritai įmanomas. Tyrėjai reiškė didelį optimizmą ir prognozavo, kad visiškai protinga mašina bus sukurta greičiau nei per 20 metų. 1993–2011 m. daugiau nei pusę amžiaus skaičiuojanti dirbtinio intelekto sritis pagaliau pasiekė kai kuriuos savo tikslus ir buvo pradėta sėkmingai taikyti technologijų pramonėje. Dalį sėkmės lėmė didėjanti kompiuterio galia, o dalis pažangos buvo pasiekta sutelkus dėmesį į atskiras problemas, kai jas sprendžiant buvo laikomasi aukščiausių mokslinės atsakomybės standartų. Daugelis 1990-ųjų dirbtinio intelekto tyrėjų savo darbus sąmoningai vadino kitais pavadinimais, tokiais kaip informatika,

žiniomis pagrįstos sistemos, pažinimo sistemos ar skaičiavimo intelektas. Iš dalies taip nutiko todėl, kad, jų manymu, ta sritis iš esmės skiriasi nuo dirbtinio intelekto. Visgi XXI a. įvyko tikras dirbtinio intelekto tyrimų protrūkis. XXI a. pirmaisiais dešimtmečiais prieiga prie didelių duomenų kiekių („didžiųjų duomenų“), pigesni ir greitesni kompiuteriai bei pažangūs mašininio mokymosi metodai buvo sėkmingai pritaikyti sprendžiant daugelį problemų, ypač ekonomikos. Britų kilmės kanadietis Geoffrey Hintonas, žinomas kaip dirbtinio intelekto krikštatėvis, padėjo sukurti keletą reikšmingų šios srities įrankių. G. Hintonas laikomas pagrindiniu *giliojo mokymosi* sistemos kūrėju. Gilusis mokymasis yra mašininio mokymosi šaka, kuri modeliuoja aukšto lygio duomenų abstrakcijas naudojant giliają grafiką ir daugybę apdorojimo sluoksnių. Giliojo mokymosi pažanga paskatino vaizdo ir jo apdorojimo, teksto analizės ir net kalbos atpažinimo pažangą bei tyrimus. Problemos sprendimą sunkino tai, kad didelių duomenų, arba duomenų rinkinio, negalima užfiksuoti, valdyti ir apdoroti įprastiniais programinės įrangos įrankiais, ypač jei šių duomenų apdorojimą riboja laikas.

Per pastaruosius XXI a. 2-ojo dešimtmečio metus mašininis mokymasis tapo itin populiariu didelių duomenų masių klasifikavimo ir prognozavimo įrankiu. Tačiau paaiškinti mašininio mokymo loginių sprendimų eigą gali būti labai sunku. Neuroniniai tinklai yra sukurti iš tarpusavyje sujungtų mazgų, sumodeliuotų pagal smegenų neuronus, kurių struktūra kinta jais tekant informacijai. Nors šis prisitaikantis modelis gali išspręsti sudėtingas problemas, dažnai neįmanoma perprasti procesų logikos. Toks skaidrumo stygius buvo pramintas „juodosios dėžės“ problema, nes niekas negali matyti tinklo vidaus, kad paaiškintų jo „mąstymo“ procesą. Tai ne tik pakerta pasitikėjimą rezultatais, bet ir riboja sampratą, kiek neuroniniai tinklai gali prisidėti prie žmonių mokslinio pasaulio supratimo. Nors žvilgtelėjimas į „juodąją dėžę“ gali padėti žmonėms

sukurti naujas mokslines hipotezes, reikia dar daug ką nuveikti. Aiškinamasi, kokios koreliacijos atsiranda mašininio mokymosi procese, tačiau jos negali įrodyti priežastinio ryšio ar pateikti paaiškinimų, todėl tenka pasikliauti ekspertais. Mašininis mokymasis dažnai naudoja žmogaus surinktus duomenis, todėl galimas žmogiškas šališkumas. Toks mokymasis gali padėti žmonėms siekti žinių iš mažiau šališkos perspektyvos, o neuroniniai tinklai – paskatinti žmones naujai mąstyti apie senas problemas. Nors patys tinklai dar negali kelti hipotezių, jie gali duoti užuominų ir nukreipti mokslininkų mintis kita linkme.

Skirtinguose veiklos sektoriuose ir pramonės šakose dirbtinis intelektas turi ir privalumų, ir trūkumų. Sveikatos priežiūros srityje dirbtinis intelektas geba pagerinti diagnozę ir gydymą. Jo algoritmai gali analizuoti didelius medicininių duomenų kiekius (pacientų įrašus, laboratorinius rezultatus, medicininius vaizdus), padėti sveikatos priežiūros specialistams tiksliai ir laiku nustatyti diagnozę ar sunkiai aptinkamas anomalijas ir taip pagerinti gydymo rezultatus. Antra vertus, dirbtinio intelekto trūkumu laikomos etikos ir privatumo problemos. Sveikatos priežiūros dirbtinio intelekto sistemos labai priklauso nuo pacientų duomenų ir kartais pacientui jautrios medicininės informacijos, todėl labai svarbu apsaugoti pacientų privatumą, išlaikyti duomenų konfidencialumą ir užkirsti kelią neteisėtai prieigai prie asmens sveikatos informacijos.

Dirbtinis intelektas geba padidinti žmogaus kūrybiškumą ir suteikti naujų meninės raiškos būdų. Gali padėti menininkams, muzikantams ir rašytojams kurti naujus kūrinius, tyrinėti naujus meninius stilius ir peržengti tradicinių kūrybos procesų ribas. Natūralios kalbos apdorojimo modeliai vis dažniau naudojami moksliniuose tyrimuose ir jų gebėjimas atlikti įvairias užduotis sparčiai žengia į priekį. Pavyzdžiui, aukštos kokybės mokslinių straipsnių rašymas yra būtinas perduodant kitiems mokslininkams

1 lentelė. Žmogaus ir dirbtinio intelekto palyginimas

Žmogaus intelektas	Dirbtinis intelektas
Pažinimo gebėjimai (mąstymas, vertinimas, kritinis požiūris ir kt.) yra sukurti žmogaus prigimties.	Ankstyvo indėlio į dirbtinį intelektą (DI) prioritetas priskiriamas JAV filosofui ir matematikui Norbertui Wieneriui.
Žmogaus intelekto tikslas – derinti pažintinę veiklą siekiant prisitaikyti prie naujų aplinkybių.	Dirbtinio intelekto tikslas – sukurti kompiuterius, kurie elgtųsi kaip žmonės ir atliktų jų darbus.
Žmonės naudojami atmintimi ir pažintiniais gabumais, kuriuos jiems suteikia jų smegenys.	Dirbtinio intelekto įrenginių veikimui būtinas duomenų ir komandų apdorojimas.
Pagal informacijos apdorojimo greitį žmonės neprilygsta dirbtiniam intelektui ar robotams.	Kompiuteriai gali apdoroti gerokai daugiau informacijos ir greičiau nei žmonės. Jei žmogaus protas matematikos uždavinį gali išspręsti per penkias minutes, dirbtinis intelektas per vieną minutę gali išspręsti dešimtis uždavinių.
Žmogaus intelektas įgyjamas mokantis per įvairias patirtis ir situacijas.	Robotai nesugeba abstrakčiai mąstyti ar daryti išvadų, remdamiesi praeities patirtimi.
Subjektyvūs veiksniai gali turėti įtakos žmonių sprendimams.	Dirbtinis intelektas vertina gautų faktų visumą ir priimdamas sprendimus yra ypač objektyvus.
Žmogaus įžvalgose beveik visada yra „žmogaus klaidos“ tikimybė.	Dirbtinis intelektas yra pagrįstas gairių rinkiniu, todėl pateikia tikslius rezultatus.
Žmogaus protas sugeba koreguoti savo sprendimus, reaguodamas į besikeičiančias aplinkos sąlygas.	Dirbtiniam intelektui prireikia daug daugiau laiko prisitaikyti prie pokyčių.

mokslinių tyrimų rezultatus. Sparčiai vystosi dirbtinio intelekto sistemos, vykdančios įvairias tyrimų užduotis. Tai gali būti rankraščio rašymas, gramatikos, rašybos ir stiliaus vertinimas. Maždaug 50 % dirbtinio intelekto sukurtų tekstų skaitytojų teikia pirmenybę ne žmogaus parašytiems tekstams dėl „sklandumo ir geresnės formuluotės“. Visgi dirbtinio intelekto sukurtiems darbams gali trūkti originalumo ir autentiškumo, gilumo, emocinio ryšio ir unikalių perspektyvų, kylančių iš žmogaus patirties ir emocijų.

Pastaruoju metu vyksta varžytuvės tarp dirbtinio intelekto kūrėjų dviejose konkuruojančiose atvirojo ir uždarojo kodo programinės įrangos stovyklose. Atvirojo kodo programinė įranga yra ta, kai šaltinio kodas yra prieinamas visiems viešose srityse, kad galėtų ją naudoti, modifikuoti ir platinti. Tai skatina kūrybiškumą ir naujoves, nes kūrėjai, kad pakeistų savo produktus ir įrankius, gali remtis dirbtinio intelekto algoritmais ir iš anksto parengtais modeliais. Uždarojo kodo dirbtinio intelekto atveju šaltinio kodas yra ribojamas asmeniniam naudojimui ir naudotojai, išskyrus tik įmonę, kuriai tai priklauso, negali jo keisti ar kurti. Atvirojo kodo įmonės yra lengviau finansuoti, o tai reiškia, kad jos turi daugiau kapitalo naujovėms. Atvirojo kodo dirbtinio intelekto įmonės teigia, kad jos daro technologijas labiau prieinamas visiems. Tai suvienodina konkurencinio žaidimo sąlygas, nes atvirojo kodo programinė įranga apskritai yra nemokama, todėl „mažesni“ žaidėjai gali konkuruoti su „didesniais“. Atvirasis kodas taip pat leidžia bet kam patikrinti kodą, kaip jis matomas reguliuotojams, o naudojant uždarąjį jo detalės nėra skaidrios. Visgi uždarojo kodo dirbtinio intelekto įmonės teigia, kad atvira prieiga kelia grėsmę saugumui, nes per daug pavojinga atvirai skelbti savo kalbos modelį visuomenei, o patekęs į netinkamas rankas, jis gali generuoti aukštos kokybės netikras naujienas. Dėl šio pavojaus atvirojo kodo sistemose greičiausiai bus įdiegtos griežtesnės apsaugos priemonės.

Dirbtinis intelektas švietime gali pateikti personalizuotą mokymosi patirtį, analizuoti daugybę duomenų apie mokinių rezultatus ir pageidavimus, kurti tinkamą mokymo turinį ir siūlyti mokymosi būdus. Visgi švietime išryškėja etikos ir privatumo problemos, nes dirbtinio intelekto sistemos renka ir analizuoja daug duomenų apie mokinius (mokymosi rezultatus, elgesį, asmeninę informaciją). Reikia užtikrinti, kad šie duomenys būtų tvarkomi saugiai taikant atitinkamas privatumo apsaugos priemones.

Dirbtinis intelektas gali padidinti transporto saugumą ir eismo efektyvumą keliuose. Jo sistemos gali analizuoti realaus laiko duomenis iš jutiklių, kamerų ir kitų šaltinių, priimti greitus ir pagrįstus sprendimus, mažinti žmonių klaidų ir nelaimingų atsitikimų pavojų, optimizuoti eismo srautus. Antra vertus, gali būti sudėtinga nustatyti, kas bus atsakingas už dirbtinio intelekto valdomos transporto priemonės sukeltą avariją. Be to, dirbtiniam intelektui priimant sprendimus, pvz., susijusius su eismo valdymu siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų, gali tekti atsižvelgti į etinius aspektus, pvz., ribotų išteklių paskirstymą transporto infrastruktūrai arba keleivių ir pėsčiųjų apsaugai, o subalansuoti šias etines transporto dilemas yra sudėtingas ir nuolatinis iššūkis. Hipotezių kūrimas visą laiką buvo tik žmogaus protinės veiklos sritis, tačiau dabar, užuot pasiklioję žmogaus prielaidomis kuriant naujas įžvalgas, mokslininkai pasitelkia mašininio intelekto priemones, kurios siūlo naujas hipotezes, pagrįstas informaciniuose tinkluose randamais modeliais. Tai pagreitina mokslinį procesą ir mažina žmonių šališkumo veiksnį. Pavyzdžiui, žinoma, kad elektrinės transporto priemonės gali gerokai sumažinti CO₂ išmetimus, tačiau atsiranda automobilių baterijų problema. Prognozuojama, kad vieno svarbaus baterijos komponento – nikelio – stygius išryškės jau artimiausioje ateityje. Mokslininkai, pasikliaudami dirbtiniu intelektu, iš daugiau nei 300 variantų atrinko keturias naujas baterijoms tinkamas medžiagas. Buvo išvengta ilgo

bandymų laikotarpio ir galimų klaidų. Ir tai nėra vienintelė sritis, kai ieškant mokslinio įkvėpimo kreipiamasi į dirbtinį intelektą.

Rinkodaroje dirbtinis intelektas pagerina personalizavimą. Dirbtinio intelekto algoritmai gali analizuoti daugybę klientų duomenų (demografinius rodiklius, pirkimų istorijas, suasmenintus rinkodaros pranešimus), todėl rinkodaros specialistai gali pritaikyti savo siūlymus konkrečioms klientų segmentams, tačiau ir šioje srityje yra galimas žmogaus kūrybiškumo stygius, nes dirbtiniam intelektui sunku atkartoti unikalius žmogiškuosius rinkodaros elementus (emocinį ryšį, intuiciją, kūrybinį mąstymą ir žmogaus kūrybiškumą).

Per menkas dirbtinio intelekto naudojimas yra vertinamas kaip didelė grėsmė, nes tuomet galima prarasti konkurencinį pranašumą prieš kitas pasaulio šalis ir patirti ekonominę stagnaciją (Brockman, 2019). Nepakankamą naudojimą gali lemti žmonių ir verslo nepasitikėjimas dirbtiniu intelektu, prasta infrastruktūra, iniciatyvos stoka, mažos investicijos ar susiskaldžiusi skaitmeninė rinka. Perteklinis dirbtinio intelekto naudojimas tam tikrose situacijose taip pat gali kelti problemų. Pavyzdžiui, kai investuojama į nenaudingas programas arba kai dirbtinis intelektas naudojamas netinkamose situacijose, pvz., sprendžiant, kas yra atsakingas už dirbtinio intelekto valdomo prietaiso ar paslaugos padarytą žalą. Įvykus savaime važiuojančio automobilio avarijai, kas turėtų padengti žalą – savininkas, automobilio gamintojas ar programuotojas?

Dirbtinis intelektas gali kelti grėsmę pagrindinėms teisėms ir demokratijai, nes jo pasiekti rezultatai priklauso nuo to, kaip jis buvo sukurtas ir kokią informaciją naudoja. Dizainas ir informacija gali būti šališki, tam tikri programos aspektai gali būti nesuprogramuoti algoritme ar suprogramuoti klaidingai. Be to, teikdamas socialinę tikrovę vaizduojančius skaičius, dirbtinis intelektas gali atrodyti labai tikslus, net jei taip ir nėra. Samdant ar atleidžiant darbuotojus, teikiant paskolas, arešto orderius ir kita, dirbtinis intelektas gali

priimti klaidingus sprendimus, grįstus etniškumu, lytimi ar amžiumi. Dirbtinis intelektas gali paveikti žmonių teisę į privatumą ir duomenų apsaugą, pavyzdžiui, jis gali būti panaudotas veidų atpažinimo sistemose arba gali sujungti turimus duomenis ir pateikti tokius rezultatus, kurių žmogus nesitiki. Neatmestina ir melagingo turinio tikimybė, taip manipuliuojant žmonių nuomone.

Pernelyg didelis pasitikėjimas dirbtinio intelekto technologijomis gali sumažinti žmonių įtaką ir kompromituoti tam tikrus visuomenės aspektus. Pavyzdžiui, dirbtinio intelekto naudojimas sveikatos priežiūros srityje gali sumažinti žmonių empatiją ir kritinį mąstymą, o generatyvinio dirbtinio intelekto naudojimas gali pakenkti žmogaus kūrybiškumui ir emocinei raiškai. Pernelyg didelė sąveika su dirbtinio intelekto sistemomis gali apriboti bendraamžių bendravimą ir socialinius įgūdžius. Nors dirbtinis intelektas neabejotinai gali padėti automatizuoti rutinines užduotis, nerimaujama dėl jo turimo potencialo pakenkti žmogaus intelektui ir įgūdžiams.

Manoma, kad dirbtinio intelekto naudojimas darbo vietose stipriai sumažins darbų apimtį, tačiau kartu galbūt sukurs naujų, geresnių darbo vietų, stabdys ilgalaikę bedarbybę ir užtikrins aukštesnės kvalifikacijos darbo jėgą. Antra vertus, dirbtinio intelekto programos, fiziškai susijusios su žmonėmis arba net integruotos į žmonių kūnus, gali būti blogai parengtos ar neteisėtai naudojamos ir kelti riziką žmonėms. Dar viena grėsmė – žmogus gali neatskirti, ar jis bendrauja su dirbtiniu intelektu, ar su kitu žmogumi. Yra nuomonių, kad dėl dirbtinio intelekto ateityje žmonės nedirbs arba dirbs labai mažai, tačiau tuomet jiems iškils egzistavimo prasmės klausimas. Svarbu suvokti, kad aukštasis išsilavinimas ar gerai apmokamos pareigos neapsaugo nuo dirbtinio intelekto keliamo spaudimo. Ko gero, „baltųjų apykaklių“ darbuotojų ateičiai kyla didesnė grėsmė nei „Uber“ vairuotojams, nes savaeigių automobilių dar beveik nėra, o rašyti ataskaitas dirbtinis intelektas tikrai gali.

Daugeliu atvejų labiau išsilavinusiems darbuotojams kyla didesnė grėsmė nei mažiausiai išsilavinusiems. 2023 m. apskaičiuota, kad turinį galintis generuoti dirbtinis intelektas galėtų atlikti ketvirtadalį viso šiuo metu žmonių atliekamo darbo, todėl dėl automatizavimo gali būti prarasta milijonai darbo vietų. Laimei, ne visos naujienos yra blogos, nes vis dar yra daugybė darbų, susijusių su išskirtinėmis žmogiškosiomis savybėmis.

Artimiausioje ateityje, ko gero, bus trys skirtingų darbų kategorijos. Pirmiausia tai kūrybingas darbas, kai sugalvojamos naujos idėjos ir kuriamas naujas produktas. Visgi nebūtinai visi „kūrybiniai“ darbai yra saugūs. Tokie darbai kaip grafinis dizainas ir su vaizduojamuoju menu susijusi veikla gali vieni pirmųjų patirti dirbtinio intelekto poveikį, nes pagrindiniai algoritmai gali išanalizuoti milijonus vaizdų ir akimirksniu įvaldyti estetikos principus. Tačiau mokslas, medicina, teisė, kur žmonių darbas yra naujos teisinės ar verslo strategijos kūrimas, ir ateityje bus saugios.

Antrajai kategorijai priskirtini darbai, pasižymintys sudėtingais tarpasmeniniais santykiais (slaugytojai, verslo konsultantai, tiriantieji žurnalistai) ir labai giliu žmonių tarpusavio supratimu. Gali praėti daug laiko, kol dirbtiniam intelektui pavyks užmegzti tarpžmogiškus santykius.

Trečiajai kategorijai priskirtini darbai, kuriems reikalingas mobilumas, miklumas bei gebėjimas spręsti problemas nenuspėjamoje aplinkoje (elektrikai, santechnikai, suvirintojai, prekeiviai). Dirbant tokius darbus, nuolat susiduriama su nauja ar netikėta situacija, todėl juos sunku automatizuoti.

Svarstant XXI a. mokslo organizavimo strategiją, verta panagrinėti teiginį, kad gyvenimas klesti daugiausia dėl tam tikro nestabilumo. Stabilios sistemos linkusios priešintis pokyčiams ir rizikuoja pasenti, o nestabilios sistemos sukuria tokią pusiausvyrą, kuri leidžia prisitaikyti ir išvengti per didelio chaoso. Tobulumas nėra palankus

progresui, nes jei norime dinamikos, neturime siekti tobulumo. Tačiau jeigu netobulumas yra tai, ko mums iš tikrųjų reikia, tada labai svarbu nesėkmę vertinti tiek pat (jei ne daugiau), kiek ir sėkmę, nes sakoma, kad tas, kuris niekada nepatyrė nesėkmės, negali perteikti tikrosios išminties.

Dažnai būgštaujama, kad dirbtinis intelektas taps toks galingas, jog žmonija gali negrįžtamai prarasti jo kontrolę. Šis scenarijus buvo įprastas mokslinėje fantastikoje: kompiuteris ar robotas išsiugdo į žmogų panašią „savimonę“ ir tampa piktavališku personažu. Plinta klaidinga informacija, kad dirbtinis intelektas kaip įrankį gali panaudoti kalbą, kad įtikintų žmones tikėti bet kuo, net imtis destruktivių veiksmų. Ideologijos, teisė, valdžia, pinigai ir ekonomika yra sukurti naudojantis kalba. Ekspertų ir verslo atstovų nuomonės dėl su dirbtiniu intelektu susijusios rizikos dažnai yra prieštaringos. Antai žinomos asmenybės (Stephenas Hawkingas, Billas Gatesas, Elonas Muskas) išreiškė susirūpinimą dėl dirbtinio intelekto keliamos egzistencinės rizikos (Sainato, 2015). 2023 m. dirbtinio intelekto pradininkai paskelbė bendrą pareiškimą: „žmonių išnykimo rizikos mažinimas dėl dirbtinio intelekto plėtros turėtų būti pasaulinis prioritetas kartu su kitomis visuomeninio masto rizikomis, tokiomis kaip pandemijos ir branduolinis karas“ (Stuart, 2019). Mokslo pažangos raida rodo, kad bet koks mokslinis pasiekimas gali būti panaudotas ne tik žmonių gerovei, bet ir jai pakenkti. Būtų naivu manyti, kad dirbtinio intelekto raidos plėtra neš vien tik gerį. Tikėtina, kad jau netolimoje ateityje ištobulintos pokalbių robotų programos užkimš viešą erdvę (ir mokslinę) įvairiomis melagienomis, sąmokslų teorijomis. Daugelis žmonių mėgsta „nardyti“ pramanų erdvėje. Gyvenimiškoms dramoms skirti romanai, prieš daugelį metų rašytų ir atrastų laiškų turinys, kino filmai apie civilizacijų kovas ir dar daugybė kitų žanrų kūrinių yra tik pramainai, tačiau žmonės mėgaujasi jų turiniu ir perduodamomis emocijomis. Esant tokiai paklausai,

nėra abejonų, kad šią nišą greitai užpildys dirbtinio intelekto sukurti įtaigūs pramanai. Kaip tada dirbtinis intelektas atskirs profesionaliai parengtą melagieną nuo mokslinėje publikacijoje pateiktų tyrimo rezultatų?

Apibendrinkime žinias apie žmogaus ir dirbtinį intelektą:

- Dirbtinis intelektas yra tik žmogaus išvalgomis pagrįsti modeliai, veikiantys taip, kad mašina galėtų lengvai įvykdyti užduotis. Sukurtų išvalgų pagrindas yra mokymasis, problemų sprendimas, samprotavimai ir suvokimas. Dirbtinis intelektas apima tokias sritis kaip robotika, valdymo sistemos, veido atpažinimas, planavimas, duomenų gavyba ir daugelį kitų.
- Dirbtinio intelekto pranašumai: gali apdoroti didelius duomenų kiekius daug greičiau nei žmonės; gali dirbti be pertraukų ar poilsio; gali atlikti užduotis, kurios yra pernelyg pavojingos arba sunkios žmonėms. Dirbtinio intelekto trūkumai: jam trūksta žmonėms būdingo kūrybiškumo ir intuicijos; jis yra ribojamas programos ir gali nesugebėti prisitaikyti prie naujų ar netikėtų situacijų; gali suklysti, jei nėra tinkamai užprogramuotas ir apmokytas.
- Žmogaus intelekto pranašumai: žmogaus intelektas arba jo elgesys yra kilęs iš patirties ir veiksmų, pagrįstų situacija ir aplinka; pasižymi kūrybiškumu, intuicija ir emocijomis; gali prisitaikyti prie naujų ir netikėtų situacijų; priimant sprendimus gali vertinti etinius ir moralinius svertus. Žmogaus intelekto trūkumai: jį riboja fizinės ir psichinės galimybės; yra linkęs į šališkumą ir gali padaryti klaidų arba priimti netinkamus sprendimus; jam reikalingas poilsis ir pertraukos, kurios gali sulėtinti procesus.
- Dirbtinio intelekto ir žmogaus intelekto panašumai: tiek dirbtinis intelektas, tiek ir žmogaus intelektas laikui bėgant gali mokytis ir tobulėti; abu intelektai gali būti naudojami

sudėtingoms problemoms spręsti ir sprendimams priimti; abu intelektai gali apdoroti ir interpretuoti juos supančio pasaulio informaciją.

- Dirbtinis intelektas keičia kiekvieną veiklos sektorių ir stumia žmoniją į naują lygį, nes tinka pasikartojančioms, duomenimis pagrįstoms užduotims spręsti ir duomenimis pagrįstiems sprendimams priimti, tačiau tiksli žmogaus intelekto kopija dar neįmanoma. Dirbtinis intelektas tik atkartoja žmogaus įgūdžius – kūrybiškumą, kritinį mąstymą, emocinį intelektą, sudėtingų problemų sprendimus ir kita. Jis gali labai tiksliai ir efektyviai atlikti daugybę užduočių, tačiau jam dar trūksta gebėjimo kūrybiškai mąstyti ir sugalvoti originalių idėjų, kurios galėtų konkuruoti su žmogaus išmone.
- Dirbtinis intelektas dar yra brangi technologinė priemonė, nepasižyminti kūrybiškumu, etika ir emocijomis, savarankišku tobulėjimu. Dirbtinis intelektas yra mašina, kuri gali imituoti emocijas, bet iš tikrųjų jų nejaučia.

Nors žmogaus smegenys yra galingesnės už bet kurią išmaniąją mašiną, jo intelektas yra ribotas ir nebe trūkumų:

- Negali vienu metu apdoroti didelio kiekio informacijos, turi ribotą atmintį ir savikontrolę, polinkį klysti atliekant sudėtingas užduotis. Žmonės naudoja smegenų gebą skaičiuoti, atsiminti ir mąstyti, o dirbtinį intelektą turinčios mašinos remiasi į sistemą įtrauktais duomenimis ir konkrečiomis instrukcijomis. Be to, žmogui prireikia daug laiko, kol apdoroja gautą informaciją ir suvokia gautų duomenų svarbą.
- Žmonės nerimauja, kad dirbtinio intelekto sistemos gali skleisti dezinformaciją, sukelti kibernetines katastrofas, nulemti nesąžiningą įkalinimą, galiausiai bijoma, kad protingas dirbtinis intelektas kada nors užvaldys elektrines, informacines sistemas, ligonines ir kitas institucijas. Dirbtinis intelektas

kelia pavojų privatumui, standartizuodamas žmones didina rasinę trintį ir nedarbą.

- Įgyvendinant dirbtinio intelekto sistemas reikia nepamiršti, kad jų veiklos pagrindas yra turimi duomenys, todėl ypač svarbi jų kokybė. Sistemos greitai tobulėja, todėl nuolat reikia atnaujinti turimą infrastruktūrą, nepervertinti turimos dirbtinio intelekto sistemos, integruoti ją į esamas didesnes sistemas, ruoštis didelėms investicijoms.
- Dirbtinis intelektas gali lemti daug teigiamų pokyčių visuomenėje, įskaitant didesnę produktyvumą, geresnę sveikatos priežiūrą ir labiau prieinamą išsilavinimą, gali padėti išspręsti sudėtingas problemas ir kasdienį gyvenimą padaryti lengvesnį ir patogesnį. Visgi dirbtinio intelekto naudojimas, pavyzdžiui, priimant karinius sprendimus, kelia didelių etinių problemų.
- Nors dirbtinis intelektas yra tik superprotingas kompiuteris, kuris mokosi, savarankiškai vystosi, gali transformuotis, tačiau pažangios išmaniosios sistemos nėra visiškai kontroliuojamos, todėl visada kels tam tikrą rizikos lygį, nepaisant jų teikiamos naudos, o dėl nenumatytų įvykių tai gali paskatinti net žmonių sunaikinimą. Vis dėlto mažai tikėtina, kad tai įvyks artimiausioje ateityje. Kaip ir bet kuri technologija, ji gali būti naudojama tiek geriems, tiek blogiems darbams.
- Mokslininkai nerimauja dėl nenumatytų ir potencialiai žalingų galimų dirbtinio intelekto pasekmių, jeigu jo plėtra liks be tinkamos priežiūros. Dirbtiniam intelektui patikėjus, atrodytų, paprastas užduotis, laikui bėgant žmonės nebemokės valdyti mašinų ir tą funkciją atliks dirbtinis intelektas, todėl reikalingos taisyklės, kad dirbtinis intelektas nepavirstų nekontroliuojamu ir nesukeltų katastrofinių situacijų ar net žmonijos žūties.

Kol žmogaus pažinimas mokslininkams ir eksperimentatoriams vis dar lieka paslaptimi, diskusija apie gerą ar blogą ateities dirbtinį

intelektą bus tęsiama (Skurdauskaitė, 2020). Naujovės dirbtinio intelekto srityje atsiranda stulbinančiu greičiu, tad sunku nuspėti tolesnę ateitį, bet nėra abejonių, kad dirbtinis intelektas formuos žmonijos ateitį beveik visose jos veiklos šakose. Jau sukurtos sistemos, gebančios identifikuoti asmens veido išraiškas ir jas priskirti kitam asmeniui arba pagal kelių minučių ar net sekundžių balso įrašą stulbinamai tiksliai atkartoti žmogaus balsą. DI sistemos gali detalai išanalizuoti žmogaus balsą pagal tembrą, ritmiškumą, toną, kalbėjimo greitį ir kitus parametrus bei perkelti juos į specialius algoritmus. Tai vadinama balso atpažinimu. Kibernetiniai sukčiai, naudodami vadinamąjį balso klonavimą, gali paskambinti jūsų telefono numeriu artimiesiems, imituodami jūsų balsą. Tokios manipuliacijos kelia rimtą riziką, nes kol kas nėra specialių metodų, padedančių nuo jų apsisaugoti.

Vertinant dirbtinio intelekto ir žmogaus santykį bendra nuomonė yra tokia: 1) technologija yra tai, ką žmogus iš jos padaro; 2) dirbtinio intelekto vystymo logika ateina iš žmogaus pažinimo. Galingo dirbtinio intelekto sukūrimas bus arba geriausias, arba blogiausias kada nors žmonijai nutikęs dalykas, tačiau jis bus labai svarbus civilizacijos ateičiai. Jei turime džiną, galintį viską suteikti ir padaryti bet ką, tai vien tokia galimybė jau yra pavojinga. Superprotingi kompiuteriai ir jų kuriamas dirbtinis intelektas yra žmogaus, o ne kokių nors kitų gamtos jėgų kūrinys, todėl žmogus dar gali jį valdyti, tobulinti ar net jo atsisakyti.

Biologinis ir kultūrinis kalbos pagrindas

Pasaulyje žmonės kalba tūkstančiais kalbų ir jų dialektų. Šioje statistikoje pirmauja Azija su 2 301 kalba, toliau eina Afrika su 2 138 kalbų. Ramiojo vandenyno regione yra apie 1 300 kalbų, o Pietų ir Šiaurės Amerikoje – 1 064 kalbų. Europoje, nepaisant daugybės nacionalinių valstybių, yra tik 286 kalbos. Tyrimai rodo, kad kalba atsirado daug vėliau negu žmonių bendravimas. Seniausią žmonių bendravimo formos buvo kalbinių garsų kūrimas, piešimas ar tapymas, šokiai, vaidyba ir simbolių naudojimas. Niurzgėjimas ar žemo / aukšto tono garsai reiškė socialinį bendravimą arba išpėjamąjį ženklą. Kalba prasidėjo nuo žmonių skleidžiamų skirtingų garsų, dažniausiai imituojant juos supančią aplinką – gyvūnų šauksmą, gamtos ir naudojamų įrankių skleidžiamus garsus. Galiausiai šiais garsais jie bendravo vieni su kitais.

Biologine prasme gyvybė yra kokybė, nes ji išskiria medžiagą, kurioje vyksta biologiniai procesai, ir skiriasi nuo medžiagos, kuri tokių procesų neturi. Tai yra gyvybė apibrėžiama pagal gebėjimą augti, reaguoti į dirgiklius, metabolizmą, energijos transformaciją, dauginimąsi ir kita. Gyvybės ypatybes valdo genai, kurie perduodami iš tėvų palikuoniams ir yra kiekvienos ląstelės chromosomose. Manoma, kad kalbos geba yra mūsų genuose. Biologiniai veiksniai pirmiausia yra atsakingi už kalbos įsisavinimą ankstyvoje vaikystėje (Kennison, 2013). Šie veiksniai gali apimti bet kokius įgimtus klausos ar kalbos sutrikimus (pvz., apsigimimus), kurie gali apsunkinti kalbą. Jei vaiko aplinkoje nebus kalbančių žmonių, jis palaipsniui praras gebėjimą natūraliai, be pastangų, išmokti kalbėti. Žmogaus gebėjimas kalbėti yra rūšies požymis, o kalbos lankstumas ir ekspresyvumas yra neprilygstamas biologiniame pasaulyje. Ar šis unikalumas kyla iš biologijos, ar yra kultūros padarinys? Biologiniu požiūriu, kalbą, kaip

ir regėjimą, lemia nervų sistema. Standartinis sudėtingų biologinių sistemų kilmės paaiškinimas yra natūrali atranka. Kaip nervinis regėjimo konstruktas yra gerai pritaikytas regimos aplinkos struktūrai, taip natūralu būtų manyti, kad tokiu būdu išsivystė ir kalbinė struktūra. Labiausiai tikėtinas evoliucinis genetinio prisitaikymo mechanizmas. Šis bruožas vystėsi per visą gyvų organizmų gyvavimo laikotarpį ir palaipsniui per daugelį kartų tapo genetiškai užkoduotu, nes asmenys, greičiau įgiję šį požymį, turėjo rūšinį pranašumą. Visgi yra esminis skirtumas tarp kalbos ir regėjimo raidos. Nors vizualinė aplinka yra stabili, kalbinė aplinka nuolat kinta. Iš tiesų kalbiniai pokyčiai yra daug spartesni nei genetiniai. Mokymasis kalbos tampa esminiu veiksmu norint neatsilikti nuo greitai besikeičiančios kalbinės aplinkos. Nustatyta, kad bendra kalbos evoliucija gali įvykti tik tada, kai kalbos pokyčius kompensuoja labai stiprus genetinis spaudimas. Ekstremalaus genetinio spaudimo sąlygomis kalba vystosi greitai, nesvarbu – vyksta natūrali genų atranka ar ne. Biologinis kalbos pagrindas remiasi prielaida, kad fiziologiškai ir psichologiškai sveikas žmogus gali įsisavinti bet kurią žmogaus kalbą. Tai yra žmonės turi genetinę kalbos gebą, ir žmonių kalba vystėsi kultūriškai, o ne genetiškai. Iš pradžių antropologai manė, kad kultūra yra biologinės evoliucijos produktas, o kultūros evoliucija priklauso tik nuo fizinių sąlygų. Šiandien antropologai nebetiki, kad viskas taip paprasta. Nei kultūra, nei biologija nėra atsakingos viena už kitą.

Kalbos gebėjimas būdingas tik žmonėms. Tai reiškia, kad tik žmogui būdingi biologiniai pokyčiai yra žmogaus kalbos pagrindas. Yra daugybė biologinių procesų – tai metabolizmas ir homeostazė, ląstelių vystymasis ir palaikymas, signalų perdavimas, nukleotidų metabolizmas ir kiti, tačiau tokių pokyčių pobūdis neaiškus ir nežinia, kaip juos galėjo formuoti evoliucija. Kaip kiekvieno gyvūno unikalus elgesys, taip ir kalbos geba išsivystė natūralios atrankos būdu, o kalbos gebėjimas dar yra susijęs su genais

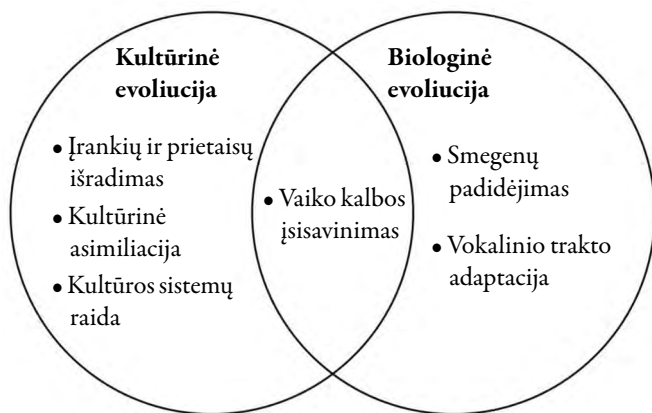
ir smegenų audiniais. Pripažįstamas mokslinis faktas, kad unikali žmogaus kalbos gebėjimo sąlyga slypi *Homo sapiens* DNR, tačiau vieno „kalbos geno“ nėra.

Kalba išsivystė dėl žmogaus poreikio bendrauti tarpusavyje medžiojant, ūkininkaujant ir sėkmingai apsiginant nuo atšiaurios aplinkos. Gebėjimas bendrauti kalba suteikė žmonėms didesnę galimybę išgyventi. Naujais moksliniais tyrimais nustatytas galimas laikas priešistorėje, kai žmonės pirmą kartą pradėjo kalbėti. Archeologai mano, kad ankstyvieji žmonės pradinę kalbą sukūrė maždaug prieš 1,6 mln. metų – kažkur Rytų ar Pietų Afrikoje (Mithen, 2024). Žmonijos gebėjimas kalbėti buvo raktas, lėmęs tolesnę intensyvią žmogaus fizinę ir kultūrinę evoliuciją. Dar visai neseniai evoliucijos ekspertai manė, kad žmonės pradėjo kalbėti tik maždaug prieš 200 000 metų. Naujausi tyrimai rodo, kad pradinė žmogaus kalba yra bent aštuonis kartus senesnė, tai yra ji atsirado prieš 2–1,5 mln. metų. Tuo metu padidėjo žmogaus smegenys ir vyko vidinės smegenų struktūros pertvarka, įskaitant išsivysčiusią priekinės skilties sritį, susijusią su kalba ir jos supratimu. Ši geba išsirutuliojo iš ankstesnio žmonių gebėjimo bendrauti rankų gestais. Maždaug prieš 1,8 mln. metų atsiradus pažangesnei dvikojų formai, kartu su žmogaus kaukolės formos pokyčiais formavosi balso takai ir kalba tapo įmanoma. Palyginti su daugeliu kitų gyvūnų, žmonės nebuvo itin stiprūs, ir kad išgyventų, jiems reikėjo kompensuoti fizinį silpnumą. Norėdami sumedžioti didelius gyvūnus (arba atbaidyti fiziškai stiprius varžovus) ankstyvieji žmonės turėjo sutelkti didesnes medžiotojų grupes, ir kalbos ugdymas tam buvo labai svarbus. Kalbinis bendravimas tikriausiai buvo svarbus ir siekiant išgyventi įvairiose klimato zonose. Kalba leido žmonėms sugalvoti ir planuoti būsimus veiksmus bei perduoti žinias. Maždaug prieš 1,6 mln. metų žmonių bendravimas buvo labai ribotas – tikriausiai tuomet naudojamų kelių dešimčių garsų ir rankų gestų dar nepakako išankstiniam planavimui. Kalba

vystėsi palaipsniui šimtus tūkstančių metų. Šiandien pasaulyje yra daugiau nei 6 000 kalbų ir kiekvienas žmogus moka daugiau nei 50 000 žodžių.

Gera darbinė atmintis yra bene svarbiausia smegenų sistemos dalis, kai reikia mokytis naujos kalbos. Atrodo, kad darbinę atmintį nulemia biologija (39 pav.). Kadangi kalba yra unikali žmonių bendravimo priemonė, skirianti žmones nuo bet kurios kitos gyvūnų rūšies, mokslininkai nemano, kad kalba buvo išrasta. Kalba išsivystė žmonėms evoliucionuojant iš beždžionių dar žmonių biologinės rūšies vystymosi pradžioje.

Jeigu universali gramatika neatsirado natūralios atrankos būdu, tai kaip ji galėjo atsirasti? Atrodo, kad kalbai būdinga genetiškai užkoduota universali gramatika gali būti atmesta dėl evoliucinių priežasčių, nes manoma, kad kalba pirmiausia yra kultūriškai išsivysčiusi sistema, o ne biologinio prisitaikymo produktas. Su kalba susijęs biologinis mechanizmas daugeliu atvejų buvo ankstesnis nei



39 pav. Biologinė ir kultūrinė kalbos evoliucijos raida (Nizam, Grace, 2014).

kalbos atsiradimas, todėl kultūros evoliucija (įskaitant ir gramatikos susiformavimą) tampa pagrindiniu veiksniu, paaiškinančiu kalboje dalyvaujančių mechanizmų ir kalbos struktūros bei vartojimo būdo atitiktį. Svarbu yra ir tai, kad kultūros evoliucija nevyko biologiniame vakuume, ją formavo biologiniai veiksniai. Tai puikiai dera su stulbinančia kalbos įvairove visame pasaulyje ir rodo, kad kalba atsirado dėl žmogaus socialinio intelekto.

Vyrauja kelios kalbos raidos teorijos. *Natyvizmo* (filosofijos kryptis) požiūriu, mes gimstame su specifine kalbos mokymosi sritimi smegenyse. Pagal *biheiviorizmą* (psichologijos kryptis), žmonių ir gyvūnų elgesį lemia refleksai, reakcijos į tam tikrus aplinkos stimulus, taip pat asmeninės patirties pasekmės kartu su motyvacinė individo būkle ir stimulais. Biheivioristai orientuojasi į žmogaus sąmonę, o ne į jo elgesio analizę. *Interakcionizmas* (sociologijos ir socialinės psichologijos kryptis) individų socialinę sąveiką analizuoja per simbolius ir jų reikšmes ir ypatingą reikšmę teikia kalbos simbolikai.

Remdamiesi natyvizmu galime manyti, kad gimstame turėdami kažką genuose, kas leidžia mokytis kalbos. Tyrėjai apibrėžia pirmosios ir antrosios kalbos įgijimą bei kalbos mokymosi ir įgijimo skirtumus. Tam tikru laikotarpiu vaikai klausosi gimtosios kalbos ir bando išsiaiškinti, kas yra kalba. Antrosios kalbos įsisavinimo atveju yra „tylusis“ periodas, kai iš besimokančiųjų nereikalaujama tuoj pat kalbėti nauja kalba. Taigi mokymasis yra žinios, sąmoningai ugdomos mokantis ar studijuojant, o įgijimas – tai įgūdžių, įpročių ar kokybės ugdymas pasitelkiant sąmonę. Ugdant antrosios kalbos kompetenciją, įgijimas yra daug svarbesnis, nes per jį išugdyta kompetencija yra atsakinga už kalbos formavimąsi ir lemia kalbos sklandumą. Kalbos mokomasi dažniausiai greitai todėl, kad kalba kultūriškai išsivystė į lengvai išmokstamą būtį. Kaip teigė Ch. Darwinas, žmogaus kalbos raidą geriausiai galima suprasti kultūrinės evoliucijos, o ne biologinio prisitaikymo požiūriu. Kalba yra kultūros dalis, o kultūra

yra sudėtinga visuma su daugeliu skirtingų bruožų, ribos tarp kurių nėra visada aiškios ir ne visos sutampa.

Biologinis kalbos pagrindas yra darbinė atmintis, susijusi su žmogaus gebėjimu rinkti informaciją, dirbti su ja, saugoti ir manipuliuoti kalbinėmis ir kitomis įvestimis smegenyse. Visi žmonės bendrauja tam tikru būdu, todėl pirmiausia buvo kalba, o vėliau vystėsi kultūra. Kalbai darantis sudėtingesnei, keitėsi ir kultūra, nes sudėtingesne kalba buvo galima perteikti gilesnes idėjas. Stebint vaikų kalbos raidą matyti, kad darbinė atmintis greičiausiai yra vienas iš svarbiausių biologinių veiksnių smegenyse. Biologinė evoliucija paspartino naujų rūšių atsiradimą, nes buvo palanki mažų populiacijų genetinei izoliacijai. Kultūrinė evoliucija turėjo priešingą poveikį – panaikino giminingų rūšių skirtumus ir jas suartino.

Sociokultūriniai veiksniai, turintys įtakos kalbos mokymuisi, – tai stereotipai, diskriminacija, bendravimas su gimtakalbiais, nesusitapatinimas su supančia kultūra, mokinio kultūrinis statusas kitų akyse ir kt. Vaikų kalbos mokymuisi yra svarbus susipažinimas su nauja kalba, mokinio amžius, jo motyvacija, gimtoji kalba. Kalbos mokymosi procesui turi įtakos kognityviniai, emociniai, asmeniniai, aplinkos ir kultūriniai veiksniai. Pavyzdžiui, kognityviniai veiksniai (geba abstrakčiai mąstyti, logiškai samprotauti ir spręsti problemas) yra susiję su tuo, kaip protas padeda išmokti naują kalbą. Kalba gali kisti dėl regioninių skirtumų. Jos raidai turi įtakos civilizacinė, visuomeninė ir etninė aplinka, išsilavinimas, amžius ir socialinė padėtis.

Bet kuri visuomenė, kuriai būdinga urbanistinė plėtra, socialinė stratifikacija (susisluoksniavimas), simbolinės komunikacijos formos (dažniausiai rašto sistemos), vadinama civilizacija. Kultūra – tai žmogaus veiklos bendruomenėje ar socialinėje grupėje modelių ir simbolių struktūrų visuma. Kultūra daro įtaką mūsų pagrindinėms tradicijoms, vertybėms ir bendravimui su kitais visuomenės nariais, o kalba palengvina socialinę sąveiką. Paplitusi vadinamoji tradicinė

kultūra, kai bendruomenė orientuojasi į išgyvenimą kaip pagrindinį savo ekonominio elgesio kartinį akmenį, laikosi savo protėvių tikėjimo ir elgesio modelio. Visuomenė negali egzistuoti be kultūros, nes kultūra yra normų, elgesio ir praktikos sanakaupa, lemianti visuomenės funkcionavimą kasdieniame gyvenime.

Daugeliui kyla klausimas, kodėl gyvūnai negali kalbėti kaip žmonės? Šimpanzės ir žmonės turi plaučius, gerklę, balso stygas, liežuvių ir lūpas. Tačiau skirtingai nei šimpanzės, žmonės turi balso taką, leidžiantį mums kalbėti, dainuoti ar imituoti kitų gyvūnų skleidžiamus garsus. Tyrimais nustatyta, kad šunys gali atskirti pavienius kalbos garsus (pvz., „d“, „o“ ir „g“), tačiau jie neturi dėmesingumo ir apdorojimo gebėjimų. Gyvūnų kalbos gebą lemia biologiniai veiksniai, o žmonių kalbą – išoriniai elementai, susiję su supančia aplinka. Norėdamas išreikšti savo norus ar poreikius šuo bendrauja kitais būdais, pavyzdžiui, savo kūno kalbą derina su lojimu ar inkštumu.

Manoma, kad baltai yra indoeuropiečių tauta, kilusi iš hipotetinių proindoeuropiečių. Daugelis mokslininkų šį atvykimą datuoja 3 tūkstantmečiu prieš mūsų erą. Manoma, kad baltai atvyko su pagrindine indoeuropiečių banga ir nebuvo susiję su vėlesnių indoeuropiečių tautų formavimusi Pietų ir Vakarų Europoje. Taigi, tikėtina, kad baltų kultūra ilgiau išlaikė pirmykščius indoeuropiečių kultūros bruožus. Sustiprėję ryšiai su naujomis Europos tautomis išryškino didelius baltų pirmykštės kultūros ir naujų Europos tautų kultūrinius skirtumus, kurie apsunkino glaudesnius kultūrinius mainus. Tai lėmė baltų indoeuropietiško šaknų išsaugojimą, bet kartu galėjo prisidėti prie jų izoliacijos. Vis dėlto baltai senovės indoeuropiečių prokalbės formas išsaugojo iki vėlesnių laikų. Archajiškiausias kalbos formas išsaugojo Vakarų baltai, gyvenę maždaug vėlesnės Prūsijos ir Šiaurės vakarų Lenkijos teritorijoje. Šios tarmės išsivystė į senąją prūsų kalbą, kuri išnyko tik XVIII a. pradžioje. Vėliau iš rytinių baltų tarmių susiformavo šiuolaikinės lietuvių ir latvių kalbos. Žinios

apie tų laikų baltų kultūrinį gyvenimą menkos. X a. baltų religinis gyvenimas buvo sutelktas į žodinę tradiciją, o materialinės gyvenimo formos buvo glaudžiai susijusios su medinėmis šventovėmis, gamtos objektais (pvz., medžiais ir akmenimis), ornamentuotais drabužiais.

Lietuvių tauta pradėjo formuotis VII–VIII amžiuje. Nėra žinoma, kokiomis politinėmis aplinkybėmis lietuviai įgijo bendrinį vardą ir kada tai įvyko – iki XI a. pradžios, kai vardas pirmą kartą paminėtas rašytiniuose šaltiniuose, ar vėliau. Naujas baltų tautų ir jų kultūrinės raidos išskirtinumo taškas buvo XIII a. prasidėjusi katalikų karinė ekspansija. Pagrindines Vakarų baltų žemes (Prūsiją) užėmė Kryžiuočiai, o šiaurines teritorijas, pradedant teritorijomis aplink Rygos įlanką, – Livonijos ordinas. Senieji prūsai (baltai) pamažu sunyko, tačiau Livonijoje susiformavo latvių tauta.

Išorinė agresija vertė Baltijos tautas kurti griežtesnes politinio gyvenimo institucijas ir XIII a. buvo įkurta Lietuvos valstybė, kuri apėmė Rytų baltų regionus ir likusias Vakarų baltų sritis (jotvingių ir sūduvių žemes). XIV a. viduryje Lietuva susiformavo kaip didelė Rytų Europos valstybė. Ją sudarė nekrikščioniškos lietuvių dalies Šiaurės vakarų (vėliau vadinama Lietuva Propria) ir Rytų krikščionių ortodoksų rusėnų regionai. Šiuo laikotarpiu LDK turėjo savo kultūrinį pagrindą, kurio pagrindinės kryptys liko nepakitusios iki pat krikščionybės. Visgi lietuvių kultūra buvo gerokai atsilikusi nuo reikšmingai išaugusio raštingumo Europoje. Kad būtų „aristokratiško išsilavinimo“, lietuvis turėjo išmokti bent tris kalbas: rusėnų, lenkų ir lotynų. Dar buvo kalbama vokiečių kalbos įvairiomis tarmėmis ir italų kalba. Kunigai ir humanitarai mokėjo lotynų kalbą, pirkliai – vokiečių. Lenkų kalba bendravo aukštesni visuomenės sluoksniai, o rusėnų – žemesni bajorų sluoksniai. Pirmoji knyga lietuvių kalba buvo išspausdinta 1547 m. Karaliaučiuje (Martyno Mažvydo protestantiškas katekizmas). Pirmoji tipografija LDK buvo atidaryta Vilniuje 1575 metais. XV a. lietuvių kalba ir kultūra,

tiesiogiai kilusios iš senosios lietuvių kultūros, buvo izoliuotos nuo Europos kultūros naujovių.

Lietuvių kalba yra glaudžiai susijusi su sanskritu, lotynų ir senovės graikų kalbomis (~5000 m.), o senovės laikų garsus ir gramatikos taisykles išlaikė daug geriau nei kitos kalbos. Taigi ji laikoma viena iš seniausių kalbų pasaulyje. Manoma, kad lietuvių kalba yra daug archajiškesnė už latvių kalbą ir kad šiuolaikinė rašytinė lietuvių kalba daugeliu atvejų galėtų būti latvių kalbos „prokalbė“.

Nors šiandien kalba vartojama ne tik tenkinant pagrindinius išgyvenimo poreikius, jos raida tęsiasi, naujos kartos į savo kasdienį žodyną integruoja naujus žodžius ar technologijas. Kalba ir toliau vystysis kaip veiksminga bendravimo priemonė. Jos raida negali būti tik biologinė ar socialinė-kultūrinė, ji yra šių dviejų raidų sąveika (Owens, 2012).

Apibendrinant biologinius ir kultūrinius kalbos raidos pagrindus bei modelius galima tvirtinti:

- Biologinis vystymasis – tai laipsniški dydžio, formos ir funkcijos pokyčiai organizme, dėl kurių genotipas virsta veikiančiomis subrendusiomis sistemomis (fenotipu). Biologiniai mokymosi procesai prasideda neuronuose – elektra aktyvuojamose smegenų ląstelėse. Mokymąsi užtikrina kintantis neuronų jungčių (sinapsių) stiprumas ir skaičius, tai yra vadinamasis sinapsinis plastiškumas.
- Žmogaus kalba yra pagrįsta dvigubu kodu, kuriame baigtinis skaičius beprasmių (pvz., garsai, raidės ar gestai) elementų gali sudaryti begalinį skaičių didesnės reikšmės vienetų (žodžių ir sakinių). Genetinė kalba yra genetinės informacijos, koduojančios genetinius tekstus, taisyklių ir dėsningumų rinkinys. Ją apibrėžia abėcėlė, gramatika, skyrybos ženklų rinkinys ir taisyklės, semantika. Kai kurie tyrinėtojai teigia, kad kalba atspindi žmogaus gebėjimą: gebėjimą imituoti balsą, gebėjimą įsiminti didžiulius kiekius informacijos, norą ir gebėjimą bendrauti

ir kt. Genetiniai kalbų santykiai nėra pagrįsti biologiškai, jie kultūra perduodami iš kartos į kartą. Tai reiškia, kad kalbų išmokstama, o ne paveldima per genus. Laikui bėgant kinta visos kalbos, ir kuo ilgesnis laikotarpis, tuo didesni pokyčiai.

- DNR yra fizinis kodas, todėl juo būtų galima užkoduoti natūralią žmogaus kalbą taip, kaip galime užkoduoti, pavyzdžiui, anglų kalbą Morzės abėcėle. Tačiau natūrali DNR mūsų ląstelėse kalbos nekoduoja. Genetiniai veiksniai gali turėti įtakos kalbos vystymuisi kūdikystėje, nes atrastas reikšmingas ryšys tarp ROBO2 geno pakitimų ir vaiko ištartų žodžių skaičiaus ankstyvose kalbos raidos stadijose. 2001 m. buvo nustatytas genas (FOXP2), atsakingas už kalbos sutrikimus.
- Daugelis lingvistų sutinka, kad pirmosios kalbos susiformavo 100 000 m. pr. m. e. Yra keletas kriterijų, pagal kuriuos bandoma išsiaiškinti, ar tai seniausia užrašyta kalba, ar seniausia kalba tam tikrame regione, ar seniausia iki šiol vartojama kalba. Hebrajų kalba gyvuoja daugiau nei 4000 metų, o rašytinės šumerų kalbos įrodymas, rastas Kišo lentelėse (1400 senajo Babilono lentelių su įrašais) šiandieniniame Irake, datuojamas maždaug 3500 m. pr. m. e.
- Dauguma Europos kalbų yra kilusios iš proindoeuropiečių kalbos. Trys didžiausios proindoeuropiečių šakos yra germanų, romanų ir slavų kalbos. Sanskritas yra visų Europos kalbų motina. Europos kalbų pogrupyje indoeuropiečių kalba apima romanų, germanų, slavų, baltų, keltų, helenų, albanų ir armėnų kalbas. Europoje dažniausiai kalbama šiomis kalbomis: rusų – 160 mln., vokiečių – 97 mln., prancūzų – 71,5 mln., italų – 65 mln.
- Nors Europos Sąjungoje kalbama 24 kalbomis, praktiškai plačiai vartojamos tik trys – anglų, prancūzų ir vokiečių. Dažniausiai vartojama anglų kalba. Daugiausia angliškai

kalbama Nyderlanduose, Austrijoje ir Danijoje. Anglų kalba plačiai vartojama Maltoje, Kipre ir Danijoje, bet kur kas mažiau Rusijoje, Ispanijoje (12 %), Vengrijoje (14 %), Italijoje (5 %) ir Slovakijoje (14 %). 2012 m. 38 % Europos Sąjungos piliečių (išskyrus Jungtinę Karalystę ir Airiją) teigė, kad pakankamai gerai moka anglų kalbą ir gali ją bendrauti. Prasčiausiai iš visų ES šalių angliškai kalbama Prancūzijoje.

- 2022 m. tyrimo duomenimis, 17 % pasaulio gyventojų, t. y. 1,35 mlrd. žmonių, gali bendrauti anglų kalba.
- UNESCO skaičiavimais, sparčiausiai po anglų kalbos plintanti Europos kalba yra portugalų. Ji turi didžiausią plėtros potencialą kaip tarptautinė kalba Pietų Afrikoje ir Pietų Amerikoje.
- Manoma, kad iš Europos kalbų sunkiausia išmokti vengrų kalbą. Pagal sudėtingumą po vengrų kalbos eina suomių kalba. Tarties skambesiu ir raidėmis ji šiek tiek panaši į anglų kalbą, tačiau jos gramatika daug sudėtingesnė nei anglų kalbos. Suomių kalba nepriklauso indoeuropiečių kalbų šeimai. Čia nėra bendrų šaknų ar giminių, o tai reiškia, kad suomių kalbos gramatika kitakalbams yra šiek tiek tuščias lapas.
- Iš Europoje vartojamų kalbų viena labiausiai izoliuotų yra baskų kalba, arba euskera. Šios kalbos izoliacija glumina istorikus ir kalbininkus dėl akivaizdaus ryšio su jokia kita gyva kalba stokos.
- Apskritai sunkiausia išmokti kalbėti kinų kalba. Įdomu tai, kad sunkiausiai išmokstama kalba yra plačiausiai vartojama gimtoji kalba pasaulyje.
- Ateityje tikriausiai visame pasaulyje girdėsime anglų, kinų, ispanų ir hindi kalbas.
- Nors sutariama, kad žmogaus kalba atsirado dėl biologinės evoliucijos, individualaus mokymosi ir kultūros perdavimo, tačiau šių procesų sąveika niekada nebuvo plačiai ištirta.

Kaip atmintis formuojasi ir saugoma smegenyse

Atmintis yra vienas sudėtingiausių smegenų procesų, susijusių su informacijos saugojimu ir vėlesniu jos gavimu. Nuo pat gimimo smegenys yra bombarduojamos didžiulio kiekio informacijos apie mus pačius ir supantį pasaulį. Visuomenėje funkcionuojančio žmogaus gebėjimas saugoti ir atkurti atmintį yra nepaprastai svarbus. Tam tikru momentu praeityje išsivystė žmonių atmintis ir ji padėjo išspręsti išlikimo ir dauginimosi problemas. Žmogus, galintis atsiminti maisto vietą arba potencialius plėšrūnus, turėjo daugiau galimybių išgyventi nei gyvūnai, kuriems trūko šios gebos.

Prisiminimai kaip mikroskopiniai pokyčiai yra saugomi smegenų neuronų jungtyse (Karpicke, Roediger, 2008). Kai žmogus nori ką nors prisiminti, jis turi gauti informaciją iš tos smegenų dalies, kurioje ji saugoma. Paieškos procesui gali trukdyti išsiblašymas arba nesugebėjimas teisingai užkoduoti informaciją. Smegenyse nėra vienos vietos, kurioje būtų saugomi visi prisiminimai. Skirtingos smegenų sritys formuoja ir saugo įvairius prisiminimus ir jų procesai gali būti skirtingi. Pavyzdžiui, tokia emocinė reakcija kaip baimė kyla migdolinėje (kankorėžinėje) smegenų liaukoje. „Striatum“ vadinama smegenų dalis yra susijusi su motyvacija ieškoti maisto ir jį valgyti, taip pat ji svarbi emocijų ir įpročių formavimuisi. Geriausiai žinoma hipokampo funkcija yra trumpalaikis informacijos išlaikymas (trumpalaikė atmintis) ir jos perkėlimas į ilgalaikę atmintį kitose galinių smegenų srityse. Ši svarbi smegenų sistemos dalis reguliuoja motyvaciją, emocijas, mokymąsi ir atmintį.

Kaip formuojami ir saugomi prisiminimai? Ilgą laiką mokslininkai manė, kad prisiminimai saugomi neuronų grupėse arba nervų ląstelėse, vadinamuose ląstelių rinkiniuose. Šios tarpusavyje susijusios ląstelės į konkretų stimulą (kvapą, spalvą ir pan.) reaguoja kaip

grupė. Kuo darniau neuronai veikia kartu, tuo labiau stiprėja ląstelių tarpusavio ryšiai ir tikėtina, kad kolektyviai pradės veikti visas neuronų mazgas. Kai ką nors prisimename, daugelis smegenų dalių sąveikauja tarpusavyje: smegenų žievės sritis, apdorojanti aukšto lygio informaciją, sąveikauja su sritimi, kuri apdoroja jutimus, ir kitomis sritimis. Kad trumpalaikė atmintis taptų ilgalaikė, ji atminties konsolidavimu turi būti sustiprinta ilgalaikiam saugojimui. Manoma, kad konsolidacija vyksta keliais būdais. Šis pertvarkymas ilgaiui pakeičia nervų ryšius ir tai stabilizuoja atmintį. Ne visi ilgalaikiai prisiminimai turi prasidėti kaip trumpalaikiai.

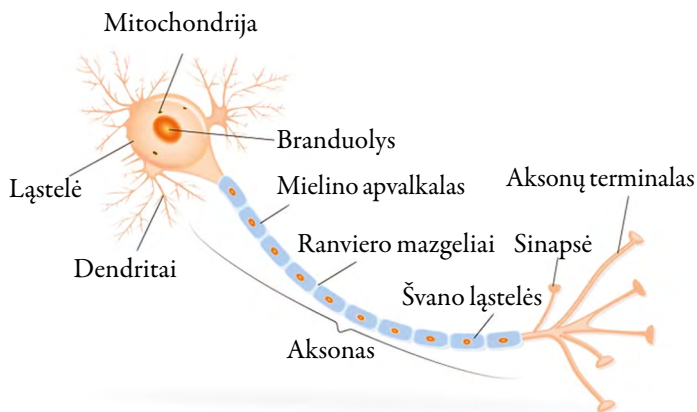
Skirtingų tipų prisiminimus žmonės išsaugo nevienodą laiką (Farmer, Matlin, 2019). Trumpalaikiai prisiminimai trunka nuo sekundžių iki valandų, o ilgalaikiai – metus. Ši atmintis padeda ką nors išsaugoti ribotą laiką tai kartojant mintyse. Darbinė atmintis reišia gebėjimą išlaikyti sąmonėje nekontekstinę informaciją (telefono numerį, ką tik sutikto žmogaus vardą). Kontekstinė atmintis yra šiek tiek paslaptinesnė. Kiekviena atmintis yra sudaryta iš kelių susijusių atributų, todėl stimuliuojant vieną iš jų, sužadunami visi kiti. Taigi kontekstinė atmintis turėtų būti užprogramuota smegenyse. Kitaip tariant, prisiminimai niekur nesaugomi, jie nuolat atnaujinami. Įrašymas atmintyje vyksta keliais etapais.

Deklaratyvioji atmintis, dar vadinama *aiškia atmintimi*, apima sąmoningus prisiminimus arba patirtus praeities įvykius, pavyzdžiui, vaikystės gimtadienį. *Nedeklaratyvioji atmintis*, dar vadinama *numanoma atmintimi*, – tai procedūriniai prisiminimai, kad kūnas prisimintų išmokus įgūdžius (grojimą instrumentu, važiavimą dviračiu). Apskritai deklaratyviuos prisiminimus lengviau formuoti nei nedeklaratyviuos, tačiau pastarieji išlieka lengviau.

Prisiminimai saugomi kaip mikroskopiniai cheminiai pokyčiai smegenų neuronų (specializuotų ląstelių, perduodančių signalus iš nervų) jungimosi taškuose. Už informacijos perdavimą nervų

sistemoje yra atsakingi trijų tipų neuronai: *sensoriniai*, *įterptiniai* ir *motoriniai*. Sensoriniai neuronai aptinka kiekvieno jutimo stimulą ir perduoda informaciją įterptiniams neuronams. Pastarieji perduoda informaciją visai nervų sistemai ir prisijungia prie motorinių neuronų, kurie jungdamiesi prie raumenų audinio juos aktyvuoja.

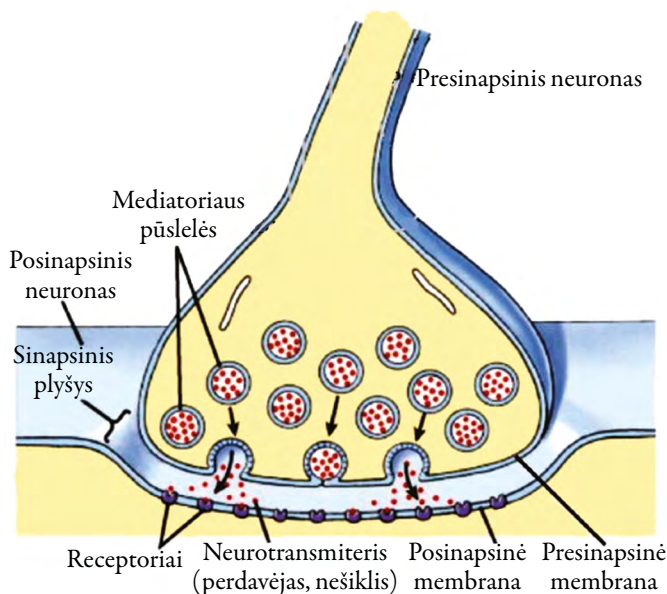
Apdorojant atmintį reikia atlikti tam tikrus veiksmus, t. y. *kodavimą*. Kodavimas yra biologinis reiškinys, prasidedantis suvokimu. Įvairūs jutimo signalai daugiausia lemia suvokimo formavimąsi. Kiekvienas atskiras pojūtis keliauja į hipokampą. Hipokampus kartu su kita smegenų dalimi, priekine žieve, yra atsakingi už įvairių jutimo signalų analizę ir sprendimą, ar verta juos prisiminti. Nors atmintis prasideda nuo suvokimo, ji užkoduojama ir saugoma neuronų. Neuronai yra pagrindinė informaciją perduodanti priemonė nervų sistemoje. Ši informacija keliauja nervų sistema, sąveikaudama su kitais neuronais elektrocheminio proceso metu. Kiekvienas smegenų neuronas turi vieną ilgą „laidą“, nutįsusi nuo pagrindinės ląstelės dalies (40 pav.).



40 pav. Aksonai – neuronų perdavimo laidai.

Šis kelis kartus plonesnis už žmogaus plauką laidas vadinamas *aksonu*, juo elektriniai impulsai iš neurono keliauja prie kitų neuronų. Aksono ilgis priklauso nuo neurono tipo – daugelis jų yra vos milimetras, tačiau patys ilgiausi, pavyzdžiui, einantys iš galvos smegenų į nugaros smegenis, gali išsitemti daugiau nei metrą. Paprastai aksonas turi šonines šakas, vadinamas *aksonų kolateralėmis*, per kurias vienas neuronas gali siųsti informaciją keliems neuronams. Aksonų kolateralės baigiasi galinėmis šakomis, kurių gale yra sinapsinis terminalas. Neuronai sąveikauja per sinapses – kontaktinius taškus tarp aksono galų vienoje pusėje ir dendritų, arba ląstelių kūnų, kitoje. 20–40 nanometrų pločio sinapsiniame plyšyje per aksoną ateinantys elektriniai signalai paverčiami cheminiais signalais ir išleidžiami *neurotransmitteriais* (cheminis junginys, pernešantis nervinį impulsą tarp nervinių ląstelių (neuronų) cheminėse sinapsėse), kurie vėliau greitai virsta elektriniais signalais.

Nervų ląstelės sujungtos su kitomis ląstelėmis ryšiu, kuris vadinamas *sinapse* (41 pav.). Sinapsė – tai jungtis tarp dviejų neuronų, skirta signalams perduoti. Sinapsę sudaro aksono svogūnėlis (taip vadinamas sustorėjęs aksono galiukas), presinapsinė membrana, posinapsinė membrana (kito neurono dendrito membrana) ir sinapsinis plyšys tarp šių membranų. Jungtis tarp neuronų ir raumens vadinama *neuroraumenine sinapse*. Dažniausios sinapsės būna tarp vieno neurono aksono ir kito neurono dendrito. Pagal veikimo principą neuronų sinapsės yra dvejopos – cheminės ir elektrinės. Kai nervinis impulsas pasiekia aksono svogūnėlį, jo membrana tampa pralaidi kalcijonams, o pastarieji patekę į vidų paveikia aktino siūlelius, kurie sudaryti iš dviejų tarpusavyje susuktų spiralių (skersmuo – apie 6 nm, ilgis – keli mikrometrai). Šie siūleliai tempia mediatoriaus sinapsinės pūslelės link presinapsinės membranos. Pūslelėms susiliejus su membrana, mediatoriaus molekulės išsilieja į sinapsinį plyšį. Difuzijos būdu jos pasiekia posinapsinę membraną ir susijungia su membranos



41 pav. Cheminė sinapsė.

receptoriais. Priklausomai nuo receptoriaus ir mediatoriaus tipo, įvyksta posinapsinės membranos depoliarizacija arba hiperpoliarizacija. Neuronas sugeba palyginti ir susumuoti jį pasiekiančią informaciją prieš perduodamas ją kitam neuronui. Kadangi gaunamų impulsų pobūdis nesiskiria, vienintelis būdas tai padaryti yra sumavimas. Nuo rezultato priklauso, ar bus sukurtas veikimo potencialas ir ar neuronas pasiųs impulsą. Elektrinių sinapsių struktūra ypatiną tuo, kad nėra sinapsinio plyšio ir abi membranos (presinapsinė ir posinapsinė) yra susiglaudusios. Impulsas perduodamas jonams keliaujant plyšinės jungties kanalais. Elektrinėse sinapsėse biosrovės iš aksono baigties pereina į posinapsinę ląstelę ir pro jos membraną išeina į paviršių, kur sudaro posinapsinį potencialą. Elektrinės sinapsės sudaro 1 nm skersmens kanalai, suformuoti iš šešių porų baltymų

(koneksinų). Elektrinės sinapsės plyšys yra labai mažas – 2–4 nm. Šiose sinapsėse (priešingai negu cheminėse) nėra cheminės gaišaties ir nervinis impulsas perduodamas greičiau. Šiuo būdu impulsai daugiausia perduodami centrinės nervų sistemos nervais. Egzistuoja ir elektrocheminės sinapsės, kai vienoje sinapsėje galimas cheminis ir elektrinis jaudinimo perdavimas. Sinapsės perduoda informacijos turinčius elektros impulsus ir išsiskiria cheminiai neurotransmiteriai. Kiekviena smegenų ląstelė gali sudaryti tūkstančius tokių grandžių, suteikdama smegenims apie 100 trilijonų sinapsių. Smegenų ryšio kanalai taip pat nuolat keičiasi. Formuojantis naujiems prisiminimams, pridedamos naujos sinapsės, todėl smegenyse jungčių daugėja. „Užkoduoti“ prisiminimai perkeliama į ilgalaikę arba trumpalaikę atmintį. Šis perkėlimas yra atminties saugojimo dalis ir yra antrasis atminties formavimo žingsnis.

Perėmus tam tikrus duomenis, informacija užkoduojama trumpalaikėje atmintyje. Trumpalaikės atminties pajėgumas gana ribotas – vienu metu (20–30 s) joje gali būti apie septyni informaciniai duomenys. Po apdorojimo ši informacija gali būti prarasta arba perkelta į ilgalaikę atmintį. Ilgalaikė atmintis yra atminties saugojimo sistemos dalis, turinti neribotą talpą informacijai išsaugoti ilgą laiką. Ilgalaikė atmintis yra dviejų skirtingų tipų:

- nesąmoninga atmintis, kai atmintis formuojama mums to nežinant, pavyzdžiui, mokymasis vairuoti automobilį yra procedūrinis prisiminimas; tokie prisiminimai įgyjami lėtai, bet yra kur kas atsparesni pokyčiams ar praradimams;
- sąmoninga atmintis, daugiausia susijusi su faktais (vardais, datomis), ji greitai įgyjama, bet greitai ir prarandama; nuolatinis kartojimas gali paversti sąmoningą atmintį nesąmoninga atmintimi.

Kai norime atkurti tam tikrus prisiminimus, turime pasiekti nesąmoningos atminties saugojimo lygį ir duomenis perkelti į sąmoningą

lygi. Nesugebėjimas ko nors atsiminti gali būti klaidingo duomenų kodavimo rezultatas arba informacija tiesiog nepateko į ilgalaikę atmintį. Išsiblaškymas bandant ką nors atsiminti taip pat gali trukdyti koduoti prisiminimus. Pavyzdžiui, skaitydami knygą triukšmingoje aplinkoje galite manyti, kad prisimenate, ką skaitėte, bet galbūt tai neišliko atmintyje.

Tai kur smegenyse saugomi prisiminimai? Tyrimai rodo, kad jie gali būti smegenų ląstelių jungtyse. Visi atminties saugojimo įrenginiai, nuo žmogaus smegenų iki kompiuterio operatyvinės atminties (RAM), saugo informaciją, keisdami savo fizines savybes.

Daugiau nei prieš 130 metų pirmą kartą buvo išsakyta mintis, kad smegenys kaupia informaciją, pertvarkydamos ryšius, arba sinapses, tarp neuronų. Vizualizuoti ir sudaryti sinapses yra sudėtinga, nes jos yra labai mažos ir sandarios – maždaug 10 mlrd. kartų mažesnės už mažiausią objektą, kurį gali vizualizuoti standartinis klinikinis magnetinio rezonanso tomografas. Be to, smegenyse yra per milijardą sinapsių ir jos yra tokios pat spalvos kaip ir jas supantys audiniai. Ilgalaikė atmintis pirmiausia konsoliduojama hipokampe ir saugoma visoje žievėje. Nors bendra atmintis saugoma hipokampe, tačiau atskiros detalės analizuojamos ir saugomos *prefrontalinėje žievėje*. Epizodiniai konkrečių gyvenimo įvykių prisiminimai taip pat formuojasi hipokampe.

Kaip jau buvo minėta, atmintis koduojama per chemines medžiagas ir elektrinius impulsus smegenyse. Neuroniniai keliai, arba ryšiai tarp neuronų (smegenų ląstelių), formuojasi arba sustiprinami vykstant *ilgalaikio potencijavimo* procesui, kuris keičia informacijos srautą smegenyse. Ilgalaikio potencijavimo metu tarp abiejuose sinapsės galuose esančių smegenų ląstelių nuolat vyksta cheminių signalų mainai. Šis procesas pagerina signalų perdavimą tarp ląstelių ir sinapsių, taip pat sustiprina sinapses.

Žmogaus smegenys saugo apie 10^{17} bitų (100 PB) informacijos, nes apytiksliai tiek yra sinapsių smegenyse, ir kiekviena sinapsė turi

apie 100–500 laidumo lygių. Net ir nutrūkus elektrinės prigimtės nerviniams signalams smegenyse, žmogus nepraranda visos atminties, nes šalia neuronų yra Ca jonai, kurie gali toliau siųsti elektros srovės impulsus, ir šie impulsai priklausys nuo to, kiek Ca jonų buvo šalia neuronų. Jei neuronas mažai aktyvus, šalia jo yra mažiau Ca jonų. Neuronai, kurie gauna daug impulsų iš kitų neuronų, siunčia juos didesniu dažniu kitiems neuronams ir susidaro ryšiai, kai vieni neuronai yra aktyvesni, o kiti mažiau aktyvūs. Atėjus signalui iš kokių nors „užmirštų“ neuronų, signalų ryšiai kažkiek pasikeičia ir įsisavinama kita informacija. Iš pradžių prisiminimai saugomi hipokampe, kur sužadintos neuronų sinapsės formuoja naujas grandines per kelias sekundes nuo įvykių, kuriuos reikia prisiminti. Santykinai nedidelis skaičius stipresnių sinapsių gali sujungti neuronus į grandinę, kurioje saugoma nauja atmintis. Kai sukuriami atmintis, informacija iš smegenų žievės (kurioje gausu nervinių ląstelių) patenka į hipokampą – centrinį prisiminimų perjungimo tašką smegenyse. Hipokampas sujungia visą svarbią informaciją ir užkoduoja ją į naują atmintį, sudarydamas naujas sinapses. Kai naudojame turimą atmintį, informacija teka priešinga kryptimi. Formuojantis ilgalaikiams prisiminimams, hipokampas paima informaciją iš darbinės atminties ir keičia smegenų fizinius nervinius laidus. Šios naujos jungtys tarp neuronų ir sinapsių išlieka tol, kol jos yra naudojamos.

Skirtingus prisiminimus žmonės išsaugo nevienodą laiką. Trumpalaikiai prisiminimai trunka nuo sekundžių iki valandų, o ilgalaikiai išsaugomi metus. Ilgalaikė atmintis hipokampe nelieka visam laikui. Ilgalaikiai prisiminimai yra svarbūs, tad saugoti juos tik vienoje smegenų dalyje yra rizikinga – pažeidus šią sritį galima prarasti visus prisiminimus. Kai smegenyse sukuriami ilgalaikiai prisiminimai, tarp neuronų užmezgami nauji atminties ryšiai. Šiuos fizinius ryšius reikia palaikyti, kad atmintis išliktų, antraip jie suirs ir atmintis išnyks per kelias dienas. Kodavimo procesas apsaugo

svarbius prisiminimus nuo užmaršties. Atminties kodavimas paverčia informaciją konstrukcija, kuri smegenyse saugoma neribotą laiką. Pagrindiniai kodavimo tipai yra *vizualinis*, *akustinis*, *išsamus* ir *semantinis*. Manoma, kad praradus atmintį prisiminimai neprarandami visam laikui, jie saugomi sunkiau pasiekiamoje smegenų srityje.

Hipokampus yra susijęs su deklaratyvia ir epizodine atmintimi, atminties formavimu ir atkūrimu, taip pat su atpažinimo atmintimi. Vis dėlto mokslas dar nepakankamai gerai supranta tai pagrindžiančius mechanizmus. Atmintis yra saugoma smegenyse, tik ne vienoje vietoje. Judėjimo atmintis saugoma motorinėje žievėje, vaizdinė atmintis – regėjimo žievėje, o kur saugoma *semantinė atmintis* – nežinoma. Semantinė atmintis yra tarsi objekto prasmė, pavyzdžiui, prisiminti, kas yra kėdė ir kam ji skirta. Spalva, dydis, forma apdorojami skirtingose žievės regos srityse. Nepaisant daugybės smegenų dalių, kurios turi susijungti, kad susidarytų atmintis, atminties potyris yra vienas. Prisiminimo procesas dar nėra visiškai aiškus, tačiau manoma, kad jame dalyvauja *engramos* (įsimintino išgyvenimo sukelti pėdsakai / pakitimai smegenyse). Atrodo, kad prisiminimai yra saugomi ir apdorojami tam tikru būdu, nes tai paaiškina, kodėl jie keičiasi laikui bėgant. Iš esmės tai yra užkoduoti specifinių neuronų tinklo takų cheminiai pokyčiai, dėl kurių jie labiau linkę aktyvuotis tam tikra seka, atitinkančia pokyčius sukėlusius dirgiklius. Manoma, kad šiam procesui tarpininkauja hipokampus. Kai bandoma ką nors prisiminti, hipokampus iš naujo suaktyvina tą patį kelią, kad atkurtų dalį arba visą stimulo atsaką, ir tai padeda prisiminti dirgiklį patiriant jį pakartotinai. Prisiminimai, susiję su stipriais dirgikliais, pavyzdžiui, traumomis, gali turėti gilų poveikį juos prisimenantiems žmonėms.

Kai užkoduojame atmintį, ribotas skaičius hipokampo, žievės ir kitų smegenų dalių neuronų yra aktyvūs vienu metu. Kad patirtis taptų prisiminimu, ši neuronų grupė turi sustiprinti tarpusavio

ryšius, kad vėliau jie galėtų vėl kartu aktyvuotis. Kai į atmintį ateina prisiminimas, tam tikra engramos dalis suaktyvinama bet kokiu dirgikliu, nes dėl dirgiklio atsiranda įvairios trukmės pakitimas ar pėdsakas smegenų žievėje / smegenų požiežio centruose. Neuronų pogrupio suaktyvinimas dėl sustiprėjusių tarpusavio ryšių aktyvuoja likusius engramos neuronus, o kai visa grupė aktyvuoja kartą, patirtis įsimenama arba tampa atmintimi.

Kai neuroniniai tinklai aptinka dirgiklį, žievėje paleidžiamas jį atitinkantis signalas. Jei tuo metu yra daugiau dirgiklių, jie suveikia vienu metu ir generuoja „laidininką“ (dendritą ar aksoną), kuris galiausiai sujungia skirtingus dirgiklius. Vienu metu veikiant grupei dirgiklių, šis ryšys sustiprinamas ir tampa sąvoka. Kai bandome ką nors prisiminti, stimuliuojame daugybę su tuo susijusių sąvokų (pvz., vietos, pavadinimai, situacijos, mintys), tikėdamiesi, kad kai kurios iš jų primins tai, ką bandome prisiminti.

Kai hipokampus yra paveiktas Alzheimerio ligos, prarandama atmintis ir orientacija. Prefrontalinė smegenų žievė yra atsakinga už „racionalius sprendimus“ ir dalyvauja įsimenant semantines užduotis. Įdomu, kad trumpalaikės atminties išsaugojimas yra susijęs su aukštesniu intelektu, išmatuojamu IQ testais, tačiau tobula atmintis būdinga ne tik aukštam intelektui.

Žmogaus geba įsiminti naują informaciją aukščiausią tašką pasiekia sulaukus 20-ies, o po 50 ar 60 metų pradeda pastebimai mažėti. Informacijos kiekis, kurį smegenys gali saugoti daugybėje trilijonų sinapsių, nėra begalinis, tačiau pakankamai didelis, tad informacijos kiekio, kurį galime saugoti, smegenų talpa neriboja.

Atmintis yra bet kokio įvykio, tiek vizualaus, tiek ir žodinio, atkūrimas. Tyrimai rodo, kad žmonės gali sąmoningai blokuoti prisiminimus. Atmintis yra svarbi ir būtina mūsų visų gyvenimui, be jos neįmanoma veikti dabartyje ar galvoti apie ateitį. Neprisimindami, ką veikėme vakar, negalėtume planuoti rytdienos darbų. Antra

vertus, be atminties mes nieko neišmoktume. Pirmieji žmogaus prisiminimai yra 3–3,5 metų amžiaus.

Visoje planetoje yra labai nedaug žmonių, turinčių fenomenalią atmintį ir galinčių atsiminti net menkiausias kūdikystės smulkmenas. *Hipertimezija* yra atminties būklė, kai prisimenama labai daug ir itin detalai. Pirmą kartą šį reiškinį mokslininkai aprašė 2006 metais. Minėtas gebėjimas veikia tik autobiografinę atmintį ir jo priežastys nėra žinomos. Manoma, kad jos gali būti biologinės, genetinės ar psichologinės.

Tradiciskai manoma, kad dėl gebėjimo mąstyti žmonių rūšis išsiskiria iš kitų gyvūnų. Palyginti su kitais panašaus dydžio gyvūnais, žmonių smegenys yra labai didelės. Smegenys daugiausia iš visų organų sunaudoja energijos – sverdamos tik 2 % žmogaus kūno masės, jos sunaudoja daugiau nei 20 % medžiagų apykaitos energijos. Dėl didesnės kūno masės vyrų smegenys yra maždaug 11 % didesnės nei moterų, tačiau moterų ir vyrų pažintiniai gebėjimai yra panašūs.

Apibendrinant šiuolaikinius atminties formavimosi ir saugojimo smegenyse biologinius modelius galima tvirtinti:

- Smegenyse atminties veikimą apibūdina kodavimo, saugojimo ir gavimo (arba atšaukimo) procesai. Tam, kad susidarytų nauja atmintis, informacija turi praeiti tam tikrus procesus. Kodavimas pakeičia informaciją tinkama forma. Užkoduota atmintis saugoma vėlesniam naudojimui, galiausiai atkūrimo procesas sugrąžina į sąmonę prisiminimus, kuriuos užtikrina smegenų neuronų ryšiai. Nauji ryšiai (sinapsės) susidaro kiekvieną kartą, kai išmokstama nauja veikla. Kuo daugiau žmogus dalyvauja tam tikroje veikloje, tuo stipresnės sinapsės. Prisiminimai ir mintys yra elektrinio ir cheminio aktyvumo smegenyse rezultatas.
- Šiuolaikinėje psichologijoje genetinė atmintis paprastai nesiejama su DNR.

- Atmintį ir koncentraciją kontroliuoja prefrontalinė smegenų žievė. Ji yra susijusi su sudėtingo elgesio planavimu ir asmenybės raiška. Prefrontalinė žievė yra labai svarbi atminčiai, intelektui, koncentracijai, nuotaikai ir asmenybei.
- Atmintį sužadinančiais dirgikliais gali būti kiti žmonės, vietos ar situacijos. Mintys, emocijos ir pojūčiai taip pat gali sukelti prisiminimus. Dirgikliu gali būti kažkas konkretus, susijęs su koku nors įvykiu (pvz., degėsių kvapas ar baimės jausmas), arba kažkas bendro (pvz., buvimas minioje).
- Kol kas tėra tik hipotezė, kad ir kūnas gali saugoti prisiminimus. Nors eksperimentais nustatyta ląstelių atminties galimybė, šiuo metu nėra žinoma, kaip kiti audiniai, išskyrus smegenis, galėtų saugoti prisiminimus.
- Atmintis – tai tam tikros neuronų grupės suaktyvėjimas. Žmogaus smegenis keičia kiekviena nauja atmintis, nes smegenų ląstelės (neuronai) bendrauja tarpusavyje per sudėtingą elektrocheminę sistemą. Už atmintį atsakinga cheminė medžiaga glutamatas. Tai labiausiai paplitęs neurotarpininkas, randamas visose smegenyse, taip pat ir nugaros. Glutamatas svarbus ankstyvam smegenų vystymuisi, mokymuisi ir atminčiai.
- Atminties sukūrimas, pagrįstas cheminiu atminties fiksavimu, yra vadinamas RNR atmintimi. Šiuo atveju atmintis gali būti perduodama per kūną, o ne per nervų sistemą. Kadangi RNR koduoja informaciją, gyvos ląstelės gamina ir modifikuoja RNR, reaguodamos į išorinius įvykius, todėl ji taip pat gali būti naudojama dirgikliams įrašyti.
- Atmintį smegenyse išlaiko hipokampus. Čia formuojami ir indeksuojami epizodiniai prisiminimai, kad vėliau juos būtų galima pasiekti. Epizodiniai prisiminimai yra konkrečių gyvenimo įvykių, pavyzdžiui, kavos, kurią gėrėme su draugu praėjusią savaitę, prisiminimai.

- Daugelis tyrėjų ir psichikos sveikatos specialistų sutinka, kad prisiminimus galima slopinti ir vėliau atkurti, tačiau tai greičiausiai reti atvejai. Prisiminimai gali būti užgniaužti, tačiau prarastų prisiminimų nebegalima atkurti. Užmiršimas gali įvykti, kai ryšiai tarp neuronų nėra stiprūs. Tam tikra prasme žmogaus prisiminimai niekur nedingsta, tiesiog yra sunkiau pasiekiami. Iš tikrųjų smegenys sukurtos taip, kad pamirštų mums nenaudingus dalykus, nes bandymas viską prisiminti mūsų nervų grandinėje gali sukelti neurocheminį chaosą.
- Yra keli skirtingi atminties tipai: darbinė, epizodinė, semantinė, būsimoji ir kitos. Darbinė atmintis naudojama trumpalaikiai informacijai saugoti. Epizodinė atmintis reikalinga norint prisiminti praeities įvykius. Semantinė atmintis naudojama norint prisiminti žodžių reikšmes arba faktus. Būsimoji atmintis yra kažko, ką reikės padaryti ateityje, atmintis. Šis atminties tipas atsakingas už tai, kad ateityje prisimintume planuotą įvykį ar ketinimą.
- Pirmasis atminties etapas yra kodavimas. Bet kokios rūšies informacija iš pradžių apdorojama vaizdine, akustine ir semantine forma. Tai reiškia, kad informaciją priimame kaip vaizdą ar garsą ir suteikiame jai prasmę, nors didesnė pažinimo proceso dalis vyksta be sąmoningo veiksmo. Smegenys nesąmoningai susidoroja su visų rūšių jutimine informacija. Kai išmokstame ką nors naujo, užsimezga ryšiai tarp smegenų neuronų. Šios sinapsės sukuria naujas grandines tarp nervų ląstelių. Tyrimai rodo, kad neuroninius ryšius, arba sinapses, suaugusiųjų smegenų hipokampe stiprina ir baltymai.
- Smegenys yra vienintelė kūno dalis, sauganti prisiminimus. Galima manyti, kad kūno fizinė atmintis yra tikra, tačiau smegenys valdo kūną.

- Nors daugeliui žmonių gali būti sunku patikėti, tačiau visi turi klaidingų prisiminimų. Individualūs prisiminimai nėra labai patikimi, tad klaidingi prisiminimai gali susidaryti ir žmonėms, kurie paprastai labai gerai prisimena. Kai kurie žmonės gali ryškiai prisiminti net ankstyvos vaikystės detales.
- Kiekviena smegenų pusė yra atsakinga už skirtingas funkcijas, todėl nė viena nėra „protingesnė“ už kitą. Kairioji smegenų pusė valdo kalbą ir logiką, o dešinioji – kūrybiškumą, intuiciją ir erdvinį suvokimą.
- Suaugusio žmogaus smegenų operatyvioji atmintis (RAM) turi galimybę saugoti 2,5 mln. gigabaitų skaitmeninės atminties ekvivalentą.
- Mūsų smegenys užkoduotą informaciją laiko saugykloje. Saugojimas yra nuolatinis informacijos įrašas. Kad atmintis patektų į saugyklą (t. y. ilgalaikę atmintį), ji turi pereiti tris etapus: sensorinę atmintį, trumpalaikę atmintį ir galiausiai ilgalaikę atmintį.
- Kuo skiriasi protas ir smegenys? Protas reiškia gebėjimą mąstyti, jausti ir užsiimti fizine veikla, o smegenys yra fizinis galvos organas, palaikantis šias funkcijas.
- Jei asmens intelekto koeficientas yra 90 % arba didesnis, o darbinė atmintis – 75 %, tai jo darbinė atmintis vis tiek yra gerokai didesnė už vidutinę. Aukštas intelekto koeficientas ir žemesnė darbinė atmintis reiškia, kad asmuo turi išmokti strategijų, reikalingų žemesnei darbinei atminčiai palaikyti. Asmens intelekto testas nustato gebėjimus mokytis, suprasti, formuoti sąvokas, apdoroti informaciją, taikyti logiką. Gera atmintis dar nėra intelekto rodiklis. Trumpalaikės atminties saugojimas yra susijęs su aukštesniu intelektu, tačiau tobula atmintis nebūtinai yra aukšto intelekto požymis. Mokslininkai sukūrė vertinimo sistemą, žinomą kaip *encefalizacijos koeficientas*

(EQ), kuriuo matuojamas smegenų ir kūno dydžio santykis. Žmogaus EQ vertė yra 7,44–7,8, o naminės katės – 1–1,71.

- Tyrimai rodo, kad intelektas turi genetinį komponentą, tačiau dar nenustatyti atskiri genai, lemiantys žmonių intelekto skirtumus. Tikėtina, kad intelektas apima daugybę genų ir kiekvienas įneša savo indėlį į bendrą žmogaus intelektą. Intelektualumui didelę įtaką turi aplinka, tačiau ir žemo intelekto tėvai gali turėti aukšto intelekto koeficiento vaikus, ir atvirkščiai. Tyrimai rodo, kad intelektą galima pakelti tam tikra smegenų lavinimo veikla. Atminties, vykdomosios kontrolės ir erdvinio mąstymo lavinimas gali padidinti intelekto lygį.
- Apie 30 % žmonių naudoja vizualų / erdvinį mąstymą, dar 45 % – vizualų / erdvinį ir žodžius, 25 % mąsto tik žodžiais, o 3 % žmonių negali vizualizuoti minties savo galvose. Daugelis žmonių gali įsivaizduoti kito žmogaus veidą arba labiausiai patikusį valgį, tačiau yra ir tokių, kurie negali vizualizuoti dalykų savo „proto akimis“. Šis reiškinys vadinamas *afatazija*. Tyrimai rodo, kad žmonės po valandos pamiršta maždaug 50 % naujos informacijos. Per 24 valandas šis skaičius vidutiniškai padidėja iki 70 %!

Atminties tyrimas tebėra pradiniam etape ir mažai žinoma apie jos veikimą molekulinio lygmeniu. Mokslininkai dar aiškinasi, kaip prisiminimai užkoduojami neuronų grupėse, kiek plačiai smegenyse pasiskirsto ląstelės, koduojančios tam tikrą atmintį, kaip smegenų veikla atitinka prisiminimų pobūdį. Mes nežinome, kaip iš tikrųjų veikia atmintis, nes ji yra labai sudėtinga. Tikėtina, kad vieną dieną bus pateiktos visiškai naujos įžvalgos apie smegenų funkciją ir veiklą.

Apie sąmoningus gyvūnų išgyvenimus

Klausimai apie gyvūnų sąmonę, ypač apie tai, kurie gyvūnai turi sąmonę ir kokia ji, yra ir moksliniai, ir filosofiniai. Yra daug priežasčių, kodėl filosofiskai domimasi gyvūno sąmone. Filosofija dažnai prasideda klausimais apie žmonių vietą gamtoje, todėl vienas iš būdų, ieškant savo vietos, yra lyginimasis su labiausiai panašiais gamtos padarais, t. y. su kitais gyvūnais. Biblijoje teigiama, kad visi gyvūnai atsirado per dievišką kūrybą, tačiau vieninteliai žmonės buvo sukurti panašūs į dievybę ir todėl turėjo ypatingą privilegijuotą prieigą prie amžinojo pomirtinio gyvenimo. Šiuolaikinėje biologinėje pasaulėžiūroje žmonės yra tik viena gyvūnų rūšis iš daugelio – jokio ypatingo statuso neturinti gyvybės medžio šaka.

Žvelgiant iš evoliucijos perspektyvos, sąmonę turi žmonės ir galbūt kai kurie gyvūnai. Mokslininkams kyla klausimų: ar tai vėlai išsivystęs ir mažai pasklidęs bruožas, ar senesnis ir plačiau paplitęs bruožas; ar jis išsivystė tik vieną kartą, ar vystėsi daugelį kartų atskirai? Tai reikštų, kad sąmonė buvo įgyta per neseną evoliucijos įvykį, kai mūsų protėvių giminė daugiau nei prieš 4 mln. metų atsiskyrė nuo artimiausių nežmogiškų giminaičių (šimpanzių ir mažųjų šimpanzių – bonobų), ir kad žmonės yra vieninteliai sąmoningi gyvūnai.

Antra vertus, yra daug moralinių klausimų, ar gyvūnai yra sąmoningos būtybės, ar neturintys proto automatai? Maistui, moksliniams tyrimams ir kitiems žmogaus tikslams kasmet paskerdžiama daug milijardų gyvūnų. Jei gyvūnai iš tikrųjų patiria panašius jausmus kaip žmogus, tai daugelio jų gyvenimo sąlygos yra žiaurios. Argumentai, kad gyvūnai nėra sąmoningi, iš esmės tėra bandymas pateisinti žiaurų elgesį su jais. Kuriant teorijas apie sąmonę, dažnai neatsižvelgiama į tai, turi ar neturi gyvūnai sąmonės. Ar

sąmonės teorijos turėtų atsiriboti nuo intuityvios sąmonės priskyrimo gyvūnams?

Tyrimai, siekiantys nustatyti gyvūnų sąmoningumą, išplėtė žinių ir mokslinės metodikos ribas ir paskatino gyvūnų elgesiu besidominčius psichologus ir mokslininkus atlikti daugybę naujoviškų eksperimentų tiriant gyvūnų pažinimo galimybes. Yra daugybė įrodymų, kad žmonės nėra unikalūs savo neurologiniais substratais, generuojančiais sąmonę, tačiau sąmonės paslaptis išlieka (Andrews, Beck, 2019).

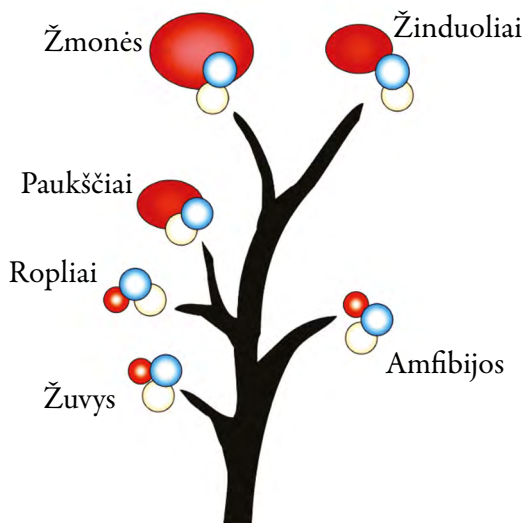
Daugelis filosofų ir mokslininkų manė, kad sąmonė iš prigimties yra privati, todėl kiti nežino asmeninės patirties. Sutariama, kad kalba gali padėti žmonėms peržengti šią tariamą spragą perduodant savo patirtį kitiems, tačiau gyvūnų atveju tai neįmanoma. Vis dėlto daugeliui žmonių atrodo, kad kai kurie gyvūnai turi sąmoningą patirtį. Jie atkreipia dėmesį į augintinių ir žmonių panašų elgesį, pavyzdžiui, gyvūnai savo elgesiu akivaizdžiai išreiškia malonumą ir nepasitenkinimą bei įvairias emocijas, suvokia aplinką ir gali mokytis iš patirties. Taigi gyvūnų sąmonės panašumo argumentai kyla iš stebimos jų elgsenos, o šiuos stebėjimus gali sustiprinti moksliniai elgesio, smegenų anatomijos bei fiziologijos tyrimai. Neurologiniai žmonių ir kitų gyvūnų panašumai rodo sąmoningos patirties bendrumą. Žinduoliai turi tą pačią smegenų anatomiją, yra ir kitų stuburiniams gyvūnams būdingų savybių. Netgi struktūriškai skirtingos smegenys gali būti neurodinamiškai panašios, kad būtų galima daryti išvadas apie gyvūnų sąmonę. Nemažai mokslinių tyrimų, analizuojančių tam tikras sąmoningas būsenas, naudoja gyvūnus kaip pavyzdžius. Sąvoka „sąmonė“ yra labai dviprasmė ir sunkiai apibrėžiama.

Du įprasti sąmonės pojūčiai, dėl kurių nesiginčijama kalbant apie gyvūnus – kai padaras miega arba yra komoje ir kai organizmas geba suvokti ir reaguoti į aplinką. Sąmonės pojūčiai, sukelti daugiausia ginčų, kai jie taikomi gyvūnams, yra *fenomenali sąmonė* ir *savimonė*.

Fenomenali sąmonė aprėpia mūsų patirtį su erdvės ir laiko elementais, pojūčiais, emocijomis ir mintimis. Savimonė reiškia subjekto suvokimą apie save, tačiau šis terminas dviprasmiškas, nes subjektas gali suvokti save labai skirtingais pojūčiais, pavyzdžiui, savo kūno kaip fizinio objekto arba veikimo terpės suvokimas, psichinių būsenų suvokimas ir kt. Daugelis mokslininkų ir filosofų tebėra įsitikinę, kad jokie eksperimentai negali suteikti prieigos prie fenomenalios sąmonės, net jei kai kurie klausimai apie gyvūnų protą yra empiriškai išsprendžiami.

Keliamos įvairios hipotezės, kurie gyvūnai yra sąmoningi, o kurie ne. Nuomonės įvairuoja: nuo – tik žmonės yra sąmoningi, iki – beveik visi gyvūnai, net ir paprasti bestuburiai, geba patirti supantį pasaulį. Kai kurie mokslininkai teigia, kad vienaląščiai organizmai ir augalai yra sąmoningi, dar kiti mano, kad sąmonė, kaip masė ir krūvis, yra fundamentali fizinių subjektų savybė. Visgi sąmonės priskyrimas vienaląščiams organizmams ar kitoms fiziniams būtybėms nereikia, kad visi gyvūnai yra sąmoningi.

Klausimas, kurios gyvūnų grupės turi sąmonę, lygiagretus sąmonės evoliucinės kilmės svarstymams, nes šiuolaikiniai organizmai išsivystė iš nedidelio skaičiaus (galbūt vieno) labai seno protėvio (42 pav.). Ar sąmonė pirmiausia atsirado žmonėms, ar ankstesniam nežmogiškam protėviui? Ir kas buvo šis protėvis? Sąmonė galėjo atsirasti kelioms rūšims, pavyzdžiui, vabzdžių, paukščių, šikšnosparnių ir pterozaurų geba skraidyti išsivystė savarankiškai. Mokslininkai sutaria, kad visi žinduoliai yra sąmoningi. Vyksta diskusijos dėl žuvų sąmonės – ar žuvis gali patirti skausmą, stresą ir kančias, tiriami stuburiniai, nariuotakojai ir moliuskai. Gyvūnų sąmonės tema filosofų nebedomina tik periferiškai, didėja domėjimasis gyvūnais iš įvairių filosofinių perspektyvų (etikos, proto filosofijos, mokslo filosofijos), taip padedant pamatus kai kuriems su gyvūnų sąmone susijusiems klausimams.



42 pav. Smegenų struktūros evoliucija.

Sąmoningumas – tai būseną ar gebą suvokti, jausti įvykius ir objektus, tai pažintinė reakcija į būseną ar įvykį. Savęs suvokimas – gebėjimas žiūrėti į save kaip iš aplinkos ir kitų asmenų išskirtą individą. Savimonė – tai susirūpinimas savimi ir suvokimas, kad žmogus egzistuoja kaip individuali būtybė. Jautrumas yra geba sąmoningai jausti, suvokti aplinką arba turėti subjektyvių išgyvenimų. Protingumas – organizmo geba veikti tinkamai sprendžiant kylančias problemas. Nors sąmonės sąvoką tiria psichologai, etologai, neurologai, filosofai ir psichiatrai, ją sudėtinga apibrėžti. Proto ir kūno problema filosofijoje nagrinėjama per proto ir materijos ryšį, sąmonės ir smegenų santykį. Dualizmas išlaiko griežtą skirtumą tarp proto ir materijos sferų. Monizmas teigia, kad yra tik viena sfera, o protas ir materija yra jos aspektai. Neuromokslininkų manymu, sąmonė yra biologinis procesas ir jis galiausiai bus paaiškintas molekuliniais signalizacijos būdais, kuriuos naudoja sąveikaujančios nervinių ląstelių populiacijos. XVII a. filosofai teigė, kad tik žmonės

yra sąmoningi, o XVII a. gyvenęs R. Descartes'as tikėjo, kad nefizinį protą turi tik žmonės.

Žinduolių (įskaitant žmones) sąmonė yra proto aspektas, kuris apima subjektyvumą, jausmingumą, gebėjimą suvokti ryšį tarp savęs ir aplinkos. Yra trys įprasti žmonių sąmonės tyrimo metodai: žodinis pranešimas, elgesio demonstravimas ir nervinė koreliacija su sąmoninga veikla. Gyvūno sąmonė – tai išorinio objekto ar kažko savyje suvokimas. Gyvūnų sąmonės tema yra sudėtinga, nes gyvūnai negali papasakoti apie savo patirtį. Filosofai, subjektyvią patirtį laikantys sąmonės esme, mano, kad gyvūnų sąmonės egzistavimas ir prigimtis niekada nebus iki galo atskleisti, nes kad ir kiek žinome apie jų smegenis ir elgesį, negalime įsijausti į gyvūną ir jo pasaulį kaip jie patys.

Gyvūnų sąmonė buvo aktyviai tyrinėjama daugiau nei šimtą metų, tačiau tik 2012 m. neurologai pasirašė Kembridžo deklaraciją dėl sąmonės, kurioje teigiama, kad žmonės nėra unikalūs, turintys neurologinius substratus, kurie generuoja sąmonę, nes ir kiti gyvūnai, įskaitant aštuonkojus, taip pat turi šiuos nervinius substratus. Dabartinė tyrinėtojų problema – kaip ir kodėl sąmonė kyla iš smegenų neuroninių sąveikų.

Geriausiai žinomas savivokos tyrimo metodas yra veidrodinis testas, kuris atskleidžia, ar gyvūnai atpažįsta save veidrodyje (43 pav.). Pagal šį testą, savimonę turi sausumos žinduoliai (šimpanzės, bonobos, orangutanai, gorilos, drambliai), banginių šeimos gyvūnai (delfinai), paukščiai (šarkos, balandžiai). Antai šarkos (panašiai kaip beždžionės, delfinai ir drambliai) sugeba suprasti, kad veidrodinis vaizdas priklauso jų pačių kūnui. Žinduoliai ir paukščiai tuos pačius smegenų komponentus paveldėjo iš savo paskutinio bendro protėvio beveik prieš 300 mln. metų, nuo to laiko jie vystėsi savarankiškai ir suformavo labai skirtingus smegenų tipus.

Daugelis mūsų neabejoja, kad augintiniai šuo ar katė yra sąmoningi gyvūnai. Jie žino, kas vyksta, turi minčių, norų ir ketinimų. Jie



43 pav. Gyvūnų veidrodžio testas (Bernal, 2022).

džiaugiasi, kai grįžtame namo arba paduodame jiems maistą. Tačiau įsivaizduoti save jų mintyse yra neįmanoma, kaip ir bet kurio kito žmogaus mintyse. Dažniausiai kitų mintis stengiamės perprasti netiesiogiai, žiūrėdami, kaip jie elgiasi, ar klausydamiesi, ką sako. Gyvūnai nekalba, o negalėdami įsiskverbti į jų protus, iš jų elgesio negalime žinoti, ar jie, be sąmonės, turi savimonę. Katė, pirmą kartą pamačiusi savo atspindį, elgiasi taip, lyg tai būtų kita katė. Ilgainiui katė supranta, kad veidrodyje mato save. Atrodo, kad tokią gebą turi labiau išsivysčiusių žinduolių rūšys, nors dar kyla abejonų, ar jos tikrai atpažįsta save veidrodyje, ar jų elgesys yra tik tam tikras refleksas. Veidrodžio testas dažnai kritikuojamas, nes neįrodo, kad savęs atpažinimas patvirtina savimonę. Yra manančių, kad savęs neatpažinimas veidrodyje dar nereiškia, kad gyvūnas savęs nesuvokia. Veidrodžio testas yra orientuotas į žmogui būdingą regėjimą, o kitų gyvūnų rūšių labiau išvystyti kiti pojūčiai, pavyzdžiui, uoslė.

Sąmonės tyrimuose labai svarbūs smegenų *neokortekso* (naujosios žievės) tyrimai. Neokorteksas yra žinduolių smegenų dalis, kurią sudaro pilkoji medžiaga, arba neuroninės ląstelės ir skaidulos, supančios gilesnę smegenų baltąją medžiagą (aksonus). Grauzikų ir kitų smulkių žinduolių neokorteksas yra lygus, o primatų ir didesnių žinduolių žievė turi gilių griovelių ir raukšlių, kurios gerokai padidina neokortekso paviršiaus plotą. Neokorteksas skirstomas į priekinę, parietalinę, pakaušio ir smilkininę skiltis, kurios atlieka skirtingas funkcijas, pavyzdžiui, pakaušio skiltyje yra pirminė regėjimo žievė, o smilkininėje – pirminė klausos žievė. Kitos neokortekso sritys yra atsakingos už konkrečius pažinimo procesus. 90 % žmogaus smegenų žievės sudaro neokorteksas, kitos dalys yra paleokorteksas ir archikorteksas. Pasak tyrėjų, žinduolių sąmonė atsiranda neokortekse, todėl ja nepasižymi gyvūnai be neokortekso.

Veidrodinio testo rezultatai rodo, kad nors šarkos ir neturi neokortekso, jos sugeba suprasti, kad veidrodinis vaizdas yra jų pačių. Testo metu šarkos reaguoja panašiai kaip beždžionės, delfinai, plėšrieji banginiai, kiaulės ir drambliai. Nors šis gebėjimas ir nėra konkretus savęs atpažinimas, jis bent jau yra būtina savęs pripažinimo sąlyga. Tai svarbu ne tik dėl socialinio intelekto konvergencijos, bet ir norint suprasti bendruosius pažinimo evoliucijos principus ir jų pagrindinius neuroninius mechanizmus. Pilkosios papūgos įrodė, kad geba susieti paprastus žmogaus žodžius su reikšmėmis ir sumaniai taikyti abstrakčias formas, spalvas, skaičius ir kt. sąvokas. Anksčiau buvo manoma, kad šunys neturi savimonės. Jų savimonė tradiciškai buvo vertinama veidrodiniu testu. Tačiau šunys ir daugelis kitų gyvūnų nėra vizualiai orientuoti, jie pasitelkia uoslę, kuri suteikia reikšmingų šunų savimonės įrodymų.

Aštuonkojai yra labai protingi, galbūt net labiau nei bet kuri kita bestuburių kategorija. Tyrimai rodo, kad jie turi ir trumpalaikę, ir ilgalaikę atmintį. Aštuonkojų nervų sistema labai sudėtinga ir tik

dalį jos yra smegenyse. Du trečdaliai aštuonkojo neuronų yra čiuptuvų nervuose. Jų čiuptuvai atlieka įvairius sudėtingus refleksinius veiksmus net ir tada, kai smegenys nesiunčia signalų. Kai kurie aštuonkojai čiuptuvais imituoja kitų jūros būtybių formą ir judesius. Laboratorinių tyrimų metu aštuonkojai gali lengvai išmokti atskirti skirtingas formas ir raštus, pastebėti, kad jie žaidžia ir stebi.

Apibendrinime žinias apie šiuolaikinius gyvūnų sąmonės tyrimus:

- Gyvūno sąmonė, arba sąmoningumas, yra išorinio objekto ar kažko savyje suvokimas. Gyvūnai (žinduoliai, paukščiai ir kitos būtybės) turi neurologinių substratų, kurie yra pakankamai sudėtingi, kad palaikytų sąmoningą patirtį.
- Dauguma gyvūnų yra sąmoningi. Daugelis tyrėjų sutinka, kad stuburinių, galvakojų ir nariuotakojų gyvūnų elgesys yra pakankamai sudėtingas, todėl verta domėtis jų sąmoningumu. Sąmonės būsenas kontroliuoja specifinės smegenų sritys, pavyzdžiui, žinduolių apatinis smegenų kamienas. Gyvūnai pasižymi ne tik stebinančiais pažintiniais gebėjimais, bet ir emocijomis. Jau seniai šunys ir žmonės dėl praktinių priežasčių pasitiki vieni kitais, todėl logiška, kad jie dalijasi ir emocine kalba. Ekspertai teigia, kad šunys yra ir sąmoningi, ir jausmingi, gali jausti ir suvokti kitų jausmus. Šunų savimonė reiškia, kad jie supranta, kaip jie veikia kitus ir aplinkinius įvykius. Jie gali patirti emocijas – jaustis laimingi, susijaudinę, išsigandę ar suserimę ir reaguoti į jas vizgindami uodegą. Nors katės supranta, kad veidrodyje yra jų atvaizdas, neatrodo, kad jos turėtų įgimtą gebą atpažinti save. Tokią gebą turi šimpanzės, drambliai ir delfinai, vis dėlto tai dar nereiškia, kad jų sąmonė pasižymi sąmoningu turiniu.
- Nors gyvūnai nekalba kaip žmonės, jie bendrauja vieni su kitais garsais ir gestais, kurie yra tik išoriniai indikatoriai.

- Nors pagrindinį savimonės lygį gali patvirtinti veidrodžio testas, nežinoma, ar jis atskleidžia gyvūno vidines mintis ir emocijas. Mokslininkai mano, kad gyvūnai turi minčių kaip ir žmonės. Jie galvoja apie maistą, pastogę ar seksą ir kaip tai gauti.
- Dabartiniai tyrimai pateikia įtikinamų įrodymų, kad kai kurie gyvūnai gali jausti visą spektrą emocijų – baimę, džiaugsmą, laimę, gėdą, sumišimą, pasipiktinimą, pavydą, meilę.
- Protingiausias Žemėje gyvūnas (po žmogaus) yra orangutanai, kurio DNR daugiau nei 97 % yra panaši į žmonių. Toliau eina delfinai, šimpanzės, pilkosios papūgos, aštuonkojai, varnos, balandžiai, žiurkės.
- Nesąmoningų gyvūnų grupei priskirtinos būtybės, neturinčios nervų sistemos (pvz., kempinės) ir centralizuotos nervų sistemos (pvz., dygiaodžiai ir cidarijos). Nejautrūs gyvūnai būtų kempinės, koralai, anemonai ir hidros.
- Gyvatės gali atpažinti savo cheminius signalus, kurie skiriasi nuo kitų gyvačių. Tai laikoma savęs atpažinimo veidrodyje atitikmeniu.
- Augalai taip pat turi išsivysčiusias sąmoningas šaknų „smegenis“, kurios veikia panašiai kaip mūsų, nes geba analizuoti gaunamus duomenis ir generuoti sudėtingus atsakymus.
- Visi gyvi organizmai suvokia ir reaguoja į skausmą, tačiau augalai jo nesuvokia ir „nejaučia“ kaip gyvūnai, nes jiems trūksta nervų sistemos ir smegenų. Grybai taip pat neturi centrinės nervų sistemos ir negali jausti skausmo, bet jie yra tokie pat sąmoningi, kaip ir augalai. Vabzdžiai turi tris nervinio audinio dėmes, kurios sudaro smegenis, tačiau neturi žievės ar kažko panašaus, todėl manoma, kad jie negali turėti sąmonės.
- Delfininiai jūrų žinduoliai afalinos pasižymi veidrodinio savęs atpažinimo geba, todėl manoma, kad tai yra savimonės

rodiklis. Kiaulių tyrimai rodo, kad jos turi panašių pažintinių gebėjimų kaip šunys ir maži vaikai, savimonę, formuoja simpatijas ir antipatijas, mėgsta kūrybišką žaidimą ir patiria emocijas.

- Šunys naudoja epizodinę atmintį, kad pakartotų savo šeiminingo veiksmus net praėjus valandai po to, kai pirmą kartą juos pamatė. Tai rodo, kad šunys gyvena ne tik šia akimirka. Jie formuoja prisiminimus ir prireikus gali juos prisiminti. Šunys gali atskirti tik mėlyną ir geltoną spalvas (jų regėjimas yra dvispalvis), tačiau norėdami ištirti arti esančius objektus jie naudoja kitus pojūčius, tokius kaip kvapas ar skonis. Šunų spalvinis matymas labiausiai artimas žmogui, kuriam būdingas raudonai žalios spalvos aklumas, jie mažiau jautrūs pilkiems atspalviams ir maždaug perpus jautresni ryškumo pokyčiams. Šunims taip pat būna įvairaus lygio trumparegystė. Tyrinėtojai mano, kad šunys gali prisiminti žmones ir svarbius savo gyvenimo įvykius daugelį metų, galbūt iki mirties. Šuo prisimena kvapą, veidą (ypač akis), balsą ir asocijuoja tai su laime, meile ar prisilietimu, o gal tiesiog su maistu. Nors šunys neidentifikuoja savęs veidrodyje, jie turi tam tikrą savimonės lygį ir atlieka kitus savęs atpažinimo testus. Jie gali atpažinti savo kvapą ir prisiminti konkrečius įvykius. Kai kurių ekspertų manymu, šunys žino, kad mes esame skirtingų rūšių būtybės. Be to, šunys dažnai su mumis elgiasi taip, lyg būtume vienos didelės, laimingos gaujos dalis.
- Delfinai – labai draugiški gyvūnai, visada padedantys vieni kitiems gaudyti žuvį, taip pat susirgus ar susižeidus. Tokia savitarpio pagalba yra pagrindinė išgyvenimo sąlyga. Jie bendrauja skleisdami specifinius garsus. Iki šiol dar nesuvokiama, kas sudaro sudėtingą delfinų „kalbą“. Tik žinoma, kad jie vienas kitą atpažįsta ir tarpusavyje „susišneka“. Delfinų intelekto testai

rodo, kad jie neturi tokių pažintinių gebėjimų kaip žmonės, todėl nėra „protingesnė“ rūšis. Kaip ir žmonės, delfinai geba tikslingai keisti savo aplinką, spręsti problemas, sudaryti sudėtingas socialines grupes.

Dar negalime atsakyti, kuo skiriasi gyvūnų ir žmogaus sąmonė, nes neturime tiesioginės prieigos prie subjektyvios gyvūnų patirties, o galimas jų sąmoningumas, atliekant dirgiklio suvokimo užduotis, dažnai vertinamas tik pagal anksčiau stebėtus elgesio ir pažinimo gebėjimus.

Kokie psichiniai procesai lemia originalias ir naujoviškas idėjas

Kūrybiškumas – tai žmogaus geba kelti naujas idėjas, mąstyti savarankiškai ir nestereotipiškai, greitai orientuotis sudėtingoje situacijoje, lengvai ir netipiškai spręsti problemas, pažvelgti į įvykį ar reiškinį netradiciškai. Kūrybiškas žmogus randa netikėtus sprendimus, sugeba lanksčiai, originaliai mąstyti, aktyviai, tikslingai veikti (Fink ir kt., 2009). Kūrybinės ir naujoviškos idėjos kartais interpretuojamos kaip nesąmoningų procesų, kurių negalima numatyti ir valdyti, pasekmės, kaip staigių įžvalgų rezultatas (Paulus, Brown, 2007).

Idėjos gyvavimo ciklą sudaro keturi etapai: jos gimimas, kontūro kūrimas, prototipo kūrimas ir idėjos patvirtinimas. Pirmame etape suformuojama pradinė mintis ar samprata. Idėjų generavimas yra svarbus, nes leidžia išplėsti jų spektrą už įprastinio mąstymo ribų.

Kūrybiškumą daugiausia lemia individualios asmenybės savybės – laki vaizduotė, greitas ir tikslus mąstymas, išradingumas, konstruktyvumas, smalsumas, poreikis nuolat tobulėti ir patirtis. Kūrybiškumas dažnai apibūdinamas kaip nustatytų normų neatitinkantis požiūris ir elgesys, lankstus požiūris. Įprastas kūrybiškumas yra dažna žmogaus savybė, kai siekiama sukurti ką nors nauja įsivaizduojant, improvizuojant ar kritiškai mąstant. Visi žmonės iš prigimties yra kūrybingi, tačiau kai kurie turi daugiau prigimtinių gabumų. Kūrybiškumą, kaip ir muzikinius ar sportinius sugebėjimus, galima padidinti kryptingą praktika ir treniruotėmis. Išskirtinis kūrybiškumas yra asmens geba sukurti originalias idėjas, įžvalgas, išradimus, meno kūrinius ar kitas naujoves, kurios laikomos vertingomis, yra pripažįstamos ir dažnai iš esmės pakeičia veiklos sritį

ar net visą supančią aplinką. Gebantys tai atlikti žmonės vadinami talentingais arba genijais.

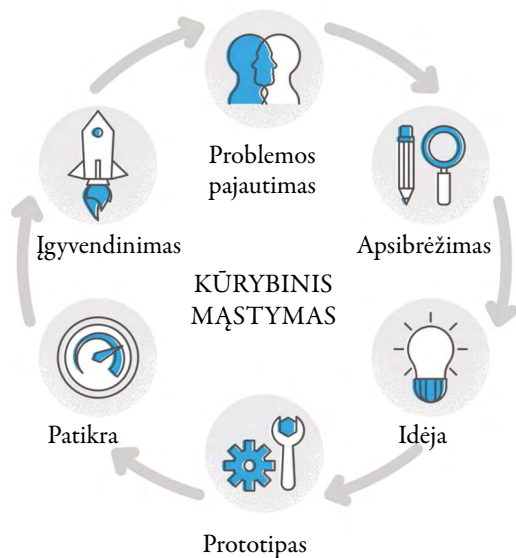
Kūrybiškumui būdingas išskirtinis originalus mąstymas, bendros žinios, tolerancija neapibrėžtumui (rizika), motyvacija (smalsumas), gebėjimas atlikti užduotį, specialiosios žinios ir įgūdžiai. Kūrybiški žmonės pasižymi lanksčiu mąstymu, atkaklumu ieškant sprendimo, savarankiškumu, pasitikėjimo savimi ir savikritiškumo pusiausvyra, optimizmu, geba rizikuoti, ilgai dirbti protinį darbą, jiems svetimas konformizmas.

Kūrybiškumą skatina tyrinėjimui, eksperimentavimui ir kūrybai palanki turininga aplinka, demokratiniai santykiai, tam tikras autonomiškumas, savarankiškumas ir laisvo pasirinkimo galimybė, tinkamas asmenybės motyvacinės, emocinės ir vertybinės sistemos ugdymas. Susidomėjimas kūrybiškumu aptinkamas psichologijos, verslo studijų, filosofijos ir menų, socialinių mokslų, inžinerijos, technologijų, matematikos, kognityvinių mokslų srityse. Žmogaus kūrybinių įžvalgų procesą sudaro penki etapai (44 pav.):

- pasirengimas (individo mintys nukreiptos į problemą ir jos apimtį);
- inkubacija (problema įtraukta į nesąmoningą protavimą);
- intymumas (pojūtis, kad sprendimas yra pakeliui);
- nušvitimas, arba įžvalga (kūrybinė idėja iš ikisąmoninio apdorojimo prasiveržia į sąmoningą suvokimą);
- patikrinimas (idėja sąmoningai patikrinama, išplėtojama ir tada taikoma).

Pagrindiniai kūrybiškumo bruožai:

- idėjų generavimas (originalumas, sklandumas, inkubacija, nušvitimas);
- individualybės bruožai (smalsumas, tolerancija dviprasmiškumui);
- motyvacija (vidinė, išorinė, pasiekimai);



44 pav. Esminiai
kūrybinio mąstymo
žingsniai (Steve, 2022).

– pasitikėjimas (dalijimasis, įgyvendinimas, gamyba).

Įvairiose šalyse kūrybiškumas vertinamas skirtingai. Vakarų kultūros žmonės į kūrybiškumą žiūri kaip į individualias žmogaus savybes, pavyzdžiui, tokias kaip estetiškas skonis. Skandinavijos šalyse kūrybiškumas vertinamas kaip individualus požiūris, padedantis susidoroti su gyvenimo iššūkiais, Vokietijoje – kaip procesas, kurį galima pritaikyti sprendžiant problemas. Rytiečiams kūrybiškumas svarbus kaip kūrybingų žmonių socialinis bendravimas, jų indėlis į visuomenę. Daugelyje Afrikos tautų nėra žodžio, kuris tiesiogiai reikštų „kūrybiškumą“, ir tai gali atsispindėti jų požiūryje į kūrybiškumą. Tačiau negalima teigti, kad dėl šio kalbinio skirtumo žmonės yra mažiau (ar daugiau) kūrybingi. Afrika pasižymi turtingu muzikos ir meno paveldu. Taigi kūrybiškumas yra psichikos procesas (procesų rinkinys), generuojantis kūrybines idėjas. Kad gimtų originali ir kūrybinga idėja, reikia vienu metu aktyvuoti du skirtingus

smegenų tinklus: asociatyvųjį, arba „spontaninį“, ir normatyvinį, arba „konservatyvųjį“.

Inovatyviu mentalitetu pasižymintys žmonės mąsto prognozuodami ateitį, yra atviri bandymams, nebijo suklysti ir mėgsta pažangą. Įkvėpti savo vizijų jie griaua senus ar įprastus metodus, mokosi ir tyrinėja ieškodami bendrybių. Jie vertina unikalumą ir neprisiriša prie praeities, nes žino, kad visada bus kažkas nauja.

Psichiniai procesai yra dinamiški ir susidaro veikiant išoriniams arba vidiniams dirgikliams. Jie vyksta prefrontalinėje žievėje ir nerviniame mazge ir apima visus procesus, kuriais žmogaus protas gali natūraliai operuoti. Skirstomi į *pažinimo* (pojūtis, suvokimas, vaizdinys, atmintis), *valios* (noras, poreikių prabudimas, motyvų formavimas, sprendimas ir įgyvendinimas) ir *emocinius* (jausmai, emocijos, nuotaika) procesus.

Kūrybiškumas yra psichinis ir socialinis procesas, apimantis naujų idėjų, koncepcijų arba naujų asociacijų tarp esamų idėjų ar koncepcijų kūrimą. Kūrybinį pažinimą atspindi keturios psichinės operacijos: *taikymas*, *analogija*, *derinys* ir *abstrakcija*. Naujos idėjos dažnai kyla iš senų idėjų, žinių ar patirties. Kūrybiškumą ypač žlugdo įvairios taisyklės ir instrukcijos, žinių ir informacijos taikymas pagal gerai žinomus algoritmus.

Pagal pritaikymą galima išskirti tris kūrybiškumo tipus:

1. *Funkcinis kūrybiškumas* – orientuotas į problemų sprendimą ir praktinių sprendimų paiešką. Dažnas tokiose srityse kaip inžinerija, dizainas ir verslas.
2. *Estetinis kūrybiškumas* – jo tikslas yra sukurti ką nors gražaus arba emociškai paveikaus. Ypač dažnas tokiose srityse kaip menas, muzika ir mada.
3. *Asmeninis kūrybiškumas* – orientuotas į saviraišką ir naujų idėjų kūrimą. Naudojamas tokiose srityse kaip rašymas, mokslas ir moksliniai tyrimai.

Kūrybiškumo rūšys:

1. *Tiriamasis kūrybiškumas* – tai gebėjimas kurti naujas idėjas ar sprendimus tiriant įvairius variantus ir galimybes. Jis dažnai siejamas su smegenų šturmu arba nestandartiniu mąstymu.
2. *Transformacinis kūrybiškumas* reiškia gebėjimą pasinaudoti esamomis idėjomis ar sprendimais ir paversti juos kažkuo nauju. Dažnai susijęs su „nestandartiniu mąstymu“.
3. *Inkrementinis kūrybiškumas* – tai gebėjimas pamažu keisti esamas idėjas ar sprendimus. Dažnai siejamas su esamų idėjų „tobulinimu“ arba „derinimu“ siekiant geresnio rezultato.
4. *Imitacinis kūrybiškumas* – tai gebėjimas kurti naujas idėjas ar sprendimus imituojant ar kopijuojant jau esamus. Dažnai siejamas su idėjų „skolinimusi“ arba jų „pritaikymu“.

Kūrybiškumą smegenyse sukelia trys smegenų tinklai, kurie veikdami kartu sukuria tai, ką mes laikome kūrybine mintimi. Kūrybiškumas yra patirties išugdytas gebėjimas, o kūrybinis mąstymas – gebėjimas pateikti unikalius, originalius sprendimus. Kūrybiškumas ir išradingumas dažnai suvokiami kaip psichiniai procesai, kurie yra toli nuo strateginio mąstymo. Kūrybinės ir novatoriškos idėjos kartais interpretuojamos kaip nesąmoningi procesai, kurių negalima numatyti ir valdyti. Tai tarsi staigi įžvalga, kuriai negalima pasiruošti ar paskatinti apgalvotomis mąstymo strategijomis.

Idėja gali kilti iš praeities ar dabartinių žinių, nuomonių, asmeninių įsitikinimų ir patirties. Galimi trys šio proceso etapai: generavimas, atranka ir vystymas. Idėjų generavimas pasižymi nuoseklia žingsnių seka: pateikimas, bendradarbiavimas, vertinimas ir įgyvendinimas. Svajonės ir minčių šturmas ilgainiui sustiprina vaizduotę ir padeda atsirasti idėjomis.

Kūrybiškumas yra gyvenimo būdas, grindžiamas tam tikromis vertybėmis. Jį žlugdo pragmatiški gyvenimo tikslai, tokie kaip greitas ir gausus atlygis, aukštas socialinis statusas ir lengvai pasiekiami

šlovė. Kūrybiškumas remiasi nauja idėja, o inovacijos yra idėjos įgyvendinimas arba jos pavertimas sėkmingu verslu. Šiuolaikinėje vartotojiškoje pasaulėžiūroje nelengva atrasti tinkamą santykį su kūryba, nes turi būti ir paslaptis, drąsa neapibrėžtumui, nežinomybei.

Kūrybiškumą skatina tam tikros nuostatos: kiekviena proga sukurti ką nors nauja ar bent ką nors panašaus, negaišti laiko kitų kritikai, save ir aplinkinius vertinti pozityviai, būti savimi, kurti kūrybiškumui palankią atmosferą, atrasti neišnaudotas galimybes, vengti painaus ir destrukttyvaus mąstymo, nesilaikyti rutinos, o slopina reikalavimas būti realistu. Vidinė kūrybiškumo motyvacija nyksta, kai tikslai primetami ir per dažnai vertinama.

Kūrybinių idėjų generavimą palaiko hipokampus – smegenų sritis, padedanti prisiminti, įsivaizduoti ir kurti. Svarbiausi kūrybiškumo elementai yra sklandumas (idėjų skaičius), lankstumas (idėjų įvairovė), originalumas (idėjų unikalumas) ir išstobulinimas (idėjų detalės). Naujovių sklaida vyksta per sąmoningumą, susidomėjimą, įvertinimą, išbandymą ir įveiklinimą.

Kognityvinėje psichologijoje susiduriama su tokiomis psichinių procesų kategorijomis kaip mokymasis, atmintis, pojūčiai, suvokimas, dėmesys, emocijos, kalba ir motyvacija. Šie procesai turi didelę įtaką žmogaus elgsenai, todėl jie itin domina psichologus. Jų glaudi sąsaja padeda nustatyti, kaip žmogus atmintyje „sutvarko“ žinias, koks žodinių ir vaizdinių komponentų tarpusavio santykis įsiminimo ir mąstymo procesuose. Mūsų smegenys mąsto apie koncepciją, kuri vėliau suaktyvina kitą koncepciją, o ta savo ruožtu sužadina kitą ir t. t. Susidaro minčių srautas, kuris greičiausiai nebūdingas kitiems gyvūnams.

Psichologų nuomone, originalios idėjos kyla smegenyse – jos yra sinapsių, sujungiančių mintis, vaizdus ir fizines reakcijas, rezultatas. Nesąmoningas protas taip pat gali apimti didžiąją dalį mūsų kūrybinių įžvalgų. Tyrimai rodo, kad smegenys atskiria suvoktus ir

įsivaizduojamus psichinius vaizdinius, tikrindamos, ar jie neperžengia „realybės slenksčio“. Vaizdus, gimstančius vaizduotėje, retai laikome tikrove, nors tos pačios smegenų sritys apdoroja ir tikrovės, ir vaizduotės vaizdinius.

Inovatyvus mąstymas reiškia gebėjimą generuoti naujas ir originalias idėjas ir sprendimus, atitrūkusius nuo tradicinių ar nusistovėjusių mąstymo modelių. Tai apima netradicinį problemų sprendimą ir naujų jų sprendimo būdų paiešką. Inovacijų sklaidos etapai: 1) žinios, 2) įtikinėjimas, 3) sprendimo priėmimas, 4) idėjos įgyvendinimas, 5) rezultato patvirtinimas. Reikšmingi inovacijų veiksniai: inovacijos galimybė, inovacijos atitikimas klientų / rinkos poreikius, kokybė ir naudingumas, konkurencinga aplinka, laikas ir rinkodara.

Tyrėjai iškėlė hipotezę, kad kūrybingos idėjos gimimo procese aktyviai dalyvauja skirtingi smegenų tinklai. Tyrimais nustatytas didesnis smegenų aktyvumas „asociatyviame“ regione. Ši smegenų dalis, apimanti priekinę vidurinių smegenų sritį, daugiausia yra aktyvi tuomet, kai žmogus yra išsiblaškęs arba „svajoja“. Kartu vyksta „bendradarbiavimas“ su „administracinės kontrolės“ regionu, susijusiu su socialinėmis normomis ir taisyklėmis, nes kūrybiniam mąstymui reikalinga kontrolė ir pusiausvyra. Nors kūrybiškumas siejamas su naujais ir originaliais problemų sprendimo būdais, ne kiekvienas originalus sprendimas laikomas kūrybišku. Nepritaikoma idėja nelaikoma kūrybinga, ji tiesiog nepagrįsta.

Apibendrinant šiuolaikinius kūrybiškumo tyrimus galima tvirtinti:

- Tyrimai rodo, kad mąstymo procesai smegenyse (darbo atmintis, abstrakcija, planavimas, pažinimo lankstumas) yra labai svarbūs kūrybai. Kūrybingi žmonės dažnai pasižymi stipria vaizduote. Neatmestinas ir genetinis komponentas, nes tam tikri genai turi įtakos intelektualinei galiai. Tyrimai rodo, kad kūrybinis paveldimumas apie 70 % priklauso nuo genetikos.

- Taigi kas pirmiau – kūrybiškumas ar idėjos? Kūrybinės idėjos gimsta iš patirties. Idėjos įkvepia kūrybai. Kita vertus, be kūrybiškumo idėjos negali egzistuoti. Norint sukurti originalią ir kūrybingą idėją, reikia vienu metu aktyvuoti du skirtingus smegenų tinklus – asociatyvųjį („spontanišką“) ir normatyvųjį („konservatyvųjį“). Kuo stipresnis tarp jų ryšys, tuo originalesni sprendimai. Smegenų gebėjimas lygiagrečiai įveikinti šiuos du tinklus ir lemia kūrybiškumą. Taigi vienoje smegenų dalyje generuojamos naujos idėjos, kitoje jos pritaikomos ir pagrindžiamos. Gali būti, kad didingiausius kūrinius sukūrė žmonės, pasižymėję ypač stipriu jų ryšiu.
- Tik būdami atviri, bendradarbiaudami su kitais, eksperimentuodami ir rizikuodami, skirdami laiko kūrybiškam mąstymui, tinkamai naudodami technologijas, nuolat mokydami ir tobulėdami galime ugdyti kūrybiškumo įgūdžius bei atskleisti visą savo potencialą.
- Kūrybiškumas kyla ir iš proto, ir iš širdies. Kasdienio gyvenimo patirtis, mūsų minčių ir jausmų potvyniai ir atoslūgiai, vaizduotė, svajonės ir mus supantis pasaulis yra kūrybiškumo šaltiniai. Kūrybiškumas yra žinių, patirties ir per visą gyvenimą įgytos išminties sintezė.

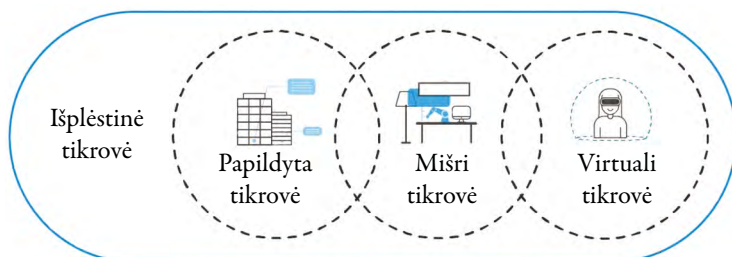
Mokslininkai iki šiol nežino, kodėl tik kai kurie žmonės tampa genijais. Jokios „smegenų šturmo“ sesijos, kūrybiškumo mokymai, ekspertų patarimai dar neatskleidė, kaip įvyksta proto „nušvitimas“.

Ar virtuali tikrovė gali pakeisti tikrojo pasaulio suvokimą

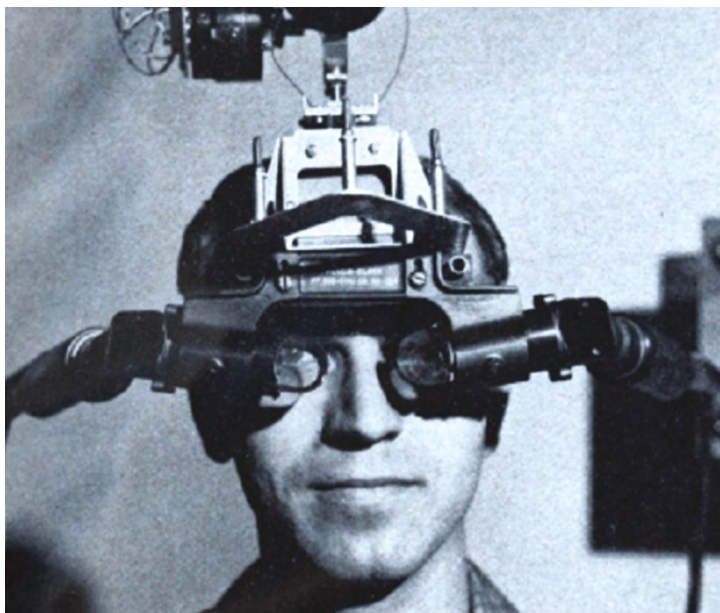
Virtuali tikrovė (VT) – kompiuteriu sugeneruota interaktyvi trimatė aplinka, su kuria vartotojas sąveikauja naudodamas specialią techninę įrangą (45 pav.).

Pirmų virtualios tikrovės užuomazgų būta 1838 m., kai Didžiosios Britanijos fizikas Charlesas Wheatstone'as aprašė gylio ir trimatės struktūros suvokimą ir sukūrė ankstyviausią stereoskopą. 1962 m. kino prodiuseris Mortonas Heiligas (JAV) sukūrė pirmąją virtualios tikrovės mašiną „Sensorama“. 1968 m. JAV pasirodę pirmieji papildytos realybės akiniai („The Sword of Damocles“) buvo sunkūs, todėl buvo tvirtinami prie lubų (46 pav.). XX a. 9-ojo dešimtmečio pabaigoje JAV buvo prekiaujama pirmais vartotojui tinkamais virtualios tikrovės akiniais (Smith, 2023). Juose integruoti ekranai buvo itin mažos raiškos, todėl vaizdas buvo neryškus, o dėl mažos galios procesoriaus nebuvo galima atkurti tikroviškos aplinkos.

Iki 2014 m. gaminti virtualios realybės akinių modeliai buvo nepatogūs, brangūs, o rodomas vaizdas buvo prastos kokybės. 2019 m. pasirodę virtualios tikrovės akiniai „Valve Index“



45 pav. Kompiuteriu sugeneruotos interaktyvios trimatės aplinkos rūšys.



46 pav. Pirmieji papildytos realybės akiniai
„Damoklo kardas“ (1968).

pasižymėjo didele raiška, plačiu matymo lauku, inovatyviais valdymo pultais, registruojančiais pirštų judesius. Šiems akiniams nereikėjo kitos papildomos įrangos (asmeninių kompiuterių ar žaidimo konsolių), todėl jie buvo belaidžiai. Akinius sudaro du didelės raiškos ekranai su lęšiais, atkuriantys trimatį vaizdą, ir viena arba daugiau kamerų, kurios registruoja valdymo pultų, mikrofono ir garsiakalbių padėtį.

Virtualią tikrovę galima pritaikyti pramogoms (ypač vaizdo žaidimams), švietimui (pvz., medicinos ar kariniam mokymui), verslui (pvz., virtualiems susitikimams). Naudodami virtualios tikrovės technologiją inžinieriai gali projektuoti technines priemones ar įvairias detales be fizinio prototipo, o dideles konstrukcijas (pavyzdžiui,

tiltą) apžiūrėti bet koku kampu ar atstumu. Būsimi medikai sukurtose animacijose gali tyrinėti žmogaus anatomiją ar planuoti operaciją. Toks mokymosi būdas leidžia studentams greičiau įsisavinti gautas žinias ir jas pritaikyti praktikoje. Pasitelkiant virtualius treniruoklius, kariuomenėje ugdomi kareivių kovos įgūdžiai, imituojamos transporto priemonės, ginklai, kiti kariai ir karinė aplinka. Virtuali aplinka labiausiai paplitusi kompiuteriniuose žaidimuose.

Šiuo metu standartinėse virtualios tikrovės sistemose, siekiant sukurti tikroviškus vaizdus, garsus ir kitus pojūčius, imituojančius vartotojo fizinį buvimą virtualioje aplinkoje, naudojamos virtualios tikrovės ausinės arba kelių projektorių kuriama aplinka. Asmuo virtualios tikrovės įranga gali dairytis po virtualų pasaulį, judėti jame, naudotis virtualiomis funkcijomis ar daiktais. Realybės efektą dažniausiai sukuria virtualios tikrovės ausinės ir prie galvos pritvirtintas mažas ekranas, tačiau jį galima pasiekti ir naudojant specialiai suprojektuotus kambarius su keliais dideliais ekranais.

Virtualios tikrovės medicinos programos, modeliuojančios chirurgijos aplinką, sukurtos 1990 metais. Prižiūrint ekspertui, galimas pakartotinis mokymas sudarant sąlygas besimokančiajam atpažinti ir ištaisyti klaidas. Virtuali tikrovė fizinėje reabilitacijoje naudojama nuo 2000 metų. VT technologija su judesio sekimo valdymu gali būti taikoma fantominiam galūnių skausmui gydyti (kai žmogui skauda amputuotą galūnę). Verslo pasaulyje VT bendravimas su kitais žmonėmis (pvz., kolegomis, partneriais) atrodo natūralus nei telefono skambutis ar vaizdo pokalbis.

VT gali imituoti realias darbo vietas įvairiuose mokymuose (pradiniame ugdyme, kariniuose, kalnakasių, astronautų mokymuose, skrydžių treniruokliuose, architektūriniame projektavime, vairuotojų mokymesi ir kt.). VT leidžia inžinieriams pamatyti virtualius prototipus, kol dar nėra fizinių prototipų. Inžinerijos srityje VT pasirodė labai naudinga tiek dėstytojams, tiek ir studentams. Studentų

ir mokinių gebėjimas sąveikauti su 3D modeliais yra papildomas ugdymo įrankis suvokiant sudėtingas temas.

Pirmasis vaizduojamojo meno virtualus pasaulis buvo sukurtas XX a. 8-ajame dešimtmetyje. Vėliau buvo sukurta daugiau meninių programų, įskaitant vaidybinius filmus. Pirmą kartą muziejaus aplinkoje VT panaudota 1990 m., kai rodomas turinys tapo prieinamas virtualioje tikrovėje. Virtualios tikrovės technologijos viešųjų bibliotekų kontekste suteikė bibliotekos vartotojams prieigą prie pažangiausių technologijų ir unikalios edukacinės patirties (prieigą prie virtualių retų tekstų ir artefaktų kopijų, ekskursijų po garsiuosius archeologinius kasinėjimus).

Sparčiai besivystanti virtualios tikrovės technologija tampa vis labiau įtraukianti ir tikroviškesnė. Nemenką painiavą kelia skirtingi *virtualios tikrovės* (VT), *papildytos tikrovės* (PT), *mišrios tikrovės* (MT) ir *išplėstinės tikrovės* (IT) terminai. Nors dauguma žmonių naudojami virtualios (VT) ir papildytos tikrovės (PT) technologijomis, šių terminų nepakanka siekiant suprasti technologijų mastą ir panaudoti jų potencialą. Norint suprasti šias technologijas, reikia tikrovę suvokti kaip konstrukciją, kurią kiekvienas iš mūsų sukuria remdamasis savo pojūčiais, ir nesvarbu, ar tai, ką suvokiame, ateina iš skaitmeninio ar fizinio pasaulio. Tas pats nutinka, kai žiūrime filmus. Ar prisimename, kada paskutinį kartą verkėme ar juokėmės žiūrėdami filmą? Juk žinojome, kad tai, ką žiūrėjome, buvo netikra. Ar tai vis tiek priverstė verkti ar juoktis? Jei filmas buvo geras, tikrai taip!

Išplėstinės tikrovės (IT) terminas apima bet kokią technologiją, kuri keičia tikrovę, papildydama fizinę aplinką skaitmeniniais elementais, ištrindama ribą tarp fizinio ir skaitmeninio pasaulio. *Papildyta tikrovė* (PT) – tai tokia technologija, kai skaitmeniniai elementai pozicionuojami į realią aplinką. PT programoje galime matyti sudėtinį fizinių pasaulio elementų ir skaitmeninių elementų vaizdą. Nors kai kurios PT funkcijos gali pasiūlyti tam tikrą sąveiką

tarp fizinių ir virtualių elementų, paprastai tiesioginės skaitmeninio ir fizinio pasaulio komponentų sąveikos nėra. *Mišrios tikrovės* (MT) technologija leidžia ne tik įterpti skaitmeninius elementus į realią aplinką, bet ir užtikrina jų sąveiką. MT patirties vartotojas gali sąveikauti tiek su skaitmeniniais, tiek su fiziniais elementais. MT skiriasi nuo PT, kur skaitmeniniai ir fiziniai elementai nesąveikauja, ir VT, kur realus pasaulis yra visiškai užblokuotas. *Virtualios tikrovės* (VT) technologija sukuria įtraukią skaitmeninę aplinką. Naudojant VT patirtį, reali aplinka yra visiškai užblokuota. VT patirtis sukelia tikrą emocinį atsaką, net jei žinome, kad visa tai netikra. Mes kuriame realybę iš informacijos, kurią gauname per savo pojūčius, todėl net ir žinodami, kad turime skaitmeninę aplinką, reaguojame į ją kaip į realią. Paprastai VT naudojamos regėjimo ir klausos sistemos, tačiau, papildžius jas kitais pojūčiais, buvimo dirbtinėje tikrovėje jausmas sustiprės.

Tobulėjant šioms technologijoms, galima tikėtis dar tikroviškesnių virtualios tikrovės potyrių, peržengiančių žmogaus suvokimo ribas. Vienas pagrindinių veiksnių, dėl kurių virtuali tikrovė tokia įtrauki, yra jos geba paveikti žmogaus smegenis, kad virtualią aplinką suvoktų kaip tikrą. Tai pasiekama derinant vaizdinį, garsinį ir haptinį grįžtamąjį (lietimo komunikacijos) ryšius, kurie sukuria buvimo virtualiame pasaulyje iliuziją. Vaizdinis grįžtamasis ryšys yra bene svarbiausias virtualios tikrovės elementas. Siekiant sukurti tikrovišką 3D aplinką, naudojami didelės raiškos ekranai ir sudėtingos atvaizdavimo technologijos. Garsinis grįžtamasis ryšys taip pat yra būtinas, kad virtuali tikrovė būtų įtikinanti. Erdvine garso technologija išgaunami tikroviški garso efektai gali padėti vartotojams orientuotis virtualioje aplinkoje ir rasti objektus ar kitus vartotojus. Haptinis grįžtamasis ryšys, kai lytėjimo pojūčiais imituojama pojūčio pajauta, dažnai yra nepastebimas. Tai galima pasiekti naudojant specialias pirštines ar kitus prietaisus, kurie perduoda spaudimą,

vibraciją ar kitus pojūčius vartotojo rankoms ir kitoms kūno dalims. Kartu veikdami šie elementai sukuria virtualią tikrovę, kurią gali būti sunku atskirti nuo realybės.

Virtuali tikrovė gali būti naudojama tokioms situacijoms patirti, kurias sunku pasiekti arba kurios gali būti pavojingos realiame gyvenime. Fiziniame pasaulyje, kai norime suvokti tam tikrą erdvę, fiziniai kūnai turi atitikti tiksliai koordinatas Žemėje. Virtualiame pasaulyje galima užfiksuoti erdvę ir perduoti ją vartotojui, neatsižvelgiant į tai, kur yra fizinis kūnas, taigi suteikiama daugiau erdvės. Erdvinis suvokimas virtualioje realybėje apima erdvės ypatybes, pvz., dydį, atstumą ir pan. (2 lentelė).

Virtualios tikrovės technologija leidžia besimokančiajam pačiam pasirinkti savo mokymosi tempą, padeda suprasti ir ilgiau išlaikyti informaciją, tačiau gali kilti įtarimų, kad esate stebimas / sekamas, ar dar kokių nors mąstymo sutrikimų.

Diskutuojamas virtualios realybės poveikis visuomenei. Vienas svarbiausių padarinių yra visuomenės įtraukimas į žaidimus, filmus ir TV laidas. Svarbia virtualios realybės problema yra ekranuose rodomi dvimačiai vaizdai, todėl akys ilgą laiką yra fokusuojamos vienoje vietoje. Trimačių vaizdų atveju akys turi nuolat keisti fokusavimą iš artimo į tolimą.

Skiriami trys virtualios tikrovės tipai: neįtraukianti virtuali tikrovė, kurioje vartotojas gali valdyti veiklą be tiesioginės sąveikos;

2 lentelė. Virtualios tikrovės privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Išsamūs vaizdai	Vartotojai tampa priklausomi nuo virtualaus pasaulio
Apjungia žmones	Technologijos vis dar yra eksperimentinės
Efektyvus bendravimas	Mokymai virtualios tikrovės aplinkoje nėra realūs

pusiau įtraukianti virtuali tikrovė; visiškai įtraukianti virtuali tikrovė. Kompiuteris sukuria „trimačio erdviškumo“, „realaus laiko interaktyvumo“ ir „saviprojekcijos“ aplinką. Ideali virtualios tikrovės sistema visas šias tris aplinkas sujungia į vieną visumą.

Pasaulyje plinta susidomėjimas *metavisata* (*metaverse*). Metavisata – tai skaitmeninė visata (socialinė žiniasklaida, internetiniai žaidimai, papildyta tikrovė (PT), virtuali tikrovė (VT), kriptovaliutos), galinti sujungti tikrus elementus su virtualia realybe; tai fizinio gyvenimo pratęsimas į skaitmeninę sritį per socialinius tinklus, papildytą tikrovę, virtualias parduotuves, vaizdo žaidimus. Papildyta tikrovė apima vaizdinius elementus, garsą ir kitą jutiminę įvestį į realaus pasaulio objektus, kad išsiplėstų vartotojo patirtis. Virtuali tikrovė sustiprina išgalvotas realijas: žmonės gali virtualiai kurti aplinką, įsigyti unikalių kūrinių, bendrauti, eksperimentuoti. Daugelis populiarių prekių ženklų investavo į metavisatą, kad turėtų savo erdves kaip naują būdą pasiekti vartotojus. Metavisata naudojama įvairiose akademinėse erdvėse, kur vyksta pamokos, paskaitos, moksliniai tyrimai. Daugybė žmonių naršo metavisatos erdves, kad galėtų mėgautis koncertais, parodomis, paradais ar net vakarėliais.

Metavisatos pradžia laikomi 1980 m., kai entuziastai inicijavo internetą. Tame naujame pasaulyje galima ir tikra, ir išgalvota veikla. Metavisatos, kaip galutinės sąveikos internete priemonės, sukūrimas atvers daug galimybių naujoms kartoms. Tikėtina, kad metavisata bus labiau siejama su internetu, o ne su konkrečiu produktu ar technologija.

Dar nesutariama dėl bendro metavisatos apibrėžimo. Nors ji gali atrodyti kaip virtualios tikrovės versija, yra manančių, kad metavisata bus interneto vystymosi ateitis. Skirtingai nuo dabartinės virtualios tikrovės, kuri dažniausiai naudojama žaidimams, metavisatos virtualus pasaulis gali būti naudojamas praktiškai bet kam – darbui, žaidimams, koncertams, kelionėms į kiną ar

tiesiog pramogavimui. Kad patektume į virtualų metavisatos pasaulį, jungiantį visas skaitmenines aplinkas, pakaks naudoti tik ausines. „Facebook“ metavisatos kūrimą paverė vienu didžiausių savo prioritetų. Manoma, kad metavisatos idėjos plėtra užtruks dar 10–15 metų. „Facebook“ eksperimentavo su virtualios tikrovės susitikimų programa, naudojančia virtualias avatarų sistemas (avataras – virtualios tikrovės aplinkoje naudojamas grafinis atvaizdas, personažas, apibūdinantis virtualią asmenybę). Pastaraisiais metais virtualios tikrovės technologijų aukščiausios klasės įranga, galinti apgauti žmogaus akį ir rodyti 3D formatu, kai objektas juda virtualiame pasaulyje, gerokai pažengė į priekį. Dėl metavisatos evoliucijos (jei ji išvis bus) kovos esami ir būsimi technologijų gigantai. Be jokios abejonės, metavisata yra ilgalaikis projektas, galbūt tikrosios metavisatos iki šiol dar nematėme.

Smegenų funkcijos tobulinimas gerinant suvokimą yra ta sritis, kurioje taip pat taikoma virtualios tikrovės technologija. Technologijų panaudojimas smegenų funkcijai sustiprinti iš dalies yra miglotas todėl, kad terminą „smegenų augmentacija“ (smegenų galimybių didinimas) galima apibrėžti labai įvairiai. Nors kalbama apie geresnę smegenų funkciją, tačiau jos išmatavimas kelia tam tikras abejones. Smegenų funkcija yra ne tik kūno, bet ir visų patirčių, tiek vidinių procesų, tiek į išorę nukreiptų veiksmų, kontrolė, todėl smegenų funkcijos gerinimas gali reikšti imuninės sistemos atsako stiprinimą, nuotaikos, atminties ar suvokimo gerinimą. Paprastas smegenų veiklos pagerėjimo apibrėžimas galėtų būti pojūčio sustiprinimas, pavyzdžiui, akinių naudojimas trumparegystės atveju. Adaptacinių procesų palengvinimas galėtų būti laikomas dar viena smegenų augmentacijos forma (pavyzdžiui, prizmės naudojimas siekiant ištaisyti žvairumą, padėti akims pasiekti suvokimo konvergenciją ir sumažinti prisimerkimo kampą). Panašiai ir virtualios tikrovės technologija gali būti naudojama egocentriniam (sutelktam į save)

ir alocentriniam (sutelktam į kitus) pasaulio vaizdavimui pakeisti. Ne visi pokyčiai veda link tobulėjimo, kai kurie jų nėra prisitaikantys arba kartu su nepageidaujamu kitų funkcijų pablogėjimu sukelia nenumatytas reakcijas.

Pagrindinis įtraukiančios patirties kūrimo virtualioje tikrovėje tikslas yra sukurti trimatę aplinką ir įtikinti, kad žmogus gali judėti virtualiame pasaulyje. Dažna kliūtis yra ta, kad virtualios tikrovės varotojas gali norėti keliauti toliau, nei įmanoma ribotoje erdvėje (pvz., skrydžio modeliavimas). Nors savaiminio judėjimo suvokimas atsiranda dėl kombinuoto vaizdinių ir fizinių judesių poveikio, seniai žinoma, kad vizualus savijudėjimo suvokimas gali atsirasti ir be tikro judėjimo, o optinės informacijos srautas vaikstant po realų pasaulį skiriasi nuo akių ar galvos sukiojimo kūnui nejudant. Tai, kad mūsų centrinė nervų sistema (CNS) gali aptikti šį skirtumą, greičiausiai išsivystė žmonijos priešaušryje ieškant maisto, draugų ar išvengiant pavojaus. Šis sensorinis labilumas gali būti naudojamas norint sukelti įtikinamą panardinimo į virtualios tikrovės jausmą, net kai sensoriniai įėjimai yra nesuderinami, mažesni už jutimo slenkstį arba jų nėra.

Naudojant virtualią tikrovę, smegenų suvokimo gebėjimai gali būti sustiprinti per sensomotorinę integraciją. Pavyzdžiui, savijudėsio suvokimas gali būti sukeltas net tada, kai jutimo įvestis yra žemiau pojūčio slenksčio, nes virtualios tikrovės inercinis dirgiklis dažnai yra mažesnis už slenkstį arba jo visai nėra, tačiau savęs judėjimo suvokimas vis tiek jaučiamas.

Suvokimas taip pat priklauso nuo greičio ir pagreičio vektorių savarankiškumo, nes regėjimo sistema jautri greičiui, o vestibulinis aparatas – pagreičiui. Dėl šių veiksnių virtuali tikrovė gali būti naudojama neįprastam savo judėjimo suvokimui, nors jutimo modelis niekada nebuvo patirtas. Pasinėrimo į virtualios tikrovės jausmą gali sustiprinti tikėjimas, kad judėjimas virtualioje tikrovėje iš tikrųjų vyksta.

Šiuo metu virtualios tikrovės technologijų ir jų pateikimo standartizavimas vis dar ribotas. Kiekvienas kūrėjas gali turėti savo sąsajos specifikacijas ir funkcijas, susijusias su naudojama technologija, o programos nėra lengvai perkeliamos iš vieno įrenginio į kitą. Dėl nepakankamos standartizacijos sunku pašalinti klaidas ir gauti tinkamą palaikymą. Šiuo metu dedamos pastangos standartizuoti virtualios tikrovės priemones, tačiau procesas dar tik prasideda.

Kitos problemos yra susijusios su techninės ir programinės įrangos reikalavimais, nes dauguma virtualios tikrovės programinės įrangos užima daug vietos kompiuteriuose ir sunaudoja daug energijos. Virtualios tikrovės ausinės taip pat dažnai būna labai sunkios ir gali vartotojams sukelti fizinę įtampą aplink kaklą ir pečius ar galvos skausmus. Kol kas dar neaišku, koks bus žalingas poveikis regėjimui, tačiau manoma, kad tai gali sukelti akių įtampą, ypač naudojant VT priemones ilgą laiką.

Kita dažna problema yra delsa tarp vartotojo judesių ir vaizdinio virtualios tikrovės ausinėse. Daugeliu atvejų netinkamas ausinių sekimas gali sukelti galvos svaigimą ar „kibernetinę ligą“ – vartotojas jaučia pykinimą ir galvos svaigimą. Kol kas tiksliai nežinoma, kodėl taip atsitinka, tačiau yra keletas teorijų. Labiausiai tikėtina sensorinio konflikto versija, pagal kurią per didelis neatitikimas tarp vartotojo vizualiai suvokiamo judesio ir atitinkamo judesio nebuvimo jo kūne sukelia konfliktą. Kitas „kibernetinės ligos“ paaiškinimas yra „ekologinė hipotezė“: laikysenos nestabilumas atsiranda tuomet, kai žmonės nesugeba suvokti ar reaguoti į naujas kintančias situacijas. „Kibernetinė liga“ ne visada išstinka įsitraukus į virtualią tikrovę, tačiau problemą gali paaštrinti keli veiksniai. „Kibernetinės ligos“ simptomai yra retesni, kai vartotojai sėdi, o ne stovi, ir paprastai paaštrėja, kai vartotojas patiria greitą modeliavimą ar žaidimą. Būdamas pasyvus dalyvis vartotojas tampa jautresnis simptomams nei tada, kai kontroliuoja modeliavimą. „Kibernetinė liga“ yra viena

iš nepatogiausių problemų, kylančių naudojant virtualios tikrovės priemones, ir jeigu vartotojai ir toliau patirs šiuos simptomus, tai gali būti rimta kliūtis plačiai plėtoti ir naudoti virtualios tikrovės programas.

Tobulėjant virtualios tikrovės technologijai, ji tampa vis labiau prieinama. Virtualios tikrovės programoms reikalingų ausinių kaina rinkoje vis dar yra didesnė, nei dauguma žmonių gali sau leisti. Daugeliui ausinių reikalingi brangesni aukščiausios klasės kompiuteriai su galinga vaizdo plokšte, galinčia valdyti virtualios tikrovės programas. Išlaidos yra viena iš didesnių kliūčių žmonėms siekiant tapti nuolatinais virtualios tikrovės vartotojais, o tai lėtina šios buitinės technologijos augimo spartą.

Virtuali tikrovė apima papildytą tikrovę (PT) ir mišrią tikrovę (MT), kuriose vartotojai dar veikia realiame pasaulyje su virtualia perdanga. Šios programos yra labiau prieinamos, nes sukurtos naudoti mobiliuosiuose įrenginiuose. Kai kurie tokio tipo žaidimai ir programos gali paskatinti žmones būti fiziškai aktyvesnius, nes jie žaidžia judėdami. Panašūs išmaniųjų telefonų žaidimai ir programos gali būti labiau prieinami žmonėms, kuriems trūksta lėšų investuoti į kompiuterius.

Lietuvoje veikia virtualios tikrovės pramogos, kai žmogus su virtualios tikrovės akiniais tam pritaikytose patalpose gali žaisti vaizdo žaidimus. 2016 m. Valdovų rūmų muziejus Vilniuje pristatė projektą, leidžiantį pamatyti Lietuvos istoriją virtualioje erdvėje. 2023 m. Vilniuje pradėjo veikti pirmasis virtualios realybės kino teatras Lietuvoje „VR Cinema“.

Virtuali tikrovė tobulėja kiekvieną dieną ir mes nuolat į ją pasineriame. Su šia technologija galime patenkinti daugelį poreikių, norą būti visur tuo pačiu metu. Virtuali tikrovė inžinerijoje ir architektūroje naudojama daugelyje situacijų diegiant kompiuterines priemones, pavyzdžiui, tais atvejais, kai reikia aptarti statybų planus, o

medicinos studijos ir praktika įgavo didesnę apimtį įdiegus šią technologinę pažangą.

Didžiulis naujovių pakilimas įvyko pramogų srityje, kai 3D ir 4D filmai užplūdo mūsų aplinką ir suteikė galimybę filmo metu tapti interpretacinio pasaulio dalimi. Kartais mes taip pasineriame į virtualią patirtį, kad beveik pamirštame jos nerealią prigimtį (Ares, 2023). Įdomu, kad netikros naujienos plinta greičiau ir plačiau nei tikros. Tai, kas netikra, nėra įsprausta į „tikrovės“ nustatytas ribas, todėl tai, kas „fiktyvu“, gali viršyti diskurso (prasmingo, rišlaus minties apie kokį nors dalyką išreiškimo) mastą, kad pamaitintų emocinę būseną, ir tai yra patrauklesnė terpė mūsų smegenims. Mūsų smegenys neatskiria tikrovės nuo fantastikos ir reaguoja, generuodamos tas pačias emocijas, tuos pačius hormonus abiejose realybėse, o tai būtina sprendžiant bet kokius iššūkius. Šiuo požiūriu svarbu sutelkti dėmesį į „interpretuojamąją riziką“, kurią suvokia mūsų smegenys, ir jos lygiagretų atspindį mūsų pojūčiuose, nes pirmiausia turime kontroliuoti savo tikrovės suvokimą. Jei nesuprantame realybės, kurią patiriame kasdien, ar galėsime įsisąmoninti, kaip veikia mūsų suvokimo pojūčiai ir ką tai reiškia patirčiai?

Apibendrinant žinomus šiuolaikinius virtualios tikrovės pasiekimus galima tvirtinti:

- Virtualios tikrovės technologija naudojasi žmogaus jausliniais suvokimais, sukeldama įtraukiančius ir tikroviškus virtualius potyrius. Per vaizdinį, garsinį ir haptinį grįžtamąjį ryšius papildyta tikrovė „apgauna“ smegenis, kad šios virtualų pasaulį suvoktų kaip realų, ir ištrina ribas tarp tikrovės ir modeliavimo.
- Virtualios ir papildytos tikrovės, dirbtinio intelekto ir blokų grandinių technologijų derinys sudarys sąlygas žmonėms iš bet kurios vietos, turinčios prieigą prie interneto, mokytis ir dirbti, rūpintis savo sveikata.

- Visą dieną prie kompiuterio praleidžiantiems asmenims gali pasireikšti galvos, akių, kaklo ir pečių skausmai, dezorientacija, galvos svaigimas, pykinimas ir padidėjęs raumenų nuovargis.
- Ar tikrovės suvokimas yra iškreiptas, lemia ne tik jusliniai pojūčiai, bet ir mūsų asmeniniai fiziniai gebėjimai, energijos lygis, jausmai, socialinis tapatumas ir kt. Tikrovės suvokimui turi įtakos asmeninė patirtis, kultūrinės ir socialinės normos, išsilavinimas, žiniasklaida. Tam tikrais atvejais šališkumas gali būti naudingas, pavyzdžiui, kai jis padeda greitai priimti sprendimus, bet gali būti ir žalingas, ypač kai paveikia realybės suvokimą.
- Virtuali tikrovė gali turėti neigiamos įtakos socialiniams aspektams, pvz., skatinti izoliaciją, susvetimėjimą ar poliarizaciją, susilpninti ryšį su realiu pasauliu arba su kitais žmonėmis. Virtualus gyvenimas yra patogus, nes žmonės atitrūksta nuo realaus pasaulio, o kai kurie praranda ryšį su tikrove. Įtrauki 3D virtualios tikrovės patirtis suteikia smegenims intensyvesnį malonumą ir žmonės dažnai tampa nuo jo priklausomi.
- Haliucinacijos, klaidėsiai ir sutrikęs mąstymas gali formuoti klaidingą tikrovės suvokimą.
- Prognozuojama, kad ateityje riba tarp realaus ir virtualaus pasaulių beveik išnyks. Hiperrealistinės virtualios tikrovės patirties atsiradimas greičiausiai taps standartine funkcija, ir tai leis sukurti įtraukią ir interaktyvią virtualią tikrovę.
- Populiarėjant virtualiai tikrovei, kai kurios problemos vis dar yra neišspręstos. Virtualios aplinkos akiniuose integruotos kameros fiksuoja įvairią su asmeniu susijusią informaciją. Ji gali būti naudojama imitacinei patirčiai pagerinti ir sveikatos sutrikimams atpažinti. Tokia informacija gali būti renkama ir vartotojui nežinant. Prognozuojama, kad akis sekantys jutikliai, kurie taps standartine virtualios tikrovės ausinių funkcija, gali

netiesiogiai atskleisti informaciją apie vartotojo etninę kilmę, asmenybės bruožus, baimes, emocijas, pomėgius, igūdžius ir fizinę bei psichinę sveikatą. Šie duomenys gali būti nutekinti, todėl ateityje, populiarėjant socialiniam bendravimui virtualioje aplinkoje, didės dalijimosi asmenine informacija rizika.

Šiek tiek keista, kad tarp žmonių aktualiausių, dažniausiai diskutuojamų klausimų dirbtinis intelektas įrašė virtualią ir papildytą tikrovę ir jų naudojamas priemonės, nes visa tai sukūrė patys žmonės. Dar neaiškus virtualios tikrovės mastas ateityje – kiek ji įtrauks žmones ir paveiks jų bendravimą ar veiklą, tačiau kaip ir kitos technologijos (internetas, mobilusis ryšys) ji vystysis ir tobulės. Jeigu kada ši plėtra kels kokią nors grėsmę, technologiją sukūrę žmonės visada galės jos atsisakyti.

Žmogaus psichikos sutrikimų priežastys

Psichikos sutrikimai (arba psichikos ligos) turi įtakos žmogaus mąstymui, jausmams, nuotaikai ir elgesiui. Teigiama, kad net vienas iš aštuonių žmonių pasaulyje turi psichikos sutrikimų. Iškiriama keletas rizikos veiksnių: paveldimumas, įvairūs neigiami išgyvenimai (pvz., stresas, ypač vaikystėje patirta prievarta), biologiniai veiksniai (pvz., cheminis disbalansas smegenyse), smegenų trauma, psichoaktyviųjų medžiagų vartojimas, sunkios ligos (pvz., vėžys), visuomeninė atskirtis. Psichikos ligos nepriklauso nuo intelekto lygio, išsilavinimo, turtinės ar socialinės padėties, amžiaus, lyties ar kitų veiksnių.

Senovės civilizacijos aprašė ir gydė daugybę psichikos sutrikimų. Mesopotamijoje buvo manoma, kad jas sukelia dievybės. Kadangi rankos simbolizavo žmogaus kontrolę, psichikos ligos buvo žinomos kaip tam tikrų dievybių „rankos“. Graikai sugalvojo *melancholijos*, *isterijos* ir *fobijos* terminus. Psichikos sutrikimų gydymo būdai buvo žinomi Persijoje, Arabų šalyse ir Viduramžių islamo pasaulyje. Viduramžiais krikščioniškoje Europoje beprotybės samprata buvo dieviško, velniško, magiško pradmens ir transcendentalumo mišinys. Kai kurie psichikos sutrikimų turintys žmonės galėjo tapti raganų medžioklės aukomis. Daugelis psichikos sutrikimų terminų pirmą kartą buvo paminėti XVI–XVII amžiuje. Psichiatrijos terminas buvo sukurtas XIX amžiuje. Psichikos sveikatos būklių atpažinimas ir supratimas bėgant laikui keitėsi, o apibrėžimai, vertinimai ir klasifikacija vis dar skiriasi, nors plačiai naudojami standartiniai kriterijai. Iki XVII a. pabaigos ir Apšvietos epochos pradžioje į beprotybę vis dažniau buvo žiūrima kaip į reiškinį, neturintį ryšio su siela ar moraline atsakomybe. Sergančiųjų priežiūra prieglobsčio namuose dažnai buvo griežta, o su ligoniais buvo elgiamasi kaip su laukiniais

gyvūnais. Visgi XVIII a. pabaigoje buvo keliami moralinio elgesio su psichikos ligoniais klausimai, o XIX–XX a. sandūroje vystėsi psichoanalizė, iš kurios vėliau išsirutuliojo susirgimų klasifikavimo schema. Bepročių prieglaudų „kaliniai“ vis dažniau buvo vadinami „pacientais“, o prieglaudos pervadintos į ligonines. Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, daugiau nei trečdalis žmonių įvardija tam tikru gyvenimo momentu iškilusias problemas, kurios atitinka vieno ar kelių įprastų psichikos sutrikimų tipų diagnozavimo kriterijus.

Psichikos sutrikimų turintys asmenys tūkstantmečius buvo stigmatizuojami daugelyje kultūrų ir visuomenių, o tai smarkiai paveikė sergančiojo socialinį gyvenimą ir savigarbą. Stigma (gėda, dėmė) yra visuomeninis reiškiny, kai žmogus pasižymi koku nors fiziniu, psichologiniu ar socialiniu požymiu, kuris ryškiai skiriasi nuo kultūriškai nusistovėjusių normų. Toks žmogus diskriminuojamas, jo šalinamasi. Asmuo vadinamas stigmatizuotu (susitepusiuoju). Psichikos sutrikimai daug labiau nei bet kuri kita liga yra neigiamai vertinami ir stigmatizuojami. Daugelis pacientų ne tik turi susidoroti su dažnai pražūtingais ligos padariniais, bet ir kenčia nuo socialinės atskirties bei išankstinio nusistatymo. Psichikos ligonių stigmatizacija turi senas tradicijas, net pats žodis rodo neigiamas konotacijas: senovės Graikijoje „stigma“ buvo vergai ar nusikaltėliai. Ilgus amžius visuomenė su depresija, autizmu, šizofrenija ir kitomis psichikos ligomis sergančiais asmenimis elgėsi ne ką geriau nei su vergais ar nusikaltėliais. Jie buvo įkalinami, kankinami ar žudomi. Viduramžiais psichikos ligos buvo laikomos Dievo bausme, manyta, kad sergantieji yra velnio apsėsti, todėl buvo deginami ant laužo arba įkalinami pataisos namuose ir beprotnamiuose. Apšvietos epochoje psichikos ligoniams buvo įkurtos specialios institucijos. Psichikos ligų stigmatizavimas tebėra aktuali problema, nes vis dar bijoma tokių ligonių, o visuomenė nepakankamai žino apie šias ligas. Struktūrinė psichikos ligonių diskriminacija vis dar paplitusi tiek teisės aktuose,

ties medicininėje rehabilitacijoje. Veiksmingiausias būdas įveikti iš ankstines nuostatas psichikos sutrikimų turinčių asmenų atžvilgiu yra tiesioginis kontaktas ir patikimų asmenų įtraukimas. Psichikos ligos gali trukti trumpai arba tęstis visą gyvenimą, sukeldamos rimtą negalią. Pasitaiko ir gydymui atsparių (rezistentiškų) psichikos sutrikimų formų (Vasiliauskas, Gaupšaitė, 2021).

Psichikos sutrikimai atsiranda ne dėl charakterio ydų ir neturi nieko bendra su tingumu ar silpnumu. Dažniausiai tam įtakos turi prievarta vaikystėje, traumos ar nepriežiūra, socialinė izoliacija ar vienvatvė, patirta diskriminacija (įskaitant rasizmą), skurdas ar skolos.

Didelę reikšmę turi ir asmens genetika, šeimos istorija, biologiniai veiksniai (cheminis disbalansas smegenyse, trauminis smegenų pažeidimas). Ilgą laiką buvo manoma, kad stipriausią emocinį skausmą ir kančią sukelia *ribinis asmenybės sutrikimas*. Išskiriami šie pagrindiniai psichikos sutrikimai (Diagnotic, 2013):

- nerimo sutrikimas;
- ribinis asmenybės sutrikimas;
- depresija;
- bipolinis sutrikimas;
- potrauminio streso sutrikimas;
- šizofrenija;
- valgyimo sutrikimai;
- trikdantis elgesys ir disociaciniai (konversiniai) sutrikimai;
- neurologinės raidos sutrikimai.

Žmonės, kurių šeimoje yra buvę psichikos sveikatos sutrikimų, tam tikru momentu gali būti labiau pažeidžiami. Smegenų chemijos pokyčiai dėl piktnaudžiavimo psichotropinėmis medžiagomis ar pakitusios mitybos taip pat gali sukelti psichikos sutrikimų. Psichologiniai ir aplinkos veiksniai, tokie kaip auklėjimas ir socialinis poveikis, gali būti žalingų mąstymo modelių, susijusių su psichikos sutrikimais, pagrindu.

Dažnai manoma, kad protas ir kūnas yra du skirtingi dalykai, nors jie dirba kartu ir veikia vienas kitą. Tyrimai rodo, kad tarp smegenų ir kūno yra dvipusis ryšys, nes signalai keliauja nervais žemyn iš smegenų į kūną ir vėl iš kūno į smegenis. Natūralios cheminės medžiagos, vadinamos hormonais, cirkuliuoja kraujyje. Kai kuriuos hormonus gamina smegenys ir jie veikia kūną, o kai kurie yra gaminami kūne ir veikia smegenis bei mūsų savijautą. Mintys, jausmai ir stresas daro įtaką kūnui, pavyzdžiui, susigėdę paraustame, susirūpinimas ar išgąstis gali sukelti nemalonų jausmą skrandyje, susinervinę jaučiame gerklėje „gumulą“. Yra žinoma, kad mąstymas ir jausmai gali susargdinti: patiriant stresą, bet koks skausmas sustiprėja. Dėl ilgalaikio streso gali pakilti kraujospūdis arba ištikti širdies priepuolis, o kūno ligos gali paveikti mąstymą ir jausmus.

Psichikos sveikatos sutrikimų yra labai įvairių. 2019 m. per 301 mln. žmonių turėjo *nerimo sutrikimą*, tarp jų 58 mln. vaikų ir paauglių. Nerimo sutrikimui būdinga per didelė baimė ir nerimas bei su tuo susiję elgesio pokyčiai. 1990 m. paskelbus Lietuvos nepriklausomybės atkūrimą, sulaukėme grasinimų, ekonominės blokados, karinės prievartos veiksmų prieš pasienio tarnybas ir muitininkus, o 1991 m. prievarta pasiekė apogėjų sovietų kariuomenei užėmus Vilniaus televizijos bokštą ir Lietuvos televiziją. Didelei visuomenės daliai tai kėlė didelį nerimą dėl ateities (47 pav.).

Nerimo sutrikimas skirstomas į tipus: generalizuotas nerimo sutrikimas (per didelis sunkiai suvaldomas nerimas), panikos sutrikimas (panikos priepuoliai, sukeliantys fizinius simptomus), socialinio nerimo sutrikimas (per didelė baimė ir nerimas socialinėse situacijose), atsiskyrimo nerimo sutrikimas (perdėta baimė ar nerimas atsiskyrus nuo tų asmenų, su kuriais asmuo turi gilų emocinį ryšį), įvairios fobijos ir kt. Įvairių psichiatrijos ir psichologijos srovių išskiriamos psichikos sutrikimų kategorijos nėra vienodos, skirtingoms šalims taip pat būdingi tam tikri skirtumai. Nerimo sutrikimą



47 pav. Nerimas. Irena Valiulienė (1990).

turintis žmogus dažnai jaudinasi dėl ateities, įvairių smulkmenų ir tai jam trukdo darbinėje, kasdienėje veikloje bei tarpasmeniniuose santykiuose. Pasaulinė nerimo sutrikimo gydymo rinka klesti, jos apyvarta siekia keliolika milijardų dolerių. Daugelis išsivysčiusių šalių pasižymi dideliu anksiolitikų (vaistai, slopinantys centrinę nervų sistemą) vartojimu. Yra nemažai tyrimų ir rekomendacijų, kaip veiksmingai kovoti su šia tendencija. O kaip šią problemą mato dirbtinis intelektas? Deja, jis pateikia tik plačiai žinomas kovos su nerimo sutrikimu nuostatas, kurių laikytis daugeliui dėl įvairių priežasčių yra sudėtinga:

- Skatinti „augimo“ mąstyseną, kurti ir plėtoti gebėjimų atpažinimą ir jų vystymą, nes gebėjimai ugdomi tik sunkiai dirbant. Būtina suprasti, kad iššūkiai yra galimybė mokytis ir tobulėti, o ne variklis siekiant kokių nors fiksuotų gebėjimų rodiklių.
- Kelti sau sudėtingus, tačiau įveikiamus tikslus. Nors juos įgyvendinant galima patirti sėkmę ir nesėkmes, tačiau tai padeda išsiugdyti atsparumą įveikti kliūtis ir mokytis iš nesėkmių.
- Sutelkti dėmesį į pastangas ir tobulėjimą, ne tik į galutinį rezultatą. Tai padeda suprasti ryšį tarp savo veiksmų ir rezultatų, skatina savarankiškumo jausmą ir mokymosi proceso kontrolę.
- Skatinti susidomėjimą ir atpažinti savo pomėgius. Savo pomėgius vertinantys asmenys linkę skirti daugiau laiko ir pastangų jų įgyvendinimui.
- Efektyviai valdyti ir organizuoti laiką. Yra nemažai įrankių ir patarimų, padėsiančių planuoti užduotis ir nustatyti jų prioritetus, suskirstyti didesnius tikslus į mažesnius, ugdyti atsakomybės už savo darbą jausmą.
- Ugdyti atkaklumą ir atsparumą, dalytis asmeninėmis istorijomis apie iššūkius ir kaip jie buvo įveikti. Atkaklumas prisideda prie sėkmės ir asmeninio augimo.
- Išsikelti iššūkius, kuriems reikia kritinio mąstymo ir kūrybiškumo. Ieškoti įvairių sprendimų, mokytis iš klaidų, nes problemų sprendimas padeda ugdyti kruopštumą.
- Susikurti aplinką, kurioje vertinamos pastangos, bendradarbiavimas, bendruomenės jausmas ir abipusė parama. Tokia palaikanti aplinka padeda išverti ir įveikti iššūkius.
- Pripažinti laipsnišką pažangą ir mažas pergalės, nes tai stiprina sampratą, kad pripažinimas yra atlyginimas už pastangas, tobulėjimą ir atkaklumą.

- Reguliariai apmąstyti tikslus, pažangą ir nesėkmes, o prireikus koreguoti savo požiūrį.

Depresija – tai būseną, kai žmogus praranda gyvenimo džiaugsmą, motyvaciją, energiją, jį apima nuolatinis liūdesys, nerimas, neviltis, apatija, kaltės jausmas, nuovargis. Gali sulėtėti mąstymas, sutrikti miegas, atsirasti didelės kaltės ar menkos savivertės jausmas, beviltiškumas dėl ateities. Ligai paūmėjus, kyla minčių apie mirtį, galimi savižalos epizodai. 2019 m. pasaulyje per 280 mln. žmonių, įskaitant 23 mln. vaikų ir paauglių, sirgo depresija.

Bipolinis sutrikimas, arba maniakinė depresija, – tai psichikos sveikatos būklė, kuriai būdinga didelė nuotaikos kaita nuo manijos iki depresijos. Depresijos metu žmogus būna prislėgtos nuotaikos, o manijos tarpsniais gali pasireikšti euforija ar dirglumas, didesnis aktyvumas, kalbėjimas, sumažėjęs miego poreikis, išsiblaškymas ir impulsyvus neapgalvotas elgesys. 2019 m. bipolinį sutrikimą patyrė per 40 mln. žmonių.

Potrauminio streso sutrikimas daugiausia paplitęs konfliktų paveiktoje aplinkoje. Dažniausiai išsivysto po ypač grėsmingo ar siaubingo įvykio / įvykių. Jam būdingas traumuojančio įvykio pakartotinis išgyvenimas dabartyje (įkylūs prisiminimai, košmarai), minčių ir prisiminimų apie įvykį arba įvykį primenančios veiklos, situacijų ar žmonių vengimas, nuolatinis grėsmės suvokimas.

Obsesinis kompulsinis sutrikimas – psichikos sutrikimas, kuriam būdingos nekontroliuojamos įkyrios, mintys (obsesijos) ir / arba kompulsyvus nesuvaldomas elgesys, kurį sergantysis nuolat kartoja. Dažnai pasireiškia paauglystėje arba jaunystėje, tam įtakos gali turėti keletas veiksnių: paveldimumas, pokyčiai smegenyse, aplinka.

Panikos atakos – itin stiprūs ir intensyvūs nerimo priepuoliai, kurių metu žmogui atrodo, jog gali išprotėti arba numirti. Panikos atakos gali pasikartoti keletą kartų iš eilės, o patiriami pojūčiai yra panašūs į širdies ritmo ar kvėpavimo sutrikimus, kurie taip pat kelia didelę baimę.

Šizofrenija yra lėtinis psichikos sutrikimas, kai sutrinka tikrovės suvokimas, nuoseklus ir produktyvus mąstymas, ryškėja socialinis atsiribojimas. Sergantiems asmenims būdingi kliesedais, haliucinacijos. Šizofrenija sergančių žmonių gyvenimo trukmė yra 10–20 metų trumpesnė nei vidutiniškai visos populiacijos. Pagrindinės šizofrenijos priežastys:

- labai įtempti ar gyvenimą keičiantys įvykiai;
- narkotikų ir alkoholio vartojimas (kai kuriems žmonėms, pavartojus kanapių ar kitų narkotikų, gali pasireikšti šizofrenijos simptomai);
- genetinis paveldimumas;
- smegenų chemijos skirtumai.

Pasaulyje šizofrenija serga maždaug 24 mln. žmonių, arba 1 iš 300 žmonių. Net 90 % liga yra paveldima, tačiau iki šiol dar neišsiaiškinta, kaip genai ją sukelia.

Valgymo sutrikimai (nervinė anoreksija, nervinė bulimija) pasireiškia perdėtu dėmesiu savo kūno svoriui, formoms ir maistui ir lemia žalingus valgymo įpročius. Nervinė anoreksija dažnai išryškėja paauglystėje arba ankstyvoje pilnametystėje. Šis sutrikimas siejamas ir su vienu didžiausiu visų psichikos ligų mirtingumu. Mirtis ištinka dėl nepakankamos mitybos (elektrolitų stokos) ir ypač susijusi su širdies ir kraujagyslių aritmija. Nervinė bulimija sergantiems asmenims būdinga didesnė narkotikų vartojimo, savižudybės ir sveikatos komplikacijų rizika. 2019 m. valgymo sutrikimus patyrė per 14 mln. žmonių, įskaitant beveik 3 mln. vaikų ir paauglių.

Disociaciniai sutrikimai – šiam psichikos sutrikimui būdingi pojūčių, minčių, jausmų suvokimo pakitimai, asmenybės skilimas, elgesio bei kūno kontrolės, atminties praradimas (disociacijos, depersonalizacijos, amnezijos reiškiniai). 2019 m. 40 mln. žmonių, įskaitant vaikus ir paauglius, turėjo elgesio ir disociacinių sutrikimų.

Neurologinės raidos sutrikimai apima intelekto vystymosi, dėmesio trūkumo ir hiperaktyvumo, autizmo spektro sutrikimus. Nuolatinis nedėmesingumas, hiperaktyvumas ar impulsyvumas turi neigiamą poveikį akademiniam, profesiniam ar socialiniam funkcionavimui. Autizmas apsunkina socialinį bendravimą ir socialinę sąveiką, pasireiškia nelanksčiais elgesio, interesų ar veiklos modeliais.

„*Per didelio mąstymo*“ sindromas, dažnai siejamas su netikrumu, sukelia specifinius simptomus, tokius kaip galvos skausmas ir svaigimas. Tokie asmenys per daug kontroliuoja savo mintis ir ateitį. Daugelyje kultūrų manoma, kad „per didelis mąstymas“ kenkia protui ir kūnui, nes sukelia nerimą, depresiją ir somatines problemas („man skauda širdį, nes aš per daug galvoju“).

Klinikinės likantropijos paveiktas asmuo įsivaizduoja, kad yra gyvūnas. Terminas dažnai siejamas su virtimu vilku ar vilkolakiu. Klinikinės likantropijos atveju žmogus mano, kad gali įgauti bet kurio gyvūno formą. Šio kliesio ar haliucinacijų paveiktas asmuo gali elgtis kaip gyvūnas.

Depersonalizacijos / derealizacijos sutrikimu sergantys asmenys jaučiasi stebintys save už savo kūno ribų. Jie taip pat gali manyti, kad viskas nėra tikra, tarsi jų aplinka būtų iškraipyta, o laikas greitėja arba lėtėja.

Diogeno sindromas – psichikos sutrikimas, kuriam būdinga socialinė izoliacija, polinkis kaupti nereikalingus, pasenusius daiktus. Sindromas dažniausiai pasireiškia vyresnio amžiaus žmonėms ir yra susijęs su progresuojančia demencija, savęs aplaidumu, apatija, socialiniu atsiribojimu ir gėdos nebuvimu.

Stendalio sindromas kyla per ilgai išbuvus meno galerijoje ir pasižiūrėjus per daug paveikslų. Tokiems asmenims svaigsta galva, smarkiai plaka širdis, trūksta oro, jie patiria panikos priepuolius, disociacinius išgyvenimus.

Kūno vientisumo tapatumo sutrikimui (apotemnofilija) būdingas didžiulis noras amputuoti vieną ar kelias sveikas galūnes. Manoma, kad šis sutrikimas yra neurologinis. Apotemnofilija gali būti susijusi su smegenų dešinės parietalinės skilties pažeidimu.

Svetimos rankos sindromui būdingas įsitikinimas, kad ranka turi savo gyvenimą ir nepriklauso jo kūnui. Tokie asmenys jaučia, kad jų ranka yra savarankiška. Jie gali įsmeiginti galūnę kaip atskirą subjektą: nepaveiktą ranką kontroliuoja individas, o paveikta ranka turi savo darbotvarkę. Šis sindromas gali pasireikšti asmenims, patyrusiems insultą ar smegenų parietalinės skilties pažeidimą, nes ši smegenų skiltis yra atsakinga už somatosensorinį kūno suvokimą (prisilietimus, skausmą).

Sergantieji *Kapgraso sindromu* yra įsitikinę, kad kažkas jų gyvenime (paprastai sutuoktinis, artimas draugas ar šeimos narys) buvo pakeistas taip pat atrodančiu apsišaukėliu.

Alisos stebuklų šalyje sindromas yra reta neurologinė ir psichopatologinė būklė, pasireiškianti iškreiptu kūno, laiko ir erdvės suvokimu. Labiausiai paplitusi būklė, kai pacientai yra sumišę dėl savo kūno dalių dydžio ir formos. Šie simptomai gali sukelti paniką ir baimę. Sindromas dažnai siejamas su dažna migrena, smegenų augliais ar narkotikų vartojimu.

Seksualiniai sutrikimai apima dispareuniją (skausmingas lytinis aktas tiek moteriai, tiek vyrui, kurio metu sunku patirti orgazmą) ir įvairių rūšių parafiliją (neįprastų seksualinių pomėgių spektras).

Tokie psichikos sutrikimai kaip nerimas, depresija, šizofrenija ir bipolinis sutrikimas yra gerai žinomi, tačiau kai kurios ligos yra labai retos, tad psichikos sveikatos specialistai su jomis gali ir nesusidurti. Įvairūs individo, šeimos, bendruomenės ir kiti veiksniai bet kuriuo metu gali apsaugoti arba pakirsti psichikos sveikatą. Nors dauguma žmonių yra atsparūs, tačiau tiems, kurie susiduria su nepalankiomis aplinkybėmis (skurdu, smurtu, negalia, nelygybe), kyla didesnė

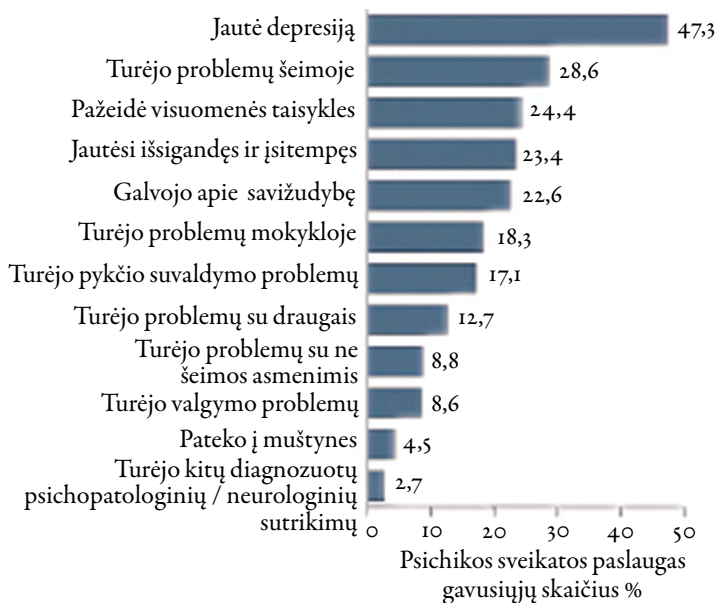
rizika. Daugeliui rizikos ir apsauginių veiksnių turi įtakos smegenų struktūros funkciniai pokyčiai. Lietuvoje 1 iš 8 gyventojų buvo diagnozuotas bent vienas psichikos ir elgesio sutrikimas (pasaulinė statistika taip pat panaši), tačiau tikėtina, kad tikrasis šių sutrikimų mastas yra didesnis. Tyrimai rodo, kad vyrams rečiau nustatoma depresija (3 kartus) bei demencija (1,6 karto) nei moterims, tačiau vyrams dažniau diagnozuojami psichikos ir elgesio sutrikimai dėl alkoholio vartojimo (4,3 karto), psichologinės raidos sutrikimai (2,8 karto), elgesio ir emocijų sutrikimai (2,5 karto), prasidedantys vaikystėje ir paauglystėje.

Sveikatos sistema ne visada tinkamai reaguoja į psichikos sutrikimų turinčių žmonių poreikius dažniausiai dėl lėšų trūkumo. Maždaug trečdalis psichoze ir depresija sergančių žmonių gauna oficialią psichikos sveikatos priežiūrą. Atotrūkis tarp gydymo poreikio ir jo suteikimo yra didelis visame pasaulyje, be to, neretai gydymas būna nekokybiškas. Psichikos sutrikimų turintiems žmonėms reikalinga ir socialinė parama – švietimo programoms, užimtumui, būstui ir kitoms veikloms. Pasaulio sveikatos organizacija pripažįsta esminį psichikos sveikatos vaidmenį siekiant visų žmonių sveikatos.

Psichikos ligos paveikia žmogaus smegenis ir jų funkcijas, mąstymą, psichoemocinę būseną, tarpasmeninius santykius bei socialinį gyvenimą. Prie psichikos ligų taip pat priskiriami mitybos sutrikimai (pvz., anoreksija, bulimija), nemiga, demencija vyresniame amžiuje, alkoholizmas arba narkomanija, aktyvumo ir dėmesio sutrikimas. Ankstyvame amžiuje vaikams gali būti diagnozuojamas autizmas, įvairūs raidos sutrikimai.

Kiekvienas žmogus tam tikru gyvenimo laikotarpiu patiria emocinius sunkumus, susijusius su netikėtais pokyčiais ar praradimais. Vis dėlto psichikos ligos simptomai, skirtingai nei laikini išgyvenimai, gali tęstis pakankamai ilgai, tapti vis stipresni ir dažnai pasikartoti tam tikrose situacijose ar gyvenimo tarpsniuose. Negydomi

psichikos sutrikimai trukdo žmogui adaptuotis, gyventi visavertį gyvenimą ir gali sukelti sudėtingas pasekmes vyresniame amžiuje. Psichikos ligos gali pasireikšti įvairiuose žmogaus gyvenimo etapuose. Asmuo gali jausti tik keletą simptomų, būdingų tam tikrai ligai. Kreipiantis į specialistus dėl gydymo ankstyvoje stadijoje, kai simptomai nėra sunkūs, juos įmanoma lengviau kontroliuoti ir pasiekti efektyvesnių gydymo rezultatų. Neretai pacientai bijo kalbėti apie savo savijautą, jaučiasi nesaugūs, juos kamuoja bloga nuotaika, beprasmybės jausmas, apatija, dažnai pasireiškia verksmingumas, gali būti išsakomas poreikis būti vienam. Psichikos ligų priežastys gali būti pačios įvairiausios, o jų kilmę išsiaiškinti yra ganėtinai sudėtinga (48 pav.). Žmogaus elgesį, jo emocijas, mąstymo procesą lemia



48 pav. Psichikos sveikatos problemos
(JAV 12–17 metų jaunuoliai, 2011).

skirtingi tarpusavyje sąveikaujantys veiksniai. Psichikos ligomis neretai susergama dėl genetinių priežasčių, bet jos gali atsirasti po traumų, sudėtingų emocinių išgyvenimų, konfliktų, netekčių, gyvenimo būdo pokyčių. Tam tikrus psichikos sutrikimus gali paskatinti alkoholio ar narkotinių medžiagų vartojimas. Neretai psichikos ligų simptomai ar polinkis į šiuos sutrikimus pasireiškia vaikystėje ar paauglystėje, tad laiku suteikta pagalba žmogui gali padėti vyresniame amžiuje gyventi visavertį gyvenimą be sudėtingų ligos pasekmių.

Pirmieji psichikos ligos požymiai gali pasireikšti žmogaus atsiirbojimu nuo šeimos narių, pasyvumu, dažnu atsisakymu dalyvauti įvairiuose susitikimuose ar apskritai bendrauti, energijos praradimu, interesų rato susiaurėjimu. Psichikos sveikatos sutrikimus galima atpažinti iš pasikeitusio miego režimo (žmogus itin ilgai miega, ryte sunku atsikelti arba jį kankina nemiga), mitybos pokyčių (pvz., laikomasi susikurtų mitybos taisyklių, visiškai atsisakoma maisto arba be saiko valgoma). Signalu apie galimą psichikos ligą gali tapti ir asmens higienos normų nesilaikymas, gerokai pakitęs aprangos stilius (pvz., ryškias spalvas keičia tamsios arba atvirkščiai), tyli, prislėgta kalbėseną.

Sudėtingais psichikos sutrikimais sergantys asmenys gali elgtis neįprastai ar net gąsdinančiai, gali būti itin agresyvūs arba neramūs (pvz., vaikščioti pirmyn ir atgal, garsiai kalbėti, blaškytis ar prarasti savikontrolę). Žmogų, išgyvenantį krizę ir sergantį sunkesne ligos forma, gali kankinti haliucinacijos, realybės neatitinkantys reiškiniai (balsų ar garsų girdėjimas, tam tikrų vaizdinių matymas), itin gilus liūdesys. Asmuo gali kalbėti apie mirtį, save žaľoti.

Sergant psichikos ligomis, ypač šizofrenija, išskiriamos dvi pagrindinės simptomų grupės – pozityvūs ir negatyvūs simptomai. Pozityvūs simptomai – haliucinacijos (klausos – girdimi nesami garsai; regėjimo – matomi nesami vaizdiniai; skonio – jaučiamas nesamas skonis; uoslės – užuodžiami nesami kvapai; lietimo – tarsi

liestų kažkas, ko iš tikrųjų nėra), kliesdėsiai (klaidingi įsitikinimai, neturintys realaus pagrindo: ligoniui atrodo, kad jis yra nuodijamas, kad jį seka, kad jį veikia kosminės jėgos, kad jis yra kitas asmuo; kartais užvaldo didybės manija, tuomet ligonis save įsivaizduoja kaip ypatingą, žymų asmenį arba turintį antgamtinių, ypatingų galių ir pan.). Patiriant pozityvius simptomus nuklįstama nuo temos, minčių dėstymas tampa padrikas, smulkmeniškas, nelogiškas, simboliškas. Pozityvūs simptomai nėra palankūs ligoniui, tiesiog juos lengvai pastebi aplinkiniai.

Negatyvūs simptomai – tai nuskurdusios emocijos, žmogus tampa abejingas tiek aplinkai, tiek artimųjų rūpesčiams, jį reikia nuolat skatinti užsiimti veikla, raginti bendrauti su kitais žmonėmis. Ilgiau sergant išsivysto apatija, atsiribojama nuo visuomenės. Negatyviems simptomams stiprėjant išryškėja mąstymo ir kalbos skurdumas.

Psichikos sutrikimų gydymas priklauso nuo jų pobūdžio ir sunkumo. Paprastai tai būna tam tikros rūšies terapija arba vaistai. Kai kuriems žmonėms reikalinga socialinė parama ir informacija, kaip valdyti savo būklę. Sudėtingesniais atvejais gali prireikti intensyvesnio arba stacionaraus gydymo. Geriausi gydymo rezultatai pasiekiami derinant vaistus ir psichoterapiją. Skiriami neuroleptikai pasižymi antipsichoziniu ir antidepresiniu poveikiu. Jie yra skirstomi į tipinius, arba klasikinius, ir atipinius, arba naujosios kartos. Atipiniai neuroleptikai pasižymi mažesniu šalutiniu poveikiu. Pagal poveikį psichotropiniai vaistai skirstomi į antidepresantus, trankviliantus (raminamuosius vaistus), neuroleptikus (psichozės atvejui), nuotaikų stabilizatorius, nootropus (gerina atmintį, dėmesį). Prie raminamųjų vaistų priskiriami ir migdomieji vaistai.

Greta medikamentinio gydymo taikoma elektros impulsų terapija („elektrošokas“). Ji beveik neturi šalutinių poveikių ir ją pasiekama labai gerų rezultatų gydant šizofreniją, šizoafektinį sutrikimą, bipolinį sutrikimą, katatoniją (motorinės ir psichinės individo

veiklos sutrikimą), depresinį kliesdinį ir haliucinacinį kliesdinį sindromus. Gydymui taikoma ir insulino komos terapija.

Psichikos sutrikimams mažinti ir sveikatai gerinti pasitelkiamos įvairios nemedikamentinės ar nemedicininės terapijos: šviesos terapija (žiūrėjimas į specialias lempas, buvimas šviesos pripildytoje kabinoje), biblioterapija (knygų skaitymas), darbo terapija (rankdarbiai, įvairi fizinė veikla), meno terapija (piešimas, tapymas ir pan.), judesio terapija, muzikos terapija (muzikos klausymasis) ir daug kitų veiklos rūšių. Psichikos sveikatą gerina ir įsitraukimas į visuomenės gyvenimą, bendravimas, visuomeniniai ryšiai.

Psichikos ligų diagnozavimas nėra panašus į kitų lėtinių ligų diagnostiką. Antai širdies ligos nustatomos atliekant kraujo tyrimus ir elektrokardiogramą, cukrinis diabetas – matuojant gliukozės kiekį kraujyje. Psichikos ligų diagnostika yra subjektyvesnė: kraujo tyrimas nerodo depresijos, o rentgeno nuotrauka negali padėti diagnozuoti bipolinio sutrikimo (Weir, 2012). Pasitelkdami naujas genetikos ir neurovaizdavimo priemones mokslininkai daug pažengę, siekdami iššifruoti psichikos sutrikimų biologijos detales. Ekspertai nesutaria, ar psichikos liga yra tik fizinė liga, kuri paveikia smegenis, ar biologinio modelio dalis. Gal šie sutrikimai turi savo ypatingą dėtuotę? Visi psichinės veiklos sutrikimai priskirtini biologinėms ligoms. Smegenys yra proto organas. Kur dar, jei ne smegenyse, gali būti psichikos ligos priežastis?

Prieš šimtmetį gydytojai mažai žinojo apie širdies ligų biologinę pagrindą. Jie galėjo tik stebėti paciento fizinį būvį ir išklausyti subjektyvius skundus. Šiandien jau galima išmatuoti cholesterolio parametrus, tirti širdies elektrinius impulsus (EKG), analizuoti kraujagyslių ir arterijų kompiuterinės tomografijos vaizdus. Ekspertai mano, kad psichikos ligų diagnostika ir gydymas šiandien yra tokio lygmens kaip kardiologijos prieš 100 metų. Pastaraisiais metais mokslininkai padarė daug įdomių atradimų apie žmogaus smegenų

funkciją ir disfunkciją. Jie nustatė su šizofrenija susijusius genus ir atrado, kad tam tikros smegenų anomalijos padidina postrauminio streso sutrikimo riziką po nerimą sukėlusio įvykio. Analizuojamos anomalijos, susijusios su autizmu, įskaitant nenormalų smegenų augimą ir nepakankamą smegenų sričių ryšį.

Viena didžiausių problemų yra ta, kad psichikos ligų diagnozės dažnai priskiriamos vienai kategorijai, nors jos apima daugybę skirtingų sutrikimų. Tiek dėl būtinybės, tiek dėl patogumo psichikos ligos visada buvo apibūdinamos pagal išorinius simptomus, nors, pavyzdžiui, depresijos diagnozė greičiausiai apims žmones, turinčius daug skirtingų problemų. Visa tai kelia iššūkių apibrėžiant ligą biologiniu požiūriu.

Atrodo, kad besiformuojanti epigenetika (mokslas apie paveldėjimą ir genomo funkcijas) galėtų padėti atrasti ryšį tarp biologinių ir kitų psichikos ligų priežasčių. Epigenetika tiria, kaip aplinkos veiksniai keičia genų saviraišką, ir nustato, kurie genai yra išreikšti arba neišreikšti. Socialiniai ir aplinkos veiksniai neabejotinai svarbūs siekiant suprasti psichikos sveikatą, tačiau jų poveikis atsispindi smegenyse. Nežinia, ar kada nors kraujo tyrimais bus diagnozuojama šizofrenija, ar smegenų skenavimo technika bus galima atpažinti depresiją. Tačiau mokslininkai sutaria, kad kuo geriau suprasime savo smegenis ir jų funkcijas, tuo greičiau nustatysime susirgimą ir galėsime jį gydyti.

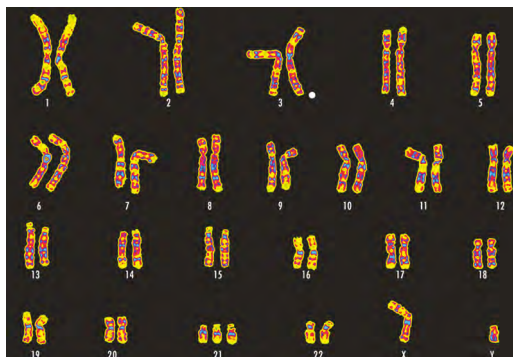
Nors tikslios psichikos ligų priežastys nėra žinomos, daugelį šių būklių sukelia biologinių, psichologinių ir aplinkos veiksnių derinys. Tam tikri genai gali padidinti riziką susirgti psichikos liga, o reali gyvenimo situacija gali ją paskatinti. Pavyzdžiui, aplinkos poveikis dar negimusiam kūdikiui (uždegiminės ligos, toksinai, alkoholis ar narkotikai) kartais gali būti viena iš psichikos ligų priežasčių. Analizuodami senovės žmonių dantų ir kaulų DNR mokslininkai atskleidė, kodėl kai kuriuose Europos regionuose ligos yra dažnesnės

ir kodėl šiaurės europiečiai yra aukštesni už pietiečius. Šiaurės vakarų Europoje, įskaitant JK ir Skandinaviją, 100 000 žmonių tenka maždaug dvigubai daugiau išsėtinės sklerozės atvejų, palyginti su Pietų Europa. Išsėtinė sklerozė – tai centrinės nervų sistemos (galvos ir nugaros smegenų) lėtinė liga, pasireiškianti progresuojančiais neurologiniais simptomais (raumenų sustingimas, judėjimo ir kalbos sutrikimai). Maždaug prieš 5000 metų išsėtinės sklerozės riziką didinantys genai per didžiulę galvijų piemenų migraciją iš dabartinių Vakarų Rusijos, Ukrainos ir Kazachstano teritorijų atkeliavo į Vakarų Europą. Genai, kuriuos turėjo galvijus ganantys žmonės, apsaugojo juos nuo avių ir galvijų ligų. Tačiau dabartiniais laikais šie genų variantai įgavo kitokį vaidmenį, todėl kyla didesnė rizika susirgti tam tikromis ligomis, tokiomis kaip išsėtinė sklerozė. Senovės žmonių palaiikų, rastų Europoje ir Vakarų Azijoje, genetinė informacija buvo palyginta su šimtų tūkstančių šiandien Vakarų Europoje gyvenančių žmonių. Mokslininkai mano, kad išsėtinė sklerozė sukelia ne mutacijos, bet nuo patogenų mus apsaugantys genai. Skiepai, antibiotikai ir aukštesni higienos standartai visiškai pakeitė ligų peizažą – daugelis jų išnyko ir žmonės gyvena dešimtmečiais ilgiau. Šiuolaikinės imuninės sistemos dabar gali būti jautresnės autoimuninėms ligoms, tokioms kaip išsėtinė sklerozė, kai imuninė sistema atakuoja kūną, o ne jį saugo. Šiuo metu išsėtinės sklerozės gydymui naudojami vaistai yra nukreipti į organizmo imuninę sistemą, tačiau ją slopinant pacientams sunkiau kovoti su infekcijomis. Reikia rasti pusiausvyrą tarp gydymo ir imuninės sistemos, o ne ją naikinti. Nustatyta, kad šiaurės europiečiai turi didesnę genetinę išsėtinės sklerozės riziką, Pietų europiečiai labiau linkę susirgti bipoliniu sutrikimu, o Rytų europiečiai – Alzheimerio liga ir II tipo diabetu. Žmonių gebėjimas virškinti pieną ir kitus jo produktus bei išgyventi valgant daugiau augalinio maisto atsirado tik maždaug prieš 6000 metų. Anksčiau jie valgė mėsą. Genetikos tyrimai atskleidė, kad

dėl piemenų migracijos Šiaurės vakarų europiečiai yra aukštesni už Pietų europiečius.

Senovės žmonių DNR yra vertinga priemonė tiriant genetinę ir evoliucinę istoriją, ligas ar mirties priežastis. 770–550 m. pr. m. e. Ispanijos Navaros provincijoje viena mergaitė buvo neįprastai palaidota. Nors geležies amžiuje Ispanijoje mirusieji dažniausiai būdavo kremuojami, mergaitė buvo palaidota su įmantriais kapų reikmenimis, įskaitant bronzinius žiedus, kriauklę iš Viduržemio jūros ir tris avis ar ožkas. Kitame netolimame kaime, kuris gyvavo daugiau nei prieš 2600 metų, archeologai rado dešimtis kūdikių, palaidotų po grindimis. Nustatyta, kad keturi iš 35 palaidotų kūdikių turėjo chromosomų anomalijų ir, atsižvelgiant į to meto medicininę priežiūrą, greičiausiai nebūtų ilgai gyvenę. Paskelbtame tyrime mokslininkai tvirtina, kad mergaitė su žiedais ir dar du kūdikiai sirgo Dauno sindromu (49 pav.). Atsižvelgiant į tai, kad šiandien Dauno sindromas pasireiškia maždaug vienam iš 700 nėštumų, keturi iš 35 yra gana daug.

Paprastai chromosomos turi dvi dalis, iš kurių susidaro X formos chromosoma. Trisomijos atveju X formos nebelieka ir atsiranda pavienės trys chromosomos – chromatidės. Trisomiją lengva pastebėti, net jei mėginyje yra mažai DNR. Tyrėjai aptiko septynis atvejus:



49 pav. Senovės kūdikių genuose rasta Dauno sindromą sukelianti 21-os chromosomos trisomija.

keturis kūdikius iš geležies amžiaus Ispanijos palaidojimuose, 6 mėnesių berniuką su Dauno sindromu Bulgarijos palaidojime, kuris mirė maždaug 2700 m. pr. m. e., mergaitę iš bronzos amžiaus Graikijos palaidojime ir kūdikį iš Viduramžių Suomijos. Visi jie mirė kūdikystėje arba prieš pat gimimą. Palaidojimai rodo, kad su kūdikiais buvo elgiamasi pagarbiai. Visai tikėtina, kad žmonės galėjo ir nepastebėti vaikų Dauno sindromo. Su šiais palaidotais asmenimis rasti daiktai rodo, kad senovės visuomenės sergančiuosius greičiausiai pripažino lygiaverčiais bendruomenės nariais. Tokie tyrimai padeda atskleisti praeityje paplitusias genetines ligas, laidojimo kontekstą ir gyvenimo sąlygas.

Tradicinė medicina ir chirurgija pagerino žmonių gyvenimą visame pasaulyje, tačiau ribotai paveikė monogeninių (recesyviai paveldimų) ligų gydymą. Ląstelių ir genų terapijos, kai gydoma atkuriant ląsteles ar genus, taikymas medicinoje tebėra ankstyvoje stadijoje, nors šios srities tyrimų sparčiai daugėja. Kuriami gydymo būdai, galintys užkirsti kelią genetinėms ir įgytoms ligoms ir jas išgydyti.

Pastaruoju metu vis dažniau taikomas žmogaus ląstelių persodinimas. Tai gali būti paciento (autologinės) arba sveiko donoro (alogeninės) ląstelės. Populiariausios yra kamieninės ląstelės, nes jos geba organizme diferencijuotis beveik į bet kokio tipo ląsteles. Kamieninių ląstelių technologija nuolat tobulėja. Kuriami būdai, kuriais nauja genetinė medžiaga įterpiama į kamienines ląsteles. Genų terapija gali būti somatinė, pagrįsta genų veiklos pokyčiais paciento ląstelėse (kita karta šių pakitimų nepaveldi), ir embrioninė, pagrįsta lytinių ląstelių genetiniais pakitimais (šie pokyčiai gali būti paveldimi). Dėl etinių problemų embrioninė genų terapija kol kas neplėtojama. Perspektyviais ląstelių šaltiniais yra žmogaus pluripotentinės kamieninės ląstelės (hPSC) (įskaitant žmogaus embrionines kamienines ląsteles – hESC) ir indukuotos pluripotentinės kamieninės ląstelės (hiPSC) bei jų dariniai, pvz., kraujodaros kamieninės

ląstelės (HSC), skeleto raumenų kamieninės ląstelės, mezenchiminės kamieninės ląstelės ir kt. Mezenchiminės kamieninės ląstelės yra multipotentinės ląstelės, gebančios diferencijuotis į kremzlinio, kaulinio, raumeninio, sausgyslių, raiščių ir riebalinio audinio ląsteles. Jos aptinkamos kaulų čiulpuose, antkaulyje, riebaliniame audinyje ir odoje. Šių terapijų tyrimams ir plėtrai reikia daug (milijardų) aukštos kokybės specifinių ląstelių.

Žiniasklaidoje vis dažniau rašoma apie bandymus sukurti priemonės, leidžiančias kompiuteriams tiesiogiai bendrauti su žmogaus smegenimis. JAV neurotechnologijų kompanija, kurianti implantuojamas smegenų ir kompiuterio sąsajas, pagamino „Neuralink“ lustus, kurie, manoma, padės įveikti sudėtingas ligas – nuo paralyžiaus ir aklumo iki depresijos ir šizofrenijos. Didelis pasiekimas bus sistema, kuri daug tiksliau interpretuos iš smegenų gaunamus signalus. Tuomet žmonės galės bendrauti su kompiuteriais ir kitais elektroniniais prietaisais šiandien sunkiai suvokiamais būdais, pavyzdžiui, mintimis naršyti internete arba mintyse išversti iš vienos kalbos į kitą. Galutinis tikslas yra ne paspartinti kokią nors užsąskymą, bet apsaugoti žmoniją nuo dirbtinio intelekto rizikos, kuri viešojoje erdvėje kartais apibūdinama kaip egzistencinė grėsmė. Tvirtinama, kad derinant didelio pralaidumo žmogaus smegenų ir mašinos sąsają mažiau tikėtina, kad atsiliksim kaip rūšis. Žmogaus smegenyse yra milijardai neuronų – nervinių ląstelių, sujungtų sinapsėmis. Kiekvieną kartą, kai judame, jaučiame ar galvojame, sukuriama mažas elektrinis impulsas, kuris neįtikėtina greitai siunčiamas iš vieno neurono į kitą. Mokslininkai sukūrė prietaisus, kurie gali aptikti kai kuriuos šiuos signalus naudojant galvos šalną arba į pačias smegenis implantuotus laidus. Maždaug monetos dydžio į kaukolę implantuotas prietaisas gali nuskaityti neuronų veiklą ir belaidžiu būdu perduoti signalą į priimančią įrenginį. Lustas, prijungtas prie plonyčių (ne storesnių už žmogaus plauką) elektrodų, yra maitinamas belaidžiu

būdu įkraunamos baterijos. Kiekviename luste yra 48 arba 96 laidai, o kiekviename iš jų yra 32 nepriklausomi elektrodai, todėl viename luste yra iki 3 072 elektrodų. Lusto integrinio grandyno programa sukuria 1 536 kanalų įrašymo sistemą, kurią valdo 256 individualiai programuojami stiprintuvai. Siekiant geriau suprasti smegenų funkciją ir gebėjimą stimuliuoti neuronus, neuronų informacija verčiama į dvejetainį kodą. Visa sistema turi sąsają su išoriniu kompiuteriu, kuris siunčia ir priima signalus. Dabartinės technologijos „Neuralink“ elektrodai dar yra per dideli, kad būtų galima įrašyti atskirų neuronų impulsus, tačiau jie gali įrašyti neuronų grupės impulsus. 2024 m. „Neuralink“ įrenginys sėkmingai implantuotas žmogui. Manoma, kad šie nauji prietaisai netolimoje ateityje žmogui leis mintimis valdyti telefoną ar kompiuterį, o per juos – beveik bet kūrį kitą įrenginį. Tikimasi, kad ši technologija bus pritaikoma gydant depresiją, demenciją ar kai kuriuos miego sutrikimus. Prietaisų minimizavimas ir dirbtinis intelektas vystosi tokia sparta, kad šios technologijos jau yra ant namų slenksčio.

Mokslininkai jau daug metų siekia išsiaiškinti, kaip veikia protas, ir vienareikšmių atsakymų, kaip sąmoningos mintys, jausmai ir su jais susiję psichikos susirgimai gali atsirasti pilkojoje masėje, t. y. smegenyse, kuriose vyksta vien elektrocheminiai procesai, vis dar nėra. Nors psichikos negalios diagnozavimo ir gydymo srityje padaryta ryški pažanga, tačiau invazija į proto sritį yra lėta ir neatsakytų klausimų dar yra labai daug.

Literatūra ir šaltiniai

- Amos, J. Euclid telescope: First images revealed from 'dark Universe' mission, 2023. <https://www.bbc.com/news/science-environment-67343374>
- Andrews, K.; Beck, J. *The Routledge Handbook of Philosophy of Animal Minds*. Routledge, 2019. 540 p.
- Ares, G. Virtual reality vs. Reality, 2023. <https://www.telefonica.com/en/communication-room/news/does-our-brain-find-any-differences-between-the-ways-we-perceive-reality-and-virtual-reality/>
- Artificial intelligence and machine learning: a comparison, 2016. <https://www.cuelogic.com/blog/artificial-intelligence-and-machine-learning-a-comparison>
- Ashby, N. Relativity in the global positioning system, 2003. <https://link.springer.com/article/10.12942/lrr-2003-1>
- Baum, S. D.; Armstrong, S.; Ekenstedt, T.; Häggström, O.; Hanson, R.; Kuhlemann, K.; Maas M. M.; Miller, J. D.; Salmela, M.; Sandberg, A.; Sotala, K.; Torres, P.; Turchin, A.; Yampolskiy, R. V. Long-term trajectories of human civilization, 2019. <https://gcrinstitute.org/papers/trajectories.pdf>
- Bernal, I. M. Do animals possess self-awareness? *Science*, 2022. <https://english.elpais.com/science-tech/2022-08-06/do-animals-possess-self-awareness.html>
- Brockman, J. (ed.). *Possible Minds: Twenty-Five Ways of Looking at AI*. New York: Penguin Press, 2019. 320 p.
- Burnham, D. Gottfried Wilhelm Leibniz: Metaphysics. *Internet Encyclopedia of Philosophy*, 2019. https://archive.org/details/discourseonmetapoooleib_cox2
- Cosmology: The study of the universe, 2009. http://map.gsfc.nasa.gov/universe/WMAP_Universe.pdf
- Coveney, P.; Highfield, R. *The Arrow of Time: A Voyage through Science to Solve Time's Greatest Mystery*. Fawcett Books, 1991. 378 p.
- Curry, A. Down syndrome identified in 2600-year-old infants through their DNA, 2024. <https://www.science.org/content/article/down-syndrome-identified-2600-year-old-infants-through-their-dna>
- Davies, P. *The Origin of Life*. Penguin Adult, 2003. 320 p.
- Davies, P. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin and Meaning of Life*. Simon & Schuster, 2000. <http://www.nytimes.com/books/first/d/davies-miracle.html>
- Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*. American Psychiatric Association, 2013. 947 p. <https://archive.org/details/diagnosticstatisoo5unse/page/30/mode/2up>

- Disability and treatment of specific mental and physical disorders across the world: Results from the WHO World Mental Health Surveys. *Br J Psychiatry*, 2008, 192(5): 368–375.
- Drake, F.; Sobel, D. The origin of the drake equation. *Astronomy Beat*, 2010, 46.
https://astrosociety.org/file_download/inline/58ee6041-5f61-4f88-8b15-d2d3d22ab83d
- Dreifus, C. What astronomers are still discovering about the big bang theory, 2014. <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/what-astronomers-are-still-discovering-about-big-bang-theory-180949794/>
- Dunham, W. Scientists identify neutron star born out of supernova seen in 1987, 2024. <https://www.reuters.com/technology/space/scientists-identify-neutron-star-born-out-supernova-seen-1987-2024-02-22/>
- Eme, L.; Tamarit, D.; Caceres, D. E.; Stairs, C. W.; De Anda, V.; Schön, M. E.; Seitz, K. W.; Dombrowski, N.; Lewis, W. H.; Homa, F.; Saw, J. H.; Lombard, J.; Nunoura, T.; Wen-Jun Li; Zheng-Shuang Hua; Lin-Xing Chen; Banfield, J. F.; John, E. St.; Reysenbach, A. L.; Stott, M. B.; Schramm, A.; Kjeldsen, K. U.; Teske, A. P.; Baker, B. J.; Ettema, T. J. G. Inference and reconstruction of the heimdallarchaical ancestry of eukaryotes. *Nature*, 2023, 618 (7967): 992–999.
- Farmer, T. A.; Matlin, M. W. *Cognition*. John Wiley & Sons, 2019. 432 p.
- Fink, A.; Grabner, R. H.; Benedek, M.; Reishofer, G.; Hauswirth, V.; Fally, M.; Neuper, Ch.; Ebner, F.; Neubauer, A. C. The creative brain: Investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and FMRI. *Hum Brain Mapp*, 2009, 30(3): 734–748.
- Forterre, P. Defining life: the virus viewpoint. *Origins of Life Evolution of Biospheres*, 2010, 40(2): 151–160.
- Freitas, R. A. Jr. Xenology: *An Introduction to the Scientific Study of Extraterrestrial Life, Intelligence, and Civilization*, 2008. 1700 p.
- Ghosh, P. Scientists at Fermilab close in on fifth force of nature, 2023.
<https://www.bbc.com/news/science-environment-66407099>
- Gidon, A.; Aru, J.; Larkum, M. E. Does brain activity cause consciousness? A thought experiment. *PLoS Biol*, 2022, 20(6): e3001651. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9187086/>
- Gonçalves, Y. A.; Boas, V. Overview of virtual reality technologies, 2013.
https://static1.squarespace.com/static/537bd8c9e4b0c89881877356/t/5383bc16e4b0bc0d91a758a6/1401142294892/yavb1g12_25879847_finalpaper.pdf
- Greighton, T.; Price, R. H. Supermassive black hole. *Scholarpedia*, 2008, 3 (1): 4277.
- Grigas, J. Kas bendro tarp Dievo, kvantinės fizikos ir sąmonės? *Pozicija*, 2021. https://www.pozicija.org/prof-jonas-grigas-kas-bendro-tarp-dievo-kvantes-fizikos-ir-samones/?utm_source=chatgpt.com
- Harari, Y. N. *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. Random House, 2017. 396 p.

- Harari, Y. N. *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Harper, 2015. 464 p.
- Harvey, A.; Stein, V. Is time travel possible?, 2023.
<https://www.space.com/21675-time-travel.html>
- Hershfield, H. *Your Future Self: How to Make Tomorrow Better Today*, 2023. 304 p.
- Kaczynski, T. Industrial society and its future, 1995.
<https://web.cecs.pdx.edu/~harry/ethics/Unabomber.pdf>
- Karpicke, D.; Roediger, H. L. The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 2008, 319 (5865): 966–968.
- Kennison, Sh. M. *Introduction to Language Development*. SAGE Publications, 2013. 469 p.
- Kingsland, J. How does the human brain create consciousness, and why?, 2023. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/how-does-the-human-brain-create-consciousness-and-why>
- Klingmüller, U. Biological foundations of signal transduction and the systems biology perspective. *Computational systems biology*, 2006.
<https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/complex-organism>
- Kotchoubey, B. Human consciousness: Where is it from and what is it for. *Front. Psychol.*, 2018, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00567/full#:~:text=Consciousness%20is%20not%20a%20process,and%20the%20use%20of%20tools>
- Lagercrantz, H.; Changeux, J.-P. The emergence of human consciousness: From fetal to neonatal life. *Pediatric Research*, 2009, 6: 255–260.
- Leach, S.; Tartaglia, J. The original meaning of life, 2018. https://philosophynow.org/issues/126/The_Original_Meaning_of_Life
- Lemaître, A. G. A Homogeneous universe of constant mass and increasing radius accounting for the radial velocity of extra-galactic Nebulae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1931, 91(5): 483–490. <https://doi.org/10.1093/mnras/91.5.483>
- Linder, E. V. Exploring the expansion history of the universe. *Physical Review Letters*, 2003, 90(9): 091301.
- Lu, D. Interstellar „Oumuamua“ might be a fractal snowflake not an alien probe, 2019. <https://www.newscientist.com/article/2194055-interstellar-oumuamua-might-be-a-fractal-snowflake-not-an-alien-probe/>
- Mannie, K. They're alive! 46,000-year-old roundworms revived from Siberian permafrost, scientists say. *Global News*, 2023. <https://globalnews.ca/news/9863146/roundworm-revived-siberian-permafrost/>
- Marcondes, R. J. F. *Interacting Dark Energy Models in Cosmology and Large-scale Structure Observational Tests*. PhD thesis, 2016. 108 p.

- Marcellino, D. *Why Are We Here?: The Scientific Answer to this Age-old Question* (that you don't need to be a scientist to understand). Lighthouse Pub., 1996. 303 p.
- Marshall, M. Is time travel really possible? Here's what physics says, 2023. <https://www.bbc.com/future/article/20231110-doctor-who-is-time-travel-really-possible-heres-what-physics-says>
- Massey, N. Milky Way: Manchester astronomers find mysterious object, 2024. <https://www.bbc.com/news/uk-england-manchester-68028464>
- Mental Health Atlas 2020*, . 2021. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345946/9789240036703-eng.pdf?sequence=1>
- Mithen, S. *The Language Puzzle*. Basic books, 2024. 544 p.
- Moitra, M.; Santomauro, D.; Collins, P. Y.; Vos, T.; Whiteford, H.; Saxena, S. et al. The global gap in treatment coverage for major depressive disorder in 84 countries from 2000–2019: a systematic review and Bayesian meta-regression analysis. *PLoS Med*, 2022, 19(2): e1003901.
- Nizam, A.; Grace, S. Language evolution: Biocultural evolution, 2014. <https://blogs.ntu.edu.sg/hg3040-2014-3/>
- Nurse, P. *What is Life*. Publisher David Fickling, 2021.
- O'Connell, C. Time travel: five ways that we could do it, 2021. <https://cosmosmagazine.com/science/physics/five-ways-to-travel-through-time/>
- Origin of life: twentieth century landmarks. Origin of life: Oparin-Haldane hypothesis. N.p., n.d. Web. 28, Oct. 2012. http://www.simsoup.info/Origin_Landmarks_Oparin_Haldane.html
- Overbye, D. Black holes may hide a mind-bending secret about our universe. *The New York Times*, 2022.
- Overby, S. Augmented reality (AR) vs. virtual reality (VR): What's the difference?, 2019. <https://enterprisersproject.com/article/2019/10/ar-vs-vr-whats-difference>
- Owens, R. E. *Language development: an introduction*. Boston: Pearson, 2012. 488 p.
- Paulus, P. B.; Brown, V. R. Toward more creative and innovative group idea generation: A cognitive-social-motivational perspective of brainstorming. *Social and Personality Psychology Compass*, 2007, 1(1): 248–265. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2007.00006.x>
- Peebles, P. J.; Ratra, B. The cosmological constant and dark energy. *Reviews of Modern Physics*, 2003, 75(2): 559–606.
- Pogge, R. W. Real-world relativity: The GPS navigation system, 2017. <https://www.astronomy.ohio-state.edu/pogge.1/Ast162/Unit5/gps.html>
- Powell, D. The drake equation revisited: Interview with planet hunter Sara Seager, 2013. <https://www.space.com/22648-drake-equation-alien-life-seager.html>

- Prigogine, I. *The End of Certainty: Time, Chaos and the New Laws of Nature*. New York, London, Toronto, Sydney, Singapor: The Free Press, 1997.
- Results from the 2011 National Survey on Drug Use and Health: mental health findings. <https://www.samhsa.gov/data/sites/default/files/NSDUHmhfr2011/NSDUHmhfr2011.htm>
- Robinson, R. How many dimensions are there in the universe?, 2022. <https://now.northropgrumman.com/how-many-dimensions-are-there-in-the-universe>
- Rosen, R. *Life Itself: A Comprehensive Inquiry Into the Nature, Origin, and Fabrication of Life*. Columbia University Press, 2005. 285 p.
- Rössler, W. The stigma of mental disorders. *EMBO Rep.*, 2016, 17(9): 1250–1253. <https://doi.org/10.15252/embr.201643041>
- Rothman, T.; Boughn, S. Can Gravitons be Detected? *Foundations of Physics*, 2006, 36(12).
- Rubin, V. C.; Thonnard, N.; Ford, W. K.; Roberts, M. S. Motion of the Galaxy and the Local Group determined from the velocity anisotropy of distant Sc I galaxies. II. The analysis for the motion. *Astronomical Journal*, 1976, 81: 719–773.
- Sainato, M. Stephen Hawking, Elon Musk, and Bill Gates warn about artificial intelligence, 2015. <https://observer.com/2015/08/stephen-hawking-elon-musk-and-bill-gates-warn-about-artificial-intelligence/>
- Schrödinger, E. *What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Cambridge University Press, 1944. 194 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139644129>
- Siegel, E. Time isn't simply just another dimension, 2022. <https://bigthink.com/starts-with-a-bang/time-dimension/>
- Siegel, E. Could the expanding Universe truly be a mirage?, 2023. <https://bigthink.com/starts-with-a-bang/expanding-universe-mirage/>
- Siegel, E. Do we really have more than three spatial dimensions?, 2023. <https://bigthink.com/starts-with-a-bang/more-than-three-dimensions/>
- Sheldon, R. 11th dimension, 2022. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/11th-dimension>
- Skurdauskaitė, I. 45 požiūriai į dirbtinio intelekto grėsmes ir galimybes – ko tikėtis? *Politologija*, 2020, 97: 123–129. <https://www.journals.vu.lt/politologija/article/download/16304/17294/30659>
- Smith, G. J. The sound future of virtual reality. *Music Works*, 2023, 146. <https://www.musicworks.ca/featured-article/sound-future-virtual-reality>
- Steve, A. Essential steps of the design thinking process, 2022. <https://unichrone.com/blog/design-thinking/5-steps-of-design-thinking/>

Stuart, R. *Human Compatible AI and the Problem of Control*.

UK: Penguin Random House, 2019. 320 p.

Susskind, L. $R = EPR$ or “What’s behind the horizons of black holes?”

Archived from the original on 2021-12-11. www.youtube.com.

Sutter, P. What happened before the Big Bang?, 2022.

<https://www.space.com/what-came-before-big-bang.html>

The other side of the Big Bang, 2018.

<https://www.ox.ac.uk/news/science-blog/other-side-big-bang>

Timeline of the far future, 2004. [https://en.wikipedia.](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_far_future)

[org/wiki/Timeline_of_the_far_future](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_far_future)

Vasiliauskas, E.; Gaupšaitė, A. Treatment-resistant schizophrenia:

pathogenesis and treatment strategies. *Journal of Medical Sciences*, 2021,

9(2). <https://medicinesciences.com/f/2021/03-30/37.%20Treatment-resistant-schizophrenia-pathogenesis-and-treatment-strategies.pdf>

Visata. Vaiga, 2018. 128 p.

Yazgin, E. Is the universe twice as old as we thought?, 2023.

<https://cosmosmagazine.com/space/astrophysics/universe-27-billion-years-old/#:~:text=University%20of%20Ottawa%20adjunct%20professor,as%20the%20current%20accepted%20model>).

Wald, R. M. *Quantum Field Theory in Curved Spacetime and Black Hole Thermodynamics*. University of Chicago Press, 1994.

Weir, K. The roots of mental illness. How much of mental illness can the biology of the brain explain? *Monitor on Psychology*, 2012,

43(6). <https://www.apa.org/monitor/2012/06/roots>

Witten, E. String theory dynamics in various dimensions.

Nuclear Physics B, 1995, 443(1): 85–126.

Wolchover, N. The best explanation for everything in the universe, 2017.

<https://www.theatlantic.com/science/archive/2017/12/string-theory-everything/548774/>

Wolchover, N. The accelerating universe and dark energy might

be illusions, 2011. <https://www.livescience.com/33522-accelerating-universe-dark-energy-illusion.html>

Wright, W. G. Using virtual reality to augment perception, enhance sensorimotor adaptation, and change our minds. *Front. Syst. Neurosci.*, 2014, 8. 0

12 filosofo Arvydo Šliogerio minčių, 2019 12 18. Bernardinai.lt

Iliustracijų sąrašas

- 1 pav. Visatos raidos chronologija
(https://en.wikipedia.org/wiki/Template:Nature_timeline)
- 2 pav. „Kūrinijos stulpai“ Erelio ūke, kuriuose formuojasi žvaigždės.
Hablo kosminio teleskopo nuotrauka. Failas: Pillars of creation 2014 HST WFC3-UVIS full-res denoised.jpg. Viešo naudojimo
- 3 pav. Žvaigždės mirtis. J. Webbo kosminio teleskopo nuotrauka (2022 m.).
Failas: Southern Ring Nebula (NIRCam Image).png. Viešo naudojimo
- 4 pav. Protožvaigždė. Failas: L1527.tif. Viešo naudojimo
- 5 pav. Didysis sproginimas (Dreifus, 2014)
- 6 pav. Žvaigždžių, galaktikų ir Visatos raida po Didžiojo sproginimo laiko skalėje
(<https://www.ox.ac.uk/news/science-blog/other-side-big-bang>)
- 7 pav. Skirtingos teorijos, apibūdinančios reiškinių prigimtį priklausomai nuo to, kurias universalias konstantas laikome svarbiomis
(http://hep.itp.tuwien.ac.at/string/research_why.html)
- 8 pav. I. Newtono gravitacijos dėsnis
(<https://www.britannica.com/science/gravity-physics>)
- 9 pav. Visatos sudėtis
- 10 pav. Galaktikų atstumo matavimai NASA Hablo kosminių teleskopu
(z – spektroskopinis raudonasis poslinkis, pagal kurį apskaičiuojamas plėtimosi greitis). Failas: GNz11-FarthestGalaxyObservedByTheHST-20160303.jpg. Creative Commons CC0 License
- 11 pav. Tarptautinio tiesinio (CLIC, 32 km), Didžiojo hadronų (LHC, 26,6 km) ir Ateities žiedinio (FCC, 91 km) greitintuvo lokacijos vieta
(https://scnat.ch/en/uuid/i/efbc964a-fc64-5379-8f9a-abe776fdbfeb-Future_Circular_Collider)
- 12 pav. Saulės sistema
(<https://www.twinkl.co.uk/homework-help/science-homework-help/the-solar-system/top-10-facts-about-the-solar-system>)
- 13 pav. Laikas pagal A. Einsteiną
(<https://fineartamerica.com/featured/einstein-time-quote-aurelio-zucco.html>)
- 14 pav. Kirmgrauža yra erdvėlaikio tunelis, jungiantis skirtingas kosmoso dalis
(<https://www.sciencenews.org/article/black-hole-circling-wormhole-weird-gravitational-waves>)
- 15 pav. a – juodosios bedugnės nuotrauka, padaryta įvykių horizonto teleskopu
(didelių radioteleskopų skirtingose Žemės vietose)
(https://lt.wikipedia.org/wiki/Juodoji_bedugn%C4%97#/media/)

- Vaizdas: EHT_Saggitarius_A_black_hole.tif); b – juodoji bedugnė įtraukia kaimynystėje esančius objektus
(<https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-gets-unusually-close-glimpse-of-black-hole-snacking-on-star/>)
- 16 pav. Galimos Visatos formos. Failas: End of universe.jpg. Viešo naudojimo
- 17 pav. Besiplečiančios Visatos raidos priklausomybė nuo materijos tankio Ω_M ir tamsiosios energijos tankio Ω_Λ
(https://www.researchgate.net/figure/Time-evolution-of-the-scale-factor-in-arbitrary-units-for-different-cosmological-models_fig1_338696644)
- 18 pav. Neutroninės žvaigždės pėdsakai sprogius 1987A supernovai
Didžiajame Magelano debesyje (Dunham, 2024)
- 19 pav. Pagal stygų teoriją, pagrindiniai visos materijos komponentai yra mažytės vibruojančios gijos, arba energijos stygos
(<https://www.techtarget.com/whatis/definition/11th-dimension>)
- 20 pav. Stygų „M teorija“ (<https://byjus.com/physics/stringtheory/>)
- 21 pav. Metabolizmo kataboliniai ir anaboliniai procesai ląstelėse
(<https://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-metabolism-14026182/>)
- 22 pav. Stromatolitai. Failas: Stromatolithe Paléoarchéen – MNHT.
PAL.2009.10.1.jpg. CC BY-SA 4.0.
- 23 pav. Įrenginio, imituojančio sąlygas ankstyvojoje Žemėje, veikimo schema. Failas: MUexperiment.png. CC BY-NC 3.0
- 24 pav. Ląstelės sandara
(<https://www.15min.lt/verslas/naujiena/mokslas-it/vienos-molekules-galia-1290-670129>)
- 25 pav. Amžinajame įšale Sibire rastos apvaliosios kirmėlės (<https://globalnews.ca/news/9863146/roundworm-revived-siberian-permafrost/>)
- 26 pav. Marso sraigtasparnis „Ingenuity“
(<https://www.bbc.com/news/science-environment-68099672>)
- 27 pav. Prokariotų genomas ir jo sudėtinės dalys
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prokaryotic_Cell_Diagram.jpg)
- 28 pav. Atnešti gyvybę į Žemę galėjo ir asteroidas. Failas:
951 Gaspra.jpg. (viešo naudojimo)
- 29 pav. Hidroterminės angos vandenynų gelmėse. Failas:
Blacksmoker in Atlantic Ocean.jpg. (viešo naudojimo)
- 30 pav. „Parker“ zondo skriejimo nuo Saulės nuotolis
(<https://www.bbc.com/news/articles/cgrwdxpljyxo>)
- 31 pav. Tranzito metodas egzoplanetoms aptikti
(https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/How_to_find_an_extrasolar_planet)

- 32 pav. Radijo teleskopo „Allen Telescope Array“, skirto radijo astronomijos projektams ir nežemiško intelekto paieškoms (SETI), antenos vaizdas. Failas: C G-K - DSC 0421.jpg. CC BY 3.0
- 33 pav. „Oumuamua“ vaizdas (Lu, 2019)
- 34 pav. Hominidų kaita Europoje
(<https://www.bbc.com/news/science-environment-66331558>)
- 35 pav. Žmogaus raidos kelias
(<https://www.dreamstime.com/illustration-cartoon-human-evolution-technology-cartoon-human-evolution-technology-image100776745>)
- 36 pav. Žmonių, vyresnių nei 60 metų, skaičiaus kitimo dinamika (%)
- 37 pav. Žmogaus sąmonės atsiradimas: nuo vaisiaus iki naujagimio (Lagercrantz, Changeux, 2009)
- 38 pav. Dirbtinio intelekto ir mašininio mokymosi palyginimas
(<https://www.cuelogic.com/blog/artificial-intelligence-and-machine-learning-a-comparison>)
- 39 pav. Biologinė ir kultūrinė kalbos evoliucijos raida (Nizam, Grace, 2014)
- 40 pav. Aksonai – neuronų perdavimo laidai
(<https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/axons-cable-transmission-neurons>)
- 41 pav. Cheminė sinapsė. Failas: Sinapse.jpg. CC BY-SA 2.5
- 42 pav. Smegenų struktūros evoliucija
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Theories_of_brain_evolution_scheme.png)
- 43 pav. Gyvūnų veidrodžio testas (Bernal, 2022)
- 44 pav. Esminiai kūrybinio mąstymo žingsniai (Steve, 2022)
- 45 pav. Kompiuteriu sugeneruotos interaktyvios trimatės aplinkos rūšys
(<https://www.interaction-design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr>)
- 46 pav. Pirmieji papildytos realybės akiniai „Damoklo kardas“ (1968 m.)
(<https://www.virtual-reality-shop.co.uk/the-sword-of-damocles-1968/>)
- 47 pav. Nerimas. Irena Valiulienė, 1990 m.
- 48 pav. Psichikos sveikatos problemos (JAV 12–17 metų jaunuoliai, 2011 m.)
(<https://www.samhsa.gov/data/sites/default/files/NSDUHmhfr2011/NSDUHmhfr2011.htm>)
- 49 pav. Senovės kūdikių genuose rasta Dauno sindromą sukelianti 21-os chromosomos trisomija
(<https://www.science.org/content/article/down-syndrome-identified-2600-year-old-infants-through-their-dna>)

1 priedas. Visatos raida laiko skalėje

Dabarties supratimas įvairiose mokslo srityse leidžia tik plačiausiais bruožais numatyti kai kuriuos tolimos ateities įvykius. Astrofizika tiria, kaip formuojasi, sąveikauja ir miršta planetos ir žvaigždės, dalelių fizika atskleidžia medžiagos būklę esant mažiausiems masteliams, evoliucinė biologija tiria, kaip laikui bėgant vystosi gyvybė, plokščių tektonika atskleidžia žemynų pokyčius tūkstantmečiais, sociologija nagrinėja, kaip vystosi žmonių visuomenės ir kultūros.

Projektuojant Žemės ir Saulės sistemų bei Visatos ateitį, būtina atsižvelgti į antrąjį termodinamikos dėsnį, teigiantį, kad bendra uždaros sistemos entropija gali tik didėti arba išlikti tokia pati, bet niekada nesumažėti. Galiausiai žvaigždės sintezės būdu išnaudos vandenilio kurą ir nustos šviesti. Tikėtina, kad Saulė ateityje išsiplės ir užblokuos daugumą vidinių planetų (Merkurijų, Venerą, galbūt Žemę), bet ne didžiąsias planetas (Jupiterį, Saturną). Vėliau Saulė sumažėtų iki baltosios nykštukės dydžio, o išorinės planetos ir jų palydovai toliau skrietų aplink šį mažytį Saulės likutį, nes tipiška baltoji nykštukė turėtų tik maždaug pusę Saulės masės ir nors ji nebūtų daug didesnė už Žemę, tačiau jos tankis būtų didesnis beveik 200 000 kartų. Fizikai mano, kad po Saulės sistemos mirties ilgainiui pati medžiaga dėl radioaktyvaus skilimo galiausiai suirs, nes net ir pačios stabiliausios medžiagos skyla į subatomines daleles (Timeline, 2004). Paradoksalu, kad remdamiesi stebėjimais ir skaičiavimais tarsi stebėtojai iš šalies galime pažvelgti tiek į tolimą praeitį, tiek ir į ateitį, tačiau vis dar nėra atsakymo, kokia yra gyvybės ir Visatos raidos prasmė.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
1000 m.	Dėl Mėnulio atoslūgių, lėtinančių Žemės sukimąsi, vidutinė dienos trukmė bus ilgesnė nei šiandien, nes pailgės maždaug 2,4 milisekundės per šimtmetį. Norint tai kompensuoti, kiekvieną mėnesį dienos pabaigoje reikės pridėti keliamąją milisekundę arba mėnesių pabaigoje reikės pridėti vieną ar daugiau keliamųjų milisekundžių.
7500 m.	Krypstant Žemės ašigaliams, maždaug po 7 500 metų ryškiausia žvaigždė Cefėjo α (Alderaminas) dėl precesijos taps šiaurine žvaigžde.
10 000 m.	Ištirpus Rytų Antarkties ledynams, jūros lygis pakiltų 3–4 metrus.
11 700 m.	Krypstant Žemės ašigaliams, penkta pagal ryškumą danguje Vegos žvaigždė taps ryškiausia šiaurine žvaigžde.
10 000– 1 mln. m.	Raudonosios supermilžinės žvaigždės Betelgeizė ir Antaris greičiausiai sprogs kaip supernovos. Keletą mėnesių sprogimai turėtų būti gerai matomi Žemėje dienos metu.
11 000– 15 000 m.	Kadangi Žemė yra šiek tiek susiplojusi per ašigalius, jos pusiaujo srityje yra daugiau masės negu ties ašigaliais. Dėl to Mėnulio ir Saulės gravitacija sukelia Žemės sukimosi ašies svyravimą, kuris vadinamas <i>precėsija</i> . Įpusėjus Žemės precesijos ciklui, kuris yra 25 725 m., dėl Žemės ašies posvyrio metų laikai pietiniame pusrutulyje bus ne tokie ekstremalūs nei šiandien, nes Žemės perihelyje pietinis pusrutulis bus nukreiptas nuo Saulės, o afelyje – į Saulę. Metų laikai (sezoniškumas) šiauriniame pusrutulyje bus ryškesni, o temperatūros svyravimai dėl didesnio kontinentinio Žemės paviršiaus procento bus ekstremalesni.
15 000 m.	Žemės ašigalių poslinkis nustums Šiaurės Afrikos musoną toli į šiaurę, todėl Sacharos klimatas vėl taps atogrąžinis kaip prieš 5 000–10 000 metų.
17 000 m.	Galimas civilizacijai pavojingo superugnikalnio išsiveržimas, kuris išmestų per trilijoną tonų birios piroklastinės medžiagos.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
25 000 m.	Kaip ir Žemės, Marso klimatas išgyvena ciklus, kuriuos lemia jo orbitos periodiškumas (Milankovičiaus Marso ciklai). Dėl Marso atšilimo šiauriniame pusrutulyje jo šiaurinio poliario ledų kepurės trauksis.
36 000 m.	Mažoji raudonoji nykštukė Ross 248 praskries nuo Žemės per 3 024 šviesmečius ir taps arčiausiai Saulės esančia žvaigžde. Maždaug po 8 000 m. ji atsitrauks, todėl iš pradžių Alfa Kentauras, o vėliau Gliese 445 taps artimiausiomis žvaigždėmis.
50 000 m.	Baigsis dabartinis tarpledynmetis ir Žemė, nepaisant antropogeninio globalaus atšilimo padarinių, sugrįš į ledynmetį. Niagaros krioklys bus išgraužęs likusius 32 km iki Erio ežero, todėl nustos egzistuoti.
100 000 m.	Žvaigždžių judėjimas dangaus sferoje (Paukščių Taku) pasikeis, todėl daugelis žvaigždynų taps neatpažįstami. Raudonoji hipermilžinė žvaigždė VY Canis Majoris, esanti Didžiojo Šuns žvaigždyne, greičiausiai sprogs kaip supernova.
>100 000 m.	Apie 10 % antropogeninio CO ₂ vis dar išliks atmosferoje kaip vienas iš ilgalaikių visuotinio atšilimo padarinių.
100 000–1 mln. m.	Tikėtina, kad Urano palydovai Kupidonas ir Belinda susidurs.
500 000 m.	Tikėtina, kad į Žemę atsitrenks maždaug 1 km skersmens asteroidas (darant prielaidą, kad jo nepavyks išvengti).
1 mln. m.	Didelis naujausias meteorito smūginis krateris Arizonoje dėl erozijos sunyks. Urano palydovai Dezdemona ir Kresida greičiausiai susidurs.
1,29 ± 0,04 mln. m.	Žvaigždė Gliese 710 praskries nuo Saulės 0,1663 šviesmečio atstumu ir dėl gravitacijos sutriks Oorto debesis (hipotetinis sferinės formos kometų debesis, esantis tarp 1 000 ir 100 000 AV nuo Saulės; AV – vidutinis atstumas tarp Saulės ir Žemės). Tai padidins kometų smūgių tikimybę vidinėse Saulės sistemos srityse.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
2 mln. m.	Koralinių rifų ekosistemos visiškai atsigaus po žmogaus sukulto vandenynų rūgštėjimo, nes per panašų laiką atsigavo jūrų ekosistemos po vandenynų rūgštėjimo, įvykusio maždaug prieš 65 mln. metų.
3 mln. m.	Dėl potvynių ir atoslūgių, palaipsniui lėtinančių Žemės sukimąsi, para Žemėje turėtų būti viena minute ilgesnė nei šiandien.
10 mln. m.	Raudonoji jūra užtvindys besiplečiantį Rytų Afrikos plyšį, todėl naujai susidaręs vandenyno baseinas Afrikos žemyną ir Afrikos plokštę padalins į naujas Nubijos ir Somalio plokštes. Numatomas visiškas biologinės įvairovės atsigavimas po galimo išnykimo holocene. Dėl foninio išnykimo dauguma dabartinių rūšių išnyks, o kitos rūšys palaipsniui išsivystys į naujas formas.
50 mln. m.	Maksimalus numatomas laikas iki Marso palydovo Fobo susidūrimo su Marsu. Afrikai susidūrus su Eurazija, užsidarys Viduržemio jūros baseinas ir susiformuos į Himalajus panaši kalnų grandinė.
240 mln. m.	Saulės sistema užbaigs vieną pilną orbitinį apsisukimą apie Galaktikos centrą.
250–350 mln. m.	Visi žemynai gali susilieti į superkontinentą ir sudaryti keturias galimas konfigūracijas – Amasia, Novopangea, Pangea Ultima ir Aurica. Tuomet greičiausiai prasidės ledynmetis, sumažės jūros lygis ir padidės deguonies kiekis, tad temperatūra dar labiau nukris. Šie reiškiniai gali paskatinti biologinę evoliuciją, didės konkurencija tarp rūšių. Stiprėjantis ugnikalnių aktyvumas, šviesesnė Saulė gali sukelti masinį gyvybės formų išnykimą, po kurio daugelis augalų ir gyvūnų gali nebeatsigauti. Pasikeitus oro cirkuliacijai, sausos žemės plotai padidės 25 %.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
300– 600 mln. m.	Veneros mantijos temperatūra pasieks maksimumą. Maždaug per 100 mln. m. vyks didelė planetos subdukcija, kurios metu vienos Veneros litosferos plokštės pasislinks po kitomis litosferos plokštėmis.
400– 500 mln. m.	Superkontinentas (Pangaea Ultima, Novopangea, Amasia ir Aurica) greičiausiai suskils, o kylanti aukštesnė pasaulinė temperatūra taps panašia į kreidos periodo temperatūrą.
500 mln. m.	Apskaičiuotas tikėtinas laikas iki gama spindulių pliūpsnio sprogo supernovai, esančiai per 6 500 šviesmečių nuo Žemės. Gama spindulių pliūpsnis paveiktų Žemės ozono sluoksnį ir galėtų sukelti masinį gyvybės išnykimą.
500– 600 mln. m.	Šviesėjanti Saulė trikdytų karbonatų ir silikatų ciklą, nes didesnė šviesa skatina paviršinių uolienų dūlėjimą, todėl keisis CO ₂ sulaikymas karbonato pavidalu. Vandeniui garuojant nuo Žemės paviršiaus, uolienos kietėtų ir plokščių tektonika lėtų, o vandenynams išgaravus, šie procesai galiausiai sustotų. Dėl sumažėjusio vulkanizmo CO ₂ lygis kristų iki lygmens, kai C ₃ fotosintezė būtų nebegalima (C ₃ fotosintezės pirmasis produktas yra 3 anglies atomus turinti molekulė 3-fosfogliceratas). Visi augalai, naudojantys C ₃ fotosintezę (≈99 % dabartinių rūšių), žūtų. Pirmieji išnyktų žoliniai augalai, po jų – lapuočių miškai, visžaliai plačialapiai miškai ir galiausiai visžaliai spygliuočiai.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
500– 800 mln. m.	Kylant temperatūrai ir mažėjant CO ₂ lygiui, augalai ir gyvūnai galbūt išgyvens, jei prisitaikys prie tokių sąlygų. Sumenkus augalijai, atmosferoje bus mažiau deguonies, todėl paviršių pasieks daugiau žalingos ultravioletinės spinduliuotės. Kylanti temperatūra suintensyvins chemines reakcijas atmosferoje ir tai dar labiau mažins deguonies kiekį. Augalų ir gyvūnų bendrijos bus retesnės ir labiau izoliuotos. Didžioji žemės dalis taps nevaisinga dykuma, o augalai ir gyvūnai palaipsniui persikels į vandenynus.
800– 900 mln. m.	Anglies dioksido lygis tiek sumažės, kad C ₄ fotosintezė nebebus įmanoma (C ₄ fotosintezės metu susidaro 4 anglies atomus turintis oksaloacetatas; C ₄ fotosintezė yra veiksmingesnė atmosferoje, kurioje yra mažiau CO ₂ , nes efektyviau fiksuoja šį junginį). Išnykus augalams, neliks laisvo deguonies ir ozono atmosferoje, todėl paviršių pasieks intensyvi UV spinduliuotė. Tokiomis sąlygomis gyvūnai galbūt išgyventų nuo 3 iki 100 mln. metų. Pradžioje išnyktų stambieji gyvūnai, vėliau – mažesni ir skraidančios būtybės, varliagyviai, ropliai ir galiausiai bestuburiai. Kai kurie gyvūnai ilgiau išgyvens vandenynuose, tačiau ilgainiui visa daugialąstė gyvybė išmirs. Paskutiniai išnyks tie gyvūnai, kurie nepriklauso nuo augalų, pavyzdžiui, termitai, šalia hidroterminių angų gyvenantys kirminai. Vienintelė Žemėje likusi gyvybė bus vienaląsčiai organizmai.
1 mlrd. m.	27 % vandenyno masės gali būti įtraukta į Žemės mantiją. Jeigu tai tęstųsi nenutrūkstamai, pusiausvyra būtų pasiekta panaudojus 65 % dabartinio paviršinio vandens. Iki to laiko Šaulio nykštukinę galaktiką visiškai „praris“ mūsų Paukščių Tako galaktika.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
1,1 mlrd. m.	Saulės šviesumas padidės 10 %, todėl Žemės paviršiaus temperatūra vidutiniškai sieks apie 47 °C. Atmosfera taps drėgnu šiltnamiu, todėl vandenynai išgaruos. Tik ties ašigaliais galbūt išliks vandens „kišenių“, leidžiančių gyventi įprastą gyvenimą.
3,6 mlrd. m.	Neptūno palydovas Tritonas tikriausiai suirs ir taps panašus į Saturno žiedų sistemą.
4,5 mlrd. m.	Marsą pasieks toks Saulės spinduliuotės srautas, koks pasiekė Žemę, kai ji formavosi prieš 4,5 mlrd. metų.
5 mlrd. m.	Andromedos galaktika susijungs su Paukščių Taku ir sudarys elipsės formos Milkomedos galaktiką.
5,4 mlrd. m.	Kai žvaigždės centre temperatūra pasiekia 10 mln. K, prasideda branduolinė vandenilio virtimo heliu reakcija ir sakoma, kad žvaigždė atsiduria pagrindinėje sekoje. Vandenilio atsargas išnaudojusi Saulė išeis iš pagrindinės žvaigždžių sekos ir pradės vystytis į raudonąją milžinę.
6,6 mlrd. m.	Galbūt Saulė patirs helio blyksnį, dėl kurio jos šerdies spinduliuotės ryškis taps toks pat kaip bendras visų Paukščių Tako galaktikos žvaigždžių ryškis.
7,5 mlrd. m.	Labai tikėtina, kad prieš pat Saulei pasiekiant raudonosios milžinės fazės viršūnę, Žemė ir Mėnulis bus sunaikinti. Šios eros metu Saturno palydovo Titano paviršiaus temperatūra gali būti tinkama gyvybei palaikyti.
8 mlrd. m.	Saulės skersmuo bus 256 kartus didesnis už dabartinį. Merkurijus, Venera ir Žemė greičiausiai bus sunaikinti. Saulė taps baltąja nykštuke, jos masė sudarys apie 54,05 % dabartinės masės.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
22 mlrd. m.	Darant prielaidą, kad tamsiosios energijos tankis bus $w = -1$, įvyks Visatos Didysis suplėšymas. Jei tamsiosios energijos tankis bus mažesnis nei -1, Visatos plėtimasis ir toliau spartės, o Visata vis retės. Maždaug 200 mln. m. iki Didžiojo suplėšymo galaktikų spiečiai, tokie kaip Vietinė grupė, turbūt bus sunaikinti. Šešiasdešimt milijonų metų prieš Didįjį suplėšimą visos galaktikos savo pakraščiuose praras žvaigždes ir dar po 40 mln. m. visiškai suirs. Likus trims mėnesiams iki Didžiojo suplėšymo, žvaigždžių sistemų nebesies gravitacija ir planetos išsisklaidys besiplečiančioje Visatoje. Likus trisdešimčiai minučių iki Didžiojo suplėšymo, planetos, žvaigždės, asteroidai, neutroninės žvaigždės ir juodosios bedugnės taps atomais, o likus šimtui zeptosekundžių (10^{-19} s) iki Didžiojo suplėšymo, suirs ir atomai. Galiausiai, kai suplėšymas pasieks Planko skalę, suirs kosminės stygos ir pats erdvėlaikio audinys. Visata įeis į „suplėšytą singuliarumą“, kai visi nuliniai atstumai taps labai dideli. „Suplėšyto singuliarumo“ atveju visa materija yra išsklaidyta. Pastarieji galaktikų spiečių greičio stebėjimai rodo, kad tikroji w vertė yra $-0,991$, o tai reiškia, kad Didysis suplėšymas greičiausiai neįvyks. Kosmologų nuomone, jei vyktų Didysis susitraukimas, jis reikštų labai didelę materijos koncentraciją. Vykstant šiam procesui medžiaga, erdvė, laikas Visatoje susitrauktų į mažytį neapibrėžtos masės, temperatūros ir slėgio tašką, vadinamą singuliarumo tašku.
65 mlrd. m.	Jeigu Žemės ir Mėnulio neapims raudonąja milžine tapusi Saulė, Mėnulis gali susidurti su Žeme ir suirti.
$100-10^{12}$ m. (1 trilijonas)	Visos ≈ 47 Vietinės grupės galaktikos susijungs į vieną didelę Milkomedos galaktiką.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
100– 150 mlrd. m.	Visatai plečiantis visos galaktikos, esančios už buvusios Vietinės galaktikų grupės, išnyks iš kosminės šviesos horizonto ir pradings iš stebimos Visatos, nes už įvykių horizonto esantys objektai nuo mūsų tolsta taip sparčiai, kad jų išspinduliuoti fotonai Visatos plėtimosi nunešami tolyn greičiau, nei patys artėja link mūsų. Tie objektai nuo mūsų tolsta gerokai greičiau už šviesos greitį. Visata išsiplės 6 000 kartų, o kosminis mikrobangų fonas atvės iki maždaug $4,5 \times 10^{-4}$ K. Proporcingai Visatos plėtimuisi foninė temperatūra ir toliau mažės.
325 mlrd. m.	Apskaičiuotas laikas, per kurį Visatos plėtimasis izoliuos visas kosmologiniame horizonte esančias gravitacijos susietas struktūras. Visata išsiplės daugiau nei 100 mln. kartų ir net atskiros nutolusios žvaigždės bus izoliuotos.
800 mlrd. m.	Šviesos emisija iš jungtinės Milkomedos galaktikos pradės mažėti, nes raudonosios nyktukinės žvaigždės pereis savo didžiausio šviesumo stadiją.
10^{12} m. (1 trilijonas)	Baigsis žvaigždžių formavimasis galaktikose, nes išseks tam reikalingi dujų debesys.
1,05 trili- jono m.	Visata išsiplės daugiau nei 10^{26} kartus, sumažindama vidutinį dalelių tankį iki mažiau nei vienos dalelės viename kosmologinio horizonto tūryje. Nesurištos tarpgalaktinės medžiagos dalelės bus efektyviai izoliuotos, o susidūrimai tarp jų neturės įtakos būsimai Visatos evoliucijai.
1,4 trilijono m.	Kosminė foninė spinduliuotė atšals iki 10^{-30} K temperatūros ir toliau nebemažės.
2 trilijonai m.	Apskaičiuotas laikas, per kurį visų objektų, esančių už buvusios Vietinės galaktikų grupės, raudonasis poslinkis bus pakitęs didesniu nei 10^{53} koeficientu. Jų skleidžiamų gama spindulių bangos ilgis bus didesnis už fizinį horizonto skersmenį. Tokios spinduliuotės skiriamoji geba viršys fizinį Visatos amžių.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
30 trilijonų m.	Apskaičiuotas laikas, per kurį žvaigždės (įskaitant Saulę) turi susidurti su kita žvaigžde vietinėse žvaigždžių apylinkėse. Kai dvi žvaigždės (arba jų liekanos) prasilenkia arti viena kitos, jų planetų orbitos gali būti sutrikdytos ir visiškai išstumtos iš sistemos. Kuo planetos orbita yra arčiau pagrindinės žvaigždės, tuo ilgiau užtrunka jos išstūmimas, nes gravitaciniu požiūriu ji yra tvirčiau susijusi su žvaigžde.
100 trilijonų m.	Galaktikose baigsis įprastas žvaigždžių formavimasis, nes bus per mažai laisvo vandenilio, kad susidarytų naujos žvaigždės.
110–120 trilijonų m.	Iki šio laiko visos Visatos žvaigždės išseiks kurą. Žvaigždžių (mažos masės raudonųjų nykštukių) ilgiausia gyvavimo trukmė yra maždaug 10–20 trilijonų metų. Likę objektai bus žvaigždžių liekanos (baltosios nykštukės, neutroninės žvaigždės, juodosios bedugnės) ir rudosios nykštukės. Kartais susidūrusios žvaigždžių liekanos sudarys supernovas.
1 kvadrilijonas m.	Kažkada buvusi Saulė, o dabar juodoji nykštukė, bus atvėsusi iki 5 K (–268,15 °C).
10–100 kvintilijonų m.	Spėjamas laikas, kai 90–99 % rudųjų nykštukių ir žvaigždžių liekanų (įskaitant Saulę) bus išstumtos iš galaktikų. Kai du objektai prasilenkia gana arti vienas kito, keičiasi jų orbitų energija, mažesnės masės objektai įgyja daugiau energijos. Per pasikartojančius susidūrimus mažesnės masės objektai gali įgyti pakankamai energijos ir būti išstumti iš savo galaktikos. Dėl šio proceso Milkomedos galaktika galiausiai išstums daugumą rudųjų nykštukių ir žvaigždžių liekanų.
100 sikstilijonų m.	Maždaug šiuo laikotarpiu dauguma žvaigždžių liekanų ir kitų objektų bus išstumti iš galaktikų.

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
10^{30} , arba 1 noni- lijonas m.	Laikas, per kurį didžioji dalis arba visos likusios neišmestos iš galaktikų (1–10 % žvaigždžių liekanų) žvaigždžių liekanos pateks į šių galaktikų centrinės juodąsias bedugnes, todėl Visatoje liks tik pavieniai objektai (žvaigždžių liekanos, rudosios nykštukės, planetinės masės objektai, juodosios bedugnės).
2×10^{36} m.	Laikas, per kurį visi stebimos Visatos nukleonai (protonai ir neutronai), jei hipotetinė protonų pusinio skilimo laiko trukmė $8,2 \times 10^{33}$ metai, turėtų suirti.
3×10^{43} m.	Protonams suirus, prasidės juodųjų bedugnių era ir jos bus vieninteliai išlikę Visatos objektai.
$3,14 \times 10^{50}$ m.	Apskaičiuotas laikas, iki kurio Žemės masės juodosios bedugnės dėl Hokingo spinduliuotės pradės irti į subatomines daleles (Hokingo spinduliuotė – tai šiluminis spinduliavimas, kurį dėl kvantinių efektų turėtų skleisti juodosios bedugnės).
$1,54 \times 10^{91}$ – $1,41 \times 10^{92}$ m.	Apskaičiuotas laikas iki supermasyvios juodosios bedugnės, susidariusios Paukščių Tako ir Andromedos galaktikų susidūrimo metu, išnykimo dėl Hokingo spinduliuotės.
10^{106} – $2,1 \times 10^{109}$ m.	Apskaičiuotas laikas iki ultramasyvių 10^{14} (100 trilijonų) Saulės masių juodųjų bedugnių susidarymo dėl galaktikų superspiečių griūties ir Hokingo spinduliuotės. Tai žymi juodųjų bedugnių eros pabaigą. Jei praėjus šiam laikui protonai suyra, Visata patenka į tamsiąją erą, kurioje visi fiziniai objektai suskyla į subatomines daleles ir palaipsniui nusileidžia iki žemiausios energetinės būsenos, arba Visatos šiluminės mirties.
10^{200} m.	Apskaičiuota, per kiek laiko suirtų visi Visatoje esantys nukleonai (nuo 10^{46} iki 10^{200} metų).

Metai (nuo dabarties)	Istorinis įvykis
10^{1500} m.	Darant prielaidą, kad protonai neskyla, apskaičiuotas laikas, kada barioninė medžiaga žvaigždžių liekanose, planetose ar planetų masės objektuose susilies miuonų katalizuojamu sintezės būdu, sudarydama geležį-56 (26 protonai, 30 neutronų), arba iš didesnės masės elemento pavirs į geležį-56, suformuodama geležines žvaigždes.
$10^{10^{26}}$ m.	Šiuo ilgu laikotarpiu net itin stabilios geležinės žvaigždės bus sunaikintos kvantinio tunelio vyksmų. Laikotarpio pabaigoje geležinės žvaigždės skils į juodąsias bedugnes, nes toks skilimo režimas yra daug palankesnis nei skilimas į neutroninę žvaigždę, kuri vėliau turėtų virsti juodąja bedugne. Kiekvienos juodosios bedugnės išgarinimas į subatomines daleles (trunkantis maždaug 10^{100} metų) ir vėlesnis perėjimas į tamsiąją erą šiuo laikotarpiu įvyktų akimirksniu.
$10^{10^{76}}$ m.	Apskaičiuotas laikotarpis, kada visos geležinės žvaigždės kvantinio tuneliavimo būdu virs neutroninėmis žvaigždėmis arba juodosiomis bedugnėmis, darant prielaidą, kad protonų skilimo ar virtualių juodųjų bedugnių nėra, o juodosios bedugnės žemiau Čandrasekaro ribos negali susidaryti tiesiogiai (Čandrasekaro riba – didžiausia nesisukančios žvaigždės baltosios nykštukės masė). Virš Čandrasekaro ribos esančios neutroninės žvaigždės turėtų greitai virsti juodosiomis bedugnėmis, kurios akimirksniu suirtų į subatomines daleles. Beveik neabejotina, kad Visata bus beveik grynas vakuumas, kuriame visa barioninė medžiaga bus suirusi į subatomines daleles, o palaipsniui mažėjantis energijos lygis galiausiai pasieks galutinę būseną.
$10^{10^{10^{56}}}$ m.	Per šį didžiulį laikotarpį kvantinis tuneliavimas bet kuriame izoliuotame Visatos lopinėlyje gali paskatinti naujus infliacijos įvykius, dėl kurių nauji Didieji sproginiai pagimdys naujas visatas.

2 priedas. Galimi žmonijos raidos nulemti veiklos pėdsakai

Metai	Ivykis
2 028 m. ir vėliau	Marso tyrimai ir kolonizavimas.
3 000 m.	Branduolinis palydovas SNAP-10A, 1965 m. paleistas į orbitos 1 268 km aukštį ir veikęs 43 dienas, grįš į Žemę.
3183 m.	1993 m. pradėta kurti laiko piramidę (Vokietija). Kas dešimt metų pridedant naują bloką, konstrukciją sudarys 120 blokų, o piramidė bus baigta po 1 189 metų.
10 000 m.	Branduolinių ginklų atliekų saugykla, įspėjanti lankytojus šešiomis JT kalbomis ir piktogramomis.
10 000 m.	Gaminamas mechaninis laikrodis, skirtas 10 000 metų rodyti laiką. Kuriamas nuolatinis 1 500 kalbų archyvas, kuris leistų atlikti lyginamuosius kalbinius tyrimus ateityje ir padėtų atgaivinti prarastas kalbas. Kuriamas pasaulinė sėklų saugykla Špicbergeno saloje, kad būtų užtikrintas maisto tiekimas dėl galimo sėklų praradimo genų bankuose (dėl karų, sabotažo, ligų, stichinių nelaimių, avarijų).
10 000 m.	Tikėtina technologinės civilizacijos gyvavimo trukmė (pagal Franko Drake'o lygtį). Jei globalizacijos tendencijos sukels panmiksiją (vienodą atsitiktinį apvaisinimą), žmogaus genetinės variacijos (genetiniai skirtumai populiacijose ir tarp jų) nebebus skirstomos į regionus, nes efektyvus populiacijos dydis bus lygus faktiniam populiacijos dydžiui.

Metai	Įvykis
20 000 m.	Būsimose kalbose, palyginti su dabartinėmis kalbomis, turėtų likti tik 1 iš 100 pagrindinio žodyno žodžių.
24 000 m.	Plutonio-239 pusinio skilimo laikas. Černobylio katastrofos (1986 m.) užterštose teritorijose radiacijos lygis neviršys leistinų ribų.
25 000 m.	Arecibo radijo pranešimas, perduotas 1974 m. lapkričio 16 d., pasieks Mesjė 13 kamuolinį žvaigždžių spiečių, nutolusį nuo Žemės 25 100 šviesmečių. Tai vienintelis tarpžvaigždinis radijo pranešimas, išsiųstas į tolimą galaktikos regioną. Bet koks atsakymas (jeigu toks būtų) užtruks dar mažiausiai 25 000 metų nuo jo perdavimo momento.
46 600 m.	Kosminis zondas „Pioneer 11“ (paleistas 1973 m.) praskries 1,9 šviesmečio atstumu pro Gliese 445 žvaigždę, nutolusią nuo Žemės 17,1 šviesmečių.
50 000 m.	Tetrafluormetano, patvariausio šiltnamio efektą sukeliančių dujų, išlikimo atmosferoje laikas.
>100 000 m.	Laikas, per kurį Marso atmosfera būtų prisotinta kvėpavimui tinkamu deguonies kiekiu naudojant tik augalus, kurių Saulės spinduliuotės konversijos efektyvumas panašus į šiuo metu Žemėje esančios biosferos.

Metai	Įvykis
100 000–1 mln. m.	Laikas, per kurį žmonija galėtų kolonizuoti Paukščių Tako galaktiką ir panaudoti visą galaktikos energiją, darant prielaidą, kad tarpplanetinių skrydžių greitis siektų 10 % šviesos greičio.
1 mln. m.	Apskaičiuota žmonijos atminties saugyklos Halštato druskos kasykloje Austrijoje eksploatavimo trukmė. Saugoma informacija užrašyta akmens masės plokštelėse.
1 mln. m.	Aplinkoje esantys stiklo objektai bus suirę. Įvairūs granito paminklai bus suirę per metrą (darant prielaidą, kad vidutinio klimato sąlygomis irimo greitis yra 1 mm per 1000 metų), todėl labai pakis Didžioji Gizos piramidė. Neilo Armstrongo 1969 m. Mėnulyje paliktas pėdsakas išnyks dėl kosminės erozijos.
2 mln. m.	Ilgai atskirtos stuburinių rūšys paprastai patiria geografinę atskirtį. Biologai mano, kad jei žmonija per šį laiką bus pasklidusi genetiškai izoliuotose kosminėse kolonijose, galaktikoje atsiras evoliucinė daugelio žmonių rūšių įvairovė.
7,8 mln. m.	95 % tikimybė, kad žmonija iki šios datos išnyks.
100 mln. m.	Ilgiausia numatoma technologinės civilizacijos gyvavimo trukmė (pagal Franko Drake'o lygties formulę). Būsimieji archeologai turės identifikuoti suakmenėjusių didžiųjų miestų kultūrinį sluoksnį daugiausia iš požeminės infrastruktūros liekanų (pastatų pamatų, komunalinių tunelių).

Metai	Įvykis
1 mlrd. m.	Galbūt pasitelkus asteroidų gravitaciją astroinžinieriams pavyktų pakeisti Žemės orbitą. Tai kompensuotų didėjantį Saulės spinduliuotės ryškį ir užtikrintų žmonių gyvenamosios zonos stabilumą.
10^{20} (100 kvintilijonų m.)	Numatomas erdvėlaivių „Pioneer“ (1978 m.) ir „Voyager“ (1977 m.) susidūrimo su žvaigžde (arba žvaigždės liekana) laikas.
$3 \times 10^{19} - 3 \times 10^{21}$ m. (30 kvintilijonų – 3 sekstilijonai)	Numatoma „Atminties kristalo“ duomenų saugyklos gyvavimo trukmė. Įrašui panaudotas nanostruktūrinis stiklas. Skaitmeniniai duomenys išgraviruoti stikle femtosekundinio lazerio technika.

Algirdas Vaclovas Valiulis

UNRESOLVED QUESTIONS ABOUT THE EVOLUTION OF THE UNIVERSE AND LIFE

Summary

Nature is governed by laws and clearly defined forces that are at work everywhere, which humans mostly seek to imitate, interpret, and use for their own ends and benefits. All human-made objects are part of civilisation, the technosphere, the noosphere (the highest evolutionary stage of the biosphere), or culture itself. For centuries, hypothesis and theory building has been a purely human endeavour. At some point in the future, researchers hope to use machine wisdom to build a unified theory of a model Universe that could reveal the true nature of the cosmos. Relatively recently, in 2015, OpenAI, an American organisation focused on AI research, was launched. Already in 2023, the company developed a chatbot application capable of answering text-based queries. Artificial intelligence feeds on huge amounts of data and its quantum computer ensures unprecedented data processing speeds. Soon, new and better artificial intelligence applications will be developed inevitably, allowing for a fresh look at the world around us. The question of whether

new technologies will be more beneficial or detrimental to people is still unresolved, because experience shows that the halo of every technology hides its downsides.

With the rapid spread of artificial intelligence technologies around the world, it is already possible to ask chatbots for information on the issues that people find most pressing and are most discussed, that have not been answered yet and nobody knows when they will be answered, if ever. In a popular form of dissemination of scientific knowledge, using open-source information, the texts in this book attempt to provide visions of what science has already found today and what questions it does not yet have answers to. What thus are the most pressing questions for people that have not been answered or only partially answered in so many years? Among the most frequently mentioned, troubling, unanswered issues for humanity, mention should first of all be made of the following: how the Universe came into existence, what caused the Universe to exist and how, whether the Universe will cease to exist, whether the Universe is infinite, what is inside the black hole, how many dimensions there are in the Universe and how these dimension work, why we exist, why there is life, whether there are other forms of extraterrestrial life, whether other species are intelligent, whether we are at the end or only at the midpoint of the evolution of Earth. While some of these questions, especially those relating to the evolution of life, are often crucial for curing various diseases or for survival, others, in particular those relating to the evolution of the Universe, are more of an 'exercise' of the mind, as the scale of evolution of this system is incompatible with that of living nature in terms of its duration and distances.

The list of unanswered questions could also include the one on what draws people to enjoy immersing themselves in the fictional world so much. A myriad of novels, films, and plays with their plots, intrigues, and conversations are just artfully presented fantasies.

Writing had not yet come into existence, but fairy tales and fictional narratives already circulated through spoken word. They are like 'soft drugs' widely used by many people. Regrettably, the books that describe science-based events are less engaging and in less demand. It seems that artificial intelligence is about to make a major contribution to the creation of new, fictional yet compelling stories. A look at the trajectory of humanity and the evolution of technology shows that the pace of technological progress is accelerating. This makes it difficult to predict technological condition of humanity in the next century, let alone in the next millennia. One thing is clear, though: while technological progress is accelerating, the nature of humanity itself has remained unchanged for thousands of years, and therefore we can claim that it will not change in the future, that major technological changes will occur, and they can already be foreseen.

Humanity traversed the Renaissance, the industrial revolution, the atomic age, and the information age, and has now embarked on the early days of artificial intelligence, robotics, and automation, which, unfortunately, look set to destroy modern civilisation. Scientific research reveals that the Universe is older than we can imagine, bigger than we can comprehend, and our existence in the Universe is minuscule and quickly forgotten in the vastness of space and the sands of time. Science has established that all spontaneous natural phenomena are entropic. Entropy cannot decrease over time because it always moves in the direction of the state of thermodynamic equilibrium, where it is at its highest. Opinions exist that the ultimate fate of life is its complete extinction, as implied by the second law of thermodynamics, which states that entropy always increases with time. Thus, we, human beings, are mere specks in the Universe that shine brightly for just a moment before vanishing.

Among today's unanswered questions about the evolution of the Universe are whether it goes through only one cycle of expansion

and contraction or the number of expansions and contractions is infinite; also, what caused the Big Bang, because it is difficult to comprehend how the Universe could have come into existence from nothing, that is, whether matter could have formed or arisen from nothing. The final scenario for the evolution of our Universe remains a mystery. Depending on the rate at which the Universe is expanding, such scenarios as the Great Expansion, the Big Chill, and the Big Crunch are considered. Each of these hypotheses has its own drawbacks and probabilities.

Science is still unable to explain gravity because it does not yet understand how to calculate gravity behaviour at high energies, at small sizes of object, close to the singularity, or when particles exhibit quantum behaviour (quantum field). Until science can explain gravity, there will be plenty of room for hypotheses, theories, and speculation in the future.

Understanding dark energy stands as one of the greatest challenges of the Universe. We possess no greater knowledge about dark energy than we previously had. Dark energy is thought to be very homogeneous, not very dense, and is not known to interact through any forces other than gravity. It consists of particles that do not absorb, reflect, or emit light, so they cannot be detected by observing electromagnetic radiation, and all these characteristics of matter make it very difficult to detect.

Most phenomena or processes known to us have a beginning and an end, but how did time begin and how will it end? From a thermodynamic point of view, the Universe has an arrow of time that 'flows' in the same direction as increasing entropy. The existing energy will transform into something entirely different, and its end will mark the start of something new. According to the currently accepted view of physics, time is as real as space. It differs from the three dimensions of space because it flows in only one direction.

Can there really be more than three spatial dimensions in the Universe? The question of the quantity of dimensions in the Universe is complex. Proponents of the string theory promote the idea of ten dimensions. Some theorists advocate an indefinite number of possible dimensions. Most physicists agree that this question can be clarified by some form of New Physics beyond the boundaries of the standard model. Unfortunately, so far, we simply do not know what it is yet.

There is currently no explanation for the origin and evolution of life. No simple definition or characteristic distinguishes the animate from the inanimate. The first life-forming organic compounds were formed by chemical evolution from inanimate or inorganic matter. Thus, life exists. It does not arise from a physical existence, which consists of matter-energy, and is not reducible to matter-energy. There are no known causal preconditions for the creation of life and therefore no known ways to make life out of non-life. We know roughly when life first emerged, but its origin remains a mystery.

Extraterrestrial life is life that does not originate from planet Earth. The existence of extraterrestrial life is hypothetical as no universally accepted evidence has yet been found. The Universe is so vast and the number of planets so large that it is unlikely that life on Earth is the only existing life form. It is likely that the elements of life are abundant in the Universe, but none of the new finds in space are proof that extraterrestrial life exists anywhere.

In biology, evolution is the change in hereditary biological traits in populations over several successive generations, when certain traits become more or less common in a population. Hereditary traits are passed on from generation to generation through DNA, the molecule that encodes genetic information. However, there are still no answers as to how evolutionary processes shape the distribution of heredity in the genome, where human interference in

the genome might lead, and what humans will look like in the distant future.

Questions regarding the meaning of life are formulated in many different ways: what is life? What is the meaning of life? Who are we? Why are we here? What are we here for? What is the nature of reality? What is the purpose of human life? What is the significance and value of life? What is meaningful and valuable in life? What is the reason for living? What is the purpose of existence in general? Although scientists have studied life on Earth extensively, defining life and its meaning is still a challenge.

No universally accepted definition or theory exists to clarify the nature of consciousness. The elucidation of consciousness is perhaps one of the most difficult questions that science has been tackling in human history. Despite advances in consciousness research, the question of how consciousness arises from brain activity remains. The answer to the question of consciousness may never be found. Intellect or reason is a particular form of interaction between subject and object. There is no doubt that artificial intelligence will shape the future of humanity in almost all spheres of human activity, but the logic for developing artificial intelligence comes from the available knowledge of the human.

Memory is one of the brain's most complex processes linked to the storing of information and its later retrieval. How are reminiscences formed, stored, and remembered? There is still a lot of mystery about memory and how it works. Because memory is so complex, we do not know the ways it actually functions. The ability to speak is thought to be hardwired into our genes. While there is a consensus that human language is the result of biological evolution, individual learning, and the transmission of culture, the interaction of these three processes has never been widely studied.

Creativity is a person's ability to come up with new ideas, think outside the box, navigate complex situations quickly, solve problems

in an atypical way, and to look at an event or a phenomenon in a way that others cannot, are unable to catch up, or do not want. Scientists still do not know what makes some people geniuses.

Mental disorders (or mental illnesses) are conditions that affect an individual's thinking, feelings, mood, and behaviour. However, there are still no definitive answers as to how conscious thoughts, feelings, and related mental illnesses can arise from the grey mass known as the brain, which is made up entirely of electrochemical processes.

Questions about animal consciousness are both scientific and philosophical. Most animals are conscious, but they communicate with each through sounds and body language. How animal consciousness differs from human consciousness is a question yet to be answered.

The reader will probably wonder what there is to write about if the title of the book itself says that science still does not have the answers to the questions posed. Indeed, there are no definitive answers at the moment, but many may be curious to know what science already knows, what new research tools are being developed and applied, what directions are being taken to find answers to the 'unanswered' questions, and what else we do not know or maybe will never know.

Readers willing to explore these texts should take note that the information offered is not textbook truths or scientific conclusions but merely a popularised version of scientific knowledge, a vision of theories and hypotheses of the third decade of the twenty-first century. While there are unanswered questions, the space of knowledge is filled with hypotheses, theories, or even speculations of various kinds, and therefore the inquisitive reader will probably have, in most cases, concepts based on their own existing knowledge. In a decade or two, the questions that remain unresolved today will look different, because with the emergence of cutting-edge technologies, devices, and equipment, scientific exploration is advancing swiftly and exposing new dimensions of knowledge.

Algirdas Vaclovas Valiulis

**NEATSAKYTI VISATOS
IR GYVYBĖS RAIDOS KLAUSIMAI**

ISSN 2351-5368

eISSN 3030-2293

ISBN 978-9986-08-105-0

eISBN 978-9986-08-106-7

Redaktorė Aušra Gapsevičienė

Dailininkė Miglė Datkūnaitė

Maketuotojos Regina Kunigėlienė, Jolanta Veršickienė

Vertėja Diana Bartkutė Barnard

Pirmame viršelyje panaudota

Unsplash iliustracija

Išleido Lietuvos mokslų akademija

www.lma.lt

Spausdino UAB „Utenos Indra“

www.indra.lt

Tiražas 200 egz.

Vilnius, 2025



„Neatsakyti Visatos ir gyvybės raidos klausimai“ –
trisdešimt trečioji Lietuvos mokslų akademijos iniciatyva
leidžiamos mokslo populiarinimo serijos MOKSLAS VISIEMS knyga.

Prof. habil. dr. ALGIRDAS VACLOVAS VALIULIS – mechanikos inžinierius,
medžiagotyrininkas, Lietuvos mokslų akademijos (LMA) narys emeritas,
Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VILNIUS TECH) profesorius emeritas.

Knygoje populiariai aptariami klausimai, smalsiems protams vienaip ar kitaip turėję kilti nuo neatmenamų laikų. Taigi, kokie yra aktualiausi klausimai, į kuriuos per tiek metų dar nebuvo atsakyta ir nežinia ar kada nors bus atsakyta? Dirbtinis intelektas, į kurį pagalbos kreipėsi knygos autorius, perdavė žinią, kad mūsų egzistavimas Visatos erdvės platybėse ir laiko smėlynuose yra menkas ir trumpas epizodas. Visata yra senesnė, nei galime įsivaizduoti, didesnė, nei galime suvokti, o žmonės tėra dulkių gumulėliai, akimirką švystelėjantys ir išnykstantys kosminio laiko begalybėje. Klausimų dar yra daug: koks yra galutinis Žemės ir žmonijos likimas, kaip atsirado Visata, kas lėmė jos egzistavimą, ar Visata nustos egzistavusi, ar ji yra begalinė, kas yra juodosios bedugnės viduje, kiek yra Visatoje matmenų, kaip veikia šie matmenys, kodėl mes egzistuojame, kodėl yra gyvybė? Žinome, kad visi spontaniški gamtos reiškiniai yra entropiniai, o energijos tvermės dėsnis teigia, kad energijos negalima nei sukurti, nei sunaikinti, tik viena energijos forma gali virsti kita. Kultūra yra žmogaus sukurtas produktas, todėl informacija, kaip žinių laikmena, galbūt galėtų tam tikru būdu priešintis ar atsispirti entropijai. Gal informacija pagal antrąjį termodinamikos dėsnį taip pat natūraliai suyra erdvėje ir laike? Paradoksalu, kad gausėjant mokslo pasiekimų, neatsakytų klausimų nemažėja, priešingai – jų kiekis didėja.

LMA akademikas prof. habil. dr. GINTAUTAS DZEMYDA

9 789986 081050

