

1

VIENOVĖ – SENA SVAJONĖ

Žvelgiant į nuostabų naktinio dangaus grožį ir gausybę spindinčių žvaigždžių, jų didybė gniaužia kvapą. Užduodame sau pačius mįslingiausius pasaulio klausimus.

Ar visata – vienas didis sumanymas?

Kaip paaiškinti iš pažiūros beprasmi kosmosą?

Ar mūsų egzistencija harmoninga ir turi priežastį, o gal beprasmiška?

Prisimenu Stiveno Kreino (Stephen Crane) eilėraščių:

Žmogus tarė visatai:

– Aš egzistuoju!

– Taip, – atsiliepė visata, –

tačiau manęs tai niekuo neįpareigoja.

Graikai buvo vieni pirmųjų, rimčiau bandžiusių perprasti aplinkinio pasaulio chaosą. Tokie filosofai kaip Aristotelis (Aristotle) tikėjo, kad viską galima suvesti į keturis pagrindinius elementus – žemę, orą, ugnį ir vandenį. Tačiau kaip iš šių keturių elementų susidaro toks turtingas ir sudėtingas pasaulis?

Graikai turėjo bent du atsakymus į šį klausimą. Pirmąjį atsakymą pasiūlė filosofas Demokritas (Democritus), gyvenęs dar prieš Aristotelį. Jis manė, kad viską sudaro mažytės, nematomos, nesusinaikinančios dalelės, kurias jis vadino atomais (graikiškai tai reiškia „nedalomas“). Jo kritikai aiškino, jog neįmanoma gauti tiesioginių atomų egzistavimo įrodymų, nes jie per maži, kad būtų matomi. Demokritas pateikė netiesioginių, tačiau įtikinamų įrodymų.

Įsivaizduokite, pavyzdžiui, auksinį žiedą. Bėgant metams žiedas dėvisi. Kažko netenka. Kiekvieną dieną jis praranda mažytes materijos daleles. Todėl nors atomai nematomi, jų egzistavimą galima pamatuoti netiesiogiai.

Net ir šiandien didžioji dalis pažangiausių mokslų paremti netiesioginiais įrodymais. Atlikdami tokio pobūdžio matavimus, sužinome Saulės sudėtį, DNR struktūrą, visatos amžių. Žinome visa tai, nors niekada nesilankėme žvaigždėse, neįlindome į DNR molekulę ir nematėme Didžiojo sprogimo. Kai kalbėsime apie bandymus įrodyti vieningą lauko teoriją, šis tiesioginių ir netiesioginių įrodymų skirtumas bus svarbus.

Antrąjį atsakymą pasiūlė didysis matematikas Pitagoras (Pythagoras).

Pitagorui dingtelėjo mintis pasaulio reiškinius, pavyzdžiui, muziką, apibūdinti matematiškai. Pasak legendos, jis pastebėjo panašumų tarp to, kaip skamba užgaunama lyros styga ir kūju kalamas metalinis strypas. Nustatė, kad jie sukuria muzikos dažnius, kurie virpa tam tikru santykiu. Taigi toks estetiškas dalykas kaip muzika kyla iš rezonansų matematikos. Jis manė, kad taip būtų galima įrodyti, jog mus supančių daiktų įvairovė paklūsta toms pačioms matematinėms taisyklėms.

Taigi antikinėje Graikijoje gimė bent dvi didžiosios mūsų pasaulio teorijos – idėja, kad viskas sudaryta iš nematomų ir nesunaikinamų atomų ir kad gamtos įvairovę galima paaiškinti virpesių matematika.

Deja, žlugus klasikinei civilizacijai, nunyko ir šios filosofinės diskusijos. Idėja, kad gali egzistuoti visatą paaiškinanti paradigma, buvo pamiršta beveik tūkstantį metų. Vakarų pasaulyje pasklido tamsa, mokslinius tyrimus didele dalimi pakeitė tikėjimas prietarais, magija ir burtais.

Atgimimas Renesanso epochoje

XVII amžiuje keli iškilūs mokslininkai ėmė ginčyti nustatytą tvarką ir tyrinėti visatos prigimtį, tačiau susidūrė su dideliu pasipriešinimu ir net persekiojimu. Johanesas Kepleris (Johannes Kepler), vienas iš pirmųjų mokslininkų, pritaikiusių matematiką planetų judėjimui apskaičiuoti, buvo imperatoriaus Rudolfo II patarėjas, greičiausiai išvengęs persekiojimo dėl to, kad į savo mokslinį darbą pamaldžiai įpindavo religinių elementų.

Buvusiam vienuoliui Džordanui Brunui (Giordano Bruno) pasisekė mažiau. 1600 m. jis buvo nuteistas mirties bausme už erėziją – užkimšta burna buvo nuogas vedamas Romos gatvėmis ir galiausiai sudegintas ant laužo. Koks buvo didžiausias jo nusikaltimas? Teiginys, kad aplink kitas žvaigždes besisukančiose planetose gali būti gyvybės.

Eksperimentinio mokslo tėvo didžiojo Galilėjaus (Galileo) vos neištiko toks pat likimas. Skirtingai nuo Bruno, gresiant mirčiai Galilėjus išsižadėjo savo teorijų. Tačiau jo palikimas išliko – teleskopas, ko gero, yra revoliucingiausias ir maištingiausias išra-

dimas per visą mokslo istoriją. Per teleskopą savo akimis galėjai pamatyti, kad Mėnulio paviršius išbadytas kraterių, kad Venera turi fazes, atitinkančias jos sūkį aplink Saulę, kad Jupiteris turi palydovų – visa tai buvo eretiškos idėjos.

Deja, mokslininkui buvo pritaikytas namų areštas, uždrausta priimti lankytojus ir galiausiai jis apako. (Sakoma, kad taip atsitiko dėl to, jog kartą per savo teleskopą jis pažvelgė tiesiai į Saulę.) Galilėjus mirė palaužtas. Tačiau tais pačiais metais, kai jis mirė, Anglijoje gimė kūdikis, kuris vėliau užbaigė nebaigtas Galilėjaus ir Keplerio teorijas ir padovanojo mums vieningą visatos teoriją.

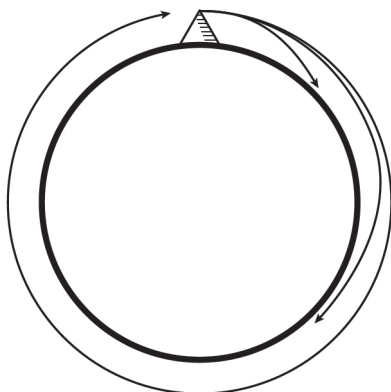
Niutono jėgų teorija

Izaokas Niutonas – bene iškiliausias kada nors gyvenęs mokslininkas. Raganavimo ir burtų apsėstame pasaulyje jis išdrįso užrašyti universalius visatos dėsnius ir savo išrastą naujovišką matematiką (integralinę ir diferencialinę skaičiavimą) pritaikyti jėgų tyrimams. Kaip rašė fizikas Stivenas Veinbergas (Steven Weinberg), „būtent nuo Izaoko Niutono iš tiesų prasidėjo šiuolaikinės svajonės apie galutinę teoriją“. Niutono laikais ji buvo laikoma „visko teorija“, tai yra teorija, apibūdinančia visą judėjimą.

Viskas prasidėjo Niutonui sulaukus dvidešimt trejų. Dėl maro buvo uždarytas Kembridžo universitetas. Vieną 1666-ųjų dieną, vaikštinėdamas savo sodyboje, jis pamatė krintant obuolį ir uždavė sau klausimą, pakeitusį žmonijos istorijos kryptį.

Jei obuolys krinta, ar Mėnulis taip pat krinta?

Iki Niutono bažnyčia mokė, kad yra dviejų rūšių dėsniai. Vieni – žemės dėsniai, pažeisti mirtingųjų žmonių nuodėmės, kiti –



1 PAV. Galima iššauti patrankos sviedinį su vis didesne energija, kol jis galiausiai apskries visą Žemę ir grįš į pradinį tašką. Pasak Niutono, tai paaiškina Mėnulio orbitą ir parodo, kad fiziniai žemės dėsniai tokie pat, kaip ir dangaus kūnų dėsniai.

tobuli ir harmoningi dangaus dėsniai. Niutono idėjos esmė buvo pasiūlyti vieningą teoriją, apimančią ir dangų, ir žemę.

Savo užrašų knygelėje jis nubraižė lemtingą piešinį (žr. 1 pav.).

Kalno viršūnėje iššautas patrankos sviedinys prieš nukrisdamas ant žemės nuskrenda tam tikrą atstumą. Bet vis didesniu greičiu iššautas patrankos sviedinys nuskrenda vis toliau ir toliau, kol galiausiai apskrieja visą Žemę ir grįžta ant kalno viršūnės. Niutonas padarė išvadą, kad gamtos dėsnis, kuriam paklūsta obuoliai ir sviediniai, išlaiko ir Mėnulį jo orbitoje aplink Žemę. Žemės ir dangaus fizika tokia pat.

Šią idėją jis realizavo pasiūlydamas jėgų koncepciją. Objektai juda dėl to, kad juos stumia arba traukia jėgos, kurios yra universalios ir gali būti tiksliai bei matematiškai išmatuotos. (Iki tol kai kurie teologai manė, kad objektai juda skatinami troškimų, pavyzdžiui, daiktai krinta dėl to, kad nori susijungti su žeme.)

Taigi Niutonas pasiūlė pagrindinę vienovės koncepciją.

Tačiau jis buvo itin uždaras žmogus ir didelę savo darbo dalį slėpė. Turėjo nedaug draugų, nemokėjo palaikyti lengvo pokalbio ir dažnai įsiveldavo į ginčus su kitais mokslininkais dėl atradimų pirmenybės.

1682 m. įvyko sensacija, pakeitusi istorijos kryptį. Virš Londono praskriejo švytinti kometa. Apie tai liežuviais malė visi – nuo karalių iki elgetų. Iš kur ji atsirado? Kur ji skrenda? Ką ji pranašauja?

Vienas susidomėjusiųjų šia kometa buvo Edmondas Halis (Edmond Halley). Jis nukeliavo į Kembridžą susitikti su garsiuoju Izaoku Niutonu, kuris jau buvo gerai žinomas dėl savo šviesos teorijos. (Leisdamas saulės spindulius pro stiklo prizmę, Niutonas parodė, kad balta šviesa skyla į visas vaivorykštės spalvas, taip įrodydamas, kad balta iš tiesų yra sudėtinė spalva. Jis išrado ir naujo tipo teleskopą, kuriame vietoj lęšių buvo naudojami atspindintys veidrodžiai.) Paklausęs Niutono apie kometą, Halis buvo nustebintas – Niutonas gebėjo įrodyti, jog kometos skrieja elipsėmis aplink Saulę ir naudodamasis savo sukurta gravitacijos teorija net galėjo numatyti jų trajektoriją. Tiesą sakant, jis stebėjo kometas savo išrastu teleskopu, ir jos judėjo būtent taip, kaip jis numatydavęs.

Halis buvo priblokštas.

Jis iš karto suprato tapęs svarbaus mokslinio įvykio liudinininku ir pasisiūlė padengti Niutono veikalo spausdinimo išlaidas. Šis vėliau tapo vienu didžiausių mokslo istorijos šedevrų ir vadinosi „Gamtos filosofijos matematiniai pagrindai“ (*Mathematical Principles of Natural Philosophy*), arba tiesiog „Pagrindai“ (*Principia*).

Be to, supratęs Niutono prognozes, kad kometos gali pasirodyti reguliariais laiko tarpais, Halis apskaičiavo, kad 1682-ųjų

kometa turėtų sugrįžti 1758-aisiais. (Kaip ir buvo prognozuojama, Halio kometa praskriejo virš Europos per 1758-ųjų Kalėdas, dar labiau išgarsindama Niutoną ir Halį jau po jų mirties.)

Niutono judėjimo ir gravitacijos teorija – vienas didžiausių žmogaus proto pasiekimų, vieningas principas, apimantis visus žinomus judėjimo dėsnius. Aleksanderis Poupas (Alexander Pope) rašė:

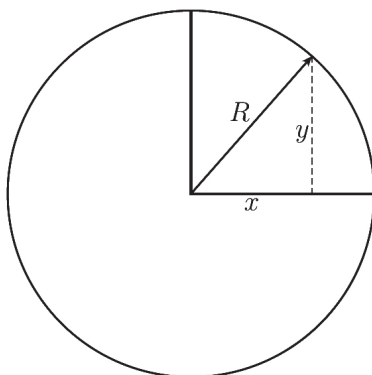
*Gamta ir jos dėsniai slypi tamsoje.
Dievas tarė: „Tebūnie Niutonas!“
Ir viskas nušvito.*

Net ir šiandien NASA inžinieriai valdydami kosminius zondus po visą Saulės sistemą remiasi Niutono dėsniais.

Kas yra simetrija?

Niutono gravitacijos dėsnis vertas paminėti dar ir dėl to, kad jam būdinga simetrija, t. y. apsuhta lygtis išlieka tokia pat. Įsivaizduokite, kad Žemę supa sfera. Gravitacijos jėga kiekvienaime jos taške tokia pat. Iš tiesų būtent todėl Žemė ir yra sferos, o ne kokios nors kitos formos – gravitacijos jėga ją suspaudė tolygiai. Štai kodėl nėra kubo formos žvaigždžių ar piramidės formos planetų. (Maži asteroidai dažnai būna netaisyklingos formos, nes asteroido gravitacinė jėga per maža, kad ją tolygiai suspaustų.)

Simetrijos sąvoka paprasta, elegantiška ir intuityvi. Be to, šioje knygoje pamatysime, kad simetrija ne kokia nors butaforija, bet esminė savybė, rodanti pamatinį fizikinį visatos principą.



$$R^2 = x^2 + y^2$$

2 PAV. Žemei sukančios aplink Saulę jos spindulys R išlieka vienodas. Žemei judant savo orbita jos koordinatės X ir Y nuolat keičiasi, tačiau R pastovus. Iš Pitagoro teoremos žinome, kad $X^2 + Y^2 = R^2$. Taigi Niutono lygtis, išreikšta tiek per R (nes R pastovus), tiek per X ir Y (pagal Pitagoro teoremą), yra simetriška.

Tačiau ką reiškia „simetriška lygtis“?

Daiktas simetriškas, jei sukeitus jo dalis vietomis jis išlieka toks pat, arba nepakitęs. Pavyzdžiui, sfera simetriška, nes pasukta išlieka tokia pat. Tačiau kaip tai išreikšti matematiškai?

Pagalvokite, kaip Žemė sukasi aplink Saulę (žr. 2 pav.). Žemės orbitos spindulys pažymėtas R . Žemei judant savo orbita R išlieka toks pat (tiesą sakant, Žemės orbita yra elipsės formos, tad spindulys R šiek tiek kinta, tačiau šiame pavyzdyje tai nėra svarbu). Žemės orbitos koordinatės pažymėtos X ir Y . Žemei judant orbita X ir Y nuolat keičiasi, tačiau R išlieka nekintamas.

Tokia simetrija būdinga ir Niutono lygtims, t. y. Žemei sukančios aplink Saulę gravitacija tarp Žemės ir Saulės išlieka tokia pat. Nors mūsų atskaitos sistema keičiasi, dėsniai išlieka pastovūs. Nesvarbu, koku būdu spręsimė uždavinį – taisyklės nesi-keičia, todėl visada gausime tą patį rezultatą.