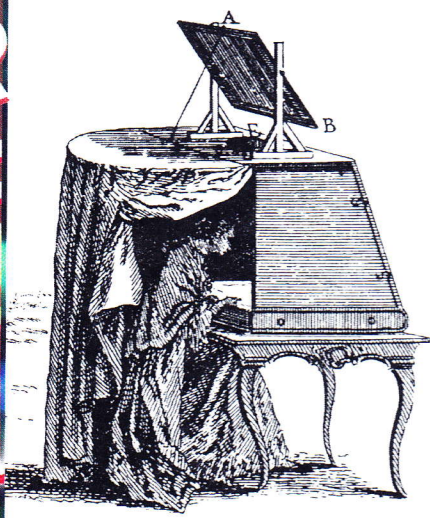


ROMUALDAS KARAZIJA

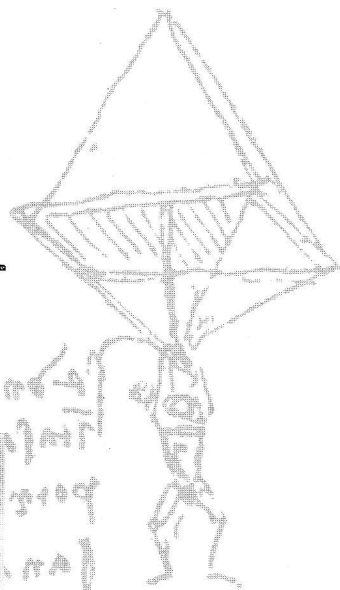
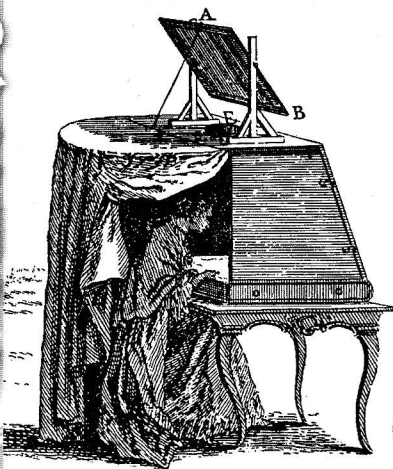
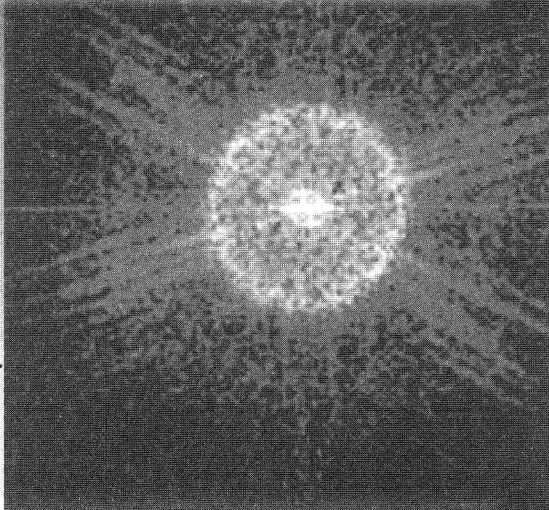
STYMS
WSTES
SOZIT
FIZIKOS
MISTE



 **alma
littera**

ROMUALDAS KARAZIJA

FIZIKOS MISTĖS



 **alma
littera**
Vilnius 1999

Fizika yra tai, kuo užsiima fizikai.

FIZIKŲ PAMĖGTAS APIBRĖŽIMAS

Gamtos reiškiniai turi formas ir ritmus, kurių nežvelgia stebėtojas, bet suvokia analizuotojas. Šias formas ir ritmus mes vadiname fizikos dėsniais.

R. FEINMANAS „APIE FIZIKOS DĖSNIUS“

Fizika – mokslas, nagrinėjantis paprasčiausius ir kartu bendriausius gamtos reiškinių dėsningumus, materijos savybes bei sandarą ir jos judėjimo dėsnius.

FIZIKOS ENCIKLOPEDIŠIS ŽODYNAS

Mes neturime griežto apibrėžimo, kas yra fizika, ir negalime tiksliai pasakyti, kokie klausimai priklauso šitam mokslui, o kokie nepriklauso.

DŽ. ORIRAS „POPILIARIOJI FIZIKA“

TURINYS

I Fizikos istorijos mįslės	5	R. Boškovičius — šiuolaikinės fizikos pranašas	49
Branduolinis reaktorius, veikęs Afrikoje priešistoriniais laikais	6	H. Kavendišas, Kulono dėsniu atradėjas	51
Kaip buvo pastatytos Egipto piramidės?	8	Gėtė prieš Niutoną	53
Atomų idėja Senovės Graikijoje ir Indijoje	11	Vilnietiškas ir tarptautinis metras	55
Pirmoji „Fizika“	13	Kodėl Galvanio vardu pavadinti ne jo išradimai?	58
Aleksandrijos muziejus — senovės mokslo stebuklas	15	Kodėl scholastika Vilniaus universitete išliko ligi XVIII a. pabaigos?	60
Pirmasis mokslininkas detektyvas	18	Stubelevičius — elektros ir magnetizmo ryšio atradėjas?	61
Paslaptingas dydis <i>impetus</i>	20	Moksliniai tyrimai Gėdučių dvare	63
Pralenkę laiką Leonardo da Vinčio išradimai	22	Mokslinis konkursas, kurį laimėti padėjo priešininkai	66
Portos „Natūralioji magija“	24	Trys moterys Faradėjaus gyvenime	68
Teleskopo išradimas	27	Tuzinas energijos tvermės dėsniu atradėjų	71
Kur dingio Dekarto „Pasaulis“?	29	Kruksas — fizikas ir parapsichologas ..	73
Žmogus, atstojęs mokslinius žurnalus	31	Nežinomieji N spinduliai	75
Kolektyvinių bandymų akademija	33	Alberto Einšteino mįslė	77
Kas atrado Boilio ir Marioto dėsnį?	35	Kodėl neliko fizikų aukščiausiojo lygio pasitarimų?	80
Legenda apie obuolį	38	Dingęs genijus	83
Niutonas — alchemikas?	40	Landau „šuniukų mokykla“	85
Ginčas dėl gyvosios jėgos	42	Atradėjas, kurio likimas nepajėgė paversti juodąja bedugne	87
Politikas, tapęs žymiausiu elektros reiškinių tyrinėtoju	44	Superskandalas dėl supergreitintuvo ..	90
Kodėl Lomonosovas tapo garsus tik XX amžiuje?	47		

II Kasdienės mįslės	93	Gėlių spalvos dieną ir prietemoje	111
Kodėl daugėja duobių kelyje?	93	Kodėl draudžiamieji signalai	
Kaip persikelti per upelį?	94	raudoni?	112
Skruzdės ir šiaudelis	95	Kodėl dailininkai didina saulę ir	
Kodėl stabdomą automobilį		mėnulį?	112
„užmeta“ į šoną?	96	Milžinai ir nykštukai	114
Plaukimas prieš vėją	97	Elektrinė mergaitė	115
Traukinio garsai	98		
Kodėl vakare prie ežero gerai		III Šiuolaikinės fizikos paradoksai	117
girdime?	99	Energija ir jos „virtimas“ mase	118
Kodėl blogai girdime prieš vėją?	100	Stebėtojo vaidmuo šiuolaikinėje	
Dainavimas vonioje	100	fizikoje	119
„Jūros ošimas“ kriauklėje	101	Kreivoji erdvė	121
Ar burbulai balose iš tikro reiškia		Šviesa – ir bangos, ir dalelės?	123
ilgą lietuų?	102	Atomas ir Saulės sistema	124
Kodėl vėjas pakelia smilteles, bet		Branduolių sintezė Saulėje ir	
nepakelia vandens lašelių?	102	vandenilinėje bomboje	126
Kodėl vingiuoja upės?	103	Nepagaunamieji kvarkai	128
Šaltas vanduo įlipant į upę, šiltas –		Hiperboloidas ir lazeris	129
išlipant	105	Skystieji kristalai	133
Šilto ir šalto oro pūtimas	105	Supertakumas ir superlaidumas	134
Ar kojos išsiplečia po pirties?	106	Pulsarai – neutroninės žvaigždės	136
Kodėl pavasarį dirvose „dygsta“		IV Mįslės mokslininkams	139
akmenys?	106	Fundamentinės jėgos ir jų	
Nosis šala, o raketa kaista	106	suvienijimas	140
Mažos medicininio termometro		Ar kinta fundamentinės konstantos?	142
paslaptys	107	Kur periodinės lentelės pabaiga?	144
Šalčio spinduliai	108	Monopolis – vieno poliaus	
Drėgmė, sklindanti iš šiltesnės		magnetas	146
patalpos į šaltesnę	108	Žvaigždė, susitraukianti į tašką	148
Permatoma ir nepermatoma		Kvazarai – paslaptiniausieji	
užuolaida	109	Visatos objektai	150
Musė ant fotoaparato objektyvo	110	Kaip aptikti gravitacines bangas?	152
Jūros spalva	110		

T U R I N Y S

Antidalelės ir antimedžiaga	155	Kaip gimsta idėjos?	171
Elementariosios dalelės ir Visata	157	Ar gali padaryti atradimą fizikas mėgėjas?	173
Neregimosios medžiagos paieškos	158	Šiuolaikinės fizikos keistumas	176
V Fizikų profesinės paslaptys	160	Mokslo krizės ir revoliucijos	177
Fizikos problemų sąrašai	161	Ar baigsis didžiųjų fizikos atradimų laikotarpis?	179
Kaip mokslininkai orientuojasi informacijos jūroje?	163	Fizikos vieta tarp kitų mokslų	182
Fizikos ir matematikos ryšiai	165	Mįslių mįslė	184
Fizikai ir kompiuteriai	168	Paveikslėlių šaltiniai	190
Mokslinio darbo taisyklės	169		

I FIZIKOS ISTORIJOS MĮSLĖS

„Fizika kaip pažinimo nuotykis“, – taip A. Einšteinas (*Einstein*) ir L. Infeldas (*Infeld*) buvo pavadinę savo knygą apie fizikos idėjų raidą (į lietuvių kalbą ji buvo išversta pavadinimu „Fizikos evoliucija“). Iš tikrųjų fiziko darbas yra panašus į detektyvo: vienas ir kitas renka bei analizuoja faktus, kuria hipotezes ir tikrina jas. Skirtumas nebent tas, kad fiziko tyrinėjamas objektas – gamta – yra labai išmoninga, tačiau neklastinga. Kaip ir detektyvo, fiziko darbas kupinas rizikos, reikalaujantis dvasinių ir fizinių jėgų įtempimo. Už vadovėliuose pateiktų glaustų apibrėžimų ir formulių slypi dramatiškos istorijos, klystkeliai ir atradimo džiaugsmas, ginčai dėl pirmumo ir garbės... Tik gaila, kad detektyvinių romanų rašytojai nesidomi fizika. O patys mokslininkai savo straipsniuose dažniausiai nutyli visas istorijas, susijusias su atradimu.

Bet gal tos istorijos ir neturi nieko bendra su fizika? Juk fizikos dėsniai visai nepriklauso nuo juos atradusių mokslininkų charakterių ir likimų. Jei nebūtų buvę Niutono, jo vardu vadinamus dėsnius, be abejo, būtų vėliau atradę kiti mokslininkai. Fizikos istorija ne itin domisi ir patys fizikai, – tik nedaugelis jų žino, kokiomis aplinkybėmis buvo padaryti netgi Niutono ar Einšteino atradimai, arba galėtų pasigirti skaitęs jų raštus. Tad gal tikroji fizika – tai „Fizika 1998“ – žinių sistema, atitinkanti naujausią mokslo žodį, išdėstyta tokia forma, kad būtų lengviausia ją suprasti?

Vis dėlto lakoniškas apibrėžimas toli gražu neprilygsta žinojimui, įgytam praejus atradimo vingiais. Mokinys, per pusvalandį supratęs dėsnį, kurį atrasti geriausiems žmonijos protams prireikė kelių šimtmečių, suklups prie pirmo nestandartinio klausimo. Fizika sukurta žmonių ir žmonėms, ir tik per jos istoriją mes suvokiame gyvąją fiziką – kuriamą ir kuriančią.

Taigi pažintį su mįslingąja fizika verta pradėti nuo jos istorijos mįslių.

BRANDUOLINIS REAKTORIUS, VEIKĒS AFRIKOJĒ PRIEŠISTORINIAIS LAIKAIS

Kada mūsu planetojē pradējo veiktī pirmasis branduolinis reaktorijs? Iprastinis atsakymas — 1942 m. gruodžio 2 d. Čikagojē; reaktoriū sukūrē mokslininkū grupē, vadovaujama italu fiziko Enriko Fermio (Fermi). Teisingas, tačiau neįprastas atsakymas — 1,8 mlrd. m. pr. Kr. pusiaujo Afrikojē. Ištyrę urano rūdą, atvežtą iš Gabono, prancūzū mokslininkai nustatē, jog jojē prieš daugelį amžiu yra vykusi urano dalijimosi reakcija. Gal tai įrodo, kad Žemējē lankēsi ateiviai iš kosmoso?

Paskelbus sensacingą pranešimą, fizikams, kaip tikslijų mokslū atstovams, visū pirma kyla klausimas — ar faktai yra kruopščiai patikrinti, ar išvados griežtai įrodytos. Taigi kokiū būdu prancūzū mokslininkai įrodē, kad tojē urano rūdojē kadaise yra vykusi branduolinē reakcija?

Gamtojē iškasamas uranas — tai mišinys dviejū jo izotopū, turinčių vienodas chemines savybes, bet skirtingą atominę masę — 235 ir 238 (atominiais masės vienetais). Lengvesnysis izotopas urane sudaro tik 0,720% — tūkstantosios procento dalies tikslumu, nesvarbu, kur ta rūda iškasama — Kanadojē, Sibire ar Afrikojē. Toks izotopū sudėties pastovumas, būdingas ir kitiems elementams, nestebina mokslininkū — visa planeta kadaise susidarē iš vieno dujų debesies. Tuo tarpu urane, kuris buvo iškastas Gabone, Oklo telkinyjē, izotopo ²³⁵U santykis kito nuo 0,710% ligi 0,296%, o vietomis buvo net didesnis už normalū — 0,730%!

Tiesa, uranas skiriasi nuo daugelio kitū gamtojē randamū elementū, — jis yra radioaktyvus, o lengvesnysis jo izotopas ²³⁵U skyla greičiau už sunkesnįjį (todėl ²³⁵U dalis gamtiniame urane, laikui bėgant, mažėja), tačiau radioaktyvaus skilimo proceso greitis vienodas visojē planetojē — jis nepriklauso nuo slėgio, temperatūros bei kitū aplinkos veiksniū. Jokios ypatingos sąlygos Okle negalėjo pakeisti vieno iš urano izotopū skilimo greičio.

Izotopū cheminės savybės visiškai vienodos, tad jokie cheminiai procesai Žemės plutojē negalėjo atskirti jų vienas nuo kito.

Vienintelē reakcija, galinti pakeisti izotopū santykį, — tai grandininē urano dalijimosi reakcija. ²³⁵U branduolys, pagavęs neutroną, dalijasi į du lengvesnius

branduolius, išskirdamas didelį kiekį šilumos ir du tris naujus neutronus. Tuo tarpu sunkesniojo urano branduolys dalijasi retai — priešingai, jis sugeria neutronus, spinduliuojamus ^{235}U , virsdamas radioaktyviu izotopu ^{239}U , o pastarasis — plutoniu.

Viena iš dviejų ^{235}U branduolio dalijimosi skeveldrų dažniausiai priklauso reikiams lantanidų grupės elementams. Ir štai — mokslininkai Oklo rūdoje surado šių elementų kiekius, kokie ir turėjo susidaryti tokios reakcijos metu.

Taigi prancūzų mokslininkų išvada buvo vienareikšmiškai įrodyta, o nepriklausomi tyrimai kitose laboratorijose ją patvirtino.

Ne vienas žmogaus proto kūrinys pasirodė esąs seniai realizuotas gamtoje. Tačiau branduoliniam reaktoriui susidaryti ir pradėti veikti reikalingos ypatingos sąlygos, kurias, atrodo, įmanoma sukurti tik dirbtiniu būdu. Kad neutronai, atsirandantys dalijantis ^{235}U branduoliui, neišsisklaidytų, o pataikytų į kitus to paties izotopo branduolius, būtinos sąlygos yra tokios: uranas turi būti gana grynas, neturėti priemaišų, stipriai sugeriančių neutronus, o besidalijantis izotopas ^{235}U turi sudaryti bent keletą procentų viso urano, o ne 0,61%, kaip esti gamtiniame urane. Antra, reaktoriuje reikalinga medžiaga, lėtinanti neutronus, nes tik lėti neutronai efektyviai skaldo ^{235}U branduolius. Tos sąlygos patenkinamos išvalius gamtinį uraną, praturtinus jį lengvesniu izotopu, esant pakankamam urano kiekiui ir išdėsčius jį pakaitomis su grafitu, lėtinančiu neutronus. Tad gal tenka pripažinti, kad reaktorių sukūrė kosminiai ateiviai, priešistoriniais laikais apsilankę Žemėje?

Mokslininkai laikosi Okamo principo — neįvesti naujų esmių (šiuo atveju kosminių ateivių), jei dar neišsemtos visos galimybės paaiškinti reiškinį žinomais reiškiniais ir dėsniais.

Atlikus nuodugnų Oklo telkinio tyrimą paaiškėjo, kad jame vis dėlto galėjo susidaryti natūralus branduolinis reaktorius. Visų pirma, telkinyje labai gausu urano (net 15%), o priemaišas sudaro silicis, kuris nelinkęs sugauti neutronų. Antra, nustatčius klodų amžių, paaiškėjo, kad reaktorius veikė prieš 1,8 milijardo metų. O tada greičiau skylantis ^{235}U telkinyje sudarė ne 0,71%, o 3% — kaip dabartiniuose reaktoriuose. Pagaliau vanduo, nors ir menkliau lėtina neutronus negu grafitas, vis dėlto gali jį pakeisti, o sunkdamasis pro rūdos klodus vanduo savaime maišosi su uranu.

Taigi prieš 1,8 milijardo metų, kai Žemėje dar nebuvo ne tik žmonių, bet ir kitų aukštesniųjų gyvūnų, o tik dumbliai ir bakterijos, — Oklo telkinyje prasidėjo labai

lĒta savaiminĒ ^{235}U dalijimosi reakcija. Kadangi telkinyje vyravo nesidalijantis urano izotopas ^{238}U , Ŗi reakcija negalĒjo baigtis atominiu sprogimu. Tai nepriminĒ netgi gana greito proceso dirbtiniame reaktoriuje, nes gamtinio „urano katilo“ kokybĒ buvo gerokai prastesnĒ. Natūralaus branduolinio reaktoriaus galia nevirŖijo 1 kilovato. Procesas vyko keletą Ŗimtų tūkstanĉių metų ir, sumažĒjus ^{235}U koncentracijai, savaime užgeso, – vienose vietose anksĉiau, kitur vĒliau.

O kaip paaiŖkinti ^{235}U koncentraciją, virŖijanĉią normalią? Pasirodo, iš ^{238}U susidarĒs plutonis, išplautas vandens, susikaupĒ tam tikrose vietose ir ten po keleto radioaktyviųjų kitimų tapo uranu 235.

Taigi Ŗmogus neteko dar vieno atradimo prioriteto: ir branduolinis reaktorius, kaip ir radiolokatorius ar elektros generatorius, daug anksĉiau buvo sukurtas gamtos laboratorijoje.

KAIP BUVO PASTATYTOS EGIPTO PIRAMIDĒS?

SenovĒje garsĒjo septyni pasaulio stebuklai. ŖeŖis iš jų sunaikino ŖmonĒs ir ŖemĒs drebĒjimais, išliko tik Egipto piramidĒs – didingiausiai Ŗmogaus statiniai. Tiesa, pastaraisiais Ŗimtmeĉiais, naudojantis Ŗiuolaikine technika, buvo pastatyta ir aukŖtesnių statinių, betgi ir dabar didŖiosios piramidĒs yra nepralenktos lyginant panaudotų statybinių medŖiaų kiekį. Antai, 146,6 m aukŖĉio Cheopso piramidĒ pastatyta iš 2,6 milijono akmens blokų, o vieno bloko masĒ 2,5 tonos; stebina ir Ŗios statybos tikslumas – blokai taip glaudŖiai sustatyti, kad tarp jų nepralenda nĒ peilio aŖmenys, o piramidĒs forma labai taisyklinga.

Kokiu būdu beveik prieš penkis tūkstanĉius metų buvo įmanoma sukurti tokius nepaprastus statinius? Ar Ŗinojo senovĒs egiptieĉiai kai kuriuos fizikos dĒsnius, ar naudojo jais?

Archeologai, remdamiesi nuosekliais piramidŖių, aplinkinių teritorijų bei senovinių akmens skaldyklų tyrimais, išaiŖkino, kaip buvo statomos piramidĒs. Yra Ŗinomas netgi senovĒs architektas, kuris išrado būdus didŖiulei akmeninei pirami-

dei sukurti. Tai buvo pirmosios tokios piramidės faraonui Džoseriui kūrėjas Imchotepas. Jausdami nepaprastą pagarbą jam, senovės egiptiečiai netgi laikė Imchotepą dievu.

Iš tikrųjų piramidės statyba buvo titaniškas darbas, bet vis dėlto įmanomas, pasitelkus to meto žinias, patirtį ir daugybės žmonių fizines jėgas.

Piramidės daugiausia buvo statomos iš geltonų klinčių, kurių klodai slūgsojo Libijos plokštikalnėje, netoli nuo statybų vietos al Gizoje. Baltosios klintys piramidžių išorei padengti buvo gabenamos iš kasyklų kitame Nilo krante, o granitas plukdomas Nilu iš Asuano apylinkių apie tūkstantį kilometrų.

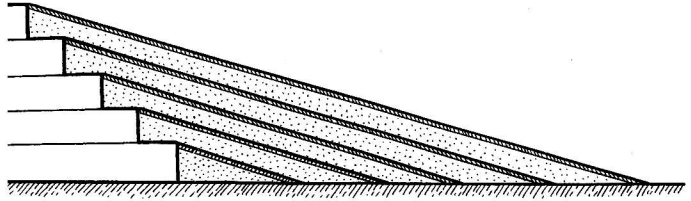
Klintys – gana minkštas akmuo. Be to, į jas kai kur būna įsiterpusių molio sluoksnių, atskiriančių akmens luitus. Egiptiečiai tais laikais dar nežinojo nei geležies, nei žalvario, jie turėjo tik varinius ir akmeninius įnagius. Akmenį kaldavo variniais kaltais, taip pat variniais bei akmeniniais kirstukais ir kirveliais. Be to, akmeniskaldžiai vartojo primityvius varinius grąžtus. Į išgręžtas skylės būdavo įkalamai mediniai pleištai, kurie laistomi vandeniu ir brinkdami atplėsdavo akmens luitus.

Grubiai tašytus akmenis gabendavo prie statomos piramidės. Ratų senovės egiptiečiai dar nenaudojo, ir akmenį vilkdavo rogėmis. Tuo tikslu tiesdavo lygų kelią, o šliaužimo trinčiai sumažinti pildavo Nilo dumblą. Kaitrioje pietų saulėje jis greitai džiūsta, todėl ant velkamo akmens bloko sėdėdavo žmogus ir liedavo ant kelio vandenį. O traukdavo akmenį žmonės, įsikinkę į virves: arklių Egipte dar nebuvo, kitų gyvulių tokiam darbui irgi nenaudojo, nes nežinota nei jungo, nei pakinktų, be to, žmonių darbas buvo pigesnis. Kartais kietu keliu blokai buvo ridinami padėti ant pailgų akmeninių cilindrų arba apvalių akmenų.

Prie piramidės blokai buvo tašomi ir keliami aukštyn. Užkelti kelių tonų masės akmenis į vis aukštėjančią statybos aikštelę buvo ypač sunku. Juk neturėta nei kranų, nei skridinių, senovės egiptiečiai naudojo tik svertą, nuožulnią plokštumą ir pleišta. Aišku, didžioji piramidės masės dalis sutelkta apačioje, ir aukštėjant piramidei akmenų reikėjo vis mažiau, bet šiaip ar taip į kelių dešimčių metrų aukštį tekdavo pakelti tūkstančius tonų.

Prie kai kurių piramidžių rasta pylimų liekanų. Tuo remdamiesi daugelis egiptologų mano, kad statomą piramidę juosdavo akmens skaldos ir žemių pylimai, kurių nuožulniais šlaitais buvo velkami aukštyn akmenys statybai. Kylant piramidei, kartu buvo aukštinamas bei ilginamas (kad nepasidarytų per status) ir pyli-

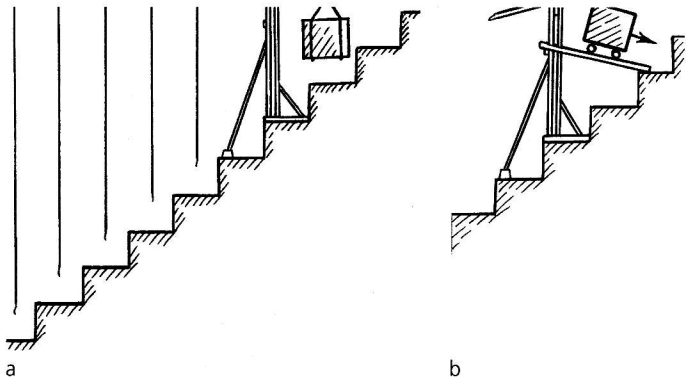
1.1 pav. Žemių ir skaldos pylimas prie statomos piramidės, didinamas piramidei kylant aukštyn.



mas (1.1 pav.). Jis nebūtinai turėjo juosti visą piramidę, — pakako sudaryti kylančius į ją iš įvairių pusių kelius. Siaurėjant piramidei, tų kelių reikėdavo vis mažiau ir jie patys siaurėdavo. Tuo būdu buvo galima užkelti ir piramidės viršūnės akmenį, — kaip jis pastatytas, ilgą laiką mokslininkams buvo mįslė.

Kai kurie egiptologai, remdamiesi graikų istoriko Herodoto raštais, mano, kad egiptiečiai vis dėlto naudojo paprastą kėlimo mašiną, veikiančią sverto principu. Tai galėjo būti medinė gervė, panaši į tą, kurią Egipto valstiečiai naudoja ligi šiol. Pakabinus akmenį ant trumpojo gervės galo ir tempiant lynais ilgąjį galą, akmenį buvo galima kelti aukštyn, o užkabinus lentą — ir nustumti į šalį (1.2 pav.). Galutinai akmenys buvo gludinami piramidės viršuje ir pastatomi į vietą naudojantis minėtais

1.2. pav. Gervė akmenims kelti, kuri galbūt buvo naudojama piramidės statyboje. Akmuo keliamas, traukiant už lynų ilgąjį svirties galą (a). Po to akmuo nuožulnia lenta nustumiamas ant piramidės (b).



apvaliais akmenimis, pleištais bei dalbomis. Akmenis sutvirtindavo kalkių skiediniu ar moliu, o kai kurios piramidės pastatytos be jokių rišamųjų medžiagų — akmenys laikosi vien savo svoriu. Verta pabrėžti, kad piramidė yra ne tik akmenų krūva — tai sudėtingas statinys, kuriame būdavo įrengta laidojimo ir kitos pagalbinės patalpos, vėdinimo angos, koridorių labirintas. Stebėtiną statybos tikslumą buvo galima pasiekti tik sugebant gana tiksliai išmatuoti ilgį ir kampus. O pastatyti milžinišką piramidę naudojantis tokiomis primityviomis priemonėmis buvo įmanoma tik sutelktai dirbant kelioms dešimtims tūkstančių žmonių.

Yra išlikę nemažai Senovės Egipto papirusų, kuriuose pateikta matematikos bei astronomijos žinių, deja, jokių fizikos žinių juose neaptikta. Aišku, senovės egiptiečiai dar negalėjo žinoti bendrų fizikos dėsnių, bet, gamindami ir naudodami paprasčiausius mechanizmus, turėjo suvokti jų veikimą. Kodėl egiptiečiai apie tai nerašė — neišspręsta mįslė. Galbūt tos žinios egiptiečiams atrodė neatsiejamos nuo maldų ir aukų, kurios lydėdavo visus svarbiausius darbus, o gal jie labai vertino fizikos žinias ir jas perduodavo tik žodžiu?

ATOMŲ IDĖJA SENOVĖS GRAIKIJOJE IR INDIJOJE

Atomų hipotezės pradininkais paprastai laikomi graikų filosofai Leukipas (Leukippos) ir Demokritas (Demokritos), gyvenę V–IV a. pr. Kr. Mažiau žinoma, kad dar VII ar VI a. pr. Kr. Senovės Indijoje filosofas Kanada taip pat skelbė, kad egzistuoja nedalomos dalelės, kurias jis vadino parmanais. Ar galėjo graikų filosofai žinoti apie Kanados mokymą, ar tuo metu buvo įmanomi moksliniai ryšiai tarp tokių tolimų šalių? Ar Demokrito atomai panašūs į Kanados parmanus?

Biblijos Karalių knygoje rašoma, kad pas Judėjos karalių Saliamoną, valdžiusį Judėją X a. pr. Kr., atplaukė laivas iš Persijos ir atgabeno aukso, sidabro, dramblio kaulo, beždžionių ir povų. Ryšius tarp Graikijos ir Indijos senovėje egzistavus liudija, pavyzdžiui, kai kurie graikiški brangakmenių ir prieskonių pavadinimai, kurie aiškiai pasiskolinti iš indų. Tačiau filosofinių idėjų mainai vyksta kur kas sunkiau negu prekių mainai.

Apie graiķu atomistus Leukipā ir Demokritā iřliko labai maŗai ųiniu. Jū priedininkai ne tik kritikavo atomizmu, kaip materialinių ir ateistinių mokymā, bet ir naikino jo kūrēju veikalus, bet kokį jū atminimā. Apie Leukipo gyvenimā ir mokymā mes praktiřkai nieko neŗinome, iřskyrus tai, kad jis buvo Demokrito mokytojas. Pasiekusiuose mus pasakojimuose apie Demokritā sunku atskirti tikrus faktus nuo legendu.

Anot vieno iř tokiu pasakojimu, persu karalius Kserksas savo ųygio į Graikijā metu buvo apsisotoŗes Abderuose pas Demokrito tėvā, iŗymu to miesto gyventojā ir, atsidėkodamas uŗ vaiřingumā, paliko jam keletā iřminčiu – chaldėju ir magu. Jie tapo būsimojo filosofo auklėtojais. Anot kitu ųaltiniu, Demokritas po tėvo mirties paveldėjo didžiulį turtā ir visā jį iřleido kelionėms. Jis ilgai vieřėŗes pas Egipto ųynius, kurie atskleidę jam ģeometrijos ir astronomijos paslaptis. Vėliau Demokritas sėmėsis ųiniu Persijoje ir Babilonijoje. Kai kurie autoriai teigia, kad jis taip pat lankėsi Etiopijoje bei Indijoje. Vienas iř atomizmo kritikū tvirtino, kad Leukipas ir Demokritas atomu idėją perėmė iř Finikijos iřminčiaus, vardu Mochas, tačiau tai, matyt, gryna iřmonė.

Antra vertus, Leukipo ir Demokrito idėjos, nors ir iřsiskyrė racionali u pasaulio aiřkinimu, nebuvo visai netikėtos ir svetimos to meto graiķu filosofijai. Hipotezė, kad visi kūnai yra sudaryti iř pirminių ir nedalomu atomu, buvo parengta atomistu pirmtaku. Graiķu filosofai, pradėdant Taliu (*Thales*), mėģino reiřkiniu ir daiktū įvairovėje iŗvelgti bendrā pradā. Talis tokiu pirminiu elementu laikė vandenį, Anaksimenas (*Anaximenes*) – orā, Heraklitas (*Herakleitos*) – ugnį, Empedoklis (*Empedokles*) iř Akragantinos pripaŗino keturis pirminius elementus (vandenį, orā, ugnį ir ųemę), įvairiuose kūnuose jie eŗ sumaiřyti kaip maŗytės skeveldrėlės. Ar galima dalyti tas skeveldrėles be galo, Empedoklis nenurodė. Uŗtat kitas garsus to meto filosofas Zenonas (*Zenon*) priedjo iřvadā, kad begalinis dalijimas (tiesa, ne kūnu, o tiesės atkarpu) atveda prie paradoksu. Dar vienas Demokrito pirmtakas Anaksagoras mokė, kad egzistuoja maŗiausios įvairiu daiktū dalelės – jū sėklos. Antai kaulas eŗ sudarytas iř maŗyčiu kaulėliu, o kraujas – iř krauju dalelyčiu.

Perėjimas nuo ųiu idėju prie atomu hipotezės buvo drāsus, tačiau nuoseklus ųingsnis.

Norint nustatyti, ar indū atomizmas turėjo įtakos graiķu atomizmui, verta paŗlyginti Demokrito ir Kanados mokymus.

Indų brahmanas Kanabchužas, ar Kanabhakša, pramintas Kanada („dalelių rijiku“) pripažino penkis pirminius pradus — žemę, vandenį, orą ir ugnį (tuos pačius kaip ir Empedoklis), taip pat penktąjį — akašą. Tik pirmieji keturi pradai esą sudaryti iš nedalomų dalelių parmanų, o akaša — tolydi, nesvari, labai skvarbi substancija. Be to, Kanada ir jo pasekėjai pripažino dar keturias nematerialias substancijas — laiką, erdvę, dvasią ir protą.

Demokrito mokymas buvo daug paprastesnis ir nuoseklesnis — jis teigė, kad egzistuoja tik atomai ir tuštuma. Tai pirmoji fizikos hipotezė, kadangi Demokritas aiškino pasaulio sandarą neįvesdamas jokių iracionalių priežasčių ar mistinių pradų. Tuo tarpu Kanados mokymas dar buvo neatsijęs nuo religijos.

Demokritas ir Kanada skirtingai įsivaizdavo nedalomas daleles. Kanados parmanai yra neturintys dydžio taškai (tik diados ir triados, kurios susidaro jungiantis parmanams, įgyja išmatavimus), jie pasižymi viena kuria savybe — kvapu, junta-mumu, skoniu ar spalva. Demokrito atomai turi paprastesnes savybes — dydį ir formą. Jie susijungia kabliukais ar nelygumais, tuo tarpu Kanada įveda kažkokią neaiškia jėgą, veikiančią tarp parmanų.

Taigi tikėtina, kad nedalomų medžiagos dalelių idėja visiškai nepriklausomai kilo Graikijos ir Indijos mokslininkų darbuose, kai šiose šalyse filosofija ir gamtos pažinimas pasiekė tam tikrą lygį (šioje knygoje dar ne kartą minėsime nepriklausomus atradimus). Net jei Leukipui ar Demokritui būtų kas nors buvę žinoma apie indų atomizmą, vis dėlto jie sukūrė originalų ir kur kas nuoseklesnį mokymą, pirmieji atsisakė nematerialių substancijų, todėl visai pagrįstai laikomi atomizmo pradininkais.

PIRMOJI „FIZIKA“

Aristotelio (Aristoteles) „Fizika“ — pirmasis veikalas, turėjęs šį pavadinimą. Kaip fizikos pradininkas suprato šį mokslą, kokius metodus naudojo? Kodėl Aristotelio suformuluoti kūnų kritimo ir judėjimo dėsniai skyrėsi nuo dabar žinomų dėsnų?

Fizikos pavadinimas yra kilęs iš graikų k. žodžio *physis* — gamta. Aristotelio fizika — tai mokslas apie negyvąją gamtą, t.y. ji apėmė ne tik fiziką šiuolaikine prasme, bet ir geologiją, meteorologiją bei kitus mokslus, aprašančius mus supantį negyvosios gamtos pasaulį.



1.3 pav. Aristotelis (IV a. pr. Kr.) – pirmosios „Fizikos“ autorius.

Aristotelis pirmais iš senovės graikų filosofų bandė sukurti savąjį mokslo sistemą, remdamasis stebėjimais ir žmonių patirtimi, o ne pirminėmis filosofinėmis idėjomis. Deja, mokslo faktai tuo metu buvo negausūs ir netikslūs (praktiškai dar nebuvo prietaisų, o to meto filosofijoje vyravo nuomonė, kad kokybės negalima matuoti kiekybe, nes tai esančios skirtingos kategorijos). Faktams apibendrinti Aristotelis išplėtojo logikos metodus, bet dar nenaudojo matematikos – jo „Fizikoje“ nerasime nė vienos formulės. Tad bandydamas pastatyti ant netvirto faktų pagrindo bendrą mokslo sistemą, tarsi iš straublio galiuko atkurti dramblių, Aristotelis neišvengiamai turėjo remtis filosofinėmis idėjomis ir principais. Taigi jo fizika yra gamtos filosofija – negriežtas gamtos stebėjimų apibendrinimas, naudojantis logikos metodais ir filosofinėmis idėjomis.

Aišku, žvelgiant iš šiuolaikinio mokslo aukštumų, lengva kritikuoti Aristotelio fiziką. Tačiau prieš pusterčio tūkstančio metų tai buvo genialus pasiekimas, atvėręs naujus kelius moksle – jo idėjos vyravo fizikoje ligi Galilėjaus laikų.

Iš visų dabartinės fizikos sričių Aristotelis daugiausia domėjosi mechanika. Šviesos reiškiniai dar tebebuvo mįšlingi ir nesuprasti, o keli žinomi elektros ir magnetizmo pasireiškimai atrodė esą tik gamtos kuriozai.

Aristotelis teigė, jog kūno judėjimo greitis yra proporcingas jį veikiančiai jėgai (jei kūno neveikia jokia jėga, jis yra ramybės būsenoje), o sunkūs kūnai krinta greičiau už lengvus. Tai prieštarauja dabartinės fizikos dėsniams. Iš tikrųjų Aristotelis nagrinėjo kūnų judėjimą realiomis sąlygomis, ir jo nustatyti dėsniai apytiksliai aprašo kūnų judėjimą ore nedideliais greičiais – juos mes galime patikrinti kasdiene patirtimi. Ir atvirkščiai – patirtis tarsi paneigia Niutono mechanikos dėsnius, teigiančius, jog visi kūnai krinta vienodu greičiu, o kūnas, kurio neveikia jokia jėga,

gali judēti iš inercijos pastoviu greičiu. Atrodytų, Aristotelis buvo teišus — jo dėsniā geriau aprāšo realų pasaulį. Bent jau turime pripažinti, kad kūnų judėjimo realioje aplinkoje nagrinėjimas dar nėra klaida, o tokio judėjimo dėsniā ir neturi sutapti su kūnų judėjimo tuštumoje dėsniāis. Deja, toks uždavinys buvo per sunkus ne tik graikų fizikai, — jį tik apytiksliai sprendžia netgi šiuolaikinė fizika. Kūnų judėjimas aplinkoje priklauso nuo daugelio aplinkybių — kūnų formos, jų greičio, aplinkos tankio ir kt., taigi jo negalima aprašyti paprastu dėsniu. Aristotelis, matyt, stebėjo kūnus, judančius nedideliais greičiais ore, be to, jis neturėjo tikslių laiko ir greičio matavimo prietaisų. Todėl jo nustatytieji dėsniā yra gana netikslūs ir visai nustoja galiojė didesnių greičių ar tankios aplinkos atveju.

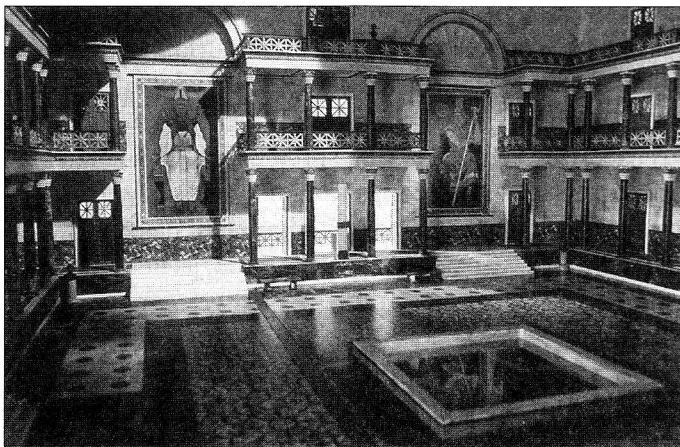
Tuo tarpu Niutono mechanikos dėsniā aprāšo kūnų judėjimą tuštumoje, jie paprasti ir, svarbiausia, tikslūs. Netgi nesvarbu, ar iš principo toks judėjimas įmanomas, ar iš tikrųjų egzistuoja absoliuti tuštuma. Fizika naudojasi idealizavimo metodu: išskiria sudėtingo reiškinių pagrindinę priežastį ir tiria jos veikimą. Šį metodą atrado Galilėjus (*Galilei*), ir nuo tol fizika pradėjo žengti pirmyn septynmyliais žingsniais. Tai nereiškia, jog fizika atsisakė tirti realų pasaulį: prie sudėtingų procesų tyrimo fizikai eina palaipsniui — nuo paprasčiausių reiškinių analizės prie vis išsamesnio ir tikslesnio realybės aprašymo.

ALEKSANDRIJOS MUZIEJUS — SENOVĖS MOKSLO STEBUKLAS

Aristotelio gamtos filosofija sudarė fizikos pagrindą ligi pat XVII a. Tiesa, dar trejetas amžių prieš Kristų Aleksandrijoje (Egipte) buvo įkurta mokslinė įstaiga, kurioje dirbė žymiausieji tų laikų mokslininkai pradėjo konkrečius fizikos ir kitų mokslų tyrimus, ėmė plėtoti ir taikyti griežtus matematinius metodus. Kaip atsirado tas ypatingas, valstybės išlaikomas mokslo centras ir kodėl jame vykdyti darbai vėliau nebuvo pratęsti kitų mokslininkų?

Po Aleksandro Didžiojo ankstyvos mirties 323 m. pr. Kr. didžiulę imperiją pasidalijo jo karvedžiai. Egiptas kartu su imperijos sostine Aleksandrija, įkurta vos prieš dešimtmetį Nilo deltoje, atiteko Ptolemajui (*Ptolemaios*). Pastarasis pasiryžo

1.4 pav. Aleksandrijos bibliotekos salės rekonstrukcija. Čia buvo sukaupta daugybė rankraščių, kurių didžioji dalis vėliau buvo sunaikinta ar pradingo.



įgyvendinti Aleksandro sumanymą paversti šį miestą pasaulio kultūros centru. Į Aleksandriją buvo pakviestas filosofas Demetrius (*Demetrios*) Falerietis, kuriam buvo pavesta organizuoti biblioteką ir muziejų.

Muziejumi, tiksliau – muziejonu – tais laikais vadino šventovę, kurioje rinkdavosi ir diskutuodavo kurios nors vienos ar kelių mūzų gerbėjai. Demetrius įkūrė mokslininkų namus, kur jie, valstybės išlaikomi, vykdė mokslo darbus, studijavo savo pirmtakų rankraščius, bendravo tarpusavyje ir kūrė naujus veikalus. Tam palankias sąlygas sudarė sparčiai plečiama biblioteka. Ptolemajus ir jo įpėdiniai negailėjo lėšų įsigyti įvairiems rankraščiams ne tik graikų, bet ir persų, egiptiečių bei kitomis kalbomis. Tuo tikslu karaliaus pasiuntiniai lankėsi įvairiose šalyse; buvo apieškomi netgi į Aleksandriją atplaukiantys laivai – rasti rankraščiai buvo nuperkami arba kopijuojami. Per tris šimtmečius Aleksandrijos bibliotekoje buvo sukaupta virš pusės milijono rankraščių – unikalus senojo pasaulio mokslo ir kultūros lobis.

Muziejaus klestėjimo laikotarpiu jame vienu metu dirbdavo daugiau nei šimtas mokslininkų ir jų mokinių. Čia

buvo pradėti sistemingi konkretūs fizikos, astronomijos, matematikos, geografijos, medicinos ir kitų mokslų tyrimai. Aleksandrijoje Euklidas (*Euklides*) suformulavo geometrijos ir geometrinės optikos pagrindus, Ptolemajus (ne karaliaus giminaitis, o tik bendrapavardis) išplėtojo geocentrinį pasaulio modelį, Ktezibijus (*Ktesibius*) ir Heronas (*Heron*) išgalvojo įvairius suslėgtu oru ir garais varomus mechanizmus (tiesa, naudotus tik kaip įdomūs žaisliukai), Eratostenas (*Eratosthenes*) gana tiksliai apskaičiavo Žemės radiusą. Aleksandrijoje mokėsi, o vėliau su jos mokslininkais palaikė ryšius žymiausias to laikotarpio fizikas ir matematikas Archimedas (*Archimedes*). Jis pirmasis pradėjo taikyti fizikoje matematinius metodus, įrodė sverto dėsnį, įvedė svorio centro sąvoką ir nustatė įvairių kūnų svorio centrus.

Aleksandrijos muziejus buvo ypatingas reiškinys to meto moksle — kitur net garsių karalių sostinėse rasdavo prieglobstį tik pavieniai mokslininkai ar jų grupelės, kurias greit išblaškėdavo karai bei kitos negandos. Tuo tarpu Aleksandrijoje, susiklosčius kelioms labai palankioms sąlygoms — nuolatinei valdovų globai, ilgalaikiam valstybės ir jos sostinės klestėjimo laikotarpiui, religiniam ir tautiniam pakantumui, galimybei naudotis unikalia biblioteka — išstisus amžius būrėsi ir vaisingai dirbo žymiausieji pasaulio mokslininkai.

Deja, to meto visuomenė, netgi Aleksandrijos gyventojai, apie mokslininkų atradimus nieko nežinojo, jais nesinaudojo. Mokslininkai sudarė gana uždara grupę, dirbo vedami smalsumo ar karaliaus įgeidžių, o ne visuomenės poreikių. Aleksandrijos mokslas buvo pralenkęs savo laiką reiškinys, tarsi nuostabus aukštas bokštas, iškilęs ant menkų pamatų.

II a. po Kr. Aleksandriją užkariavo romėnai, kurie vertino tik praktines žinias ir nesidomėjo grynuoju mokslu. Paliktas likimo valiai, muziejus ėmė nykti, biblioteka keletą kartų nukentėjo nuo karų ir gaisrų. Aleksandrijoje išgalėjo krikščionybė, kuri iš pradžių priešiškažiūrėjo į Antikos mokslą ir kultūrą kaip į pagoniškosios kultūros dalį. IV a. pabaigoje Aleksandrijos arkivyskupu tapo Kirilas, kuris fanatiškai kovojo su pagonybe, o jos židiniu laikė Aleksandrijos muziejų. Ypač jį piktino tuo metu ten dirbusi pirmoji mokslininkė moteris — Hipatija (*Hypatia*). Ši nepaprastai gabi moteris ne tik sugebėjo pakliūti į tokią „vyrišką“ įstaigą, bet ir tapo žymia filosofe, matematike ir astronome, mokslinės mokyklos vadove. Be to, Hipatija garsėjo ir savo grožiu. Nuo Kirilo rūstybės ją ir muziejų gelbėjo tik romėnų vietininko užtarimas. Vis dėlto kartą Hipatiją, vykstančią į muziejų, užpuolė Kirilo šalininkų minia, ištraukė iš vežimo, nuplėšė jos rūbus, žiauriai nužudė, o palaikus

sudegino. Buvo sunaikinti ir Hipatijos raštai. Aleksandrijos muziejus nustojo egzistavęs. Ligi mūsu laikų išliko tik nedidelė dalis garsiosios bibliotekos rankraščių (dauguma jų egzistavo vieninteliu egzemplioriumi). Antai, dingo Archimedo optikos veikalas (tad mes nežinome jo optikos atradimų), Aristarcho (*Aristarchos*) astronomijos traktatas, kuriame beveik dviem tūkstančiais metų anksčiau už Koperniką buvo įrodinėjama, kad Žemė yra viena iš Saulės planetų, Babilonijos žynio Berouzo parašyta tritomė pasaulio istorija, o iš 123 Sofoklio pjesių, saugotų bibliotekoje, mūsų laikus pasiekė tik septynios.

Islamas buvo pakantesnis Antikos mokslui ir kultūrai negu krikščionybė, tad kai kuriuos Aleksandrijos mokslininkų veikalus išsaugojo arabų mokslininkai; vėliau, po tūkstantmečio, tos žinios grįžo į Europą ir davė pradžią naujam mokslo pakilimui.

PIRMASIS MOKSLININKAS DETEKTYVAS

Fizikos metodai ne kartą padėjo išnarplioti painias detektyvines istorijas. Mažiau žinoma, kad detektyvinės istorijos yra prisidėjusios prie fizikos pažangos. Dar III a. pr. Kr. vienas svarbus fizikos dėsnis buvo atrastas beišskant nusikaltimo įrodymų. Kas gi buvo tas fizikas detektyvas ir kaip jis įrodė įtariamojo kaltumą?

Anot legendos, pirmasis fizikas detektyvas buvo didysis graikų mokslininkas Archimedas.

Legendą užrašė senovės Romos architektas Vitruvijus (*Vitruvius*), remdamasis mums nežinomais šaltiniais. Fizikos istorikai linkę manyti, kad joje esama tiesos.

Sirakūzų valdovas Hieronas (*Hieron*) po pergalės kare nutarė paaukoti dievams auksinę karūną. Jis užsakė ją auksakaliui ir skyrė reikiamą kiekį aukso. Užsakymas buvo įvykdytas, tačiau Hieronui kilo įtarimas, kad meistras jį apgavo – dalį aukso pakeitė sidabru. Kaip patikrinti šį įtarimą, nesugadinus pačios karūnos? Hieronas kreipėsi į savo giminaitį Archimedą, garsėjusį kariniais išradimais ir matematikos darbais.

Apie šią problemą Archimedas mąstė ne tik namuose, bet ir nuėjęs į pirtį maudytis. Nusirengęs jis įlipo į vandens pripildytą vonią, ir dalis vandens išsiliejo. Archi-

medas atkreipė dėmesį į šią smulkmeną, ir staiga jam šovė mintis, jog to paties svorio kūnai iš skirtingų medžiagų, panardinti į vandenį, išstumia nevienodą jo kiekį. Nudžiugęs Archimedas iššoko iš vonios ir šaukdamas „Eureka!“ („Radau“), nuogas miesto gatvėmis parbėgo į namus patikrinti šios idėjos. Spėjimas pasitvirtino.

Anot Vitruvijaus, tolesnis nusikaltimo tyrimas vyko taip: „Remdamasis savo atradimu, jis nuliejo du lydinius, kurių kiekvieno svoris buvo lygus karūnos svoriui — vieną iš aukso, kitą iš sidabro. Tai atlikęs pripildė lygmalą indą vandens ir įleido į jį sidabro lydinį; tam tikras kiekis vandens, atitinkantis panardinto į vandenį lydinio tūrį, išsiliejo iš indo. Išėmęs lydinį, jis, matuodamas sekstarijumi (varinis indas maždaug pusės litro talpos), pripildė indą vandens ligi ankstesnio jo lygio. Taip nustatė, koks sidabro svoris išstumia apibrėžtą vandens kiekį. Atlikęs tokį tyrimą, jis tokiu pat būdu panardino aukso lydinį į pripildytą indą. Po to, ištraukęs jį ir tuo pačiu indu atpylęs ištekėjusio vandens kiekį mažesniu skaičiumi vandens sekstariju, jis nustatė, koku santykiu mažesnę tūrį užima aukso lydinys, palyginus su tiek pat sveriančiu sidabro lydiniu. Tada, pripildęs indą ir panardinęs į tą patį vandenį karūną, nustatė, jog panardinant karūną, ištekėjo daugiau vandens negu panardinant tokio pat svorio aukso gabalą; tuo būdu, remdamasis išvada, kad karūna išstūmė didesnę vandens, negu aukso lydinys, jis atskleidė sidabro priemaišą aukse ir nustatė akivaizdžią gamintojo vagystę“.

Atkreipkime dėmesį — Archimedas šiuo būdu neįrodė, jog priemaišą karūnoje sudaro būtent sidabras, o ne koks kitas metalas, bet Hieronui, aišku, pakako ir apgaulės fakto nustatymo.

Apie auksakalio likimą ir karaliaus atlyginimą detektyvui legenda nutyli.

Archimedas nebūtų buvęs Archimedu, jei būtų pasitenkinęs ataskaita karaliui. Jis tęsė tyrimus ir gautus rezultatus aprašė veikalė „Apie plaukiojančius kūnus“. Archimedas suformulavo penkias išvadas apie kūnų, panardintų į skystį, savybes; svarbiausioji išvada, kad kūnas vandenyje netenka tiek svorio, kiek sveria jo išstumtas vanduo, dabar vadinamas Archimedo dėsniumi.

Kaip rašo arabų mokslininkas Al Hazinis „Knygoje apie išminties svarstyklės“, Archimedas sukonstravo ypatingas svarstyklės, kuriomis pasvėrus vandenyje tiriamąjį gaminį ir to paties svorio gryno aukso gabalą, specialioje skalėje buvo galima iš karto nustatyti aukso ir sidabro santykį gaminyje. Svarstyklėmis naudojosi ne tik detektyvai, bet ir fizikai įvairių medžiagų savitajam svoriui (dabar sakytume — savitajai masei, t.y. tūrio vieneto masei) nustatyti.

PASIAPTINGAS DYDIS *IMPETUS*

Buridano pavardė mums siejasi su istorija apie asilą, kuris, atsidūręs tarp dviejų šieno kupetų, nežinojo, kurią pasirinkti, ir nudvėsė badu. Panašiose situacijose sakome: „Nebūk Buridano asilas“.

Žanas Buridas (Buridan) buvo žymus viduramžių mokslininkas scholastas, Parýžiaus universiteto rektorius. Fizikams labiau žinomas jo teiginys: „Kūnai juda todėl, kad juos veikia impetus“. Kas gi buvo tas šiuolaikinei fizikai nežinomas dydis impetus?

Buridas, kaip ir kiti scholastai, gerbė Aristotelį ir uoliai studijavo jo raštus. Vis dėlto jis nepritarė viduramžiais paplitusiai nuomonei, jog Aristotelio mokymas — aukščiausiaji tiesa, žmogaus intelekto viršūnė. Buridas užsirašinėjo klausimus, kylančius skaitant Aristotelio raštus (vienas Buridano veikalų taip ir vadinosi — „Klausimai aštuonioms Aristotelio „Fizikos“ knygoms“) ir netgi kartais pažymėdavo: „Aristotelis, mano manymu, neteisingai išsprendė šį uždavinį“. Jeigu, anot Aristotelio, kūno judėjimo greitis proporcingas jį veikiančiai jėgai, tai kodėl gi išmestas daiktas nekrinta žemyn, vos jį nustoja veikusi ranka, o juda tolyn? Aristotelis aiškino, jog ore judantį daiktą stumia į jo vietą besiveržiantis oras — lyg vėjas burę. Buridas nurodo faktus, kurie prieštarauja šiai teorijai. Ietis su smaila uodega lekia taip pat gerai kaip ir su buku ietigaliu. Vilkelis ar galastuvo akmuo sukasi vienoje vietoje, ir jų judėjimo jokių būdu negalima paaiškinti besiveržiančio į tą vietą oro stūma. „Todėl man atrodo būtina pasakyti, — rašo Buridas, — jog judintojas, priversdamas judėti kūną, įterpia į jį tam tikrą veržimąsi (*impetus*) arba kažkokią judinančiam kūnui būdingą varančiąją jėgą, veikiančią ta pačia kryptimi, kuria judintojas veikė kūną“.

Mums įprasta, įvedant naują dydį, duoti jo apibrėžimą ir nurodyti, kokiais vienetais jis matuojamas. Viduramžių fizika to nereikalavo — fizikos terminai dar tebebuvo filosofinės sąvokos. Buridas, įvesdamas naują dydį *impetus* (kuris lotynų kalba reiškia ne tik veržimąsi, bet ir spaudimą, jėgą ir netgi aistrą — geriausia šio termino visai neversti), tik aprašo jo pasireiškimus: „Ir kuo greičiau judintojas

judina slenkantį kūną, tuo stipresnis į jį įterpiamas *impetus*. Dėka šio *impetus* akmuo juda po to, kai metantysis nustoja jį veikęs. Bet šį *impetus* nuolat mažina oro pasipriešinimas ir akmens svoris“.

Toliau Buridas aprašo dar vieną šio dydžio savybę: „Jeigu kas nors manęs paklaus, kodėl aš numetu akmenį toliau negu plunksną ir kodėl švinas ir geležis mano rankos yra numetami toliau, negu toks pat medžio gabalas, aš nurodysiu tokią priežastį: sugebėjimas įgyti įvairias formas ir natūralius polinkius slypi materijoje ir yra jos nulemtas. Kuo daugiau yra materijos, tuo daugiau didesnis kūnas gali gauti šito *impetus*...“

Paprastais žodžiais Buridano mintį galime išreikšti taip: *impetus* tuo didesnis, kuo didesnis judančio kūno greitis ir kuo daugiau materijos yra tame kūne. Vadinasi, tai dabar mums žinomas judėjimo kiekis*! Vis dėlto neskubėkime laikyti Buridano judėjimo kiekio atradėju: jo *impetus* geriausiu atveju yra tik neaiški šio fizikos dydžio vizija. Savo mintis jis pagrindė akylais stebėjimais, bet nesugalvojo specialiais bandymais tirti *impetus* savybes. Užtat – tikrai teologui garbę teikiantis sumanymas, o Buridas ir buvo žymus teologas – jis numatė galimą šio atradimo pritaikymą... angelams išvaduoti nuo varginančio darbo. Mat tuo metu buvo paplitusi nuomonė, jog dangaus sferas judina angelai arba dvasios. Buridas rašo: „Kadangi Biblija neteigia, kad atitinkamos dvasios judina dangaus kūnus, tai būtų galima pareikšti, jog nebūtina spėti egzistuojant šios rūšies dvasias; juk galėtume atsakyti, kad Dievas, sukūręs pasaulį, išjudino kiekvieną dangaus ratą, kaip jam norėjosi, o išjudinęs įterpė į dangaus kūnus *impetus*, judinančius juos, kad pačiam neberekėtų daugiau jų judinti... Todėl septintą dieną jis galėjo pailsėti nuo visų darbų, kuriuos atliko, pavedęs visą sukurtą pasaulį tarpusavio priežastims ir veikimams“.

Buridano pasekėjai ne tik neišaiškino *impetus* prasmės, bet pamiršo ir jo genialius spėjimus apie *impetus* prigimtį, liko tik pavadinimas. Tapo madinga įvedinėti naujas slaptas kūnų savybes, pavyzdžiui, buvo aiškinama: kūnai lengvi todėl, kad jie turi savyje lengvumo, kai kurie daiktai raudoni, nes jie turi savyje raudonio ir panašiai.

Turėjo praeiti dar trys šimtai metų, kol *impetus* virto judėjimo kiekiu.

* Šį dydį netiktų vadinti judesio kiekiu, nes jis apibūdina judėjimą, o ne judesį.

PRALENKĒ LAIKĀ LEONARDO DA VINČIO ISRADĪMAI

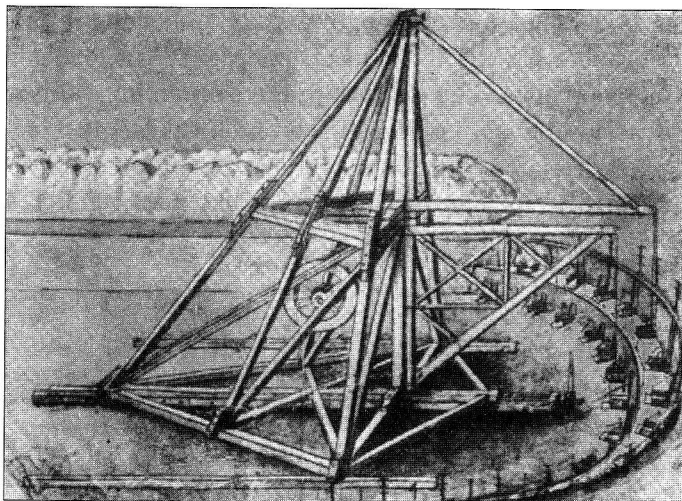
Leonardas da Vinčis (Leonardo da Vinci) buvo įvairiapusis genijus – dailininkas, architektas, mokslininkas, inžinierius. Kodėl gi jo meno kūrinų ir mokslinių idėjų likimas buvo toks skirtingas: pirmieji greitai pripažinti ir sukėlė meno atgimimą, o nuostabios techninės bei mokslinės idėjos pamirštos ir įvertintos tik po daugelio amžių?

Leonardo da Vinčio gyvenimo laikotarpiu (XV a. pab.—XVI a. pr.) meno atgimimas jau buvo prasidėjęs, tuo tarpu moksle dar tebeviešpatavo viduramžių scholastika. Aristotelio mokymas buvo įteisintas katalikų bažnyčios ir laikytas neginčijama tiesa, taigi prieštaravimas jam grėsė būti apkaltintam erezija ir sulaukti atitinkamos bausmės. Mokslininkai scholastai nedarė naujų bandymų ar stebėjimų, o užsiėmė Aristotelio veikalų komentavimu ir tuščiomis filosofinėmis diskusijomis.

Leonardas da Vinčis nepripažino autoritetų ir atkakliai ieškojo atsakymų į gamtos jam pateikiamus klausimus. Įdėmiai stebėdamas įvairius reiškinius, analizuo-damas juos ir tikrindamas savo išvadas bandymais, mokslininkas išvelgė ne vieną fizikos dėsningumą. Antai jis suvokė, nors ir nelabai aiškiai, kūnų inercijos prigimtį, bandymais nustatė pagrindines kūnų trinties savybes, pastebėjo rezonanso reiškinį, apibendrino perspektyvos dėsnius.

Leonardas da Vinčis visada nešiodavosi su savimi užrašų knygutę, kurioje pasižymėdavo kilusias mintis, dažnai jas iliustruodamas piešiniais, numatydamo, ką reikėtų išsiaiškinti, atlikti ar sužinoti. Tačiau jis gyveno neramiu karų Italijoje laikotarpiu, buvo priverstas bastytis iš vieno miesto į kitą ir tenkinti savo turtin-gų mecenatų užsakymus, pagaliau suvokė, kad jo mintys sukels oficialiojo mokslo kritiką ir nebus suprastos amžininkų, matyt, dėl to jis nepaskelbė nė vieno gamtos mokslų veikalo. Leonardas da Vinčis užrašinėjo savo išvadas, apmąsty-mus, kaip apmatius būsimai žmonijos žinių enciklopedijai sukurti. Mokslininkas rašė slaptaraščiu iš dešinės į kairę, raidėmis, kurios buvo įprastų raidžių veidro-dinis atspindys.

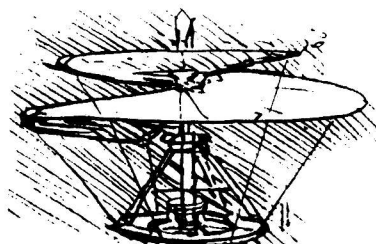
Leonardas da Vinčis numatė ir daugelį būsimų technikos pasiekimų – tiesiog stublina jo nepaprastas išvalgumas ir kūrybingumas. Jis pirmasis išgalvojo povan-



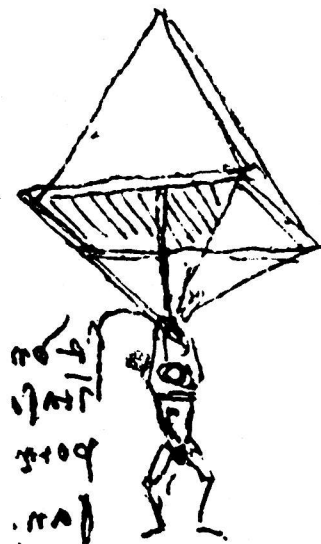
a

deninį laivą, tanką, lėktuvą, sraigtasparnį, parašiutą, audimo bei valcavimo stakles, aukštakrosnę, ekskavatorių ir kitus mechanizmus. Tos idėjos buvo pralenkusios savo laiką – jų įgyvendinimas tuo metu dar buvo neįmanomas ar labai brangus, o tokiems mechanizmams ir nebuvo didesnio poreikio. Išradėjas pats atkakliai bandė pagaminti skraidymo aparatą, varomą žmogaus jėgos (didelį dirbtinį paukštį, sukonstruotą atidžiai išnagrinėjus paukščių skrydį), tik jam nepavyko to įgyvendinti.

Leonardo da Vinčio genialių techninių ir mokslinių idėjų likimas tragiškas. Minėtos enciklopedijos jis taip ir nesukūrė. Da Vinčis mirė Prancūzijoje, išvykęs dirbti Prancūzijos karaliaus kvietimu. Dalis jo rankraščių, paliktų Italijoje, žuvo ar buvo išgrobstyti. Kitus rankraščius, išsivežtus į Prancūziją, jis paliko savo artimiausiam mokiniiui Frančesko Melciui (*Melci*). Pastarasis juos rūpestingai saugojo ligi savo mirties, deja, jo įpėdiniai prarado šį neįkainojamą turtą – rankraščiai buvo išvogti ir išdalyti. Vėliau, pasinaudojant kai kuriais rankraščiais, sava-



1.
2. *[Handwritten text in Italian]*
b



c

1.5 pav. Keli iš daugelio Leonardo da Vinčio išradimų: a) ekskavatorius; b) sraigtasparnis; c) parašiuotas. Prie dviejų paveikslėlių (b ir c) matyti jo užrašai atvirkštiniu raštu.

vališškai išrenkant ir sujungiant užrašus, buvo parengti traktatai apie daile ir hidrodinamiką. Tačiau pagrindinės mokslinės ir techninės Leonardo da Vinčio idėjos liko nežinomos ligi XIX a. Tik to amžiaus viduryje buvo pradėta sistemingai tirti ir publikuoti išlikusius jo rankraščius, saugomus įvairių šalių bibliotekose, tas darbas buvo užbaigtas tik XX a. ketvirtajame dešimtmetyje. Deja, genialios Leonardo da Vinčio idėjos, kaip ir daugelis pralenkusių savo laiką idėjų, liko neįgyvendintos amžininkų ir buvo atrastos iš naujo vėlesnių kartų...

PORTOS „NATŪRALIOJI MAGIJA“

1586 m. birželio 27 d. neapolietis Džovani Batista Porta (Porta) rašė kardinolui d'Este: „Aš atvešiu knygą, kurią pradėjau daugiau kaip prieš trisdešimt metų – „Natūraliąją magiją“. Joje aš išdėščiau visas paslaptis, kurias surinko ir išbandė visi mokslai, t.y. subtiliausius dalykus, prie kurių vargo mokslininkai: kaip optikams pagaminti veidrodį, deginantį mylios atstumu, kaip pagaminti kitą veidrodį, kuris leidžia susižinoti naktį su draugu, esančiu už tūkstančio mylių, naudojantis mėnuliu; kaip pagaminti akinius, kuriais galėtum matyti žmogų, esantį už kelių tūkstančių mylių, ir kitus nuostabių dalykus“.

Kas buvo Porta – genialus mokslininkas ar šarlatanai?

Viduramžiais šalia oficialaus, bažnyčios pripažinto mokslo egzistavo ir kitas, pusiau slaptas mokslas, kuris rėmėsi bandymais ir stebėjimais, o kartu ir magijos formulėmis bei burtais. Ši tradicija, siekianti Senovės Egipto ir Babilonijos laikus, vėliau buvo perimta romėnų ir arabų, o iš pastarųjų – vėl europiečių. Šio romantiškojo, į gamtos paslaptis besiskverbiančio mokslo pagrindą sudarė alchemija ir astrologija, taip pat kai kurios optikos ir magnetizmo žinios. Vienas žinomiausių romantinės fizikos atstovų buvo italas Porta.

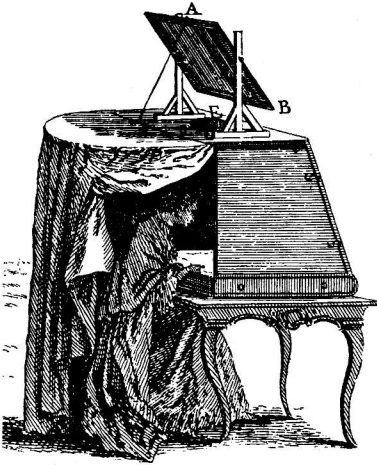
Įvairiomis paslaptimis Porta pradėjo domėtis dar vaikystėje ir, būdamas turtingas, tam pomėgiui skyrė visą gyvenimą. Vos 15 metų amžiaus jis parašė pirmąją keturių knygų „Natūraliąją magiją“, kuri turėjo nepaprastą pasisekimą Europo-

je: buvo išversta į italų, prancūzų, ispanų ir arabų kalbas. Tai buvo iš įvairių šaltinių surinktų paslapčių, burtų ir stebuklų aprašymas. Ten, pavyzdžiui, buvo galima sužinoti, kaip pasigaminti lempą, kuria apšvietus visi žmonės atrodytų esą su arklių galvomis, arba kaip magnetu nustatyti merginos nekaltybę. Vėliau Porta įkūrė Paslapčių akademiją — norėdamas į ją įstoti, turėjai pademonstruoti kokią nors naują mokslinę ar praktinę paslaptį. Neapolio apylinkėse Porta turėjo dvarą, kur atlikdavo įvairius bandymus, bet daugiausia laiko jis praleisdavo kelionėse, domėdamasis viskuo, kas neįprasta ir mįslinga. 1589 m. Porta išleido antrąjį savo veikalo leidimą, kuris jau buvo sudarytas iš 20 knygų. Čia gerokai mažiau fantastikos ir daugiau mokslo paslapčių (gal todėl šis leidimas turėjo mažesnę pasisekimą). Pirmojoje knygoje Porta aiškina, kas yra natūralioji magija: „Magija — dvejiopa. Viena bendrauja su piktosiomis dvasiomis, sudaryta iš užkeikimų, užkalbėjimų, būrimų ir vadinama raganavimu. Mokslininkai ir išmintingi žmonės jos nepripažįsta. Joje nėra nieko tikra ir protinga; ji visa susideda iš vaizduotės tvarinių, kurių neliks nė pėdsako, kaip sakė Jamblichijus knygoje apie Egipto paslaptis. Kita magija — natūralioji — mėgiama ir gerbiama išminčių, kaip kažkas kilnaus, tinkama mokslui atsivadusiemis žmonėms. Mokytieji pripažįsta ją esant aukščiausiu mokslu, gamtos pažinimo viršūnei, nes visa, ką galima įsivaizduoti geriausio ir stebuklingiausio iš gamtos pažinimo, vadinama magija“.

Taigi Porta teikia magijai kitokią prasmę, negu priimta dabar. Magija — tai gamtos paslaptys. O gamtą jis įsivaizduoja kaip didžiulį organizmą, valdomą meilės jėgų: „Kaip mūsų kūne smegenys, plaučiai, širdis ir kiti organai kažką gauna vienas iš kito, padeda vienas kitam, kenčia vieni dėl kitų negalios, taip ir visi pasaulio kūnai surišti atitikimo, keičia vieni kitų prigimtį ir yra keičiami, iš bendro giminingumo kyla meilė, iš meilės trauka. Tame ir slypi magija“.

Ypač stipriai, anot Portos, dangaus kūnai veikia Žemės reiškinius. Saulė tvarinti laiko ir gyvenimo tėkmę. Mėnuo — drėgmės valdytojas. Didelę įtaką turinčios ir kai kurios žvaigždės: „Šunys jaučia Sirijaus užtekėjimą ir nerimsta, echidnos ir gyvatės įniršta, ramūs vandenys ima banguoti, vynas išsilieja rūsiuose“.

Vis dėlto, šalia panašių prietarų, Porta pateikia ir tikrų mokslo žinių, savo ir kitų atliktų bandymų aprašymų. Antai skyriuje apie magnetizmo reiškinius jis rašo apie magneto polių stūmą ir trauką, geležies įsismagnetinimą, bandymus su magnetu ir geležies drožlėmis, apie magneto savybių išnykimą kaitinant geležį, vietovės ilgumos nustatymą kompasu ir pan. Tačiau magneto savybės aiškinamos Por-



1.6 pav. Portos patobulinta „kamera obskura“: daikto vaizdas veidrodžiu AB pro lęšį E yra projektuojamas ant stalelio, prie kurio sėdi piešėjas.

tos pamėgta simpatijų ir antipatijų kova gamtoje. Magnetas, anot jo, esąs geležies ir akmens mišinys. „Jie stengiasi pajungti sau vienas kito prigimtį, ir iš tos kovos kyla magneto trauka“. Nes „geležis, priešindamasi akmens veikimui, stengiasi pasitelkti sau pagalbon kitą geležį“. Vis dėlto Porta neigia tais laikais paplitusį prietarą, kad magneto savybes silpnina svogūnai bei česnakai ir stiprina raudonos spalvos medžiaga. Jis sakosi atlikęs daug bandymų ir nepastebėjęs jokios svogūnų ar česnakų įtakos magnetui.

„Natūralioji magija“ – savotiška viduramžių paslapčių enciklopedija. Čia aprašyti ir įspūdingi chemijos bandymai (nors Porta prisipažįsta nežinąs būdo metalams paversti auksu nei filosofinio akmens), ir gydymo bei kosmetikos priemonės, fejerverkų rengimas, šifruoto rašto būdai ir pan. Fizikos požiūriu įdomiausia septynioliktoji knyga, skirta optikos reiškiniams ir iliuzijoms. Porta aprašo daug bandymų su plokščiais ir įgaubtais veidrodžiais. Jis žinojo „kameros obskuros“ veikimo paslaptį: tamsaus kambario langinėje padarius nedidelę skylutę, priešingoje sienoje susidaro apverstas išorėje esančių daiktų atvaizdas, turintis natūralias spalvas. Porta patobulino „kamerą obskurą“ taip, kad daikto atvaizdas susidarytų ant stalelio ir dailininkui būtų patogų jį perpiešti (1.6 pav.).

Vis dėlto daugelis kardinolui žadėtų stebuklų tebuvo tik miglotos fantazijos – ne vienas mokslininkas, tarp jų ir Kepleris, vėliau veltui laužė galvą, stengdamiesi iššifruoti Portos aprašymus.

Porta buvo sumanus eksperimentatorius ir kartu dietantas, netgi šarlatanai; šie bruožai jame susipynę, kaip ir jo epochoje – viduramžių ir renesanso bruožai.

TELESKOPO IŠRADIMAS

Joks kitas fizikos prietaisas nepadarė tokio perversmo civilizacijos istorijoje, kaip teleskopas XVII a. Juo naudojantis padaryti atradimai iš esmės pakeitė pasaulio sampratą – Mėnulis ir planetos neteko savo dieviškumo bei tobulumo aureolės ir paaiškėjo esą į Žemę panašūs kūnai. Betgi lėšiai buvo žinomi jau XIII a., – tai kodėl gi paprasčiausio teleskopo – dviejų lėšių sistemos – išradimas užtruko keletą amžių? Kodėl prietaisas vadinamas ne pirmojo išradėjo, o Galilėjaus vardu – Galilėjaus žiūronu?

Optiniai lėšiai buvo atrasti XIII a. nežinomo meistro amatininko – to šimtmečio fizikai ne tik neprisidėjo prie to atradimo, bet netgi nežinojo apie jį. Ir vėliau filosofai bei fizikai skeptiškai žiūrėjo į jų panaudojimo galimybes: „Svarbiausias regėjimo tikslas – žinoti tiesą, o lėšiai suteikia galimybę matyti daiktus artimesnius arba tolimesnius, perverstus arba deformuotus, todėl jeigu jūs nenorite būti suklaidinti, nesinaudokite lėšiais“.

Jei vienas lėšis duoda iškreiptą vaizdą, tai ko laukti iš dviejų ar trijų lėšių sistemos – ši mintis, dabar atrodanti gana naivi, iš tikrųjų atitolino teleskopo atradimą keletu amžių.

Leonardas da Vinčis nebuvo iš tų, kurie tiki visuotinai priimtomis nuomonėmis. Jis domėjosi lėšių savybėmis ir nagrinėjo spindulių kelią juose. Jo užrašuose buvo aptiktas brėžinys, panašus į dviejų lėšių teleskopo schemą. Tuo remdamiesi kai kurie istorikai spėja, kad da Vinčis ne tik išrado teleskopą (apie 1508 m.), bet ir buvo jį pasigaminęs. Kodėl tada įžymusis mokslininkas nepanaudojo teleskopo astronominiams stebėjimams ar kariniams tikslams? Kodėl išradimo nemini jo amžininkai – juk toks įdomus prietaisas turėjo atkreipti jų dėmesį? Matyt, tai ir liks viena iš daugelio mįslių, gaubiančių didžiojo italo mokslinę kūrybą.

Maždaug po šimto metų teleskopas buvo išrastas Olandijoje ir vėl – kaip ir lėšiai – meistrų amatininkų. Trys olandų meistrai – Jansenas, Lipersėjus ir Mecijus ginčijosi dėl pirmumo. Ginčas liko neišspręstas, nes jis kilo praėjus keleriems, gal net keliolikai metų po išradimo – kai teleskopas išgarsėjo Europoje.



1.7 pav. Galileo Galilėjus, vienas iš fizikos atgimimo pradininkų. Jis išrado teleskopą ir juo naudodamasis padarė daug žymių astronomijos atradimų (XVII a. graviūra).

1609 m. gandas apie žiūroną pasiekė Galilėjų, kuris tuo metu buvo Venecijoje. Vėliau jis knygoje „Žvaigždžių pasiuntinys“ apie tai rašė: „Prieš dešimt mėnesių mūsų ausis pasiekė gandas, jog kažkoks olandas išrado žiūroną (tuo metu prietaisas buvo vadinamas žiūronu, teleskopo vardą jam davė vėliau filologas italas Demesianis), per kurį daiktai, net ir nutolę dideliu atstumu nuo stebėtojo akių, buvo aiškiai matomi, tartum iš arti. Apie jo nuostabų veikimą pasakojo kai kurie žinovai; vieni jais tikėjo, kiti juos neigė. Po keleto dienų aš gavau patvirtinimą raštu iš kilmingo prancūzo Jakovo Baldoverio iš Paryžiaus, tai paskatino mane atidžiau nagrinėti priežastis bei numatyti priemones, kurios man leistų tapti panašaus prietaiso išradėju“.

Galilėjus – ne taip kaip olandų meistrai – prie tiksloėjo nuoseklios analizės keliu. Įdomu pasekti jo minčių eigą: „Aš samprotavau taip: šis įrengimas susideda arba iš vieno stiklo, arba iš keleto; iš vieno jis negali būti sudarytas, nes tokiu atveju jis turi būti arba išgaubtas, t.y. viduryje storesnis negu kraštuose, arba įgaubtas – plokšnis viduryje, arba apribotas lygiagrečiais paviršiais. Pastaruoju atveju stiklas visai nekeičia matomų daiktų, nei didina, nei mažina, įgaubtas stiklas mažina daiktus, o išgaubtas juos pastebimai padidina, bet jie atrodo neryškūs ir iškreipti. Vadinasi, vieno vienintelio stiklo nepakanka efektui gauti. Tada, perėjęs prie dviejų stiklų ir žinodamas, kad stiklas, apribotas lygiagrečiais paviršiais, kaip jau sakyta, nieko nekeičia, aš padariau išvadą, kad efekto negalima pasiekti ir derinant plokščią stiklą su neplokščiu. Todėl nutariau patikrinti bandymais, ką duos derinys dviejų neplokščių stiklų, t.y. išgaubto ir įgaubto, ir pamačiau, kad tai man leido gauti norimą dalyką“.

Naudodamasis savo, kaip mokslininko ir nagingo meistro, patirtimi, Galilėjus ne tik iš naujo atrado teleskopą, bet ir suvokė jo veikimo principą, pagamino daug

tobulesnį prietaisą, kuris „artino daugiau negu 30 kartų“. Be to, jis pirmasis suprato, kokią nepaprastą naudą gali duoti šis prietaisas astronomijai, ypač tuo metu, vykstant ginčui tarp Ptolemajo ir Koperniko šalininkų. Galilėjus nukreipė teleskopą į dangų ir per keletą mėnesių padarė daugiau atradimų negu ankstesnieji astronomai per keletą šimtmečių: jis atrado kalnus Mėnulyje, Jupiterio palydovus, irrodė, jog Paukščių Takas sudarytas iš daugybės žvaigždžių. Susidomėjimo banga nusirito per visą Europą. Jokie teologų bei scholastų išpuoliai, netgi inkvizicijos surengtas Galilėjaus teismas nebegalėjo išgelbėti biblijinio pasaulio vaizdo.

Taigi Galilėjus labiau negu olandų meistrai nusipelnė, kad prietaisas būtų vadinamas jo vardu.

KUR DINGO DEKARTO „PASAULIS“?

Prancūzų filosofas, fizikas ir matematikas Renė Dekartas (Descartes) 1633 m. buvo bebaigiąs rašyti veikalą skambiu pavadinimu „Pasaulis“. Savo draugams jis žadėjo, kad tame veikale pateiks visaapimančią žinių apie pasaulį sistemą – ke-liolikos metų apmąstymų ir bandymų rezultatus. Liepos 22 d. jis rašė artimam bičiuliui Marenui Mersenui (Mersenne): „Mano kūrinys beveik baigtas, tereikia jį pataisyti ir perrašyti“. Deja, nei tais metais, nei kada nors vėliau šis jo veikalas nebuvo išspausdintas, nėra jo ir dabar leidžiamuose Dekarto raštuose. Kodėl autorius neišspausdino savo kūrinio, kur šis dingo?

Priežastį, sutrukdžiusią Dekartui užbaigti rašyti „Pasaulį“, nurodė jis pats laiške M. Mersenui: „Aš iš tikrųjų ruošiausi savo „Pasauliu“ padaryti Jums naujametinę dovaną ir dar prieš kokias dvi savaites ketinau pasiųsti bent dalį jo, jeigu per tą laiką nesusėsiu perrašyti viso. Tačiau neseniai aš teiravausi Leidene ir Amsterdame, ar nėra ten Galilėjaus „Pasaulio sistemos“, nes žinojau, kad ši knyga buvo išspausdinta Italijoje praėjusiais metais, ir man pranešė, kad ji iš tikrųjų buvo išspausdinta, bet visi egzemplioriai tučtuojau sudeginti Romoje, o pats Galilėjus pasmerktas atgailai. Tai mane taip sukrėtė, kad aš nutariau sudeginti savo popierius arba bent nerodyti jų nė vienam žmogui... Prisipažįstu, jeigu Žemės judėjimas

yra melas, tai melas ir visi mano filosofijos pagrindai, nes jie aiškiai veda prie šios išvados. Mokymas apie Žemės judėjimą taip glaudžiai susijęs su visomis mano traktato dalimis, kad jeigu jį pašalinsiu, tai visa kita netenka vertės“. Ir Dekartas su jam būdingu atsargumu priduria: „Bet kadangi aš už nieką pasaulyje nesutiksiu, kad būčiau autoriumi kūrinių, kuriame nors vienas žodis nepatiktų bažnyčiai, tai aš geriau paslėpsiu jį, negu išleisiu iškreiptu pavidalu“.

Nors Dekartas, rašydamas savo veikalą, nežinojo apie Galilėjaus pasmerkimą, jis griebėsi gudrios išmonės — rašė ne apie tikrąjį, o apie kažkokį įsivaizduojamą pasaulį, kuriam vis dėlto suteikė visus realaus pasaulio bruožus. Tuo būdu Dekartas norėjo išvengti nemalonių ginčų su teologais. Tačiau kitais metais jis iš vieno pažįstamo slapta gavo uždraustą Galilėjaus knygą — tik trisdešimčiai valandų — ir įsitikino, kad Galilėjus rašė panašiu metodu — išdėstė Koperniko mokslą kaip matematinę hipotezę ir vis dėlto pakliuvo į inkvizicijos teismą. Dekartas priėjo išvadą, kad jo knyga galės būti išspausdinta ne anksčiau kaip po šimto metų.

Tiesą sakant, jei „Pasaulis“ būtų buvęs išspausdintas protestantiškoje Olandijoje, kur tuo metu Dekartas gyveno, jo gyvybei ir laisvei pavojus nebūtų grėsęs: čia buvo palankiai žiūrima į Koperniko mokslą ir neilgai trukus netgi pasirodė lotyniškas uždrausto Galilėjaus veikalo vertimas. Prancūzijoje M. Mersenas išdrįso propaguoti Galilėjaus idėjas. Tačiau Dekartas, išauklėtas jėzuitų kolegijoje, nepasikliovė laikinu Olandijos valdžios liberalumu ar pažangios visuomenės užtarimu, be to, jis labiau už viską vertino kūrybinę ramybę.

Dekartas labai sielvartavo dėl nesėkmės ir gal būtų ilgam nutilęs, jei ne Mersenas. Pastarasis nedavė Dekartui ramybės, netgi ėmėsi provokacijos: savo knygos įžangoje išspausdino vieną iš Dekarto laiškų, tiesa, neminėdamas jo pavardės, ir pranešė skaitytojams, kad laiške minimų idėjų išplėtojimas taps žinomas visiems, kai laiško autorius to panorės.

Pagaliau draugų prašomas Dekartas nusileido ir nutarė išspausdinti tris savo veikalo ištraukas, jas papildęs ir išplėtęs bei pridėjęs bendrą įžangą. Veikalą jis pavadino: „Samprotavimai apie metodą, kaip tinkamai nukreipti savo protą ir surasti tiesą moksluose. Be to, Dioptrika, Meteorai ir Geometrija, kurie sudaro šio metodo taikymus“. Šiame veikle daug vietos skirta fizikos problemoms: duotas šviesos lūžio dėsnio įrodymas, aprašytas Galilėjaus žiūrono veikimas, paaiškinta vaivorykštės prigimtis ir t.t.

Knyga buvo išspausdinta be autoriaus pavardės. Dekartas pasidarė dar atsargesnis ir netgi suformulavo savo principą: „Gerai pragyveno tas, kuris gerai pasi-

slėpė“. Jis taip ir nebandė išleisti savo pagrindinio veikalo, o ir sąlygos tam nepasidarė palankesnės. Dekartui mirus, rankraštis kažkur dingo. Išliko tik jo dalis apie kosmologiją, kuri po 14 metų buvo išleista pavadinimu „Pasaulis, arba traktatas apie šviesą“.

ŽMOGUS, ATSTOJĖS MOKSLINIUS ŽURNALUS

Prancūzų mokslininkas Marenas Mersenas nepadarė fizikoje labai svarbių atradimų, nesukūrė ir savo mokyklos. Tuo tarpu fizikos istorijoje jis minimas dažniau negu daugelis žymių to laikotarpio mokslininkų, jokia knyga apie XVII a. fiziką nepraleidžia jo pavardės. Kuo gi galima dar – be atradimų ar žymių mokinių – pelnyti fizikų pagarbą? Kokią ypatingą vietą XVII a. moksle užėmė Mersenas?

XVII a. pirmoje pusėje prancūzų mokslininkas Marenas Mersenas atliko Europos mokslo informacinio centro vaidmenį.

Tais laikais mokslo žurnalų dar nebuvo (pirmieji iš jų „Journal des Scavans“ („Mokslininkų žinios“) Paryžiuje ir „Philosophical Transactions of the Royal Society“ („Karališkosios draugijos filosofiniai darbai“) Londone buvo pradėti leisti tik 1665 m., t. y. jau po Merseno mirties, ir informacija apie naujus atradimus tuomet pasklisdavo tik laiškais ar gandais.

Marenas Mersenas draugavo ir palaikė ryšius su to meto Prancūzijos, Vokietijos, Olandijos, Italijos ir kitų šalių žymiais mokslo ir kultūros veikėjais. Vėliau kažkas paskaičiavo, kad jo draugų ir korespondentų skaičius vien užsienyje buvo apie du šimtai penkiasdešimt. Į jo celą pranciškonų vienuolyne Paryžiuje suplaukdavo žinios apie naujausius fizikos bei kitų gamtos mokslų atradimus, ir jis nedelsdamas, be kokių nors savanaudiškų paskatų, perduodavo jas tiems mokslininkams, kuriems jos buvo reikalingiausios. Mersenas puikiai jautė mokslo poreikius ir laiko vėjus, jis skatindavo kitus, siūlydavo aktualias problemas, patardavo, diskutuodavo.

Mersenas vienas pirmųjų įvertino Galilėjaus darbų reikšmę ir karštai juos propagavo. Jis išvertė į prancūzų kalbą Galilėjaus „Mechaniką“ ir jau po inkvizicijos pasmerkimo išleido ją katalikiškoje Prancūzijoje – tam reikėjo nemaža drąsos.

Vēliu, kai Galilējaus veikalo „Dialogas apie divi svarbiausias pasaulio sistemas“ leidimas ir platinimas buvo griežtai uždraustas, Mersenas parašė jo atpasakojimą ir platino jį.

Mersenas buvo vienas iš artimiausių Dekarto draugų ir ištikimiausias jo pasekėjas. Tiesa, kartą Mersenas tapo netiesioginiu ginčo tarp Dekarto ir Pjero Ferma (*Fermat*) kaltininku. Jis persiuntė Dekartui Ferma darbą, kuriame visai nebuvo minimi Dekarto nuopelnai toje srityje. Dekartas išsižadė ir parašė piktą laišką Ferma. Tas atsakė tokiu pat tonu, nurodęs klaidas Dekarto veikale. Kilo ginčas, kuris negreitai nurimo.

Mersenas palaikė ryšius ne tik su žymiais mokslininkais, bet ir su gabiais jaunuoliais, kuriuos visokeriopai skatino. Jis 1636 m. įtraukė į savo mokslinį būrelį trylikos metų Blezą Paskalį (*Pascal*). Merseno būreliui priklausė žymūs fizikai ir matematikai, čia buvo demonstruojami bandymai, svarstomos naujos problemos, pranešama apie gautus rezultatus (iš šio būrelio po Merseno mirties išaugo Paryžiaus mokslų akademija). Jaunasis Paskalis tokioje draugijoje gavo puikų mokslinį krikštą. Merseno ir kitų būrelio narių paskatintas, jis atliko svarbius matematikos darbus. Vėliu, Paskalių šeimai apsigyvenus Ruane, ryšiai su Mersenu nenutrūko. 1646 m. Mersenas atsiuntė į Ruaną pranešimą, jog italui Toričeliui (*Torricelli*) pavyko gauti tuštumą ir paneigti visuotinai priimtą nuomonę, kad tuštuma gamtoje neegzistuoja. Blezas Paskalis, susidomėjęs šiais bandymais, kelerius savo trumpo gyvenimo metus paskyrė fizikai ir paliko joje ryškų pėdsaką.

Mersenas susirašinėjo su Kristiano Hiuigenso (*Huygens*) tėvu ir, sužinojęs apie jo sūnaus gabumus, ėmė siuntinėti pastarajam vis sunkesnius uždavinius. Kai septyniolikmetis Kristianas atliko pirmą reikšmingą darbą, Mersenas jam asmeniškai parašė laišką. O netrukus jis jaunajam Hiuigensui pasiūlė dalyvauti konkurse — išspręsti švytuoklės svyravimo uždavinį. Analogišką pasiūlymą Mersenas pasiuntė Dekartui ir Robervaliui (*Roberval*). Nugalėtojui Mersenas iš savo lėšų skyrė nemažą premiją. Dekartas išsprendė šio uždavinio atskirą atvejį. Robervaliui pavyko gauti bendresnį sprendinį. Hiuigenzas tuo metu nepajėgė susidoroti su uždaviniu, užtat vėliu jis surado bendriausią sprendinį. Merseno iškeltų problemų sprendimas sudarė nemažą dalį visų Hiuigenso darbų. O panašūs mokslininkų konkursai iš anksto suformuluotiems uždaviniams spręsti vėliu plačiai paplito įvairiose šalyse.

Mersenas rasdavo laiko ir savo darbams, jis domėjosi akustika ir muzikos teorija, pirmasis gana tiksliai išmatavo garso greitį ore, o 1636 m. išleido savo pa-

grindinį veikalą skambiu pavadinimu „Visuotinė harmonija“. Vis dėlto jo svariausias indėlis į mokslą buvo jo moksliniai ryšiai, jo įtaka kitiems mokslininkams.

Tuo visi akivaizdžiai įsitikino 1648 m., mirus Mersenui. Buvo bandyta pakeisti jį, perimti jo susirašinėjimą, bet nė vienas mokslininkas to nesugebėjo padaryti. Mokslo istorijos veikaluose galima rasti teiginių: „Kadangi Mersenas netrukus po to susitikimo mirė, žinia apie Boilio bandymą pasiekė Dekartą Olandijoje pavėluotai“, „Gasendis (*Gassendi*) nežinojo šio Paskalio memuaro, nes tuo metu Merseno jau nebebuvo gyvųjų tarpe“.

KOLEKTYVINŲ BANDYMŲ AKADEMIJA

Ne paslaptis, jog genialusis matematikas Nikola Burbakis – tai prancūzų mokslininkų kolektyvas, pasirašinęs savo darbus bendru vardu. Mažiau žinoma, jog XVII a. Italijoje egzistavo grupė fizikų, kurie irgi laikėsi principo neskelbti atradėjų pavardžių. Kaip atsirado šis fizikų kolektyvas, kas jį sudarė ir kodėl jis iširo po dešimties metų?

1657 m. birželio 19 d., pirmininkaujant kunigaikščiui Leopoldui Medičiui, Florencijoje buvo įkurta Bandymų akademija (*Accademia del Cimento*). Jos įstatuose buvo parašyta, kad bet kokio jos narių atlikto bandymo, bet kokio atradimo autorius turi likti nežinomas – visi darbai bus skelbiami bendru akademijos vardu. Tik jeigu jos darbuose atsirastų koks nors prieštaravimas, tuomet jį reikia priskirti ne pačiai akademijai, o atskiriems nariams. Vienintelis akademijos tikslas buvo atlikti tikslūs bandymus, nekuriant teorijų nei hipotezių. Tai buvo pabrėžta ir Bandymų akademijos herbe: trijuose ant stalo pastatytuose tigliuose bandymams, virš kurių užrašyta „provando e riprovando“ (įrodymu ir dar kartą įrodymu) (1.8 pav.).

Beveik tuo pat metu susikūrė Karališkoji draugija Londone, Paryžiaus mokslų akademija, – fizikos ir kitų mokslų atgimimas skatino ryšius tarp mokslininkų. Florencijoje dar buvo gyvos Galilėjaus ir jo mokinių tradicijos, pats Florencijos valdovas Ferdinandas II ir ypač jo brolis Leopoldas domėjosi eksperimentais, turėjo fizikos kabinetą ir turtingas kolekcijas.



1.8 pav. Florencijas Bandymų akademijos herbas. Ši akademija – viena iš pirmųjų Mokslų akademijų Europoje; ji garsėjo eksperimentų tikslumu ir atradimų anonimiškumu.

Bandymų akademiją sudarė devyni tikrieji nariai. Aktyviausias iš jų buvo fizikos profesorius A. Borelis (*Borelli*), vėliau, iširus akademijai, savo vardu išleidęs daug veikalų iš fizikos, matematikos, astronomijos ir kitų sričių. V. Vivianis (*Viviani*) – paskutinis Galilėjaus mokinys ir pirmasis jo biografas, po Galilėjaus ir Toričelio tapęs Toskanos hercogo pirmuoju matematiku. Veiklus akademikas A. Oliva (*Oliva*) 1668 m. pakliuvo į inkvizicijos rankas ir žuvo: iššoko pro kalėjimo langą. Mokslinis sekretorius L. Magalotis (*Magalotti*) aprašinėdavo atliekamus bandymus. Inžinierius K. Renaldinis (*Renaldini*) dar prieš akademijos sukūrimą buvo pasiūlęs graduoti termometrą, parenkant fiksuotais taškais ledo tirpimo ir vandens virimo temperatūrą. Daug akademijai reikalingų prietaisų sukonstravo Kandidas del Buonas (*Buono*), tuo tarpu jo brolis Paolas, gyvenęs Austrijoje, beveik nedalyvaudavo posėdžiuose. F. Redis buvo universalių gabumų žmogus: medikas, filosofas, gamtotyrininkas, poetas. Mažiau žinomi vyriausiojo akademijos nario A. Marsilio (*Marsili*) nuopelnai. Akademijai vadovavo ir posėdžiuose pirmininkavo kunigaikštis Leopoldas, tačiau jis nemanė esant būtina tapti jos nariu. Be to, akademijos nariai korespondentai buvo daugelis Italijos ir užsienio mokslininkų.

Akademijos nariai atliko keturiolika serijų įvairių bandymų: tyrė oro slėgį ir tuštumos gavimą Toričelio būdu, kūnų kritimą ore, metalų ir kitų medžiagų šiluminį plėtimąsi, darė bandymus su magnetais ir įelektrintais kūnais, bandė išmatuoti šviesos greitį veidrodžiais, pradėjo reguliarius meteorologinius matavimus.

Ilgą laiką akademija nespausdino jokių darbų, bet žinios apie jos bandymus sklido po Europą, – jie garsėjo tikslumu ir patikimumu. Tik 1667 m. buvo išleista knyga „Bandymų akademijos atliktų gamtos mokslų bandymų aprašymai“. Ši knyga apibendrino akademijos dešimt-

mečio veiklā. Išverstā ī pagrindines Europos kalbas, jī ligi XVII a. pabaigos buvo laikoma eksperimentinēs fizikos vadovu.

Deja, šis veikalas buvo pirmas ir paskutinis akademijos darbas (tik po šimtmečio buvo išleisti 4 tomai nepublikuotų jos darbu). 1667 m. kovo 5 d. buvo sušauktas paskutinis akademijos posėdis, tais pat metais jī nustojo egzistavusi. Tikslios priežastys ligi šiol nežinomos. Bene pagrindinė priežastis buvo ta, kad Romos dvasininkija buvo nepatenkinta draugijos veikla — žiūrėjo joje Galilėjaus eretiškų darbu tęsinį. Kunigaikštis Leopoldas tuo metu siekė kardinolo mantijos, ir sklido kalbos, kad popiežius kaip būtinā sąlygā iškėlęs reikalavimą panaikinti akademijā. Iš tikrųjū tais pat metais Leopoldas tapo kardinolu. Be to, tuo metu tarp akademijos narių, ypač tarp Borelio ir Vivianio, kilo nesutarimai — atradimų anonimiškumas varžė talentingiausius narius, trukdė jų savarankiškā mokslinę veiklā.

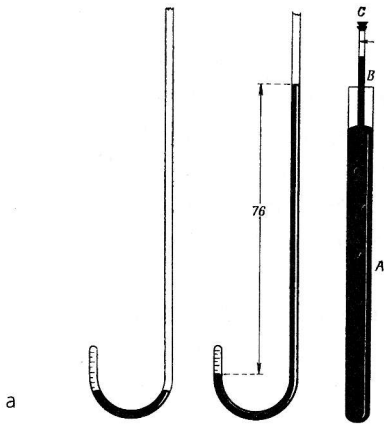
KAS ATRADO BOILIO IR MARIOTO DĒSNĮ?

Pagrindinį dujų būvio dėsni mes vadiname Boilio ir Marioto dėsniu, Prancūzijoje jis žinomas kaip Marioto dėsnis, pats Boilis buvo jį pavadinęs Taunlio dėsniu. Kartais siūloma jį vadinti Boilio, Taunlio ir Huko dėsniu. Kas gi iš tikrųjū buvo jo atradėjas?

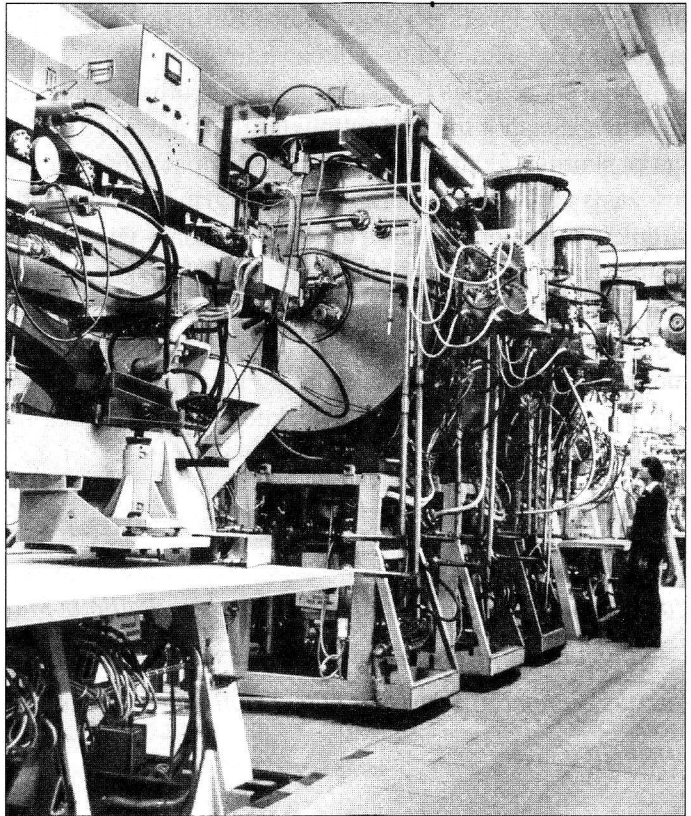
XVII a. viduryje fizikai turėjo atsisakyti vieno seniausių prietarų — jog gamta bijo tuštumos. Toričelis, Paskalis ir Gėrikė savo garsiais bandymais įrodė, jog šiai baimei priskiriamus reiškinius sukelia atmosferos slėgis. Po tų bandymų ir didelių ginčų išretinto oro savybių tyrimas tapo viena iš madingiausių fizikos kryptių.

Anglų fizikas Robertas Boilis (*Boyle*) 1660 m. išleistos knygos „Apie oro stangrumą ir svorį“ įžangoje (parašytoje ilgo laiško sūnėnui forma) prisimena: jį sudominusi žinia, kad Oto Gėrikė (*Guericke*) išradęs oro siurblių, ir sužavėję Gėrikės atlikti bandymai. Boilis davęs nurodymus savo asistentui Robertui Hukui (*Hooke*) patobulinti siurblių ir pats ėmėsis tyrimų.

Boilis neveltui garsėjo kaip vienas iš geriausių fizikų eksperimentatorių — rezultatų tikslumu su juo lyginosi tik Florencijos akademikai. Minėtoje knygoje, taip pat metais vėliau išleistame veikale „Nauji fizikiniai ir mechaniniai oro stangrumo



1.9 pav. Prietaisai, kuriais naudojamas R. Boilis nustatė dujų tūrio ir slėgio priklausomybę (a). Palyginimui greta: vieno iš šiuolaikinės fizikos prietaisų – elektronų ir pozitronų priešpriešinių srautų greitintuvo – nedidelė dalis (b).



b

eksperimentai“ Boilis aprašo plačius išretinto ir suspausto oro tyrimus, be to, oro tūrio kitimą priklausomai nuo jo slėgio. Tačiau Boilis buvo iš tų eksperimentatorių, kuriems svarbiausias dalykas – pateikti faktus, o jų interpretavimu ir hipotezių kūrimu mažai rūpinasi.

Tais pat metais Boilio „Nauji eksperimentai“ pateko į rankas fizikos mėgėjui Ričardui Taunliui (*Tawnley*). Pastarasis pastebėjo, kad knygoje pateikti oro tūriai ir atitinkami slėgiai tarpusavyje atvirkščiai proporcingi, ir apie tai laišku pranešė knygos autoriui. Boilis nepažiūrėjo iš

aukšto į mėgėjo nuomonę. Jis susidomėjo šiuo dėsningumu, netgi pranešė apie tai R. Hukui, tuo metu jau savarankiškam mokslininkui. Hukas atsakė, jog jis yra dar 1660 m. atlikęs panašius tyrimus — jo rezultatai patvirtina šį dėsningumą.

Robertas Hukas vėliau pagarsėjo ginčais su įvairiais mokslininkais dėl prioriteto. Jis visada buvo kupinas idėjų, spėjimų, sumanymų, bet retai kurį įgyvendindavo ligi galo. Rodos, nebuvo fizikoje klausimo, kuriuo nebūtų domėjęsis Hukas, ir atradimo, kurio pirmumo jis nebūtų savinęsis, kartais netgi aiškiai būdamas neteisus. Huko pretenzijos dėl dujų būvio dėsnio irgi lieka neišrodytos.

Tuo tarpu Boilis ėmėsi tikrinti šį dėsnį (pats atsargiai vadino jį hipoteze). Vėliau su jam būdingu kruopštumu Boilis aprašė šiuos bandymus: „Mes paėmėme ilgą stiklinį vamzdelį, kuris nagingos rankos buvo išlenktas, kaitinant jį virš lempos, tokiu būdu, kad išlenktas į viršų jo galas buvo beveik lygiagretus likusiai daliai. Trumpesnio galo anga ... buvo hermetiškai užlydyta. Visas trumpesnysis galas buvo sužymėtas coliais (padalytais dar į aštuonias dalis): prie vamzdelio buvo priklijuotas popierėlis su pažymėtomis padalomis“. Tokia pat skalė buvo pritaikyta ir prie ilgojo vamzdelio galo. Po to į vamzdelį pripilta gyvsidabrio tiek, kad jo lygis abiejose dalyse būtų vienodas. „Kai tai buvo padaryta, mes pradėjome pilti gyvsidabrį į ilgąjį galą — kol oro stulpas trumpajame gale spaudžiamas gyvsidabrio sumažėjo tiek, jog užėmė tik pusę ankstesniojo tūrio... Mes nenuleidome akių nuo ilgesniojo vamzdelio galo... ir pastebėjome, jog gyvsidabris jame nusistojo 29 coliais aukščiau negu kitame gale“. Toliau Boilis pasakoja, kaip vamzdelis atsitiktinai buvo sukultas ir pagamintas naujas 8 pėdų ilgio vamzdelis, o jam pakabinti reikėjo net dvejų kopėčių ir virvių.

Taunlio spėjimas pasitvirtino. 1661 m. Boilis, skaitydamas pranešimą Londono Karališkosios draugijos posėdyje, pabrėžė mėgėjo nuopelnus ir pasiūlė dėsnį pavadinti Taunlio vardu.

Praėjus 15 metų po tų rezultatų paskelbimo antrajame Boilio knygos „Nauji eksperimentai“ leidime, Prancūzijoje buvo išspausdinta žinomo fiziko, Dižono vienuolio viršininko Edmo Marioto (*Mariotte*) knyga „Apie oro prigimtį“. Mariotas, visai neminėdamas Boilio darbų, pateikė analogiškų bandymų rezultatus ir iš naujo suformulavo dujų būvio dėsnį. Išmatavęs oro stulpelį tik sveikaisiais coliais, jis teigė, kad bandymai tiksliai patvirtino dėsnį (tuo tarpu Boilis, matavęs 1/16 colio tikslumu, visada nurodydavo paklaidas). Ar galėjo Mariotas nežinoti Boilio darbų, kurie buvo išspausdinti ne tik anglų, bet ir lotynų kalba? Beje, Mariotas savo vėlesniame veikalė apie

kūnų smūgius taip pat pamiršo paminėti Hiugensą, kurio metodika ir teorija jis naudojo. Vis dėlto Mariotas pirmasis įvertino šio dėsnio reikšmę bei galimus pritaikymus ir panaudojo jį atmosferos slėgio priklausomybei nuo vietovės aukščio nustatyti — tiesa, pastarajame skaičiavime jis padarė klaidą ir gavo neteisingą rezultatą.

Tad paliekame skaitytojui spręsti, kurį mokslininką reikėtų laikyti šio dėsnio atradėju — Boilį (ar Huką?), gavusį rezultatus, kuriuose slypėjo dėsningumas, Taunlį — įžiūrėjusį skaičiuose dėsnį, vėl Boilį — patikrinusį šį spėjimą, ar Mariotą, pritaikiusį dėsnį naujiems rezultatams gauti?

LEGENDA APIF OBUOLĮ

Plačiai paplitęs pasakojimas, jog obuolys, nukritęs po Niutono kojomis, padėjo jam atrasti visuotinės traukos dėsnį (anot S.Vavilovo, nemaža dalis žmonių tiek ir težino apie Niutoną). Ar atitinka šis pasakojimas tikrovę?

Pasakojimą, kaip obuolys padėjo Niutonui atrasti visuotinės traukos dėsnį, paskleidė Volteras, išgirdęs jį iš Niutono dukterėčios. Yra išlikęs ir kitas, patikimesnis liudijimas. Kartą senatvėje Niutonas pasakojo šią istoriją savo pažįstamam Stekelėjui. Pastarasis užrašė: „Po pietų oras buvo tvankus, mes nuėjome į sodą ir keleto obelų pavėsyje gėrėme arbatą; buvome tik dviese. Tarp kitko, seras Izaokas pasakė man, jog tokioje pat aplinkoje jam besėdint ir bemažstant pirmą kartą atėjusi mintis apie visuotinę trauką. Ją sukėlė nukritęs obuolys. Kodėl obuolys visada krinta statmenai, pagalvojęs jis, kodėl ne į šoną, o visada į Žemės centrą? Materijoje turi egzistuoti traukos jėga, sukaupia Žemės centre. Jeigu materija taip traukia kitą materiją, tai turi egzistuoti proporcingumas jos kiekiui. Todėl obuolys traukia Žemę taip pat, kaip ir Žemė obuolį. Vadinasi, turi egzistuoti jėga, panaši į tą, kurią mes vadiname svoriu, veikianti visoje Visatoje“.

Šis pasakojimas panašus į tiesą. Iš tikrųjų, Niutono rankraščiuose buvo rastas užrašas, jog jis pradėjęs galvoti apie visuotinę trauką 1665 ar 1666 m., kai gyveno savo gimtajame kaime Vulstorpe, kur slėpėsi nuo maro epidemijos. Niutonas tada, anot jo paties, buvęs savo kūrybinių jėgų pakilime ir daug galvojęs apie matematiką ir filosofiją (fizika tais laikais buvo vadinama gamtos filosofija).

Vis dėlto Niutono minties šuolis nebuvo toks atsitiktinis ir netikėtas. Dar 1596 m. J. Kepleris (*Kepler*) savo veikale „Visatos paslaptis“ aiškino, jog Mėnulis juda, veikiamas Žemės traukos, o planetų judėjimo priežastimi laikė Saulę, tik klaidingai manė, kad ši trauka mažėjanti atvirkščiai proporcingai atstumui. 1666 m. italas Borelis, vienas iš talentingiausių Florencijos Bandymų akademijos narių, spėjo, kad planetų sukimosi apie Saulę ir kūnų kritimo priežastis viena ir ta pati, o veikianti jėga — atvirkščiai proporcinga atstumo kvadratui; jo mintims trūko tik matematinio formulavimo bei įrodymų.

Galima tik spėlioti, ar žinojo Niutonas apie šiuos darbus tada, kai atrado šį dėsnį, — jis nelabai mėgo skaityti svetimus veikalus. Dar painesnis klausimas — kodėl jis neskubėjo pranešti kitiems apie savo atradimą. Anot vienu istorikų, Niutonas naudojė netiksliu Žemės radiusu svorio jėgos išraiškai gauti ir todėl suabejojęs, ar ta pati jėga veikianti krintantį obuolį ir Mėnulį. Kiti istorikai mano, kad Niutonui tuo metu nepavyko įrodyti, jog sferinis kūnas traukia taip, lyg visa sferos masė būtų sukonzentruota jos centre; Niutonas ramiai atidėjo savo atradimą į šalį ir užsiėmė kitais darbais. O tuo metu šia problema susidomėjo anglų mokslininkas R. Hukas. Jis irgi priėjo išvadą, kad „visi dangaus kūnai ... traukia ne tik savo dalis, kaip mes tai stebime Žemėje, bet ir kitus dangaus kūnus, esančius jų veikimo sferoje“. Hukas bandė nustatyti traukos dėsnį, matuodamas svorio jėgos skirtumą bokšto viršūnėje ir jo papėdėje, bet nesėkmingai: skirtumas buvo mažesnis negu to meto eksperimentų tikslumas. Vis dėlto Hukas intuityviai spėjo, kad traukos jėga turi būti atvirkščiai proporcinga atstumo kvadratui. Jis apie tai paskubėjo pranešti kitiems mokslininkams, tarp jų ir Niutonui. O pastarasis ir toliau tylėjo, bet, matyt, Huko laiškas paskatino jį grįžti prie savo pamiršto atradimo.

Apie jėgą, veikiančią tarp dangaus kūnų, galvojo ir kiti mokslininkai — astronomas Halis (*Halley*) bei architektas Renas (*Wren*). 1683 m. jie susitiko su Huku Londone ir visi sutarė, kad jėga turi būti atvirkščiai proporcinga atstumo kvadratui. Haliui tai netgi buvo pavykę įrodyti, naudojantis trečiuoju Keplerio dėsniu. Trūko tik vieno — įrodyti, kad tokios jėgos veikiamos planetos turi judėti elipsėmis. Renas netgi pasiūlė premiją tam, kas išspręs šį uždavinį.

1684 m. Halis aplankė Niutoną Kembridže ir pasiūlė jam užsiimti šia problema. Niutonas atsakė, kad jis seniai ją išsprendęs. Iš tikro Niutonas netrukus atsiuntė Haliui savo memuarą apie traukos jėgą, tačiau be leidimo jį spausdinti. O po



1.10 pav. Niutono galvos piešinys, atliktas Stekelėjaus XVIII a. pradžioje.

metų Niutonas, Halio atkakliai raginamas, pateikė Karališkajai draugijai savo monumentalaus veikalo „Gamtos filosofijos matematiniai pagrindai“ rankraštį. Jame buvo ne tik matematiškai įrodyta, kad planetų judėjimas visiškai paaiškinamas Saulės trauka, bet ir suformuluoti pagrindiniai mechanikos dėsniai.

Veikalo spausdinimas užtruko dėl Huko pretenzijų – Niutonas nebuvo net paminėjęs jo pavardės. Niutonas labai įširdo dėl šių pretenzijų: „Iš paties Huko žodžių aišku, kad jis nežinojo uždavinio sprendimo kelio. Matematikai, viską atrandantys ir apibrėžiantys, turi jaustis esą sausi skaičiuotojai ir blogi darbininkai, o kažkas kitas, nieko nepadaręs, bet reiškiantis pretenzijas ir viską pasisavinantis, priskirs visus atradimus sau“.

Vis dėlto Niutonas sutiko vienoje vietoje paminėti Huką, ir 1687 m. Niutono veikalas buvo išspausdintas.

Nuo istorinio obuolio kritimo buvo praėję daugiau kaip 20 metų.

NIUTONAS — ALCHEMIKAS?

Niutonas – vienas žymiausių visų laikų mokslininkų, atvėręs naujus kelius fizikai, matematikai ir apskritai pasaulio pažinimui. Betgi tuo pat metu jis ilgai ir atkakliai dirbo chemijos, teisingiau – alchemijos srityje, bandė įgyvendinti seną alchemikų svajonę – paversti paprastus metalus auksu. Kaip galėjo tokio masto genijus patikėti šia neįgyvendinama idėja? Kodėl atlikinėdamas įvairius bandymus su cheminėmis medžiagomis jis nepadarė jokių žymesnių chemijos atradimų?

Niutonas vykdė chemijos bandymus ilgus metus nuo pat jaunystės — daugiau nei 30 metų. Netgi rašydamas pagrindinį veikalą „Gamtos filosofijos matematinius pagrindus“, dalį laiko jis skirdavo darbui savo chemijos laboratorijoje. Ji buvo įrengta sode šalia Trinito koledžo, kur Niutonas profesoriavo. Anot jo tarno, bendrapavardžio Hemfrio Niutono, toje laboratorijoje nei dieną, nei naktį beveik ne-užgesdavo ugnis. Niutonas dirbo vienas be mokinių ar pagalbininkų. „Aš negalėjau žinoti, — rašė tarnas savo atsiminimuose, — ko jis ieškojo tuose chemijos bandymuose, kuriuos atlikdamas buvo labai tikslus ir kruopštus; sprendžiant iš jo susirūpinimo ir nuolatinio darbo, manau, kad jis bandė peržengti žmogaus galios ir gebėjimo ribas“.

Tais laikais alchemijos bandymai buvo bažnyčios ir oficialiojo mokslo priskiriami burtams ir magijai, tad Niutonas slėpė savo domėjimąsi alchemija. (Sulaukęs garbaus amžiaus, jis netgi užėmė Monetų rūmų direktoriaus pareigas, ir gandas, kad šių rūmų vadovas bando paversti varinius fatingus auksinėmis ginėjomis, būtų sukėlęs paniką visoje Anglijoje.) Išliko tik Niutono išrašų iš senųjų alchemijos veikalų, darbo užrašų, kurių daugelis ligi šiol tebėra neiššifruoti.

Ar iš tikrųjų Niutonas buvo ne tik naujojo mokslo pradininkas, bet ir paskutinis didysis magas? Jeigu alchemiku vadinsime žmogų, kuris ieško aukso gavimo paslapties senose knygos, o chemines reakcijas palydi užkeikimais, tai Niutonas, aišku, toks nebuvo. Tačiau jis, kaip ir kai kurie kiti žymūs to meto mokslininkai, pavyzdžiui, R. Boilis, tikėjo galimybe vienus elementus paversti kitais ir atkakliai mėgino išspręsti tą problemą. Niutonas buvo atomų hipotezės šalininkas, savo „Optikoje“ jis kėlė įdomią, atitinkančią šiuolaikinį požiūrį idėją, kad medžiagos mažiausios dalelės jungiasi į didesnes, silpniau surištas daleles. Niutonas intuityviai numatė, kad norint paversti vienus elementus kitais, reikia rasti būdą išskirti stipriausiai surištas daleles. Deja, jis negalėjo žinoti, kad to neįmanoma pasiekti jokiais chemijos priemonėmis, — tiktai dirbtinėmis branduolinėmis reakcijomis (jos tapo įmanomos tik XX a.). Niutonas ieškojo aktyvių pradų, kurių idėją skelbė alchemikai. Juk jis, skirtingai nuo savo pasekėjų, manė, kad gamtai aprašyti nepakanka grynai mechaninio modelio ir stengėsi papildyti jį, įvesdamas visur prasišverbiančią eterį, aktyvius pradus ir netgi Dievo galią.

Ligi šiol neišspręsta mįslė, kodėl Niutonas nepadarė žymesnių chemijos atradimų. Tiesa, jis panaudojo savo chemijos žinias, išliedamas įgaubtą veidrodį savo išrastam naujo tipo teleskopui. Kaip buvo minėta, Niutonas išstisus dešimtmečius

neskelbdavo savo žymiausių atradimų, galbūt taip buvo ir su chemijos darbais — jo netenkino nelabai griežti įrodymai, buvo likę neišspręsti kai kurie klausimai, prie kurių jis ketino sugrįžti vėliau. Apie 1690 m. Niutono chemijos laboratorijoje įvyko didelis gaisras, kurio metu sudegė daug rankraščių. Niutonas šios nelaimės buvo taip sukrėstas, kad porai metų pakriko jo nervai ir net psichika. Neseniai buvo surastas toks Niutono amžininko Stekelėjaus užrašas: „Jis parašė taip pat chemijos veikalą, aiškinantį šio paslaptingo meno principus remiantis eksperimentiniais ir matematiniais įrodymais; jis labai vertino šį kūrinį, bet, nelaimėi, tas sudegė jo laboratorijoje dėl atsitiktinės ugnies. Jis niekada nebegrižo prie šio darbo, dėl ko tenka labai apgailestauti“.

GINČAS DĖL GYVOSIOS JĖGOS

Istorija mini ne tik trisdešimtmetį karą, bet ir daugiau nei trisdešimt metų trukusį ginčą tarp fizikų XVII a. pabaigoje—XVIII a. pradžioje, vadinamą „polemika dėl gyvosios jėgos“. Kas buvo ta gyvoji jėga ir kodėl fizikai taip ilgai negalėjo išspręsti ginčo?

Ginčas kilo tais pačiais metais, kai Niutonas užbaigė savo įžymųjį veikalą „Gamtos filosofijos matematiniai pagrindai“. Žurnale „Acta eruditorum“ („Mokslo darbai“) G. Leibnicas (*Leibniz*) išspausdino dviejų puslapių straipsnį ilgu pavadinimu: „Trumpas įrodymas nuostabios Dekarto ir kitų autorių klaidos, susijusios su gamtos dėsniu, kuris teigia, jog Kūrėjas, kaip šie autoriai mano, stengiasi visada išlaikyti gamtoje vieną ir tą patį judėjimo kiekį, bet tai visiškai sugriauna mechanikos mokslą“.

Dekartas priėjo išvadą, kad judančio kūno judėjimo matas yra jo greičio ir medžiagos kiekio sandauga — judėjimo kiekis. Dekartas suformulavo judėjimo kiekio tvermės dėsnį ir laikė jį vienu iš svarbiausių gamtos dėsnių. 1639 m. Dekartas rašė: „Aš manau, jog visoje sukurtoje materijoje yra tam tikras judėjimo kiekis, kuris niekada nepadidėja ir nesumažėja, ir jei vienas kūnas išjudina kitą kūną, tai netenka tiek savo judėjimo, kiek jo suteikia. Vadinasi, jei akmuo krinta iš aukštai į Žemę, tai tuo atveju, kai jis ne atšoka, o sustoja, aš manau, kad jis judina Žemę ir

perduoda jai savo judėjimą. Bet kadangi išjudinta Žemės dalis turi savyje, pavyzdžiui, tūkstantį kartų daugiau materijos, negu yra jos akmenyje, tai, perdavęs savo judėjimą, jis gali suteikti tik tūkstantį kartų mažesnę greitį“.

Užuot įrodęs šį dėsnį, Dekartas pasitenkino teiginiu, jog jis atitinka Dievo norus.

Leibnicas minėtame straipsnyje kritikavo Dekartą. Jeigu išsilaiko masės ir greičio sandauga, tai reiškia, kad galimas amžinas mechaninis judėjimas, o to nestebima ir negali būti. Leibnico nuomone, tvėrmės dėsnis galioja kitam dydžiui — masės ir greičio kvadrato sandaugai.

Dekartas jau nebegalėjo apginti savo teorijos — 1650 m. jis susirgo karštligė ir mirė, turėdamas tik 54 metus. Bet jo teorija tuo metu buvo labai populiari. Gausūs jo šalininkai pagal lotynišką Dekarto vardą — Kartezijus — buvo vadinami karteziečiais. Pirmasis ginti Dekarto stojo prancūzas Katelanas, po to Papienas (*Papin*) ir kiti. Atsirado ir Leibnico šalininkų — Hermanas, Bilfingeris, Johanas Bernulis (*Bernoulli*)... Kilo polemika laiškais, straipsniais ir netgi veikalais. Į ją įsitraukė daug fizikų. Ginčas tarpais peraugdavo į kivirčius, netgi į asmeninius įžeidinėjimus, po to apriimdavo ir vėl išsiliepsnodavo su nauja jėga. Tik Niutonas tylėjo — po nemalonių ginčų su Huku, Flemstidu (*Flamsteed*) ir kitais jis vengė diskusijų. Be to, Niutonas buvo įsitikinęs, kad gamtoje negalioja bendras tvėrmės dėsnis, taigi manė, kad klysta ir vieni, ir kiti.

1695 m. naują darbą paskelbė Leibnicas, jis dydį mv^2 pavadino gyvąja jėga, priešpastatydamas negyvąjai jėgai — dabartinei potencinei energijai. Gyvoji jėga vėliau gavo tikslesnį, bet mažiau išraiškingą pavadinimą — kinetinė energija (tik Koriolio (*Coriolis*) pasiūlymu dydis mv^2 buvo padalytas pusiau).

Gyvosios jėgos tvėrmės dėsnį Leibnicas vedė iš priežasties ir pasekmės lygybės, bet tai irgi buvo ne matematinis įrodymas, o filosofinis samprotavimas. Ir toliau liko palankios sąlygos ginčui. Pagrindinės fizikos sąvokos: jėga, energija, darbas, dar tik formavosi, tad ir Dekarto, ir Leibnico šalininkai klaidžiojo netikslių apibrėžimų labirintuose.

Ginčą užbaigė Žanas Žakas Meranas (*de Mairan*) 1728 m. ir Žanas D'alambertas (*d'Alambert*) 1743 m. Jie įrodė, jog iš dalies teisūs buvo ir vieni, ir kiti: stangrių kūnų smūgio metu galioja judėjimo kiekio ir kinetinės energijos tvėrmės dėsniai. Tačiau judėjimo kiekį reikia laikyti ne paprasta masės ir greičio sandauga, kaip manė Dekartas, bet vektoriumi. Klydo ir Leibnicas bei jo šalininkai, nes

energijos tvermės dėsnis bendru atveju galioja tik įskaičius šiluminę, cheminę ir kitas energijos formas, kurios buvo atrastos žymiai vėliau. Ir tik XIX a. buvo įrodyta, jog šiedu didieji tvermės dėsniai išplaukia iš bendrų erdvės ir laiko simetrijos savybių.

POLITIKAS, TAPĘS ŽYMAUSIU ELEKTROS REIŠKINIŲ TYRINĖTOJU

Išradus elektros mašiną ir paprasčiausią kondensatorių – Leideno stiklinę – XVIII a. viduryje kilo visuotinis susidomėjimas neįprastais elektros reiškiniiais. Europos ir Amerikos didmiesčiuose buvo atliekami vieši bandymai, kurių metu elektra buvo veikiami žmonės ir gyvūnai, stebimos elektros kibirkštys ir kt. Vienoje tokioje demonstracijoje dalyvavęs žymus JAV politikas ir filosofas Bendžaminas Franklinas (Franklin), tuomet 41 metų, susidomėjo naujaja fizikos sritimi ir pasiryžo pats atskleisti elektros prigimtį. Kokiu būdu jam pavyko per keletą metų tapti žymiausiu elektros reiškinių tyrinėtoju?

Bendžaminas Franklinas pasižymėjo įvairiapusiais gabumais. Tačiau jo ypatingą sėkmę visose veiklos srityse, kurių tik jis imdavosi – politikoje, versle, filosofijoje, žurnalistikoje, moksle, – lėmė dar ir jo atkaklumas siekiant užsibrėžto tikslo, o ypač – gebėjimas atsitiktinamų fone išskirti esminius dalykus (pastarasis bruožas svarbus siekiant ką nors atrasti ne tik moksle, bet ir kitose srityse). O specialių fizikos žinių tuomet – elektros reiškinių tyrimo pradžioje – buvo galima įgyti savišvietos būdu (kas praktiškai nebeįmanoma šiais laikais).

Susidomėjęs elektros tyrimais, B. Franklinas nesiėmė pats iš naujo išradinėti elektros prietaisų; jis parašė laišką pažįstamam mokslininkui, Londono karališkosios draugijos nariui P. Kolinsonui (*Collinson*), ir šis atsiuntė jam pagrindinius elektros prietaisus kartu su instrukcija, kaip jais naudotis.

Tais laikais elektra buvo gaunama sukant sieros rutulį ar cilindrą ir jam trinantis į odos paviršių (1.11 pav., a). Elektra būdavo kaupiama Leideno stiklinėje (1.11 pav., b). Ją sudarė stiklinis indas su vandeniu užkimštas kamščiu, pro kurį būdavo

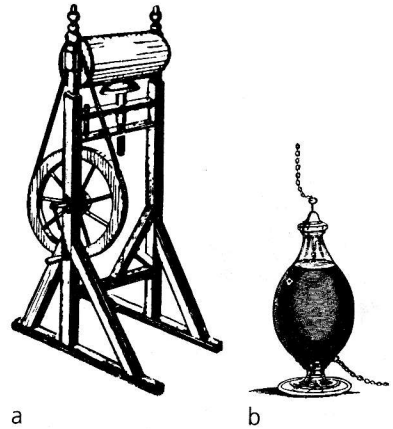
prakištas metalinis strypelis. Sujungus laidininku strypelio galą su elektros mašina, Leideno stiklinėje buvo galima sukaupti nemažą elektros krūvį.

Franklinas pakartojo žinomus eksperimentus — pats išbandė elektros smūgį, stebėjo kibirkštis, šokančias iš įelektrinto kūno, suartinus jį su kitu kūnu. Franklinas pastebėjo, kad labiau kibirkščiuoja priartinus prie įelektrinto kūno smailą daiktą ir, patikrinęs tai sistemingais bandymais, nustatė, jo žodžiais tariant, „nuostabią smailgalio savybę tiek pritraukti, tiek atstumti elektros ugnį“.

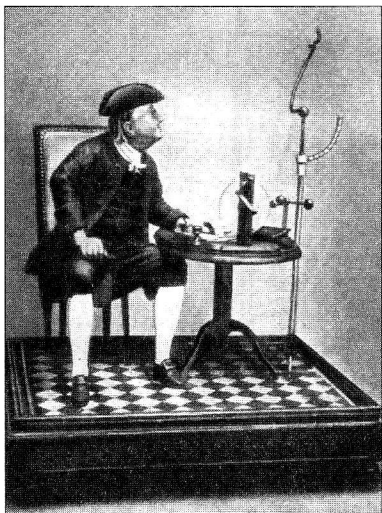
Frankliną domino ne tiek efektingi bandymai, kiek elektros susidarymo ir jos kaupimo reiškiniai. Jam pirmajam kilo mintis išsiaiškinti, kaip Leideno stiklinė kaupia elektrą. Įelektrinęs stiklinę, Franklinas ištraukė kamštį su strypeliu. Prikišus pirštą prie stiklinės angos, iš vandens šoko smarki kibirkštis; tai liudijo, kad elektra kaupiasi stiklinėje, o ne strypelyje. Po to Franklinas perpylė vandenį iš įelektrintos stiklinės į neįelektrintą ir įsitikino, kad elektra nepersipylė kartu su vandeniu, vadinasi, ji slypėjo stikliniame inde. Tuo remdamasis Franklinas paėmė paprasto langų stiklo gabalėlį, iš abiejų jo pusių pripildė plonas švino juosteles ir sukonstravo pirmą plokščiąjį kondensatorių.

Apibendrinamas stebėjimus Franklinas iškėlė hipotezę, kad elektrą sudaro nematomas labai lengvas ir taktus skystis. Jo esama visuose kūnuose, įelektrinimo metu jis perteka iš vieno kūno į kitą. Kūnas, kuriame yra elektros skysčio perteklius, įsielektrina teigiamai, o kūnas, kuriame trūksta šio skysčio, — neigiamai. Pakeitę elektros skystį elektronais, Franklino hipotezei galėtume priartinti ir šiais laikais.

Vis dėlto Franklinas labiausiai išgarsėjo kaip mokslininkas po to, kai išaiškino žaibo prigimtį ir sukūrė žaibolaidį.



1.11 pav. Pagrindiniai elektros prietaisai Franklino laikais: elektros mašina (kairėje) ir Leideno stiklinė (dešinėje).



1.12 pav. B. Franklinas atlieka bandymus su elektra (XVIII a. skulptūrėlė).

Mintis, jog žaibas yra didžiulė elektros kibirkštis, buvo kilusi ir anksčiau. Betgi mažytės kibirkštėlės, gaunamos bandymų metu, ir įspūdingas, baimę keliantis žaibas atrodė nepalyginami reiškiniai, be to, pastebėta, jog žaibas išlydo metalus, jį lydi fosforo kvapas ore, o silpnų elektros iškrovų metu tai nebuvo stebima. Franklinui pirmajam kilo idėja panaudoti smaigalio savybę elektrinei žaibo prigimčiai patikrinti. Aukštai iškeltas metalinis strypas audros metu turėtų pritraukti žaibą. Franklino pasiūlytą bandymą atliko prancūzų mokslininkai. Prie karties su metaliniu antgaliu, įkastos Paryžiaus priemiesčio parke, buvo pastatytas sargybinis. Slenkant audros debesiu, jis iš tikrųjų matė kibirkštis, šokančias iš geležinio virbo galo į žemę. Netrukus pats Franklinas sugalvojo dar pavojingesnį bandymą — audros metu jis iškeldavo su aitvaru metalinį antgalį. Tokiu būdu jam pavyko nustatyti, kad debesys dažniausiai būna įelektrintas neigiamai.

Būdamas praktiškas žmogus, Franklinas bematant sumanė, kaip pritaikyti savo atradimą — žaibolaidį — pastatams nuo žaibo apsaugoti. Ligi tol žaibas buvo laikytas Dievo rūstybės ženklu, todėl vienintelė priemonė apsisaugoti nuo žaibo buvo tokia: skambinti audros metu bažnyčių varpais. Deja, pasekmės būdavo liūdnos — vien Vokietijoje per 33 metus žaibas nutrenkė 120 varpininkų. Franklino žaibolaidis greitai paplito įvairiose šalyse, nors bažnyčia ir priešinosi.

Taigi Franklinas per keletą metų, kartu eidamas įvairias visuomenines ir politines pareigas, padarė elektros tyrimų srityje daugiau, negu profesionalūs tyrinėtojai. Deja, įvykdęs savo sumanymus, jis įniko į kitus darbus ir daugiau prie fizikos negrįžo.

KODĖL LOMONOSOVAS TAPO GARSUS TIK XX AMŽIUIJE?

Michailas Lomonosovas buvo poetas, istorikas, geologas, visuomenės veikėjas, bet labiausiai jis vertino savo fizikos ir chemijos darbus. Deja, po jo mirties ilgą laiką – ligi XX a. pradžios – jie beveik nebuvo minimi nei užsienyje, nei Rusijoje; abi didžiosios rusų enciklopedijos – Brokhauzo ir Granato, senieji Britų enciklopedijos ar prancūzų Laruso leidiniai net nemini Lomonosovo fizikos ir chemijos darbų. O vienoje XIX a. chemijos istorijoje jam buvo skirta keletas kurioziškų eilučių: „Tarp rusų, tapusių žymiais chemikais, mes paminėsime Michailą Lomonosovą, kurio nereikia painioti su poetu, turinčiu tą pačią pavardę“. Kokios šio, anot akad. P. Valdeno, „Lomonosovo mokslinių darbų tragiško likimo“ priežastys?

Lomonosovo gyvenimo sąlygos nebuvo palankios jo mokslinei kūrybai. Petro I rūpesčiu Rusijoje 1724 m. buvo įkurta Mokslų akademija, tačiau joje vyravo negabūs užsieniečiai, atvykę į Rusiją suvilioti gerų algų ir privilegijų. Jie priešišškai žiūrėjo į Lomonosovą – „muziką iš Archangelsko“ – ir kliudė jo mokslinei karjerai, o pastarasis irgi neslėpė savo antipatijos jiems. Norėdamas užsitikrinti valdovų ir įtakingesnių didikų paramą, Lomonosovas turėjo pataikauti jų norams ir kurti odes iškilmių ir maskaradų progomis, rūpintis iliuminacijomis, atidėjęs kitus darbus, caro užsakymu rašyti tragediją ar Rusijos istoriją. Carienė už odę jos garbei paskyrė Lomonosovui 2000 rb. premiją, tuo tarpu jo metinė alga akademijoje sudarė 660 rublių. Lomonosovas netgi turėjo teisintis, kad atlieka fizikos ir chemijos bandymus: „Viliuosi, kad, ilsėdamasis po darbų, kuriuos aš dirbu, rinkdamas ir rašydamas Rusijos istoriją bei puoselėdamas rusišką žodį, galėsiu keletą valandų per dieną vietoj biliardo skirti fizikos ir chemijos bandymams“, – rašė jis didikui Šuvalovui.

Nors ir priešokiais dirbdamas, Lomonosovas sugebėjo padaryti fizikoje svarbių darbų. Jis suformulavo medžiagos (masės) tvermės dėsnį ir patvirtino jį eksperimentiškai – šildant užlydytą indą, jo viduje esančios švino plokštelės oksidavosi, tačiau indo masė liko ta pati. Tuo metu, kai moksle apie šilumą viešpatavo kaloriko

teorija, Lomonosovas tikėjo kinetine šilumos prigimtimi. Jis plėtojo atominę-molekulinę hipotezę ir buvo priėjęs prie absoliutinio nulio sąvokos formulavimo. Be to, Lomonosovas buvo puikus eksperimentatorius, pats gaminosi tikslus termometrus ir optinius prietaisus.

Gal Lomonosovas neskelbė šių darbų ir jie liko nežinomi užsienio mokslininkams?

Istorija paneigia šią nuomonę. Lomonosovas rašė mokslo veikalus lotynų arba vokiečių kalba, kaip ir buvo priimta tais laikais, ir siuntinėjo juos į užsienį. Apie Lomonosovo rūpinimąsi prioritetu liudija ir toks faktas. 1753 m., kai G. Richmaną nutrenkė žaibas, Mokslų akademijos posėdį norėta atidėti, bet Lomonosovas prašė leisti jam pasakyti kalbą apie atliktus bandymus su elektra, „kol jie nenustojė aktualumo“. Tuometinis akademijos prezidentas grafas Razumovskis leido sušaukti posėdį, „kad ponas Lomonosovas su savo kūrniais tarp mokytojų Europos žmonių nepavėluotų ir per tai jo darbas, įdėtas į atliktus ligšiol elektros bandymus, nenu-eitų niekais“.

Kartais tvirtinama, jog Lomonosovo darbai buvo per ankstyvi, ir todėl liko nesuprasti to meto mokslininkų. Šiame teiginyje esama tiesos — kai kurios Lomonosovo idėjos iš tikrųjų pranoko laiką ir neatitiko jo madų. Betgi Lomonosovas dirbo daugelyje fizikos sričių — pavyzdžiui, elektros tyrimuose ar optikoje nagrinėjo problemas, dominusias daugelį to meto fizikų. Be to, kai kurie mokslininkai, kaip antai L. Eileris, ir tada labai vertino jo darbus. P. Kاپicos nuomone, Lomonosovo darbai buvo pamiršti dėl jo kūrybinės izoliacijos: „Mokslininkui nepakanka padaryti atradimą, kad jis turėtų įtaką pasaulinės kultūros raidai, — reikia, kad jo šalyje susidarytų tam tikros sąlygos ir būtų reikalingas ryšys su moksline visuomene užsienyje“.

Rusijoje tuo metu nebuvo visuomenės, kuri suprastų Lomonosovo atradimų reikšmę, nebuvo ir bendradarbių mokslininkų kolektyvo. Lomonosovas praktiškai dirbo vienas ir nesukūrė savo mokyklos — dėl to iš dalies kaltas ir jo paties individualizmas. Po jo mirties mokslinį darbą dirbo vienintelis mokinys S. Rumovskis, tapęs astronomijos profesoriumi. Užsiimdamas daugeliu darbų, Lomonosovas stokodavo laiko kylančioms idėjoms patikrinti — jos dažnai taip ir likdavo tik genialūs spėjimai.

Lomonosovas po studijų užsienyje daugiau nė karto nebuvo išvykęs iš Rusijos. O žymūs užsienio fizikai beveik nesilankė Peterburge, kuris dar nebuvo tapęs mokslo centru. Anot P. Kاپicos: „Kad mokslininko darbas būtų pripažintas, jam reikia ne

tik išspausdinti darba, bet ir itikinti žmones jo teisingumu bei įrodyti jo reikšmę. Visa tai galima sėkmingai padaryti tik turint asmeninių ryšių. Ir Lomonosovo, ir mūsų laikais, kad mokslininkas savo darbais turėtų įtakos kolektyviniam darbui, būtinas asmeninis bendradarbiavimas, būtinas gyvas keitimasis nuomonėmis, būtina diskusija; viso to negali pakeisti nei atspausdinti darbai, nei susirašinėjimas. Kodėl taip yra, nelengva paaiškinti... Tik kai matai žmogų, matai jo laboratoriją, girdi jo balso intonacijas, matai jo veido išraišką, atsiranda tikėjimas jo darbu ir noras bendradarbiauti su juo“.

Lomonosovo fizikos darbai buvo iš naujo atrasti ir įvertinti tik XX a. pradžioje.

R. BOŠKOVIČIUS — ŠIUOLAIKINĖS FIZIKOS PRANAŠAS

XVIII a. kroatų mokslininkas Rudžeris Josipas Boškovičius (Bošković) kartais vadinamas šiuolaikinės fizikos pranašu. Ar iš tikrųjų jo veikale „Gamtos filosofijos teorija, suvesta į vienintelį gamtoje egzistuojančių jėgų dėsnį“ buvo iškeltos kai kurios kvantinės mechanikos ir reliatyvumo teorijos idėjos?

R. Boškovičius nebuvo mokslininkas atsiskyrėlis, nesulaukęs amžininkų pripažinimo ir baigęs gyvenimą skurde ir neviltyje, — juk tokį fizikos pranašo paveikslą piešia mūsų vaizduotė. Iš tikrųjų Boškovičius buvo pagarsėjęs Europoje savo mokslo darbais iš fizikos, matematikos, geografijos, architektūros ir kitų sričių. Jis profesoriavo Romoje, Paryžiuje, kaip diplomatas ir specialistas lankėsi įvairiose Europos sostinėse. Jo pagrindinis veikalas „Gamtos filosofijos teorija...“ buvo daug kartų išleistas ir išverstas. Boškovičius buvo pamirštas tik... XX a., kai jo idėjos ėmė realizuotis.

Boškovičius bene vienintelis XVIII a. mokslininkas, kuris netikėjo, kad atomai yra absoliučiai kieti rutuliukai. Jis teigė, kad materija sudaryta iš pirminių dalelių, kurių kiekviena turi masę, bet neturi išmatavimų. Boškovičius nesutapatino šių pirminių dalelių su atomais: „Iš tų taškų, susijungusių labai mažuose atstumuose... gali susidaryti pirminės dalelės, kurios esti nepaprastai stabilios dėl jas sudarančių dalių artumo. Iš tokių pirmos eilės dalelių gali susidaryti mažiau atsparios formos pakeitimui antros eilės dalelės ir t.t.“. Taigi Boškovičius nuspėjo materijos struktūros principą. O jo pir-

Boškovičius spėjo, kad dideliuose atstumuose gravitacijos jėga vėl gali virsti stūmos jėga. „Tokių atveju mūsų matomas pasaulis būtų tik vienas iš daugelio, o panašūs įvairių eilių vienetai būtų surišti tam tikrais ryšiais. Tarp kita ko, nėra neįmanoma, kad materijos dalelė pereitų iš vieno pasaulio į kitą“. Argi šios mintys neprimena kai kurių dabartinių kosmologinių hipotezių?

Boškovičiaus veikale galima įžiūrėti ir reliatyvumo teorijos pradus. Pavyzdžiui, jis teigė, kad tarp erdvės ir laiko yra visiška analogija — skiriasi tik matavimų skaičius. Iš tikrųjų analogiją (nors ir ne visišką) tarp erdvės ir laiko koordinačių įteisino specialioji reliatyvumo teorija. Boškovičius buvo įsitikinęs bet kokio judėjimo reliatyvumu. Jis teigė, kad judančio kūno išmatavimai gali skirtis nuo nejudančio. Pagaliau jo veikale randame užuominų apie kitokios pasaulio geometrijos galimumą.

XVIII a. Boškovičiaus mintys buvo laikomos savotišku kuriozu, originalia, bet prieštaraujančia priimtoms pažiūroms išmone*. Dabar kai kurios iš jų vadinamos genialiais spėjimais. Deja, pranokusios savo laiką, jos liko bevaisės — nei buvo įstengta pagrįsti jų bandymais, nei gauti iš jų naujų žinių. Genijaus intuicija įgalina nuspėti kai kurias ateities fizikos idėjas, bet atsekti jų realizavimosi kelią gamtoje bejėgė netgi lakiausia vaizduotė. Štai kodėl Boškovičius vadinamas ne šiuolaikinės fizikos pradininku, o tik jos pranašu.

H. KAVENDIŠAS, KULONO DĖSNI O ATRADĖJAS

1879 m. Dž. K. Maksvelas (Maxwell) paskelbė prieš septyniasdešimt metų mirusio anglų fiziko ir chemiko Henrio Kavendišo (Cavendish) rankraščius, saugomus Kembriđžo universitete. Paaiškėjo, kad Kavendišas buvo nustatęs Kulono dėsnį anksčiau už Kuloną (Coulomb), dielektrinę konstantą — anksčiau už Faradėjų, pirmasis įvedęs kondensatoriaus talpos sąvoką. Kas buvo šis mokslininkas, ne tik nesukubėjęs skelbti savo atradimų, bet netgi nekovojęs dėl prioriteto tada, kai kiti pakartodavo jo atradimą?

* Boškovičiaus teorija tais laikais buvo žinoma ir Lietuvoje, ją propagavo Vilniaus trinitorių kolegijos dėstytojas Dionyzas Dzialtovskis.



1.14 pav. Vienintelis angļu mokslinīko H. Kavendišo portretas, nupieštas be jo žinios dailinīko V. Aleksanderio. Šis mokslinīkas ne tik vengē pozuoti dailinīkams, bet ir nemēgo skelbti savo atradimū.

Kavendišas neslēpē savo atradimū — apie juos jis pranešdavo savo kolegoms iš Londono Karališkosios draugijos, retkarčiais paskelbdavo ir mokslinū straipsniū. Antai tokie jo atradimai, kaip gravitācijas konstantos ar vandens cheminēs sudēties nustatymas, buvo žinomi jo amžinīkams ir išgarsino jū kaip mokslinīkū. Kavendišas buvo išspausdinēs du straipsnius ir iš elektros tyrimū srities (jū kuriuos, deja, neijējo jo svarbūs rezultatai). Tai buvo retas mokslinīko tipas. Jū domino vien tik mokslas, o asmeninē garbē, nauda, mokslinē karjera tarsi visai neegzistavo. Apie Kavendišū sklido anekdotai ir legendos dar jam gyvam esant. Jis paliko Kembridžo universitetū negavēs jokio mokslinio laipsnio ir toliau lavinosi bei dirbo savarankīškai. Jo aukšta tiesi figūra buvo gerai pažīstama Londono gyventojams — vaikščiojo jis visada apsilīkēs tuo pačiu ilgu paltu, užsidējēs nemadingū plačiabrylē skrybēlē (1.14 pav.). Netgi keturiasdešimtaisiais gyvenimo metais tapēs lordu ir paveldējēs milžinīškū turtū, Kavendišas nepakeitē nei savo drabužiu, nei jpročiū, ūtat jširengē puikiū laboratorijū. Jis niekados nebuvo vedēs, mažai bendravo su žmonēmīs. Kartais jis per visū dienu neištardavēs nē vieno žodžio. Vis dēlto mokslinīkas reguliariai dalyvaudavo Karališkosios draugijos posēdžiuose, o kiekvienū ketvirtadienī pietaudavo klube, kuriam priklausē tos draugijos nariai. Bet kuris žmogus, net ir nepažīstantis Kavendišo, galējo nustatytomis dienomis ūzeiti jū jo bibliotekū Din gatvėje ir pasiskolinti reikalingū mokslinē knygu — Kavendišas tereikalaudavo palikti vietoj knygos raštēlī. Anot vieno iš anekdotū, Kavendišas taip pripratēs prie tos tvarkos, kad netgi pats paliķinēdavēs raštēlius: „Knygu paēmē Kavendišas“.

Ištīsas dienas jis praleisdavo savo laboratorijoje. Kavendišas tobulindavo ir tikslindavo bandymus, kol jie tapdavo eksperimentiniais šedevrais. Gautū rezultatū jis

kruopščiai ir tiksliai aprašydavo savo dienoraštyje, nepamiršdamas apskaičiuoti galimų paklaidų. Pavyzdžiui, atlikęs bandymą su tuščiavidurėmis įelektrintomis sferomis ir nustatęs dėsnį, dabar žinomą Kulono vardu, Kavendišas užrašė: „Galime padaryti išvadą, kad elektrinė trauka ir stūma turi būti atvirkščiai proporcingos atstumo laipsniui, kurio dydis yra tarp $2 + \frac{1}{50}$ ir $2 - \frac{1}{50}$, bet, matyt, jis tiksliai lygus 2“.

Bandymams su elektra atlikti Kavendišas turėjo pasigaminęs kondensatorių bateriją, susidedančią iš 49 įvairaus dydžio Leideno stiklinių. Galvanometras buvo išrastas tik XIX a., tačiau Kavendišas mokėjo matuoti elektros srovės stiprumą savo paties kūnu. Jis prisijungdavo pats prie elektros grandinės ir iš smūgio stiprumo, ypač iš pojūčių riešuose ir alkūnėse, sprendavo apie pratekėjusį elektros kiekį. Tik tas, kam teko kada nors netyčia prisiliesti prie Leideno stiklinės, gali įvertinti Kavendišo pasiaukojimą. O jis tokiu būdu ne tik gaudavo skaitinius rezultatus, pvz., kad įsotintas druskos tirpalas praleidžia elektros srovę 720 kartų geriau negu lietaus vanduo, bet netgi suformulavo Omo dėsnio atskirą atvejį.

Deja, gavęs norimą rezultatą ir jį aprašęs dienoraštyje, Kavendišas užsiimdavo kitais darbais ir dažnai pristigdavo laiko parašyti straipsnį.

Tad belieka apgailestauti, kad šios taurios asmenybės darbai nepadarė to poveikio mokslui, kurį jie galėjo padaryti.

GĖTĖ PRIEŠ NIUTONĄ

Treji metai prieš Johano Volfgango Gėtės (Goethe) mirtį jo sekretorius Ekermanas (Eckermann) užrašė Gėtės žodžius, kuriuos šis mėgdavo kartoti: „Viskas, ką aš sukūriau, kaip poetas, nekelia man ypatingo pasididžiavimo. Puikūs poetai gyvena vienu metu su manimi ir, aišku, gyvena po manęs. Tačiau tai, kad aš vienintelis iš amžininkų žinau tiesą sunkiame spalvų moksle — tam aš negaliu neteikti reikšmės, tai leidžia man jaustis pranašesniui už daugelį“. Gėtė labai sielvartavo, kad fizikai nepripažįsta jo spalvų mokslo ir tebetiki Niutono šviesos dispersijos teorija.

Kodėl Gėtė ėmėsi kritikuoti Niutoną? Kokia tikroji Gėtės optikos darbų vertė?

Gėtės spalvų teorija nebuvo trumpalaikis jo susižavėjimas — jis kūrė ją keliasdešimt metų. Didžiulis dviejų tomų veikalas „Mokslo apie šviesą klausimu“ buvo rašomas tuo pat metu kaip ir „Fausto“ pirmoji dalis. Tai nebuvo diletanto darbas — Gėtė buvo skaitęs Niutono ir kitų optikų veikalus. Jis buvo puikus stebėtojas. Tad kodėl Gėtė neigė bandymais pagrįstą Niutono išvadą, jog balta šviesa yra įvairių spalvų šviesos mišinys?

Gėtė nuo vaikystės domino spalvų paslaptis. Pasakojama, kad 1775 m. jis buvo pasiskolinęs iš savo pažįstamo Biutnerio prietaisus šviesos dispersijai stebėti. Deja, tuo metu Gėtė neturėjo bandymams tinkamų patalpų, o kai persikėlė į didesnę butą, Biutneris paprašė grąžinti prietaisus. Gėtė greitosiomis pažiūrėjęs pro stiklinę prizmę į šviesią sieną. Jis tikėjęsis vietoj baltos sienos pamatyti nuspalvintą vaivorykštės spalvomis. „Koks buvo mano nustebimas, — rašė Gėtė, — kai balta siena, žiūrint į ją pro prizmę, liko, kaip ir anksčiau, balta, ir tik ten, kur ji ribojosi su kuo nors tamsiu, buvo matoma vienokia ar kitokia spalva, tad lango rėmai rėdėsi labiausiai spalvoti, tuo tarpu šviesiai pilkame danguje nebuvo matyti jokių spalvų pėdsakų. Man nereikėjo ilgai galvoti, kad suprasčiau, jog spalvai atsirasti būtina riba, ir, tarytum vedamas nuojautos, aš iš karto pareiškiau garsiai, kad Niutono mokymas klaidingas“. Taigi turėdamas neteisingą dispersijos supratimą (iš tikro prizmė išskiria į atskirų spalvų spindulius tik siaurą spindulių pluoštą, o jei pluoštas platus, kaip baltos sienos atveju, tai įvairių spalvų spinduliai vėl susimaišo tarpusavyje), Gėtė suabejojo pačia Niutono teorija ir paskubėjo pasiūlyti savąją, kad balta spalva yra pirminė, o kitos spalvos atsiranda dėl baltos šviesos išsklaidymo neskaidriose aplinkose.

Šis pasakojimas pagrįstas tikrais faktais, tačiau jis neatskleidžia pagrindinių Gėtės kovos prieš Niutoną priežasčių. O jos slypi meninio ir mokslinio mąstymo skirtin-gume. Nors Gėtė ir domėjosi įvairiomis mokslo problemomis ir netgi padarė vertin-gų atradimų empiriniuose moksluose — morfologijoje, anatomijoje ir kt., jis visų pirma buvo genialus menininkas. Helmholtzas (*Helmholtz*) rašė apie Gėtę: „Jis stengiasi suprasti gamtą ne loginėmis sąvokomis, o žiūri į ją kaip į tobulą meno kūrinį, kuris pats turi atskleisti savo dvasinį turinį imliam stebėtoju“. Gėtė tikėjo, kad suprasti gamtą galima tik kaip gyvą visumą. Jis nepasitikėjo prietaisais, pakeičiančiais tiesioginį santykį tarp žmogaus ir gamtos. Net ir būdamas trumparegis, Gėtė nenešiojo akininių, jam net buvo nemalonu šnekėti su žmogumi, užsidėjusiu akinius.

Gėtė manė, kad „žmogus ... yra nuostabiausias ir pats tiksliausias iš visų gali-mų fizikos aparatų; didžiausia naujosios fizikos bėda, kad eksperimentai tarsi atskirti

nuo žmogaus, ir žmonės pažįsta gamtą tik naudodamiesi dirbtiniais instrumentais, tokiu būdu apribodami netgi tai, ką ji galėtų sukurti“. Pasaulis, suvestas į materialias priežastis, jam esą primena triukšmingą ir dulkiną audimo fabriką. Gėtė nemėgo matematikos, nors ir pripažino jos nuopelnus. Jam atrodė, jog fizikai, naudodamiesi matematinėmis formulėmis, atitrūksta nuo realaus pasaulio, tiria jo formą, o ne turinį. Gėtės siūlomas mokslinio pažinimo kelias – tai reiškinio išskyrimas iš atsitiktinumų ir smulkmenų, gryno reiškinio, arba, naudojantis Gėtės terminu, profenomeno nustatymas. „Už reiškinių nebėra ko ieškoti“ – tai lyg vaiko bandymas pažiūrėti, kas yra kitoje veidrodžio pusėje.

Tas idėjas Gėtė pritaikė naujai spalvų teorijai – chromatikai sukurti.

Gėtė neduoda jokio šviesos apibrėžimo – jis mano, kad šviesa, kaip ir dvasia, yra pirminė sąvoka. Pagrindinė šviesos savybė – jos priešingumas tamsai. Gėtė įsitikinęs, jog „aiškia, švaria, amžinai nesudrumstą šviesą laikyti esant sudaryta iš tamsių šviesų“ – tai „absurdiška klaida“. Stebėdamas įvairius optinius reiškinius, jis priėjo išvadą, kad spalvota šviesa yra iškreipta balta šviesa (išsklaidyta neskaidrių aplinkų) – tai ir yra šviesos profenomenas. Be fizinių spalvų, būdingų pačiai šviesai, Gėtė dar išskyrė chemines spalvas, būdingas kūnams, ir fiziologines spalvas, kurios atsiranda šviesai ir kitiems dirgikliams veikiant akis. Būtent šviesos regėjimo fiziologijos ir psichologijos srityje Gėtė, būdamas atidus stebėtojas, ir padarė svarbių atradimų; neatsitiktinai žinomi fiziologai J. Purkinė (*Purkyne*) ir J. Miuleris (*Müller*) laikė save jo mokiniais. Gėtės spalvų teoriją labai vertino filosofai G. Hegelis (*Hegel*) ir A. Šopenhaueris (*Schopenhauer*), dailininkas F. Rungė (*Runge*) ir kiti humanitarai. Tuo tarpu fizikai, iš kurių Gėtė laukė didžiausios reakcijos, netgi nepradėjo polemikos.

Istorija parodė, kad teisus buvo Niutonas. Gėtės šviesos mokslas – tai tik vienas iš jo meno kūrinų.

VILNIETIŠKAS IR TARPTAUTINIS METRAS

„Mokslas prasideda nuo matavimo“ – sakė D. Mendelejevas. Metrinės sistemos įvedimas „visiems laikams ir visoms tautoms“ buvo svarbus įvykis fizikoje. Kodėl buvo pasirinktas būtent toks ilgio matavimo vienetas? Kuo metro pavadinimas susijęs su Vilniumi?

Šešiolika žmonių sustodavo vienas už kito taip, kad vieno žmogaus kojų pirštai siektų kito žmogaus kojų kulnis. Šį atstumą padalydavo į 16 dalių — taip viduramžiais Europoje buvo nustatomas ilgio vienetas — pėda. Lietuvoje ligi XVI a. atstumas irgi buvo matuojamas pėdomis, taip pat sieksniais (tarpas tarp išskėstų rankų pirštų galų), uolektimis ($1/3$ sieksnio) ir lietuviškomis myliomis (28 500 pėdų); vėliau buvo įvesti lenkiški ir rusiški vienetai.

XVII a. matų netikslumas bei skirtingumas įvairiose šalyse ir netgi tos pačios šalies įvairiuose miestuose ėmė labai kliudyti mokslui ir prekybai. Kilo mintis įvesti natūralius matus, susijusius su daiktais, kurių dydis nekintamas.

Po to, kai buvo nustatyti svyruoklės judėjimo dėsniai, kilo mintis ilgio vienetu imti sekundinės svyruoklės (kurios svyravimo periodas lygus 1 s) ilgį. Anot Hiuigenso, šį pasiūlymą pateikęs kažkuris iš Londono karališkosios draugijos narių, tačiau, atrodo, dar anksčiau jį iškėlė Krokuvos universiteto profesorius Stanislovas Pudloviskis. Jo kolega Titas Livijus Buratinis (*Burattini*), vėliau tapęs Lenkijos karaliaus ir Lietuvos didžiojo kunigaikščio Jono Kazimiero sekretoriumi ir pinigų kalyklos vedėju, 1675 m. Vilniuje išleido knygą „Universalusis matas...“; joje jis siūlė įvesti universalią vienetų sistemą, kurios pagrindas — matas, jo pavadintas metru (graikiškai *metron* — matas). Taigi Buratinio siūlomas metras būtų turėjęs apie 24,8 dabartinių centimetrų.

Beveik tuo pat metu prancūzų astronomas G. Mutonas (*Monton*) pasiūlė ilgio vienetu laikyti Žemės dienovidžio 1 minutės lanko ilgį ir sudalyti jį dešimtainėmis dalimis. Šis matas prigijo tik navigacijoje, kur jis buvo pavadintas jūrų mylia.

Per sekantį šimtmetį buvo sukurta nemažai visuotinių matų projektų ir dar daugiau juos išjuokiančių pamfletų. XVIII a. pabaigoje Prancūzija, JAV ir Anglija bandė susitarti dėl tarptautinės matų sistemos įvedimo, bet, pablogėjęs santykiams tarp Prancūzijos ir Anglijos, derybos nutrūko.

Prancūzijos Nacionalinis susirinkimas 1790 m. priėmė dekretą dėl matų sistemos reformos. Ją parengti buvo pavesta Paryžiaus Mokslų akademijai. Komisija, kurią sudarė akademikai Ž. Lagranžas (*Lagrange*), P. Laplasas (*Laplace*), G. Monžas (*Monge*), Ž. Borda (*Borda*) ir Ž. Kondorse (*de Condorcet*), pateikė projektą, kuriame buvo siūloma ilgio vienetu priimti vieną keturiasdešimt milijonąją dalį Žemės dienovidinio ir vadinti jį metru (komisijos nariai, regis, nežinojo apie Buratinio knygą ir nepriklausomai pasiūlė tą patį pavadinimą). Kodėl vienetu buvo parinktas dydis, kurio tiksli vertė tuo metu nebuvo žinoma, o ne sekundi-

nės svyruoklės ilgis tam tikroje platumoje? Komisija nurodė keletą motyvų, vienas iš jų toks: šis vienetas bus suprantamesnis visuomenei. Tačiau sklido gandai, kad komisijos sprendimą nulėmęs Laplasas, kuriam reikėjo tikslių Žemės dydžio duomenų astronominiams skaičiamams atlikti. Jei šis pasakojimas teisingas, tai Laplaso gudrybė pavyko: karalius metro ilgiui nustatyti skyrė 100 000 livrų. Buvo nutarta išmatuoti geodezinės trianuliacijos metodu dienovidinį, einantį pro Paryžių nuo Prancūzijos miesto Diunkerko šiaurėje ligi Ispanijos miesto Barselonos prie Viduržemio jūros — apie 100 km atstumą. Metus laiko Borda kūrė reikalingus geodezinius instrumentus. Tuo metu prasidėjo Didžioji Prancūzijos revoliucija. Mokslininkai, vaikštinėję po laukus su kažkokiais keistais prietaisais, ne kartą buvo palaikyti karaliaus ar užsienio šnipais, ir tik Konvento išduoti leidimai juos gelbėjo nuo sušaudymo. Prasidėjęs karas tarp Prancūzijos ir Ispanijos atkirto grupę, vykdžiusią darbus Ispanijos teritorijoje. Nors Prancūzijos revoliucinė vyriausybė labai ragino, darbai niekaip nepriėjo pabaigos, todėl 1793 m. buvo nutarta įvesti laikiną metrą, parėmtą ankstesniais matavimais, ir svorio vieneta — kilogramą — kaip 1 dm³ vandens svorį 4°C temperatūroje. Tais metais iš komisijos buvo pašalinti visi nariai, išskyrus Lagranžą, kaip „nekeliantys pasitikėjimo dėl respublikoniško šaunumo ir neapykantos karaliui stokos“. Naujieji matai, pavadinti respublikoniškais, buvo įvesti 1795 m., bet kartu leista naudotis ir senais, kol bus pagamintas pakankamas etalonų skaičius. Pagaliau 1798 m. dienovidinio matavimas buvo baigtas. Tikrasis metras pasirodė esąs 0,3 mm trumpesnis už laikinąjį.

Metrinę sistemą išplatino Napoleonas savo žygių Europoje metu. Vis dėlto tikrai tarptautine sistema ji tapo tik 1875 m., septyniolikai šalių pasirašius metrinę kon-



1.15 pav. Metras, kuris 1799 m. buvo įtaisytas sienoje Vožiraro (Vaugirard) gatvėje Paryžiuje, kad kiekvienas norintis galėtų palyginti savo ilgį vieneta su etalonu.

vencijā. Kad po kiekvieno tikslesnio dienovidinio matavimo netektu keisti mato, buvo atsisakyta metro ryšio su dienovidinio ilgiu, ir metro bei kilogramo etalonais buvo priimti pavyzdžiai, saugomi Tarptautiniame matų ir saikų biure netoli Paryžiaus. Ilgainiui ir šis metro apibrėžimas pasirodė esąs netikslus — buvo pastebėta, kad etaloninio metro kopijos, esančios įvairiose šalyse, per keliasdešimt metų ėmė skirtis maždaug 1 mikrono dydžiu. 1960 m. XI Generalinė matų ir saikų konferencija nutarė metru laikyti kriptono izotopo oranžinės šviesos bangos ilgį, padauginant iš 1 650 763,73. 1983 m. metro apibrėžimas buvo dar kartą pakeistas: dabar juo vadinamas atstumas, kurį plokščioji elektromagnetinė banga nusklinda vakuume per 1/299792458 sekundės.

Lietuvoje metrinė sistema buvo įvesta tik 1920 m. Betgi Lietuva buvo toli gražu ne paskutinė šalis, priėmusi šią sistemą: Japonija ją įvedė tik 1951 m., Indija 1956 m., Kinija 1959 m., o Anglija ir JAV, vienos pirmųjų universalios sistemos iniciatorių, tik dabar atsisisveikina su savo tradiciniais coliais, jardais ir myliomis.

KODĖL GALVANO VARDU PAVADINTI NE JO IŠRADIMAI?

Galvanometrą — prietaisą silpnoms elektros srovėms matuoti — išrado ne italų mokslininkas L. Galvanis (Galvani), o A. Amperas (Ampere). Elektros srovės šaltinį — galvaninį elementą — pirmasis sukonstravo A. Volta (Volta). Magnetinio lauko įtaka elektros srovei vadinama galvanomagnetiniu reiškiniu, nors Galvanis jo net nenagrinėjo. Kodėl, už kokius nuopelnus Galvanio vardu buvo pavadinti ne jo padaryti išradimai ir atradimai?

Luidžis Galvanis buvo Bolonijos universiteto (Italija) anatomijos profesorius. Jis keliolika metų tyrinėjo varlės raumenų sandarą bei jų judesius. Varlės raumuo susitraukdavo tekant per jį elektros srovei (vieną raumens galą sujungus su Leideno stikline ar kitu įelektrintu kūnu). Kartą bandymų metu Galvanis atsitiktinai pastebėjo, kad varlės raumuo susitraukė tiesiogiai jo neveikiant elektrai, tik tame pačiame kambaryje šokus elektros kibirkščiai. Susidomėjęs tuo reiškiniu, Galvanis atliko daug bandymų. Jam padėjo kitas atsitiktinumas. Preparuotas varlės

raumuo buvo pakabintas ant varinio kabliuko. Galvanis palietė plieniniu skalpeliu kitą raumens galą ir tuo pat metu skalpeliu užkliudė kabliuką. Sujungus šią grandinę raumuo—kabliukas—skalpelis, raumuo staiga susitraukė, nors tuo metu laboratorijoje nevyko elektros iškrova, o į grandinę nebuvo įjungtas elektros šaltinis.

Galvanis padarė išvadą, kad jis atrado naujos rūšies „gyvulinę elektrą“. Ją sukuria raumenys ir nervai, o sujungus juos laidininku, įvyksta elektros iškrova.

Galvanio bandymai sukėlė didelį mokslininkų ir visuomenės susidomėjimą. Galvanio tėvynainis fizikas Alesandras Volta irgi entuziastingai sveikino šį atradimą, tačiau atlikęs jo nuodugnų patikrinimą, įsitikino, kad Galvanio išvada neteisinga. Varlės koją buvo galima pakeisti elektros srovei laidžiu skysčiu, pavyzdžiui, druskos rūgšties tirpalu. Įkišus į jį dviejų skirtingų metalų strypelius ir sujungus juos laidu, juo ima tekėti silpna elektros srovė. Tuo būdu Volta sukūrė pirmąjį elektros srovės šaltinį.

Taigi Volta įrodė, kad Galvanio atrasta elektra nėra biologinė ar gyvulinė elektra. Vis dėlto Volta nepaneigė hipotezės, kad tokiu būdu gaunama elektra skiriasi nuo elektros mašinoje trynimu sukuriamos elektros. Voltos sukonstruotas silpnas elektros šaltinis nesukeldavo elektros smūgio žmogui, bet, antra vertus, ilgalaikė tokio šaltinio srovė įgalino stebėti elektrocheminius reiškinius (kai kurių skysčių disociaciją, metalų oksidaciją), kurie nebuvo aptinkami, greitai išsikraunant Leideno stiklinei. Įvairiu būdu gaunamos elektros tapatingumą galutinai įrodė tik M. Faradėjus maždaug po trisdešimties metų.

Tuo tarpu XIX a. pradžioje Galvanio ir Voltos atradimai sukėlė elektros srovės tyrinėjimų „bumą“. Visus reiškinius, kurie buvo stebimi naudojantis Voltos sukurtu elementu bei tokių elementų baterijomis, imta vadinti galvanizmu. Tad Amperas, sukūręs prietaisą silpnoms elektros srovėms matuoti, jį pakrikštijo galvanometru. Pats elektros srovės šaltinis, iš pradžių vadintas išradėjo vardu, vėliau virto galvaniniu elementu.

Įrodžius, kad galvanizmas nėra atskira elektros reiškinių sritis, tas bendras pavadinimas išnyko, bet jo vediniai fizikoje išliko. Jie įamžina ne tiek L. Galvanio atradimą, kuris buvo atsitiktinis ir neteisingai supastas, kiek jo sukeltų atradimų virtualią, istorinį elektros tyrinėjimų laikotarpį, susietą su jo vardu.

KODĖL SCHOLASTIKA VILNIAUS UNIVERSITETE IŠLIKO LIGI XVIII A. PABAIGOS?

Kodėl scholastinė fizika, paremta Aristotelio veikalų komentavimu, buvo dėstoma Vilniaus universitete net ligi XVIII a. pabaigos, t. y. praėjus daugiau kaip šimtui metų po Galilėjaus ir Niutono atradimų, o fizikos mokslas suklestėjo šiame universitete tik XIX a. pradžioje?

Vilniaus universitetą 1579 m. įsteigė jėzuitai kovai su reformacija, jo pilnas pavadinimas buvo Vilniaus Jėzaus draugijos akademija ir universitetas (lot. *Alma academia et universitas Vilnensis societatis Jesu*). Universiteto profesoriai buvo jėzuitų ordino nariai, jie turėjo laikytis parengtų programų ir ordino vadovybės nurodymų. Tad ligi jėzuitų ordino panaikinimo XVIII a. pabaigoje Vilniaus universitete fiziką dėstė filosofijos profesoriai kaip Aristotelio sistemos dalį – gamtos filosofiją. Vis dėlto studentai buvo mokomi argumentuoti, ginčytis, ginti nagrinėjamus teiginius, o ne „kalti“ pateikiamas žinias. Per paskaitas buvo kalbama ir apie naujus fizikos pasiekimus, dažniausiai juos kritikuojant arba aiškinant kaip galimas neįrodytas hipotezes. Kai kurie profesoriai tokiu būdu suteikdavo galimybę studentams patiems įsitikinti naujosios fizikos reikšmingumu. Tad praėjus keliolikai metų po Galilėjaus astronominių atradimų, prof. T. Rostoga jau minėjo juos savo paskaitose. Netrukus Vilniaus universitete buvo gautas pirmasis teleskopas ir prof. O. Kriugeris (*Krüger*) su studentais atlikdavo dangaus šviesulių stebėjimus. Yra žinoma, kad šis žymus matematikas ir fizikas gynė M. Koperniko heliocentrinę sistemą. Jis išugdė būrį talentingų mokinių – J. Rudaminą-Dusetiškį, A. Diblinskį, J. Młodzianovskį, K. Semenavičių. Pastarasis parašė veikalą „Didysis artilerijos menas“, kuriame iškėlė daugiapakopės raketos idėją.

Nuo XVIII a. vidurio, kai Vilnių užėmė Rusijos kariuomenė, visą šimtmetį mūsų sostinė ir jos universitetas kentėjo nuo karų ir epidemijų. Tik XVIII a. antroje pusėje Vilniaus universitete prasidėjo labai pavėluotas fizikos atgimimas. Profesoriai A. Skorulskis ir B. Dobševičius jau nagrinėjo Niutono mechanikos dėsnius, aptardavo įdomiausius O. Gėrikės, R. Boilio ir kitų fizikų bandymus, nors, laikydamiesi nurodymų, teigdavo, kad Aristotelio filosofija yra bendresnė negu naujosios fizikos teorijos. 1752 m. iš užsienio stažuotės į Vilnių grįžęs universiteto dėstytojas T. Žebrauskas

įkūrė eksperimentinės fizikos kabinetą; elektros, pneumatikos ir kiti bandymai buvo demonstruojami ne tik studentams, bet ir Vilniaus visuomenei. Po dešimtmečio prancūzas Ž. Flerė pradėjo skaityti atskirą eksperimentinės fizikos kursą.

Vis dėlto naujoji fizika Vilniaus universitete buvo visiškai įteisinta tik po jėzuitų ordino panaikinimo 1773 m., universitetui tapus pasaulietine Vyriausiąja Lietuvos mokykla. Joje buvo įkurta fizikos katedra, o vėliau ir atskiras fizikos ir matematikos fakultetas. Pirmuoju fizikos katedros vadovu buvo paskirtas J. Mickevičius, poeto A. Mickevičiaus dėdė. Istorikas M. Balinskis vadino jį Lietuvos fizikos tėvu, nes „nors jis žinomų veikalų ir nesukūrė, bet turi daug nuopelnų praktiškai pritaikant fizikos žinias amatuose ir pramonėje. Jo dėka šalyje paplito technologija“. J. Mickevičiaus vadovaujamas fizikos ir matematikos fakultetas tapo didžiausiu universitete. 1803 m. universiteto taryba skyrė 5000 rublių fizikos kabinetui, „atitinkančiam šiuolaikinį mokslo lygį“, sukurti. Paryžiuje buvo nupirkta daug naujų prietaisų. Į Vilnių grįžo S. Stubelevičius, kuris keletą metų stažavo Vakarų Europos šalyse. Jis pradėjo tyrinėti elektrinius ir magnetinius reiškinius. Po jo ankstyvos mirties fizikos laboratoriją plėtė F. Dževinskis. Deja, fizikos darbai Vilniuje nutrūko 1832 m., kai po sukilimo prieš caro valdžią universitetas buvo uždarytas.

STUBELEVIČIUS — ELEKTROS IR MAGNETIZMO BYSIO ATRADĖJAS?

Lietuvos spaudoje ne kartą buvo rašyta, kad senojo Vilniaus universiteto profesorius Steponas Stubelevičius stebėjo elektros srovės poveikį magnetinei rodyklei anksčiau negu H. Erstedas (Oersted), o elektromagnetinę indukciją aptiko anksčiau negu M. Faradėjus (Faraday) — apie tai esą liudija jo nespausdinti užrašai. Ar iš tikrųjų yra pagrindo S. Stubelevičių pripažinti ryšio tarp elektros ir magnetizmo reiškinių atradėju?

Steponas Stubelevičius, kilęs iš Volynės bajorų šeimos, baigė Vilniaus universitetą, keletą metų dirbo mokytoju, o vėliau — adjunktą Universiteto fizikos katedroje. 1802–1804 m. jis tobulinosi Paryžiaus universitete, lankėsi kituose Vakarų Europos universitetuose. Kaip tik tuo metu, po garsių L. Galvanio bandymų su elektra, jo tėvynainiui A. Voltai 1799 m. išradus elektros srovės šaltinį, prasidėjo spar-

tūs elektros srovės tyrimai, buvo nagrinėjamas elektros srovės cheminis, fiziologinis, šiluminis veikimas. S. Stubelevičius susipažino su naujausiais tos srities darbais (jis ir anksčiau buvo domėjęs elektros reiškiniais, skaitęs paskaitų Vilniaus visuomenei apie elektrą ir magnetizmą).

Grižęs į Vilnių, S. Stubelevičius ėmė naujoviškai dėstyti universitete fizikos kursą, pasitelkdamas matematiką, demonstruodamas studentams įvairius bandymus. Jis labai išplėtė kabinetą, parsisiųsdino fizikos prietaisų iš užsienio, taigi atsirado galimybių ir jam pačiam imtis mokslinių darbų, ypač elektros tyrinėjimų.

Tuo metu viena iš įdomiausių fizikos problemų buvo elektros ir magnetizmo reiškinų ryšys. XVII ir XVIII amžiais vyravo V. Gilberto paskleista nuomonė, kad tai esą skirtingi reiškiniai. Tačiau XVIII a. antroje pusėje buvo gauta netiesioginių liudijimų, kad elektra ir magnetizmas tarpusavyje susiję: pastebėta, kad žaibas kartais įmagnetina geležį, o Franklinui ir Bekarijai pavyko ją įmagnetinti ir naudojantis Leideno stiklinės iškrova. Elektriniai ir magnetiniai reiškiniai buvo aiškinaami specialių substancijų — elektrinio ir magnetinio skysčių — egzistavimu, ir atrodė tikėtina, kad tai galėtų būti tos pačios substancijos skirtingi pasireiškimai.

S. Stubelevičius irgi ieškojo šio ryšio, tačiau darbų apie jo atradimą nepaskelbė. Tad 1973 m. „Moksle ir gyvenime“ atspausdintame P. Vitkevičiaus straipsnyje „Elektromagnetinių reiškinų tyrimo pradininkas“ buvo pranešta sensacinga žinia: „Atlikdamas daug eksperimentų su Voltos baterija, kompasais, Leideno stiklinėmis bei elektros mašinomis, Stubelevičius pastebėjo, kad, judinant uždara geležinį strypelį tarp magneto polių, jame atsiranda elektros srovė, kuri pasuka kompasą rodyklę. Jis nustatė, kad kompasą rodyklės atsilenkimo kampas priklauso nuo magneto dydžio ir jo galingumo“. Anot straipsnio autoriaus, S. Stubelevičius pranoko M. Faradėjų ir H. Erstedą. Deja, P. Vitkevičius nenurodė, kokiais šaltiniais remdamasis jis padarė tokią išvadą; kitoje publikacijoje — konferencijos tezėse — nurodė šaltinį, bet jame ... iš viso neminimi Stubelevičiaus darbai.

Nuo seno pas mus pasitikėjimas spausdintu žodžiu yra didelis. Tad žinia apie Stubelevičiaus bandymus, neretai dar labiau juos sureikšminus, buvo pakartota kituose straipsniuose ir net knygoje.

S. Stubelevičiaus archyvas po Vilniaus universiteto uždarymo 1832 m. kartu su kai kuriomis kitomis knygomis ir rankraščiais buvo išvežtas į Kijevą. Svetur pakliuvusios kultūrinės vertybės retai grįžta atgal. Vis dėlto Stubelevičiaus rankraščiams likimas buvo palankus: 1985 m. jie sugrįžo į Vilnių, o dar po dešimtmečio doktoran-

tė R. Kivilšienė užsiėmė jų tyrinėjimu. Atidžiai peržiūrėjusi visą archyvą, ji nerado jokių nespausdintų Stubelevičiaus užrašų apie bandymus, įrodančius elektrinių ir magnetinių reiškinių ryšį. Priešingai, iš jo rankraščių matyti, kad tokio ryšio jis nebuvo nustatęs. Stubelevičiaus tyrimų išvada tokia: „Magnetinio ir elektrinio skysčių veikimai, atrodo, valdomi tokių pačių dėsnių, tačiau tų skysčių prigimtis ir ypatingai jų savybės, matyt, juos vieną nuo kito labai skiria“. Stubelevičius daugiausia tyrinėjo elektros taikymus medicinoje ir parašė veikalą „Elektros įtaka gyvūnų būsenai“, kuris buvo išleistas po jo ankstyvos mirties, sulaukus vos 52 metų.

Taigi pranešimas, kad Stubelevičius buvo Erstedo ir Faradėjaus pirmtakas, pasirodė esanti tik išgalvota istorija. Aišku, tai nesumenkina tikrai reikšmingų S. Stubelevičiaus darbų — jis iš esmės atnaujino fizikos dėstymą Vilniaus universitete, parašė pirmąjį Lietuvoje išleistą fizikos vadovėlį aukštajai mokyklai, išplėtė universiteto fizikos kabinetą, išugdė keletą žinomų mokslininkų.

MOKSLINIAI TYRIMAI GEDUČIŲ DVARIE

1785 m. sausio 25 d. penkių dienų amžiaus vaikas juokais buvo priimtas Leipcigo universiteto studentu. Vokiečių rašytojas Kristianas Feliksas Veizė rašė vaiko tėvui Lietuvos bajorui Evaldui Grotui: „Kuo taps Jūsų vaikas, mano drauge? Didelė naujiena! Jūsų mažasis princas jau studentas! Ką tik mokyklos sargas atnešė man iš pono rektoriaus dr. Moraus matrikulą. Koks triukšmas kils namie Jūsų žemiečių tarpe, kai parsivešite tokį mokytą sūnų! O jeigu jis kada nors vėl atvyks į savo gimtąjį miestą, tai niekas negalės jo vadinti fuksu, o magistro promocijas jis visada atliks be eilės kaip labai senas kandidatas... Vadinasi, jau yra visos prielaidos, kad brangus sūnelis taptų dar mokytesnis už savo tėvą...“

Kaip susiklostė šio vaiko, taip anksti pradėjusio savo „moksline“ karjerą, gyvenimas?

Veizės pranašystės išsipildė. Tas vaikas, Kristianas Johanas Ditrichas Grotus, vėliau vadinęsis Teodoru Grotumi, tapo žymiu fiziku ir chemiku, bene vieninteliu Lietuvos mokslininku, kurio darbai minimi solidžiose pasaulinės fizikos istorijose.



1.16 pav. Teodoras Grotus – pirmosios elektrolizės teorijos kūrėjas.

Šis atsitiktinumas juo nuostabesnis žinant, kad jo giminėje, kilusioje iš XV a. Livonijos riterio Oto Grotaus, o vėliau valdžiusioje žemes Kurliandijos hercogystėje ir Lietuvos šiaurėje, buvo daug kariškių, diplomatų bei politikų ir bene tik vienas jo senelis Evaldas Ditrichas domėjosi gamtos mokslais.

Kartais, patikėjęs pranašyste, daroma visa, kad tik ji išsipildytų. Šiuo atveju buvo priešingai: tėvui anksti mirus, motina tekėjo antrą ir trečią kartą, o berniuku rūpinęsis auklėtojas draudė jam atlikinėti bandymus ir naikino jo prietaisus. Vis tik smalsus berniukas, augęs nuošaliame Gedučių dvare Lietuvos šiaurėje, susipažino su netolimo Mitavos (Jelgavos) miesto vaistinės pameistriu Henriku Bideriu ir, šiam parūpinant reikalingų medžiagų ir prietaisų, slapta darė bandymus. Tiesa, jo aistra nebuvo tokia vienpusiška – jis mėgo ir piešti, turėjo neabejotiną muziko talentą, daug skaitė.

1803 m. aštuoniolikmetis jaunuolis išsiunčiamas mokytis į Leipcigą ir tampa universiteto studentu *de facto*. Tačiau čia jam nepatiko: smalsaus proto netenkino žemas fizikos ir chemijos dėstymo lygis, ir jis išvyko į tuometinį mokslo centrą Paryžių. Garsioje Politechnikos mokykloje Grotus, kaip laisvas klausytojas, lanko garsių mokslininkų Bertolė (*Berthollet*), Vokleno (*Vauquelin*), Furkrua (*Fourcroy*) paskaitas, be to, jis klauso paskaitų Gamtos istorijos muziejuje, medicinos fakultete, Botanikos sode. Deja, tai trunka tik metus – Grotus suserga, bręsta Prancūzijos karas su Rusija, ir jis išvyksta į Neapolį.

Italijoje Grotus susidomi elektrolize – procesais, kurie vyksta tekant elektros srovei druskų ar rūgščių tirpalais, ir 1805 m. paskelbia pirmąjį savo mokslinį darbą „Apie vandens ir jame ištirpintų medžiagų suskaldymą galvantine elektra“. Po metų darbą persispausdino vienas autoritetingiausių to meto žurnalų „Annales de chimie“, vė-

liau anglų ir vokiečių moksliniai žurnalai. Tai, ką nesėkmingai bandė paaiškinti to meto garsenybės Monžas, Bertolė, pavyko studentui: jis sukūrė pirmąją elektroli- zės teoriją. Grotus iškėlė idėją, jog molekulės yra sudarytos iš dviejų priešingai įelektrintų dalių, taigi nuspėjo jonų egzistavimą. Šių dienų mokslo požiūriu Gro- taus elektrolizės teorija gana apytikslė, tačiau ji atitiko ir net pralenkė savo metą. Po trisdešimties metų Faradėjaus pasiūlyta teorija, anot žinomo fizikos istoriko M. Ljocio (*Gliozzi*), „labai panaši į Grotaus teoriją, tik gerokai dirbtinesnė“.

Grotus tęsė bandymus Romoje, vėliau Paryžiuje, 1807 m. jis išrenkamas Pary- žiaus galvaninės draugijos garbės nariu, 1808 m. — Turino mokslų ir menų akade- mijos nariu korespondentu. Atrodo, tolesnis jo kelias aiškus: profesūra, moderni laboratorija, mokiniai, garbė. Juk elektros srovės tyrimai dar tik prasideda, čia tiek paslapčių, tiek reiškinių, laukiančių savo atradėjo. Tačiau 1808 m. Teodoras Grotus paliko Vakarų Europą ir visiems laikams apsigyveno nuošaliame Gedučių dvare (išskyrus priverstinį pasitraukimą karo metais pusmečiu į Peterburgą). Kodėl? Matyt, pagrindinė priežastis buvo jo pašlijusi sveikata, gal ir noras ramiai atsidėti darbams toliau nuo Napoleono karų sūkuriu. Iš tikrųjų, dvare jis organi- zuoja laboratoriją ir vienas, kartais pasitelkdamas sumanų baudžiauninką Petrą, atlieka bandymus. Galima manyti, jog tokiomis sąlygomis jo mokslinė veikla turėjo greitai užgęsti. To neįvyko — Grotus rimtai dirbo ligi pat ankstyvos mirties. Tiesa, jis nuo fizikos nukrypo dar labiau į chemiją: tyrė šviesos ir elektros cheminį veiki- mą, dujų mišinių užsidegimo procesus ir čia padarė svarbių atradimų. Grotus ne- buvo visiškai atsiskyrėlis — jis palaikė ryšius su kai kuriais ankstesniais pažįsta- mais, buvo aktyvus Kurliandijos literatūros ir meno draugijos narys, bet šiaip ar taip jo likimas dar kartą įrodo, kad mokslininkas, dirbantis nuošaliai nuo svar- biausių mokslo centrų, negali atskleisti visų savo gabumų, o jo darbai lieka mokslo raidos šalikelėje. Stokodamas reikalingų prietaisų, Grotus negalėdavo patikrinti savo idėjų arba darydavo išvadas, nežinodamas naujausių darbų, remdamasis netiksliais rezultatais — ir tas išvadas kartais tekdavo atšaukti. Jis skaudžiai išgy- veno menką savo darbų rezonansą. Be to, Grotaus darbui kliudė karo metų nelai- mės, sunki paveldėta liga. 1822 m., eidamas 38 metus, jis nusišovė.

Važiuojant iš Pasvalio į Žeimelį, verta pasukti senuoju Plonėnų vieškeliu į Gedučių kaimą. Buvusią dvarvietę žymi kelios šimtametės liepos ir ažuolas prie kelio. 1972 m., minint T. Grotaus 150-ąsias mirties metines, čia pastatytas paminklinis akmuo. Spe- ciali ekspedicija ieškojo mokslininko kapo vietos, bet jos nepavyko aptikti.

MOKSLINIS KONKURSSAS, KURĪ LAIMĒTI PADĒĀJO PRIEŠINĀKAI

XIX a. pradžioje fizikoje vyravo Niutono ģtvirtinta nuomonē, kad šviesa – tai daleliu (korpuskulu) srautas. Ogiustenui Freneliui (Fresnel), suformulavusiam bangu šviesos difrakcijas teorijā, būtu teke ilgai laukti pripažinimo, jeigu ne konkurssas, kurį laimēti jam padējo jo priēšininkai. Koku būdu Frenelio darbo kritika, užuot pakenkusi jam, pasitarnavo jo teorijos triumfui?

1818 m. Paryžiaus mokslu akademija paskelbe konkursā didžiajam matematinu mokslu prizui gauti. Tema buvo suformuluota taip:

„1. Tiksliais bandymais nustatyti visus tiesioginiu ir atspindetu šviesos spinduliu difrakcijos efektus, spinduliams praeinant vienu metu arba atskirai arti vieno ar keliu kūnu, ribotu ar begaliniu, atsižvelgiant į atstumus tarp tu kūnu, taip pat į atstumā ligi šviesos šaltinio, iš kurio sklinda spinduliai.

2. Iš tu bandymu matematinēs indukcijos būdu nustatyti spinduliu judėjimą, jiems sklindant arti kūnu.

Premija bus paskirta viešame posėdyje 1819 m., bet konkurssas baigsis 1818 m. rugpjūčio 1 d.; taigi memuarai turi būti pateikti ligi šio termino, kad juose aprašyti bandymai galētu būti patikrinti“.

Iš temos formulavimo bei istorinio įvado matyti, kad iš konkurso dalyviu buvo laukiama difrakcijos paaiškinimo, pagrįsto korpuskuline šviesos teorija. Tikrai, įtakingiausieji akademijos nariai fizikai Laplasas, Arago (*Arago*), Puasonas (*Poisson*), kaip ir daugelis kitu to meto fiziku, tebebuvo šios teorijos šalininkai. Jų įsitikinimo netrikdē amžiaus pradžioje paskelbti anglu gydytojo Tomo Jungo (*Young*) darbai, kuriuose jis difrakcijā ir paties aptiktā šviesos interferencijā aiškino kaip šviesos bangu išlinkimā ir užsiklojimā. Korpuskulistai šaipėsi iš diletanto, pretenduojančio taisyti net Niutonā, tačiau patys negalėjo pateikti tinkamos šių reiškiniu interpretacijos, nebent tik miglotā idėjā, kad aplink kūnus susidaro kažkokia atmosfera, iškreipianti šviesos daleles. Šiuo konkurssu ir tikėtasi paskatinti difrakcijos reiškiniu tyrimus, kurie lemtu galutinę korpuskulinēs teorijos pergale.

Į konkurso komisiją, be Laplaso, Bijo (*Biot*) ir Puasono, buvo įtrauktas garsėjęs savo sąžiningumu, bet dirbęs kitoje srityje Gei Liusakas (*Gay-Lussac*) bei banginės teorijos šalininkas Arago. Pastarasis ėmė rūpintis, kad konkursui būtų pateiktas kurio nors Jungo šalininko darbas. Tinkamiausias kandidatas jam atrodė esąs Ogjustenas Frenelis.

Pastarasis turėjo kelių ir tiltų inžinieriaus profesiją. Optika jis susidomėjo 1813 m., vadovaudamas trumpiausio kelio tarp Italijos ir Ispanijos tiesimui. Stokodamas laiko ir žinių, Frenelis gal ir būtų likęs diletantu, jei ne palankus atsitiktinumas. Napoleonui pabėgus iš tremties Elbos saloje ir išsikėlus Prancūzijoje, Frenelis prisijungė prie rojalistų kariuomenės, todėl Napoleono šimto dienų valdymo metu jis buvo ne tik pašalintas iš pareigų, bet ir ištremtas į provinciją. Pravažiuodamas pro Paryžių, Frenelis kažkieno protekcijos dėka užtruko čia keletą dienų ir išnaudojo tą laiką konsultacijoms su optikos specialistais. Nuvykęs į ištrėmimo vietą, Frenelis atsidėjo rimtiems difrakcijos reiškinių tyrinėjimams. Turėdamas tik primityviausius prietaisus, pasigamintus jo paties ir kaimo kalvio, jis sugebėjo pakartoti kai kuriuos Jungo atradimus, apie juos nežinodamas, ir netgi nueiti toliau. Ataskaitą apie šiuos darbus Frenelis pasiuntė Arago, ir pastarasis išrūpino Freneliui leidimą atvykti keliems mėnesiams į Paryžių. Tais metais Freneliui buvo leista padaryti pranešimą akademijos posėdyje, bet jo rezultatai, remiantys banginę šviesos teoriją, aišku, pritarimo nesulaukė. Grįžus į sostą Burbonams, Frenelis vėl galėjo užsiimti savo tiesioginiu darbu, ir jis išvyko iš Paryžiaus.

Frenelis nebuvo linkęs dalyvauti akademijos paskelbtame konkurse, bet Arago jį įkalbėjo. Matyt, nulėmė ta aplinkybė, kad Frenelis 1818 m. pavasarį gavo nuolatinį darbą Paryžiuje. Jis su užsidegimu ėmėsi bandymų. Laiške draugui tuo metu jis rašė: „...Mes su Fiulžansu (Frenelio jaunesnysis brolis) dirbame be poilsio: štai kodėl mes tau nerašom. Dėka Fiulžanso, kuris teikia man didžiulę pagalbą, aš galėsiu atlikti pakankamai įspūdingą skaičių bandymų ir skaičiavimų. Manau, kad man pavyko išspręsti visus difrakcijos teorinius sunkumus“.

Pusanтро šimto puslapių memuarą Frenelis įteikė anksčiau laiko. Jo devizas buvo „Natura simplex et fecunda“ („Gamta paprasta ir vaisinga“). Konkursui buvo pristatytas dar vienas darbas, tačiau jame pateikti bandymai buvo mažiau tikslūs, o paaiškinimai korpuskulinės teorijos požiūriu – gana migloti.

Komisijos narys Puasonas atidžiai išstudijavo Frenelio darbą. Visi bandymai ir skaičiavimai buvo be priekaištų. Būdamas puikus matematikas, Puasonas apskai-

čiao darbe pateiktus integralus mažo neskaidraus ekrano šešėlio centrui ir apsidžiaugė, gavęs prieštaraujantį tikrovei rezultatą — šešėlio centre turėjo būti šviesi dėmė, tarsi ekrano ir nebūtų. Vadinasi, galima eksperimentiškai įrodyti, kad teorija, aiškinanti difrakciją kaip šviesos bangų užlinkimą, yra klaidinga. Komisija pavedė Arago atlikti šį bandymą. Arago, pasikonsultavęs su Freneliu, gavo puikų difrakcinį vaizdą. Komisijos narių nuostabai, šešėlio centre iš tikrųjų buvo šviesi dėmė.

Šis bandymas padarė komisijai tokį didelį įspūdį, kad ji vieningai nutarė paskirti premiją Ogiustenui Freneliui.

Taip pusantro šimto metų trukęs ginčas tarp dviejų šviesos teorijų — korpuskulinės ir banginės — baigėsi pastarosios laimėjimu. O Frenelis netrukus tapo Paryžiaus mokslų akademijos nariu ir vienu iš optikos autoritetų. Deja, pavargęs nuo įtempto darbo jis mirė, teturėdamas vos 39 metus.

TRYS MOTERYS FARADĖJAUS GYVENIME

Kokį vaidmenį vaidina moterys vyro mokslininko gyvenime? Mokslų istorikas F. Velička straipsnyje „Trys moterys Maiklo Faradėjaus gyvenime“ teigė: „Kaip neutrinių spinduliavimas, ši įtaka tokia pat visuotinė ir skvarbi. Jei jau imtisi šios įtakos nagrinėjimo, tai vargu ar kur nors ji buvo ryškesnė, negu žymaus mokslininko M. Faradėjaus gyvenime“. Kas gi buvo tos trys moterys ir kurlink pakreipė jos Faradėjaus gyvenimą?

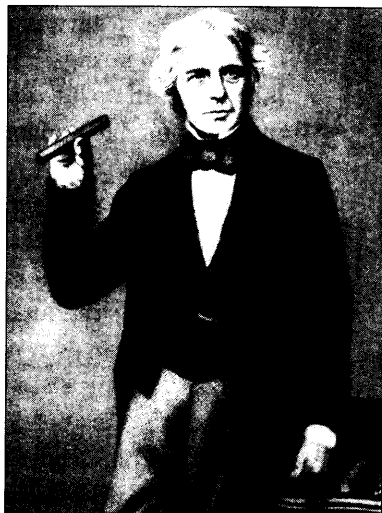
Maiklas Faradėjus augo kalvio šeimoje sunkiais karų laikais, todėl mokyklą jam teko lankyti tik keletą mėnesių. Trylikos metų berniukas pradėjo tarnauti pasiuntiniu knygyne, vėliau mokiniu knygrišykyje. Nors jo darbo diena tęsėsi nuo ryto ligi vakaro, Maiklas sugebėjo savarankiškai lavintis, skaitydamas įrišinėjamąs knygas. Jam į rankas pateko Ženi Marsė knyga „Pašnekesiai apie chemiją, kuriuose šio mokslo pagrindai suprantamai išdėstyti ir iliustruoti bandymais“. Ši rašytoja ir buvo pirmoji moteris, padariusi didžiulę įtaką tolesniam Faradėjaus gyvenimui. Knyga buvo parašyta labai vaizdžiai ir suprantamai — Marsė turėjo

neabejotīnā literatēs talentā, o per savo vyrā, žinomā fizikā ir chemikā Aleksandrā Marsē, buvo susipažinusi su chemijos pasauliu ne tik iš knygu, bet ir tiesiogiai bendraudama su mokslininkais. Apie knygos populiarumą galima spręsti iš to, jog per 40 metų Anglijoje buvo išleista net 16 jos leidimų, o vėliau išspausdinta JAV knyga, buvo išplatinta tais laikais milžinišku 160 000 egzempliorių tiražu. Knyga padarė didžiulį įspūdį Faradėjui – jis nutarė rimtai užsiimti chemija. Vėliau jis apie tai rašė: „Kai aš patikrinau ponios Marsė knyga eksperimentais, kurie man buvo įmanomi atlikti, ir paaiškėjo, kad jie atitinka faktus, kaip aš juos supratau, aš pajutau, kad išigijau patikimą inkarą chemijos žiniose ir tvirtai įsikibau į jį. Štai iš kur kilo mano gili pagarba poniai Marsė, visų pirma kaip žmogui, padovanojusiam man vienu metu naudą ir malonumą, o antra – sugebėjusiam teisingai perduoti jaunam, smalsiam, bet neišsilavinusiam protui pagrindus tos neapbrėpiamos žinių sferos apie gamtos reiškinių pasaulį“.

Po kelių dešimčių metų, kai Faradėjus jau buvo žymus mokslininkas, 76 metų Ženi Marsė atsiuntė jam laišką, prašydama žinių apie naujausius jo bandymus, kad galėtų papildyti eilinį savo knygos leidimą. Ž. Marsė galėjo didžiulis kadaise pažadinusi Faradėjų, kaip mokslininką.

1812 m. Faradėjus, daug lavinęsis savarankiškai ir išklauses žymaus chemiko Hemfrio Devio (*Davy*) paskaitų kursą, parašė šiam mokslininkui laišką apie savo norą užsiimti moksliniu darbu. Devis išrūpino jam laboranto etatą Karališkajame institute.

Per savo atkaklumą ir gabumus Faradėjus greitai tapo dešiniąja Devio ranka. Jo laimę kartino tik Devio žmona ledi Džen. Graži, bet irzli aristokratė, kamuojama tikrų ir įsivaizduotų ligų, ji iš karto ėmė neapkęsti išsišokėlio prasčioko ir stengėsi kiekviena proga jam pakenkti ir



1.17 pav. Maiklas Faradėjus, demonstruojantis fizikos bandymus.

jį pažeminti. Ypač Faradėjus nuo jos kentėjo išvykęs kartu su Deviais kelionėn po Europą. Devio tarnas atsisakė vykti į kelionę, ir Devis paprašė Faradėjų laikinai eiti ir tarno pareigas. Šis sutiko, o Devis kelionėje nelabai ir rūpinosi susirasti kitą tarną. Būdamas labai jautrus, Faradėjus vos ištvėrė šią kelionę — padėjo tik išsiugdymas neparodyti savo jausmų. Ir vėliau dėl ledi Džen išpuolių jis norėjo mesti savo tarnybą: „Aš daug kartų galvojau, ar negrįžus man namo. Bet jeigu aš tai padarysiu, tai būsiu priverstas vėl užsiimti savuoju knygrišio amatu. Aš manau, kad reikėtų išsilaikyti ligi galo, bet jo kol kas nematyti“.

Vienintelis kelias Faradėjui buvo siekti pripažinimo, kaip mokslininkui. Stengdamasis būti savarankiškas, jis tolsta nuo Devio darbų — nuo chemijos — ir užsiima elektros srovės tyrimais, kurie atvedė jį į elektromagnetinės indukcijos reiškinių ir kitų elektros savybių atradimą.

1823 m. Faradėjus iškeliamas kandidatu į Karališkosios draugijos narius. Devis, tuometinis draugijos prezidentas, ledi Džen įkalbėtas, daro viską, kas nuo jo priklausoma, kad Faradėjus nebūtų išrinktas, tačiau per rinkimus tik vienas rutulys buvo įmestas prieš jį.

Faradėjaus mokslinė veikla nebūtų buvusi tokia sėkminga, jei ne nuolatinė jo žmonos Saros pagalba. Praėjus 25 metams po vedybų, jis dedikavo žmonai savo paties rankomis įrištą jam paskirtų įvairių akademijų ir mokslinių draugijų diplomų rinkinį: „Tarp šių atminimų ir atžymų aš įrašau datą vieno įvykio, kuris man buvo visų didžiausios laimės šaltinis. Mes susituokėme 1821 m. birželio 12 d.“

Kai 1831 m. jis buvo gavęs labai pelningą pasiūlymą tapti teismo ekspertu pramonininkų bylose, Sara patarė jam nemesti mokslinio darbo. Po dešimties metų, kai dėl įtempto darbo Faradėjui sutriko atmintis, žmona išvežė jį gydytis į Šveicariją. Jis išgijo ir dar dvidešimt metų pajėgė skirti mokslui ir padaryti per tą laiką daug svarbių atradimų. Paskutinį 16041 bandymą Faradėjus atliko 1862 m. kovo 12 dieną, turėdamas 70 metų.

Tuo tarpu Devis, apsinuodijęs chemikalų garais, veltui prašė ledi Džen sugrįžti namo iš kelionės po Ameriką. Ji atsakė jam: „Aš keliausiu gana greitai, kad sugrįžčiau ne pernelyg vėlai“. Ir grįžo, kai jis jau buvo miręs 51-aisiais savo gyvenimo metais.

TUZINAS ENERGIJOS TVERMĒS DĒSNIO ATRADĒJŪ

Dēl energijas tvermēs dēsnio atradimo prioriteto varžēsi keliolika mokslininkū: R. Majeris (Mayer), Dž. P. Džaulis (Joule), L. Koldingas (Colding), H. Helmholtcas (Helmholtz), F. Moras (Mohr), M. Segenas (Seguin) ir kt. Kuris iš jų buvo teisus?

1840 m. olandų gydytojas Robertas Majeris tristiebiu burlaiviu išvyko į Rytų Indiją. Indonezijoje dalis jūreivių ėmė karščiuoti, ir Majeris jiems nuleido kraują. Jį nustebino tai, kad kraujas iš venos buvo ryškiai raudonos spalvos. Majeris daug apie tai mąstė ir priėjo išvadą, kad kraujo spalvą lemia oksidacijos procesai, o jie tropikuose vyksta kur kas lėčiau, nes pastoviai kūno temperatūrai palaikyti čia reikalingas mažesnis vidinės šilumos kiekis negu šaltuose kraštuose. Majeriui kilo mintis, kad žmogaus kūne turi pasigaminti tiek šilumos, kiek jos atiduodama aplinkai, ir kad apskritai „niekas neatsiranda iš nieko ir niekas neviršta į nieką ir kad priešzastis lygi veikimui“. Chemikai naudojosi medžiagos tvermės dėsniu. Kodėl gi fizikoje nėra tokio bendro tvermės dēsnio? Majeris ima studijuoti fiziką ir prieina išvadą, kad turi galioti įvairių energijos rūšių (judėjimo energijos, darbo, šilumos, padėties (potencinės) energijos ir kt.) tvermės dėsnis. (Tiesa, Majeris, kaip ir kiti to meto fizikai, energiją vadino jėga.) 1841 m. savo samprotavimus jis išdėstė straipsnyje, kurį pasiuntė į fizikos žurnalą „Annalen der Physik“. Žurnalo redaktorius žinomas fizikas Pogendorfas (*Poggendorff*) straipsnį ne tik atmetė, bet netgi nesiteikė atsiųsti atsakymo. Vėliau straipsnis, kiek pataisytas, buvo atspausdintas mažai žinomame medicinos žurnale. Energijos tvermės idėja tapo Majerio gyvenimo idėja, jis rašė kitus darbus ir spausdino juos savo lėšomis, tačiau fizikų neįtikino.

Tuo metu, kai Majeris keliavo po Indoneziją, Kopenhagoje turėjo įvykti Pirmasis šiaurės šalių gamtos tyrinėtojų suvažiavimas. Jaunas inžinierius Liudvigas Koldingas įteikė pranešimą apie gamtos jėgų nesunaikinamumą. Erstedas ir kiti fizikai įkalbėjo jį atsiimti šį pranešimą, kurio idėjos teisingumo dar negalėjo patvirtinti bandymų rezultatais. Koldingas paklausė patarimo ir atlikęs daugybę bandymų įrodė, kad tarp šilumos kiekio, išsiskiriančio trinties metu, ir trinčiai įveikti atlikto darbo galioja pastovus santykis. Bet ir tada fizikai neįvertino jo rezultatų.

Nežinodamas apie Majerio ir Koldingo darbus, Mančesterio alaus gamyklos savininkas Džeimsas Preskotas Džaulis savo nedidelėje laboratorijoje tyrė elektros reiškinius. Jis matavo šilumos kiekį, kuris išsiskiria laidininke, juo tekant elektros srovei (tų bandymų metu Džaulis nustatė dėsnį, dabar vadinamą jo vardu). Elektros srovę Džaulis sukurdavo mechaniniu darbu, tad jam kilo klausimas, kokią darbą reikia atlikti, norint sukurti vieną šilumos vienetą. Džaulis šį dydį nustatinėjo įvairiais būdais maždaug dešimt metų, kaskart gaudamas vis tikslesnį rezultatą. Jo bandymai, atlikti paprasčiausiomis priemonėmis, tapo klasikiniai eksperimentų pavyzdžiais ir demonstruojami laboratorijose ligi šiol. Apie Džaulio pasiektą tikslumą galime spręsti, palyginę jo rezultatus su jo pirmtakų įvertinimais: Majeris 3,63 (kJ/kcal), Koldingas — 3,65, Džaulis — 4,51, šiuolaikinė reikšmė 4,19.

Džaulio be priekaištų atlikti bandymai labiau įtikino fizikus, negu Majerio ir Koldingo filosofiniai samprotavimai. Jo darbą pripažino iš pradžių anglų, po to ir prancūzų fizikai.

1847 m. Majeris sužinojo apie Džaulio darbą, įteiktą Paryžiaus mokslų akademijai, ir kreipėsi į ją laišku dėl savo atradimo pirmumo. Tarp Džaulio ir Majerio kilo ginčas, užsitęsęs ilgus metus. Į jį įsijungė ir Koldingas, taip pat Moras, Segenas ir kiti mokslininkai, kurie irgi įrodinėjo esą šio dėsnio atradėjai. Buvo surasti nespausdinti prancūzo S. Karno užrašai, kuriuose pastarasis dar amžiaus pradžioje siūlė atlikti bandymus, vėliau įvykdytus Džaulio, ir netgi buvo apytiksliai nustatęs mechaninį šilumos ekvivalentą. Tik ankstyva mirtis sutrukdė S. Karno užbaigti šiuos darbus. O 1847 m., nežinodamas apie Majerį ir susipažinęs tik su pirmaisiais Džaulio darbais, dvidešimt šešerių metų vokiečių gydytojas ir fizikas Hermanas Helmholtcas pirmasis griežtai apibrėžė energijos sąvoką ir pateikė bendrą matematinę energijos tvermės dėsnio formulavimą (įdomu, jog ir jo darbą Pogendorfas atsisakė spausdinti).

Ginčas daugiausia negandų atnešė Majeriui. Kai kurie vokiečių ir anglų fizikai pradėjo prieš jį įžeidinėjimų ir šmeižto kampaniją. Majeris bandė nusižudyti, buvo patekęs į psichiatrinę ligoninę, vėliau jis buvo visai pamirštas ir netgi laikytas mirusiu. Tik 1868 m. Majeris pagaliau sulaukė pripažinimo ir garbės, kaip vienas iš energijos tvermės dėsnio kūrėjų.

Taigi kalbant apie šio dėsnio atradimą, verta prisiminti Gėtės žodžius: „Svarbu pastebėti, kad žinios kaip uždaras, bet gyvas vanduo pamažu kyla ligi apibrėžto lygio, kad žymiausius atradimus padaro ne tiek žmonės, kiek laikas, — štai kodėl gana svarbūs darbai dažnai atliekami dviejų ar net daugiau patyrusių mąstytojų“.

Tarp daugelio energijos tvermės dėsnio atradėjų dažniausiai išskiriami Maje-
ris, Džaulis ir Helmholtcas — vienas iš jų pirmasis suformulavo dėsnį, kitas jį pa-
grindė tiksliais eksperimentais, trečias suteikė jam griežtą matematinę formą. Įdo-
mu, jog visi jie tuo metu nebuvo fizikai profesionalai — matyt, mėgėjus mažiau
varžė įsisenėjusios pažiūros ir autoritetai.

KRUKSAS — FIZIKAS IR PARAPSICHOLOGAS

*Paranormalių reiškinių šalininkai neretai remiasi žinomo XIX a. pabaigos fiziko
V. Krukso (Crookes) autoritetu — jis esą atlikęs bandymus, kurie neginčijamai įro-
dė telekinezės egzistavimą, ir jai paaiškinti įvedęs specialią „psichofizinę jėgą“.
Ar iš tikrųjų V. Kruksas buvo mokslinės parapsichologijos pradininkas?*

Viljamas Kruksas buvo talentingas ir originalus XIX a. pabaigos mokslininkas,
Londono karališkosios draugijos narys, netgi jos prezidentas. Jis turėjo barono
titulą ir nemažus turtus, tad įsteigė nuosavą fizikos ir chemijos laboratoriją ir laikė
save laisvu tyrinėtoju. Kruksas buvo mažo ūgio, užtat turėjo ilgus ūsus, garsėjo
originaliomis idėjomis ir sugebėjimu įtaigiai jas pateikti. Jis atliko reikšmingų moks-
linių darbų, deja, pritrūko laimės ir išvalgumo padaryti keletą svarbių fizikos atra-
dimų. Nuodugniai ištyręs katodinius spindulius, jis nežengė paskutinio žingsnio,
liko neįrodyta, kad tai yra mažesnių už atomus dalelių — elektronų — srautas. Kruk-
sas stebėjo Rentgeno spindulius, jų poveikį fotografinei plokštei, bet užuot paskel-
bęs apie atradimą, pasiuntė protestą plokštelių firmai, esą ji tiekianti nekokybiš-
kas plokšteles.

V. Kruksas susidomėjo spiritizmu 1869 m., turėdamas 37 metus. Ką tik buvo
miręs jo jaunesnysis brolis, ir seanso metu Krukso susidarė įspūdis, kad jam pa-
vyko iškviešti brolio vėlę. Įtikėjęs spiritizmu, Kruksas nutarė rimtai užsiimti para-
normalių reiškinių tyrinėjimu, gauti neginčijamus jų egzistavimo įrodymus ir tuo
būdu „atverti naują erą žmonijos raidoje“.

Kruksas atliko bandymus su daugeliu garsių to meto mediumų. Jis kruopščiai
registruodavo bandymų sąlygas, naudojo įvairias priemones mediumų veiksmams
kontroliuoti, užkirsti kelią įtaigai ir kitiems informacijos perdavimo būdams. Tuo

jo parapsichologiniai tyrimai išsiskyrė iš daugelio tais laikais ir vėliau atliktų mėgėjiškų, nekvalifikuotų stebėjimų.

Reikšmingiausiais laikomi V. Krukso bandymai, atlikti su tų laikų garsenybe Denielu Hjumu (*Hume*). Maždaug 1 m ilgio lentos vienas galas būdavo padedamas ant stalo, o kitas galas pakabinamas ant spyruoklinių svarstyklių. Hjumas atsisdavo prie stalo ir vienos rankos pirštų galais liedsdavo lentos kraštą. Netrukus pakabintasis lentos galas imdavo svyruoti – spyruoklių rodyklė leisdavosi ir vėl kilddavo. Kruksas nustatė, kad svarstyklės veikia gana didelė jėga, jis pats atsistojęs visu svoriu ant lentos ten, kur ją liedsdavo mediumas, sukėlė trigubai mažesnę jėgą.

Vėliau bandymo sąlygos buvo dar sugriežtintos. Mediumas visai neliepsdavo lentos, o tik laikė įmerkęs pirštus į indą su vandeniu, kuris buvo pastatytas ant lentos. Vis dėlto lenta nenustojo judėjusi. Pagaliau paskutiniame variante Hjumas sėdėjo atsitraukęs per metrą nuo stalo, o Krukso asistentai laikė jo rankas ir kojas, – efektas neišnyko, tik buvo silpnesnis.

Kruksas padarė išvadą, kad jis įrodė nežinomos jėgos, kurią jis pavadino psichofizine jėga, egzistavimą. Vis dėlto jo kolegos mokslininkai nepripažino šio atradimo. Krukso bandymai buvo kritikuojami kaip nevisiškai pašalinantys apgaulės galimybę. Visų pirma buvo abejojama, ar Kruksas, sugebantis labai kvalifikuotai atlikti bandymus su negyvaisiais daiktais, netampa diletantu, vykdydamas bandymus su gyvais žmonėmis (juk pastarieji gali numatyti eksperimentatoriaus tikslus ir keisti savo elgseną). Kruksas laikė mediumus džentelmenais, koks buvo pats, ir nenorėjo įžeisti jų, įtarinėdamas sukčiavimu. Jis leisdavo pasirinkti jiems palankiausią apšvietimą ir kitas sąlygas. Krukso oponentai teigė, kad Hjumas – profesionalus fokusininkas, o tokiam apgauti patiklų mokslininką ir jo asistentus nėra sunku (negalima atmesti ir mediumo išankstinio susitarimo su vienu iš asistentų). Svarstyklės buvo galima veikti, pavyzdžiui, priištū siūlu.

Kita Krukso mediumė Meri Šouers pati vėliau jam prisipažino, kad bandymų metu padedama savo bendrininko, atlikddavo triukus. Betgi Kruksas nepaskelbė apie tai „dėl didelės žalos, kurią teisingam reikalui padarytų viešas tokios begėdiškos apgaulės demaskavimas“.

Supratęs, kad kolegų skepticizmo jam nepavyks įveikti, Kruksas po kelių metų metė parapsichologinius bandymus, tačiau visą gyvenimą išliko spiritizmo ir telekinezės šalininku.

NEŽINOMIEJI N SPINDULIAI

1903 m. kovo mėn. 23 d. fizikos profesorius Renė Blondlo (Blondlot) iš Nansio universiteto Prancūzijos mokslų akademijos posėdyje padarė sensacingą pranešimą apie jo atrastus naujus neregimus spindulius. Jie esą sklinda iš katodinio vamzdelio kartu su Rentgeno spinduliais ir yra dar paslaptingesni už pastaruosius – neapšviečia fotografinės plokštelės, nesukelia kai kurių medžiagų švytėjimo, bet jų veikiami silpni šviesos šaltiniai ima šviesti ryškiau. Savojo miesto garbei Blondlo šiuos spindulius pavadino N spinduliais.

Kodėl N spinduliai neminimi šiuolaikiniuose fizikos vadovėliuose?

Po neseniai įvykusių Rentgeno spindulių ir radioaktyvumo atradimų mokslininkai ir visuomenė buvo linkę patikėti dar vienu nematomų spindulių egzistavimu, juo labiau, kad atradėjas buvo žinomas fizikas, Prancūzijos MA narys. Tad kilo visuotinis susidomėjimas šiais spinduliais.

N. Blondlo nustatė, kad N spindulius taip pat skleidžia saulė, netgi geležis ir kiti metalai. Be to, jis aptiko įdomią N spindulių savybę: patekę į akis, jie padidindavo regėjimo jautrumą, leisdavo įžiūrėti daiktus netgi visiškoje tamsoje.

Į tyrimus įsitraukė ir kiti mokslininkai. Blondlo kolega biologas A. Šarpantjė (*Charpentier*) pastebėjo, jog N spindulius skleidžia ir kai kurie gyvūnai, kaip antai triušiai bei varlės. Žanas Bekerelis (*Becquerel*), žinomo prancūzų mokslininko Anri Bekerelio sūnus, teigė, kad spindulius galima perduoti laidais: vieną laidą galą vedžiojant žmogaus galvos paviršiumi, kitas jo galas sukeldavo šviesos detektoriaus virpėjimus. Ligi metų pabaigos apie N spindulius buvo paskelbta veik 100 straipsnių, iš jų apie 20 straipsnių Prancūzijos mokslų akademijos darbuose. Blondlo pagamino spektroskopą su lęšiais ir prizme iš aliuminio ir šiuo prietaisu ištyrė N spindulių spektrą, sudarytą iš daugelio linijų.

Kai kurie medikai šiais spinduliais ėmėsi gydyti nervų ligas. Be to, juos pradėjo taikyti biologai, chemikai, botanikai, geologai. O telepatijos šalininkai buvo įsitikinę, jog kaip tik N spinduliais žmogus gali perduoti mintis per atstumą.



1.18 pav. Fotografija, kurią buvo pateikęs Blondlo kaip N spindulių egzistavimo įrodymą. Tamsi dėmė kairėje – nedidelės kibirkštėlės vaizdas fotoplokštelėje (negatyvas): didesnioji dėmė dešinėje, anot Blondlo, – ta pati kibirkštis, veikiama N spindulių. Galbūt tai nebuvo falsifikacija – kibirkštėlės šviesis kinta savaime dėl degimo proceso nestabilumo.

Deja, netrukus pasirodė ir kritinių pranešimų. Žy miems fizikams Dž. Reiliui (*Rayleigh*), P. Lanževenui (*Langevin*), R. Vudui (*Wood*) nepavyko aptikti naujųjų spindulių. Juos daugiausia stebėjo prancūzų mokslininkai, tad N spinduliai buvo apšaukti „prancūzišku efektu“.

1904 m. rudenį grupė įvairių šalių mokslininkų po konferencijos, vykusios Londone, susirinko apsvarstyti „N spindulių klausimo“. Ypač pyko vokietis profesorius Rubensas (*Rubens*): kaizeris, susidomėjęs šiuo atradimu, prašė pademonstruoti jam spindulių veikimą, o Rubensas veltui sugaišo dvi savaites ir gavo apvilti kaizerį. Šiame pasitarime dalyvavo Robertas Vudas, vienas geriausių to meto eksperimentatorių, garsėjęs savo išmonėmis ir spiritistų demaskavimais. Kolegų prašomas, jis sutiko nuvykti į Nansį susipažinti su Blondlo bandymais.

Kaip buvo susitarta, Vudas atvyko į Blondlo laboratoriją vėlai vakare ir buvo šeimininko maloniai priimtas.

Blondlo parodė Vudui silpnai apšviestą laikrodį ant sienos ir pareiškė, jog žiūri jo rodykles, kai virš akių laiko geležinę dildę, skleidžiančią N spindulius. Vudas paprašė leisti jam palaikyti dildę ir sumaniai pakeitė ją medine liniuote. Nors, kaip tvirtino Blondlo, medis neskleidė N spindulių, profesorius ir toliau gerai matė rodykles.

Po to Blondlo nuvedė Vudą prie spektroskopo. Šis prietaisas turėjo šviečiančiais dažais nudažytą siūlą. Kai specialiu įrengimu palengva stumiamas siūlas atsidurdavo N spindulių spektro linijos vietoje, jis, anot Blondlo, imdavo šviesti ryškiau. Atradėjas vieną po kito nustatinėjo linijų bangų ilgius. Vudas paprašė pakartoti matavimus, o pats tamsoje tyliai nuėmė nuo prietaiso pagrindinę jo dalį – prizmę. Nieko neįtariantis Blondlo gavo tuos pačius rezultatus.

Prieš Vudą buvo ne šarlatanas, o ligonis. Išvargintas ilgo darbo naktimis su prietaisais, Blondlo savo vaizduo-

tēje iš tikro matē šiuos spindulius ir netgi sugebējo tai īteigti kitiems, sveikiems mokslininkams. Tikint N spindulijū egzistavimu buvo nesunku īžvelgti jū tarsi sukeliamus silpno šviesos šaltinio pokyčius — iš tikrųjų toks šaltinis truputį mirkčioja, o akies jautrumas irgi nėra pastovus.

Grīžēs ī Paryžijū, kitā dienā Vudas išsiuntē laiškā tarptautiniam žurnalui „Nature“ („Gamta“). Vudo pranešimą perspausdino prancūzū žurnalas „La Revue scientifique“ („Mokslinė apžvalga“). Redakcija gavo daugybę laiškū, bet tik mažuma gynē Blondlo. O vienas iš skaitytojū atvirai klausē: „Kaip atrodo prancūzū mokslas, jeigu vienas iš jo žymijū atstovū matuoja spektrinių linijū padėtis, kai tuo tarpu spektroskopu prizmē yra jo kolegos amerikiečio kišenėje?“

Vis dėlto Prancūzijos MA darbuose pasirodē dar du straipsniai apie N spinduliū savybes. O metų pabaigoje akademijos posėdyje Blondlo buvo īteikta anksčiau jam už N spinduliū atradimą paskirta premija ir medalis, tiesa, pakeitus formulavimą — „už ilgametį darbā moksle“.

M. Blondlo tebetikējo savo atradimu. Jis dar keletą metų dirbo universitete, bet anksčiau laiko pasitraukē ī pensijā.

ALBERTO EINŠTEINO MĪSLĒS

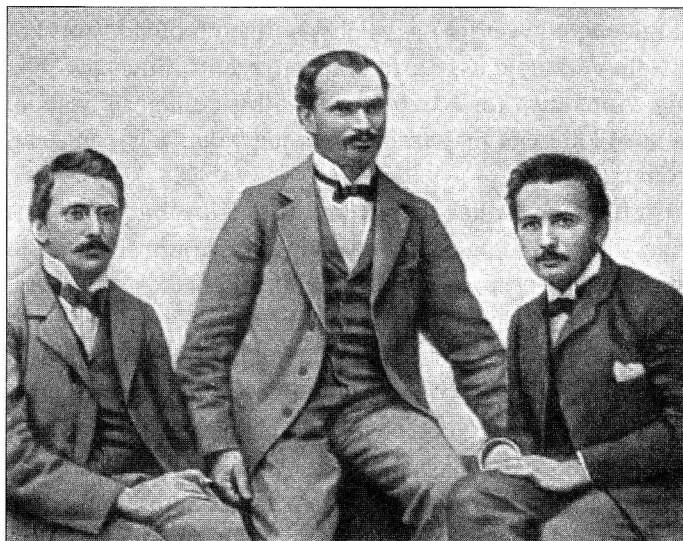
Vaisingiausias A. Einšteino mokslinės kūrybos laikotarpis buvo jo gyvenimo metai Berne, kai jis tarnavo Šveicarijos patentų biure eiliniu ekspertu: tuo metu jis sukūrė specialiąją reliatyvumo teoriją, paskelbė darbą apie fotoefektą, už kurį jam vėliau buvo suteikta Nobelio premija, suformulavo Brauno judėjimo dėsnius, ėmė galvoti apie bendrąją reliatyvumo teoriją. Kokiu būdu, dirbdamas darbą, tolimą fizikai, Einšteinas sugebėjo padaryti tokių epochinių atradimų fizikoje? Kada jis kūrė — po darbo, naktimis ar slapčia patentų biuro kontoroje?

A. Einšteinas buvo paskirtas technikos trečios klasės ekspertu patentų biure Berne 1902 m. birželio 23 d. Baigęs Ciūricho federalinę aukštąją politechnikos mokyklą, jis dvejus metus vertėsi atsitiktiniu skaičiuotojo, mokytojo ir repetitoriaus darbu, tad buvo patenkintas, gavęs nuolatinę tarnybą.

Eksperto darbas Einšteinui nebuvo vien pragyvenimo lėšų šaltinis. Savo biografiijoje 1955 m. Einšteinas rašė: „Patentinių formulių sudarymas man buvo palaima. Jis versdavo daug galvoti apie fiziką ir teikdavo tam paskatų. Beje, praktinė profesija — apskritai išsigelbėjimas tokiems žmonėms kaip aš: iš akademinė veikla užsiimančio jaunuolio nuolat reikalaujama mokslinės produkcijos, ir tik stiprios asmenybės gali atsispirti paviršutiniškos analizės pagundai“. Šių Einšteino žodžių nereikėtų priimti „už gryną pinigą“, turint galvoje jam būdingą humorą. Patentams gauti įteiktų darbų analizė vargu ar turėjo tiesioginį ryšį su naująja fizika, bet ji kėlė jam asociacijų ir idėjų, lavino gebėjimą aiškiai ir trumpai formuluoti mintis. Savo pareigas Einšteinas atlikdavo sąžiningai, ir biuro direktorius buvo juo patenkintas: 1906 m. Einšteinas paaukštinamas antros klasės ekspertu su 4500 frankų alga. (Tai sužinojęs, Einšteinas paklausė: „O ką aš darysiu su tokia daugybe pinigų?“)

Grižęs po darbo į savo kuklų kambarį, Einšteinas irgi neužsidarydavo vienuoje prie knygų. Tuo metu jis artimai bendravo su rumunu Morisu Solovinu, studijavusiu Berno universitete filosofiją, ir matematiku studentu Konradu Gabichtu, savo pažįstamam dar iš studijų Ciūriche laikų. Jie trise sudarė draugiją, kurią juokais pavadino „Akademija „Olimpija“ (1.19 pav.). Po bendros vakarienės draugai garsiai skaitydavo ir aptardavo juos dominusias knygas: Spinozos, Platono, Macho, Hiumo filosofinius veikalus, A. Puankarės „Mokslą ir hipotezę“, Č. Pirsono „Mokslo gramatiką“ bei grožinius kūrinis — Sofoklio „Antigone“, Ž. Rasino „Andromachą“, M. Servanteso „Don Kichotą“. Ginčai ir svarstymai užtrukdavo ligi išnaktų. Įsitraukęs į diskusiją, Einšteinas tarsi atitrūkdavo nuo savo pojūčių. Kartą jo draugai dvidešimt penkerių metų proga norėjo padaryti siurprizą: nupirko ikrų. O Einšteinas, su užsidegimu kalbėdamas apie Galilėjaus nustatytą dėsnį, juos sudorojo nelyginant sviestą. Kai draugai užsiminė, kokį produktą jis suvalgęs, Einšteinas atsakė: „Šit kaip! Vadinasi, plebėjo neverta vaišinti delikatesais — jis vis vien jų neįvertins“. Kartais olimpiečiai pėsčiomis eidavo į kalnus, visą kelią ginčydamiesi. Po keturiasdešimties metų laiške Solovini Einšteinas rašė: „Geri laikai buvo tada Berne, kai mes įkūrėme savo linksmąją akademią, kuri buvo mažiau vaikiška, negu tos garbingos akademijos, su kuriomis aš iš arti susipažinau vėliau“.

Ši draugystė nenutrūko ir po Einšteino vedybų. Turėdamas pastovią tarnybą, jis pasikvietė į Berną savo studijų draugę serbę Milevą Marič, ir 1903 m. pradžioje įvyko jų vestuvės. Mileva, kaip ir jos vyras, elgėsi natūraliai, mažai paisė visuomenės papročių. Į draugų ginčus ji nesikišdavo, kukliai tylėdavo ir klausydavosi. Mi-



1.19 pav. Akademija „Olimpija“ –
K. Gabichtas, M. Solovinas,
A. Einšteinas. Jos veiklos metai –
laimingiausias ir kūrybingiausias
Einšteino gyvenimo laikotarpis.

leva nuoširdžiai rūpinosi Einšteinu, bet buvo uždaro būdo, nervinga (po dešimtmečio juodu išsiskyrė).

1904 m. Einšteinas gimė sūnus, gavęs Hanso Alberto vardą (vėliau jis tapo žymiu hidraulikos specialistu). Aplankę draugai rasdavo Albertą viena ranka supantį vaiko vežimėlį, kita – rašantį formules, dažniausiai pieštuko nuogruaža, o jo dantyse smilkdavo cigaras. Kaip tik tada, 1904–1905 m., Einšteinas vieną po kito parašė penkis mokslinius darbus. Už pirmąjį iš jų jis gavo daktaro laipsnį, kiti vėliau atnešė jam pasaulinę šlovę.

Kada gi Einšteinas sprendė fizikos problemas? Jo pažįstamiems buvo susidaręs įspūdis, jog jis apie fiziką galvoja dieną ir naktį. Einšteinas galėjo užsiimti kitais darbais, tačiau tuo metu jo sąmonėje ar pasąmonėje vyko kūrybinis procesas. Kartą pats Einšteinas pasakojo, kaip jis rytą pabudęs atsisto lovoje ir tą pačią akimirką suprato, jog du įvykiai, kurie vienam stebėtoju atrodo vykstantys vienu metu, gali kitam atrodyti nevienalaikiai. Vėliau tą Einšteino savybę pažymėjo jo bendradarbis

V. Bargmanas: „Ligi paskutinių savo gyvenimo savaitių jis dirbo po dvidešimt keturias valandas per parą. Nebuvo žmogaus, kurio smegenys būtų buvusios toks neišsemiamas idėjų šaltinis, žmogaus, kuris taip karštai būtų domėjęsis viskuo, kas netrivialu. Dažnai rytą savo kabinete jis pareiškėdavo, jog vakar per koncertą, pietus ar paskaitą jam kilo nauja mintis“.

Einšteinas pradėjo spręsti fundamentalias fizikos problemas dar būdamas studentas, netgi mokinys, o darbo Berne metai tik vainikavo jo ieškojimus. Be to, jo kūrybiškumą palaikė gebėjimas susikoncentruoti prie svarbiausių fizikos problemų, tai iš dalies lėmė jo polinkis į vieningą, filosofinį gamtos supratimą. Pats Einšteinas su jam būdingu humoru taip aiškino šią savo proto ypatybę: „Aš kartais klausiu savęs: kaipgi atsitiko, kad kaip tik aš sukūriau reliatyvumo teoriją? Man rodos, priešastis tokia. Normalus suaugęs žmogus vargu ar begalvos apie erdvės ir laiko problemas. Jis mano, jog tai išsiaiškino dar vaikystėje. Mano intelektinis brendimas vyko taip lėtai, jog tik suaugęs pradėjau galvoti apie erdvę ir laiką. Suprantama, jog aš įsiskverbčiau į šias problemas giliau, negu žmonės, normaliai brendę vaikystėje“.

Einšteino darbų reikšmę iš karto įvertino tik keletas fizikų – vienas jų Maksas Plankas (*Planck*). 1906 m. Einšteiną Berne aplankė pirmasis užsienietis fizikas, norėjęs susipažinti su specialiosios reliatyvumo teorijos kūrėju – tai buvo vokietis Maksas fon Lauė (*Laue*). Prasidėjo ilga ir dramatiška jo darbų pripažinimo istorija. 1909 m. rudenį Einšteinas padavė pareiškimą atleisti jį iš patentų biuro eksperto pareigų: jis nutarė atsidėti vien tik moksliniam darbui.

KODĖL NELIKO FIZIKŲ AUKŠČIAUSIOJO LYGIO PASITARIMŲ?

XX a. pirmosios pusės fizikos istorijoje dažnai minimi Solvės kongresai – fizikų aukščiausiojo lygio pasitarimai. Kodėl jie tada vaidino tokį svarbų vaidmenį, o šio amžiaus antroje pusėje savaime užgeso?

Ernstas Solvė (*Solvay*) – belgų chemikas, išradęs pramoninį sodos gamybos būdą, susikrovė iš to nemažus turtus ir tapo vienu iš dosniausių mokslo ir kultūros mecenatų. Fizikas Valteris Nernstas (*Nernst*) pakišo jam mintį rengti fizikų aukščiausiojo lygio kongresus, kuriuose būtų svarstomos aktualios fizikos problemos.

Pirmasis Solvės kongresas įvyko Briuselyje 1911 m. Jame dalyvavo visas to meto fizikos žvaigždynas: H. A. Lorencas (*Lorentz*), E. Rezerfordas (*Rutherford*), A. Einšteinas, M. Kiuri-Sklodovska (*Curie-Sklodowska*), A. Puankarė (*Poincare*), P. Lanževenas, M. Plankas ir kiti – viso 23 fizikai. Pranešimuose ir ilgose diskusijose buvo svarstoma to meto fizikos krizė, M. Planko ir A. Einšteino įvestų kvantų prasmė. Kongresui labai sumaniai vadovavo H. A. Lorencas, vienas iš autoritetingiausių to meto fizikų. Jis sugebėjo greitai ir tiksliai formuluoti ne tik savo, bet ir kitų mintis, taktiškai vadovauti diskusijoms, be to, laisvai kalbėjo trimis pagrindinėmis kalbomis. Nors kongreso metu ir nekilo naujų revoliucinių idėjų, bet dalyviams susitikimas paliko didelį įspūdį, ir visi išsiskirstė patenkinti.

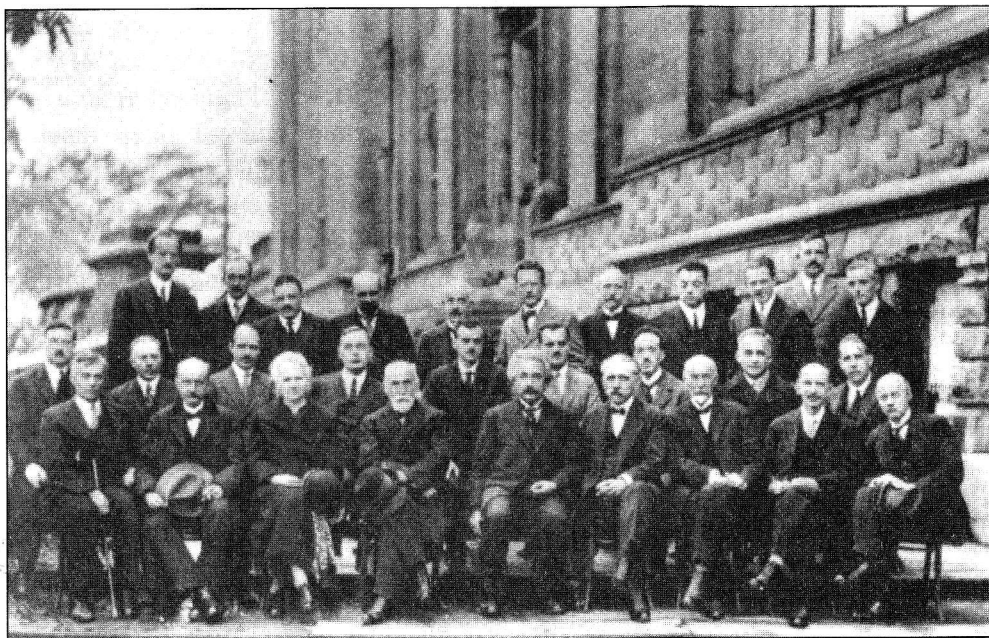
Vėliau Solvės kongresai vykdavo reguliariai kas treji metai (išskyrus karo laikotarpį). Kongresus organizuodavo komitetas, vadovaujamas Lorenco, jo nariai – žymiausieji fizikai – buvo renkami kas 12 metų.

1,5–2 metai iki eilinio kongreso komitetas išrinkdavo aktualiausią tuo metu fizikos problemą ir numatydavo apie dešimtį pranešėjų – žymiausių teoretikų ir eksperimentatorių, dirbančių toje srityje.

Pakvietimai dalyvauti kongrese buvo išsiunčiami 20–30 fizikų, kurie, komiteto nuomone, galės ką nors esminio pasakyti diskusijose (kiekvienas dalyvis gaudavo nemažą honorarą, be to, jam būdavo apmokamos visos kelionės ir gyvenimo išlaidos).

Posėdžiai būdavo įdomūs ir turiningi. Dalyviai gerai pažinojo vienas kitą, tam pasitarnavo ir susitikimai per kongresus. Jie čia nesijausdavo esą oficialūs savo valstybių atstovai ir atvirai, nesivaržydami reikšdavo savo nuomonę. Pranešimai ir diskusijos trukdavo po aštuonetą valandų per dieną maždaug savaitę laiko, o kadangi dalyviai gyvendavo drauge, tai ginčai nesiliaudavo ir laisvalaikiu, tik mažesnėmis grupėmis.

Kongresų siela ir vadovas ligi savo mirties 1928 m. buvo H. A. Lorencas, vėliau jo pareigas perėmė P. Lanževenas. Kongresuose aktyviai dalyvaudavo N. Boras (*Bohr*), A. Einšteinas, E. Rezerfordas, P. Erenfestas (*Ehrenfest*) ir kiti autoritetai. Daugelio kongresų dėmesio centre buvo mikrofizikos klausimai. Čia tuo metu buvo fizikos atradimų poliuis, čia naujoji fizika laužė klasikinės fizikos tradicijas ir reikalavo pagrindų revizijos. Naujų pažiūrų formavimasis ir jų įdiegimas į fizikų sąmonę kaip tik ir vyko Solvės kongresuose. Čia susidurdavo įvairių kartų, įvairių grupių pažiūros. Ypač karštos diskusijos kilo 1927 m. kongrese, kuriame N. Boras, L. de Broilis (*de Broglie*), V. Heizenbergas (*Heisenberg*) ir E. Šrėdingėris (*Schrödinger*)



1.20 pav. Solvės kongreso, įvykusio 1927 m. Briuselyje, dalyviai. Čia matome visą to meto fizikos žvaigždyną: pirmoje eilėje sėdi (iš kairės į dešinę) – I. Lengmiuras, M. Plankas, M. Kiuri, H. A. Lorencas, A. Einšteinas, P. Lanževenas ir kt.; antroje eilėje sėdi paskutiniai dešinėje: L. de Broilis, M. Bornas ir N. Boras; trečioje eilėje stovi: šeštas E. Šrėdingeris, aštuntas V. Paulis.

ger) išdėstė tikimybinę kvantinės mechanikos interpretaciją. A. Einšteinas ir H. A. Lorencas ieškojo būdų naujoms idėjoms suderinti su klasikine fizika, o kai kurie senosios kartos atstovai kategoriškai stėjo prieš erezijas. Oponentus ramino P. Erenfestas, sakydamas, kad jie šneka skirtingomis kalbomis, ir primindamas, kaip kalbų sumaišymas kažkada sutrukdė pastatyti Babelio bokštą.

Po II pasaulinio karo, 1948 m. Solvės kongresai buvo vėl atgaivinti, bet jie jau nebevaidino ankstesnio vaidmens: išaugo mokslininkų specializacija ir net žymiausieji fizikai nustojo būti visos fizikos žinovais, naujosios fizikos paradoksai tapo pripažintomis tiesomis, fizikos mokslo raida tapo ramesnė, labiau priklausoma nuo daugelio mokslininkų kolektyvių pastangų bei valstybės finansavimo. Solvės kongresai savaime užgeso, kaip ir kitos mokslinės ar visuomeninės veiklos formos, pasikeitus sąlygoms.

DINGĖS GENIJUS

Etorė Majorana (Majorana) – ši vardą netgi fizikai ne visi žino. O juk E. Fermis (Fermi) laikė jį žymiausiu savo laikų fiziku teoretiku. „Jeigu uždavinys suformuluotas, – sakė Fermis, – niekas pasaulyje negali išspręsti jo geriau už Majoraną“. Kodėl šis genijus nepaliko savęs verto pėdsako fizikoje? Kas slypi už žodžių, kuriais paprastai baigiama jo trumpa biografija: „Jaunas būdamas, dingo paslaptinomis aplinkybėmis 1938 m.“?

Romos universiteto studentas Emilijus Segre (*Segrè*), vėliau žinomas fizikas, 1927 m. atsivedė į Enriko Fermio fizikų seminarą savo draugą Etorę Majoraną. Tai buvo tamsiaakis sicilietis, juodais neklusniais plaukais, panašus į ispaną. Naujokas skyrėsi iš italų jiems nebūdingu uždarmumu ir tylumu. Jis, rodos, negirdėjo, ką kalba pranešėjas, bet kartkartėmis mesdavo pastabą ar klausimą, kuris priversdavo susimąstyti netgi Fermį. Majorana greit tapo ne tik pilnateisiu seminaro nariu, bet ir antruoju po Fermio, o matematikos žiniomis su juo negalėjo lygintis netgi pats Fermis. Majorana buvo gyva skaičiavimo mašina: jis gebėjo mintyse atlikti veiksmus su daugiaženkliais skaičiais, spręsti lygtis. Fermis, turėjęs didžiulį autoritetą bendradarbių tarpe, juokais buvo vadinamas neklystančiu popiežiumi. Majoranai prigijo didžiojo inkvizitoriaus vardas. Jis garsėjo nepaprastu gebėjimu įžvelgti atlikto darbo trūkumus ir tiesiog terorizuodavo pranešėjus, ypač užsieniečius, kurie, pasklidus gandai apie Fermio seminarą, iš visos Europos ėmė važiuoti į Romą. Majorana nemokėjo ir nemėgo bendrauti su kitais, ypač su mažai pažįstamais žmonėmis. Tik kartą jam kažkodėl patiko amerikietis E. Finbergas (*Feenberg*) – jie susėdo bibliotekoje ir ilgai tylėdami žiūrėjo vienas į kitą, gal todėl, kad nemokėjo vienas kito kalbos, o gal kalba jiems ir nebuvo reikalinga.

Majorana kritiškai žiūrėjo ne tik į kitų, bet ir į savo darbus. Jis mėgo užsirašinėti kilusias mintis ant popirosų dėžutės, vėliau aptardavo jas su Fermiu, bet, surūkęs paskutinį popirosą, Majorana abejingai išmesdavo dėžutę. Baigęs universitetą, jis pradėjo dirbti Fermio institute, tačiau atlyginimo neimdavo: Majorana buvo turtingas, o instituto lėšos gana kuklios. Majorana naudojosi savo padėtimi:

kartais jis dirbdavo su užsidegimu, o užėjus pesimizmo laikotarpiui, nesirodydavo ištisas savaites.

1932 m. Fermio grupę pasiekė Irenos ir Frederiko Žolio-Kiuri (*Joliot-Curie*) darbai apie berilio skvarbiają radiaciją, ji apšaudant alfa dalelėmis. E. Amaldis (*Amaldi*) prisimena, kaip E. Majorana, perskaitęs tuos straipsnius, palingavo galvą ir pasakė: „Jie nesupranta, kas ten yra. Jie tikriausiai stebi atatrunkos protonus, sukuriamus sunkių neutralių dalelių“. Iš tikro netrukus atėjo žinia, kad Dž. Čedvikas (*Chadwick*) atrado neutronus — sunkias neutraliąsias daleles. Majorana ėmė kurti atomo branduolio, sudaryto iš protonų ir neutronų, teoriją. Bet savo darbu jis buvo nepatenkintas ir, nepaisydamas visų Fermio ir kolegų įkalbinėjimų, atsisakė jį spausdinti. E. Fermis prašė bent leisti jam išdėstyti Majoranos rezultatus konferencijoje Paryžiuje. Šis galų gale sutiko, tik su viena sąlyga: jeigu Fermis paskelbs, kad darbą atliko senas elektrotechnikos profesorius. Teorija liko nepaskelbta, o po keleto mėnesių Ivanenka ir Heizenbergas pakartoję Majoranos atradimą.

Maždaug nuo 1933 m. Majorana ėmė vis rečiau rodytis institute, galop visai užsidarė savo bute. Tarnaitė atnešdavo jam valgyti ir sutvarkydavo butą, o retkarčiais jį aplankydavo E. Segre, veltui mėginęs paveikti atsiskyrelį. Galbūt šį nepaprastai jautrų žmogų paveikė nelaimė, ištikusį jo šeimą: jo mažylis pusbrolis sudegė gyvas, ir Majoranos dėdė buvo apkaltintas sąmoningai organizavęs šį nusikaltimą. Majorana domėjosi teismo procesu, samdė advokatus dėdei ginti, ir šis buvo išteisintas.

Po keleto metų buvo paskelbtas konkursas teorinės fizikos katedroms Italijos universitetuose užimti. Netikėtai paskutiniu momentu Majorana išskėlė savo kandidatūrą. Tai reiškė, jog žymaus fašistų veikėjo sūnui, silpniausiam iš kandidatų, nebeliks vietos. Konkurso taryba buvo paleista, o kol ji susirinko iš naujo, švietimo ministras paskyrė Majoraną be konkurso „už įžymius nuopelnus ir mokslininko garbę“ teorinės fizikos profesoriumi Neapolio universitete.

Majorana nuvyko į Neapolį, tačiau po pirmųjų paskaitų visiškai nusivylė savo pedagoginiais sugebėjimais. Majorana paniškai pabėgo iš Neapolio, palikęs raštelį, jog jis nutarė nusižudyti. Jis įsėdo į laivą, vykstantį į jo gimtąją Siciliją. Kažkas jį matė Palerme, jis tarsį ketinęs grįžti į Neapolį, bet toliau visi Majoranos pėdsakai dingę. Ilgi ieškojimai nedavė rezultatų — jo nerado nei gyvo, nei mirusio.

Taip dramatiškai baigėsi, matyt, vieno iš gambiausių XX a. fizikų biografija.

LANDAU „ŠUNUKŲ MOKYKLĄ“

1962 m. sausio 7 d., sekmadienį, vienuoliktą trisdešimt, lengvoji mašina, važiuojanti iš Maskvos į Dubną, slystelėjo apledėjusiam kelyje ir atsitrenkė į sunkvežimį. Avarijos metu buvo sunkiai sužeistas Levas Landau – vienas žymiausių rusų fizikų.

Prasidėjo kova už Landau gyvybę. Joje dalyvavo ne tik geriausieji įvairių šalių gydytojai, bet ir Landau mokiniai. 87 teoretikai ir eksperimentatoriai sudarė pagalbos štabą, kuris, anot rašytojo D. Danino, „tapo ištisą parą veikiančiu organizaciniu centru“: akademikai, profesoriai ir eiliniai mokslo darbuotojai pasidarė kurjeriais, vairuotojais, tarpininkais, nešikais... Vienas iš Landau gydytojų vėliau pasakė: „Per savo ilgą praktiką tokios brolybės aš niekada nebuvau matęs“. Landau gyvybė buvo išgelbėta, nors jo kūrybinės jėgos nebeatsistatė.

Kuo L. Landau buvo nusipelnęs tokios nepaprastos savo mokinių meilės ir pagarbos?

Landau autoritetas jo mokinių tarpe prilygo Nilso Boro autoritetui: juokais buvo sakoma, kad Boras jį pelnė, nebijodamas pasirodyti mokiniui esąs kvailas, o Landau – nesivaržydamas parodyti mokiniui, kad jis kvailas.

Landau buvo nepaprastai reiklus sau ir kitiems. Jis turėjo imlų kritišką protą, savo nuomonę reikšdavo garsiai ir kategoriškai. Sutikęs žymų, bet jau nustojusį kūrybiškumo mokslininką, Landau sakydavo: „Šitas žmogus tuoj lips į medį“. Tai reiškė, kad jis greitai virs beždžione. Jo išsakytos sąmojingos charakteristikos greitai pasklisdavo tarpe fizikų ir keldavo vienu susižavėjimą, o kitų – neapykantą. Jei ne Landau ypatingi gabumai, būtų ne kartą nukentėjusi jo mokslinė karjera. Landau su humoru žiūrėjo ir į save – jis nemėgo būti tituluojamas vardu bei tėvavardžiu, ir visi jį vadindavo tiesiog Dau (Landau aiškino savo pavardės etimologiją prancūziškais žodžiais „L'ane Dau“ – asilas Dau). O ant jo kabineto durų vienu metu kabojo užrašas „L. Landau. Atsargiai, kandžiojasi!“

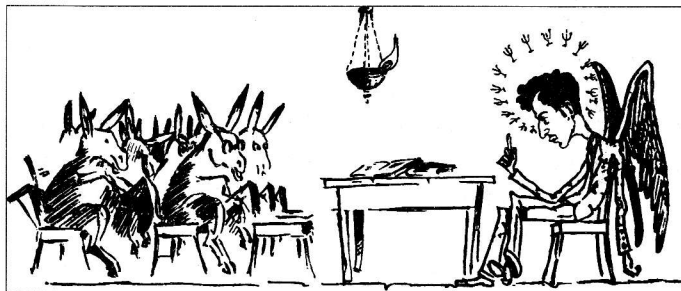
Jei Landau ką mylėjo, tai mylėjo, jei neapkentė, tai neapkentė – pustonį jis nepripažino. Be fizikos, mėgo grožinę literatūrą, daile, ypač istoriją – įvairių laikų ir tautų, o neapkentė operos – jos klausytis ir ypač žiūrėti scenoje.

Landau mēgo viską klasifikuoti — mokslininkus, moteris, istorinius įvykius. Fizikus jis skirstė pagal jų indėlį į mokslą į septynias klases, kiekviena klasė buvo 10 kartų aukštesnė už prieš ją esančią. Einšteinui buvo skirta išimtinė — pusinė klasė. Pirmajai klasei priklausė Boras, Heizenbergas, Šrėdingeris, Dirakas ir keli kiti. Savo Landau skirdavo į antrą su puse klasę, vėliau pervedė į antrąją.

Savo pedagoginę sistemą Landau vadino „šuniukų mokykla“. Tai reiškė, kad mokinys metamas į mokslą lyg šuniukas į vandenį — jei išplauks, gerai, jei nuskęs — niekas jo neapgailės. Bet kas galėjo ateiti pas Landau arba net paskambinti jam ir pareikšti norą būti jo mokiniu. Landau paskirdavo jam teorinio minimumo egzaminą. Labai vertindamas fiziko teoretiko darbą, jis manė, kad kiekvienas, pretenduojantis į teoretikus, turi išmanyti aukštąją matematiką tiek, kad dėl jos nereiktų sukti galvos, sprendžiant fizikos uždavinius, be to, turėti minimumą žinių iš visų fizikos sričių. Ši norma buvo nustatoma keletu egzaminų, kuriuos reikėdavo išlaikyti pas Landau arba jo artimiausius mokinius. Pažymių Landau nerašydavo — žinias jis įvertindavo šauktuku arba klaustuku. Po trijų klaustukų jis atvirai ir tiesiai pareikšdavo egzaminuojamajam savo nuomonę apie jo gabumus. Per 28 metus šį teorinį minimumą pas Landau išlaikė tik 43 žmonės, net 7 iš jų vėliau tapo TSRS Mokslų akademijos nariais ir nariais korespondentais. Tų egzaminų programos pagrindu Landau drauge su M. Lifšicu, savo artimiausiu mokiniu ir draugu, parašė daugiatomį teorinės fizikos kursą, gerai žinomą viso pasaulio fizikams. Landau buvo užsimojęs parašyti ir fizikos vadovėlius studentams bei mokiniams, taip pat matematikos kursą fizikams, bet nespėjo įgyvendinti šių sumanymų.

Fizikas, išlaikęs pas Landau minimumo egzaminą, galėjo būti jo aspirantu. Darbo temą jis turėjo susirasti pats — Landau nuomone, iniciatyvą turi rodyti mokinys, o ne mokytojas. Be to, jis gaudavo teisę daryti pranešimus Landau seminare, kuris vykdavo ketvirtadieniais Fizikos problemų institute Maskvoje. Įėjimas į seminarą buvo laisvas. Pirmoje eilėje atsisėdavo Landau ir jo geriausieji mokiniai. Jie ir būdavo aktyviausi dalyviai — kitos eilės pagarbiai tylėdavo. Pranešėjas dažniausiai referuodavo naujus darbus iš fizikos srities; jis turėdavo aiškiai suformuluoti kiekvieno darbo uždavinį ir pagrindinius rezultatus, atskyręs juos „nuo visų filologijos pėdsakų“. Vos pradėjęs jam kalbėti, Landau dažnai pareikšdavo: „Šis straipsnis — gryna patologija, neverta gaišti laiko“, — ir būdavo pereinama prie kito darbo.

Pats Landau turėjo enciklopedinę atmintį: be jokio pasiruošimo ir literatūros nagrinėjimo galėjo pradėti spręsti jį sudominusią problemą iš bet kurios fizikos



1.21 pav. A. Juzefovičiaus šaržas „Dau pasakė“. L. Landau turėjo tarp savo mokinių nepaprastą autoritetą, kurį pelnė unikaliomis fizikos žiniomis ir gabumais, reklamu sau ir kitiems.

srities. Jis mielai duodavo patarimus savo mokiniams ir netgi visai nepažįstamiems mokslininkams, jei problema jam atrodydavo verta dėmesio. Landau mėgdavo vaikščioti ilgu instituto koridoriumi, — tada buvo galima prieiti prie jo ir papasakoti apie savo darbą. Reikėdavo tik suspėti žengti su Landau ir neatsiskirti, jam darant staigius posūkius 180° kampu. Užbaigti savo pasakojimą retam pasisekdavo iš karto — Landau mesdavo klausimą, į kurį jo pašnekovas negalėdavo atsakyti. Galvodavo jis dieną, savaitę, mėnesį, ir vėl eidavo pas Landau.

Anot vieno iš Landau mokinių, jam „pavyko įgyvendinti viską, kas sudaro pedagogo idealą, išskyrus tai, kad nė vienas mokinys neaplenkė savo mokytojo“.

ĄTRADĖJAS, KURIO LIKIMAS NEPAJĖGĖ PAVERSTI JUODĄJA BEDUGNE

Kembridžo universiteto alėjomis pašėlusiu greičiu skrieja invalido vežimėlis. Studentai ir dėstytojai pagarbiai traukiasi iš kelio — važiuoja vienas žymiausių šių dienų fizikų Stivenas Hokingas (Hawking). Jis negali nei judėti, nei kalbėti, bet sugeba išvelgti Visatos paslaptis. O jo parašyta mokslo populiarinimo knyga tapo bestseleriu. Kas šis nuostabus žmogus?

Stivenas Hokingas gimē Oksforde 1942 m. sausio 8 d., praėjus lygiai 300 metų nuo Galilėjaus mirties. Šį faktą Hokingas nuolat pabrėžia savo biografijoje. Galbūt nuostabus sutapimas, o gal „mokslinė“ Oksfordo atmosfera lėmė jam fiziko profesiją. Turėdamas dvidešimt metų jis buvo bebaigiąs Oksfordo universitetą, ir jam buvo pranašaujama puiki akademinė karjera. Deja, tuo metu Hokingas pajuto pirmuosius požymius klastingos, neišgydomos ligos — amiotrofinės sklerozės, kuri pasireiškia progresuojančia raumenų atrofija.

Netrukus Hokingui teko persėsti į invalido vežimėlį, tačiau jis nepasidavė — baigė universitetą, parengė daktaro disertaciją, vedė studentę filologę. Žmona pagimdė jam dukrą ir du sūnus, pasiaukojamai slaugė vyrą. Nuo 1965 m. Hokingas dirbo Kembridžo universitete, kur kilo karjeros laiptais ir 1977 m. užėmė Lukaso katedrą — šias garbingas pareigas kažkada ėjo didysis Niutonas, o XX amžiuje — P. Dirakas (*Dirac*).

S. Hokingas pasirinko ypatingą temą — juodųjų bedugnių — nepaprastai tankių kūnų, kurie susidaro kai kurių masyvių žvaigždžių ir galaktikų evoliucijos metu, teoriją. Jis suformulavo keletą bendrų teoremų, aprašančių šių keistų objektų savybes, įrodė, kad juodosios bedugnės nėra visai „juodos“ ir nekintamos — jos gali „garuoti“, sukurdamos dalelių poras.

Deja, liga palaipsniui progresavo, Hokingui atsisakė judėti ne tik kojos, bet ir rankos. 1985 m. po gerklės operacijos jis neteko ir balso. Draugai padovanojo Hokingui nešiojamą kompiuterį su kalbos sintezatoriumi. Hokingas vienos rankos pirštais, kurie dar juda, renka kompiuterio klavišais žodžius, o sintezatorius metaliniu balsu ištaria frazę.

Nežiūrint visų negandų, Hokingas liko labai smalsus ir aktyvus. Jis kas dieną vyksta į darbą, skaito paskaitas, dalyvauja seminaruose, vadovauja studentams. Hokingas daug keliauja, suderindamas mokslines konferencijas su ekskursijomis ir lankymusi muziejuose.

Nuo juodųjų bedugnių Hokingas perėjo prie pačių bendriausių klausimų — Visatos evoliucijos, laiko ir erdvės problemų. Jis iškėlė sau titanišką tikslą — suvokti, kodėl Visata yra tokia, kokia ji yra.

Laiko, erdvės, Visatos problemos domina ne tik mokslininkus, bet ir visuomenę. Tad Hokingas ryžosi parašyti mokslo populiarinimo knygą, kurioje be formulių išdėstė savo ieškojimų ir apmąstymų rezultatus. Ta knyga „Trumpa laiko istorija. Nuo Didžiojo sprogdimo ligi juodųjų bedugnių“ buvo išleista 1988 m. ir tapo bestseleriu. Tais me-

tais išėjo net 10 jos leidimų, netrukus ji buvo išversta į daugelį kalbų, o jos bendras tiražas pasiekė aštuonis milijonus – stulbinantis rekordas mokslo populiarinimo knygai. Vienas jos skyrius „Laiko strėlė“ buvo išverstas ir į lietuvių k. ir atspausdintas straipsnių rinkinyje „Kas domina fizikus šiandien“ (Šviesa, 1996). (S.Hokingas maloniai leido atspausdinti tą ištrauką, nemokant jam honoraro.)

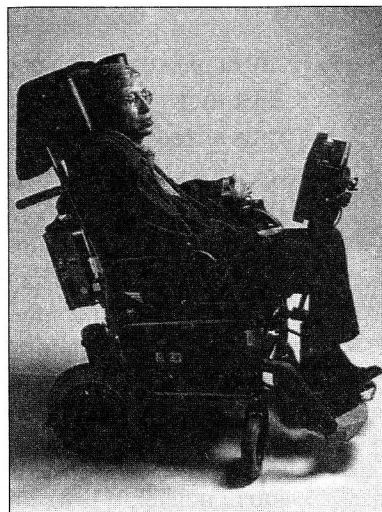
Deja, savo knygoje Hokingas priėjo išvadą, kad ne tik Visatos evoliucijai, bet ir jos atsiradimui suprasti Dievas nėra būtinas. Tai nepatiko jo žmonai, uoliai katalikei, ir buvo viena iš jų skyrybų priežasčių. Hokingas vedė antrą kartą jį prižiūrėjusią medicinos seselę.

Nors Hokingas laikomas vienu iš žymiausių XX a. fizikų, jis dar nėra gavęs Nobelio premijos. Šių premijų komitetas paprastai pažymi tik eksperimentiškai patikrintus, neginčytinus atradimus, o Hokingo teoriniai rezultatai apie juodąsias bedugnes ir Visatą, matyt, greitai bus galutinai patikrinti.

Kol kas Hokingas dar judina du vienos rankos pirštus. Jeigu ir jie bus paralyžiuoti, galbūt Hokingas galės perduoti savo mintis akių judesiais. Jis atkakliai ir sėkmingai priešinasi juodosios bedugnės likimui.

SUPERSKANDALAS DĖL SUPERGRETTINTUVO

„Amžiaus projektas nebus įgyvendintas“, „Žlugę fizikų viltys“ – panašiomis antraštėmis pasaulio laikraščiai pranešė žinia, kad JAV kongresas nutarė nutraukti didžiausiojo ir brangiausiojo mokslo prietaiso – 87 kilometrų ilgio superlaidaus superkolaiderio – statybą. Kam buvo reikalingas toks milžiniškas ir brangus prietaisas ir kodėl jo statyba sukėlė tiek aistrų?



1.22 pav. Stivenas Hokingas – fizikos genijus, nepasiduodantis negailestingam likimui.

Daugelis elementariųjų dalelių yra nestabilios. Jos egzistavo Didžiojo Visatos sprogoimo pradžioje, bet vėliau išnyko. Atrodytų, kam fizikams sukti galvą dėl tų mūsų pasaulyje neegzistuojančių, egzotiškų dalelių. Pasirodo, jų savybės labai svarbios, norint suprasti Visatos evoliuciją, taip pat atsakyti į fundamentinius klausimus — kas yra masė, elektros krūvis, vakuumas.

Išnykusių Žemėje gyvūnų rūšių, matyt, jau neįmanoma atkurti. Išnykusias elementariąsias daleles galima sukurti, susiduriant kitokioms greitoms elementarioms dalelėms. Smūgio metu elementariosios dalelės nesubyra į dalis kaip įprastiniai kūnai, o sukuria naujas daleles. Tokiu būdu galima gauti netgi kur kas didesnės masės daleles negu susiduriančios dalelės, nes, anot garsiosios Einšteino formulės $E=mc^2$, dalelių kinetinė energija gali virsti dalelių rimties mase. Taigi kuo didesnės energijos dalelės susiduria, tuo masyvesnes išnykusias daleles įmanoma sukurti.

Elementariosios dalelės greitamos elektriniu lauku. O kad greita dalelė iš karto neišlėktų iš fizikos laboratorijos, ji magnetinio lauko priverčiama sukti ratu. Kuo greitesnė dalelė, tuo sunkiau ją iškreipti iš tiesaus kelio, tuo didesniu ratu tenka ją sukti. Norint sukurti vis masyvesnes daleles, reikia greitinti susiduriančias daleles beveik ligi šviesos greičio ir didinti elementariųjų dalelių greitintuvų matmenis. Žiedo, kuriame juda greitamos dalelės, ilgis moderniausiuose dabartiniuose greitintuvuose siekia kelis kilometrus, netgi viršija dešimtį kilometrų.

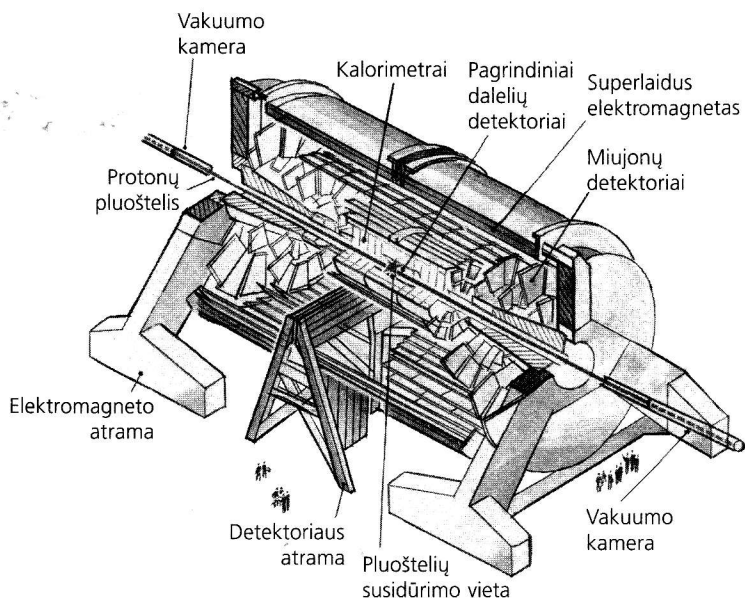
XX a. pabaigoje buvo atrastos kelios labai svarbios, atkakliai ieškotos elementariosios dalelės, tarpe jų — šeštasis kvarkas. Atrodo, trūksta visai nedaug, kad elementariųjų dalelių fizikoje išryškėtų patys bendriausieji dėsniumai, būtų atsakyta į esminius klausimus, kodėl egzistuoja tokios, o ne kitokios dalelės ir kas nulemia jų mases. Manoma, kad tai pavyktų padaryti, jei susiduriančių dalelių energija išaugtų dar keliasdešimt kartų.

Šiai fizikų svajonei įgyvendinti XX a. devintajame dešimtmetyje buvo sumanytas naujos kartos greitintuvas — superlaidus superkolaidėris. Jo pagrindinę dalį turėjo sudaryti 5 m pločio ir net 87 km ilgio tunelis, iškastas giliai po žeme; jame būtų nutiesti du labai tikslūs žiedai, kuriais priešpriešiais kiti kitam judėtų du protonų srautai. Dalelės, įgavusios dvidešimt trilijonų elektronvoltų energiją, susidurtų „kaktomuša“ (tokie priešpriešinių srautų greitintuvai vadinami kolaideriais). Pati brangiausia greitintuvo dalis — apie 10 tūkstančių didžiulių magnetų, išdėstytų išilgai žiedo. Magnetinį lauką sukurtų labai stiprios elektros srovės; kad magne-

tai neperkaistų ir eikvotų mažiau elektros energijos, jie turi būti atšaldyti skystu heliu ligi $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros, kurioje magnetų apvijos pasidaro superlaidžios. Taigi supergreitintuvu tekėtų ištisa skysto helio upė. O dviejose milžiniškose salėse stovėtų didžiuliai elementariųjų dalelių detektoriai (1.23 pav.), kuriuose būtų stebimos naujos susidarancios dalelės.

Šio greitintuvo statyba buvo svarstoma įvairių komisijų ir galiausiai JAV Kongreso, vyko karštos diskusijos. Ar verta skirti šiam projektui reikalingą milžinišką sumą — apie 8,5 milijardo dolerių? Juk mokslininkai negali pažadėti, kad išvelgus naujus elementariųjų dalelių fizikos dėsningumus, atsivers nauji energijos šaltiniai ar naujos netikėtos taikymo sritys (nors, kaip liudija fizikos istorija, visi didieji fizikos atradimai anksčiau ar vėliau atneša didžiulę praktinę naudą). O mokėti tokią sumą už gamtos paslapčių atskleidimą daugumai atrodė per di-

1.23 pav. Supergreitintuve atsirandancios dalelės turėjo būti registruojamos gigantišku detektoriumi (schema). Apačioje palyginimui — mažos žmonių figūrėlės



delė prabanga, — juk tuos pinigus galima panaudoti svarbioms kasdienėms problemoms spręsti. Prieš greitintuvo kūrimą pasisakė netgi kai kurie mokslininkai — kitų mokslų atstovai — prieštaraudami, kad tokios lėšos skiriamos fizikai, o ne jų mokslams.

Vis dėlto po atkaklių debatų buvo nutarta supergreitintuvo statybą pradėti. Netoli Dalaso miesto Teksaso valstijoje ėmė kilti išraustų uolingų žemių kalnai. Statyboje dirbo apie pustrėčio tūkstančio žmonių, dar penki tūkstančiai vykdė projektavimo darbus, gamino reikalingus įrenginius. Statybai vadovavo projekto autorius, penkiasdešimtmetis fizikas Rojus Šviteris (*Schwitter*). Deja, jam teko ne tik spręsti technines problemas, bet ir nuolat kovoti su biurokratais ir politikais, siekiančiais bet kokia kaina sustabdyti projekto įgyvendinimą.

1993 m. buvo atlikta beveik penktadalis darbų, kai susivieniję greitintuvo statybos priešininkai, pasinaudoję ekonominiais sunkumais, pasiekė pergalę — buvo nutarta projekto finansavimą nutraukti ir darbų nebetęsti. Siauras prakticismas nugalėjo pažinimo siekį. Gamtos mįslių atskleidimas atidėtas dešimtmečiui ar net dviems. Dabar amerikiečiai suka galvas, kaip panaudoti giliai po žeme iškastą didžiulį tunelį.

II KASDIENĖS MĮSLĖS

Mes susiduriame su fizikos dėsniais ir reiškiniais kasdieną, bet dažniausiai jų nepastebime, panašiai kaip Moljero herojus, kuris keliasdešimt metų gyveno nepastebėdamas, jog kalba proza. Kaip ir mūsų tėvai ar seneliai, taip pat elgiamės ir mes — pasilenkiame į priekį lipdami į kalną, ir atsilošiame atgal leisdamiesi nuo kalno žemyn, uždengiame puodą dangčiu, kad jis greičiau užvirtų, nesistebime, kad sustojęs dviratis griūva, o važiuojantis — pasidaro stabilus... Kasdienių reikalų kūryje nėra kada susimąstyti ir pagalvoti: kodėl? Gal geriausia pasikliauti patyrimu bei intuicija ir nekelti nereikalingų klausimų, kurie tik supainioja paprastus dalykus? (Yra tokia istorija apie rupūžę ir šimtakojį: kartą rupūžė paklausė šimtakojo, koku būdu jis vaikšto. Šimtakojis ėmęs svarstyti ir tada jau nebemokėjęs žengti nė žingsnio.)

Vis dėlto žmogus, įžiūrintis aplink save fizikos mįsles ir sugebantis jas spręsti, neretai sutaupo laiko ir jėgų, o aplinkiniams atrodo esąs vos ne burtininkas.

Aišku, atsakymai į kasdienes mįsles jau seniai žinomi. Ir mįslės atrodo lengvos, žinant atsakymus, tačiau pabūkime atradėjais. Tad perskaitę klausimą, minutei stabtelėkime ir pamėginkime atsakyti patys, o paskui palyginkime savąjį atsakymą su pateiktuoju knygoje.

KODĖL DAUGĖJA DUOBŲ KEIPIE?

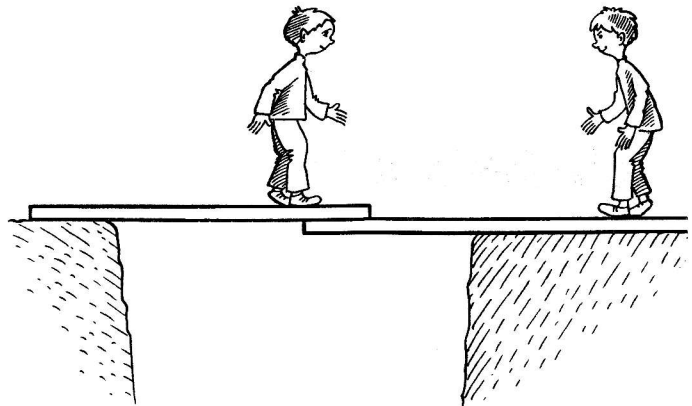
Lygiame vieškelyje atsirado duobutė. Netrukus greta jos susidarė antra, trečia... jos ėmė didėti. Panašiai būna ir vaikams važinėjantis su slidėmis nuo kalniuko. Lygiai užsnigtas jo šlaitas palaipsniui tampa duobėtas, netgi panašus į skalbimo lentą. Kodėl duobutės tarytum dauginasi?

Kelias ar kalno šlaitas nēra visai lygus. Užkliuvēs už kauburēlio, mašinos ratas šiek tiek pakyla į viršū. Ten, kur jis nusileidžia žemyn, atsiranda mažas įdubimas. (Ratui netgi nebūtina pakilti į orą, svarbu, kad jo slėgis į kelio paviršių sumažētų, o po to vėl padidētų.) Keliu pravažiuoja daugybė mašinu. Tad duobutės didėja, virsta duobėmis ir jų daugėja. Važiuodami nelygiu keliu, gerai jaučiame tą mašinos svyravimą aukštyn žemyn, sakome: „mašina krato“. Duobės apsnigtame kalniuko šlaite, kuriuo čiuožia vaikai, susidaro dar greičiau – mat sniegas minkštesnis už kelio paviršių.

KAIP PERSIKELTI PER UPELĮ?

Prie upelio priešingų krantų atėjo du vaikai. Liepto nėra, peršokti neįmanoma. Jiems pavyko surasti tik dvi lentas, truputį trumpesnes už upelio plotį. Kaip galėtų jie abu pereiti upelį ir toliau keliauti kiekvienas savo keliu?

2.1 pav. Kaip galima persikelti per upelį, turint tik dvi lentas, trumpesnes už upelio plotį.



Vaikai gali pereiti per upelī pasinaudojē svarto taisykle. Kuris nors vaikas turi iškišti vienā lentos galā nuo kranto ī upelī (2.1 pav.) ir atsistoti ant kito jos galo, esančio krante (jei upelio krantas minkštas, reikia po lenta ant kranto padēti akmenī ar kitā daiktā). Tada antrasis vaikas ūždeda savo lentā ant draugo lentos iškišto galo, kitā jos galā atremia ī krantā ir pereina tuo lieptu ī kitā pusē. Jam nēra ko bijoti īkristi ī upelī, nes, pagal svarto taisyklē, jo draugas gali atsverti svorī, tiek kartū didesnī ūž savājī, kiek kartū jo lentos galas ant kranto ilgesnis ūž jos dalī, iškištā ī upelī. Po to antrasis vaikas stoji pirmojo vieton ir šis savo ruožtu pereina ī kitā krantā.

SKRUZDĒS IR ŠIAUDELIS

Dešimt skruzdžių stengiasi nutempti nuo stalo šiaudelį. Bando pakelti jį, bet našta aiškiai per sunki. Patraukti šiaudelį taip pat nepavyksta net sutelkus visų skruzdžių jėgas. Ridenti šiaudelio neįmanoma, nes jis sulinkęs. Ką daryti skruzdėms?

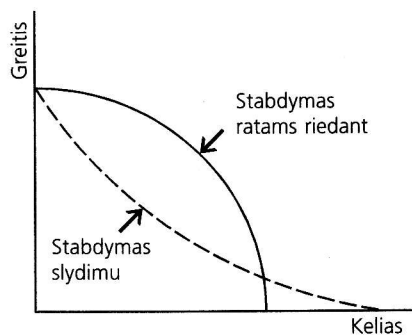
Nesiūlykime patarimų, kurie pranoktų skruzdžių sugebėjimus, pavyzdžiui, ridenti šiaudelį, pakišus po juo mažus apvalius šiaudelius.

Skruzdės gali stumti šiaudelį, pakėlusios vieną jo galą. Tada skruzdėms teks įveikti tik dalį šiaudelio svorio, o kitą dalį atsvers stalo reakcijos jėga. Šiaudelio trintis į stalą irgi sumažės, tiesa, teks vienu metu ir kelti, ir stumti jį.

Yra dar vienas, parankesnis būdas: sukti šiaudelį, stumiant vieną jo galą. Jeigu taškas, apie kurį sukasi šiaudelis, nesutampa su jo centru, tai šiaudelis pasistums. Po to, kai šiaudelis nustos judėti reikiama kryptimi, skruzdės gali stumti antrąjį jo galą. Aišku, šiaudelio judėjimas nebus nei trumpiausias, nei paprasčiausias, betgi turint sumanumo ir atkaklumo (o skruzdėms šito tikrai netrūksta), šiaudelį pavyks nustumti nuo stalo.

Išvada, galiojanti ne tik skruzdėms: neskubėkime daryti išvadą, jog darbas yra neįvykdomas. Jeigu jo neįmanoma atlikti įprastiniu būdu, tai gal galima, pasukus galvą, rasti išmoningą būdą sunkumams įveikti.

KODĒL STABDOMĀ AUTOMOBILĪ „UZMETA” Ī ŠONĀ?



2.2 pav. Stabdymo kelio ir greičio kitimas, kai automobilio ratai stabdomi rieda arba slysta keliu.

Pasirodo, staigiai stabdant (kai ratai stabdomi slysta), stabdymo kelias būna ilgesnis, be to, automobilį gali „užmesti” į šoną.

Kokia paslaptinga jėga „meta” automobilį į šoną, staigiai jį stabdant, ypač šlapiame ir apledėjusiame kelyje?

Ratams riedant, jų dalys, kurios tą akimirksnį liečiasi su asfaltu, turi momentinį greitį, lygų nuliui, nors automobilis važiuotų ir 100 km/h greičiu. Taigi riedančio kūno trintis gimininga ramybės trinčiai, ir važiuojantį automobilį pastumti į šoną taip pat sunku kaip ir stovintį (automobilis pradeda judėti jėgos veikimo kryptimi tik pasiekus jai tam tikrą dydį).

Tuo tarpu staigiai stabdant automobilį, jo ratai nesisukdami slysta keliu. Slystantį kūną gali pastumti į šoną net nedidelė jėga, nes nereikia pradinės jėgos kūnui išjudinti. Vadinasi, bet kokia šoninė jėga, atsiradusi dėl kelio nuolydžio ar duobutės asfalte, gali suteikti automobiliui nepageidaujamą šoninį greitį.

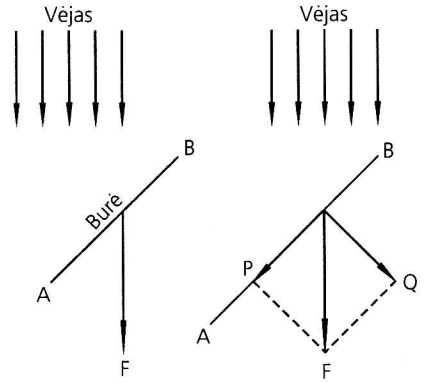
Gali atrodyti, kad rizika, stabdant slydimu, apsimo-ka — bent stabdymo kelias būna trumpiausias. Tai netiesa: nors, staigiai stabdant, judėjimo greitis iš pradžių mažėja greičiausiai, bet stabdymo kelias trumpesnis, kai ratai stabdomi sukasi (2.2 pav.). Taigi stabdyti slydimu verta tik tais išskirtiniais atvejais, kai susidūrimas su kliūtimi neišvengiamas, ir vienintelė išeitis — susidurti kuo mažiausiu greičiu.

PLAUKIMAS PRIEŠ VĒJĀ

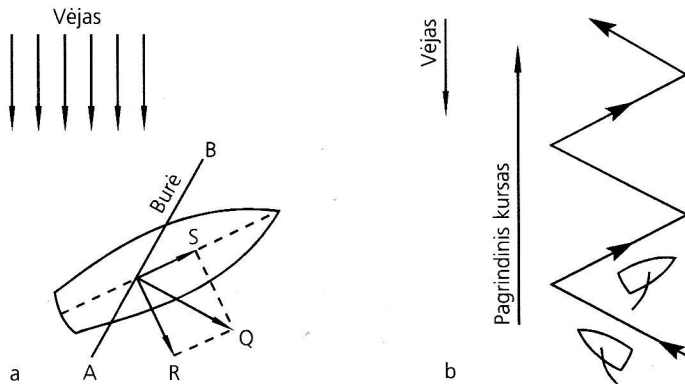
Jachta arba valtis su bure gali plaukti ne tik pavėjui, bet ir prieš vējā. Kiekvienas buruotojās jums patvirtins, kad ežere galima nuplaukti netgi ī taškā, īš kurio ī mus pučia vējās. Kaip tai īmanoma?

Panagrīnēkime, kaip vējās veikia bure. Tarkime, jog visa bure yra spaudziama vienodai, tad vējō slēgi ī bure galima aprašyti jēgā F , veikiančią jos centrā (2.3 pav.). Tā jēgā īšskaidykime ī dvi dedamāsias: statmenā bureš plokštumai (Q) ir veikiančią īšilgai jos (P). Dedamoji P praktiskai yra nesvarbi, nes ji nestumia valtīs (vējō trintis ī bure yra maža). Taigi galima nagrinēti tik dedamajā Q ir laikyti, kad vējās veikia bure statmenai jos plokštumai.

Tegu vējās pučia īš priekio tam tikru kampu ī bure. īšskaidykime bure stumiančią jēgā Q ī dedamajā S īšilgai valtīs ašīs ir dedamajā R statmena kryptimi (2.4 a pav.). Aišku, valtīs kur kas lengvīau judēs ī priekī negu ī šonā, kurlink jā stabdo didelis vandens pasīpriešinīmas (tuo



2.3 pav. Bure stumia tik vējō jēgōs F dedamoji Q , statmena burei.



2.4 pav. Valtīs judējīmas priēš vējā. a – valtī labīausīai stumīa ī priekī jēgōs dedamoji S , veikianī īšilgai valtīs; b – valtīs judējīmas vingīais, norīnt nuplaukti kryptīmī, tikslīai priēšīnga vējō kryptīai.

tikslu burlaivio kilis — jo dugno išilginė sija — specialiai nuleidžiamas žemiau). Taigi veikiama jėgos S , valtis juda kampu prieš vėją. Yra dar vienas palankus reiškinys: pučiant vėjui, burė išsipučia — išlinksta pavėjui. Tad iš tos pusės oras apteka burę didesniu greičiu, negu iš priešvėjinės pusės. O anot žinomo dujų bei skysčių dėsnio, kurį dar XVIII a. nustatė šveicarų mokslininkas Danijilas Bernulis (*Bernoulli*), didėjant srovės greičiui, mažėja jos slėgis. Dėl to slėgių skirtumo susidaro papildoma jėga, stumianti burę norima kryptimi.

Vis dėlto praktiškai valtis negali judėti prieš vėją mažesniu negu dvidešimt laipsnių kampu. Norint nuplaukti priešinga vėjui kryptimi, tenka judėti zigzagu (2.4 b pav.).

TRAUKINIO GARSAI

Sėdime važiuojančio traukinio vagonė prie atviro lango. Monotoniškas ratų bildesys netrukdo šnekėtis ar skaityti knygą. Staiga mus apkurtina priešpriešiais važiuojančio traukinio triukšmas. Kodėl „savas“ traukinys kelia mažiau triukšmo negu važiuojantis pro šalį, nors abu jie juda maždaug tuo pačiu greičiu?

Traukinio, kuriuo mes važiuojame, ratų triukšmas mus pasiekia dviem keliais — vagono korpusu ir pro atvirą langą. Vagonų konstruktoriai specialiai apsaugo juos nuo ratų bildesio. Pro atvirą langą savojo traukinio garsai patenka tik užlinkę arba atsispindėję nuo netoli geležinkelio esančių daiktų. Labiau užlinksta ilgos bangos — žemi garsai, tuo tarpu aukštų garsų, kaip antai ratų cypimo, mes beveik negirdime. Juosta palei geležinkelį dažniausiai esti užsodinta medžiais ir krūmais, gerai sugeriančiais triukšmą, todėl atspindėti garsai irgi mūsų neerzina (atkreipkite dėmesį, kaip sustiprėja traukinio garsai, važiuojant tuneliu arba pro sieną).

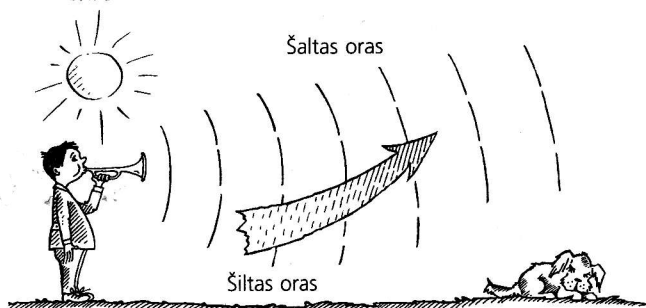
Pro šalį važiuojančio traukinio triukšmas mus pasiekia tiesiu keliu. Be to, nuo jo vagonų gerai atsimuša ir mūsų traukinio triukšmas. Efektą dar labiau sustiprina susitikimo su kitu traukiniu netikėtumas. Ausis labiau apkurtina staiga pakitęs garsas nei pastovus — juk ir akys labiau „bijo“ elektros žibintuvėlio spindulio tamsoje negu daug stipresnės dienos šviesos.

KODĒL VAKARĒ PRIE EŽERO ĢERAI ĢIRDĪMĒ?

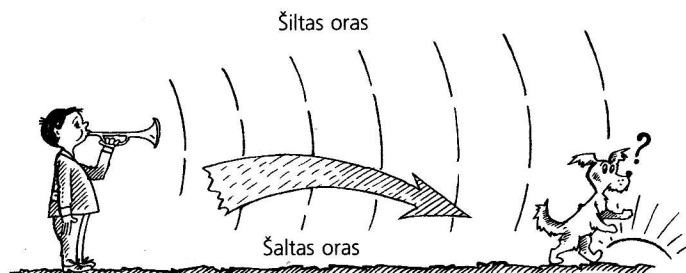
*Kartais vakarē priē ēžerō ar upēs nepaprastāi ģerai ģirdĪmē, kas vyksta kitamē krantē. Kokia šio reiškiniō priē-
žastis?*

Jeigu ģarso bangos sklinda nevienodai iļilusiais oro sluoksniais, jos uļlinksta. Taip atsitinka todēl, kad ģarso ģreitis prieklauso nuo oro temperatūros — jis auga, didē-
jant temperatūrai. Taigi ģarso bangos uļlinksta link šal-
tesnio oro sluoksniō, kur ģarso ģreitis mažesnis.

Saulētā dienā labiau iļilēs oro sluoksniš yra priē žemēs (2.5 a pav.), tada ģarso bangos uļlinksta aukštyn, ir



a



b

2.5 pav. Ģarso bangų uļlinkimas (refrakcija): a — kai oras palei žemę yra iļilēs labiau negu aukštesniame sluoksnyje, bangos uļlinksta aukštyn; b — kai oras palei žemę yra šaltesnis negu aukštesniame sluoksnyje, bangos uļlinksta žemyn.

palei zemi girdimumas pablogēja. Vakare prie ežero paviršiaus oras vēsta greičiau negu aukštesniame sluksnyje, ir susidaro priešinga situacija (2.5 b pav.): garso bangos, sklisdamos iš šaltiesnio į šiltiesnį sluksnį, užlinksta link zemes, taigi garsai mažiau išsisklaido į erdvę. Kartais tokiomis sąlygomis galima išgirsti negarsų pokalbį net kelių šimtų metrų atstumu.

Oro temperatūros inversija — šaltiesnis oro sluksnis pažemiui — gali susidaryti ne tik prie ežero ar upės, bet ir prie atšalusios zemes, slenkant šiltiesnėms oro masėms. Tada kartais girdime net už keliolikos kilometrų bildantį traukinį ar burziantį traktorių.

KODEL BLOGAI GIRDIME PRIEŠ VĖJĄ?

Kodėl prieš vėją girdime blogiau, negu pavėjui? Garso susilpnėjimas dėl to, jog vėjas nuneša garsą, neturi didelės įtakos, nes įprastinis vėjo greitis (keli metrai per sekundę) yra daug mažesnis negu garso greitis (apie 330 m/s).

Reiškinio priežastis, kaip ir aukščiau aprašytoje mįslėje, — garso bangų užlinkimas į tą pusę, kur garso greitis mažesnis.

Palei žemę vėjas juda lėčiau, nes jį stabdo įvairūs nelygumai. Kai garsas sklinda pavėjui (garso ir vėjo greičiai tokiu atveju susideda), garso bangos užlinksta link zemes, nes arčiau zemes paviršiaus jos juda lėčiau negu aukštesniajame sluksnyje, ir girdimumas yra geresnis. Tuo tarpu garsui sklindant prieš vėją, garso bangos palei žemę juda greičiau, negu aukštesniame sluksnyje, nes esant priešingoms garso ir vėjo kryptims, jų greičiai atsiima, ir aukščiau tas skirtumas didesnis, tad garso bangos užlinksta aukštyn, išsisklaido erdvėje, todėl ir girdimumas būna blogesnis.

DAINAVIMAS VONIOJE

„Jis dainuoja rytais klozete“, — taip prasideda J. Olešos apysaka „Pavydas“. Ne tik Olešos herojiui, bet ir daugeliui iš mūsų, ypač neturintiems vokalinių gabumų, patinka dainuoti vonioje, duše ar kitoje nedidelėje patalpoje lygiomis sienomis.

Susidaro įspūdis, kad ten mūsų balsas skamba skardžiai ir laisvai, kaip tikro dainininko. Ar pagrįstas tas įspūdis?

Kai žmogus dainuoja lauke, garso bangos išsisklaido į visas puses beveik neatšispindėdamos nuo žolės ar medžių. Kambarėje esantys minkšti baldai bei kilimai taip pat slopina garsus. Tuo tarpu vonios kambario ar dušo kabinos plikos sienos garsų nesugeria. Tokia patalpa vadinama aidžia — garso bangos joje daug kartų atsispindi nuo sienų, lubų ir grindų, kol galutinai užgęsta. Balsas ten skamba stipriau ir skardžiau. Ypač sustiprėja kai kurie tonai. Juos lengva nustatyti konkrečiai patalpai, palaiptiui keičiant tono aukštį (garso dažnį). Kai atstumas tarp priešingų sienų lygus arba kartotinis bangos ilgiui, atspindėta banga sutampa su pradine ir jos viena kitą sustiprina. O pagrindinis žmogaus balso bangų intervalas (0,3–1,6 m) kaip tik atitinka nedidelės patalpos matmenis. Kadangi jos ilgis, plotis ir aukštis būna įvairūs, be to, garsas atsispindi ir nuo daiktų, esančių patalpoje, tai gali būti sustiprinami įvairūs tonai.

Svarbi dar viena aplinkybė. Aukšti žmogaus balso tonai pasiekia jo ausis ne tiek oru (trumpos garso bangos mažiau užlinksta), kiek artimesniu keliu — per galvos kaulus. Paprastai žmogus girdi ne tikrą savo balsą, o iškreiptą, kuriame aukšti tonai yra susilpnėję (štai kodėl būna sunku atpažinti savo paties balsą, klausantis magnetofono įrašo). Atspindėto garso aukšti tonai yra normalaus stiprumo, tad balsas atrodo sodresnis.

Taigi malonumą klausytis savo dainavimo vonioje lemia objektyvios priežastys.

„JŪROS OŠIMAS“ KRIAUKLĖJE

Vasarą šeima atostogavo pajūryje ir iš ten atsivežė suvenyrą — gražią kriauklę. Vaikai dažnai priglaudžia ją prie ausies ir klauso „jūros garsų“. Kodėl kriauklėje iš tikrųjų tarsi girdėti tolimas jūros ošimas?

Kriauklė, aišku, neišsaugojo senųjų jūros garsų, kurie ją supo praeityje. Netgi uždarame inde su gerai atspindinčiomis sienelėmis garsas užgęsta per keletą sekundžių.

Prispauskime kriauklę prie ausies stipriau, nepalikdami jokia tarpelio. „Jūros ošimas“ bemat nutyla. Vadinasi, garsai į kriauklę pakliūva iš išorės. Tai silpni šlamiesiai, gatvės triukšmas, iš kitų kambarių, iš kaimynų buto, iš kiemo sklindantys garsai. Kriauklė kaip rezonatorius sustiprina kai kuriuos tonus, sumaišo ir iškreipia į ją pakliūvančius garsus. Mes juos girdime kaip monotonišką ūžesį, jis tikrai primena jūros garsus.

Panašius garsus girdėsime priglaudę prie ausies ne tik kriauklę, bet ir paprastą puodelį ar stiklinę.

AR BURBULAI BALOSE IŠ TIKRO REIŠKIA ILGĄ LIETŲ?

Neretai sakoma: jei, lietui lyjant, balose susidaro burbulai, dar ilgai lis. Ar fizikos požiūriu tai yra pagrįsta?

Visų pirma panagrinėkime, kaip susidaro burbulai. Stambus vandens lašas, krisdamas į vandenį, išmuša gilią duobutę. Jos viršus susiglaudžia ir susidaro burbulas. Mažesni lašai burbulų nesukuria, tik muša vandens čiurkšlę. (Kartais stebimos plonos vertikalios čiurkšlės — „vandens vinys“, kurios gražiai atrodo apšvietus žaibui.)

Burbulo gyvavimo trukmė labai priklauso nuo oro drėgnumo. Kai drėgnumas mažas, plonas burbulo sluoksnis greitai garuoja, ir jis akimirksniu susprogsta. Esant drėgnam orui, burbulai išsilaiko nuo kelių ligi kelių dešimčių sekundžių.

Taigi lyjant balose susidarantys burbulai tik rodo, kad oras yra labai drėgnas. O tokiu atveju tiesiog esti didesnė ilgo lietaus tikimybė.

KODĖL VĖJAS PAKELIA SMILTELES, BET NEPAKELIA VANDENS LAŠELIŲ?

Stiprus vėjas lengvai pakelia į orą smėlio kruopeles. Dykumose būna tikros smėlio audros. Vanduo lengvesnis už smėlį, tačiau vėjas neįstengia atplėšti vandens lašelių nuo upės ar ežero paviršiaus. Kodėl?

Vandens molekulēs traukia viena kitā, tad jų paviršinis sluksnis elgiasi kaip plona tampri plėvelė. Ji neleidžia vėjui atplėšti vandens lašelių ir sukelia kitus įdomius reiškinius, pavyzdžiui, sulipdo šlapią sniegą į gniūžtes. Paviršiaus įtempimu lengva įsitikinti, atlikus tokį bandymą. Į stiklinę įpilama vandens ir jo paviršiuje atsargiai padedamas skutimosi peiliukas, — jis neskęsta, tik vanduo truputį įlinksta. Peiliuką lengva nuskandinti, jo net nepalietus: užtenka į stiklinę įlašinti keletą lašų spirito, kuris sumažina vandens paviršiaus įtempimą. Panašiai veikia ir muilas bei kitos skalbimo priemonės. Esant mažesniai paviršiaus įtempimui, vanduo lengviau išskverbia į mažus plyšelius bei tarpelius, tad lengviau sudrėkina medžiagą ir ją išvalo. Paviršiaus įtempimas mažėja, kylant vandens temperatūrai. Štai kodėl karštas vanduo plauna geriau negu šaltas.

Vandens paviršiaus savybes akivaizdžiai demonstruoja vandens vabalai — ilgakojai čiuožikai. Jie laksto vandens paviršiumi tarsi figūrinio čiuožimo meistrai ledu.

KODĖL VINGIUOJA UPĖS?

Netgi lygumoje tekančios upės ir upeliai labai vingiuoja. Jiems būdingos kilpos turi specialų pavadinimą — meandros. Kartais kilpa tiek padidėja, kad upelis susiduria pats su savimi — vanduo ima tekėti tiesesne vaga, ir atsiranda senvagė. Kokie reiškiniai lemia tų kilpų susidarymą?

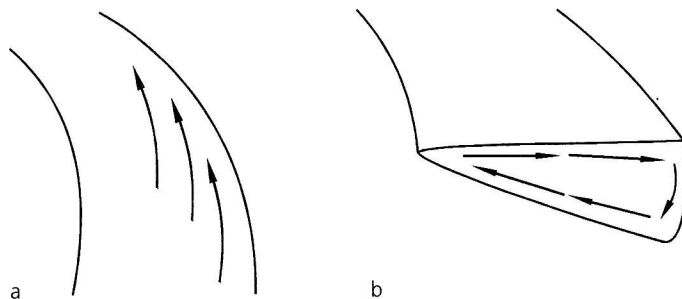
Reljefo nelygumai ar grunto skirtumai nepaaiškina upių kilpų atsiradimo, jas lemia vandens tekėjimo ypatumai. Jeigu upės vagoje yra nedidelis vingis (o jų visada būna), tai vanduo, iš inercijos stengdamasis judėti tiesiai, graužia įgaubtą krantą ir didina išlinkimą. Yra dar ir kita priežastis. Vanduo ties įgaubtu krantu juda didesniu greičiu negu ties išgaubtu (be to, visada upės paviršiuje srovės greitis didesnis negu prie dugno, kur upės tėkmė stabdoma). O pagal Bernulio dėsnį — kur greitesnė srovė, ten mažesnis slėgis. Dėl slėgių skirtumo ties vingiu upėje susidaro antrinė srovė, statmena upės tekėjimo kryptčiai (2.7b pav.). Vandens paviršiuje ji nukreipta į įgaubtą krantą, taigi dar labiau jį ardo, o palei dugną juda priešinga kryptimi, sunėsdama čia išplautas žemes. Taigi vingis vis didėja ir virsta kilpa — meandra.



2.6 pav. Merkio vingiai prie Merkinės

Aišku, meandrų susidarymas vyksta gana lėtai – dešimtmečiais, o didelių upių – net šimtmečiais, tad mes pastebime ne krantų kitimą, o to kitimo rezultatai.

2.7 pav. Upės vingių didėjimas:
a – vanduo, tekėdamas iš inercijos tiesiai, graužia įgaubtą krantą;
b – srovės upėje ties kilpa, pernešančios žemes nuo įgaubto prie išgaubto kranto.



ŠALTAS VANDUO ĮLIPANT Į UPE, ŠILTAS — IŠLIPANT

Kodėl brendant į ežerą maudytis vanduo atrodo šaltesnis negu išlipant iš vandens išsimaudžius?

Vanduo, turintis didelę savitą šilumą, išyla lėčiau negu oras, tad vandens temperatūra paprastai esti žemesnė. Be to, kūnas būna išilęs saulėje ir, liesdamasis su vandeniu, patiria šalčio pojūtį. Vandenyje plaukikas aktyviai juda, sustiprėja šilumos apykaita, ir kūnas greitai prisitaiko prie naujų sąlygų. O iš vandens žmogus išlipa šlapias, garuojantis kūnas atiduoda daug šilumos, taigi vanduo atrodo esąs netgi šaltesnis negu oras.

ŠILTO IR ŠALTO ORO PŪTIMAS

Pūsdami orą, šildome sugrūbusias rankas ir aušiname karštą sriubą. Abiem atvejais lūpų judesys panašus. Kodėl gi rezultatai tokie skirtingi?

Visas plaučiuose esantis oras, aišku, yra vienodai išilęs. Tačiau pučiame, patys to nepastebėdami, skirtingais būdais. „Šiltą orą“ pučiame iš lėto, plačia srove — rankas šildo plaučiuose išilęs oras. Tuo tarpu „šaltą orą“ pučiame greitai, plona srovele. Šiuo atveju pasireiškia anksčiau minėtas Bernulio dėsnis. Taigi slėgis greitoje oro srovėje mažesnis už atmosferos slėgį, ir srovė įtraukia aplinkinį šaltą orą.

Slėgio sumažėjimu greitoje oro srovėje galima įsitikinti atlikus tokį bandymą. Ant stalo padėkime greta dvi storas knygas, o tarpą tarp jų uždenkime popieriaus lapu. Pūsdami pro susidariusį tunelį orą, matysime, jog lapas įlinksta į vidų — ten, kur slėgis yra mažesnis. Pasitreniravę galime atlikti netgi nedidelį triuką: pūsdami pro šiaudelį orą, išlaikyti ore žemiau laisvo šiaudelio galo „pakibusį“ stalo teniso kamuoliuką.

AR KOJOS IŠSIPLEČIA PO PIRTIES?

Po kaitrios pirties kojos atrodo padidėjusios, sunkiau telpa į kojines ir batus. Ar iš tikrųjų kojos išsiplečia dėl šilumos?

Po pirties kūno temperatūra būna pakitusi nežymiai, tad kojų šiluminis plėtimasis yra labai mažas. Antra vertus, dėl sustiprėjusios kraujo apytakos būna išsiplėtusios kojų kraujagyslės ir į jas pritekėję daugiau kraujo. O užsimauti kojines trukdo drėgna kojų oda, limpanti prie medžiagos.

KODĖL PAVASARĮ DIRVOSE „DYGSTA“ AKMENYS?

Akmuo sunkesnis už žemę, tad dirvoje akmenys turėtų smegti žemyn. Tuo tarpu esti priešingai – kiekvieną pavasarį akmenų dirvos paviršiuje padaugėja, kaip sako dzūkai, „akmenys dygsta“. Kokia šio reiškinių fizikinė priežastis?

Kartais akmenis iškelia noragai, išplauna vanduo, išpusto vėjas. Vis dėlto svarbiausia priežastis, dėl ko akmenys po žiemos iškyla į paviršių, – šaltis. Akmuo laidesnis šilumai negu žemė, tad po juo dirva greičiau išąla. Drėgnoje žemėje vanduo, virsdamas ledu, plečiasi, tad šaldama po akmeniu žemė kelia jį aukštyn. Atšilimo metu akmuo nebegrįžta į ankstesnę vietą, nes ledui tirpstant į jo vietą pribyra žemės. Nuo vėlyvo rudens ligi pavasario atšalimai ir atšilimai paprastai kartojasi keletą kartų, tad pavasarį akmenų dirvos paviršiuje tikrai padaugėja. Kartais tokiu būdu į paviršių iškeliamas ir įdomių archeologinių radinių.

NOSIS ŠALA, O RAKETA KAISTA

Atmosferoje judanti raketa įkaista tuo labiau, kuo didesnis jos greitis. Na, o nosis vėjuje ne šyla, o šąla, ir kuo stipresnis vėjas, tuo labiau. Kaip paaiškinti šį paradoksą?

Raketa įkaista dėl jos paviršiaus trinties su oru. Vėjo greitis yra daug mažesnis už raketos greitį, ir nosies trinties su oru nepakanka jai sušildyti. Šiuo atveju svarbesnis kitoks reiškinys: šilumos perdavimas iš šilto kūno šalto oro srovei. Kuo stipresnis vėjas, tuo didesnis oro kiekis liečiasi su kūnu, ir tuo stipriau šąla nosis.

MAŽOS MEDICININIO TERMOMETRO PASLAPTYS

Kodėl kūno temperatūrai išmatuoti medicininiu termometru reikia keletą minučių, o „nukratome“ termometrą per keletą sekundžių?

Medicininio termometro trūkumas — ilgas matavimo laikas — yra neatskiriamai susijęs su jo privalumu — matuoti temperatūrą laipsnio dalių tikslumu. Juk dviejų besiliečiančių kūnų, šiuo atveju termometro ir žmogaus kūno, temperatūros išsilygina tuo lėčiau, kuo jos yra artimesnės. Jeigu mums pakaktų matuoti kūno, kaip ir oro, temperatūrą vieno laipsnio tikslumu, tai termometro nereikėtų laikyti po pažastimi taip ilgai: mat daugiau laiko sugaištama paskutiniam laipsniui nustatyti negu išildyti termometrą nuo kambario temperatūros ligi 36°C. Būtent siekiant sumažinti matavimo laiką, termometre naudojamas gyvsidabris, pasižymintis dideliu šiluminiu laidumu ir turintis mažesnę savitąją šilumą negu eteris ar spiritas.

Atsakymas į antrąją mįslės dalį jau akivaizdus. Medicininį termometrą galima greitai nukratyti, nes jo skalė sudaro tik keletą laipsnių, t. y. nedidelę dalį intervalo tarp kūno ir kambario temperatūrų. O termometras vėsta pagal tą patį dėsnį: iš pradžių greitai, po to vis lėčiau. Ligi 34°C jis spėja atšalti tuo metu, kai mes žiūrime termometro parodymus. Idant gyvsidabrio stulpelio aukštis nepasikeistų, kol mes įsižiūrėsime į jį, vamzdelio anga virš burbulėlio būna susiaurinta. Šaldamas gyvsidabris toje vietoje pertrūksta ir užfiksuoja matavimo metu pasiektą maksimalią temperatūrą. Kad kapiliare likęs gyvsidabris grįžtų į burbulėlį, termometrą reikia nukratyti. Termometrui atvėsus, nukratymo trukmė priklauso tik nuo žmogaus miklumo.

ŠALČIO SPINDULIAI

Įkaišęs kūnas spinduliuoja infraraudonuosius spindulius — jų nematome, bet galime pajusti ranka. Ledo gabalas, priešingai, skleidžia šaltį. Atrodo, turėtų egzistuoti ir šalčio spinduliai. Kodėl fizikos vadovėliai jų nemini?

Iš tikro mes jaučiame šaltį, sklindantį iš šaltų daiktų, tačiau neskubėkime įvesti paslaptinių šalčio spindulių. Prisiminkime Okamo principą: „Be reikalo neįvesti naujų esmių“, t. y. neieškoti naujų sąvokų, dydžių ar idėjų, jei galima išsiversti su senosiomis. Šis principas kartais vadinamas Okamo skustuvu, nes „nupjauna“ visas nepagrįstas fantazijas. Pabandykime ir šiuo atveju išsiversti vien tik su šilumos spinduliais. Tuos spindulius — elektromagnetines bangas, kurių bangos ilgis didesnis negu regimųjų šviesos spindulių — skleidžia visi kūnai, netgi ledas. Aišku, šaltesnis kūnas jų skleidžia mažiau.

Ranka daugiau šilumos spinduliuoja, negu gauna, nes jos temperatūra aukštesnė negu aplinkos, tuo tarpu ledas, priešingai, mainų metu laimi šilumos. Ledo kryptimi ranka netenka šilumos daugiausia, o tai mes ir jaučiame kaip šalčio dvelkimą.

DRĖGMĖ, SKLINDANTI IŠ ŠILTesnės PATALPOS Į ŠALTesnę

Lauke visą dieną lyja pavasario lietus. Patalpoje džiūsta skalbiniai. Ir lauke, ir patalpoje oras prisotintas vandens garų. Ar pasikeis skalbinių džiūvimo greitis, atidarius langelį?

Iš pirmo žvilgsnio atrodo, jog atidarius langelį niekas pasikeisti negali: oras prisotintas vandens garų ir viduje, ir lauke. Tačiau prisiminkime, jog lauke — pavasaris, ir patalpoje šilčiau, negu už lango. O drėgmės kiekis, kuris yra vandens garų prisotintame ore, priklauso nuo temperatūros. Jei temperatūra lauke 5°C, o patalpoje 22°C, tai lauke viename kubiniame metre oro yra apie 7 g vandens, o viduje — net 19 g.

Atidarius langelį, į vidų plūstelės šaltas oras, turintis mažiau drėgmės. Jam sušilus, santykinis oro drėgnumas (vandens, garų, esančių patalpoje, santykis su jų kiekiu, kuris būtų visiškos soties atveju) sumažės, ir baltiniai džius geriau.

Taigi drėgmė linkusi pereiti iš šiltesnės patalpos į šaltesnę.

Dėl tos priežasties žiemą šildomuose butuose būna mažas santykinis drėgnumas (o žmogaus savijauta geriausia, kai santykinis drėgnumas lygus 40–60%. Esant mažam drėgnumui, džiūsta plaučiai ir gleivinė, ir žmogus greičiau peršąla). Iš to nereikia daryti išvados, kad žiemą buto neverta vėdinti – iš tikrųjų taip vieną blogybę pakeistume kita. Orą bute galima drėkinti specialiais drėkintuvais – prie radiatorių pakabinamais moliniais indeliais su vandeniu, ar kitais būdais.

PERMATOMA IR NEPERMATOMA UŽUOLAIDA

Dienos metu plonytė užuolaida ant lango beveik nekliudo iš kambario stebėti, kas dedasi kieme. Betgi ji tampa „neskaidria“, žvelgiant iš lauko į vidų. Vakare, kai kambaryje dega šviesa, esti priešingai. Kaip tai paaiškinti?

Dieną užuolaida iš gatvės pusės būna daug labiau apšviesta, negu kambaryje esantys daiktai. Žmogaus akis geba keisti jautrumą, bet jeigu regėjimo lauke tuo pat metu yra ir ryškių, ir mažiau ryškių objektų, tai akis prisitaiko prie vidutinio apšvietimo ir blogai skiria silpnai apšviestus daiktus, šiuo atveju – esančius kambaryje. Dėl tos pačios priežasties dieną nematome danguje žvaigždžių, nes išsklaidyta saulės šviesa yra daug ryškesnė negu žvaigždžių šviesa.

Dieną žiūrint iš kambario į kiemą, silpnai apšviesta vidinė užuolaidos pusė mums beveik netrukdo matyti, kas vyksta saulės apšviestoje pievelėje. Tuo metu būtent ryškus vaizdas už lango nulemia akies jautrumą.

Naktį kiemas ir kambarys stebėtojo, žvelgiančio pro užuolaidą, požiūriu tarsi susikeičia vietomis, nes pakinta jų apšviestumas. Todėl norint pasislėpti nuo smalsių praeivių žvilgsnių, tenka naudoti tankias naktines užuolaidas.

MUSĖ ANI FOTOAPARATO OBJEKTYVO

Fotografuojant ant fotoaparato objektyvo tupėjo musė. Ar sugadino ji kadrą? Ar matysime musę išryškinę nuotrauką?

Nuogaštauti neverta – musės nuotraukoje nematysime. Ji tupėjo ant lęšio, tai gi buvo arčiau negu jo židinyš. Tokiu atveju musės atvaizdas susidaro ne fotojuostelėje, bet prieš fotoaparata (menamas atvaizdas). Vis dėlto musė užstojo dalį šviesos, ir kadras bus blankesnis. Geras fotomėgėjas, spausdindamas nuotrauką, sugebės ją paryškinti.

JŪROS SPALVA

Kokios spalvos yra jūros vanduo? Melsvos – tvirtina poetai. Raudonos, geltonos, juodos ir baltos – atsako mokiniai, prisiminę žinomų jūrų pavadinimus. Jūros spalva priklauso nuo debesų ir dangaus spalvos. Tad galbūt tikrą jūros spalvą galima nustatyti, leidžiantis gilyn į dugną? Jūros tyrinėtojai rašo, kad, povandeniniam laivui grimztant, iš pradžių dingsta šviesūs ir šilti vandens atspalviai, įsivirauja žalia spalva. Šešiasdešimties metrų gilyje vanduo tampa žalsvai melsvas, trijų šimtų metrų gilyje – juodai melsvas, tamsiai pilkai melsvas, po to mėlyna spalva pereina į neapibrėžtą pilką, o pastaroji į juodą.

Kaip fizikas paaiškintų šį jūros spalvos kitimą, kokia jos tikroji spalva?

Jūros spalvos klausimas nėra visai paprastas. Populiariai jį galima paaiškinti taip.

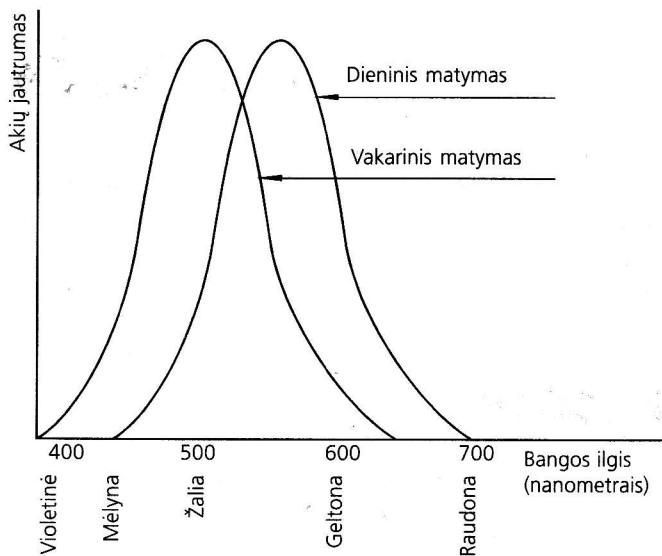
Žiūrint į jūrą nuo kranto, į akis patenka dvejopi spinduliai: atsispindėję nuo vandens paviršiaus ir išsklaidyti vandens gelmėje. Kuo statesniu kampu žiūrime į vandenį, tuo mažiau matome atsispindėjusių spindulių, turinčių dangaus ir debesų spalvą, ir daugiau išsklaidytų. Skaidrus vanduo labiausiai sugeria raudonus ir geltonus spindulius ir daugiausiai išsklaido mėlynąją spektro dalį. Štai kodėl jūros apra-

šymus dažniausiai lydi epitetas: mėlynoji. Jei vandenyje yra smulkių dalelių, jos išsklaido ir ilgųjų bangų spindulius: drumstas vanduo įgyja rausvą ar gelsvą atspalvį.

Leidžiantis gilyn, pamažu dingsta stipriau sugeriami ilgesniųjų bangų spinduliai – raudoni, geltoni, žali, mėlyni. Violetiniams ateina eilė tada, kai šviesos intensyvumas jau labai silpnas ir spalvas nuslopina pilkšvai juodos sutemos.

GELIŲ SPALVOS DIENA IR PRIETEMOJE

Saulėtą vidurdienį raudoni ir geltoni jurginų žiedai iš tolo traukia akį, o pavakare tos spalvos tarsi išblėsta, ryškesni pasidaro žali jų lapai. Tuo tarpu neužmirštųjų ir violetinių flioksu žiedai, priešingai, žalių lapų fone išryškėja tik rūke ar prietemoje. Kodėl taip yra?



2.8 pav. Žmogaus akių jautrumas įvairių spalvų spinduliams dieninio ir vakarinio apšvietimo sąlygomis. Šios kreivės paaiškina, kodėl gėlių ar drabužių spalvos kinta priklausomai nuo apšvietimo.

Priežastis slypi ne gēliu žieduose, o žmogaus akyse. Jų jautrumas įvairių spalvų spinduliams kinta priklausomai nuo šviesos stiprumo. Dieną akys jautriausios geltonai, šviesiai žaliai ir oranžinei šviesai, prietemoje jautrumo maksimumas pasislenka link trumpesniųjų bangų (2.8 pav.). Taigi vakare ar rūke pagerėja tamsiai žalių, mėlynų ir violetinių spalvų matomumas, o geltonų ir raudonų spalvų – pablogėja.

Šis efektas vadinamas Purkinės efektu – jį ištyrusio žymaus čekų fiziologo Purkinė (*Purkyne*) vardu. Tačiau dar prieš keturis šimtus metų iki Purkinės tyrimų spalvos priklausomybę nuo apšvietimo pastebėjo didysis menininkas ir mokslininkas Leonardas da Vinčis. Jis rašė: „Žalia ir mėlyna sustiprina savo spalvą pusšėšelyje, o raudona ir geltona laimi apšviestose dalyse. Tas pat atsitinka ir su balta spalva“.

KODĖL DRAUDŽIAMIEJI SIGNALAI RAUDONI?

Kodėl transporto judėjimą draudžiantys signalai paprastai esti raudonos spalvos?

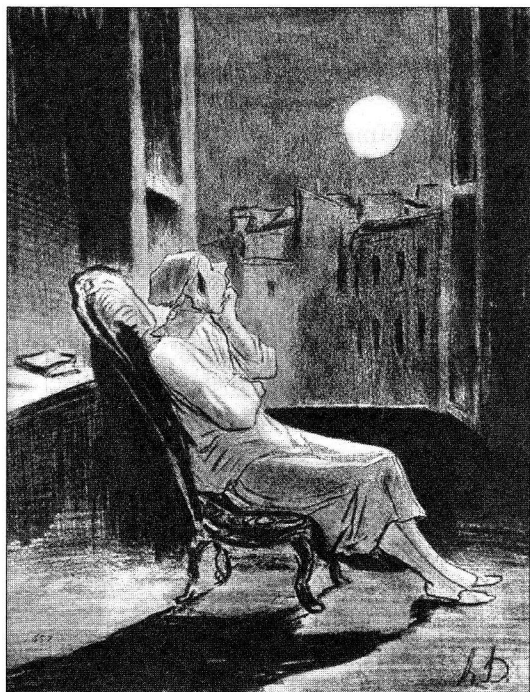
Raudonos spalvos pasirinkimą draudžiamiesiems signalams lemia ir fizikinė, ir psichologinė priežastys.

Raudonųjų spindulių bangos ilgis iš regimųjų spindulių didžiausias, todėl jie mažiausiai išsklaidomi nuo mažų ore esančių dalelių – dūmų, dulkių ar mažų lašelių. (Štai kodėl saulė pro rūką ar dūmus, taip pat kylanti ar besileidžianti, kai jos spinduliai skverbiasi pro drėgnesnį ar dulkinesnį paviršinį oro sluoksnį, atrodo rausva.) Taigi raudonos spalvos ženklai yra geriausiai įžiūrimi esant blogam matomumui – tyrant rūkui, ore esant dulkių ar dūmų. O juk būtent tokiomis sąlygomis draudžiamieji signalai yra ypač svarbūs.

Dar yra ir psichologinė priežastis: raudona spalva – tai kraujo, ugnies spalva, todėl ji mums kelia pavojaus įspūdį, žadina budrumą.

KODĖL DAILININKAI DIDINA SAULĘ IR MĖNULĮ?

Kodėl saulė ir mėnulis paveiksluose piešiami daug didesni, negu jie matomi iš tikrųjų, ypač jeigu yra žemai prie horizonto?



Saulē ir mēnuli mes matome beveik vienodu erdviniu kampu, kuris sudaro tik pusē laipsnio. Taigi kiekvieno iš jų regimasis plotas užima vos vienā šimtatūkstantajā daļī dangaus ploto. Tuo sunku patikēti — šiuos dangaus kūnus mes vaizduojamēs kur kas didesnius. Ta pati iliuzija pasireiškia ir dailininku paveiksluose — beveik nerasime paveikslu, kuriame šie šviesulīai nebūtū padidinti keletā ar net keliolika kartū, o V. van Gogo paveiksle „Sējējas“ saulē užima maždaug šimtā kartū didesnī regimāji plotā negu turētū būti. Šie perdējimai mūsū nestebina, atvirkščiai — ten, kur saulē ir mēnulis atvaizduoti teisingai, jie mums atrodo nenatūralīai maži. Gal dailininkai perdeda sąmonīgai? Betgi vaikai nesivaiko meno gudrybiū, o ar esate matē vaikiškā piešīnī, kuriame saulē būtū tik 2 mm sker-

2.9 pav. O. Domjē piešīnys „Mēlyna kojīnē“ („Senmergē“). Kairēje originalas, dešīnēje — tas pats piešīnys, tik mēnulis jame sumažīntas ligi jo tikrojo regimojo dydžio. Ar ne tiesa, kad mēnulio atvaizdas kairēje atrodo teisingesnis?

smens (tokią ją reikėtų paišyti, laikant popieriaus lapą 25 cm atstumu nuo akių).

Paradoksą sukuria keletas iliuzijų. Visų pirma, šviečiantys daiktai atrodo didesni negu yra iš tikrųjų, nes dirginimas išplinta akies tinklainėje. Antra, sprendami apie daikto dydį, mes nesąmoningai atsižvelgiame į atstumą nuo jo ligi mūsų. Mėnuliui ir saulei, esantiems neišsivaizduojamai toli, mes taikome įprastinius žemiškus atstumus.

Trečia, šie šviesuliai atrodo (ir piešiami) ypač dideli, kai jie leidžiasi arba kyla — yra prie horizonto; tada pasireiškia perspektyvos iliuzija. Mums įprasta, jog artėjantis prie horizonto daiktas tolsta ir tuo pačiu mažėja. Tad intuityviai laukiame, jog ir saulė bei mėnulis prie horizonto atrodys mažesni. O jų kampinis dydis išlieka tas pats (tuo galime įsitikinti, pavyzdžiui, ištiestoje rankoje laikydami tris suglaustus degtukus — jie vienodai uždengia ir aukštai šviečiančią, ir besileidžiančią saulę). Tą netikėtą pastovumą vietoj laukto sumažėjimo ir suvokiame kaip šviesulio padidėjimą.

MILŽINAI IR NYKSTUKAI

Viduramžiais buvo paplitę pasakojimai apie milžinus ir nykštukus, gyvenančius tolimose įstabiose šalyse. Jais tikėjo netgi vienas garsiausių XVII a. mokslininkų scholastų A. Kircheris, kurio veikalai buvo leidžiami milžiniškais (tų laikų mastais) tiražais. O satyrikas D. Sviftas pasinaudojo šiais pasakojimais apie milžinų ir nykštukų šalis, idant nebaudžiamas galėtų pasijuokti iš savo amžininkų ydų. Trumpam patikėkime pasakom ir pasvarstykime, ar labai mažų ir labai didelių žmonių egzistavimas galimas fizikos požiūriu.

Gyvo organizmo proporcijos turi keistis, kintant jo dydžiui — tokią išvadą pirmasis padarė Galileo Galilėjus. Pavyzdžiui, matmenims padidėjus du kartus, kūno tūris ir svoris išaugtų aštuonis kartus, o kaulų stiprumas, priklausantis nuo jų skerspjuvio, padidėtų tik keturiskart. Galilėjus pateikė piešinį, kaip turėtų atrodyti gigantiško šuns kaulai (2.10 pav.) (toks šuo, aišku, nebebūtų panašus į šunį). Žmonės milžinai, kurie pasakose nuveikia titaniškus darbus, iš tikrųjų negalėtų net judėti — jų kaulai neišlaikytų jų pačių svorio. Dėl tos priežasties didžiausias Žemės

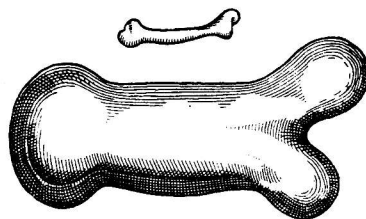
gyvūnas banginis gyvena tik vandenyje. Antra vertus, maži gyvūnēliai gali pasiekti tokius šoklumo ir stiprumo rekordus, kuriems atitinkamų žmogus niekaip negali priļygti.

Sprindžio didumo nykštukai negali bŭti sumažintos žmonių kopijas. Aplinkai atiduodamas šilumos kiekis porcingas kŭno paviršiaus plotui, kuris, mažējant kŭno matmenims, mažēja lēčiau negu kŭno svoris. Taigi nykštukai aukštā kŭno temperatūrā galētŭ palaikyti tik suvartodami gerokai daugiau maisto kiekvienam savo kŭno svorio vienetui. Štai kodēl maži žvēreliai bŭna tokie ēdrŭs. Vienas iř mažiausiu žinduoliu — kertukas mažiļis — sveria 2 gramus, o per parā suēda maisto apie 4 gramus. Keletā valandŭ negavęs maisto, jis žŭtŭ iř bado. Dar smŭlkesni gyvŭnai jau nebēra šiltakraujai, jŭ temperatŭra priķlauso nuo aplinkos temperatŭros.

Esant skirtingam masteliui, iřlaikyti visiřkā panašumā neįmanoma ne tik gyvojoje, bet ir negyvojoje gamtoje. Pilies, kuriā vaikas pastato iř smēlio, šimtā kartŭ padidintos kopijos nepavyktŭ sukurti net genialiausiam inžinieriui. Į tai verta atsižvelgti gaminant sumažintus modelius reiřkiniams ar konstrukcijoms tirti.

ELEKTRINĖ MĒRGATĒ

Į mokslinį institutą buvo priimta nauja laborantė. Labai kruopšti, stropi, tvarkinga. Tačiau bendradarbiai ėmė jos vengti, nes imant iš laborantės rankų kokį nors metalinį daiktą ar prisilietus prie jos buvo galima patirti elektros smūgį. Ji pati kentėjo dėl to daugiausiai, nes jusdavo elektros dilgčiojimus vos palietusi durų ranke-



2.10 pav. Gigantiško šuns kaulas turētŭ bŭti daug masyvesnis, negu normalaus šuns. Piešinys iř G. Galilėjaus knygos „Pokalbiai apie dvi naujas mokslo šakas“.

na, čiaupo rankenėlę, prietaisus. Taip jai nutikdavo tik darbe, tad mergaitė padavė pareiškimą atleisti iš instituto „dėl to, kad aš kažkodėl kaupiu elektrą“.

Kodėl žmonės kartais įsielektrina? Ar tai nekenkia sveikatai?

Istorijos apie elektrinę mergaitę tąsa tokia: buvo sudaryta komisija, kuri lengvai nustatė laborantės elektrizavimosi priežastis. Laboratorijoje jai dažnai tekdavo peiliu pjaustyti parafiną, be to, mergaitė dėvėjo šilkinę bliuzelę ir nešiojo batus kaučiuko padais, o jos oda buvo labai sausa. Trinantis peiliui į parafiną ir odai į šilką susidarydavo statinė elektra, kuri negalėjo nutekėti į grindis per kaučiuko padus. Komisija pasiūlė pastatyti laboratorijoje oro drėkintuvą. Mat esant didesniai oro drėgnumui, daiktų ir žmogaus kūno paviršiuje susidaro plonytė drėgmės plėvelė. Dėl joje ištirpusių druskų plėvelė esti laidus elektrai, tad ja nuteka susidarę elektros krūviai. Tokiu būdu mergaitė prarado savo elektrines savybes ir liko dirbti institute.

Žmogaus kūnas įsielektrina panašiai kaip gintaras, trinamas į vilną, ar stiklinė lazdelė, trinama į šilką. Trinantis nelygiems paviršiams, iš jų atplėšiamos mažos medžiagos dalelės, vadinasi, ir pavienės molekulės ar atomai. Kai kurios dalelės turi elektros krūvį, o paviršius, nuo kurio jos buvo atplėštos, įgyja priešingo ženklo krūvį. Trinantis žmogaus odai į vilną, pastaroji įsielektrina teigiamai, o kūnas — neigiamai. Jeigu žmogus dėvi sintetinius apatinius rūbus, jis įgyja teigiamą krūvį. Žmogus taip pat įsielektrina vaikščiodamas sausu kilimu, šukuodamas sausus plaukus, glostydamas katę, liesdamas įelektrintus daiktus ar tik priartėjęs prie jų (dėl elektrinės indukcijos įelektrintas daiktas iš tolo veikia odą — traukia link savęs priešingo ženklo krūvius ir stumia to paties ženklo krūvius; jei pastarieji nuteka į žemę ar kitus daiktus, tai kūnas lieka įelektrintas).

Buvo atliekamas toks bandymas. Žmogus vaikštinėjo vilkdamas kojas per kilimą, o po to prikišdavo pirštą prie atsukto dujų viryklės degiklio — šokdavo kibirkštis, kuri uždegdavo dujas. Žmogaus kūnas gali įgyti gana didelį potencialą — ligi kelių dešimčių kilovoltų. Vis dėlto susidaranti srovė yra gana silpna ir negresia skaudžiom pasekmėm, aišku, jei aplinkoje nėra lengvai įsidegančių medžiagų.

Buitinė statinė elektra sveikatai nėra pavojinga, nors gali sukelti nemalonius pojūčius. Žmonės, turintys sausą odą ar dėl kitų priežasčių kaupiantys elektrą, gali naudoti specialias antistatines priemones savo rūbams skalauti. O dažniausiai žmogus netenka įgyto statinio krūvio nejučiomis liesdamas įvairius daiktus, arba elektra nuteka į žemę per drėgną odą ir batus.

III

ŠIUOLAIKINĖS FIZIKOS PARADOKSAI

XX a. fizikai išsiskverbė į žmogaus pojūčiais nesuvokiamus, neregimus didelių greičių, labai mažų ir labai didelių atstumų, labai žemų ir labai aukštų temperatūrų pasaulius. Juose galioja mums neįprasti dėsniai, pasireiškia keistos savybės, tad šiuolaikinės fizikos atradimai dažnai atrodo neįtikėtini, paradoksalūs, netgi prieštaraujantys sveikam protui. Prie jų reikia priprasti, kaip palengva žmonės priprato, kad Žemė yra apvali ir kad kitoje jos pusėje įmanoma gyventi, kad Žemė sukasi aplink Saulę, o ne priešingai ir pan.

Nežiūrint keistumo, šiuolaikinė fizika pasirodė esanti labai vaisinga įvairiais taikymais. Pamėginkite išvardyti naudingiausius šiuolaikinės civilizacijos išradimus ir įsitikinsite — bent pusė jų remiasi naujosios fizikos atradimais. Tiesa, jie įgalino sukurti ir modernius ginklus, bet, deja, mokslo žinios gali būti panaudotos ir gerais, ir blogais tikslais.

Ne visi nauji fizikos atradimai jau aprašyti vadovėliuose, ne visiems sugalvotas paprasčiausias paaiškinimas ar trumpiausias apibrėžimas. Prie šių mįslių dar visai neseniai suko galvas mokslininkai, ne viskas aišku ir dabar. Ekskursija į XX a. fiziką nėra lengviausios kategorijos žygis. Tačiau be šios ekskursijos būtų skurdokas ne tik fizikos, bet ir paties XX amžiaus vaizdas. Prisiminkite šio amžiaus populiariausius epitetus — atominis, kosminis, lazerinis — tai vis fizikos terminai.

Autorius stengėsi laviruoti tarp netikslumo ir nesuprantamumo, lyg tarp Sci-lės ir Charibdės, pakliūdamas tai vienam, tai kitam į nasrus: keleto puslapių erdvė ankštoka šiuolaikinės fizikos idėjoms. Blieka pasikliauti skaitytojo nuovokumu.

ENERGIJA IR JOS „VIRTIMAS“ MASE

Energija – tai vienas iš mūsų laikų burtažodžių. Nors ta sąvoka dažnai minima, daugeliui žmonių ji tebėra neaiški ir paslaptinga. Ar iš tikrųjų energija yra kažkoks nematomas, besvoris skystis, tekantis iš vieno kūno į kitą? Ką reiškia garsioji Einšteino formulė $E=mc^2$ Jeigu medžiagoje slypi fantastinis energijos kiekis, tai kodėl nuogaustaujama, kad žmonijai pritruks energijos?

Energija nėra neregimas skystis ar kokia ypatinga substancija. Fizikai apibrėžia energiją kaip galimybę atlikti darbą. Aukštyn pakeltas kūnas įgyja energijos, nes krisdamas žemyn jis gali atlikti darbą. Galbūt keldami kūną kažko jam suteikiame? Betgi kūno energiją galime padidinti ir neliesdami paties kūno, pavyzdžiui, po kabančiu svarsčiu iškasę duobę. Judantis kūnas taip pat gali atlikti darbą, smogdamas į kitą kūną, tad jis irgi turi energijos. Elektros laidais teka, griežtai kalbant, ne energija, o elektronų srautas (tiesa, judėdami elektronai perneša kartu su savimi ir galimybę atlikti darbą, t. y. energiją).

Specialioji reliatyvumo teorija įrodė, kad greta kitų energijos rūšių egzistuoja rimties energija. Kiekvienas masės m kūnas turi savyje $E=mc^2$ energijos. Kadangi c yra milžiniškas šviesos greitis ir šis dydis dar keliamas kvadratu, tai, pagal tą formulę, medžiagoje slypi milžiniškas energijos kiekis: 1 kg bet kokios medžiagos (netgi buitinių atliekų) – apie 10^{17} J; tiek energijos Ignalinos atominė elektrinė pagamina tik per pusantrų metų. Deja, reliatyvumo teorija nenurodo, kaip tą didžiulę energiją galima išlaisvinti.

Sąryšis $E=mc^2$ galioja ne tik parimusiui, bet ir judančiam kūnui. Vadinasi, didėjant kūno greičiui, auga ir jo masė. Tie du dydžiai – masė ir energija – yra vienareikšmiškai susiję tarpusavyje, nors nėra ekvivalentiški, nes skiriasi ne skaičiumi, o pastoviu dydžiu c^2 , turinčiu dimensiją. Netgi būtų galima visose formulėse, į kurias įeina masė, pakeisti ją E/c^2 ir apsieiti tik su energija.

Vis dėlto kai nagrinėjama daugelis fizikos reiškinių, kūnų greičiai esti daug mažesni už šviesos greitį ir jų masės praktiškai nekinta. Tad patogiau naudoti abu dydžius, masę suprantant kaip kūno rimties masę, o energiją – be didžiulės, tačiau sunkiai prieinamos rimties energijos.

Būtent taip elgiasi chemikai: jie pripažįsta masės tvermės dėsnį, o reakcijų metu gaunamą energiją vadina chemine energija. Iš tikrųjų reakcijos produktų masė šiek tiek skiriasi nuo pradinių medžiagų masės (sumažėja, jei cheminės reakcijos metu išsiskiria šiluma), tačiau to pokyčio neįmanoma aptikti net jautriausiomis svarstyklėmis. Juk cheminėse reakcijose išlaisvinama energija, kuri lygi atomų ryšio energijai molekulėse. O pastaroji sudaro tik maždaug 10^{-10} dalį atomų rimties energijos, nes atomams jungiantis į molekules, persitvarko tik išoriniai, su branduoliu silpnai susieti elektronų sluoksniai.

Kur kas stipriau tarp savęs surišti protonai ir neutronai atomų branduoliuose. Jų ryšio energijos jau sudaro apie tūkstantąją dalį rimties energijos — taigi tokios eilės energijas ir galima gauti branduolinių reakcijų metu. Kaip žinome, galimos dviejų tipų energiją išskiriančios branduolinės reakcijos: sunkiųjų branduolių dalijimosi reakcija, kuri įgalino sukurti atominę bombą bei branduolinį reaktorių, ir lengvųjų branduolių sintezės reakcija, kuri kol kas panaudota tik vandenilinei bombai pagaminti. Kad ir kažin kokie fantastiški atrodytų energijos kiekiai, išsiskiriantys atominės ir vandenilinės bombos sprogo metu, jie sudaro tik dešimtąsias procento dalis visos medžiagoje slypinčios energijos.

Žinomas dar vienas — paprasčiausias ir kartu efektyviausias būdas rimties energijai išlaisvinti, tai yra — medžiagos ir antimedžiagos anihiliacija. Šis būdas leistų žmonijai išspręsti energijos klausimą visiems laikams, jei Žemėje būtų antimedžiagos. Deja, jos nėra, ir energijos problema XXI a. bus svarbi kaip niekada anksčiau.

STEBĖTOJO VAIDMUO ŠIUOLAIKINĖJE FIZIKOJE

Šiuolaikinė fizika teigia, kad laiko tėkmė ir atstumai erdvėje priklauso nuo stebėtojo greičio, kad bet koks mikrodalelių stebėjimas keičia stebimuosius objektus. Gal fizika atsisakė objektyvaus pasaulio suvokimo ir tapo subjektyviu mokslu?

Ilgą laiką fizikai manė, kad egzistuoja absoliutus laikas ir absoliutinė erdvė. Laikas — vienodas visiems stebėtojams, neturintis nei pradžios, nei pabaigos, nekeičiantis savo tėkmės. Erdvė — begalinė, vienoda visomis kryptimis, nepriklausanti nei nuo stebėtojo, nei nuo kitų joje esančių kūnų. Toks erdvės ir laiko supra-

timas yra mums natūralus ir įprastas, nes išplaukia iš mūsų patirties, stebint judėjimą nedideliais greičiais, daug mažesniais už šviesos greitį.

Specialioji reliatyvumo teorija įrodė, kad laiko tėkmė nėra vienoda parimuisiam ir dideliu greičiu judančiam stebėtojų. Matuodami atstumą tarp tų pačių dviejų erdvės taškų (arba matuodami to paties kūno ilgį), jie irgi gauna skirtingus rezultatus, t. y. jiems pakinta ir erdvės savybės. Taigi kiekvienas stebėtojas turi savąjį laiką ir savąją erdvę.

Iš to išplaukia daug paradoksalių rezultatų. Antai jei vieno stebėtojo požiūriu du įvykiai vyksta vienas po kito, tai kitam stebėtojų jie gali būti vienalaikiai ar net vykti priešinga tvarka (nors tokiu atveju šie du įvykiai negali būti priežastis ir jo pasekmė). O kaip, sakysite, yra iš tikrųjų? Deja, jei nebėra absoliutaus laiko, tai nebėra ir vienos absoliučios tiesos apie vykstančius įvykius — kiekvienas stebėtojas turi savo tiesą.

Panašios išvados atrodo prieštaraujančios sveikam protui, tačiau specialioji reliatyvumo teorija yra patikrinta daugeliu eksperimentų. Mums tai neįprasta todėl, jog su tokiais reiškiniais nesusiduriame kasdieniame gyvenime. Jei šviesos greitis būtų daug daug kartų mažesnis, mes prie panašių paradoksų būtume seniai pripratę ir stebėtumės išgirdę teiginį, jog laikas yra vienodas visiems stebėtojams.

Anot specialiosios reliatyvumo teorijos, erdvė ir laikas yra santykiniai, bet ne subjektyvūs dydžiai. Juk jie priklauso ne nuo stebėtojo valios, o nuo jo greičio. Netgi patį stebėtoją gali pakeisti automatiniai laiko ir atstumo matavimo prietaisai.

Tiriant mikropasaulį, stebėtojo vaidmuo tampa dar svarbesnis, nes čia matavimas keičia matuojamąjį objektą. Mikrodalelės tiriamos kitomis mikrodalelėmis — fotonais, elektronais ir pan. Pastarųjų poveikis stebimajai dalelei paprastai būna tuo didesnis, kuo tiksliau yra matuojama.

Kaip matysime, mikrodalelės ateities numatyti iš principo negalima, tik jos tikimybę. Tad stebėtojas, atlikdamas bandymą, realizuoja vienokią ar kitokią galimybę.

Vis dėlto kvantinė mechanika irgi nėra subjektyvus mokslas — matavimo rezultatas priklauso ne nuo subjekto norų, o nuo konkrečių bandymo sąlygų, kurias gali realizuoti ir robotas.

KREIVOJI ERDVĖ

Devynerių metų Einšteino sūnus Eduardas kartą paklausė savo tėvo: „Tėti, kodėl tu tokia garsenybė?“ Einšteinas nusijuokė, o po to rimtai paaiškino: „Matai, kai aklas vabalas šliaužia rutulio paviršiumi, jis nepastebi, kad jo kelias yra išlinkęs. Man, priešingai, teko laimė tai pastebėti“.

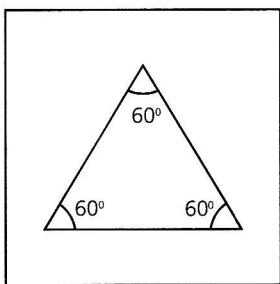
Kaip Einšteinas nustatė, kad mus supanti erdvė yra kreiva, ir ar tai yra patvirtinta stebėjimais?

Niutono visuotinės traukos dėsnis nuostabiai gerai galioja dangaus kūnams: juo remiantis galima apskaičiuoti planetų ar žvaigždžių padėtis šimtus metų į priekį (tai bene vienintelė sritis, kur ateities prognozė yra visiškai patikima). Tačiau sukūrus specialiąją reliatyvumo teoriją pasidarė aišku, jog būtent šį dėsnį reikia patikslinti: juk jis teigia, kad vienas kūnas patiria kito kūno trauką akimirksniu, kad ir kažin koks didelis atstumas juos skirtų, tuo tarpu reliatyvumo teorija paskelbė: joks signalas negali būti perduodamas greičiu, didesniu už šviesos greitį tuštumoje.

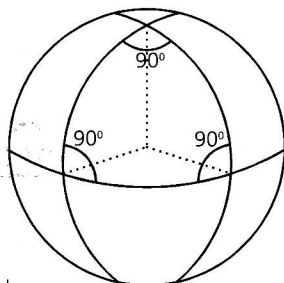
Ištaisyti Niutono dėsnį ėmėsi Einšteinas, ir tam prireikė aštuonerių titaniško darbo metų – nuo 1907 m. ligi 1915 m.

Einšteinas rėmėsi tuo, kad krintančiame lifte stebimas nesvarumas – žmonės ir daiktai sklando ore, tarytum jų neveiktų Žemės trauka (tas pat būna ir dirbtiniame Žemės palydove). Taigi Žemės trauką tarsi galima „išjungti“, pasirinkus laisvai krintančią, t. y. su pagreičiu judančią atskaitos sistemą. Antra vertus, Einšteinas įrodė, jog judančioje atskaitos sistemoje, nebegalioja įprastinė (euklidinė) geometrija: lygiagretės tiesės susikerta, o trikampio kampų suma nebelygi 180° . Taip Einšteinui atėjo į galvą geniali mintis, jog visuotinės traukos jėga yra ne kas kita kaip erdvės kreivumo pasireiškimas. Reikėjo tik užrašyti tai matematine forma, gauti išvadas ir patikrinti, ar jos galioja realiam pasauliui.

Einšteinui nebereikėjo pačiam kurti kreivos erdvės geometrijos – maždaug prieš šimtą metų ją nepriklausomai buvo atradę vokietis K. F. Gausas (*Gauss*), vengras J. Boljajis (*Bolyai*) ir rusas N. Lobačevskis, o suformulavo vokietis B. Rimanas (*Riemann*). A. Einšteinas kreivą erdvę tik perkėlė iš matematikos į fiziką.



a



b

3.1 pav. Dvimatė euklidinė erdvė — plokštuma (a) ir dvimatė kreivoji uždara erdvė — sfera (b). Pastarojoje negalima nubrėžti lygiagrečių tiesių, o trikampio kampų suma lygi ne 180° , o 270° .

Mes dar vaikystėje suvokiame, kuo kreiva lazda skiriasi nuo tiesios (o labai ploną lazda galima laikyti vienmate erdve). Sudėtingesnis pavyzdys dvimatė erdvė.

Sakykime, kad egzistuoja dvimatis pasaulis — be aukščio; čia gyvena dvimatės būtybės, panašios į knygos paveikslėlius. Įprastinė — euklidinė erdvė — joms begalinė plokštuma. Dvimatė kreiva erdvė — bet koks kreivas paviršius. Paprasčiausia uždara kreiva erdvė — sfera (rutulio paviršius) (3.1 b pav.).

Jeigu sferos gyventojai, kaip ir mes, manytų, kad tiesė gaunama įtempus virvelę tarp dviejų taškų, tai tiesė jie vadintų apskritimo lanką. Sujungus tris taškus tokiomis tiesėmis, gautųsi trikampis, kurio kampų suma didesnė negu 180° . Dvimatės būtybės nustatytų, jog lygiagrečios tiesės negalimos, nes visi sferos lankai susikerta tarpusavyje. Sfera — baigtinio dydžio (einant į priekį, sugrįžtama į tą pačią vietą), bet neturinti ribų kreiva erdvė.

Įsivaizduoti kreivą trimatę erdvę mums taip pat sunku, kaip ir dvimatėms būtybėms suvokti iškreiptą plokštumą. Laimė, egzistuoja matematiniai aprašymo būdai, kurie leidžia nagrinėti netgi daugiamates erdves. Jais naudojantis, gaunamos tos pačios išvados, kaip ir kreivo dvimačio pasaulio atveju: trikampio kampų suma nebelygi 180° , lygiagrečios tiesės susikerta. O jei mūsų erdvė ne tik kreiva, bet ir uždara, tai skrisdami raketa į priekį, po kurio laiko turėtume grįžti į tą pačią vietą.

Kodėl gi žmonija tiek amžių naudojosi euklidine geometrija ir neaptiko jokio erdvės kreivumo? Iš tikrųjų Žemė iškreipia erdvę labai nežymiai — Žemės paviršiuje trikampio kampų suma viršija 180° tik 10^{-13} laipsnio daliimi. Erdvė labiau iškreipta arti masyvios Saulės, ir tai turėtų ypač jausti Merkurijus, artimiausia Saulei planeta. Iš tikrųjų reliatyvumo teorija paaiškino astronomų pa-

stebėtą Merkurijaus judėjimo anomaliją, kuri neišplaukė iš Niutono teorijos.

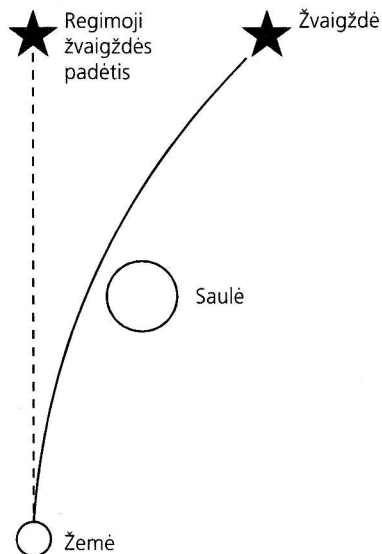
Einšteinas numatė kitą, dar akivaizdesnį erdvės kreivumo patikrinimą. Jei Saulė iškreipia aplinkinę erdvę, tai tolimos žvaigždės spindulys, praeidamas pro Saulę, turėtų išlinkti (3.2 pav.). Tiesa, žvaigždės šalia Saulės matomos tik visiško jos užtemimo metu. Tad 1919 m. į tokio užtemimo rajoną buvo surengta speciali ekspedicija, kuri patvirtino Einšteino išvadą.

Erdvės kreivumas pasidaro labai svarbus šalia nepaprastai tankių ir keistų Visatos kūnų — juodųjų bedugnių, taip pat nagrinėjant Visatą ir jos raidą, — apie tai bus pasakojama kitose mįslėse.

ŠVIESA — IR BANGOS, IR DALELĖS?

Keletą šimtmečių fizikai ginčijosi: kas yra šviesa — dalelės ar bangos? Vieni mokslininkai pateikdavo įtikinamų argumentų, kad šviesa yra bangos, kiti surasdavo ne mažiau įtikinamų įrodymų, kad šviesa yra dalelių srautas. Šiuolaikinė fizika priėjo išvadą, kad teisūs buvo ir vieni, ir kiti. Kaip gali tas pats objektas būti ir dalele, ir banga, kurios tokios skirtingos?

XIX a. viduryje atrodė, kad galutinai nugalėjo banginė šviesos teorija, nes tik ji galėjo paaiškinti difrakcijos ir interferencijos reiškinius. Betgi 1900 m. M. Plankas, norėdamas gauti teisingą juodojo kūno (sugieriančio visą į jį krįtantį šviesą) spinduliavimo dėsnį, buvo priverstas padaryti prielaidą, kad šviesa spinduliuojama tik tam tikromis porcijomis — kvantais. O 1905 m. A. Einšteinas,



3.2 pav. Saulė iškreipia ją supančią erdvę, todėl žvaigždės spindulys nukrypsta, praeidamas pro Saulę. Visiško Saulės užtemimo metu arti jos matomos žvaigždės tarsi pasislenka link Saulės.

siekdamas paaiškinti fotoefektą (elektronų išlėkimą iš metalų, apšvietus juos saulės spinduliais), vėl gražino korpuskulinę šviesos teoriją – įvedė šviesos dalelę fotoną. Tuo tarpu banginė šviesos teorija fotoefekto ypatumų paaiškinti negalėjo. Anot vieno to meto mokslininko, fizikai tris dienas per savaitę turėtų tikėti, kad šviesa sudaryta iš fotonų, o likusias dienas – kad ją sudaro bangos.

Šis paradoksas buvo išspręstas XX a. trečiajame dešimtmetyje, sukūrus kvantinę mechaniką, kuri aprašo mikrodalelių judėjimą ir jų savybes. Paaiškėjo, kad mikropasaulyje galioja kitokie dėsniai, negu mums įprastame pasaulyje. Vienas iš pagrindinių kvantinės mechanikos principų – neapibrėžtumo principas – teigia, kad negalima vienu metu tiksliai nustatyti mikrodalelės greičio ir jos padėties: tų dviejų dydžių neapibrėžtumų sandauga visada didesnė už tam tikrą dydį. Jeigu vienokiu bandymu tiksliai nustatoma mikrodalelės padėtis, t. y. ji aptinkama kaip dalelė, tai visai neapibrėžtas pasidaro jos greitis. Jeigu, priešingai, nustatomas mikrodalelės greitis, tai tampa neapibrėžta jos padėtis, ir mikrodalelė stebima kaip banga. Vadinasi, neapibrėžtumo principas „sutaiko“ dvi priešybes – dalelę ir bangą – jos ne paneigia, o papildo viena kitą. O kas iš tikrųjų yra mikrodalelė? Tai kvantinis objektas, kurio neįmanoma vaizdžiai suvokti, naudojantis mums įprastomis, bet atitinkančiomis kitokių atstumų pasaulį dalelės ir bangos sąvokomis.

Dalelės ir bangos savybėmis pasižymi ne tik fotonas, bet ir elektronas bei kitos elementariosios dalelės (ir vis dėlto jos sąlygiškai vadinamos dalelėmis). Tai patvirtina įvairūs bandymai. Pavyzdžiui, elektronų pluošteliai praeinant pro siaurus plyšelius tarp atomų kristalinėje gardelėje, susidaro difrakcinis vaizdas, panašus į tą, kuris stebimas krintant Rentgeno spinduliams.

ATOMAS IR SAULĖS SISTEMA

Atome elektronai supa masyvų branduolį tarsi planetos Saulę. Jei planetinę Saulės sistemą sumažintume ligi atomo dydžio, tai Saulė užimtų panašų tūrį kaip atomo branduolys. Gal iš tiesų atomas – miniatiūrinė Saulės sistema?

Vieną skirtumą tarp atomo ir Saulės sistemos galime pastebėti iš karto: planetos išsidėsčiusios aplink Saulę vienoje plokštumoje, o elektronų debesėlis supa atomą iš visų pusių.

Antras, esmingesnis skirtumas — veikiančios jėgos. Atomo viduje vyrauja elektrinė jėga: teigiamą krūvį turintis branduolys traukia neigiamą krūvį turinčius elektronus. Atome veikia ir gravitacinė jėga, tačiau ji nepalyginamai silpnesnė už elektrinę jėgą, pavyzdžiui, du elektronai, kaip turintys masę kūnai, traukia vienas kitą $4 \cdot 10^{42}$ kartų silpniau, negu jie stumia vienas kitą kaip elektringos dalelės (koks didelis šis skaičius, rodo toks palyginimas — maždaug tiek kartų mūsų prietaisais stebima Visatos dalis didesnė už elementariają dalelę!).

Kodėl gi ta nepaprastai silpna gravitacinė jėga, esant dideliems atstumams, įveikia elektrinę jėgą ir lemia dangaus kūnų judėjimą, taip pat ir planetų sukimą aplink Saulę? Juk ir elektrinė, ir gravitacinė jėgos priklauso nuo atstumo vienodu būdu. Priežastis — dviejų rūšių elektros krūvių egzistavimas. Du krūviai gali ne tik traukti, bet ir stumti vienas kitą, o dvi masės visada tik traukia viena kitą. Štai kodėl tarp planetų, žvaigždžių ir galaktikų, sudarytų iš milžiniško skaičiaus abiejų ženklų elektringųjų dalelių, elektrinės jėgos praktiškai lygios nuliui: trauka kompensuoja stūmą. Tuo tarpu silpnos gravitacinės jėgos sumuojasi ir dėl to jos įsiviešpatauja makropasaulyje — ryškus pavyzdys, ko vertas solidarumas!

Atomo viduje elektros krūviai negali kompensuotis, nes elementariosios dalelės turi tik vieną kurį nors elektros krūvį. Galinga elektrinė jėga stipriai suriša elektronus su branduoliu, todėl dujose nuolat vykstantys atomų susidūrimai nekeičia jų sandaros. Tuo tarpu Saulės sistemos susidūrimas, netgi suartėjimas su panašia sistema baigtųsi didžiule katastrofa.

Vis dėlto svarbiausias skirtumas tarp atomo ir Saulės sistemos susijęs su jų matmenų skirtingumu: milijardus kilometrų nusitęsusi Saulės sistema ir vos milijardosios metro dalies dydžio atomas! Iš nykštukų ir milžinų pavyzdžio matėme, jog, kintant masteliui, keičiasi ir pati gamta, o juk ten matmenys skyrėsi tik dešimtis ar šimtus kartų!

Marso ar Jupiterio padėtys danguje visai nepriklauso nuo to, ar mes juos tuo metu stebime, ar ne. Ši įprastinė tiesa nebegalioja atomo dalelėms. Norint nustatyti elektrono padėtį, reikia apšviesti jį mažo bangos ilgio šviesa, Rentgeno ar gama spinduliais. O elektrono sąveika su tokių skvarbių spindulių fotonais nėra maža. Kuo tiksliau norime nustatyti elektrono padėtį, tuo trumpesnės bangos spinduliais turime jį apšviesti ir tuo stipriau pakeičiame jo greitį. Kitokiu bandymu galime nustatyti elektrono greitį, bet tada mažytis elektronas negražinamai pakeis savo padėtį.

Dėl tų neapibrėžtumų kalti ne prietaisai, o pati elementariųjų dalelių prigimtis. Kaip buvo rašyta, anot neapibrėžtumo principo, elektronas negali vienu metu turėti tikslių padėties bei greičio verčių, taigi ir judėjimo trajektorijos (tik žinant padėtį ir greitį, įmanoma tiksliai nusakyti tolimesnį dalelės judėjimą). Net atlikę sudėtingus skaičiavimus, fizikai nustato tik tikimybes rasti elektroną vienoje ar kitoje vietoje aplink branduolį. Šis tikimybių pasiskirstymo vaizdas ir vadinamas elektrono orbita. O šiuolaikiniu mikroskopu gaunamose nuotraukose atomai matomi kaip neryškūs debesėliai.

Planetos, kaip ir kiti makroskopiniai kūnai, skiriasi savo dydžiu, forma bei sandara. Tuo tarpu visi elektronai turi vienodą masę, elektros krūvį ir dar keletą kitų elementariosioms dalelėms būdingų savybių. Tad atomo elektronai yra visai tapatingi, jų neįmanoma atskirti ar sužymėti.

Vis dėlto negalime daryti išvados, kad atomas yra netvarkinga sistema. Kai kuriais požiūriais tvarka čia net griežtesnė, negu Saulės sistemoje. Elektronai atome gali įgyti tik tam tikras energijos vertes. Elektrono energija priklauso ne nuo jo praeities ar atomo susidarymo sąlygų (kaip planetų Saulės sistemoje), o tiktai nuo jo orbitos. Elektronai stengiasi užimti kuo artimesnę branduoliui orbitą, turinčią mažesnę energiją, tačiau kiekvienoje orbitoje gali būti ne daugiau kaip du elektronai (dar vienas draudimo principas). Jei fotonas ar kita elementarioji dalelė išmuša iš atomo vieną elektroną, tai į jo orbitą peršoka kitas elektronas, turįs didesnę energiją: energijos perteklių jis išspinduliuoja fotono pavidalu.

Taigi atomas nekartoja Saulės sistemos, kiekvienam — savi dėsniai.

BRANDUOLIŲ SINTEZĖ SAULĖJE IR VANDENILINĖJE BOMBOJE

XX amžius žmonijos istorijoje bus minimas kaip branduolinės energijos atradimo, atominių elektrinių ir, deja, atominės bei vandenilinės bombų sukūrimo amžius. Paašškėjo, kad branduolinės reakcijos yra ir žvaigždžių energijos šaltinis. Kodėl Saulėje vandenilio branduolių jungimasis vyksta ramiai ir nėra pagrindo bijoti mūsų šviesulio sprogdimo, o vandenilinė bomba sprogdsta akimirksniu?

Žvaigždės susidarė (ir netgi susidaro šiais laikais) iš milžiniškų dujų ir dulkių debesų. Veikiant visuotinės traukos jėgai, debesis susitraukia, medžiaga spausdamasi įkaista ir, kai temperatūra kamuolio centre pasiekia kelias dešimtis milijonų laipsnių, čia prasideda branduolinės reakcijos. Didžiąją dalį žvaigždės medžiagos sudaro lengviausias elementas vandenilis, tad reakcijų grandinėlė prasideda nuo vandenilio branduolių jungimosi. Du jo branduoliai, susidūrę vienas su kitu, susijungia į sunkiojo vandenilio — deuterio — branduolį (turintį vieną protoną ir vieną neutroną), be to, reakcijos metu išlekia elektronas ir neutrinas bei išsiskiria nemažas šilumos kiekis. Šios reakcijos tikimybė labai maža, tad žvaigždė įsideda iš lėto ir palaipsniui reakcija tolsta nuo žvaigždės centro į jos pakraščius. Saulės tipo žvaigždė ramiai evoliucionuoja kelis milijardus metų, kol didžioji dalis vandenilio virsta heliu. Tik po to, gaminantis sunkesniesiems elementams, prasideda audringas žvaigždės raidos laikotarpis.

Vandenilio branduolių jungimosi reakciją realizuoti Žemėje kol kas nėra įmanoma. Daug lengviau jungiasi tarpusavyje ir išskiria daugiau šilumos sunkiojo vandenilio — deuterio ir tričio — branduoliai (pastarasis sudarytas iš protono ir dviejų neutronų). Nedideli šių vandenilio atmainų (izotopų) kiekiai yra gamtiniame vandenyje: deuteris jame sudaro mažiau negu 0,02%, o tritis atmosferos vandenyje tik $10^{-15}\%$. Vandenilinė bomba buvo pagaminta būtent iš sunkiojo vandenilio. O jai įžiebtį reikalinga milijonų laipsnių temperatūra, gaunama atominės bombos sproginimo metu (pastarojoje energija išsiskiria vykstant kito tipo branduolinei reakcijai, t. y. sunkiųjų elementų — urano ar plutonio — branduolių dalijimuisi). Atominės bombos sproginimas ne tik staiga įkaitina, bet ir suspaudžia deuterio ir tričio mišinį, tad jų jungimosi reakcija vyksta akimirksniu, o nespėjusi sureaguoti medžiagos dalis išsilaksto į visas puses.

Labai viliojanti perspektyva — įgyvendinti valdomą deuterio ir tričio jungimosi reakciją, t. y. sukurti termobranduolinį reaktorių. Tokie darbai buvo pradėti iš karto, sukūrus vandenilinę bombą, bet paaiškėjo, kad tai labai sunki problema. Kol kas per maždaug 50 metų pavyko sukonstruoti tik bandomuosius reaktorius. Juose nedidelis kiekis deuterio ir tričio įkaitinamas labai stipria elektros srove, gauta plazma suspaudžiama į žiedą ir išlaikoma sekundės dalis labai stipriais magnetiniais laukais (juk įprastiniai indai iš karto išgaruotų). Matyt, po kelių dešimtmečių, kai Žemėje išseks anglies, naftos ir net urano atsargos, valdomoji sunkiojo vandenilio sintezė taps vienu iš pagrindinių energijos šaltinių.

NEPAGAUNAMIEJI KVARKAI

Daugelis elementariųjų dalelių, kurių dabar žinoma daugiau nei cheminių elementų, iš tikrųjų nėra elementarios, o sudarytos iš kvarkų. Kas tie keisti kvarkai, kurių krūvis yra elektrono krūvio dalis, ką reiškia jų spalva ir net aromatas, kuriuos mini fizikai? Kodėl kvarkai aptinkami tik elementariųjų dalelių viduje, bet nėra stebėta nė vieno laisvo kvarko?

XX a. septintojo dešimtmečio pradžioje buvo žinoma virš šimto hadronų — elementariųjų dalelių, kurias veikia stiprioji jėga, ir tik keli leptonai (elektronas, miujonas — sunkusis elektronas, ir du neutrinai), kurių ši jėga neveikia. Leptonai elgiasi kaip neturinčios struktūros pirminės dalelės, tuo tarpu eksperimentai su hadronais liudija, kad jie turi vidinę struktūrą.

Tuo remdamiesi M. Gel-Manas (*Gell-Mann*) ir D. Cveigas (*Zweig*) 1963 m. paskelbė hipotezę, kad hadronai yra sudaryti iš kvarkų. Jų pavadinimą M. Gel-Manas pasiskolino iš vieno modernistinio romano, kur jam patiko miglota frazė: „Trys kvarkai misteriumi Markui“. Elementariųjų dalelių dalys irgi turėjo būti trys, be to, jos pasižymėjo keistomis savybėmis, tarp kitko — turėjo krūvį, kuris tebuvo dalis elektrono krūvio (ligi tol pastarasis buvo laikomas mažiausiu galimu krūviu). Trys kvarkai buvo pavadinti žemutiniu, aukštutiniu ir keistuoju. Kombinuojant kvarkus po du ir po tris, pavyko klasifikuoti visus tuo metu žinomus hadronus. Tiesa, sudarytoje jų lentelėje viena vieta liko tuščia, bet netrukus šią trūkstantą dalelę pavyko aptikti eksperimentiškai.

Nesisekė atrasti tik pačių kvarkų. Atkaklūs bandymai aptikti juos gamtoje, jūros dumblyje ar Mėnulio uolienose (turėdami trupmeninį krūvį, kvarkai negalėtų išnykti, sąveikaudami su įprastine medžiaga) bei sukurti galingiausiais elementariųjų dalelių greitintuvais buvo nesėkmingi.

Betgi ir atsakyti kvarkų buvo neįmanoma. Kvarkų modelis įgalino paaiškinti daugelio eksperimentų rezultatus, apskaičiuoti kai kurias elementariųjų dalelių savybes. Tiesa, norint paaiškinti, kaip keli vienodi kvarkai gali būti vienos dalelės viduje, teko padaryti prielaidą, kad kiekvienas kvarkas yra trijų porūšių. Matyt, neišgalvodami keistoms kvarkų savybėms pakankamai keistų pavadinimų, fizikai

ėmė vartoti mums įprastus žodžius, bet neįprasta prasme. Taigi kvarkų savybė, kuria vienos rūšies kvarkas skiriasi nuo kitokio kvarko, buvo pavadinta aromatu, o dar kita savybė, kuria skiriasi to paties kvarko porūšiai, buvo pakrikštyta spalva. Piktindami visus sveikai galvojančius žmones, kurie žino, kad elementariosios dalelės spalvų neturi, fizikai sako, kad kvarkas gali būti raudonas, žalias ir mėlynas. Kvarkas keičia savo spalvą, išspinduliuodamas arba sugerdamas daleles gliuonus (*glue* – angl. klijai). Tokiu būdu, pasikeisdami gliuonais, kvarkai sąveikauja tarpusavyje ir „susiklijuoja“ į elementariąsias daleles.

Gamta mėgsta simetriją, tad jeigu žinomi keturi leptonai, tai turėtų egzistuoti ir ketvirtasis kvarkas. Ši teoretikų prielaida pasitvirtino 1974 m., kai buvo atrasta nauja elementarioji dalelė, o netrukus ir visa jų šeima, į kurių sudėtį įeina ketvirtasis kvarkas, pavadintas žaviuoju. Deja, tuoj pat buvo aptiktas dar vienas leptonas – tau-leptonas, sunkusis elektrono giminaitis, o kartu su juo teko įvesti naują neutriną. Gelbstint simetriją, reikėjo ieškoti dar dviejų kvarkų, metaforiškais pavadinimais aukščiausiasis ir žemiausiasis; ir iš tikrųjų per porą dešimtmečių jie buvo atrasti, aišku, vėl elementariųjų dalelių viduje. Atrodo, toks simetrijos taisyimas gali tęstis be galo, betgi buvo įrodyta, kad daugiau kvarkų ir leptonų būti negali. Šios dalelės dabar laikomos pagrindinėmis medžiagos dalimis ir vadinamos fundamentaliomis dalelėmis.

O teoretikai sugalvojo paprastą ir net vaizdų paaiškinimą, kodėl nestebima laisvų kvarkų. Sąveika tarp šių keistų dalelių irgi yra neįprasta. Vaizdžiai kalbant, kvarkai yra tarsi surišti virvute arba styga. Ji leidžia kvarkams laisvai judėti elementariosios dalelės viduje, tačiau neleidžia jų atskirti vieno nuo kito. Paveikus kvarkus labai didele jėga, virvutė nutrūksta, bet atsiranda dvi naujos virvutės su kvarkais jų galuose (iš tikrųjų kvarkus „suriša“ vieną su kitu minėti gliuonai).

HIPERBOLOIDAS IR LAZERIS

„Garinas pasuko aparatą į duris. Pakeliui „spindulinis siūlas“ nupjovė laidą – lemputė palubėje užgeso. Akinantis, plonas tarsi adata spindulys iš aparato vamzdžio blykstelėjo virš durų...“ Tai ištrauka iš Aleksejaus Tolstojaus fantastinio romano „Inžinieriaus Garino hiperboloidas“, parašyto 1925–1927 m. Aprašymas gana gerai

perteikia lazerio spindulio išpūdį – lazerio, kuris buvo sukurtas tik po 35 metų. Ar iš tikro A. Tolstojus nuspėjo lazerio galimybę? Ar lazerio veikimas primena Garino hiperboloido veikimą?

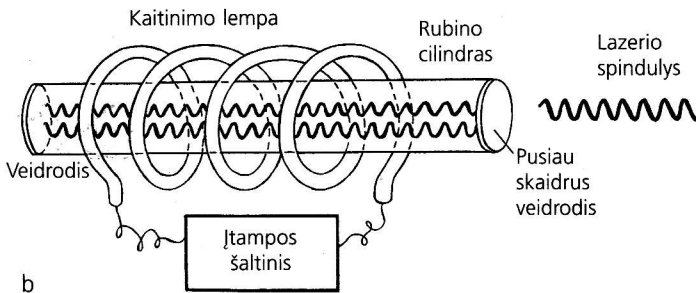
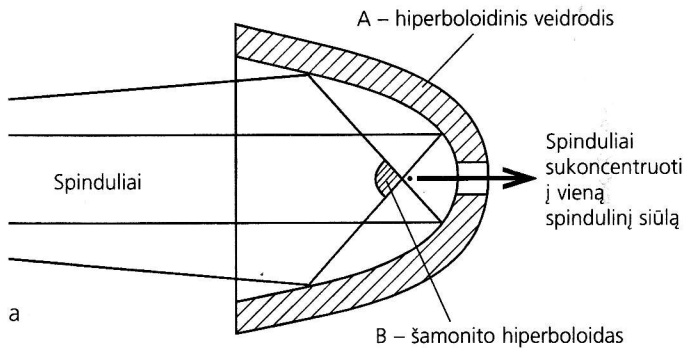
Aleksejus Tolstojus smulkiai aprašo inžinieriaus Garino hiperboloidą, netgi pateikia jo brėžinius, kurių vieną matome 3.3 a pav.

Anot Garino aiškinimo jo draugei Zojai Moroz, prietaisas sudarytas iš veidrodinio hiperboloido A (paviršiaus, gaunamo sukant hiperbolę) ir antrojo hiperboloido B, įtaisyto pirmojo židinyje; pastarasis ištektas iš „sunkiai lydomo, idealiai poliruojamo mineralo šamonito“. Prietaiso viduje įtaisytas šviesos šaltinis, kurio spinduliai lygiagrečiu pluoštu apšviečia didesnįjį hiperboloidą. „Spinduliai, susitelkdami veidrodžio (A) židinyje, krinta ant hiperboloido (B) paviršiaus ir atsispindi nuo jo matematiškai lygiagrečiai, – kitaip sakant, hiperboloidas sukonzentruoja visus spindulius į vieną spindulį arba bet kokio storio „spindulinį siūlą“.

Garino idėja nėra originali: ją dar 1636 m. buvo pasiūlęs prancūzų mokslininkas M. Mersenas. Tokiu principu teleskopuose reflektoriuose sustiprinami silpni šviesos srautai. Deja, didelės galios „spindulinio siūlo“ tokiu prietaisu gauti negalima, tuo įsitikino ne vienas atradėjas prieš Gariną. Net jeigu ištaisytume Garino klaidas: hiperboloidus pakeistume paraboloidais (nes būtent paraboloidiniai paviršiai pasižymi aprašomomis savybėmis), o antrąjį paraboloidą įtaisytume ne pirmojo židinyje, o sutapatindami jo židinį su antrojo paraboloido židiniu. Net jei Garinui būtų pavykę gauti mažų matmenų galingą šviesos šaltinį ir nuostabų mineralą šamonitą. Nenugalimą kliūtį sudaro įprastinių šviesos šaltinių savybės – tai įvairių dažnių ir fazių spindulių mišinys. O įvairius spindulius optinė sistema veikia skirtingu būdu. Net ir tobulos formos, iš idealių medžiagų pagamintais veidrodžiais galima sufokusuoti tik dalį tokios šviesos, o spindulių pluoštas visada išsiskleidžia.

Lazerio veikimas remiasi ne klasikine, o kvantine fizika – 1916 m. Einšteino atrastu priverstiniu spinduliavimu. (Taigi lazeris galėjo būti pagamintas ir tuomet, kai buvo rašomas romanas, bet rašytojai fantastai, kaip ir mokslininkai, ilgai neįžiūrėjo tos galimybės.)

Normali atomo būseną – žemiausios energijos būseną. Smogus į atomą kitam atomui, fotonui ar elektronui, atomas gali būti sužadintas – vienas ar net keli jo elektronai peršoka į labiau nuo branduolio nutolusias orbitas. Po kurio laiko suža-

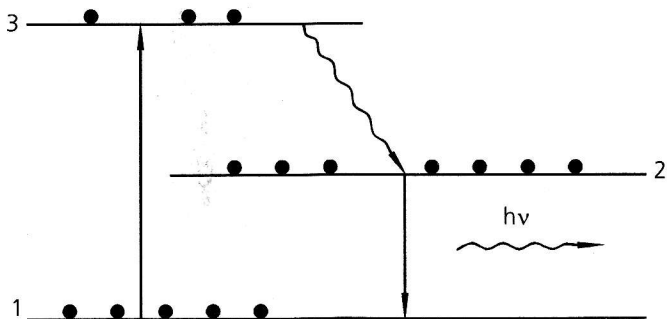


3.3 pav. Garino hiperboloido (iš A. Tolstojaus knygos „Inžinieriaus Garino hiperboloidas“) (a) ir rubino lazerio schemas (b). Ar išvelgiate tarp jų kokį nors panašumą?

dintas atomas savaime grįžta į normalią būseną, energijos perteklių išspinduliuodamas fotono pavidalu.

Tiesa, atomo elektronai, tuo pačiu ir visa jų sistema, gali įgyti ne bet kokias, o tik tam tikras – leistinas energijos vertes. Vis dėlto kaitinant medžiagą ir stiprėjant chaotiškam atomų judėjimui, jie sužadina vienas kitą į įvairias aukštesnės energijos būsenas (todėl įkaitęs kūnas spinduliuoja įvairaus dažnio fotonus), o atomų šuoliai į žemesnę būseną vyksta įvairiu laiku (todėl fotonai skiriasi ir fazėmis). Einšteinas įrodė, jog sužadintą atomą galima priversti išspinduliuoti fotoną norima kryptimi ir reikiamu laiku – tai įvyksta atsiradus atomo aplinkoje kitam tokio pat dažnio fotonui. Vietoj vieno fotono

3.4 pav. Lazerinis spinduliavimas yra galimas, jei sužadintame lygmenyje (2) yra daugiau atomų negu pagrindiniame lygmenyje (1).



jau lekia du vienodi fotonai. Jeigu savo kelyje jie sutinka kitus sužadintus atomus, tai fotonų skaičius auga lyg griūtis kalnuose. Tiesa, jei jie sutinka atomus, esančius normalioje būsenoje, įvyksta priešingas reiškinys: atomai pagrobia fotonus, ir pastarųjų skaičius sumažėja.

Norint gauti lazerio spindulį, kurį sudaro vieno dažnio ir vienos fazės fotonai, reikia, kad atomų kurioje nors sužadintoje būsenoje būtų daugiau negu normalioje būsenoje. Kaip galima tai padaryti, sugalvojo rusų mokslininkai N. Basovas ir A. Prochorovas bei amerikietis Č. Taunsas (*Townes*) – už tai jie buvo apdovanoti Nobelio premija.

Pirmą kartą lazerio spindulys buvo gautas rubino kristale. Kelių centimetrų ilgio cilindro formos kristalas įtaisomas galingos kaitinimo lempos viduje (3.3 b pav.). Į rubino sudėtį įeina chromo atomai (kurie suteikia jam būdingą raudoną spalvą); trys žemiausieji leistini šių atomų energijos lygmenys ir panaudojami lazerio spinduliui gauti (3.4 pav.). Apšvietus rubiną galinga lempa, dalis atomų yra sužadinti į būsenas 2 ir 3. Iš sužadintos būsenos 3 atomai gali grįžti į normalią būseną 1 arba peršokti į žemesnę sužadintą būseną 2. Pastaroji yra ilgai trunkanti būseną, todėl joje susirenka daug sužadintų atomų, ir jų skaičius viršija atomų skaičių būsenoje 1.

Kryptingas lazerio spindulys atsiranda išilgai cilindro ašies – šia kryptimi fotonai nueina ilgiausią kelią (kurį

daug kartų prailgina galuose įtaisyti veidrodžiai), ir susidaro jų griūtis. Siauras spindulys išeina iš kristalo pro pusiau skaidrų veidrodį, esantį viename jo gale.

Lazerio spinduliu galima gręžti miniatiūrines skylutes ir perduoti informaciją, suvirinti metalus ir gauti trimates nuotraukas – hologramas, matuoti atstumus ir, deja, naikinti gyvus bei negyvus taikinius.

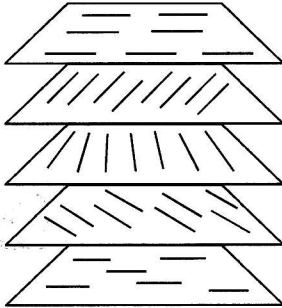
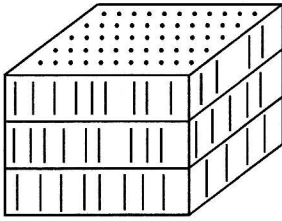
SKYSTIEJI KRISTALAI

Atrodo, neįmanoma vienoje medžiagoje suderinti skysčio ir kristalo savybių. Atomai ir molekulės skystyje juda chaotiškai, todėl jis visada įgauna indo formą. Kristale atomai išsidėstę taisyklingai, lyg kareivių rikiuotė, todėl kristalas turi jam būdingą simetrišką formą. Vis dėlto egzistuoja medžiagos, vadinamos skys-taisiais kristalais. Kaip jos sudarytos ir kodėl jos domina ne tik fizikus, bet ir įvairių prietaisų konstruktorius?

Gamta, mėgstanti išdaigas, sukūrė ir skysčio bei kristalo hibridą. Tai cholesterino eteriai bei kai kurios kitos organinės medžiagos. Jos tokios kaip skystis, bet užlašinus ant lygaus ir švaraus stiklo paviršiaus skystojo kristalo lašą, jis įgauna ne apvalią, o laiptuotą formą.

Šių medžiagų molekulės, turinčios ilgų cigarų (rečiau – disko) pavidalą, rikiuojasi į sluoksnius. To paties sluoksnio molekulės išsidėsčiusios lygiagrečiai: stojusios vieno tipo skystuosiuose kristaluose arba sugulusios greta kito tipo medžiagose (3.5 pav.). Pastarosiose derinasi netgi gretimi sluoksniai – molekulių ašys juose būna pasuktos vienodu kampu. Vis dėlto skystųjų kristalų molekulės nesudaro trimatės kristalinės gardelės, jos paklūsta tik dalinei tvarkai. Be to, ji galioja nedidelėse srityse, apimančiose apie šimtą tūkstančių molekulių. O tokios sritys viena kitos atžvilgiu išsidėsto netvarkingai.

Skystieji kristalai buvo atrasti dar 1888 m., bet ilgai buvo laikomi tik įdomiu mokslininkų žaisliuku. Tik XX a. septintajame dešimtmetyje atėjo jų metas. Nepastovi pusiausvyra tarp tvarkos ir netvarkos, egzistuojanti šiose medžiagose, pasirodė esanti labai paranki įvairiems pokyčiams aptikti ir matuoti.



3.5 pav. Molekulių išsidėstymas
dviejų tipų skystuosiuose kristaluose.

Nežymus temperatūros pokytis ar atsiradęs nedidelis kiekis pašalinių medžiagų pertvarko nestiprius ryšius tarp pailgųjų molekulių bei atstumus tarp sluoksnių. Pasisikeičia ir nuo tų molekulių sluoksnių išskleidomos šviesos bangos ilgis, taigi ir jų spalva bei skaidrumas.

Medžiagos chameleonai buvo pradėtos naudoti kaip jautrūs ir pigūs indikatoriai, signalizuojantys apie temperatūros ar slėgio pakitimus, kenksmingų medžiagų atsiradimą aplinkoje. Tokių indikatorių, skystojo kristalo plėvelę, padengtą plonu apsauginiu sluoksniu, uždėjus ant žmogaus kūno, matyti spalvotas kraujagyslių tinklas (kraujo temperatūra skiriasi nuo kūno audinių temperatūros) arba ligos židinio vaizdas. Tokiu būdu galima nematomus infraraudonuosius spindulius paversti matomais.

Skystieji kristalai jautriai reaguoja ir į elektrinio lauko pakitimus, tad jie labai plačiai naudojami įvairių prietaisų indikatoriuose ir tablo. Būtent skaičiai ir raidės iš šių medžiagų parodo laiką elektroniniame laikrodyje ir skaičius kišeniniame kalkuliatoriuje.

SUPERTAKUMAS IR SUPERLAIMUMAS

Ar galimas judėjimas be jokios trinties, be energijos nuostolių? Sakysite, taip būna tik fantastiniuose romanuose. Vis dėlto XX a. buvo atrasti du nuostabūs reiškiniai – supertakumas ir superlaidumas, kai skystis ar elektronai juda visai neprarasdami energijos. Kaip tai yra įmanoma?

Supertakumas ir superlaidumas – tai du reiškiniai, kai kvantinės mikrodalelių savybės neišnyksta ir nesusi-vidurkina, o tarsi išlenda į paviršių, kai pereinama nuo labai mažų prie mums įprastų dydžių. Aišku, tai įvyksta tik ypatingomis sąlygomis.

Kaip žinome, šaldomos bet kokios dujos suskystėja, o dar didesniame šaltyje, netoli absoliutinio nulio, jos sukietėja. Vienintelė išimtis — lengviausios inertinės dujos helis. Iš visų dujų žemiausioje — tik 4,2 K temperatūroje — virtęs skysčiu, jis nebesukietėja toliau žeminant jo temperatūrą. Traukos jėgos tarp lengvų ir neaktyvių helio atomų tokios silpnos, jog nesugeba įvesti jiems kariškos tvarkos.

Vis dėlto, atšaldžius helį ligi 2,2 K, jo savybės staiga pasikeičia: jis tampa nepaprastai takus. Toks helis prasiskverbia ploniausiais kapiliarais, kuriais neprateka joks kitas skystis, jo negalima laikyti net atvirame inde, nes helis išlipa — tiesiogine to žodžio prasme — indo sienelėmis. Šį reiškinį 1938 m. pastebėjo rusų mokslininkas P. Kapica ir pavadino supertakumu.

Reiškinį, remdamasis kvantine mechanika, paaiškino P. Kapicos bendradarbis teoretikas L. Landau. Toje nepaprastai žemoje temperatūroje šiluminis helio atomų judėjimas dar susilpnėja, ir jie praranda individualaus judėjimo laisvę — lieka galimi tik kolektyviniai daugelio atomų svyravimai, kaip kietajame kūne. Čia ir glūdi supertakaus helio paslaptis — tai skystis, turintis kietojo kūno laisves. Jis be kliūčių teka plonais kapiliarais, nes jam judant nedideliu greičiu, nepakanka energijos kolektyviniams atomų svyravimams sužadinti. Trinties nėra, nes skysčio judėjimo energija negali virsti netvarkingu šiluminiu judėjimu — vienintelė jo formatomis sąlygomis yra uždrausta.

O kodėl gi supertakus helis išlipa iš atviro indo? Pastarojo sienelės visada būna padengtos plonyčiu skysčio sluoksniu, kuriuo, tarsi sifonu, ir teka supertakus helis iš indo.

Supertakumo savybe pasižymi tik helis, tačiau kitas nuostabus reiškinys — superlaidumas — stebimas žemoje temperatūroje daugelyje metalų bei junginių.

1911 m. olandas H. Kamerling-Onas (*Kamerlingh-Onnes*) pirmasis pasiekė kelių Kelvino laipsnių temperatūras ($0\text{K}=273,16^\circ\text{C}$) ir pastebėjo, jog tokiaame šaltyje kai kurių metalų varža praktiškai išnyksta, t. y. jie tampa superlaidūs. Elektros srovė uždara superlaidininko grandine gali tekėti nesilpnėdama mėnesiais ir net metais. Kaip įmanoma elektronams be kliūčių judėti metalu, kur jų kelyje yra daugybė atomų? Šią sunkią mįslę pavyko išspręsti tik po 46 metų trims amerikiečių fizikams D. Bardynui (*Bardeen*), L. Kuperiui (*Cooper*) ir R. Šrifieriui (*Schrieffer*).

Uždrausti elektronams sąveikauti su atomais negali netgi kvantinės mechanikos dėsniai. Tačiau jie gali uždrausti elektronams sąveikos metu keisti savo energiją. Iš tikrųjų esant labai žemai temperatūrai elektronai, judantys laidininko viduje,

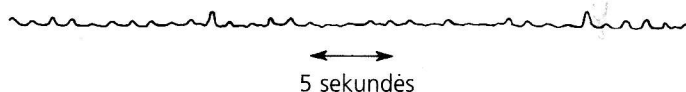
sudaro tarsi supertakų skystį, kuris be jokio pasipriešinimo teka tarp atomų eilių. Taigi superlaidumo ir supertakumo reiškiniai yra giminingi.

Supertakumas yra gana egzotiškas reiškinys, kol kas neturintis praktinių taikymų, o superlaidumas atvėrė viliojančias galimybes išvengti elektros nuostolių įvairiuose prietaisuose ir įrengimuose. Deja, juos reikia atšaldyti ligi labai žemos temperatūros ir palaikyti tokį šaltį, o tam taipogi eikvojama energija. Visos pastangos rasti medžiagų, kurios išliktų superlaidžios aukštesnėje temperatūroje, ilgą laiką davė labai menkus rezultatus — per 80 metų pavyko pasiekti tik 23 K temperatūrą. Vis dėlto 1996 m. įvyko ilgai lauktas atradimas: šveicarų fizikai J. Bednorcas (*Bednorz*) ir K. Miuleris (*Müller*) nustatė, kad metalo oksidų keramikos (sudėtingi junginiai, į kurių sudėtį įeina kelių rūšių metalai ir deguonis) pasižymi superlaidumu 30 K temperatūroje. Kilus didžiuliam susidomėjimui ir į tyrimus įsitraukus daugeliui fizikų, buvo sukurtos šio tipo medžiagos, kurios išlieka superlaidžios net 153K, arba -120°C , temperatūroje. Kol teoretikai aiškinasi, kaip atsiranda aukštatemperatūris superlaidumas ir ar įmanoma jį gauti net kambario temperatūroje, taikytojai jau bando iš šių gana trapių medžiagų tempti laidus, sintetinti plonus sluoksnius ir gaminti skystuoju azotu šaldomus prietaisus.

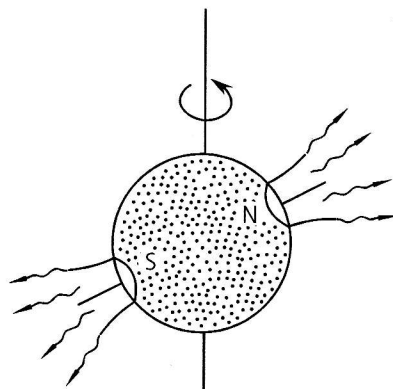
PULSARAI — NEUTRONINĖS ŽVAIGŽDĖS

Pulsarų atradimas 1967 m. buvo toks netikėtas ir keistas, kad anglų astronomas D. Hjuišas (Hewish) ir jo bendradarbiai slėpė žinią ketvertą mėnesių net nuo kolegų. Atsitiktinai buvo aptiktas kosminis radijo bangų šaltinis, kuris siuntė signalus tiksliai kas 1,33728 s (3.6 a pav.). Atrodė, kad joks natūralus procesas kosmose negali taip greitai ir tiksliai kartotis, tad buvo įtarta, kad tai — kosminės civilizacijos signalai. Vis dėlto netrukus buvo atrasti dar keli panašūs šaltiniai; jie buvo pavadinti pulsarais ir, atmetus neįtikėtiną prielaidą, kad kosmose daugybė civilizacijų, norinčių užmegzti ryšį būtent su Žeme, imta ieškoti paprastesnio fizikinio paaiškinimo. Kokie ypatingi kosminiai objektai generuoja tokius labai galingus, tiksliai pasikartojančius signalus?

Kembridžo universiteto astronomų seminare svarstant pranešimą apie pulsarų atradimą, kilo mintis, kad tai gali būti supernovų likučiai.



a



b

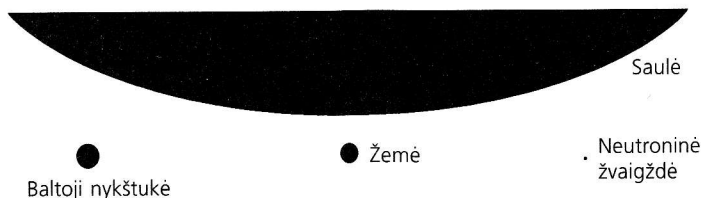
3.6 pav. Pirmojo atrasto pulsaro signalai (a) ir neutroninės žvaigždės modelis (b). Signalai – kintančio stiprumo, bet pasikartojantys lygiais laiko tarpais. N ir S žymi žvaigždės magnetinius poliūs.

Masyvios žvaigždės, kurių masė dešimt ar daugiau kartų viršija Saulės masę, baigia savo evoliuciją galingu sprogitu. Tokios žvaigždės centre branduolinės reakcijos vyksta gana greitai, nes medžiaga stipriai susislegia ir pakyla labai aukšta temperatūra. Lengvųjų branduolių sintezės reakcijos baigiasi geležies susidarymu, nes dar sunkesnių elementų sintezei jau reikalinga papildoma energija. Kai geležinio branduolio masė pasiekia maždaug 1,5 Saulės masių, traukos jėga žvaigždės branduolyje pasidaro tokia stipri, kad atomų jonai yra tiesiog sutriuškunami – elektronai įspraudžiami į atomų branduolius ir, susijungę su protonais, virsta neutronais. Žvaigždės branduoliui stambiai traukiantis, tolesni žvaigždės sluoksniai krinta į jį ir sukelia smūginę bangą, kuri susprogdina žvaigždę. Jos spinduliuojama energija išauga milijardus kartų – tokia staiga sužibusi žvaigždė vadinama supernova.

Taigi buvo iškelta hipotezė, kad pulsaras yra masyvios žvaigždės branduolys – neutroninė žvaigždė, kuri lieka po supernovos sprogitimo. Ši hipotezė buvo patvirtinta atradus Krabo ūke pulsarą ir jį sutapatinus su mažyte žvaigždele, mirksinčia tokiu pačiu dažniu. Juk Krabo ūkas susidarė 1054 m. toje vietoje sužibus supernovai, – apie tai rašyta senuosiuose kinų metraščiuose. Vėliau buvo atrasti dar keli šimtai pulsarų – jų impulsų dažnis yra nuo šimtųjų sekundės dalių ligi kelių sekundžių. Visas pulsarų

savybes gerai paaiškina maždaug 15 km skersmens greitai besisukančios, turinčios labai stiprų magnetinį lauką neutroninės žvaigždės modelis. Iš tikrųjų, traukiantis žvaigždei, turėtų labai padidėti jos sukimosi dažnis ir sustiprėti magnetinis laukas, – tai išplaukia iš tvėrmės dėsnių. Elektringosios dalelės, daugiausia lengvieji elektronai, esantys jos paviršiuje, gali pabėgti iš neutroninės žvaigždės tik išilgai magnetinio lauko linijų, t. y. iš jos magnetinių polių. Judėdami su pagreičiu, elektronai spinduliuoja siaurą radijo bangų pluoštą savo judėjimo kryptimi (3.6 b pav.). Kadangi žvaigždės magnetinių polių ir sukimosi ašies polių vietos paprastai nesutampa, tai, žvaigždei sukantis, tas spindulių pluoštas švytuoja ratu tarsi ranka ratu sukamo kišeninio žibintuvėlio spindulys. Taigi iš tikrųjų pulsaras nepulsuoja, tik jo spinduliai mus pasiekia vienodais laiko tarpais, lygiais jo sukimosi periodui.

3.7 pav. Neutroninės žvaigždės dydis, palyginus su kitais dangaus kūnais.



Neutroninė žvaigždė – unikalus fizinis objektas. Tai žvaigždė, daug mažesnė už Žemę (3.7 pav.), makrokūnas, turintis atomo branduolio tankį (1 cm^3 masė lygi $100\,000\,000 \text{ T}$), tarsi didžiulis atomo branduolys, sudarytas iš neutronų (tik paviršių dengia sluoksnis išlikusių geležies branduolių).

Panašių medžiagos tankių, magnetinių laukų, slėgių kol kas neįmanoma sukurti jokioje Žemės laboratorijoje, tad neutroninės žvaigždės sudaro retą galimybę tirti gamtą ekstremaliomis sąlygomis.

IV M I Š L Ė S M O K S L I N I N K A M S

Šių mįslių galutinių atsakymų dar tebeieško mokslininkai. Vis dėlto neskubėkime daryti išvados, jog šis skyrius tik jiems ir skirtas (mokslininkai užsiėmę savo darbu ir vargu ar ieškos sunkiai išsprendžiamų problemų aprašymų mokslo populiarinimo knygoje). Bendri fizikos klausimai domina ir fizikos mėgėjus — juk kiekviename iš jų kažkur giliai slypi mokslininkas.

Iš tikrųjų šios mįslės ir yra tikrosios mįslės.

O fizikams įdomių problemų netrūksta (tik vadovėliuose tikinama, jog fizika užbaigta ir joje nebėra kas veikti). Kaip rašė Dž. Bernalas (*Bernal*): „Visada yra daugiau problemų, laukiančių sprendimo, negu kvalifikuotų specialistų, sugebančių spręsti šias problemas“. Didžiųjų fizikos atradimų laikotarpis dar nesibaigęs.

Tiesa, įvairios fizikos sritys nevienodai traukia atradėjų dėmesį. Galima sakyti, kad ir fizikoje egzistuoja mados — išryškėjus naujoms mokslo perspektyvoms, aptikus įdomius faktus ar savybes, naujas taikymo galimybes, į tą sritį staiga nukrypsta fizikų ir visuomenės dėmesys. Tuo tarpu kitose srityse fizikai dirba daug ramiau ir lėčiau.

Tokios „karštos“ fizikos sritys kadaise buvo teorinė mechanika, banginė šviesos teorija, elektros ir magnetizmo fizika, kurias dabar priskiriame klasikinei fizikai. Nuo XX a. pradžios prasidėjo neregėta fizikos pažanga mažų atstumų kryptimi. Tačiau po stulbinančių atradimų nuo amžiaus vidurio didžiulės pastangos šioje srityje ėmė duoti mažesnius vaisius. Fizikos atradimų poliuis persikėlė į astrofiziką. Šalia įprastinės optinės astronomijos atsiradus radijo, Rentgeno, gama, infraraudonajai, netgi neutrininei astronomijai, kosmose buvo aptikta tiek daug keistų reiškinių, jog kažkas juokais pasiūlė keletui metų uždaryti teleskopus, kad fizikai suspėtų paaiškinti gautuosius rezultatus.

Įdomių problemų netrūksta ir kitose fizikos srityse. Kietojo kūno fizika ir naujoji lazerinė optika — tai toli gražu neišnaudotų fizikos taikymų klondaikas.

Mikrofizikoje po nedidelio atoslūgio atsirito nauja atradimų banga, betgi neišspręstų problemų yra ganėtinai daug, ir dar iškilo naujų.

Tebūnie greičiau įmintos šiuolaikinės fizikos mįslės (deja, šioje knygelėje išdėstyti žinių jų sprendimui nepakanka).

FUNDAMENTINĖS JĖGOS IR JŲ SUVIENIJIMAS

Indų išminčių spėjimas, kad pasaulis laikosi ant keturių banginių, pasirodė esąs netoli tiesos. Šių dienų požiūriu reikia tik pakeisti banginius fundamentinėmis jėgomis. Fizikai teigia: visus mums žinomus reiškinius Visatoje nulemia keturios fundamentinės jėgos: gravitacinė, elektromagnetinė, silpnoji ir stiprioji.

Kodėl tos jėgos būtent keturios? Gal tai tik keturi vienos universalios jėgos pasireiškimai, kaip spėjo R. Boškovičius? Gal, priešingai, yra dar neatrastų fundamentinių jėgų?

Įsivaizduokime tokią keistą kompaniją: nykštukas, nešantis tik vieną elektroną, dramblys, pakeliantis beveik vieną toną, ir du pasakų milžinai — vienas, užsimeitantis ant pečių 10 m dydžio uolą, ir kitas, dar šimtą kartų stipresnis. Ši kompanija pagal stiprumą atitinka žinomas fundamentines jėgas. Nors ir labai skirtingos, šios keturios jėgos draugiškai valdo pasaulį — kiekviena iš jų turi savo veikimo sritį. Silpniausiai gravitacijos jėgai tenka didžiausioji sritis — kosmosas, ji naudojasi elektromagnetinės jėgos, besireiškiančios dvejopai — trauka ir stūma — vidine

Lentelė. FUNDAMENTINĖS JĖGOS

Pavadinimas	Santykinis stipris	Jėgos veikimo sritis	Dalelės, perduodančios jėgą
Stiprioji	1	$\sim 10^{-15}\text{m}$	Glionai
Elektromagnetinė	10^2	∞	Fotonas
Silpnoji	10^5	10^{-18}m	Tarpiniai bozonai
Gravitacinė	10^{39}	∞	Gravitonas

kova, taip pat kitų dviejų jėgų ryškiu trumparegiškumu (jos mato ir valdo tik esant nuotoliams 10^{-15} m ir mažesniems). Užtat elektromagnetinei jėgai paklūsta atomai ir molekulės, taigi ir iš jų sudaryti žmonės bei juos supanti gyvoji ir negyvoji gamta, — gal todėl ši jėga geriausiai ištirta. Tuo tarpu stiprioji ir silpnoji jėgos dalijasi atomų branduolių ir elementariųjų dalelių pasaulyje. Atrodytų, kad silpnoji jėga čia bus visai užgožta stipriosios, bet ji išlenda iš už stipriosios nugaros ten, kur pastarąją suvaržo įvairios draudimo taisyklės: silpnoji jėga sugeba apeiti tuos draudimus, — tuo ji ir išryškina.

Ar gali tokios skirtingos jėgos būti vienos jėgos įvairūs pavidalai? Juk tik pasakose nykštukams lengva pavirsti milžiniais ir atvirkščiai.

Tačiau prisiminkime — XIX a. buvo suvienytos elektros ir magnetizmo jėgos, ligi tol laikytos visai skirtingomis. Be to, buvo įrodyta, jog ir šviesa turi elektromagnetinę prigimtį — nėra jokių ypatingų šviesos bangų.

1916 m. A. Einšteinas, sukūręs bendrąją reliatyvumo teoriją, užsibrėžė dar sunkesnę tikslą — suvienyti elektromagnetinę ir gravitacinę jėgas (tuo metu stiprioji ir silpnoji jėgos dar nebuvo žinomos). Kaip minėta, bendrojoje reliatyvumo teorijoje Einšteinas įrodė, kad gravitacinė jėga pasireiškia erdvės kreivumu. Gal ir elektros krūviai iškreipia erdvę? Atidėjęs į šalį kitas svarbias fizikos problemas, A. Einšteinas visą savo likusį gyvenimą skyrė bendrajai lauko teorijai sukurti, deja, tikslo nepasiekė. Nelaimėjo ir mėginę su juo lenktnyiauti kiti mokslininkai. Tuomet paaiškėjo, jog fundamentinių jėgų yra ne dvi, o keturios, taigi uždavinys dar pasunkėjo.

Išplėtojus Visatos Didžiojo sproginimo teoriją kilo mintis, kad šio sproginimo pačioje pradžioje veikė tik viena fundamentinė jėga, o paskui, Visatai plečiantis, jos tankiui ir temperatūrai mažėjant, per pirmąsias dešimtį sekundžių toji universalioji jėga išsiskyrė į keturias dabar mums žinomas jėgas.

Taigi eksperimentiškai tų jėgų suvienyti neįmanoma, nes negalima gauti fantastiškai didelių tankių ir temperatūrų, egzistavusių Didžiojo sproginimo pradžioje. Betgi kas nepasiekiamą eksperimentatoriui, prieinama teoretikui. Du teoretikai S. Veinbergas (*Weinberg*) ir A. Salamas (*Salam*) sukūrė bendrą elektromagnetinės ir silpnosios jėgų teoriją. Iš pradžių į ją buvo žiūrima skeptiškai, kaip į eilinę teoretikų išmonę, bet pasitvirtinus tos teorijos išvadoms — atradus jos numatytąsias tris daleles, perduodančias silpnąją jėgą, bei žavingąjį kvarką, buvo patikėta fundamentinių jėgų suvienijimo realumu. S. Veinbergas ir kiti mokslininkai pabandė atlikti didįjį suvienijimą, dar atsižvelgdami ir į stipriąją jėgą. Viena iš netikėtų išva-

dų — pagrindinės elementariosios dalelės protono nestabilumas. (Tai nesukeltų pavojaus mūsų ar Galaktikos egzistavimui, nes protono amžius išeina didesnis net už Visatos amžių.) Tokį efektą aptikti sunku, bet nėra neįmanoma, ir tai bando padaryti eksperimentatoriai.

O suvienyti visas keturias jėgas, matyt, bus viena iš sunkiausių fizikos problemų, nes labai silpna gravitacijos jėga sunkiai derinasi prie likusių trijų.

Tiesa, kai kas spėja, kad gali egzistuoti dar nežinoma — penktoji fundamentinė jėga. Ypač jos pasigenda telepatijos ir telekinezės šalininkai, nes šių reiškinių nepavyksta paaiškinti nė vienos iš keturių fundamentinių jėgų veikimu. Fizikai labai linkę tikėti dar nežinomos fundamentinės jėgos egzistavimu, ypač gerai iširtame mus supančiame pasaulyje. Antra vertus, kol kas nėra įrodyta, kiek fundamentinių jėgų gali būti gamtoje.

AR KINTA FUNDAMENTINĖS KONSTANTOS?

Viskas šiame pasaulyje kinta, — teigė senovės graikų filosofas Heraklitas. — Išskyrus fundamentines konstantas: šviesos greitį, gravitacinę konstantą, elektrono krūvį, jo masę ir keletą kitų dydžių, — pataisė jį fizikai. Betgi XX a. buvo suabejota — gal kinta ir fundamentinės konstantos?

Fundamentinių konstantų kitimo hipotezę pirmasis iškėlė Paulis Dirakas (*Dirac*), vienas neramiausių XX a. fizikų. Jis pastebėjo, kad Visatos amžius — laikotarpis, praėjęs nuo Visatos Didžiojo sproginimo pradžios — išmatuotas temponais (laiku, per kurį šviesa nueina atstumą, lygų klasikiniam elektrono radiusui), maždaug lygus kitam skaičiui, išreiškiamam fundamentinėmis konstantomis — tarp protono ir elektrono veikiančių elektrinės ir gravitacinės jėgų santykiui. Galbūt dviejų milijoniškų skaičių sutapimas nėra atsitiktinis, ir Visatos amžius iš tikrųjų lygus šiam fundamentinių konstantų deriniui? Tokiu atveju viena arba kelios konstantos, įeinančios į šią išraišką — elektrono krūvis, jo masė, gravitacinė konstanta, šviesos greitis ar protono masė, nėra konstantos; jos kinta, senstant Visatai. Tarp daugelio įtariamųjų Dirakas spėjo esant kaltą gravitacinę konstantą. Juk būtent gravitacinės jėgos nulemia Visatos bruožus dideliuose atstumuose.

1948 m. kitas žymus fizikas, vienas iš amerikiečių vandenilinės bombos kūrėjų E. Teleris (*Teller*) sugalvojo būdą Dirako spėjimui patikrinti. Saulės išspinduliuojamas energijos kiekis priklauso nuo gravitacinės konstantos dydžio. Kuo mažesnė ši konstanta, tuo stipriau turi šviesti Saulė. Jei gravitacinė konstanta proporcinga Visatos amžiui, tai, anot Telerio skaičiavimų, prieš 400 milijonų metų Saulė buvo tokia karšta, kad vanduo Žemės paviršiuje turėjo virti. Vadinasi, trilobitai, senoviniai jūrų nariuotakojai gyvūnai, kambro periodu Žemėje negalėjo gyventi. O juk jų liekanų dažnai randama tos epochos sluoksniuose.

Tiesa, Teleris laikė Visatos amžių lygų 2 milijardams metų. Jei imtume dabartinį įvertinimą – apie 15 milijardų metų, trilobitus pavyktų „išgelbėti“, tačiau bakterijos ir jūros dumbliai, gyvenę Žemėje prieš 3 milijardus metų, tebėra liudininkai Telerio naudai.

Gindamas intriguojančią Dirako idėją, Gamovas pasiūlė hipotezę, kad kinta ne gravitacinė konstanta, o elektrono krūvis.

Ir vėl buvo rastas argumentas konstantų pastovumui patvirtinti.

Žemę pasiekianti tolimų galaktikų šviesa yra išspinduliuota prieš šimtus milijonų metų. Jei tuo metu elektrono krūvis labai skyrėsi nuo dabartinio, tai ir tos „archeologinės“ šviesos spektro linijos turėtų kitoki pavidalą. Buvo ištirtos penkių tolimų galaktikų spektro linijos, tačiau paklaidų ribose jokių keistumų neaptikta.

Šie ir kiti bandymai kategoriškai neatmeta Dirako idėjos, tik nustato apribotus konstantų kitimo greičiui. Be to, visi tie rezultatai gauti netiesioginiu būdu, darant įvairias prielaidas; pačios fundamentinės konstantos kol kas matuojamos 6–11 ženklų tikslumu.

1974 m. Tomas van Flandernas iš JAV karinės jūrų laboratorijos paskelbė gavęs įrodymų, kad gravitacinė konstanta vis dėlto lėtai mažėja. Jis tyrė, kaip keičiasi Mėnulio sukimosi aplink Žemę greitis. Pagrindinė šio greičio mažėjimo priežastis – Žemės sukimasis aplink savo ašį greičiau, negu Mėnulio sukimasis aplink ją; tai sukelia Mėnulyje potvynių ir atoslūgių tipo jėgas. Van Flandernas teigė, kad dalis efekto lieka nepaaiškinta, ir siūlė jo priežastimi laikyti gravitacinės konstantos mažėjimą apie 10^{-10} dalimi per metus. Jo išvada galės būti patikrinta tiesioginiu eksperimentu, kai atstumas tarp Žemės ir Mėnulio bus matuojamas 3 cm tikslumu.

Ginčas tarp fundamentinių konstantų pastovumo šalininkų ir priešininkų tebevyksta.

Viena vertus, norisi tikėti, kad nors keletas dydžių pasaulyje yra amžini bei ne-
kintami ir liks tokie po milijardo metų, kad ir kokia būtų tolesnė Visatos evoliucija.

Kita vertus, jei Heraklito teisybė, tai fundamentinių konstantų kitimas reikš-
tų naujų, dar neatrastų dėsnių, giluminių ryšių tarp įvairių fizikos reiškinių eg-
zistavimą.

KUR PERIODINĖS LENTELĖS PABAIGA?

*Periodinė elementų lentelė – visiems gana gerai žinoma, tačiau kuo labiau į ją
gilinamės, tuo daugiau randame paslapčių. Net ir mokslininkams ji dar tebėra
mįslių šaltinis. Ar egzistuoja supersunkūs elementai? Ar įmanoma gauti 120-ąją
ir 170-ąją elementus? Kur periodinės lentelės pabaiga?*

Žemėje yra aptikti 92 cheminiai elementai (visi ligi plutonio imtinai, išskyrus
astatį ir neptūnį). Sunkiausieji elementai, pradedant aštuoniasdešimt septintuoju
franciu, yra radioaktyvūs. Jų branduoliai nestabilūs, nes protonai, turintys vieno-
dą elektros krūvį, stumia vienas kitą, ir ši tolumo veikimo elektrinė jėga, augant
branduolio dalelių protonų ir neutronų skaičiui, įveikia stipriąją jėgą, veikiančią
tik tarp artimiausiųjų dalelių.

Taigi visi elementai, esantys už plutonio, buvo sukurti dirbtiniu būdu, apšaudant
branduolius neutronais, protonais arba kitų elementų branduoliais. Pirmasis dirbti-
nis elementas neptūnis ($Z=94$) buvo gautas 1940 m. O jau po penkiolikos metų buvo
atrastas 101-asis elementas: 1955 m. apšaudant helio branduoliais visas šimtojo
elemento einšteinio atsargas – mažiau nei milijardąją dalį gramo – buvo gauta 17
atomų tolesniojo elemento, pavadinto mendeleviu. Ne taip jau paprasta, turint 17
greitai suyrančių atomų, juos atpažinti ir net nustatyti jų chemines savybes!

Taigi antrojo šimto elementų atradimas tapo įmanomas tik keliose pasaulio
laboratorijose, turinčiose sudėtingą specialią įrangą. Tarp mokslininkų grupių, dir-
bančių tose laboratorijose, vyksta atkaklios lenktynės – kas bus pirmas. Aistras
kaitina dar ir tai, kad atradėjas pagal seną tradiciją turi pirmumo teisę parinkti
naujam elementui vardą (tuo būdu neretai įamžinamas savo šalies, žymaus tau-
tiečio mokslininko ar net laboratorijos vardas).

Antai pranešimus apie 104 ir 105 elementų atradimą septintojo dešimtmečio viduryje beveik vienu metu paskelbė G. Flerovo grupė, dirbusi Jungtiniame branduolinių tyrimų institute Dubnoje, netoli Maskvos, ir amerikiečių grupė iš Lourenso radiacinės laboratorijos (Berklis, JAV). Vieni tuos elementus pavadino kurčiatoviu ir nilsboriu, o kiti — rezerfordžiu ir haniu. Po ilgos diskusijos dėl identifikacijos patikimumo galutinį žodį tarė Tarptautinė grynosios ir taikomosios chemijos sąjunga: 104-tas elementas galų gale buvo rekomenduotas vadinti rezerfordžiu, o 105-tas elementas — dubniu. Šiuo metu periodinėje elementų lentelėje jau yra įrašyta 112 elementų. Paskutinių buvo gauta tik po keletą atomų ir jie suiro per kelias akimirkas. Kyla klausimas — ar prasminga eikvoti tiek pastangų ir tiek lėšų stengiantis gauti nepaprastai mažus kiekius akimirksniu suyrančių naujų elementų?

Mokslininkai stengiasi kuo toliau išsiskverbti į šią nestabilumo jūrą ne dėl sportinio azarto, o norėdami geriau suvokti periodinės lentelės sandarą, ir svarbiausia — vildamiesi rasti apie 114-ąjį elementą ilgai gyvuojančius branduolius.

Taisyklė — kuo sunkesnis branduolys, tuo jis greičiau suyra — gauta padarius prielaidą, jog protonai ir neutronai sulimpa į branduolį lyg bitės į spiečių. Iš tikrųjų jie sudaro tam tikrus sluoksnius, panašiai kaip elektronai atome.

Branduoliai, turintys užpildytus dalelių sluoksnius, yra ypač stabilūs (prisiminkime inertinių dujų atomus, turinčius užpildytus elektronų sluoksnius). Toks ilgaamžis turėtų būti branduolys su 114 protonų ir 184 neutronais — iš pradžių buvo spėjama, jog jo suirimo pusamžis siekia tūkstančius ar net milijoną metų. Jis ir gretimi elementai aplink jį galbūt sudaro stabilumo salą toje nestabilumo jūroje.

Mokslininkai visai priartėjo prie salos, tačiau paskutiniai žingsniai visų sunkiausi. Yra du būdai patekti į salą: nuplaukti į ją — vieną po kito palaipsniui sukurti visą atomų grandinę ligi salos, kitas būdas — išmesti į ją desantą — urano ar torio branduolių sujungti su kito atomo branduoliu, kad iš karto susidarytų reikalingas elementas. Antrasis kelias labiau viliojantis, tačiau jis įmanomas tik turint galinčius sunkių branduolių greitintuvus: kad du branduoliai susilietų, reikia juos smogti vienas į kitą didžiulių greičiu. Iš susidariusių sužadintų branduolių tik vienas iš milijardų gali išgyventi ir pereiti į normalią būseną.

Jei kai kurie supersunkūs elementai iš tikrųjų yra ilgaamžiai, tai gal jie egzistuoja ir gamtoje? Buvo surengtos ekspedicijos, aprūpintos tiksliausiais prietaisais, prie Kamčiatkos vulkanų, prie Fidžio salų Ramiajame vandenyne ir kitur. Vienu metu atrodė, jog keletą tokių atomų pavyko atpažinti, bet papildomi tyrimai su-

keldavo abejones tų atradimų tikrumu. Anot G. Flerovo, liko neaišku, ar mokslininkai pagavo mešką, ar meška — mokslininkus.

Artimiausiais metais tikimasi pasiekti stabilumo sąlą. Dabar jau nebesitikima ten rasti tikrai ilgaamžių branduolių — jų skilimo pusamžis gal tik sekundės dalys, geriausiu atveju — metai. Po to, matyt, vis lėtesniais tempais bus iriamasi ligi antrosios panašios salelės apie 126-ąjį elementą.

Branduoliuose, turinčiuose daugiau nei 170 protonų, elektros krūvio laukas pasidaro toks stiprus, jog prasidėtų savaiminis elektronų ir pozitronų porų susidarymas. Toje vietoje ir turėtų baigtis periodinė elementų lentelė; joje, matyt, niekada nebus įrašytas 250-asis ar 300-asis elementas.

MONOPOLIS — VIENO POLIAUS MAGNETAS

Elektriniai ir magnetiniai reiškiniai tarpusavyje glaudžiai susiję. Vis dėlto visišką simetriją tarp jų nėra: teigiami ir neigiami elektros krūviai gali egzistuoti atskirai, o pietinio ir šiaurinio magneto polių atskirti nepavyksta — perpjovus magnetą pusiau, kiekvienas naujas magnetas vėl turi po du polius. 1931 m. P. Dirakas, remdamasis tuo, kad fizikos dėsniai nedraudžia egzistuoti vieno poliaus magnetams, įvedė hipotetines vieno poliaus elementariąsias daleles — monopolių. Ilgos jų paieškos nebuvo vaisingos. Kaip šiuolaikinė fizika vertina šią hipotezę, ar monopolio atradimas tebėra fizikos problemų sąrašė?

P. Dirakas įrodė: jei egzistuoja monopoliai, tai elementarūs elektriniai ir magnetiniai krūviai turėtų būti susiję bendra lygtimi. Tuomet gaunama gana didelė magnetinio krūvio vertė. Taigi monopoliai būtų stipriai sąveikaujančios dalelės, o pastarosios paprastai turi didelę masę. Tuo remdamasis Dirakas spėjo, kad monopolio masė yra didesnė nei protono. Monopoliai būtų dviejų rūšių — šiauriniai ir pietiniai (fizikai nenustebtų, jei magnetinių, kaip ir elektrinių elementariųjų dalelių, egzistuo­tų ne dvi, o kur kas daugiau).

Masyvius ir stipriai sąveikaujančius monopolių, regis, būtų lengva pastebėti. Be to, jie turėtų būti ilgaamžiai ir išnyktų tik susitikus šiauriniam monopoliumi pie-

tinį (atsirastų jie taip pat poromis, susidūrus labai greitoms elementariosioms dalelėms).

Monopolių ieškota kosminiuose spinduliuose ir Žemės magnetinių polių vietoje. Buvo bandyta juos išplėsti iš magnetinių medžiagų labai stipriais magnetiniais laukais. Nerado jų ir žymus amerikiečių fizikas Luji Alvarcas (*Alvarez*) Mėnulio uolienų pavyzdžiuose, atgabentuose „Apolon 11“ laivu. O jis naudojo magnetinius laukus, stipresnius kaip dešimt teslų.

Ne kartą buvo mėginta sukurti monopolių elementariųjų dalelių greitintuvuose. Tuo tikslu CERN'o ir Brukheiveno laboratorijose greitaisiais protonais buvo apšaudoma medžiaga. Susidarydavo įvairių elementariųjų dalelių liūtytės, tačiau tarp jų monopolių nepasitaikė. Eksperimentas su dar greitesniais protonais buvo pakartotas Serpuchovo greitintuve. Ir vėl neigiamas rezultatas: monopolių, lengvesnių nei penki protonai, nėra.

Tiesa, kartkartėmis pasirodydavo pranešimų apie monopolių atradimą, bet po kurio laiko kylančią sensaciją tekdavo atšaukti. Paslaptieji magnetiniai krūviai buvo praminti elementariųjų dalelių pasaulio vaiduokliais.

Vis dėlto fizikai neatsisakė monopolių hipotezės, nes jų egzistavimas neprieštaruoja jokiam fizikos dėsniui, o gamta mėgsta simetriją. Beveik visos naujos fundamentinių sąveikų suvienijimo teorijos numato šias daleles. Tiesa, jų masė dabar numatoma daug didesnė, negu buvo pirmuoju Dirako vertinimu, — netgi apie 10^{15} protono masių!

Tokia masyvi dalelė, pasiekusi mūsų planetą, turėtų nugrimzti į jos gelmes, nebent būtų pagauta magnetinės medžiagos. Monopolių galėtų būti ir geležiniuose meteorituose, kurie priglaudė juos, susitikę kosminių klajonių metu. Tad neseniai buvo ištirtas didelis kiekis geležinių meteoritų, surinktų Antarktidoje, taip pat geležies nuosėdų, iškeltų iš jūros dugno. Deja, ir tie sudėtingi tyrimai teigiamų rezultatų nedavė. Gal monopolio masė yra dar didesnė, ir jis išlekia iš meteorito jo smūgio į Žemę metu? O gal fizikai iš tikrųjų vaikosi dalelę-šmėklą, kuri egzistuoja tik mokslininkų vaizduotėje? Juk pats P. Dirakas paskutiniaisiais gyvenimo metais jau nebetikėjo savąja hipoteze.

ŽVAIGŽDĒ, SUSITRAUKIANTĪ Ī TAŠKĀ

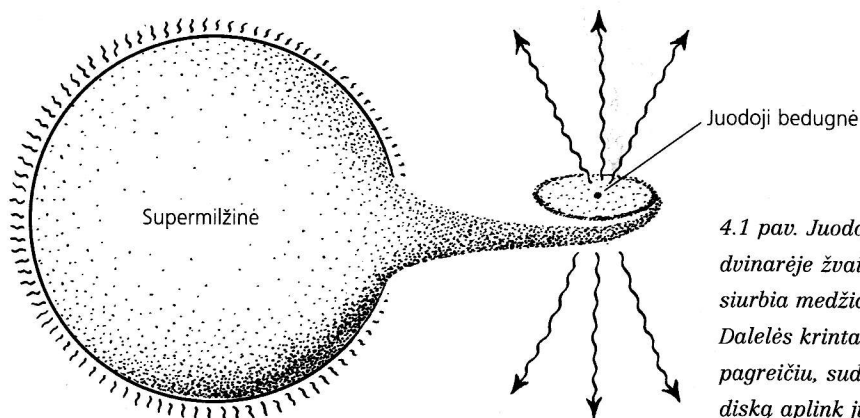
Ar gali būtī dar tankesnių kūnų negu neutroninē žvaigždē? Ar gali egzistuoti žvaigždē, kurios traukos laukas būtū toks stiprus, kad iš jo negalētū ištrūkti net šviesa? Kaip būtū įmanoma aptikti tokį nespinduliuojantį kūną?

Įdomu, kad šią keistą mīslę apie kūną, iš kurio traukos lauko negali ištrūkti net šviesa, pirmą kartą iškėlē ne XX a. fizikas, o vienas iš klasikinės mechanikos kūrējų P. Laplasas (*Laplace*) XVIII a. pabaigoje, remdamasis visuotinės traukos dėsnium. Tiesa, ši hipotezē pasirodē neįtikėtina pačiam Laplasui, ir jis praleido ją vēlesniaime savo veikalos „Dangaus mechanika“ leidime.

Idėja iš naujo atgimē XX a. sukūrus bendrąją reliatyvumo teoriją. Vokiečių fizikas ir astronomas K. Švarcšildas (*Schwarzschild*) įvedē gravitacinį, arba Švarcšildo, radiusą, ligi kurio suspaudus kūną, jis turi tapti kūnu savyje, arba juodąja bedugne, nepaleidžiančia jokios dalelės iš savo nagų. Kaip pavyzdį galima nurodyti, kad Saulės gravitacinis radiusas lygus 3 km, o Žemės — 1 cm. Švarcšildas nurodē ir galimybę tokiam objektui susidaryti: jei masyvios žvaigždės traukos laukas pranoks tam tikrą dydį, turi įvykti žvaigždės kolapsas — jos staigus traukimas į centrą, kurio negali sustabdyti atomų ir net branduolių stūmos jėgos.

Anot bendrosios reliatyvumo teorijos, išoriniam stebėtojui atrodo, jog žvaigždės traukimas vyksta vis lėčiau ir lėčiau (stiprus gravitacijos laukas iškreipia ne tik erdvę, bet ir laiką — jo tėkmė sulėtėja) — ir žvaigždē tarsi sustings, pasiekusi savo gravitacinį radiusą. Taigi mums nelemta sužinoti, kas vyksta anapus šios ribos — tai slypi už laiko begalybės. Tuo tarpu hipotetinis vidinis stebėtojas net nepastebētū savo praėjimo pro gravitacinį radiusą — jis toliau vienodu greičiu kristū į žvaigždės centrą. Anot bendrosios reliatyvumo teorijos, žvaigždės tūris turētū susitraukti į tašką. Tačiau ar begalioja ši teorija nepaprastai mažuose atstumuose?

Kaip vis dėlto aptikti juodąją bedugnę, kuri taip patikimai saugo savo paslaptis? Ji netenka vidinės struktūros ir daugelio žvaigždžių savybių, anot vaizdaus išsireiškimo, „juodosios bedugnės neturi plaukų“. Išlieka tik jos pastovūs laukai — gravitacijos, elektrinis ir magnetinis.



4.1 pav. Juodoji bedugnė, esanti dvinarėje žvaigždžių sistemoje, siurbia medžiagą iš savo kaimynės. Dalelės krinta į bedugnę spirale su pagreičiu, sudarydamos šviečiantį diską aplink juodąją bedugnę.

Anglų mokslininkui Stivenui Hokingui, apie kurį buvo rašyta pirmajame šios knygos skyriuje, pavyko gauti elegantišką teorinį įrodymą, kad juodoji bedugnė turėtų silpnai švytėti. Labai stipriame jos traukos lauke vyksta savaiminis dalelių porų, daugiausia fotonų, susidarymas. Viena dalelė yra pagrobama juodosios bedugnės, tačiau antroji gali iš jos ištrūkti. Tokiu būdu juodosios bedugnės energija mažės, ir ji palaipsniui garuos. Įdomu, kad mažesnės masės objektas turi garuoti greičiau negu masyvesnė bedugnė.

Vis dėlto aptikti vienišą juodąją bedugnę iš jos silpno švytėjimo labai sunku, ir jos dar ilgai būtų buvusios neįtikimi objektai. Laimė, apie pusė žvaigždžių yra dvinarės – dviejų žvaigždžių sistemos. Po II pasaulinio karo, atsiradus Rentgeno astronomijai, buvo aptiktos ryškios Rentgeno žvaigždės. Labai stipraus, greitai ir netvarkingai kintančio jų spinduliavimo nepavyko paaiškinti įprastiniais žvaigždžių modeliais. Tada buvo prisimintos juodosios bedugnės. Jeigu toks objektas sudaro glaudžią sistemą su normalia žvaigžde, ypač milžine, tai juodoji bedugnė turi siurbti medžiagą iš savo kaimynės. Kadangi žvaigždės paprastai sukasi, tai medžiaga krinta į bedug-

nę ne tiesiausiu keliu, o spirale. Vadinasi, aplink bedugnę turėtų susidaryti spinduliuojantis diskas (4.1 pav.) — juk dalelės, judančios su didžiuliu pagreičiu, skleidžia intensyvius Rentgeno ir kitokius spindulius.

Teoretikai įrodė, kad juodoji bedugnė gali susidaryti masyvos žvaigždės evoliucijos pabaigoje. Jeigu žvaigždei sproguos kaip supernovai, likusio branduolio masė viršija tris Saulės mases, tai medžiagos traukimasis nesustoja, pasiekus neutroninės žvaigždės tankį. Vis stiprėjančios traukos jėgos sugniuždo žvaigždę, paversdamos ją juodąja bedugne. (Tiesa, nėra aišku, kaip supernovos sprogo metu išlieka antroji dvinarės sistemos žvaigždė.)

Tokių dvinarių žvaigždžių, kurių viena yra įprastinė žvaigždė milžinė, o kita — didelės masės, tačiau labai mažų matmenų keistas objektas, skleidžiantis galingus Rentgeno spindulius, yra surasta jau per dešimtį. Visas stebimas jų savybės gerai paaiškina vienintelis anksčiau minėtas modelis. Taigi ar galima teigti, kad juodosios bedugnės jau atrastos? Netiesioginis įrodymas visada palieka nedidelę kitokios interpretacijos galimybę. Juodoji bedugnė — vienas iš tų paslaptinių objektų, kuriuos iš tikrųjų aptikti ir paaiškinti, matyt, bus nelengva.

KVAZARAI — PASLAPTINGIAUSIEJI VISATOS OBJEKTAI

Kvazarai — vienas iš įdomiausių XX a. atradimų. Tai patys tolimiausieji Visatos objektai, spinduliuojantys nepaprastai daug energijos — kaip milijardai žvaigždžių. Ilgą laiką vyko ginčas dėl jų prigimties. Ką mokslininkams jau pavyko išsiaiškinti ir kokios kvazarų paslaptys dar tebėra neatskleistos?

Įdomi kvazarų atradimo istorija. 1960 m. Alanas Sendidžas (*Sandage*) — jaunas, bet jau pagarsėjęs astronomas, didžiausiu tuomet teleskopu ant Palomaro kalno Kalifornijoje nufotografavo dangaus sritį, kur buvo užregistruotas galingas radijo bangų šaltinis, pavadintas 3C48 (turintis 48 numerį trečiame Kembridžo kataloge). Po valandos ekspozicijos išryškines nuotrauką, Sendidžas toje vietoje nustebęs išvydo silpną žvaigždėlę. Niekada ligi tol nebuvo nustatyta, kad žvaigždės skleistų radijo bangas (radijo šaltiniais būdavo galaktikos arba ūkai), todėl šis keistas objektas buvo pavadintas kvazižvaigždiniu radijo bangų šaltiniu, arba trumpintai kvazaru.

Jo spektro linijos nebuvo panašios nė į vieno elemento linijas. Tik po kelerių metų, atradus ir kitus kvazarus, pavyko nustatyti, jog tai įprastinės vandenilio spektro linijos, tik labai smarkiai pastūmėtos į raudonąjį kraštą.

Galaktikų spektrų raudonasis poslinkis gerai žinomas astronomams — jis aiškinamas Doplerio efektu (šviesos, kurią skleidžia tolstantis nuo stebėtojo kūnas, bangos ilgis padidėja palyginti su nejudančio kūno skleidžiama šviesa). Pagal Didžiojo sprogimo teoriją, kuo toliau nuo mūsų yra galaktika, tuo didesniu greičiu ji tolsta nuo mūsų, tad tuo labiau pastūmėtas į raudoną pusę jos spektro linijas mes registruojame. Tačiau kvazarų linijų poslinkis buvo nepaprastai didelis ir, laikantis tokio aiškinimo, kvazarai turėjo būti už kelių milijardų šviesmečių nuo mūsų. Iš to galėjo būti padaryta išvada, kad kvazarai spinduliuoja nepaprastai didelius energijos kiekius — daugiau, negu šimtai galaktikų.

Nebūtų taip keista, jeigu jie užimtų milžinišką tūrį. Betgi kai kurių kvazarų spindulių intensyvumas kito kasdien ir netgi kas kelios valandos. O tai reiškė, kad jie negali būti didesni už atstumą, kurį šviesa nusukria per tą laiką — antraip šviesos pulsacijos iš įvairių kvazaro vietų susilietų. Taigi kvazaras turėtų būti tik žvaigždės ar Saulės sistemos dydžio.

Todėl buvo atkakliai bandoma kvazarų raudonąjį poslinkį paaiškinti kitaip: gal jį sukelia nepaprastai stiprūs gravitacijos laukai (bet kvazarų spektrai primena dujų, o ne tankių kūnų spektrus), gal kvazarai yra greitai judantys, tačiau artimi objektai (bet tada jie turėtų slinkti danguje kitų žvaigždžių atžvilgiu).

Atmetus tas ir kitas įmanomas hipotezes, teko ieškoti ypatingo kvazarų energijos šaltinio. Jokios branduolinės reakcijos tokios galios suteikti negalėjo, o įvairios egzotiškos hipotezės viena po kitos buvo atmetamos, nes negalėjo paaiškinti kvazarų spinduliavimo ypatumų. Kritiką atlaikė vienintelis modelis, kad tai esanti nepaprastai masyvi — maždaug milijardo Saulės masių — juodoji bedugnė, į kurią krinta didžiuliai kiekiai aplinkinės medžiagos. Panašūs medžiagos tankiai būna tik galaktikų centruose, be to, būtent čia, vykstant artimų žvaigždžių susidūrimams, galinti atsirasti supermasyvi juodoji bedugnė. Iš tikrųjų kai kurie artimesnieji kvazarai buvo sutapatinti su stebimomis galaktikomis — ir vienu, ir kitų spektrai turėjo tą patį raudonąjį poslinkį, liudijantį, kad jie yra vienodai nutolę.

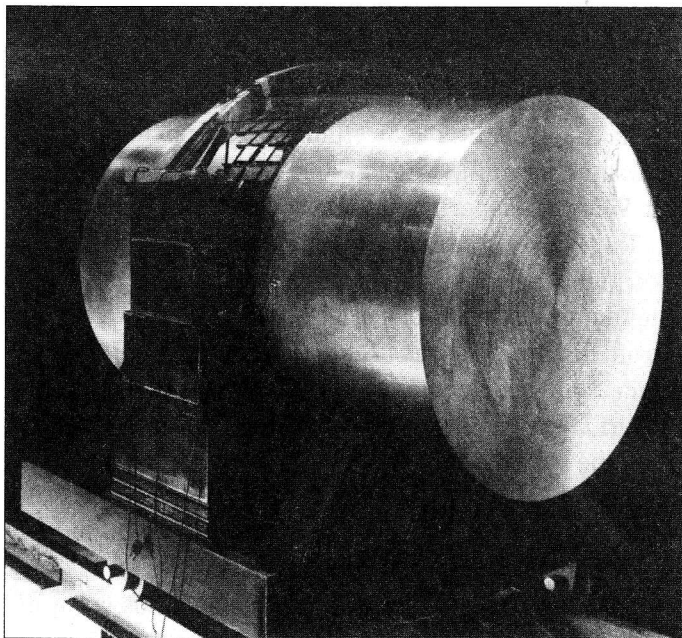
Sparčiai didėjant silpnų kosminių spinduliavimo šaltinių registravimo tikslumui, buvo atrandami kvazarai su vis didesniu raudonuoju linijų poslinkiu. Daugiausia jų pasirodė esą netoli besiplečiančios Visatos ribų — virš dešimties milijardų šviesme-

čią atstumuose. Ir nė vieno galingo kvazaro (mūsų laimei) nėra artimose galaktikose. Kadangi elektromagnetinės bangos sklinda šviesos greičiu, tai jos praneša mums apie tolimų objektų praeitį: kvazara, esantį už 10 milijardų šviesmečių, mes stebime tokį, koks jis buvo prieš 10 milijardų metų. Taigi šie keisti objektai egzistavo Visatos plėtimosi ankstyvuojų laikotarpiu, o daugiausia jų, matyt, buvo praėjus 1,5–2,5 milijardo metų nuo Didžiojo sprogo pradžios. Kodėl vėliau jie išnyko ar bent jau nustojo būti aktyvūs? Ar kvazarų buvo viena karta ar daug kartų, kaip žvaigždžių? Ar kvazaro stadija praeina daugelis galaktikų, ar tai tik anomali galaktikos forma? Pagaliau kaip veikia kvazaras ir į ką jis panašus? Nesupratus šių egzotiškiausių Visatos objektų, neįmanoma suprasti ankstyvosios Visatos istorijos.

KAIP APTIKTI GRAVITACINĖS BANGAS?

Gravitacinių bangų egzistavimą numatė A. Einšteinas 1916 m., tačiau net dabar, praėjus daugiau kaip 80 metų, jų dar nėra pavykę užregistruoti. Kodėl taip sunku jas aptikti ir kokią informaciją būtų galima gauti tomis nepaprastai silpnomis bangomis?

Judantis su pagreičiu įelektrintas kūnas spinduliuoja elektromagnetines bangas. Judantis su pagreičiu masyvus kūnas turėtų spinduliuoti gravitacines bangas. Vadinas, jei Žemėje stovi žmogus ir mojuoja vėzdu, tai nuo jo po Visatą sklinda gravitacinės bangos — traukos lauko virpesiai. Tereikia jas užregistruoti. Deja, visuotinės traukos jėga net 10^{39} kartų silpnesnė už elektrinę jėgą, tad gravitacijos bangos turėtų skleisti nepalyginamai mažiau energijos negu nuolat paprasčiausiais imtuvais registruojamos elektromagnetinės bangos. Visa Saulės sistema gravitacinėmis bangomis spinduliuotų tik tiek energijos, kiek skleidžia nedidelę salę apšviečiančios elektros lemputės. Vienintelė viltis — užregistruoti gravitacines bangas, spinduliuojamas sprogo stancijų bei susiduriančių žvaigždžių arba juodųjų bedugnių, aplink kurias su milžiniškais pagreičiais juda milžiniškos kosminės masės. Deja, tokie objektai yra toli nuo mūsų, ir jų gravitacinėmis bangomis į Žemę siunčiamas energijos srautas daug mažesnis, negu, pavyzdžiui, skalelės, uždegtos Tbilisyje, šilumos srautas Vilniuje.



4.2 pav. Pirmasis gravitacinių bangų detektorius, sukurtas Dž. Veberio ir jo bendradarbių. Deja, kiti mokslininkai negalėjo pakartoti šiuo prietaisu gautų rezultatų.

Štai kodėl 1969 m. mokslo sensacija tapo Merilendo universiteto profesoriaus Džozefo Veberio (*Weber*) pranešimas, jog jam pavyko užregistruoti gravitacines bangas.

Veberio eksperimento idėja buvo labai paprasta ir drauge sudėtinga. Specialiais lynais vakuume buvo pakabintas kelių tonų masės aliuminio cilindras (4.2 pav.). Gravitacinė banga, sklisdama cilindru, teoriškai turi sukelti jo pailgėjimus bei sutrumpėjimus. Šiems virpesiams registruoti prie cilindro šonų buvo pritvirtinti jutikliai, kurie mechanines deformacijas paverčia elektriniais virpesiais. Prietaisas toks jautrus, jog juo galima matuoti cilindro matmenų pakitimus, mažesnius už atomo branduolio diametrą. Eksperimentą komplikavo daugybė priemonių žemiškiems triukšmams pašalinti: prietaisas buvo įtaisytas ant specialaus antiseisminio pagrindo, cilindras atšaldytas iki labai žemos temperatūros ir t.t. Gra-

vitacinės bangos signalais laikyti tik tokie virpesiai, kuriuos vienu metu registravo du identiški prietaisai – vienas Merilende, kitas – 1000 km atstumu Čikagoje.

Veberis teigė užregistravęs nelauktai stiprias gravitacines bangas, ateinančias iš tos pusės, kur yra mūsų Galaktikos centras – tarytum ten gravitacine energija kasmet virstų šimtai ar net tūkstančiai saulių. Kilo karšti moksliniai ginčai, daugelyje laboratorijų imta kartoti Veberio eksperimentą. Deja, grupės viena po kitos gaudavo neigiamą rezultatą. Taigi Veberio pranešimas nepasitvirtino. Vis dėlto ši klaida net labiau, negu kai kurie teisingi rezultatai, pasitarnavo mokslo pažangai, nes sužadino didelį susidomėjimą gravitacinėmis bangomis.

1974 m. amerikiečių astrofizikai Dž. Teiloras (*Taylor*) ir R. Halsas (*Hulse*) pateikė pirmąjį įtikinamą įrodymą, kad gravitacinės bangos iš tikrųjų egzistuoja. Jie atrado neutroninę žvaigždę, kuri labai greitai sukosi arti kitos – įprastinės žvaigždės (šimtą kartų arčiau negu Žemė sukasi aplink Saulę). Mokslininkai apskaičiavo, kiek energijos turi netekti neutroninė žvaigždė ir kaip dėl to turi mažėti jos sukimosi periodas. Tikslūs stebėjimai patvirtino skaičiavimus. Tiesa, tokiu būdu buvo aptiktas gravitacinių bangų sukeltas reiškinys, bet ne pačios bangos.

Didžiausios mokslininkų viltys atrasti gravitacines bangas siejamos su jų detektoriumi LIGO (angliška santrumpa pavadinimo „Lazerinė interferencinė gravitacinė observatorija“). Šiame įrenginyje lazerio spindulys bus išskiriamas į du spindulius, kurie, nuėję skirtingomis kryptimis, vėl susitiks ir sudarys interferencinį vaizdą. Įrenginį pasiekusi pakankamai stipri gravitacinė banga vos vos jį iškreips. Vieno spindulio kelias taps truputį ilgesnis negu antrojo, ir tai sukels interferencinio vaizdo pokytį. Iš tikrųjų norint atskirti tikrąjį signalą nuo pašalinių virpesių, statomi du identiški įrenginiai toli viena nuo kitos esančiose vietovėse. Tikimasi, kad toks detektorius įgalins aptikti gravitacinių bangų sukeltus virpesius, kurių amplitudė 1000 kartų mažesnė už atomo branduolio skersmenį.

Vis dėlto net ir tokio nepaprasto jautrumo detektorius registruos tik grandioziųjų kosminių katastrofų sukeltas bangas. Taigi mokslininkai tikisi gauti labai įdomios informacijos apie žvaigždžių sproгимus, dviejų žvaigždžių (tarp jų – dviejų neutroninių žvaigždžių ar net juodųjų bedugnių) susiliejamą dvinarę sistemą. Deja, panašūs įvykiai yra gana reti – jų gali tekti laukti dvejus trejus metus (optimistų vertinimu) ar netgi daugiau nei 50 metų (pesimistų vertinimu).

O didžiausia astrofizikų svajonė – aptikti gravitacines bangas, susidariusias Visatos Didžiojo sproгимo metu ir galbūt išlikusias ligi mūsų laikų.

ANTIDALELĖS IR ANTIMEDŽIAGA

Dalelės, iš kurių sudaryta medžiaga – elektronas, protonas ir neutronas – kaip ir daugelis kitų elementariųjų dalelių, turi savo antipodus – antidaleles. Antidalelės gali sudaryti antiatomus, o pastarieji – antimedžiagą. Kodėl mus supančiame pasaulyje nėra antimedžiagos?

Dalelė ir antidalelė turi tą pačią masę ir kitas charakteristikas, bet skiriasi elektros krūvio ir magnetinių momentų ženklais. Manoma, kad dalelėms ir antidalelėms galioja tie patys fizikos dėsniai, pavyzdžiui, du antiatomai traukia vienas kitą taip pat kaip ir du atomai, o sužadintas antiatomas skleidžia tokią pat šviesą kaip ir atomas. Dėl tos simetrijos atrodo, kad, vykstant Didžiajam sprogimui, turėjo susidaryti vienodi kiekiai medžiagos ir antimedžiagos.

Be abejo, tame pačiame dangaus kūne ar artimų kūnų sistemoje ir negali taikiai sugyventi medžiaga su antimedžiaga, nes tuoj pat įvyktų galingas sprogiņas – jos anihiliuotų ir virstų spindulių bei elementariųjų dalelių fejerverku. Žemė ir visa Saulės sistema yra sudaryta iš medžiagos. Mūsų Galaktikoje irgi, matyt, nėra didesnio kiekio antimedžiagos, nes ją paliudytų anihiliacijos procesai.

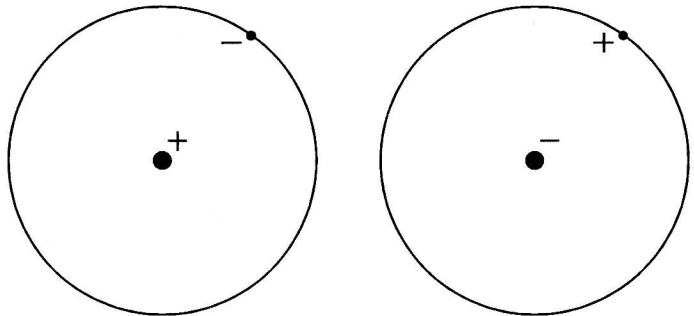
Tiesa, 1990 m. kosminis gama spindulių teleskopas „Sigma“ aptiko mūsų Galaktikoje galingą gama spindulių šaltinį, skleidžiantį kaip tik tokios energijos fotonus, kurie turi susidaryti elektronų ir pozitronų anihiliacijos metu. Objektas buvo pavadintas Didžiuoju anihiliatoriumi. Jis yra netoli Galaktikos centro, kurį supa dujų ir dulkių debesys; dėl to keblu tirti neįprastą objektą. Vis dėlto jo savybės galima paaiškinti be antižvaigždės hipotezės, paprastesniu modeliu. Manoma, kad objektą sudaro juodoji bedugnė, judanti per tankų dujų debesį ir siurbianti iš jo medžiagą. Krisdama į bedugnę, medžiaga skleidžia gama spindulius, kurie savo ruožtu sukuria elektronų ir pozitronų poras. Po to pozitronai anihiliuoja su aplinkiniais elektronais ir atsiranda būdingi spinduliai.

Medžiagos ir antimedžiagos anihiliacijos pėdsakų nepavyksta aptikti ir kitose galaktikose ar tarpgalaktinėje erdvėje. Taigi labai tikėtina, kad visa stebima Visatos dalis yra sudaryta iš medžiagos.

Kaip atsirado ši asimetrija tarp medžiagos ir antimedžiagos? Juk anot Didžiojo sprogo teorijos, pirminis nepaprastai tankus ir karštas kamuolys buvo vienalytis. Kol kas nėra aiškaus vienareikšmiško atsakymo į tą klausimą. Galbūt simetrija buvo pažeista pirmosiomis sprogo akimirkomis, vykstant labai greitam Visatos plėtimuisi, kai universalioji sąveika išsiskyrė į keturias fundamentines sąveikas? Negalima atmesti ir egzotiškos hipotezės, kad Visata turi sudėtingą struktūrą: yra sudaryta iš kelių atskirų sričių, kai kurios jų (taip pat – ir mūsų stebima Visatos dalis) yra sudarytos iš medžiagos, o kitos – iš antimedžiagos.

Kol kas mokslininkai yra patikrinę tik principinę antimedžiagos susidarymo galimybę. Elementariųjų dalelių greitintuvuose stebint masyvių dalelių smūgius, buvo užregistruoti antideuterio branduoliai. O 1945 m. Europos branduolinių tyrimų centre Ženevoje pirmą kartą dirbtiniu būdu iš antiprotonų ir pozitronų buvo sukurti devyni lengviausiojo antielemento – antivandenilio – atomai. Aišku, jie tuoj pat anihiliavo su įprastinėmis dalelėmis.

4.3 pav. Vandenilio atomas, sudarytas iš protono ir elektrono (kairėje) ir antivandenilio antiatomas, sudarytas iš antiprotono ir pozitrono (dešinėje).



ELEMENTARIOSIOS DALELĖS IR VISATA

Mažesnės nei 10^{-16} metro dydžio elementariosios dalelės ir milijardus šviesmečių nusitęsusi Visata. Kas gali būti bendra tarp tokių skirtingų objektų? Tačiau iš tikrųjų ir šios priešybės glaudžiai susieina. Kokiū būdu yra susiję mikropasaulis ir makropasaulis?

Pačioje Didžiojo sprogimo pradžioje Visata buvo nepaprastai maža – kaip atomas ar net elementarioji dalelė. Manoma, kad tai buvo milžiniškos energijos vakuomo būseną. Visatai staigiai plečiantis, susidarė dalelių ir antidalelių poros, iš pradžių, matyt, mums dar nežinomos labai masyvios dalelės. Joms anihiliuojant atsirado kvarkai, pastarieji susijungė į hadronus; vėliau anihiliuojant hadronams su antihadronais atsirado leptonai. Visa tai truko maždaug 10^{-4} sekundės, tačiau būtent ta ankstyvoji Visatos istorija, kurią nulėmė elementariųjų dalelių savybės, sąlygojo pagrindines Visatos savybes ir tolesnę jos raidą.

Dabartinė Visatos struktūra – galaktikų, jų grupių, žvaigždžių susidarymas, pagaliau gyvybės atsiradimas, turėjo slypėti pradinės Visatos ypatumuose, ir matyt, vienareikšmiškai priklausė nuo to, kiek ir kokių elementariųjų dalelių atsirado pirmąją sprogimo sekundę, kokie nukrypimai nuo simetrijos kilo, universaliajai sąveikai išsiskiriant į fundamentines sąveikas.

Užtektų vos vos pakeisti vienos iš pagrindinių elementariųjų dalelių savybes, ir Visata neatpažįstamai pasikeistų.

Jeigu elektrono masė būtų bent tris kartus didesnė, negalėtų egzistuoti atomai. Elektronai jungtųsi su protonais ir susidarytų neutronai. Taigi Visata būtų daug skurdesnė: ją sudarytų nykios neutroninės žvaigždės, kuriose dėl milžiniškos traukos jėgos ir labai stiprių laukų būtų neįmanoma gamtos įvairovė.

Jeigu neutrono ir protono masės skirtųsi ne 0,14%, kaip yra dabar, o bent 0,3%, tai sunkiojo vandenilio – deuterio – branduolys būtų nestabilus. Tada branduolinių reakcijų grandinė, paverčianti vandenilį heliu, nutrūktų pačioje pradžioje. O nesant helio, negalėtų susidaryti ir sunkesnieji elementai, tad periodinė elementų lentelė susidėtų tik iš vieno langelio. Visatą sudarytų neišsėdęsios žvaigždės ir vandenilio debesys.

Kaip matome, elementariųjų dalelių savybės yra palankios įstabiai gamtos įvairovei ir gyvybei atsirasti (netgi galima įtarti, kad elementariosios dalelės yra kaip tik tokios, kad Visatos raidoje galėtų atsirasti protinga gyvybė).

Iš tikrųjų vargu ar gali keistis vienos elementariosios dalelės masė – gal visas jų rinkinys sudaro kažkokios bendriausios lygties sprendinį. Tai turėtų būti vakuumo būsenos lygtis, nes pirmos elementariosios dalelės, matyt, atsirado iš vakuumo. O vakuumo būseną galbūt lėmė ankstesnė Visatos raida. Betgi čia jau pereiname į mokslo fantastikos sritį. Neabejotina viena: mikropasaulis ir makropasaulis – dvi glaudžiai susijusios priešybės.

NEREGIMOSIOS MEDŽIAGOS PAIEŠKOS

Šiuo metu Visata plečiasi kaip pripučiamas balionas. Koks bus jos tolesnis likimas – ar ji plėsis be galo, ar plėsis lėtėdama, ar po kurio laiko pradės trauktis – priklausys nuo medžiagos tankio Visatoje. O jį įvertinti labai sunku. Yra netiesioginių liudijimų, kad šviečiantys kūnai sudaro tik mažą dalį Visatos medžiagos, ir tebėra neatrasta kažkokia neregimoji medžiaga. Kur jos reikia ieškoti, kas ją sudaro ir kiek jos gali būti?

Sudėjus žvaigždžių, ūkų ir kitos šviečiančios medžiagos masę, Visatos tankis gaunasi maždaug šimtą kartų mažesnis negu kritinis tankis, kurio užtenka Visatos plėtimuisi sustabdyti. Taigi atrodytų, kad Visatos ateitis yra aiški – ji plėsis be galo.

Vis dėlto toks mažas tankis netinka astrofizikams – jiems tiesiog nesueina galai – Visatos evoliucijos teorijos išvados su stebimomis jos savybėmis. Teoretikams labiausiai patiktų rezultatas, kad Visatos tankis yra artimas kritiniam.

Gamta kol kas nenuvilia tų teoretikų lūkesčių. Tiriant žvaigždžių sukimąsi apie galaktikos centrą mūsų, taip pat kaimyninėse galaktikose, buvo įvertinta jų masė ir paaiškėjo, kad ji bent porą kartų viršija šviečiančių objektų masę. Matyt, daugelis galaktikų yra apsuptos plataus nematomo vainiko, vadinamo halu. Regimos galaktikų medžiagos nepakanka ir spiralinių galaktikų stabilumui paaiškinti.

Galaktikos sudaro didžiulius sambūrius. Kad įvairiomis kryptimis dideliais greičiais judančios galaktikos neišsiskirstytų, tokių sambūrių masė turėtų bent 10–20 kartų viršyti šviečiančios medžiagos masę. Taigi matome, jog didėjant atstumams, daugiau aptinkama ir nematomos medžiagos. Galbūt pavyks surasti ir visus trūkstamus 99%.

Yra iškelta įvairių hipotezių, kas sudaro tą tamsiąją medžiagą.

Visų pirma tai gali būti įprastinė nešviečianti medžiaga — neišdegusios arba užgesusios žvaigždės bei asteroidai. Jeigu žvaigždės masė yra mažesnė negu 0,08 Saulės masės, tai jos traukos nepakanka medžiagai tiek suspausti, kad žvaigždės centre susidarytų temperatūra, reikalinga branduolinei sintezės reakcijai prasidėti. Tokios neišdegusios žvaigždės yra vadinamos rudosiomis nykštukėmis (jos skleidžia šiek tiek infraraudonųjų spindulių).

Realūs kandidatai į nestebimus objektus yra užgesusios žvaigždės — juodosios nykštukės (jomis galų gale virsta žvaigždės, keletą kartų masyvesnės už Saulę ar turinčios jos masę), taip pat pavienės juodosios bedugnės.

Vis dėlto tokių objektų neturėtų būti daug daugiau negu šviečiančių žvaigždžių.

Paslėptos masės problemą galėtų išspręsti neutrinai, net jeigu jų masė palyginti nedidelė. Juk neutrinų labai daug susidaro žvaigždėse vykstančių branduolinių reakcijų metu. Jie lengvai ištrūksta net iš žvaigždės gelmių ir po to klaidžioja po Visatą, nes jų sąveika su įprastine medžiaga yra labai silpna. Dar turėtų būti išlikusių ir neutrinų, susidariusių Didžiojo sprogo pradžioje. Deja, kol kas nepavyko patikimai išmatuoti neutrinų masės (pirmieji rezultatai, gauti neseniai pradėjusiu veikti Japonijoje neutrinų detektoriumi, liudija, kad neutrino masė nelygi nuliui ir viršija dešimtadalį elektronvolto).

Fundamentinių sąveikų suvienijimo teorijos įveda įvairias hipotetines daleles, tarp jų — turinčias didžiulę masę, kaip, pavyzdžiui, monopolis... Taigi neregimosios medžiagos paieškos tęsiasi.

V FIZIKŲ PROFESINĖS PASLAPTYS

Senovės Egipte ir Babilonijoje, netgi Viduramžių Europoje, mokslo žinios ir metodai buvo slepiami. Dabar taip elgtis nėra nei būtinumo, nei prasmės. Šių laikų mokslininkai yra suinteresuoti ne apriboti, o plėsti jų srityje dirbančių žmonių skaičių.

Vis dėlto mokslo populiarinimo knygose ir straipsniuose, mokslininkų paskaitose daugiau pasakojama apie mokslinių tyrimų rezultatus, negu apie jų atradimo kelius. Netgi būsimieji fizikai – aukštųjų mokyklų studentai – gauna daug žinių iš įvairių fizikos sričių, bet mažai patarimų, kaip pačiam atrasti naujas žinias. Jie išmoksta dėsnius ir principus, tačiau neretai miglotai įsivaizduoja fizikos visumą ir struktūrą, mokslinio darbo ypatumus. Tas supratimas ateina vėliau, pačiam atliekant tyrimus (o kartais ir visai neateina). Profesinių paslapčių dažniausiai sužinoma klaidų ir bandymų metodu, ginčijantis su kolegomis arba skaitant savo mokslinio straipsnio kritinę recenziją.

Kadangi fizikai sudaro svarbią ir neatsiejamą fizikos dalį (bent jie patys taip mano), tai fizikos mįslės turi aprėpti ir profesines paslaptis bei problemas. Juk tikras teatro mėgėjas būtinai stengiasi žvilgtelėti į užkulsius ir netgi pajudinti scenos valdymo pultą.

Šiame skyriuje žvilgtelėsime už fizikos kulisų ir papasakosime, kokie sunkumai bei džiaugsmai laukia būsimųjų fizikų, kaip mokslininkai įsivaizduoja savo profesiją ir savo mokslą, jo dabartį ir ateitį.

FIZIKOS PROBLEMŲ SĄRAŠAI

Antrajame tarptautiniame matematikos kongrese, įvykusiame 1900 m. vasarą Paryžiuje, „matematikų karalius“ D. Hilbertas (Hilbert) suformulavo įžymųjį sąrašą problemų, kurias turėjo išspręsti XX a. matematikai. Tos problemos iš tikrųjų tapo matematikos raidos gairėmis.

Ar egzistuoja panašūs fizikos problemų sąrašai? Ar nėra pagrindinė problema mokslininkui rasti neišspręstą problemą?

Vienintelis autoriui žinomas bandymas sudaryti išsamų šiuolaikinės fizikos problemų sąrašą buvo 1971 m. žurnale „Uspechi fizičeskich nauk“ paskelbtas V. Ginzburgo straipsnis „Kokios fizikos ir astrofizikos problemos dabar atrodo ypač svarbios ir įdomios?“ L. Landau mokinyš, vienas iš nedaugelio fizikų universalų, sudarė mokslo baltų dėmių žemėlapi, apimančių tris pagrindines šiuolaikinės fizikos sritis – mikrofiziką, makrofiziką ir astrofiziką. Straipsnis sukėlė didelį mokslininkų ir mėgėjų susidomėjimą, netgi kritiką (ypač tų fizikų, kurių sprendžiamos problemos nepateko į sąrašą). Po dešimtmečio ir dvidešimtmečio V. Ginzburgas paskelbė atnaujintus ir papildytus problemų sąrašus (tų straipsnių populiarūs variantai buvo spausdinti ir leidiniuose lietuvių kalba „Kas domina fizikus šiandien“).

1977 m. JAV ir Vakarų Europoje buvo išleista „Nežinomybės enciklopedija“, matyt, pirmoji enciklopedija, kuri informavo ne apie tai, kas mokslui žinoma, o priešingai, kas nežinoma, tebėra neišspręsta. Toje knygoje kelios dešimtys žymiausių mokslininkų populiariai aprašė svarbesnes fizikos, matematikos, biologijos ir kitų mokslų mįsles. Bibliotekose tai knygai skaityti buvo sudaromos eilės. Keletą dešimtmečių TSRS buvo spausdinamas tarptautinis kasmetinis leidinys „Mokslo ateitis“, skirtas mokslo raidos perspektyvoms, įdomiausioms problemoms.

Vis dėlto fizikai skaito tokius leidinius ne tiek ieškodami juos dominančių problemų, kiek norėdami plačiau susipažinti, kas daroma kitose mokslo srityse.

Fizika, skirtingai nuo matematikos, yra mokslas apie realų pasaulį, tad jos raidą nemaža dalimi nulemia praktiniai ar pažinimo poreikiai. Antai mokslas apie šilumą pradėjo sparčiai vystytis XVIII a. viduryje, kai iškilo poreikis sukurti ekono-

miškas mašinas, pakeičiančias fizinių žmogaus darbą. Greitą plazmos fizikos plėtrą XX a. antroje pusėje sukėlė būtinumas sukurti termobranduolinį reaktorių bei suprastį procesus, vykstančius žvaigždėse ir jų aplinkose. Šiuolaikiniam mokslui, ypač fizikai, reikalingos didžiulės lėšos, o vyriausybė jas lengviausiai skiria kryptims, žadančioms didelę praktinę naudą.

Naujas problemas iškelia ir paties mokslo raida. Antai elektromagnetinių reiškinių tyrimo, kvantinės mechanikos sukūrimo ar neutroninių žvaigždžių atradimo neakademiški jokie praktiniai visuomenės poreikiai – vien tik mokslininkų smalsumas.

Didžiausias skaičius problemų, tarp jų – pačių fundamentaliausių, atsiranda ties priešakiniu mokslo kraštu, ten, kur jis ribojasi su nežinomybe. Jeigu mokslininkas pasiekė tą priešakinį mokslo kraštą (o tam reikia didelių pastangų ir pavyksta toli gražu ne visiems), o svarbiausia, jei jis įstengia neatsilikti nuo šio krašto judėjimo pirmyn, tai spęstinių problemų jam tikrai netrūksta, netgi tenka daugelio atsisakyti.

Kartu su mokslo skverbimusi į priekį vyksta ir jo plėtimasis, esamų žinių tikrinimas, jų praktinis taikymas. Čia taip pat daug neišspręstų klausimų, tad mokslininkas gali pasirinkti pagal savo skonį ir gabumus (aišku, savo specialybės ir laboratorijos mokslinės krypties ribose).

Anot amerikiečių mokslininko V. Litlo (*Little*), būtent „ieškojimas potencialiai turtingų idėjų telkinių ir sudaro pagrindinį tyrinėtojo užsiėmimą, o gebėjimas juos atrasti skiria tikrą mokslininką nuo jo kolegų labiau, negu mokėjimas rasti būdą konkrečiam iškeltam uždaviniui išspręsti“. Tikras mokslininkas parenka darbų kryptį ne tik sau, bet ir visai mokslininkų grupei, dirbančiai kartu su juo, t. y. nuo jo išvalgumo priklauso visos laboratorijos ir netgi mokslinės įstaigos darbo sėkmė.

Mokslas prasideda klausimu ir baigiasi klausimu, netgi keliais klausimais. Jų grandinėle gali rodyti kelią mokslininkui ar moksliniam kolektyvui kelerius metus, netgi dešimtmečius. Vis dėlto mokslo problemų telkiniai, kaip ir naudingų iškasetų telkiniai, kada nors išsenka. Labai svarbu laiku tai pajusti ir imtis kitų problemų sprendimo. O tai įmanoma tik mokslininkui, kuris seka mokslo raidą daug platesnėje srityje, negu reikalinga tuo metu jo atliekamiems tyrimams.

Aišku, pasirinkdamas problemą, mokslininkas turi vadovautis ne tik jos svarba ir įdomumu, bet ir realiai įvertinti savo galimybes išspręsti ją turimomis eksperimentinėmis priemonėmis ar teoriniais metodais.

KAIP MOKSLININKAI ORIENTUOJASI INFORMACIJOS JŪROJE?

Kasmet pasaulyje atspausdinama šimtai tūkstančių mokslinių knygų. Įvairiose šalyse leidžiama keli tūkstančiai mokslinių fizikos žurnalų. Kaip mokslininkas orientuojasi toje informacijos jūroje? Kokių kompasu naudodamasis jis suranda jam reikalingą mokslinį darbą?

Mokslininkai ginasi nuo vis didėjančio informacijos srauto siaurindami savo specializaciją. Jeigu Dekarto ar Niutono laikais netgi eilinis mokslininkas galėjo gerai žinoti įvairius gamtos mokslus, XVIII a. — suprasti visą fiziką, o XIX a. pabaigoje — vieną plačią jos sritį, pavyzdžiui — optiką, tai dabar dažnai jis būna tikras specialistas tik labai siauroje fizikos srityje, pavyzdžiui, mažos trukmės šviesos impulsų gavimo ir stiprinimo. Deja, netgi taip susiaurinęs mokslinį akiratį ir skirdamas literatūros skaitymui bent trejetą valandų per dieną, jis sugeba susipažinti tik su nedideliu skaičiumi darbų, kurie tiesiogiai susiję su jo tyrimų sritimi.

Dar XIX a. į pagalbą mokslininkui buvo pradėti leisti specialūs referatiniai žurnalai, kur trumpai supažindinama su tam tikros mokslo srities svarbesnėmis publikacijomis. Žinomiausias dabartinis fizikos referatinis žurnalas „Physics Abstracts“ — tai kas dvi savaitės išleidžiamas maždaug 700 puslapių tomas, kuriame smulkiu šriftu pateikta apie 7000 straipsnių ir knygų referatų. Žurnalą rengia specialus institutas, o talkininkauja daug įvairių šalių mokslininkų. Jiems siunčiamos naujų mokslo darbų kopijos ir referentai rašo trumpas, dalykiškas jų santraukas. Aišku, tas žurnalas apima tik kokią dešimtadalį visų publikacijų iš fizikos, tačiau spausdinamų svarbesniuose žurnaluose ir labiau prieinamų. O naują informaciją apie dar tik spausdinamus straipsnius pateikia žurnalas „Current Contents“, išleidžiantis kas savaitę. Tiesa, jame nurodomi tik straipsnių pavadinimai. Pastaraisiais metais mokslinei informacijai perduoti vis plačiau naudojami kompiuterių tinklai (apie juos bus rašoma kitoje mįslėje).

Nuo 1963 m. Mokslinės informacijos institutas, esantis Filadelfijoje (JAV), leidžia savitą referatinį žurnalą „Science Citation Index“ („Mokslinių citatų indeksas“). Jame nurodomi ne naujausieji mokslo darbai, o publikacijos, kurios tuose naujaisiuose darbuose buvo cituojamos (pateiktos jų literatūros sąrašuose). Toks sąrašas —

tai mokslinio darbo šaknys, į jį įtraukiami darbai, kurių idėjomis, rezultatais, metodais remiantis buvo gauti pateiktieji rezultatai. Taigi šiame referatiniame žurnale nurodomi darbai, kurie lemia šiuolaikinio mokslo raidą (jeigu darbas necituojamas, reiškia, juo nesinaudojama ir jo realus indėlis į mokslą lygus nuliui).

Kuo naudingas toks referatinis žurnalas? Visų pirma, jis įgalina mokslininką rasti naujos literatūros jį dominančiu klausimu, jeigu jam žinomas nors vienas svarbus darbas, skirtas jo sprendimui („Indekse“ nurodomi darbai – šaltiniai, o po kiekvieno iš jų – naujausieji juos citavę darbai). Naudodamasis „Indeksu“ mokslininkas gali sužinoti, kas naudoja jo paties darbus, tęsia juos, gali su tais mokslininkais užmegzti ryšius. Pagaliau tas referatinis žurnalas įgalina nustatyti mokslo darbų vertę, išskirti svarbiausius – labiausiai cituojamus – darbus, analizuoti idėjų ir teorijų likimus. Aišku, „Indeksas“ sudaromas peržiūrint tik nedidelę dalį svarbiausių žurnalų, betgi būtent jie lemia mokslo raidą.

Vis dėlto surasti reikalingą literatūrą – tai tik dalis darbo. Reikia dar prasibrauti pro matematinių formulių ir specialaus mokslinio žargono džungles, suvokti atskirus rezultatus ir išvelgti bendrą tos problemos sprendimo vaizdą. O tai nėra lengva, ypač pradedančiam ar naujos problemos besiimančiam mokslininkui. Tad moksle vis labiau vertinami apžvalginiai straipsniai, kuriuose pateikiamas naujausių pasiekimų konkrečioje mokslo srityje bendras vaizdas. Tokias apžvalgas spausdina specialūs žurnalai: „Review of Modern Physics“, „Contemporary Physics“, „Uspechi fizičeskich nauk“ ir kt.

Vis dėlto jokie žurnalai negali atstoti tiesioginio bendravimo su kitais specialistais. Mokslininkui būtina laikas nuo laiko nuvažiuoti į kitus mokslo centrus, pasikeisti idėjomis, aptarti naujus rezultatus. Pasaulyje reguliariai rengiama daug specialiųjų konferencijų, į kurias susirenka tas pačias problemas sprendžiantys mokslininkai iš įvairių šalių. Užsimezgę ryšiai nenutrūksta ir jiems grįžus į savo laboratorijas. Susidaro neformalios mokslininkų grupės, vadinamieji neregimieji kolektyvai, kurių nariai keičiasi tarpusavyje pačia naujausia informacija, dar nepublikuotais rezultatais, idėjomis. Tai ypač svarbu priešakinėse mokslo srityse, kurių raida esti ypač sparti ir kur vyksta tikros mokslininkų lenktynės. Rezultatą atspausdinus žurnalui, neretai jau būna vėlu įsitraukti į lenktynes. Neregimieji moksliniai kolektyvai ne visada lengvai priima naujus narius (tiesą sakant, net ir nėra oficialaus priėmimo, tiesiog mokslininkas laikomas saviškiu arba jis ignoruojamas). Daugiausia lemia mokslininko rangas, kurį sąlygoja jo rezultatai, erudicija, aktyvumas.

Šiuolaikiniame moksle greita ir išsami informacija yra neįkainojama vertybė.

FIZIKOS IR MATEMATIKOS RYŠIAI

Atvertus bet kokią specialią fizikos knygą pirmiausia krinta į akis formulių ar grafikų gausa. Kodėl fizika taip glaudžiai siejasi su matematika? Kas vienija ir kas skiria tuos du mokslus?

Mūsų kasdienė kalba yra labai netiksli ir netaupi. Žodžiai turi daug reikšmių, sąvokos netiksliai apibrėžtos, teiginiai gali būti įvairiai interpretuojami. Mes prie to esame pripratę ir beveik nejaučiame nepatogumo. Gal tik tada, kai mums tenka pateikti informaciją kompiuteriui, nustembame, kokiomis netiksliomis ir neapibrėžtomis žiniomis naudojasi žmogus. Deja, stengiantis išsireikšti tiksliau ir griežčiau, kalba tampa labai sudėtinga ir formali.

Tikslusis mokslas, pasiekęs tam tikrą lygį, pradeda naudoti specialią kalbą. Toji kalba yra matematika.

Fizika pirmoji iš gamtos mokslų ėmė naudoti matematikos kalbą. Atradimą, kad skaičiais ir formulėmis galima išreikšti gamtos harmoniją, matyt, pirmasis padarė senovės graikų filosofas Pitagoras ir jo mokiniai. Jie buvo taip sužavėti tos idėjos, kad suteikė skaičiams mistinę reikšmę. Vėliau didieji antikos mokslininkai Archimedas, Euklidas, Ptolemajas ir kiti meistriškai pritaikė jų išplėtotus matematinus metodus gamtos reiškiniams aprašyti.

Vis dėlto dar turėjo praeiti ilgas scholastinio mokslo laikotarpis, kai žodiniai įrodymai pasiekė nepaprasto grakštumo ir... tuštumo, kad fizikai galutinai įsitikintų griežtos mokslo kalbos būtinumu. Galilėjus buvo bene pirmasis naujųjų laikų mokslininkas, išvelgęs nepaprastą matematikos reikšmę fizikoje (tada vadintoje gamtos filosofija), ir ėmęs ją taikyti savo tyrimuose. Jis rašė: „Filosofija parašyta žymiausioje knygoje, kuri visada atverta prieš mūsų akis (aš turiu galvoje Visatą), bet jos negalima suprasti, prieš tai neišmokus jos kalbos ir raidžių, kuriomis ji parašyta. O parašyta ji matematikos kalba ir jos raidės — tai trikampiai, lankai ir kitos geometrinės figūros, kurių nežinant neįmanoma žmoniškai suprasti jos žodžių; be jų — beprasmis klaidžiojimas tamsiame labirinte“.

Galilėjus, Dekartas ir Niutonas ėmėsi ieškoti naujų matematinių metodų, reikalingų fizikos teorijoms formuluoti, ir daug nuveikė šioje srityje. Jų, kaip ir vėliau

gyvenusių mokslininkų — brolių Bernulių, Eulerio, d'Alambhero, Lagranžo, Laplaso, Hilberto, Veilio (*Weyl*), Neimano (*Neumann*), vardai įėjo į abiejų mokslų istoriją. Porą amžių fizika ir matematika žengė greta, jų keliai ėmė skirtis tik XIX a.

Kas gi lemia „neįsivaizduojamą matematikos efektyvumą gamtos moksluose“ (E. Vigneris)?

Visų pirma matematika įgalina glaustai ir tiksliai aprašyti bandymų rezultatus, įvertinti jų paklaidas.

Antra, taikant matematinis metodus, lengviau gauti bendras išvadas. Atsibojus nuo atsitiktinių ir antraeilių priežasčių, priklausomybes tarp pagrindinių fizikinių dydžių galima užrašyti matematinėmis lygtimis. Antai visuotinės traukos dėsnis, kurį Niutonas atrado nagrinėdamas Mėnulio judėjimą bei kūnų kritimą Žemėje, nepriklauso nuo jokių kitų Žemės, Mėnulio ar obuolio charakteristikų, išskyrus pačią bendriausią charakteristiką — masę. Bendriausiųjų elektromagnetinių lygčių — Maksvelo lygčių — formulavime neliko jokių laidų, ričių, magnetų, elektros srovės šaltinių ir pan.

Matematinės lygtys, aprašančios tam tikrą fizikos reiškinių, slepia savyje daug daugiau informacijos, negu buvo jos panaudota sudarant lygtis. Jos paprastai galioja platesnėje fizikos dydžių ir objektų srityje, nors palaipsniui prieinamos teorijos ribos. Pavyzdžiui, de Broilio ryšys tarp banginių ir dalelinių mikrodalelės savybių, nustatytas remiantis bandymais su šviesa, pasirodė esąs teisingas visoms elementariosioms dalelėms, atomams bei molekulėms.

Tačiau svarbiausia matematikos efektyvumo gamtos tyrimuose priežastis yra ta, kad gautos matematinės lygtys gali būti sprendžiamos naudojantis universaliais ir veiksmingais matematikos metodais. Tuo būdu gaunama iš esmės nauja informacija apie nagrinėjamą fizikos reiškinių ar objektą, numatomi nauji reiškiniai. Kai Maksvelas apibendrinio elektromagnetizmo teoriją ir gavo lygtis, dabar vadinamas jo vardu, tapo aišku, kad egzistuoja ligi tol nežinotų elektromagnetinių bangų sprendiniai. Jų sklidimo greitis prilygo šviesos greičiui. Tuo remdamasis Maksvelas iškėlė hipotezę, kad šviesa irgi yra elektromagnetinės bangos. O radijo diapazono elektromagnetinės bangos buvo atrastos dar po dviejų dešimtmečių H. Herco (*Hertz*). Jis taip išreiškė savo susižavėjimą lygtimis: „Sunku atsikratyti jausmo, kad tos matematikos formulės gyvena nepriklausomą gyvenimą ir pasižymi intelektu, kad jos protingesnės už mus, netgi už jų atradėjus ir kad mes gauname iš jų daugiau, negu buvo įdėta į jas iš pradžių“. Iš tikrųjų vėliau iš tų lygčių

buvo gautas milžiniškas kiekis informacijos apie elektromagnetinių bangų savybes ir jų sąveiką su medžiaga.

Vis dėlto fizika, netgi teorinė fizika, netapo matematikos dalimi. Fizikas visada prisimena, kad jo vartojami matematiniai simboliai ir formulės turi turėti fizikinę prasmę, ir aprašo realų pasaulį. Pavyzdžiui, netgi sprendžiant paprasčiausias kvadratinės lygtis, gaunami menamieji sprendiniai, kurie nėra fizikiniai sprendiniai. (Vis dėlto neverta paskubom atmesti neiprastų teiginių. Gerai žinomas pavyzdys, kaip Dirakas, nagrinėdamas reliatyvistinę lygtį elektronui, gavo sprendinį su neigiama energija. Jis išdrįso palikti tą sprendinį, iškeldamas hipotezę, kad egzistuoja elektrono antidalelė — pozitronas, ir vėliau ji iš tikrųjų buvo atrasta eksperimentiškai.) Tuo tarpu matematika nagrinėja ryšius tarp abstrakčių objektų, visai nesirūpindama, ar jie randa savo vietą supančiame pasaulyje, ar ne. Čia ir yra tų dviejų mokslų esminis skirtumas.

Fizikas, ieškodamas dėsningumų, nuolat tariasi su gamta, jis remiasi eksperimentiniais faktais, netgi intuityviu reiškinių suvokimu. Jis neretai iš anksto žino, ką turi įrodyti. Pagrindinis fizikos teorijos teisingumo kriterijus — ar ji atitinka realų pasaulį, tuo tarpu matematinės teorijos teisingumas priklauso tik nuo jos loginio neprieštaringumo ir nuoseklumo. Fizikui nebūtinai absoliutus įrodymų griežtumas ir kruopšti sprendinių egzistavimo analizė — tai, kas sudaro šiuolaikinės matematikos stuburą.

Fizikai naudoja tik kai kuriuos matematikos skyrius. Dažniausiai, ypač šiais laikais, jie pasinaudoja žinomais matematiniais metodais, pavyzdžiui, grupių teorija ar matricų algebra, kurios XX a. tapo pagrindiniais mikropasaulio aprašymo būdais. Kartais fizikai neranda matematikoje nieko tinkamo ir imasi patys kurti naujus matematinius metodus. Tuo būdu fizikai yra prisidėję prie įvairių matematikos metodų atsiradimo.

Šiuolaikinės fizikos naudojamas matematinis aparatas (pavyzdžiui, neeuklidinė geometrija ir tenzorinė analizė bendrojoje reliatyvumo teorijoje, grupių teorija ir specialiosios funkcijos kvantinėje mechanikoje ir pan.) yra pakankamai sudėtingas. Tai gerokai apsunkina šiuolaikinės fizikos supratimą. Deja, nėra lengvesnių ar karališkųjų gamtos pažinimo kelių. Kaip rašė R. Feinmanas: „negalima perteikti tikrojo gamtos dėsnių grožio taip, kad žmonės juos suvoktų vien tiktai jausmais, be gilaus matematikos žinojimo“.

FIZIKAI IR KOMPIUTERIAI

Dabar beveik kiekvienas mokslo darbuotojas ant savo darbo stalo turi kompiuterį. Kur jis gali ir kur negali pakeisti fiziko?

Kompiuteriai perėmė iš fizikų „juoda“ skaičiavimo ir eksperimentų rezultatų apdorojimo darbą. Naujai elementariajai dalelei atrasti reikia peržiūrėti šimtus tūkstančių nuotraukų, o kvantinėje atomo teorijoje gaunamas lygtis fizikai su aritmetru spręsdavo mėnesius ir net metus (ir tai su įvairiais supaprastinimais). Kompiuteris ne tik skaičiuoja nepalyginamai greičiau, bet ir daro daug mažiau klaidų negu žmogus – ta prasme jis jau seniai pralenkė žmogų. Be to, sukūrus kompiuterius tapo įmanoma imtis tokių sudėtingų uždavinių, kurie įprastinėmis skaičiavimo priemonėmis buvo praktiškai neišsprendžiami. Nereikia manyti, jog dabartiniai kompiuteriai, atliekantys milijonus operacijų per sekundę, patenkina fizikų norus – krūvio pasiskirstymą paprastoje molekulėje mašina dar skaičiuoja keletą valandų, o daugybė uždavinių tebelaukia tobulesnių kompiuterių.

Fizikai juokauja, jog, be teorinės ir eksperimentinės fizikos, atsirado trečioji – skaičiavimo fizika. Sudarei arba įsigijai iš kolegų gerą programą, įkinkei kompiuterį ir gali švilpauti laukdamas rezultatų. Visa problema – susigaudyti tuose rezultatuose. Kompiuteris netgi nubraižo lenteles ir paveikslėlius, suredaguoja straipsnio tekstą, ir į bendraautorius jo įrašyti nereikia, net jeigu jis būna atlikęs didžiąją darbo dalį.

Eksperimentatoriai irgi atsikratė juodo darbo – valandų valandas registruoti prietaisų parodymus, kontroliuoti ir optimizuoti eksperimento eigą. Iš tikrųjų ir ši darbą kompiuteris atlieka geriau negu žmogus (aišku, jeigu jis turi gerą programą ir tinkamus ryšio kanalus su prietaisais). Mokslininkas gali monitoriaus ekrane sekti, kaip vyksta eksperimentas, paprašyti kompiuterio vienokių ar kitokių duomenų, keisti sąlygas nebijodamas, kad ką nors netyčia sugadins (kompiuteris atsakys vykdyti neprotinę nurodymą).

Kompiuteriai sėkmingai perima ir informacijos saugojimo, atrinkimo bei jos paieškos funkcijas. Mokslininkas saugo kompiuterio atmintyje arba magnetiniuose diskuose savo rezultatus, įvairius duomenis, literatūros sąrašus ir gali iš jų akimirksniu atsirinkti reikiamą informaciją (o tam įprastiniame mokslininko archyve rasti kartais sugaištama net keletą valandų ar dienų). Be to, kompiuteris patikimai

saugo patikėtas žinias — nežinantis slaptažodžio į asmeninį elektroninį archyvą nepakliūs.

Įstabias informacijos gavimo galimybes atvėrė kompiuterių tarptautinių tinklų sukūrimas. Pats didžiausias ir plačiausiai naudojamas kompiuterių tinklas „Internet“, šiuo metu apimantis apie 30–40 milijonų viso pasaulio kompiuterių. Reikia tik turėti atitinkamą programinę įrangą, vertiklį ir, prijungus savo kompiuterį prie telefono linijos, tampama šio gigantiško tinklo nariu. Visų pirma tai įgalina susirašinėti elektroniniais laiškais su bet kuriuo tinklo dalyviu. Reikia tik nurodyti elektroninį adresą, ir laiškas, aplenkdamas visas pašto įstaigas, jau po kelių minučių (jei nebus kokių gedimų ar informacijos kamščių) pasieks norimą kompiuterį bet kurioje šalyje.

Naudojantis specialiomis paieškos sistemomis, „Internetė“ galima rasti įvairiausias informacijos. Mokslo įstaigos, įvairios organizacijos, bibliotekos paruošia specialius duomenų „puslapius“ apie savo struktūrą, turimą informaciją, teikiamas paslaugas. „Internetu“ galima atsisiųsdinti naujus mokslinius straipsnius ir net ištisas duomenų bases, programas ir žinias apie naujausius atradimus bei išradimus (nors tarp jų būna ir nemažai nepatikrintų, skubotų pranešimų, nes čia nėra jokio recenzavimo ar kontrolės).

Aišku, tos paieškos atima laiko, o už vertingiausių informaciją dar tenka ir pinigų mokėti.

Kompiuteris įgyja vis daugiau dirbtinio intelekto požymių. Vis dažniau jis naudojamas formulėms išvesti ar netgi teoremoms įrodyti. Tačiau kompiuteris dar nesugeba formuluoti naujų problemų ir ieškoti iš esmės naujų sprendimo kelių, taigi kol kas jis tik padidina mokslininko kūrybines galias, išlikdamas paklusnus jam.

MOKSLINIO DARBO TAISYKLĖS

Bet koks atradimas, mažas ar didelis — tai tik mokslinio darbo viršūnė. Prieš tai dažniausiai būna keletas mėnesių ar net metų atkaklaus darbo, o kilus atradimo idėjai, dar reikia ją įrodyti, patikrinti, aprašyti ir apginti. Šio darbo sėkmė priklauso ne tiek nuo kūrybinio įkvėpimo, kiek nuo gero organizavimo. Ar galima suformuluoti mokslinio darbo taisykles?

Mokslinį darbą irgi reikia dirbti moksliskai, ne stichiškai. Egzistuoja mokslinio darbo metodika (studentams skirtą jos vadovėlį prieš karą buvo išleidęs filosofas S. Šalkauskis). Aišku, daugelis jos taisyklių yra gana akivaizdžios, nesunkiai atrandamos paties mokslininko klaidų ir bandymų keliu, deja, tas patyrimas dažnai įgyjamas brangoka sugaišto laiko ar netgi neteisingų rezultatų kaina. Tad verta priminti svarbesnes mokslinio darbo taisykles:

1. Nereikia skubėti griebtis darbo, net jeigu turite „auksinę“ idėją. Skyrę dieną ar dvi problemai apgalvoti, galite sutaupyti savaites ir mėnesius darbo.

2. Visų pirma būtina tiksliai suformuluoti problemą, išsiaiškinti, ką norite pasiekti, ar yra visos tam reikalingos sąlygos. Teisingas problemos formulavimas dažnai atveria kelią į jos sprendimą.

3. Negalima atidėlioti susipažinimo su literatūra ligi darbo aprašymo, antraip gali tekti patirti nemalonų jausmą sužinojus, kad panašūs rezultatai jau seniai gauti kitų arba jog buvo galima sutaupyti savo darbo, pasinaudojus žinomais rezultatais ar metodais.

4. Nepasitikėkite jokiais autoritetais — visus už ir prieš reikia pasverti pačiam, remiantis vien mokslo faktais.

5. Susidarykite realų tyrimų planą. Svarbu tinkamai nustatyti darbų seką, kad vieni uždelsti darbai netrukdytų kitiems, kad nereikėtų laukti, kol bus gauti tiems tyrimams reikalingi prietaisai, medžiagos ar skaičiavimų rezultatai.

6. Nepasikliaukite savo atmintimi. Būtina kruopščiai užsirašinėti eksperimentų ar skaičiavimų rezultatus; blogi užrašai — didžiausias klaidų šaltinis.

7. Nesėkmės moksliniame darbe neišvengiamos, bet iš jų reikia mokytis. Blogai, jeigu ta pati klaida pasikartoja.

8. Jeigu nėra geros idėjos, reikia sistemingai kaupti faktus, ieškoti dėsningumų, analogijų, bandyti įvairius modelius. Įdomiausi tie faktai, kurie prieštarauja iš anksto susidarytai nuomonei.

9. Neskubėkite patikėti gautu įdomiu rezultatu. Geriau pačiam sugriauti savo kūrinį, negu tai palikti padaryti kitiems.

10. Rezultatų aprašymas — vienas iš svarbiausių darbo etapų. Netgi pavadinimas kartais lemia mokslinio straipsnio likimą. Jeigu darbą, trukusį keletą mėnesių, skubama aprašyti per savaitę, tai tikėtina, kad kitame žurnalo numeryje bus klaidų atitaisymas.

11. Atlikus darbą verta pagalvoti, kokias naujas perspektyvas jis atveria, kur gali būti pritaikyti jo rezultatai. Antraip darbo vaisius nuskins kiti.

12. Neatsidėkite vien tik darbui. Net ir karščiausiu darbymečiu verta bent trečdalį laiko skirti mokslinei literatūrai, netgi tiesiogiai nesusijusiai su darbų tematika. Tai padės neprarasti objektyvumo vertinant savo darbą, apsaugos nuo „perdegimo“, o užbaigus spręsti vieną problemą nereikės sukti galvos, kur rasti kitą įdomią problemą.

13. Jeigu mokslininkas nori, kad jo darbas nedingtų be pėdsakų informacijos sraute ir kad kiti mokslininkai atkreiptų į jį dėmesį, būtina palaikyti asmeninius ryšius su tos srities specialistais įvairiuose mokslo centruose. O tokie kontaktai užsimezga mokslinių konferencijų ir komandiruočių metu.

KAIP GIMSTA IDĖJOS?

Kaip gimsta naujos mokslininkų idėjos? Poetai įkvėpimo semiasi šuoliuodami ant Pegaso. Kaip fizikai padaro svarbius atradimus?

Šiuolaikiniuose mokslo darbuose nėra priimta aprašinėti atradimų istorijas, o tik sausai ir lakoniškai pateikiami pagrindiniai rezultatai. Vis dėlto mokslininkai savo mokslo populiarinimo straipsniuose, laiškuose ar pranešimuose, skaitomuo-se Nobelio premijos įteikimo proga, kartais dalijasi prisiminimais (jie vėliau keičia iš vieno straipsnio į kitą, iškraipomi sugedusio telefono principu).

Pavyzdžiui, štai ką rašė M. Plankas laiške R. Vudui apie energijos kvanto — vienos iš svarbiausių XX a. fizikos idėjų — atradimo aplinkybes: „Per pietus Grinti Hole jūs pageidavote, kad aš parašyčiau jums smulkiau apie tą psichologinę būseną, kuri kažkada pagimdė energijos kvantų hipotezę... Trumpai savo veiksmus aš galiu apibūdinti kaip nevilties aktą, nes iš prigimties esu taikus ir nemėgstu abejotinų nuotykių. Betgi aš ištisus šešerius metus nuo 1894 m. nesėkmingai galvynėjau si su spinduliavimo ir medžiagos pusiausvyros problema, aš žinojau, kad ta problema nepaprastai svarbi fizikai; aš žinojau energijos pasiskirstymo formulę: tad reikėjo bet kokia kaina surasti teorinį paaiškinimą. Klasikinė fizika čia buvo ne-naudinga — aš tai supratau...“

Aš buvau pasirengęs paaukoti savo fizikinius įvaizdžius... Galima išvengti energijos virtimo spinduliavimu padarius prielaidą, kad energija nuo pat pradžios turi būti kažkokių porcijų pavidalo. Tai buvo grynai formali prielaida ir aš iš tikrųjų

mažai nagrinėjau ją, vien tik galvojau, kad bet kokiomis aplinkybėmis, bet kokia kaina aš turiu gauti reikiamą rezultatą“.

Šiame laiške ir savo atsiminimuose Plankas smulkiai aprašė savo paieškas, bet apie patį svarbiausią atradimo momentą jis papasakojo labai trumpai ir neapibrėžtai: „Po kelių savaičių labiausiai įtempto darbo mano gyvenime tamsa, kurioje aš kapanojau, buvo nutvieksta žaibo, ir prieš mane atsivėrė netikėtos perspektyvos“.

Šis pasakojimas bei kai kurios kitos, aprašytos šioje knygoje, atradimų istorijos liudija, kad kelias į atradimą dažnai būna sunkus bei vingiuotas ir netgi pats mokslininkas ne visada suvokia staigaus praregėjimo priežastis. Juk paieškos vyksta ne tik jo sąmonėje, bet ir pasąmonėje, jos nenutrūksta net valgant ar miegant. Kūrybiniame darbe svarbu ne tik racionalus, logiškas mąstymas, bet ir mokslininko intuicija, atsirandanti iš gilaus tiriamojo dalyko žinojimo.

Psichologai, išradėjai ir patys mokslininkai ne kartą bandė sudarinėti atradimo receptus, tik jie praktiškai gali būti taikomi vien standartinių uždavinių sprendimui, techninei kūrybai. Labai taikliai ir vaizdžiai mokslinės kūrybos procesas aprašytas žinomo mokslininko ir pedagogo D. Pojos (*Polya*) knygoje „Matematika ir patikimi samprotavimai“ bei „Matematinis atradimas“. Tiesa, jose nagrinėjama matematinė kūryba, tačiau, kaip nurodo pats autorius, tiesos atradimo keliai visuose gamtos moksluose yra panašūs.

Trumpame atsakyme į šią mįslę paminėsime tik kai kuriuos naujų idėjų generavimo būdus.

Vienas iš universaliausių metodų — tai nuoseklus apibendrinimo arba griežčiau — indukcijos metodas. Mokslininkas kruopščiai tiria nagrinėjamą reiškinį, ieško jo dėsningumų ir mėgina apibendrinti juos. Štai kokį veiksmy planą numatė André Mari Amperas, bandydamas išvesti jėgos, veikiančios tarp dviejų elektros srovių, formulę: „Atlikti kruopščius ir nuodugnius matavimus, kaip dvi įvairios formos ir padėties baigtinės srovės veikia viena kitą, po to priimti kokią nors hipotezę apie dviejų srovės elementų sąveiką, iš jos išvesti dviejų baigtinių narių sąveikos dėsnį ir toliau keisti šią hipotezę tol, kol pavyks pilnai suderinti teorinius ir eksperimentinius rezultatus“. Tiesa, tyrimų metu Amperas rado trumpesnę problemos sprendimo kelią. Ir mūsų laikais šis metodas plačiai naudojamas. Jei niekaip nesiseka atspėti idėją, geriausia išeitis — tęsti nuoseklius tyrimus, analizuoti gautus rezultatus, ir idėja „nukris“ savaime, kaip prinokęs vaisius.

Kartais praverčia analogija su kitu žinomu reiškiniu. Antai Sadis Karno nustatė šiluminio variklio veikimo principus, naudodamasis analogija tarp šilumos sklaidimo ir vandens tekėjimo, tarp temperatūrų skirtumo ir vandens lygių skirtumo. Tomui Jungui (*Young*) padėjo suvokti interferencijos reiškinio esmę staigi mintis apie jūros potvynius ir atoslūgius, kuriuos paaiškino Niutonas. Anot Nilso Boro biografų, papildomumo principas jam paaiškėjo prisiminus, kad neįmanoma suderinti meilės kitam žmogui ir bešališko jo vertinimo. Iš pirmo žvilgsnio panašių analogijų aptikimas yra visai atsitiktinis, betgi kuo platesnis mokslininko akiratis, kuo daugiau jis turi įvairių žinių, tuo labiau tikimas toks atsitiktinumas.

Fizikai, ypač teoretikai, ieškodami teisingos idėjos, neretai vadovaujasi estetiniu kriterijumi, gamtos harmonijos suvokimu. Tai suprantama kaip dėsnių ir formulių paprastumas, simetriškumas, grakštumas. Būtent tas estetiškas jausmas padėjo A. Einšteinui suformuluoti bendrąją reliatyvumo teoriją remiantis nedaugeliu mokslinių faktų. Maksvelas, pastebėjęs, kad jo gautos lygtys nėra simetriškos elektrinių ir magnetinių reiškinų atžvilgiu, nedvejodamas pridėjo trūkstantą narį. Anot žinomo fizikų aforizmo, graži teorija nebūtinai teisinga, bet negraži teorija visada esti neteisinga.

Naujos mokslo idėjos radimas tebėra pati sunkiausia, bet ir patraukiausia mįslė mokslininkui.

AR GALI PADARYTI ATRADIMĄ FIZIKAS MĖGĖJAS?

XVIII a. daugelis Londono karališkosios draugijos narių buvo „laisvi ir nepriklausomi džentelmenai“ – mokslininkai mėgėjai, kuriems mokslinis darbas nebuvo pagrindinis užsiėmimas. Ne vienas klasikinės fizikos atradimas buvo padarytas gydytojų, inžinierių, chemikų ir net politikų. Ar šiais laikais dar yra fizikų mėgėjų ir ar gali jie ką nors naujo atrasti šiuolaikinėje fizikoje?

Fizikų mėgėjų dar pasitaiko ir mūsų laikais. Aukštosios mokyklos, mokslo institutai, žurnalų redakcijos neretai gauna laiškus ir netgi ištikus veikalus su naujų teorijų ir atradimų aprašymais.

„Parašiau straipsnį, kuriuo bandoma įminti didelės Visatos mįslės...“

„Sudariau tokią teorinę sistemą, kad medžiaga, atomo sandara, dangaus kūnai, laukas, gravitacija, elektromagnetizmas, optika, spinduliavimas sudaro lyg vieningą lauką“.

„Siunčiu visų galimų elementariųjų dalelių sistemos aprašymą“.

Tuose darbuose sprendžiamos fundamentalios fizikos problemos, būna keistų, netgi fantastinių idėjų, pasitaiko ir originalių minčių. Ir vis dėlto tai naivioji fizika, nieko bendra neturinti su šiuolaikine fizika.

Visų pirma mėgėjo darbą išduoda literatūros sąrašas. Jo iš viso nėra arba jame būna nurodytos tik mokslo populiarinimo knygos. Prieš du tris amžius, kai atradimai buvo čia pat po ranka, nuovokus žmogus iš tikrųjų galėjo, perskaitęs vieną knygą arba net iš nuogirdų susipažinęs su to meto fizikos mįslėmis, padaryti svarbų atradimą. Dabar fizikos pastatas iškilo taip aukštai, jog jo viršaus neįmanoma pasiekti be pastolių – šimtų ir tūkstančių darbų. Tik remiantis jų rezultatais įmanoma pradėti kurti pačiam. Antraip einama klystkeliais ar, geriausiu atveju, kartojami seni atradimai. Mėgėjai dažniausiai kuria naujas teorijas, nes gauti naujus eksperimentinius rezultatus, neturint sudėtingų prietaisų, dabar praktiškai neįmanoma. Tačiau ir nauja teorija turi remtis mokslo faktais, kuriuos galima rasti tik specialioje literatūroje. Lengva sugalvoti nežinomų laukų, dalelių ar monadų, tačiau šie spėjimai, neparemti eksperimentiniais rezultatais – tai tik oro pilys, neduodančios jokio tikro žinojimo, vaikiškas fizikos žaidimas.

Kitas būdingas naiviosios fizikos požymis – netaikomi matematiniai metodai, geriausiu atveju pasitenkinama keliomis elementariomis fizikos formulėmis. Matematinis įrodymo būdas pakeičiamas žodiniu parodymu. „Lengva matyti“, „vieniintelė galima prielaida“ – tokių liūdnei pagarsėjusių teiginių silpnumo nepaslepia netgi pseudomokslinis žargonas. Kartais įrodymai pakeičiami metaforiniais pavyzdžiais ir palyginimais: „Prie kelio, po skarotu beržu, ant akmens sėdi geltonplaukė mergaitė. Mergaitė, beržas ir akmuo – kokie nepalyginami dalykai. Ir atrodo, kad mergaitė išlieka ta pačia mergeite, o beržas ir akmuo tuo pačiu beržu ir akmeniu todėl, kad juos sudaranti materija būdinga kiekvienam iš jų, priklauso tik jiems ir iš esmės mažai keičiasi. Suprantama, kad toks požiūris į daiktus nesuderinamas su banginės daiktų prigimties aiškinimu. Materija, kuri kažkokiu momentu sudarė mergaitę, kitą akimirką jau gali įeiti į beržo ar akmens bangų sistemą. Kad mergaitė „virstų“ akmeniu, reikia, kad akmenį sudaranti monadinių bangų sistema atsидurtų toje monadinio lauko vietoje, kur prieš tai buvo mergaitė“.

„Atradėjas“ įsitikinęs, jog pakanka išreikšti idėjas, o mokslininkai jau patys suteiks joms matematinę formą. Iš tikrųjų šiuolaikinė fizika neatskiriama nuo sudėtingos matematikos. Visuotinės lauko teorijos įrodymas bendrais samprotavimais toks pat naivus, kaip ir alchemikų bandymai įprastinėmis cheminėmis reakcijomis paversti paprastus metalus auksu.

Kitas paplitęs fizikos mėgėjų užsiėmimas — „taisyti“ šiuolaikinės fizikos teorijas — kvantinę mechaniką, kosmologiją ir ypač reliatyvumo teoriją. Jų keistos išvados atrodo prieštaraujanti siveikam protui (apie tai bus rašoma toliau), tad „atradėjas“ imasi jas neigti ir siūlyti savas teorijas. Šie „atradėjai“ — žmonės su didele fantazija, saviti ir talentingi, bet neturintys specialaus pasirengimo, daugiau menininkai negu mokslininkai. Kaip ir dailininkai primityvistai, jie išreiškia ne objektyvų pasaulį, o savo požiūrį į jį.

Deja, jie nelinkę klausyti patarimų. „Nekantariai laukiu, žinoma, palankaus atsakymo“. Užsisklendimas savo minčių pasaulyje (aplinkiniai žmonės nesupranta tų atradimų ir net linkę pasišaipyti iš jų) suformuoja nekritišką požiūrį į savo darbą. O gavus neigiamą mokslininko atsiliepimą, guodžiamasi, kad visais laikais revoliucingi atradimai buvo nepripažįstami ir nutylimi. Kartais šis užsispyrimas perauga į fanatizmą ir net pasidaro pavojingas visuomenei. Štai 1964 m. Kuibyševio miesto vienos paruošų kontoros juriskonsultas V. Osokinas iš nupjautvamzdžio šautuvo nušovė neigiamai įvertinusį jo atradimą Mokslų akademijos spektroskopijos komisijos mokslinį sekretorių V. Korickį, kita nepripažinta atradėja fanatikė nustūmė po metro traukinio ratais žymų dujų išlydžio specialistą V. Granovskį...

Kartais diletantiškų darbų autoriai būna netgi mokslininkai, mėginantys daryti atradimus tolimose jų specialybei srityse. Technikos mokslų daktaras imasi ieškoti elementariųjų dalelių paslapčių arba kurti antipasaulių modelius, o atomo fizikos specialistas staiga pradeda taikyti savo metodus biologinėms sistemoms. Aišku, bendras išsilavinimas ir mokslinio darbo įgūdžiai jiems padeda išvengti daugelio klaidų, būdingų eiliniams diletantams, o žvilgsnis iš šalies kartais netgi įgalina iškelti originalias idėjas. Vis dėlto tos srities sistemingų žinių stoka trukdo jiems suvokti problemos visumą, todėl tokie „atradėjai“ paprastai suabsoliutina kurį nors vieną problemos aspektą, daro nepakankamai pagrįstas, tačiau labai kategoriškas išvadas.

Šiuolaikinė fizika — profesionalų reikalas. Fizikos mėgėjas gali tik stebėti mokslo raidą, betgi tai irgi labai įdomus užsiėmimas.

ŠIUOLAIKINĖS FIZIKOS KEISTUMAS

Kodėl šiuolaikinė fizika tokia keista, o jos išvados tarsi prieštarauja sveikam protui?

Kažkada žmonės, netgi mokslininkai, negalėjo patikėti, kad Žemė yra rutulys ir kitoje jos pusėje gyvena žmonės, kad iš tikrųjų Žemė sukasi aplink Saulę, o ne Saulė aplink nejudančią Žemę, kad žmogus yra kilęs iš žemesniųjų gyvūnų rūšių. Netgi Niutono mechanikos dėsniai, kurie mums dabar atrodo nuobodžiai akivaizdūs, prieš trejetą amžių kėlė didelius ginčus ir buvo pripažinti ne iš karto. XVII a. vieši elektrinių reiškinių bandymai sukeldavo publikos paniką ir įtarimus, kad fizikai naudojami piktosios dvasios paslaugomis. O atomų teorijos šalininkai netgi XIX a. pabaigoje buvo vadinami bepročiais; prislėgtas savo amžininkų priešiško, L. Bolcmanas teigė, kad atomų egzistavimas bus pripažintas ne greičiau kaip po trijų šimtų metų. Panašių pavyzdžių galima pateikti labai daug.

Vadinasi, keistumas – istorinė sąvoka. Keista tai, kas prieštarauja tuo metu pripažintam pasaulio vaizdiniui. Betgi jis yra susiformavęs remiantis faktais, atitinkančiais tik tam tikrą ribotą pažinimo sritį, ir jo pratęsimas už šios srities ribų nėra pagrįstas; juk kintant masteliui, keičiasi ir pati gamta.

Jeigu taip sunku suprasti naują idėją, tai kokios drąsos reikia jai atrasti? Padaryti neįprastas išvadas, kurios neretai prieštarauja paties mokslininko pažiūroms, padeda mokslinių faktų logika, tikėjimas pažinimu.

Kartais mokslininkai, priėję prie pat atradimo, taip ir neįstengia žengti paskutinio lemiamojo žingsnio, atsisakyti senų tiesų. Antai kai kurie optikai prieš Leonardą da Vinčį suvokė akies sandarą, tačiau atvaizdas akyse buvo gaunamas apverstas – o juk žmogus mato pasaulį ne aukštyn kojomis. Tas prieštaravimas buvo laikomas akies modelio klaidingumo įrodymu. Tik da Vinčis pirmasis išdrįso padaryti neįtikėtiną išvadą: iš tikrųjų akies tinklainėje susidaro apverstas atvaizdas, o žmogaus smegenys jį atverčia. Žymus XIX a. pabaigos fizikas teoretikas H. Lorencas (*Lorentz*) dar prieš Einšteiną gavo lygtis, liudijančias, kad laiko tėkmė priklauso nuo stebėtojo greičio, tačiau palaikė tai formaliu rezultatu, neturinčiu fizikinės prasmės. O kai Einšteinas, Boras, Šrėdingeris ir kiti jaunieji fizikai suformulavo keistą naująją fiziką, Lorencas gailėjosi, kad jis sulaukė to laiko, kai viskas susipainiojo ir neįmanoma suvokti tiesos.

Kuo labiau fizika tolsta nuo srities, tiesiogiai juntamos mūsų pojūčiais, tuo sunkiau mokslininkams ir visuomenei suprasti gamtos dėsningumus ir tuo labiau jie prieštarauja mūsų patyrimui ir jo pagrindu susiformavusiam sveikam protui.

Taigi XX a. fiziką labiau tinka vadinti keista, negu ankstesniųjų amžių fiziką. Būtent XX a. pradžioje teko pripažinti, kad nuo Niutono laikų egzistavęs laiko, erdvės, energijos, priežastingumo ir kitų pagrindinių sąvokų supratimas buvo labai apytikslis. Elementariosios dalelės pasižymi ir dalelių, ir bangų savybėmis, mikropasaulyje daugelis dydžių gali įgyti tik tam tikras – kvantuotas reikšmes, laiko tarpas tarp dviejų įvykių, o kartais ir net jų seka priklauso nuo stebėtojo greičio... Prie šių ir panašių teiginių nelengva priprasti net praėjus keliems dešimtmečiams po jų atradimo. Fašistinėje Vokietijoje ir TSRS buvo mėginama atvesti fizikus į tiesos kelią net administracinėmis priemonėmis.

Kokias neiįprastas išvadas teks padaryti toliau skverbiantis į mikropasaulį?

Fizikai jau susitaikė su naujų teorijų keistumu ir netgi paskelbė jį būtina teorijos teisingumo sąlyga. N. Boro posakis: „Teorija yra nepakankamai keista, kad būtų teisinga“ tapo šiuolaikinės fizikos devizu. Aišku, galima prigalvoti kiek norima keistų teorijų, neturinčių nieko bendra su realybe – keistumas nėra pakankama teorijos teisingumo sąlyga.

Gamta yra sudėtinga ir įvairialypė. Štai kodėl atsakymą į šiuolaikinės fizikos mįsles – tolydūs ar diskretūs yra erdvė ir laikas, begalinė ar baigtinė Visata, ar egzistuoja pirminės materijos dalelės – gali duoti tik gamtos tyrimai. Anot R. Feinmano, mėginti suvokti pasaulio struktūrą remiantis tik bendrais supratimais apie jo vidinį nepriešaringumą – „tai tas pats kaip „vizginti“ šunimi, laikant jį už uodegos“.

MOKSLO KRIZĖS IR REVOLIUCIJOS

Fizikos istorijoje buvo nemažai krizių ir revoliucijų: senosios scholastinės fizikos krizė XVI a. ir revoliucingi Galilėjaus ir Niutono atradimai; dviejų šviesos teorijų – korpuskulinės ir banginės – ginčas XVIII a. ir „žvaigždžių metas“ optikos istorijoje XIX a. pradžioje, atradimų srautas elektros ir magnetizmo reiškinių tyrimuose XIX a., pagaliau viena didžiausių fizikos krizių ant šio amžiaus slenksčio, kuri baigėsi vienu staigiausių minties šuolių – reliatyvumo ir kvantinės teorijos sukūrimu...

Ar šias krizes ir revoliucijas nulėmė atsitiktinumai, ar tai neišvengiamas mokslo raidos kelias? Ar galima tikėtis, jog bent ateityje fizika augs sklandžiai, be perversmų ir krizių?

Žinoma mokslo populiarintoja I. Radunskaja knygoje „Paradoksų žlugimas“ rašo: „Didžiai klysta tas, kas lygina mokslo raidą su pastovia, nesustabdoma vandeningos upės tėkme. Mokslo progresas labiau primena kaprizingą kalnų upės tėkmę, kartais išsiskiriančią į daugelį atšakų, stabtelėjančią užutėkiuose ir skubančią audringomis rėvomis“.

Fizikos istorijoje galima išvelgti revoliucijų ir krizių laikotarpius. Revoliucijos — tai didieji fizikos atradimai, kai geniali idėja tarsi žaibo blyksnis staiga nušviečia naują pažinimo sritį. Atskiri mokslo faktai ir dėsniumai, prieštaringos nuomonės staiga, kaip mozaikos dalys, sudėtos reikiama tvarka, susijungia į vieningą visumą. Išsisprenžia prieštaravimai tarp mokslo faktų ir jų neatitinkančios teorijos, nauja sritis įtraukiama į fizikos pasaulio žemėlapi.

Po to prasideda naujos srities įsisavinimo ir praktinio panaudojimo laikotarpis. Antai, Niutonui padėjus mechanikos pagrindus, per šimtmetį daugelio mokslininkų pastangomis buvo sukurtas grakštus ir didingas klasikinės mechanikos pastatas. O kvantinės mechanikos įsisavinimo laikotarpis tęsiasi ligi šiol.

Fizikos teorija sukuriama remiantis daugybe mokslo faktų, tačiau jie apima ribotą pažinimo sritį, teorija apibendrina tik tuo metu mokslininkams žinomus faktus. Paprastai paaiškėja, kad ji galioja daug platesnėje srityje. Vis dėlto palaipsniui, naudojantis vis tobulesniais prietaisais, prieinamos teorijos tinkamumo ribos, t. y. atrandami faktai, kurie negali būti paaiškinti esama teorija, netgi prieštarauja jai. Deja, žmonės, taip pat ir mokslininkai, nenoriai keičia savo įsitikinimus ir tradicijas. Jie atkakliai stengiasi spręsti naujas problemas senais metodais, pašalinti prieštaravimus įvairiais gudravimais. Nesėkmės sukelia eilinę fizikos krizę, kuriai išspręsti reikalingas naujas minties šuolis.

Naujoji teorija nesugriauna senosios fizikos, kaip kartais polemikos įkarštyje teigia naujų idėjų šalininkai. Netgi keistoji reliatyvumo teorija nepaneigė nė vieno klasikinės mechanikos dėsnio. Niutono mechanika puikiausiai galioja srityje, kurios tyrimais remiantis ji buvo suformuluota, t. y. mažų greičių (palyginus su šviesos greičiu) srityje — specialioji reliatyvumo teorija tik apibendrina ją didelių greičių atveju, klasikinės mechanikos dėsniai galioja kaip atskiras reliatyvistinės me-

chanikos atvejis. Kvantinės mechanikos sukūrimas taip pat nepareikalavo klasikinės fizikos revizijos, tik nurodė jos galiojimo ribas. Vadinasi, šiuolaikinė fizika stotoma ne ant senosios fizikos griuvėsių, o išplečiant egzistuojantį statinį, pristatant naujus aukštus ir korpusus; tuo pačiu, aišku, atliekama ir viso pastato rekonstrukcija, atsižvelgiant į bendresnį planą.

Perėjimas nuo vienos žinių sistemos per prieštaravimus prie kitos, bendresnės sistemos yra natūralus mokslinio pažinimo kelias. Juk prieštaravimai – tai pažangos variklis. Būtų naivu manyti, kad šiuolaikinės teorijos yra galutinis fizikos žodis. Be abejo, ateityje mūsų laukia nauji svarbūs atradimai, naujos fizikos krizės ir revoliucijos.

AR BAIGSIS DIDŽIŲJŲ FIZIKOS ATRADIMŲ LAIKOTARPIS?

Pranešimuose apie atskirus fizikos atradimus nelengva išvelgti bendrą jos raidos vaizdą. Kurlink eina fizika? Spartėja ar lėtėja jos raidos tempai? Ar kada nors baigsis didžiųjų fizikos atradimų laikotarpis ir mokslininkai sulauks „septintosios kūrimo dienos“?

Fizikos raida primena geografinių atradimų istoriją, tad prisiminkime ją. Iš pradžių buvo atrastas ir ištirtas Senasis pasaulis – šalys aplink Viduržemio jūrą, Europa, Pietų Azija. Norint prasiskverbti už Heraklio stulpų (Gibraltaro sąsiaurio), apiplaukti visą Afriką, atrasti Ameriką ir Australiją, reikėjo greitesnių laivų, tikslesnių navigacijos prietaisų. Dar galingesni laivai ir įvairūs prietaisai buvo reikalingi atrasti po ledynais slypinčiai Antarktidai. Žemės geografijos didžiųjų atradimų laikotarpis baigėsi. Betgi XX a. antroje pusėje sukūrus raketas, skriejančias kelių kilometrų per sekundę greičiu, aprūpintas sudėtinga elektronine aparatūra, prasidėjo naujas – Mėnulio ir Saulės sistemos planetų tyrinėjimo laikotarpis.

Fizikos Senasis pasaulis – tai mechanika ir optika, kurių reiškinius galima tyrinėti naudojantis žmogaus pojūčiais ar paprasčiausiais prietaisais. Tuo tarpu aptikti įvairius elektros ir magnetizmo reiškinius, neregimus atomus tapo įmanoma tik sukūrus sudėtingus įrengimus ir matavimo prietaisus. Pagaliau gigantiški elementariųjų dalelių greitintuvai ar kosminiai teleskopai, registruojantys tolimų Visatos kū-

nų spinduliavimą įvairiomis bangomis, gali būti palyginti su kosminiais erdvėlaviais ir planetų zondais. Būtent tie unikalūs fizikos prietaisai įgalino atrasti ir iširti naujas, labai nutolusias nuo mūsų tiesioginio suvokimo, šiuolaikinės fizikos sritis.

Taigi fizika plečiasi tolyn ir gilyn į nematomus, negirdimus ir neįsivaizduojamus pasaulius. Tačiau jos raidą geriausia įsivaizduoti fizikos dydžių erdvėje, kurios ašys vaizduoja pagrindinius fizikos dydžius — atstumus, greičius, temperatūras, slėgius ir pan.

Žmogus suvokia atstumus nuo šimtųjų milimetro dalių (dulkelė saulės spindulyje) ligi dešimčių kilometrų. Palaipsniui skverbdamiesi į vis mažesnius atstumus, fizikai atrado molekules ir atomus (10^{-8} – 10^{-10} m), atomų branduolius (10^{-14} – 10^{-15} m), elementariąsias daleles (mažiau kaip 10^{-15} m) ir sukūrė naujus fizikos skyrius, aprašančius jų elgesį. Dabar stebėdami labai greitų elementariųjų dalelių smūgius, fizikai tiria, kas vyksta 10^{-18} m atstumuose. Neįsivaizduojamai toli mokslininkai išskverbė ir didelių atstumų kryptimi — dabar stebimi objektai, kurių šviesa keliauja ligi mūsų daugiau kaip dešimt milijardų metų. Būtent didelių atstumų fizikoje—astrofizikoje XX a. antroje pusėje buvo padaryti epochiniai atradimai.

Didelių greičių kryptimi esminis pažinimo šuolis įvyko XX a. pradžioje — buvo sukurta specialioji reliatyvumo teorija, aprašanti judėjimą greičiais, artimais šviesos greičiui. Ši teorija įrodė, kad šviesos greitis yra ribinis ir, matyt, tolimesnis fizikos skverbimasis ta kryptimi yra neįmanomas (hipotezė apie tachionų — dalelių, judančių greičiau už šviesą — egzistavimą kol kas nėra patvirtinta jokiais eksperimentiniais duomenimis; jeigu jie būtų surasti, šviesos greitis pasirodytų esąs ypatinga riba, skiriančia du reiškinių pasaulius).

XX a. fizika nuėjo ilgą kelią ir superžemų bei superaukštų temperatūrų kryptimis. Buvo atrastos netikėtos kūnų savybės labai žemose temperatūrose — supertakumas ir superlaidumas, sukurta jų teorija. Fizikos plėtra aukštų temperatūrų kryptimi žada žmonijai termobranduolinės energijos šaltinį, kuris užtikrintų mūsų civilizacijos tolesnę spartų tobulėjimą.

Fizika greitai plečiasi ir kitomis kryptimis. Naudojantis naujais prietaisais pasiekiamos supermažos ar superdidelės fizikos dydžių vertės ir tampa įmanomi nauji reiškiniai.

XIX a. pabaigoje daugelis fizikų manė, kad fizika yra beveik užbaigta, likęs tik nedidelis skaičius neišspręstų svarbių problemų. Pasimokę iš tų skubotų prognozių šių laikų mokslininkai susilaiko nuo kategoriškų išvadų. Matyt, fizikos žemėlapyje atsiranda dar daug nežinomų „žemynų“ ir „salų“. Antra vertus, nėra pakankamo pagrindo teigti, kad jų skaičius turėtų būti begalinis. V. Ginzburgo žodžiais tariant: „Ne

visi juk tiki begalinės matrioškos egzistavimu — atidarei vieną lėlę, o joje slypi kita, ir taip be pabaigos“. Gamta neišsemiama, bet tai nereiškia, kad ją aprašančių fizikos dėsnių skaičius taip pat turi būti begalinis. Juk su baigtiniu skaičiumi raidžių galima parašyti nesuskaičiuojamą kiekį grožinių kūrinijų. Vienas fizikos dėsnis aprašo daugelį reiškinių — tame ir slypi nepaprastas mokslo kalbos lakoniškumas. Pavyzdžiui, visuotinės traukos dėsnis galioja milžiniškoje atstumų skalėje — nuo nanometro dalių ligi šimtų milijonų šviesmečių, ir atomams, ir milžiniškiems galaktikų spiečiams. Elektromagnetinių bangų teorija aprašo ne tik radijo, bet ir infraraudonųjų, regimųjų, ultravioletinių bangų, Rentgeno ir gama spindulių savybes.

Vieną fizikos sritį aprašančių pagrindinių dėsnių yra baigtinis skaičius. Klasikinės fizikos srityse — mechanikoje, klasikinėje optikoje, elektromagnetizme, statistinėje fizikoje — netgi kai kuriose naujose fizikos srityse, pavyzdžiui, specialiojoje reliatyvumo teorijoje, sunku tikėtis atrasti naują svarbų dėsnį. Čia fizikai užsiima taikymais, patikslinimais, sudėtingesnių atvejų nagrinėjimu, rezultatų pateikimu paprastesne ir elegantiškesne forma. O svarbiausieji atradimai daromi ties priešakiniu mokslo kraštu.

Fizikos „baigtinumo“ naudai liudija tas faktas, kad kai kurie svarbūs fizikos dydžiai turi savo ribas. Tai yra žemiausioji galima temperatūra — absoliutinis nulis, didžiausias kūno greitis — šviesos greitis. Galbūt egzistuoja ir didžiausias atstumas (jei Visata yra baigtinė), taip pat erdvės ir laiko kvantai.

Kuo toliau fizika įsiskverbia į supermažų ir superdidelių fizikos dydžių sritis, tuo šunkesni tolesni jos žingsniai. Jiems reikalingi vis tikslesni ir sudėtingesni prietaisai, vis didesnės intelektualinės pastangos. Ilgėja kelias, kurį turi praeiti jaunas mokslininkas, norintis pradėti savarankišką darbą. Sparčiai augantis mokslinės informacijos srautas sąlygoja ir siauresnę mokslininkų specializaciją, fizika ima panašėti į Viduramžių Europą, padalytą į mažas feodales valdas...

Aišku, kiekvienai priežasčiai, lėtinančiai mokslo augimą, gali būti rasta kontrapriemonė: sparčiai gausėjančią informaciją padeda atrinkti elektroninės paieškos priemonės, vienai šaliai per brangius unikalius prietaisus kuria kartu kelios šalys... Aišku, brandus mokslas nebegali būti plėtojamas tokiais tempais kaip mokslas jo vaikystės laikotarpiu.

Jei tolimoje ateityje didžiųjų fizikos atradimų laikotarpis baigtųsi, tai nereikštų fizikos pabaigos. Juk nesibaigė geografija, praėjus didžiųjų geografinių atradimų laikotarpiui. Fizikai užsiimtų apibendrinimais, taikymais, tikslinimais. Galbūt netgi pavyktų išvesti visą fiziką iš vieno bendro principo.

FIZIKOS VIETA TARP KITŲ MOKSLŲ

Dažnas mokslininkas mano, kad jo mokslas pats svarbiausias ir reikalingiausias. Tai būdinga ir fizikams. Ar pagrįsti tvirtinimai, kad fizika yra gamtos mokslų lyderis, kad ji suteikia kitiems mokslams teorinį pagrindą? Ar iš tikrųjų po kvantinės mechanikos sukūrimo chemija tapo fizikos dalimi, o ateityje tai nutiks ir mikrobiologijai?

Mokslas skirstosi į sritis ne mokslininkų užgaida, siekiant apibrėžti savas teritorijas, ir ne mokinių patogumui, kad padalytą porcijomis jį būtų lengviau įsisavinti. Įvairūs mokslai tiria pasaulį įvairaus sudėtingumo lygiais.

Fizika nagrinėja pačius paprasčiausius gamtos objektus – elementariausias daleles, atomus, molekules, laukus. Iš tų elementų sudaryta visa negyvoji ir gyvoji gamta. Tarsi ir užtektų vieno fizikos mokslo: netgi žmogaus savybės iš principo yra nulemtos jį sudarančių dalelių ir sąveikų tarp jų. Deja, aprašyti pasaulį nuosekliai, pradėdant nuo paprasčiausių elementų ir pirminių principų, yra neįmanomo sudėtingumo uždavinys (gal jis net visai neišsprendžiamas).

Laimė, tokias sudėtingas sistemas, kaip mineralo gabalas, banguojanti jūra, vabzdys ar net žmogus, susidedančias iš neįsivaizduojamo skaičiaus elementariųjų dalelių, galima aprašyti netgi nežinant apie pačių elementariųjų dalelių egzistavimą. Nagrinėjamą įmanoma pradėti ne tik nuo paprasčiausių elementų, bet ir, padarius didelį minties šuolį, nuo kur kas sudėtingesnių objektų. Tada pastarieji laikomi pirminiais ir jų savybės nustatomos empiriškai, o ne išvedamos teoriškai. Tokie pirminiai elementui chemikui yra cheminės medžiagos, mikrobiologui – genai, ląstelės, medikui – kūno organai, sociologui – žmonės. Pasaulis toks sudėtingas, o atskiro žmogaus ir net visos civilizacijos gyvavimo laikas toks trumpas, kad pasaulio pažinimas įmanomas tik naudojantis tuo pat metu įvairiais pažinimo lygiais. Jus aprašo skirtingi mokslai.

Išdėsčius mokslus jų objektų sudėtingumo tvarka – nuo paprasčiausių prie sudėtingiausių – gaunama mokslo piramidė. Jos žemiausias pakopas sudaro fizika, chemija, genetika..., o vainikuoja piramidę filosofija.

Kiekvienas mokslas yra reikalingas ir svarbus, tad ginčai dėl kurio nors mokslo pirmumo yra beprasmiški. Fizika — tik vienas iš gamtos mokslų. Vis dėlto jis, kaip mokslas, tiriantis paprasčiausius objektus, užima ypatingą vietą: būtent ant fizikos pamatų stovi mokslų piramidė. Juk sudėtingų sistemų savybės priklauso nuo jas sudarančių objektų savybių. Tuo tarpu priešingas kelias — paprasto paaiškinimas per sudėtingą — yra neįmanomas. Taigi fizika iš tikrųjų suteikia, bent iš principo, aukštesnėms piramidės pakopoms teorinį pagrindą.

Kiekvienas mokslas kurį laiką plėtojamas nepriklausomai, plečiasi jo pažinimo sritis. Ir štai du gretimi mokslai susitinka — tarp jų permetamas tiltas. Taip XX a. susitiko fizika ir chemija. Sukūrus kvantinę mechaniką, tapo įmanoma grynai teoriškai apskaičiuoti atomų ir molekulių savybes ir tokiu būdu paaiškinti anksčiau empiriškai nustatytas cheminių medžiagų savybes, taip pat numatyti naujų junginių ypatumus. Ar tai reiškia, kad chemija, kaip savarankiška mokslo šaka, išnyko, tapo fizikos dalimi? Jokių būdu — cheminės medžiagos yra natūralus ir universalus gamtos sudėtingumo lygis, todėl reikalingas ir mokslas, tiriantis pasaulį tame lygyje. Nebūtina ir netgi neįmanoma kiekvieną cheminį tyrimą pradėti nuo atomų ir molekulių savybių skaičiavimo. Cheminės sąvokos, tokios kaip valentingumas, joniškumas, jungtys ir pan., nors ir yra apytikslės bei empirinės, išskiria esmines cheminių objektų savybes, tuo tarpu griežtų skaičiavimų rezultatuose sunku išvelgti paprastus dėsniumus. Perėjimas į aukštesnį pažinimo lygmenį — sudėtingesnių objektų nagrinėjimas — teikia didelę pažinimo ekonomiją. Taigi chemija įgavo teorinį pagrindą, bet ji netapo fizikos dalimi — tai du gretimi savarankiški mokslai.

Dėl savo objektų paprastumo fizika anksčiau negu kiti mokslai praeina tam tikrus raidos etapus. Fizika pirmoji pradėjo formuluoti savo dėsnius griežta matematikos kalba, naudoti sudėtingus prietaisus, ji išsiskverbė toli už įprastinio pažinimo ribų ir nemaža dalimi lėmė mūsų civilizacijos pažangą. Nuo XVII a. fizika buvo gamtos mokslų lyderis. Daugelis požymių liudija, kad fizika perduoda lyderio estafetę mikrobiologijai. Vis dėlto fizika lieka labai svarbi kaip mokslas, tiriantis paprasčiausius gamtos objektus ir tuo būdu bendriausius jos dėsningumus.

M I Š L I Ų M I Š L Ė

Ši paskutinioji mįslė tebūnie testas tiems skaitytojams, kurie kantriai perskaitė visas ankstesnes. Kiekvienam klausimui pateikiami trys atsakymai: du klaidingi ir vienas teisingas (minimas vienoje iš mįslių). Už nurodytą teisingą atsakymą – taškas, už klaidingą spėjimą – baudos taškas. O kas iš karto prisipažins nežinąs atsakymo, gali sau prie atitinkamo klausimo rašyti nulį, nerizikuodamas netekti viso taško.

Galutinį rezultatą galima apskaičiuoti pagal 186 p. pateiktą lentelę.

16 – 20 taškų — *turite labai gerą atmintį ir polinkį tiksliesiems mokslams.*

11 – 15 taškų — *jūs tikras fizikos mįslių žinovas.*

6 – 10 taškų — *rimtai domitės fizika.*

1 – 5 taškai — *šios knygos skaitymo metu jus jaudino kažkokios kitos problemos.*

O tiems smalsiems skaitytojams, kurie visas knygas pradeda skaityti nuo galo, tai bus jėgų išbandymas prieš imantis šios knygos.

1. Kas buvo pirmosios „Fizikos“ autorius?
a) Talis; b) Aristotelis; c) Archimedas.
2. Kuris iš trijų žemiau nurodytų prietaisų ar mechanizmų buvo išrastas Leonardo da Vinčio:
a) kompasas; b) garo mašina; c) sraigtasparnis.
3. Kuris mokslininkas išrado teleskopą ir juo naudodamasis padarė daug astronomijos atradimų:
a) Galilėjus; b) Dekartas; c) Hiuigenas.
4. Niutono pagrindinis veikalas „Gamtos filosofijos matematiniai pagrindai“ buvo sukurtas:
a) XVII a.; b) XVIII a.; c) XIX a.
5. Lietuvos fizikas, sukūręs pirmąją elektrolizės teoriją:
a) S. Stubelevičius; b) T. Grotus; c) T. Žebrauskas.
6. Kurie spinduliai buvo tik mokslininko vaizduotės padarinys:
a) N spinduliai; b) gama spinduliai; c) alfa spinduliai.
7. Kurią šiuolaikinės fizikos teoriją sukūrė A. Einšteinas:

- a) kvantinę mechaniką; b) atomo branduolio fiziką; c) reliatyvumo teoriją.*
8. Kodėl pavėjui garsai sklinda geriau negu prieš vėją:
a) vėjas nuneša garsus; b) garso bangos užlinksta link žemės arba aukštyn nuo žemės; c) tai paaiškina Bernulio dėsnis.
9. Priglaudus jūros kriauklę prie ausies, girdėti garsai, primenantys tolimą jūros ošimą. Tai yra:
a) pačioje ausyje atsirandantys garsai; b) kriauklėje išlikę jūros garsai; c) iškreipti garsai, supantys žmogų.
10. Šiltesnėje ir šaltesnėje patalpose oras yra prisotintas vandens garų. Atidarius duris tarp jų:
a) drėgmė (vandens garų kiekis) didės šaltesnėje patalpoje; b) drėgmė didės šiltesnėje patalpoje; c) abi patalpos liks vienodai drėgnos.
11. Kurios spalvos matomumas yra geriausias prietemoje arba rūke:
a) violetinės; b) raudonos; c) geltonos.
12. Fotografuojant ant fotoaparato objektyvo tupėjo musė:
a) ji visai sugadino kadrą; b) išryškinę matysime musę; c) nuotrauka bus tik blankesnė.
13. Kas yra energija:
a) galimybė atlikti darbą; b) neregiama labai lengva substancija; c) judėjimo kiekis.
14. Žvaigždės spindulys, praeidamas pro Saulę, išlinksta. Šį reiškinį paaiškina:
a) specialioji reliatyvumo teorija; b) bendroji reliatyvumo teorija; c) netiesinė optika.
15. Atomo dydis yra:
a) apie $10^{-15}m$; b) apie $10^{-10}m$; c) apie $10^{-6}m$.
16. Pulsaras, siunčiantis reguliarius radijo signalus, yra:
a) labai greitai besisukanti maža neutroninė žvaigždė; b) dviejų mažų labai artimų žvaigždžių sistema; c) neaiškios prigimties objektas, galbūt sukurtas kosminės civilizacijos.
17. Kuri fundamentinė jėga yra silpniausia:
a) silpnoji; b) elektromagnetinė; c) gravitacinė.
18. Juodoji bedugnė yra:
a) didelės masės labai mažas kosminis kūnas, iš kurio negali išstrukti net šviesa; b) neišdegusi labai masyvi žvaigždė; c) užgesusi žvaigždė.
19. Kvazaras spinduliuoja energijos:
a) kaip supermilžinė žvaigždė; b) kaip milijonas žvaigždžių; c) kaip šimtas galaktikų.
20. Kodėl šiuolaikinė fizika tokia keista:
a) kol kas yra sugalvotas tik matematinis aprašymas, tačiau nėra aiški nustatytų dėsningumų fizikinė prasmė; b) šiuolaikinė fizika aprašo nutolusias nuo mūsų kasdienio patyrimo sritis, kuriose galioja visai kitokie, mums neįprasti dėsningumai; c) fizikai mėgsta paradoksus ir tyčia pateikia naujus atradimus sveikam protui prieštaraujančia forma.

TAŠKŲ SKAIČIAVIMO LENTELĖ

Klausimo eil. Nr.	Taškai už atsakymą			Klausimo eil. Nr.	Taškai už atsakymą		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	-1	1	-1	11	-1	1	-1
2	-1	-1	1	12	-1	-1	1
3	1	-1	-1	13	1	-1	-1
4	1	-1	-1	14	-1	1	-1
5	-1	1	-1	15	-1	1	-1
6	1	-1	-1	16	1	-1	-1
7	-1	-1	1	17	-1	-1	1
8	-1	1	-1	18	1	-1	-1
9	-1	-1	1	19	-1	-1	1
10	1	-1	-1	20	-1	1	-1

PAVEIKSLĖLIŲ ŠALTINIAI

- 1.1-1.2 pav. Ж. Ф. Лауэр. Загадки египетских пирамид. М.: Наука, 1966.—Р. 196, 197.
- 1.3 pav. R. Charlot, A. Cros, C. Walter. *Fondements de la Physique. Paris: Library Classique E. Belin, 1978.* — P. 69. Roger-Viollet pieš.
- 1.4 pav. C. Sagan. *Cosmos. N.Y.: Random House, 1980.* — P. 333.
- 1.5 pav. A. Гастев. Леонардо да Винчи. М.: Молодая гвардия, 1982. — P. 256; „Наука и жизнь“, 1970. No. 2. — P. 97.
- 1.6 pav. М. Льюиси. История физики. М.: Мир, 1970. — P. 62.
- 1.7 Г. Галилей. Избранные труды. Т. 1. М.: Наука, 1964. — P. 353.
- 1.8-1.9 pav. М. Льюиси. История физики. М.: Мир, 1970. — P. 111, 108.
- 1.10 pav. С. И. Вавилов. Исаак Ньютон. М.: Изд-во АН СССР, 1961. — P. 177.
- 1.11 pav. M. Vilsonas. *Amerikos mokslininkai ir išradėjai. V.: Mintis, 1968.* — P. 16, 17.
- 1.12 pav. Р. Ф. Иванов. Франклин. М.: Молодая гвардия, 1972. Įklija po p. 96.
- 1.13 pav. L. Popotariovas. *Anaprus kvanto. V.: Mokslas, 1977.* — P. 187.
- 1.14 pav. A. J. Berry. *Henry Cavendish, London: 1960.* — P. 69.
- 1.15 pav. R. Charlot, A. Cros, C. Walter. *Fondements de la Physique. Paris: Library Classique E. Belin, 1978.* — P. 21. Foto Lavalette.
- 1.16 pav. Gamta. 1938, Nr. 4. — P. 219.
- 1.17 pav. П. Ц. Кудряцев. Фарадей. М.: Просвещение, 1969. — P. 180.
- 1.18 pav. „American Journal of Physics“, 1977, vol. 45, No. 3. — P. 283.
- 1.19 pav. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т.4. М.: Наука, 1973. — P. 576.
- 1.20 pav. R. A. Serway. *Physics. 4-th ed. Philadelphia: Saunders College Publishing. 1966.* — P. 1153.
- 1.21 pav. „Успехи физических наук“. 1969, т.97, No. 1. — P. 175.
- 1.22 pav. „Physics World“, 1997, No. 9. — P. 53.
- 1.23 pav. „Наука и жизнь“, 1993, No. 10. Sp. įklija 3 p.
- 2.1-2.5 pav. *Knygos dailininkės piešiniai.*
- 2.6 pav. J. Polis. *Gimtoji žemė – Lietuva. V.: Mintis, 1988.* — P. 48.
- 2.7, 2.8 pav. *Knygos dailininkės piešiniai.*
- 2.9 pav. О. Домье. Альбом репродукций. М.: Госуд. изд-во изобр. искусства. 1958. — P. 30.
- 2.10 pav. Г. Галилей. Избранные труды. Т. . М.: Наука, 1964. — P. 217.

3.1–3.2 pav. *Knygos dailininkės piešiniai.*

3.3 pav. *A. Толстой. Гиперболюид инжинера
Гарина. М.: Дет. лит. 1976.*

3.4–3.5 pav. *Knygos dailininkės piešiniai.*

3.6 pav. *P. Киппенхан. 100 миллиардов солнц.
М.: Мир, 1990. — P. 154, 172.*

3.7, 4.1, 4.3 pav. *Knygos dailininkės piešiniai.*

4.2 pav. *Encyclopedia of Astronomy. London:
Hamlyn, 1979. — P. 201.*

*Paveikslėlis viršelyje. „Europhysics News“,
1997, vol. 28, No 5–6, — P. 149*

Romualdas Karazija
FIZIKOS MĪSLĒS

Redaktorė *Julija Klimkienė*
Dailininkė *Virginija Kalinauskaitė*
Meninis redaktorius *Agnius Tarabilda*
Kompiuteriu maketavo *Arūnas Šlikas*
Korektorė *Ona Malinauskienė*
Techn. redaktorė *Birutė Tolvaišienė*

SL 412. Užsakymas 30

Išleido leidykla „Alma littera“, Šermukšnių g. 3, 2600 Vilnius

Puslapis Internete: <http://www.aiva.lt/AlmaLittera>

Spaudė SPAB spaustuvė „Spindulys“, Gedimino g. 10, 3000 Kaunas