

VILNIAUS PEDAGOGINIS UNIVERSITETAS
VILNIAUS UNIVERSITETO TEORINĖS FIZIKOS IR
ASTRONOMIJOS INSTITUTAS

Romualdas Karazija

FIZIKOS METODOLOGIJA IR FILOSOFIJA

Vadovėlis

*Vilniaus
pedagoginio
universiteto
leidykla*
Vilnius, 2007



UDK 53(075.8)
Ka403

Rekomenduota Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos Aukštųjų mokyklų bendrųjų vadovėlių leidybos komisijos 2006 m. gruodžio mėn. 15 d. (Nr. 07-309)

Vadovėlio parengimą rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas, o išleidimą – Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerija

Recenzavo: prof. Arūnas Krotkus (Puslaidininkų fizikos institutas)
prof. Kęstutis Makariūnas (Fizikos institutas)

ISBN 978-9955-20-207-3

© Romualdas Karazija, 2007
© Vilniaus pedagoginis universitetas, 2007

Turinys

PRATARMĖ	5
I. FIZIKOS STRUKTŪRA	7
1.1. Apibrėžimas, objektas, tikslai	7
1.2. Mikrostruktūra	9
1.3. Makrostruktūra	24
II. RAIDOS DĒSNINGUMAI	28
2.1. Paradigmos, mokslo revoliucijos ir raidos kryptys	28
2.2. Ekspontinė ir logistinė raida	32
2.3. Atsitiktinumai ir dėsningumai mokslo raidoje	41
2.4. Mokslinės mokyklos	46
III. FIZIKOS ŽINIŲ ABSOLIUTUMAS IR JOS ATEITIS	52
3.1. Fizikos žinių sąlygiškumas ir absoliutumas	52
3.2. Fizikos ateities perspektyvos	55
IV. MOKSLAS IR INFORMACIJA	62
4.1. Informacijos formos ir jų kitimas	62
4.2. Darbų cituojamumas ir jo naudojimas mokslui įvertinti bei analizuoti	74
V. FIZIKOS METODAI	83
5.1. Bendrasis fizikos metodas ir jo raida	83
5.2. Eksperimentiniai ir teoriniai metodai	87
5.3. Mokslinio darbo metodika	94
5.4. Euristicai	95
5.5. Naivioji fizika, pseudomokslas ir patologinis mokslas	97
VI. MOKSLO ORGANIZAVIMAS	107
6.1. Mokslo įstaigos ir draugijos	107
6.2. Kolektyviniai tyrimai ir vadovo vaidmuo šiuolaikiniame moksle	117
6.3. Mokslo laipsniai ir pedagoginiai vardai	119
6.4. Premijos	123
VII. FIZIKOS RYŠIAI SU KITAIŠ MOKSLAIS	129
7.1. Hierarchiniai pažinimo lygmenys	129
7.2. Fizika ir filosofija	131
7.3. Fizika ir matematika	135

7.4. Fizika ir astronomija	139
7.5. Fizika, technika ir civilizacijos pažanga	141
7.6. Fizika ir biologija	145
7.7. Fizika ir humanitarinė kultūra	148

LITERATŪRA	152
-------------------------	------------

ILIUSTRACIJŲ ŠALTINIAI	154
-------------------------------------	------------

ASMENVARDŽIŲ RODYKLĖ	155
-----------------------------------	------------

PRATARMĖ

Fizika yra ne žinių rinkinys, o jų sistema. Taigi, norint suprasti fiziką, reikia išmanyti ne tik atskirus dėsnius bei formules, bet ir turėti bendrą supratimą apie jos metodus, raidos dėsningumus, struktūrą, žinių įgijimo ir vertinimo būdus, organizavimo formas, pagaliau – apie fizikos vietą tarp kitų mokslų. Tam tikslui į bendrojo lavinimo mokyklų programas neseniai buvo įtraukti metodologiniai fizikos klausimai. Tačiau mokyklose naudojamuose vadovėliuose jie mažai atspindimi. Lietuvių kalba nėra ir tiems klausimams skirta aukštųjų mokyklų vadovėlio. Netgi užsienio kalbomis mūsų bibliotekose yra tik gana specialūs mokslo filosofijos ar mokslotyros veikalai, nagrinėjantys ir su fizika susijusias problemas. Kai kurie minėti klausimai išdėstyti tik bendruose vadovėliuose ar žurnalų straipsniuose.

Šis vadovėlis yra apie visa tai, kas siejasi su fizika, bet nėra fizika siaurąja prasme, t. y. nėra jos dėsniai ir formulės. Tikslus vadovėlio pavadinimas būtų gana ilgas – „Fizikos struktūra, raida, metodai, organizavimo formos ir ryšiai su kitais mokslais“. Tačiau tik viduramžių knygų pavadinimai būdavo ilgi, išsamiai atskleidžiantys jų turinį, o šiais informacijos gausos laikais įprasti trumpi pavadinimai. Tad vadovėlis pavadintas „Fizikos metodologija ir filosofija“. Turima omenyje, kad metodologija nagrinėja ne tik mokslinio pažinimo metodus, bet ir jo formas. O mokslo filosofijos arba, konkrečiai, fizikos filosofijos objektas yra ne tik filosofijos ir mokslo ryšiai, bet ir mokslo žinių įgijimo būdai, jų struktūra bei raida. Beje, metodologija irgi laikoma filosofine disciplina. Su metodologija mažiau siejasi fizikos mokslo organizavimo formos (mokslo įstaigos, draugijos, laipsniai, premijos ir pan.), tačiau šios formos ir jų raida taip pat atspindi bendrus ir svarbius fizikos mokslo bruožus.

Autorius medžiagą šiai knygai sukaupe skaitydamas Vilniaus pedagoginiame universitete kursus „Fizikos istorija ir metodologija“, „Fizikos istorija ir mokslo filosofija“, rengdamas kursą „Metodologiniai ir bendrieji fizikos klausimai“, taip pat rašydamas mokslo populiarinamąsias knygas. Tai visų pirma vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams, ypač būsimiesiems pedagogams. Jis turėtų būti naudingas ir fizikos mokytojams bei fizikams, besidomintiems bendrais savojo mokslo klausimais.

Lietuvių kalboje dar nėra galutinai nusistovėjusi kitų kalbų asmenvardžių rašyba. Jau seniai moterų pavardės pateikiamos nepridedant lietuviškų galūnių *-aitė, -ienė* (nors kažkada taip buvo daroma), ir niekam nebekliūva tokios nelinksniojamos formos. Tuo tarpu vyriškosios giminės

asmenvardžių rašyba, nepaisant pastangų ją sunorminti, įvairuoja (keičiasi netgi dabar leidžiamuose Visuotinės lietuvių enciklopedijos tomuose). Šioje knygoje stengtasi kuo mažiau lietuvinti ir juos. Lietuviškos galūnės nepridėtos senovės graikų vardams, kitų kalbų autentiškoms asmenvardžių formoms, turinčioms galūnes, panašias į lietuviškąsias *-as, -us, -es, -os*, taip pat turinčioms gale balsę ar netariamą priebalsę. Likusios kitų kalbų pavardės linksniuojamos. Tekste pirmą kartą minint asmenį, skliausteliuose nurodoma jo pavardės pagal tarimą transkribuota forma. Asmenvardžių rodyklėje pateiktos visų knygoje minimų asmenų autentiškos ir transkribuotos vardų ir pavardžių formos.

Autorius dėkingas knygos recenzentams prof. Arūnui Krotkui ir prof. Kęstučiui Makariūnui už vertingas pastabas. Kritinius atsiliepimus ir pastabas galima siųsti autoriui elektroniniu paštu adresu: karazija@itpa.lt.

I. FIZIKOS STRUKTŪRA

1.1. APIBRĖŽIMAS, OBJEKTAS, TIKSLAI

Fizikos pavadinimas kilęs iš graikų kalbos žodžio *physis* – gamta. Šio mokslo pradininkas Senovės Graikijos filosofas Aristoteles (Aristotelis) fiziką suprato kaip gamtos filosofiją, nagrinėjančią pasaulio sandarą, jo pradus, judėjimą, gamtoje vykstančius virsmus. Vėliau, fizikoje pradėjus naudoti tikslus tyrimų ir matematinius rezultatų aprašymo metodus, fizika atsiskyrė nuo filosofijos ir tapo savarankišku, tiksliuoju mokslu. Jos tyrimų sritis labai išsiplėtė apimdama naujas reiškinių rūšis – elektromagnetinius, mikropasaulio bei megapasaulio reiškinius. Kita vertus, nuo fizikos atsiskyrė kai kurios mokslo kryptys, pavyzdžiui, meteorologija ar fiziologinė optika, nagrinėjančios specifinius gamtos reiškinius. Nepaisant šių esminių pasikeitimų, fizika ir šiais laikais suprantama kaip mokslas, atskleidžiantis bendriausius gamtos dėsnius.

Fizika yra gyvas, kuriamas mokslas, kurį, kaip ir kitus sudėtingus, kintančius objektus, neįmanoma išsprasti į trumpą, formalų apibrėžimą. Kas yra fizika, geriausiai galima suprasti gilinantis į ją, sprendžiant jos problemas. Taigi kiekvienas fizikas priklausomai nuo jo įgytų žinių susikuria savąją fizikos sampratą. Enciklopedijose pateikiami įvairūs apibrėžimai:

„Fizika – mokslas, kuris nagrinėja materijos sandarą ir sąveikas tarp stebimos Visatos fundamentalių dedamųjų dalių.“ (The New Encyclopedia Britannica. – 1991, Vol. 9, p. 414.)

„Fizika – mokslas, kuris tiria eksperimentuodamas ir plėtodamas medžiagos ir erdvėlaikio fundamentalių savybių sampratą.“ (Grand Larousse. – 1990, Vol. 5, p. 2389.)

„Fizika – mokslas apie negyvosios medžiagos savybes ir būsenų formas, struktūras ir judėjimą, jį sukeliančias jėgas arba tarpusavio sąveikas ir judėjimo metu nekintančius dydžius.“ (Meyers Neues Lexikon. – 1974, B. 10, p. 1974.)

Lakoniškas, bendras apibrėžimas buvo pateiktas ir Lietuviškojoje tarybinėje enciklopedijoje (1978, T. 3, p. 497): „Fizika – mokslas, tiriantis bendrąsias materijos (medžiagos ir lauko) savybes, struktūrą ir judėjimo dėsnius.“

Šie apibrėžimai glausčiau ar plačiau nurodo fizikos tyrimų objektą, kiti dar pabrėžia esminius jos bruožus – eksperimentinį pobūdį ir siekį plėtoti fundamentalių gamtos savybių sampratą. Įvairūs apibrėžimai neprieštarauja vienas kitam, bet papildo vienas kitą.

Objektas. Fizika tiria gamtoje veikiančias jėgas, jų prigimtį ir jėgų sukeltus kitimus, materijos formas, medžiagos ir laukų savybes, įvairias energijos rūšis bei virsmus, elementarius gamtos objektus. Fizika nagrinėja ir sudėtingus objektus, kaip antai planetas ar judančius žmones, tačiau kaip paprastus materialius objektus, dažnai atsižvelgiant tik į jų masę ar formą. Bet koks kūnas turi mechaninių, elektrinių, optinių, šiluminių savybių, kurias tiria fizika. Taigi gyvoji gamta irgi paklūsta fizikos dėsniams, tačiau jos objektus fizika traktuoja kaip negyvosios gamtos, nes šio mokslo aprašymo lygmenyje *gyvybės* sąvoka nėra vartojama, tai aukštesnio hierarchinio lygmens sąvoka (apie hierarchinius pažinimo lygmenis plačiau rašoma VII skyriuje).

Kita vertus, visi paprasčiausi gamtos reiškiniai ir objektai yra tiriami tik fizikos, priklauso jos sričiai. Visos keturios fundamentinės jėgos, arba sąveikos, turi universalų pobūdį, jų veikimas priklauso tik nuo dalelių fizinių savybių – masės, elektros krūvio ir pan. – ir visiškai nepriklauso nuo to, kokius kūnus sudaro tos dalelės – paprastus ar sudėtingus, negyvosios ar gyvosios gamtos. Taigi nėra ir negali būti cheminių, biologinių ar kažkokių gyvybinių jėgų, laukų ar atomų. Antai visos cheminės ir biologinės struktūros yra sudarytos iš tų pačių fizinių atomų – iš principo neįmanoma atrasti kitokių atomų, kurie nepriklausytų periodinei elementų sistemai. Tas pats pasakytina ir apie jėgas bei laukus, nors nefizikai nėra taip akivaizdu. Visos jėgos, veikiančios tarp molekulių ar gyvųjų organizmų, yra tų pačių kelių fundamentinių jėgų tarp daugelio atomų bei elementariųjų dalelių labai sudėtingi pasireiškimai. Aišku, kiekybei virstant kokybe, tos rezultatinės jėgos įgyja savitų bruožų, sudėtinguose gyvuosiuose organizmuose jos sukelia savitus reiškinius, tačiau tai nėra naujos pirminės, fundamentinės jėgos. Kol kas fizikai negali kategoriškai tvirtinti, kad neegzistuoja dar nežinomų fundamentinių jėgų (nors tai labai mažai tikėtina), tačiau jei tokios egzistuotų, jos veiktų ir tarp mikroskopinių dalelių ir būtų fizikos tyrimų objektas. Analogiškai, visi laukai, sukuriama negyvųjų ar gyvųjų objektų, turi būti fizikinių laukų suminis rezultatas. Tie teiginiai išplaukia iš bendrojo gamtos hierarchinės struktūros principo, kuris, kaip ir kiti principai, nėra įrodomas, bet remiasi empiriniu moksliniu pažinimu.

Tikslas. Fizikos, kaip ir kitų gamtos mokslų, pagrindinis tikslas yra pažinimas: suvokti pasaulio sandarą, atskleisti gamtos dėsningumus, atrasti naujus reiš-

kinius, t. y. tenkinti žmogaus smalsumą. To fizikai siekia palaipsniui, nuosekliai: iš pradžių aprašo reiškinius ir tik paskui bando atskleisti jų prigimtį, pradines priežastis, kuria bendras teorijas.

Ilgą laiką – maždaug iki XIX a. vidurio – būtent pažinimas buvo vienintelis, su retomis išimtimis, fizikos tikslas. Tik mokslui ir civilizacijai pasiekus tam tikrą lygį ir fizikos atradimus pradėjus sėkmingai taikyti įvairiems naudingiems prietaisams, mechanizmams ir technologijoms kurti, imta fizikai kelti ir taikomąjį tikslą, kuris darėsi vis svarbesnis. Vis dėlto mokslo atradimų panaudojimo galimybės dažnai paaiškėja ne iš karto, atradimų realizavimas išradimais yra savita veikla, kuriai reikia specialių žinių ir gebėjimų. Dažniausiai tuo užsiima ne patys fizikai, o technikos ar kitų taikomųjų sričių specialistai, aišku, bendradarbiaudami su fizikais. Vykdomi ir fizikiniai tyrimai siekiant konkrečių taikomųjų tikslų, kaip antai tranzistoriaus ar termobranduolinės sintezės reaktoriaus sukūrimo programos. Tiesa, atkaklios aukštatemperatūrio superlaidumo paieškos nebuvo sėkmingos, proveržis įvyko tik atradus naują superlaidžių medžiagų klasę. O pagrindinis taikymų šaltinis – netikėtos idėjos, nauji atradimai, kurių neįmanoma numatyti iš anksto.

Fizikos taikomąjį tikslą dažnai absoliutina praktikai, viską matuojantys naudodami kriterijumi. Ypač ta tendencija ryški besivystančiose ar susiduriančiose su ekonominiais sunkumais šalyse. Tokia mokslo politika nėra toliaregė, nes taikymai be fundamentinio mokslo pagrindo greit išsisemia. Netgi mažoms neturtingoms valstybėms nenaudinga atsisakyti fundamentinių tyrimų, nes jie palaiko mokslo lygį aukštesiose mokyklose ir visoje šalyje, pagrindžia ir skatina taikomuosius darbus, be to, įgalina plėtoti tarptautinę mokslinį bendradarbiavimą ir atlikti reikalingas eksperimentus.

1.2. MIKROSTRUKTŪRA

Galima išskirti fizikos *mikrostruktūrą* – fizikos, kaip mokslo, pažintines dalis, pagrindinius elementus, ir jos *makrostruktūrą* – dalis ar šakas. Fizikos, kaip ir kitų gamtos mokslų, mikrostruktūra yra mokslo faktai, sąvokos, modeliai, hipotezės, dėsningumai, dėsniai, principai, teorijos ir kt.

Mokslo faktas. Mokslo žinių pradinis elementas yra mokslo faktas. Jis skiriasi nuo paprasto fakto visų pirma savo objektyvumu ir patikimumu; tai informacija apie kurį nors reiškinį ar objektą, gauta daugkartiniais stebėjimais ar eksperimentais. Fizikos mokslo faktas beveik visada yra kiekybinis, jis išreiškiamas skaitine verte ar keliomis vertėmis nurodant jų paklaidas. Jau XVII–XVIII a. fizikai pa-

laipsniui atsisakė remtis savo pojūčiais, nes jie būna netikslūs, o kartais ir klaidin- gi (netgi naudojantis regėjimu – pagrindiniu ir tobuliausiu žmogaus informaci- niu kanalu – neišvengiama įvairių optinių iliuzijų). Šiuolaikinėje fizikoje faktai nustatomi tik prietaisais, ir net ne standartiniais, bet unikaliais prietaisais. O tyrinėtojas kontroliuoja prietaisų veikimą, atrenka duomenis, įvertina faktų reikš- mingumą. Tai darydamas, jis remiasi ankstesne savo patirtimi, idėjomis, pripa- žintais mokslo dėsniais ir teorijomis. Vadinasi, negalima kategoriškai teigti, jog mokslo faktai yra pirminiai, o idėjos ar teorijos – antrinės. Naujas tyrimas prade- damas remiantis ne tik faktais, bet ir ankstesniu mokslo багаžu. Čia slypi mokslo galia, bet kartu ir pavojus priderinti faktus prie tam tikros konceptualios sche- mos.

Dar viena esminė mokslo fakto savybė – jo pakartojamumas. Mokslo faktas turi būti aprašytas tokiu būdu, kad jį galėtų patikrinti ir pakartoti kitas tyrinėtojas. Taigi reikia aiškiai nurodyti fakto gavimo sąlygas arba šaltinį, kuriame tokia infor- macija yra pateikta. (Faktai apie vadinamuosius paranormalius reiškinius paprastai būna kokybiniai ir nepatikrinami, tad jie nėra pripažįstami mokslo faktais.)

Sąvoka – apibendrintas fizikos turinio elementas, nusakantis objektą, savybę ar fizikinį dydį. Bendriausios fizikos sąvokos – *greitis, pagreitis, jėga, masė, dar- bas, energija, temperatūra, potencialas, varža, laukas, atomas, elementarioji dalelė* ir t. t. Kai kurios sąvokos buvo perimtos iš kasdienės nemokslinės patirties, tačiau fizikai jas griežtai apibrėžė, netgi pakeitė jų sampratą. Antai Atlantas, laikantis ant pečių sunkią naštą, atlieka darbą įprastiniu požiūriu, bet neatlieka jo fizikos požiūriu. *Laukas* kasdieniame gyvenime ir fizikoje turi visiškai skirtingą prasmę. Nuo seniausių laikų vartojama *svorio* sąvoka fizikoje išsiskyrė net į tris – *svorio, sunkio* ir *masės*.

Retai kada pavyksta iš karto tiksliai apibrėžti sąvoką, išsamiai atskleisti jos tu- rinį. Mokslui vystantis, sąvokos yra tikslinamos, apibendrinamos arba, priešingai, susiaurinamos. Kai kurios pagrindinės fizikos sąvokos, kaip antai: *jėga, energija, masė, laukas* ir kitos, formavosi ne dešimtmečiais, bet šimtmečiais, kol buvo pa- siūlyti griežti ir vienareikšmiai jų apibrėžimai. Ilgą laiką *jėga* buvo vartojama ir *energijos* prasme. Tik XIX a., įvedus *darbo* sąvoką ir sukūrus termodinamikos pagrindus, buvo suformuluotas tikslus ir glaustas *energijos* apibrėžimas: „Energi- ja – tai galimybė atlikti darbą.“

Sąvokos pavadinimas, išreikštas vienu žodžiu ar žodžių junginiu, yra vadinamas terminu.

Dauguma fizikos sąvokų visiškai neturi atitikmenų kasdienėje patirtyje ir joms įvardyti sukuriami nauji terminai, kaip antai: *entropija, vidinė energija, puslaidi-*

ninkis, superlaidumas ir kiti. Įsigalėjo tradicija sąvokas, kurios aprašo keistas mikroobjektų savybes, vadinti visiškai kitą reikšmę turinčiais kasdienės kalbos žodžiais. Taip atsirado elementariųjų dalelių kvantines savybes apibūdinantys terminai: *žavesys, aromatas, spalva, keistumas* ir t. t.

Fizikos sąvoka, nusakanti fizikinį dydį, yra apibrėžiama formule ar formulėmis, kurios susieja tą dydį su kitais fizikiniais dydžiais. Pavyzdžiui, jėga – antruoju Newtono dėsnium, masė – visuotinės traukos ir vėlgi antruoju Newtono dėsniais. Žodinis apibrėžimas tik nusako iš formulių išplaukiančias fizikinio dydžio savybes. Fizikos objekto sąvoka apibrėžiama išvardijant esmines to objekto savybes.

Pagrindinės fizikos sąvokos, vartojamos įvairiose šio mokslo šakose, ir sieja tas šakas į bendrą visumą. Tai vieni iš svarbiausių fizikos struktūros elementų, jos žinių kvintesencijos.

Modelis. Nagrinėdami įvairius gamtos reiškinius ir objektus, fizikai plačiai naudoja jų modelius – supaprastintus atvaizdus, turinčius tas pačias arba panašias esmines savybes. Galimi ir teoriniai, ir eksperimentiniai modeliai.

Visų pirma pagrįnėsime teorinius modelius. Jais naudojamosi dvejomis tikslu: bendriesiems dėsniams atrasti ir sudėtingoms problemoms supaprastinti. Bendrieji fizikos dėsniai dažniausiai tinka tik idealizuotiems atvejams: gryniems reiškiniams, kuriuos lemia esminės priežastys, ar objektams atsižvelgiant tik į esmines jų savybes. Pavyzdžiui, inercijos dėsnis – kūnų judėjimui nesant trinties ir aplinkos pasipriešinimo, laisvojo kritimo dėsnis – kūnams, krintantiems beorėje erdvėje, ir pan. (Apie tai plačiau rašoma V skyriuje nagrinėjant idealizacijos metodą.) Paprastas kūnų kritimo dėsnis, tinkantis beorei erdvei, gali būti toliau tikslinamas realaus judėjimo atvejui, atsižvelgiant į konkrečias judėjimo sąlygas, aplinkos tankį ir kt. Bendrasis dujų dėsnis išvedamas laikant dujų molekules kietais mažais rutuliukais, kurie susidurdami sąveikauja kaip biliardo kamuoliukai. Toks paprastas modelis gana gerai aprašo dujų savybes. Tikslus realių dujų dėsnis gaunamas patobulinus pirmąjį modelį – atsižvelgus į baigtinį molekulių dydį. Apskritai, mokslui vystantis, modeliai nuolat tikslinami ir tobulinami.

Modelis gali būti visiškai nepanašus į pirminį objektą ar reiškinį: antai, nagrinėjant metalų elektrinį ir šiluminį laidumą, metale judantys elektronai laikomi elektronų dujomis. XVIII a. šiluminiai reiškiniai buvo apibūdinami laikant šilumą besvorium skysčiu kaloriku, pertekančiu iš vieno kūno į kitą. Įrodžius, kad šiluma yra sklindanti chaotiškai judančių dalelių vidinė energija, šiluminio skysčio sąvokos fizikoje teko atsisakyti. Tačiau neteisinga teigti, jog *kalorikas* buvo fizikos klystkelis. Remdamiesi tuo modeliu, S. Carnot (S. Karno) sukūrė šiluminės ma-

šinos teoriją, o J. Wilcke (J. Vilckė) įvedė *savitosios šilumos* sąvoką. Šiluma ir skystis sklinda panašiu būdu, todėl *kalorikas* įgalino teisingai apibūdinti šilumos sklindimo reiškinius, užrašyti balanso lygtis. Tačiau šis modelis netiko kitiems šiluminiams reiškiniams, pavyzdžiui, faziniams virsmams aiškinti. Taigi kaloriko šalininkai klydo tik jį absoliutindami, tapatindami kaloriką ir šilumą.

Modelis nėra universalus atvaizdas, jis gerai atitinka tik kai kurias reiškinio ar objekto savybes. Todėl fizikas, naudodamasis modeliu, turi būti labai atsargus ir netaikyti jo už galiojimo ribų.

Tas pats modelis gali tikti įvairiems reiškiniams, turintiems analogiškų savybių, aprašyti. Tai įgalina vienos fizikos srities metodus taikyti kitose srityse.

Antra vertus, tas pats reiškinys gali būti aprašomas keliais modeliais. Ryškus pavyzdys – žymaus XIX a. fiziko J.C. Maxwello (Dž.K. Maksvelas) naudoti elektromagnetinio lauko modeliai šio lauko lygtims išvesti. Iš pradžių Maxwellas įsivaizdavo lauką kaip skystį, kuris išteka iš vieno ženklo elektros krūvių ar vienokių magneto polių ir įteka į priešingus krūvius ar polius. Tokiu būdu gavęs kai kuriuos rezultatus, Maxwellas įvedė mechaninį lauko modelį: skystčio sūkuriu vaizdavo magnetinį lauką, o rutuliukai tarp sūkurių – elektringąsias daleles. Šis modelis įgalino užrašyti elektromagnetinio lauko lygtis. Toliau apibendrinamas savo rezultatus, Maxwellas atsisakė šių mechaninių modelių ir lauką susiejo su eterio deformacijomis (Maxwello sekėjai atsisakė ir eterio hipotezės – naudojami tik matematiniai lauko modeliai).

Daugelis klasikinės fizikos modelių – labai vaizdūs, jie kartu tarnauja ir mokymo bei mokslo populiarinimo tikslams. O šiuolaikinės fizikos modeliai gana abstraktūs, neretai aprašomi tik matematinėmis lygtimis. Tokių modelių vaizdus interpretavimas sukuria paradoksus – pavyzdžiui, elementariosios dalelės sukinių aiškinimas jos sukimusi apie savo ašį.

Net jeigu žinoma tiksli fizinę sistemą aprašanti lygtis, ją ne visada įmanoma išspręsti, ir tenka naudotis modeliais, kurie įgalintų rasti apytikslius sprendinius. Antai atomo banginė funkcija iš principo gali būti gauta išsprendus Schrödingerio lygtį – pagrindinę kvantinės mechanikos lygtį. Tačiau algebriniai jos sprendiniai yra žinomi tik paprasčiausiam atomui, turinčiam vieną elektroną. Sudėtingam daugiaelektroniam atomui Schrödingerio lygties neišspręsti netgi skaitmeniškai, naudojantis moderniaisiais kompiuteriais. Todėl atomų charakteristikoms skaičiuoti taikomi įvairūs apytiksliai modeliai.

Paplitusi nuomonė, kad modeliais naudojasi tik teoretikai. Iš tikrųjų modeliai reikalingi ir eksperimentatoriams, technikams. Turbūt pirmąjį tokį modelį XVI a. pasiūlė anglų mokslininkas W. Gilbertas (V. Gilbertas). Jis nutekino apvalų mag-

netą – mažytę Žemę – ir, vedžiodamas jo paviršiumi magnetinę rodyklę, parodė, kad ji nukrypsta taip pat, kaip kompasas įvairiose Žemės rutulio vietose. Tokiu būdu Gilbertas įrodė, jog Žemė yra didelis magnetas.

Eksperimentoriai modeliais neretai pakeičia objektus ar reiškinius, kurių tiesioginis tyrimas neįmanomas ar labai sudėtingas. Modeliai gali būti sumažinti ar padidinti, palyginti su originalu, tačiau būtina sąlyga – tam tikri bedimensiniai charakteristikų santykiai turi likti tie patys. Šios sąlygos, vadinamieji panašumo kriterijai, išplaukia iš bendrųjų panašumo teoremų, taigi mokslininkas gali remtis išplėtotą panašumo teorija.

Modelis turi gerai atitikti tik tiriamas sistemos savybes. Natūralios sistemos dalys gali būti pakeičiamos juos imituojančiais, dirbtiniais, sujungtais bandymo stende elementais. Taip modeliuojamos sudėtingos elektrinės grandinės, aerodinaminės ar hidrodinaminės sistemos ir pan.

Modelių, aprašančių įvairius reiškinius, panašumas įgalina pasinaudoti analogijų metodu (žr. 5.2 skyrelį).

Hipotezė. Norint apibendrinti mokslo faktus, atskleisti jų priežastį, reikalingas minties šuolis. Laipsniškas apibendrinimas yra labai ilgas, sunkiai įmanomas kelias. Tas minties šuolis įvyksta formuluojant hipotezę. Remdamasis dažnai negausiais faktais, pasikliaudamas ne tiek logika, kiek savo intuicija ir patirtimi, netgi fantazija, mokslininkas kuria tikėtiną, bet dar nepakankamai pagrįstą paaiškinimą, vadinamą hipoteze.

Hipotezė turi ne tik paaiškinti žinomus faktus, bet ir nurodyti naujas tyrimo galimybes, iš jos turi išplaukti naujos žinios apie nagrinėjamą objektą ar reiškinį, kurias būtų galima patikrinti eksperimentais. Tas išvadas padeda gauti hipotezės matematinis formulavimas. Hipotezė suteikia tyrimui kryptingumo, labai susiaurina paieškų sritį.

Mokslininkas neturi susižavėti savo iškelta hipoteze, ieškoti vien ją patvirtinančių ir nepastebėti jai prieštaraujančių faktų, tai nesiderina su kritine mokslo dvasia. Priešingai, autorius turi pats negailestingai tikrinti hipotezę, vertinti jos nepaaiškintus faktus, nes pastarieji padeda nustatyti hipotezės tobulinimo, tolesnių tyrimų kryptį. Mokslas – tai nepasitvirtinusių hipotezių kapinynas, jas mokslininkas keičia, kaip išranki moteris – drabužius. Patikrinęs daugiau kaip dešimtį hipotezių, J. Kepleris (J. Kepleris) atrado jo vardu dabar vadinamus planetų judėjimo dėsnius. M. Planckas (M. Plankas), per porą mėnesių išbandęs visokias įmanomas hipotezes absoliučiai juodo kūno spinduliuotei paaiškinti, galų gale buvo priverstas iškelti neįtikėtiną klasikinės fizikos požiūriu hipotezę, kad medžiaga spinduliuoja ir sugeria energiją nedalomomis porcijomis – kvantais.

Hipotezė turi tenkinti dvi viena kitai tarsi prieštaraujančias sąlygas. Viena vertus, ji neturi įvesti naujų esmių, jeigu galima apsieiti su senosiomis, t. y. neįvesti naujų savybių, sąvokų, objektų, jeigu yra įmanoma paaiškinti faktus žinomomis mokslo priemonėmis. Tai įsakmiai nurodo vienas iš bendrųjų metodologinių mokslo principų. Kita vertus, hipotezė turi būti drąsi, nes būtent drąsios, netikėtos hipotezės veda į naujus atradimus. Gebėjimas, remiantis negausiais faktais, įžvelgti bendrą dėsnį ar naujo reiškinio prigimtį – bene vertingiausia mokslininko savybė, būdinga žymiems fizikams.

Kai kurios pranokusios savo laiką hipotezės laukė patvirtinimo daugelį metų. Turbūt ilgiausiai – daugiau kaip du tūkstančius metų – buvo tikrinama Leukippos (Leukipas) ir Demokritos (Demokritas) iškelta atomų hipotezė: tik XX a. gauti neginčijami atomų egzistavimo įrodymai. W. Pauli (V. Paulis), iškėlęs neutrino – neturinčios krūvio, labai skvarbios dalelės – idėją, porą metų jos nedrįso skelbti mokslinėje spaudoje. Vėliau porą dešimtmečių šios dalelės egzistavimu buvo dažnai remiamasi aiškinant įvairius elementariųjų dalelių virsmus, nors dar nebuvo gauta tiesioginių jos buvimo įrodymų. Tik 1956 m. F. Reines (F. Reines) ir C. Cowanui (K. Kouenas) neutriną pavyko atrasti užregistravus jo sukeltą reiškinį. Nobelio fizikos komitetas šį atradimą pripažino įtikinamu dar po keturiasdešimties metų (Nobelio premiją pelnė tik F. Reines, nes kitas atradimo bendraautoris jau buvo miręs, o ši premija teikiama tik gyviems mokslininkams).

Plačiau žinoma I. Newtono (I. Niutonas) frazė: „Hipotezių aš neišgalvoju“, – tarsi ragina mokslininkus nekurti hipotezių. Tačiau šie žodžiai buvo jo parašyti norint paaiškinti, kodėl „Gamtos filosofijos matematinių pagrindų“ („Philosophiae naturalis principia mathematica“, 1687) autorius, suformulavęs visuotinės traukos dėsnį, neatskleidė šios jėgos prigimties. Iš tikrųjų, Newtono laikais netgi genijus negalėjo pasiūlyti nors kiek pagrįstos visuotinės traukos hipotezės. Idėja apie gravitacijos ryšį su erdvės iškreivimu kilo tik XX a., po daugelio fizikos ir matematikos atradimų. Taigi Newtonas buvo neigiamos nuomonės tik apie išlaužtas iš piršto, neduodančias jokio impulso mokslo plėtojimui hipotezes, kokių nemažai buvo to meto moksle. Tokios hipotezės ne padeda, o kliudo moksliniams ieškojimams.

Pats Newtonas, aišku, ne kartą yra kėlęs hipotezes ir siūlęs ne vieną drąsią idėją, kaip antai: šviesos poliarizacijos, banginių bei korpuskulinių šviesos savybių suderinamumo ir pan.

Dėsnis ir principas. Mokslas – ne žinių rinkinys, o jų sistema. Pagrindinė tos sistemos dalis yra dėsnis. Tai esminis mokslo faktų apibendrinimas, atskleidžiantis bendrus sąryšius tarp fizikinių dydžių, apibūdinantis esmines objektų ar reiš-

kinių savybes. Kadangi fizika yra tikslusis mokslas, jos dėsniai yra užrašomi matematine forma. Aišku, jie gali būti nusakyti ir žodžiais, tačiau žodinė forma nėra tokia tiksli, o kartais gali turėti ir keletą variantų.

Pagrindinis dėsnio bruožas – jo bendrumas. Dėsnis susistemina žinias apie daugybę faktų, įvairių atvejų, teikia nepaprastą mąstymo ir pažinimo ekonomiją. Antai visuotinės traukos dėsnis aprašo kūnų kritimą ir vandenynų potvynius bei atoslūgius Žemėje, Mėnulio bei planetų judėjimą, žvaigždžių ar galaktikų susidarymą ir daugybę kitų reiškinių. Radioaktyviojo skilimo dėsnis galioja bet kuriai radioaktyviajai medžiagai, nors šio proceso sparta gali būti labai įvairi.

Aišku, dėsniai yra skirtingo bendrumo. Kartais dar išskiriama paprastesnė, mažiau bendra, dėsnio rūšis – dėsningumas: iš mokslo faktų ar teorinio modelio išplaukiantis sąryšis tarp fizikinių dydžių; jis ne visada užrašomas griežta matematine forma.

Dėsnis būna daug kartų tikrinamas, kol jis pripažįstamas visiškai patikimu. Po įvairiapusių, sistemingų patikrinimų dėsnis tampa beveik neginčijama tiesa, ir daugelis fizikų jį taiko atmesdami žodelį *beveik*, nors skeptikai toliau ieško galimų nukrypimų. Vis dėlto net ir patikrintas dėsnis turi savo galiojimo ribas, už kurių jis tampa netikslus ar net visiškai netenka prasmės.

Bendriausi dėsniai yra vadinami principais. Tokie yra termodinamikos principai, trys Newtono dėsniai mechanikoje, neapibrėžtumo principas ir pan. Kaip matome, *principo* pavadinimas ne visada vartojamas.

Principai nėra įrodomi teoriškai, o nustatomi remiantis eksperimentiniais faktais.

Principai sudaro tam tikros fizikos šakos pagrindus, antai trys Newtono dėsniai – mechanikos pagrindus. Jais remiantis, gali būti išvesti kiti dėsniai. Tačiau neretai iš pradžių nustatomi atskiri dėsniai ir tik vėliau, pasiekus tos mokslo šakos tam tikrą lygį, atrandami principai. Tada tampa galimas nuoseklus ir sistemingas fizikos šakos pagrindų formulavimas ir jos pateikimas aksiomine forma.

Dėsniai, kurie išvedami griežtai, remiantis tik principais, yra vadinami teoriniais. Greta jų naudojami ir empiriniai dėsniai. Graikų kalbos žodis *empeiria* reiškia pažinimą, paremtą jutimais, patirtimi. Fizikoje empiriniu dėsniu yra vadinamas toks dėsnis, į kurio formuluotę įeinantys kai kurie fizikiniai dydžiai nėra skaičiuojami, o nustatomi iš eksperimentinių duomenų arba, pastaraisiais remiantis, parenkamos konstantos bei parametrai. Empiriniu dėsniu tenka naudotis nesant pakankamai tikslaus modelio ar stokojant griežto dėsnio įrodymo.

Teorija. Reiškinių ar objektų rūšį, netgi visą mokslo šaką aprašančių dėsnių visuma sudaro teoriją. Tai sudėtingiausia ir aukščiausia fizikos struktūros forma.

Pagrindiniai teorijos bruožai: matematinė forma, nuoseklumas ir pilnumas, atitiktis daugeliui mokslo faktų, iš jos išplaukiančios naujos žinios, suderinamumas su kitomis teorijomis.

1 lentelė

Bendriausios fizikos teorijos

Klasikinė mechanika
 Specialioji reliatyvumo teorija
 Bendroji reliatyvumo teorija
 Kvantinė mechanika
 Elektrodinamika
 Statistinė fizika
 Kvantinė statistika
 Kvantinė lauko teorija

Fizikos teorija turi būti išreikšta matematikos kalba ir užrašyta lygčių pavidalu. Idėja, kokia svarbi ji bebūtų, ar jų rinkinys dar nėra teorija – reikalingas griežtas formulavimas ir matematinis išplėtojimas. Teorija turi remtis žinomais mokslo faktais ir aiškinti juos, tačiau kartu numatyti naujus faktus, savybes ar reiškinius, kuriuos būtų galima patikrinti eksperimentais. Būtent tai laikoma esminiu teorijos patikimumo, jos teisingumo įrodymu. Kitas jos teisingumo kriterijus – paprastumas ir matematinis grožis. Teorija turi būti neprieštaringa, nuosekli ir pakankamai išsami. Tačiau kiekviena teorija turi savo galiojimo sritį, ties kurios ribomis ji privalo derintis su gretima teorija. Dviejų teorijų atotyčio principą pirmą kartą suformulavo N. Bohras (N. Boras) nagrinėdamas kvantinės ir klasikinės mechanikos ryšį: naujos ir ankstesnės teorijos rezultatai turi pereiti vieni į kitus tarpinėje srityje. Teorija negali prieštarauti ir pripažintiems fizikos principams, pavyzdžiui, bendriesiems tvermės dėsniams, galiojantiems nagrinėjamoje srityje.

Vis dėlto pradinis teorijos variantas dažnai neatitinka visų tų reikalavimų. Teorija vadinama ir matematiškai išplėtotą hipotezę, kuri remiasi tik nedaugeliu faktų, pavyzdžiui, stygų teorija elementariųjų dalelių fizikoje. Naujos idėjos ne iš karto suderinamos su kitomis fizikos šakomis: antai XX a. pradžioje atrodė, jog kvantų teorija nesuderinama su klasikine fizika. Ir A. Fresnelio (O. Frenelis) banginė šviesos teorija, ir J.C. Maxwello elektromagnetinių bangų teorija iš pradžių nebuvo visiškai nuoseklios ir griežtos; tokią formą joms suteikė ne atradėjai, o vėlesni kūrėjai.

Teorijos gali būti jungiamos į bendresnes, t. y. sudaryti nuoseklią teorijų hierarchiją. Fizikų teoretikų svajonė – sukurti Visko teoriją, iš kurios lygčių išplauktų visa fizikos tiriamų reiškinių įvairovė.

Vienetai. Kiekybiniai matavimai įmanomi tik apibrėžus nagrinėjamų dydžių vienetus. Gana ilgą laiką fizikai pagrindiniams mechanikos dydžiams matuoti var-tojo kasdiniame gyvenime paplitusius ilgio, ploto, tūrio, laiko ir svorio vienetus. Jie atitiko žmogų supančiai aplinkai, jo veiklai ar paties žmogaus kūnui būdingus dydžius.

Antai ilgiui matuoti įvairiose šalyse buvo vartojami: *sieksnis* – atstumas tarp abiejų išskėstų rankų nykščių, *uolektis* (*alkūnė*) – atstumas tarp rankos pirštų galų ir alkūnės, *pėda* – kojos pėdos ilgis, *colis* – nykščio plotis ir pan. Tačiau įvairių žmonių kūno dalių dydžiai skiriasi. Tad net toje pačioje šalyje – Lietuvoje XIV–XIX a. vartota uolektis buvo nuo 57 iki 71 cm ilgio. Pėda buvo nustatoma tokiu būdu: šešiolika skirtingų žmonių sustodavo už kito, pėda prie pėdos, ir išmatuotas bendras ilgis dalijamas iš šešiolikos, t. y. apskaičiuojama vidutinė pėda (1.1 pav.). Anglijoje pagrindinis ilgio vienetas, įvestas XII a. pradžioje karaliaus Henry I (Henrikas I), buvo nustatytas kaip atstumas nuo karaliaus nosies iki priekin ištiestos jo rankos didžiojo piršto. Didelių atstumų, arba kelio, vienetas buvo *mylia* (apie 1,6 km). Ji buvo įvesta dar Senovės Romoje: šimtas dvigubų žingsnių sudarė *stadiją*, o dešimt stadijų – mylią. Beje, Romoje buvo valstybės išlaikomų atstumų matuotojų, kurie nustatydavo atstumus eidami standartiniu dvigubu žingsniu. Vėliau Europoje buvo vartojamos įvairaus ilgio mylios, vadintos *mažąja*, *didžiąja*, *vokiškąja*, *jūrmyle* ir pan.



1.1 pav. Ilgio vieneto – pėdos nustatymas viduramžiais

Ploto, tūrio ir svorio vienetai įvairavo priklausomai nuo to, kas būdavo matuojama. XVI a. Lietuvoje, kaip ir Vokietijoje, žemės ploto vienetas buvo *margas* – plotas, kurį galima suarti nuo saulėtekio iki pietų. 30 margų sudarė *valaką*. Lietuviškas *sėdimas* atitiko plotą, užimamą sėdint pritraukus kojas, o *guolis* – plotą, kurį užima ant nugaros gulintis žmogus. Senesnės kartos žmonėms dar girdėtas *pūdas* turėjo ir kitą pavadinimą – *akmuo*, nes buvo gero akmens svorio –

apie 16 kg, o viena keturiasdešimtoji jo dalis vadinta *svaru*. Stambiausias Lietuvoje vartotas svorio vienetas buvo *laštas* (apie 2000 kg). Skysčių tūris matuotas *kibiru*, o jo pusė vadinta *gorčiumi* (5,6 l, vėliau įvestas *mažasis gorčius* – 3 l). Birios medžiagos buvo seikėjamos *pūrais* (6 kibirai).

1566 m. antrasis Lietuvos statutas įteisino vietinę matų sistemą (ilgio – *sieksnis*, *uolektis*; masės – *akmuo*, *laitas*, tūrio – *gorčius*, *pūras* ir kt.).

Jau XVII a. įvairių šalių mokslininkai – Ch. Huygenas (K. Heigensas), R. Hooke (R. Hukas), S. Pudlowski (S. Pudlovskis) ir kiti – ėmė svarstyti galimybę įvesti universalius matus. Kaip ilgio vieneto etalonas buvo siūlomas tam tikro periodo matematinės svyruoklės ilgis.

Vieną iš tokių projektų buvo parengęs italų mokslininkas Tito Livio Burattini (Titus Livijus Buratinis), kuris tarnavo Lenkijos karaliaus sekretoriumi. Savo veikale „Universalusis matas“ („Misura universale“), išspausdintame 1675 m. Vilniuje, T. Burattini pirmasis pasiūlė ilgio vieneto pavadinimą *metras*, tiksliau, *metro cattolico*. Jis turėjo būti lygus svyruoklės, kurios periodas viena sekundė, ilgiui – t. y. maždaug vienam ketvirtadaliui dabartinio metro. Kubą, kurio briaunos ilgis lygus 1/16 m, Burattini siūlė laikyti „visuotiniu erdvės matu“, o tokio tūrio vandens svorį – svorio matu. Burattini ir kitų mokslininkų idėja naudoti svyruoklę universaliam ilgio vienetai nustatyti nebuvo įgyvendinta, nes paaiškėjo, kad svyruoklės periodas priklauso nuo geografinės platumos, be to, nenorėta susieti ilgio vieneto su netiksliai nustatomu laiko vienetu.

XVIII a. pabaigoje Prancūzijos mokslininkai nutarė ilgio vieneta metrą apibrėžti kaip vieną keturiasdešimtmilijonąją Žemės dienovidžio dalį ir pradėjo tikslius matavimus tam dydžiui nustatyti. Deja, prasidėjo revoliucija, karas su Ispanija, ir tie matavimai užtruko. 1791 m. Prancūzijos Nacionalinis susirinkimas įvedė dekretinį metrą, lygų apytiksliai nustatytai vertei, o kartu ir svorio vieneta – kilogramą, lygų kubinio decimetro distiliuoto vandens svoriui esant 4°C temperatūrai. Stambesni ar smulkesni vienetai buvo gaunami dauginant arba dalijant iš dešimties. Kvadratinis bei kubinis metras tapo ploto ir tūrio vienetais. Šie racionaliai parinkti vienetai ėmė plisti ir kitose šalyse.

1832 m. vokiečių matematikas ir fizikas C.F. Gaussas (K.F. Gausas) įvedė fizikinių dydžių vienetų sistemos – tarpusavyje suderintų vienetų rinkinio – sampratą. Tam tikras skaičius vienetų, vadinamų pagrindiniais, parenkami laisvai, o kiti, išvestiniai, išreiškiami per pagrindinius remiantis matematiniais sąryšiais, kurie susieja atitinkamus fizikinius dydžius. Išvestinius vienetus reikia parinkti tokiu būdu, kad juos apibūrinančios formulės įgytų paprasčiausią pavidalą, t. y.

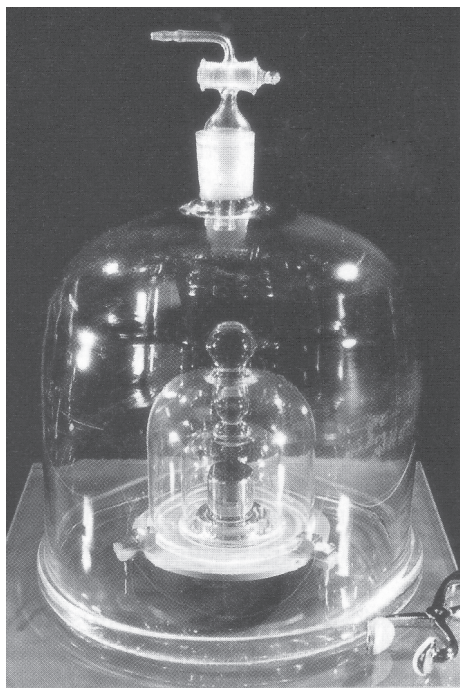
proporcingumo koeficientai būtų lygūs vienetui; tokia sistema vadinama koherentine. C.F. Gaussas visiems fizikiniams dydžiams matuoti pasiūlė vartoti vienetų sistemą, kuri remtųsi trimis pagrindiniais vienetais: ilgio vienetu – milimetru, masės – miligramu, laiko – sekunde. Jis kartu su W. Weberiu (V. Vėberis) nurodė, koku būdu toje sistemoje reiktų įvesti elektrinių ir magnetinių dydžių vienetus, nes, sparčiai plėtojant elektromagnetizmo sritį, buvo susidariusi didelė vienetų įvairovė.

1875 m. septyniolika Europos valstybių pasirašė Metro konvenciją – sutartį dėl matavimo vienetų, kuri įteisino tarptautinę metrinę sistemą. Jos pagrindiniais vienetais pripažinti metras ir kilogramas (vėliau, prie jų prijungus sekundę, atsirado MKS sistema). Sevre, prie Paryžiaus, buvo įsteigtas Tarptautinis svarsčių ir matų biuras (*Bureau International des Poids et Mesures*), kurio tikslas – kurti, saugoti ir platinti matavimo vienetų etalonus. 1881 m. pirmasis Tarptautinis elektrikų kongresas įvedė tarptautinius elektrinių ir magnetinių dydžių vienetus; jie buvo susieti su mechaninių vienetų sistema CGS (**centimetras, gramas, sekundė**). Kai kurie kiti elektromagnetiniai vienetai pavadinti žymių mokslininkų vardais: *omas, voltas, amperas, farada* (vėliau prigijo *faradas*). XX a. ilgą laiką buvo vartojamos kelios tarptautinės vienetų sistemos.

Palaiptnui susiformavo atskira fizikos šaka, nagrinėjanti matus, tikslių matavimų metodus ir priemones, vadinama metrologija. Vienas iš jos teiginių: gali būti laisvai parenkami ne tik pagrindiniai vienetai, bet ir jų skaičius (pavyzdžiui, galima atsisakyti trečio pagrindinio vieneto). Tačiau, esant per mažam jų skaičiui, kai kurie išvestiniai vienetai pasidaro nepatogūs vartoti. Antai nors elektromagnetinius vienetus galima išreikšti per vienetus, vartojamus mechanikoje, tačiau tikslinga įvesti bent vieną tos srities specifiką atitinkantį vienetą. Tas pats pasakytina apie optiką ar termodinamiką. Kita vertus, didinant pagrindinių vienetų skaičių, lygtyse, susiejančiose fizikinius dydžius, daugėja koeficientų, o tai apsunkina skaičiavimus. Taigi optimali fizikinių vienetų sistema turi turėti 6–9 pagrindinius vienetus.

Remiantis metrologijos išvadomis, 1960 m. buvo įvesta Tarptautinė vienetų sistema, sutrumpintai pavadinta SI (pranc. *Système International d'Unités*). Įteisinti šeši pagrindiniai vienetai, vėliau pridėtas dar septintasis – *molis* ir du papildomieji vienetai kampams matuoti – *radianas* ir *steradianas*. Du pagrindiniai ir daugelis išvestinių vienetų buvo pavadinti garsių fizikų vardais. Tiek pagrindiniai, tiek išvestiniai vienetai stambinami ir smulkinami pagal dešimtainį principą, o kartotinių ir dalinių vienetų pavadinimai sudaromi pridėdant priešdėlius, pavyzdžiui, $10^{-9} \text{ m} \equiv 1 \text{ nm}$ (nanometras).

Tik vienas pagrindinis SI vienetas – masės – yra prilygintas fiziškai egzistuojančiam tarptautiniam etalonui (1.2 pav.). Kiti nustatomi atliekant griežtai reglamentuotus precizinius matavimus. Sekundė buvo apibrėžta kaip tam tikra Žemės sukimosi apie savo ašį periodo dalis. Metrui apibrėžti pasinaudota dar J.C. Maxwello siūlyta idėja išreikšti ilgio vieneta per fiksuoto dažnio šviesos bangos ilgį. Po kelerių metų panašiu būdu buvo tiksliau nustatyta ir sekundė: ji prilyginta trukmei 9 192 631 770 periodų elektromagnetinės bangos, kurią skleidžia cezio izotopo ^{133}Cs atomas, vykstant kvantiniam šuoliui tarp pagrindinės būsenos dviejų hipersmulkiosios sandaros lygmenų. Tik labai tikslūs sekundės bei šviesos greičio matavimai įgalino pakeisti ir metro apibrėžimą: jis dabar laikomas lygiu atstumui, kurį per 1/299792458 sekundės nusklinda vakuume plokščia elektromagnetinė banga (1.3 pav.). Metrologai jau yra pateikę siūlymus kilogramą apibrėžti per Plancko konstantos, amperą – per elektrono krūvio, kelviną – per Boltzmanno konstantos (Bolcmano konstanta) vertes. Šie pakeitimai numatyti įgyvendinti 2011 m.



1.2 pav. Masės vieneto – kilogramo etalonas, saugomas Tarptautiniame svorsčių ir matų biure Sevre (Prancūzija). Šį vieneta, kaip ir kitus pagrindinius SI vienetus, numatoma netrukus apibrėžti per fundamentinę konstantą



1.3 pav. Ilgio vieneto – metro nustatymas metrologijos laboratorijoje

2 lentelė

Pagrindinių SI vienetų nustatymo tikslumas

Fizikinis dydis	Matavimo vienetas	Santykinė paklaida
Ilgis	Metras	$1 \cdot 10^{-12}$
Masė	Kilogramas	$1 \cdot 10^{-8}$
Laikas	Sekundė	$3 \cdot 10^{-15}$
Elektros srovės stipris	Amperas	$4 \cdot 10^{-8}$
Termodinaminė temperatūra	Kelvinas	$3 \cdot 10^{-7}$
Šviesos stipris	Kandela	$1 \cdot 10^{-4}$
Medžiagos kiekis	Molis	$8 \cdot 10^{-8}$

Kaip matyti iš 2 lentelės, šiuo metu tiksliausiai nustatomas laiko vienetas, o mažiausiai tiksliai – šviesos intensyvumo vienetas kandela.

Išvestinio vieneto dimensija vadinama jos išraiška per pagrindinių vienetų dimensijas. Pavyzdžiui, darbo vieneto džaulio dimensija užrašoma:

$$[A] = L^2MT^{-2};$$

čia L žymi ilgį, M – masės, o T – laiko vienetus. Išvestinis vienetas žymimas atitinkamo dydžio (šiuo atveju darbo A) simboliu laužtiniuose skliaustuose. Bet kurios fizikos formulės kairėje ir dešinėje pusėje esančių dydžių dimensijos turi

sutapti, tad dimensijų analizė yra patogus būdas formulėms tikrinti, o kartais – net joms išvesti.

Greta SI vienetų kai kuriose specialiose srityse, kaip antai mikrofizikoje ar astrofizikoje, leista vartoti ir nesisteminius vienetus. Jie yra ypač parankūs, jeigu galima įvesti natūralius vienetus, kurie atitinka būdingas nagrinėjamų objektų savybes. Vienos rūšies mikroobjektai, pavyzdžiui, elektronai, skirtingai negu žmonės, visi yra tapatingi. Tad atomo fizikoje yra įprasta vartoti atominę vienetų sistemą, kurios pagrindiniai vienetai yra: vandenilio atomo pirmosios Bohro orbitos spindulys, Plancko konstanta (vietoj laiko vieneto), elektrono masė ir elektrono krūvis. Astronomijoje vartojamas ilgio vienetas *šviesmetis* – atstumas, kurį šviesa nusklinda per metus, o žvaigždžių masė matuojama Saulės mase. Vartojant natūralius vienetus, kurie susiję su gamtos objektais, supaprastėja atitinkamos lygtys.

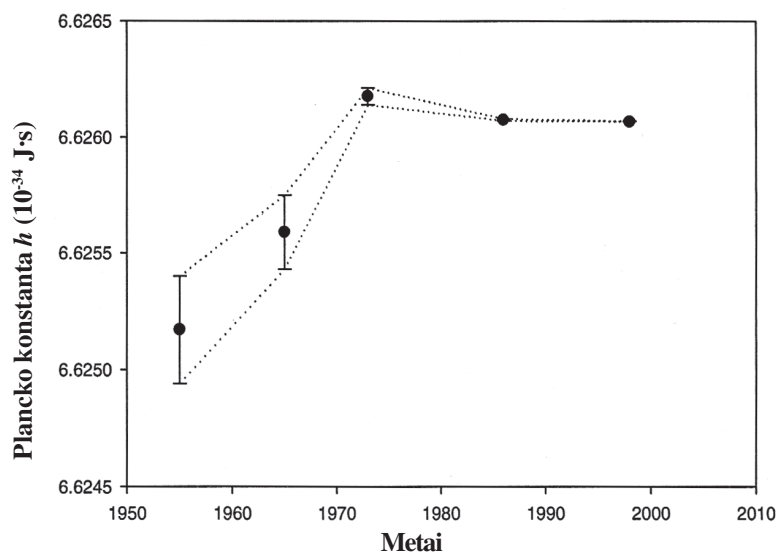
Lietuvoje veikia Valstybinė metrologijos tarnyba, kuri koordinuoja valstybės etalonų kūrimą, priežiūrą ir naudojimą, atstovauja Lietuvai tarptautinėse metrologijos organizacijose. Puslaidininkių fizikos institute yra Metrologijos skyrius, kuriantis, tobulinantis, saugantis elektrinių dydžių, laiko ir temperatūros matavimo vienetų valstybės etalonus.

Fundamentinės konstantos. Labai svarbūs fizikiniai dydžiai yra fundamentinės konstantos – universalūs koeficientai, įeinantys į pagrindinių fizikos dėsnių matematinės išraiškas. Svarbiausios fundamentinės konstantos yra: c – šviesos greitis vakuume, h – Plancko konstanta, e – elektrono krūvis, m_e – elektrono masė, m_p – protono masė, G – gravitacijos konstanta, k – Boltzmanno konstanta. Tą sąrašą galima tęsti ir toliau, nes svarbų vaidmenį fizikoje vaidina ir kitų trijų fundamentinių sąveikų konstantos, Avogadro skaičius, pagrindinių elementariųjų dalelių magnetiniai momentai, Hubble konstanta (Hablo konstanta) ir pan. Kadangi tos konstantos yra dimensiniai dydžiai, tai jų skaičius priklauso ir nuo vienetų sistemos pasirinkimo: antai vartojant SI, tampa reikalingi elektromagnetinio lauko lygčių koeficientai – elektrinė (ϵ_0) ir magnetinė (μ_0) konstantos. Dar yra svarbių konstantų, kurios išreiškiamos per kitų kombinacijas, pavyzdžiui:

Plancko ilgis $l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$, Plancko masė $m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}$, smulkiosios sandaros konstanta $\alpha = e^2 / \hbar c$ (čia $\hbar = h / 2\pi$) ir kitos.

Fundamentinės konstantos lemia dėsnių galiojimo ribas, atskleidžia esminius ryšius tarp gamtos reiškinių. Antai Plancko konstanta yra dydis, apibūdinantis kvantinius efektus, nustatantis ryšius tarp mikropasaulio ir makropasaulio dydžių. Šviesos greitis įeina į formules, kurios aprašo reliatyvistinius efektus.

Nuo fundamentinių konstantų verčių labai priklausė Visatos evoliucija tiek pirmosiomis Didžiojo sprogo akimirkomis, tiek vėlesniu laikotarpiu. Pavyzdžiui, jeigu elektrono masė būtų trejetą kartų didesnė, nebūtų susidarę atomai; esant didesnei gravitacijos konstantai, sutrumpėtų žvaigždžių amžius ir jo nebe- pakaktų sunkesniųjų elementų sintezei ir pan. Vadinasi, jei fundamentinių konstantų vertės būtų kiek kitokios, gyvybė, bent jau mums žinomą vieninteliu pavidalu, nebūtų atsiradusi. Tačiau šiuolaikinės fizikos teorijos negali paaiškinti, kas lėmė būtent tokias konstantų vertes. Galbūt į tą klausimą atsakys būsimoji bendra fundamentinių sąveikų, laiko ir erdvės teorija – Visko teorija. Daugumos fundamentinių konstantų vertės dabar nustatytos aštuonių ženklų ar aukštesniu tikslumu. Jos vis tikslinamos ne siekiant rekordų. Žinomos šių konstantų vertės lemia įvairių fizikinių matavimų, tarp jų ir pagrindinių vienetų nustatymo, tikslumą. Tad 1969 m. buvo įkurta tarptautinio nuolat veikiančio komiteto, sutrumpintai vadinamo CODATA (angl. *Committee on Data for Science and Technology*), fundamentinių konstantų tyrimo grupė, kuri renka, analizuoja ir sistemina naujus duomenis apie fizikoje bei chemijoje naudojamąs fundamentines konstantas, suderintas skaitines jų vertes periodiškai skelbia mokslo žurnaluose ir internete. CODATA rekomenduojamų fundamentinių konstantų rinkinys yra atnaujinamas kas ketverius metus; 2006 m. buvo aprobuotas penktasis toks jų rinkinys.



1.4 pav. Eksperimentiškai nustatytos Plancko konstantos vertės kitimas 1950–2000 m. Vertikalūs intervalai nurodo įvertintas paklaidų ribas. Kaip matome, šio, kaip ir kitų dydžių, matavimo sisteminės paklaidas ne visada pavyksta tiksliai įvertinti

1938 m. P. Diracas (P. Dirakas) išklė hipotezė, jog kai kurios fundamentinės konstantos labai lėtai keičiasi senstant Visatai. Tą pokytį bandoma aptikti tiriant Žemę pasiekiančias labai tolimų objektų elektromagnetines bangas, kurios buvo išspinduliuotos prieš milijardus metų. Kol kas neginčijamų įrodymų, kurie patvirtintų Diraco hipotezė, nėra gauta.

1.3. MAKROSTRUKTŪRA

Tik pilną žinių sistemą galima optimaliai suskirstyti į dalis. Fizika tebėra sparčiai plėtojamas, nuolat svarbiais atradimais papildantis mokslas. Be to, skirstymas į dalis ar šakas priklauso nuo nagrinėjimo tikslų, pasirinkto požiūrio. Taigi nėra vienareikšmės fizikos klasifikacijos. Pirmiausia panagrinėsime fizikos struktūrą tiriamų reiškinių bei objektų požiūriu.

Fizika susideda iš dviejų didelių dalių: *klasikinės* ir *šiuolaikinės fizikos*. Klasikinė fizika, sukurta XVII–XIX a., yra gana griežta ir užbaigta žinių sistema, apibūdinanti pagrindinius žmogų tiesiogiai supančio pasaulio dėsningumus. Ji aiškina mechaninius, optinius, šiluminius ir elektromagnetinius reiškinius, vykstančius esant palyginti nedidelėms energijoms ir kitų fizikinių dydžių vertėms. Klasikinės fizikos srityje gana gerai tinka absoliutaus laiko, absoliučios erdvės ir griežto priežastingumo prielaidos. Fizikos istorikai dar išskiria senąją fiziką, kuri egzistavo iki XVII a. ir iš tikrųjų buvo gamtos filosofija. Jos nustatyti fizikos, daugiausia mechanikos, dėsniai buvo vėliau arba atmesti kaip nepasitvirtinę, arba įtraukti į klasikinę fiziką.

Šiuolaikinė fizika tiria nutolusias nuo tiesioginio žmogaus pažinimo gamtos reiškinių sritis: mikropasaulį ir megapasaulį, reiškinius, vykstančius esant didelėms energijoms ir greičiams, labai aukštomis ar labai žemoms temperatūroms ir pan.

Klasikinės fizikos skirstymas į šakas yra nusistovėjęs; tai – *mechanika*, *optika*, *elektromagnetizmas*, *termodinamika* ir *statistinė fizika*. Nors optikos objektas – šviesos bangos yra tam tikrų dažnių elektromagnetinės bangos, tačiau optika dažniausiai nėra laikoma elektromagnetizmo dalimi, nes ji yra plati ir žmogui svarbi mokslo šaka, kurioje naudojami saviti metodai ir sąvokos (tai iš dalies lėmė ir istorinės priežastys, nes optikos pagrindai buvo sukurti anksčiau negu bendra elektromagnetinių reiškinių teorija). Akustika, tirianti garso reiškinius, dažniausiai priskiriama mechanikai, nes pastaroji nagrinėja ir kitų tipų virpesius bei bangas įvairiose terpėse, nors kartais, atsižvelgiant į garso svarbą žmogaus gyvenime, akustika irgi traktuojama kaip atskira fizikos šaka. Verta paminėti, kad mechani-

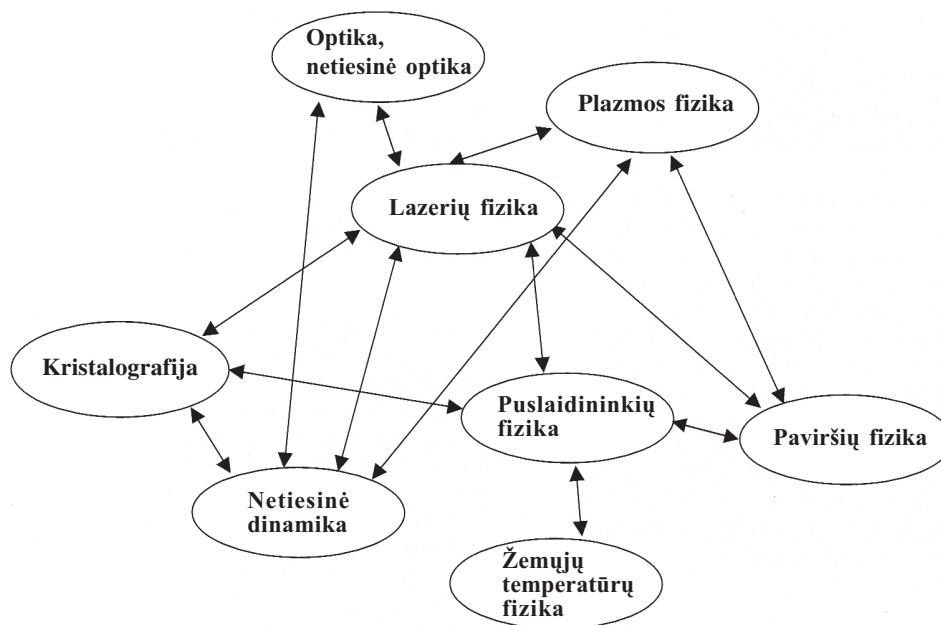
kos ir optikos samprata fizikos raidos pradžioje buvo kitokia: mechanika vadintas mokslas apie mechanizmus, karo ir teatro mašinas, o optika – žinios apie regėjimą. XIX a. pabaigoje termodinamika ir statistinė fizika buvo laikomos ta pačia fizikos šaka, nes statistiniai metodai tuo metu taikyti tik aiškinant dalelių chaotišką šiluminį judėjimą. Vėliau statistiniai metodai buvo sėkmingai pritaikyti ir įvairioms daugelio dalelių sistemoms (realioms dujoms, tirpalams, kristalams, kvantinių dalelių ansambliams ir pan.) bei procesams jose (faziniams virsmams, fliktuacijoms, cheminėms reakcijoms) aprašyti. Taigi statistinė fizika tapo atskira sritimi ne tiek pagal reiškinių tipą, kiek pagal naudojamus specifinius metodus.

Pirmosios XX a. pradžioje sukurtos šiuolaikinės fizikos dalys – *specialioji ir bendroji reliatyvumo teorija* bei *kvantinė mechanika*, – taip pat kaip klasikinės fizikos dalys, buvo išskirtos aprašomų reiškinių požiūriu. Tačiau vėliau, šiuolaikinės fizikos objektams tirti taikant vis sudėtingesnius metodus, kompleksiskai nagrinėjant įvairias jų savybes bei reiškinius, naujos šiuolaikinės fizikos sritys pradėtos išskirti pagal objektą, kaip antai: *atomo, branduolio, elementariųjų dalelių, kietojo kūno, plazmos, lazerių fizika, astrofizika*. Esant tam tikroms, nelengvai realizuojamoms, fizikinių dydžių vertėms, svarbiausią vaidmenį ima vaidinti specialūs tyrimo metodai, tad šiuolaikinės fizikos dalys yra išskiriamos ir pagal charakteringas sąlygas, kaip antai *žemųjų temperatūrų* ar *didelių slėgių fizika*. Vis dėlto pastarasis skirstymas naudojamas rečiau, atsižvelgiant į konkrečius nagrinėjimo tikslus. Fizikos ir kurio kito mokslo sandūroje atsiradusios šakos pavadinime dažniausiai nurodomi abu mokslai: *astrofizika, biofizika, cheminė fizika* ir pan. Kadangi šiuolaikinė fizika (bent jau kai kurios jos šakos) nėra pasiekusi tokio baigtumo laipsnio kaip klasikinė fizika, tai ir jos makrostruktūra nėra visiškai nusistovėjusi.

Kiekviena fizikos šaka savo ruožtu skirstoma į siauresnes, pavyzdžiui, mechanika – į *materialiojo taško, kietojo kūno mechaniką, hidrodinamiką* ir *akustiką*; elektromagnetizmas – į *elektrostatiką, elektrodinamiką* ir *elektromagnetinių bangų teoriją*; plazmos fizika – į *žemos temperatūros* ir *aukštos temperatūros plazmos fiziką* ir t. t. Tokį skirstymą lemia naudojami saviti tyrimo metodai ir kitokia terminija, atspindinti būdingas objektų savybes ir kiekybinių skirtumų virtimą kokybiniais.

Plėtojant fiziką, kai kurios jos šakos jungėsi (pavyzdžiui, *elektra* ir *magnetizmas*) arba skaidėsi (pavyzdžiui, atomo fizika – į *atomo* ir *branduolio fiziką*, o nuo pastarosios vėliau dar atsiskyrė *elementariųjų dalelių fizika*).

Fizikos šakos yra glaudžiau ar silpniau susijusios tarpusavyje objektų panašumu, naudojamais metodais ir pan. Jas vienija ir visą fiziką persmelkiantys bendrieji tvermės dėsniai.



1.5 pav. Lazerių fizikos ir kitų fizikos šakų ryšiai

Naudojamų metodų požiūriu fizika dalijama į *eksperimentinę* ir *teorinę fiziką*. Tas išsiskyrimas prasidėjo nuo I. Newtono, išstobulinusio matematinius fizikos metodus, sukūrusio kartu su G. Leibnizu (G. Leibnics) aukštosios matematikos pagrindus. Vėliau, tiek eksperimentiniams, tiek teoriniams metodams tampant vis sudėtingesniems, fizikos padalijimas į teorinę ir eksperimentinę fiziką ryškėjo, nors iki pačios XIX a. pabaigos fizikai dar nebuvo skirstomi į teoretikus ir eksperimentatorius – tas pats mokslininkas naudodavosi abiem metodais, tiesa, dažniausiai svaresnių rezultatų pasiekdavo tik vienoje iš tų sričių. XX a. tapo apskritai neįmanoma (išskyrus labai retas išimtis, kaip antai E. Fermi (E. Fermis)) vienam fizikui sėkmingai plėtoti ir eksperimentą, ir teoriją.

Eksperimentatoriai nustato mokslo faktus, atranda naujus reiškinius, bandymais tikrina hipotezes ir teorijų išvadas. Teoretikai aiškina eksperimentinius rezultatus, juos apibendrina, kuria naujas teorijas, atskleidžiančias tolesnių tyrimų perspektyvas, nagrinėja objektus, kurių dar negalima tirti eksperimentiškai. Kartais bandoma vieną iš šių dviejų fizikos dalių laikyti svarbesne, vaidinančia didesnę vaidmenį. Antai suabsoliutinus eksperimento reikšmę fizikoje, kartais ji vadinama mokslu apie matavimus. Arba, priešingai, teigiama, kad eksperimentinė

fizika atitinka žemesnį, empirinį, pažinimo lygmenį, o teorija – aukštesnį, teorinį, lygmenį. Iš tikrųjų teorija ir eksperimentas – dvi glaudžiai susijusios, viena kitą papildančios fizikos pusės ir tik jų visuma sudaro visavertį mokslą (taip, anot Leonardo da Vinci (Leonardas da Vinčis), du arkos lankai, tik remdamiesi vienas į kitą, sudaro tvirtą arką). Fizikos progresą skatina ir nauji faktai, ir naujos idėjos. Sakoma, kad teorija be eksperimento tuščia, o eksperimentas be teorijos – aklas. Taigi klausimas, kas svarbesnis fizikoje – eksperimentas ar teorija, yra toks pat dirbtinis, kaip ir klausimas, kas anksčiau atsirado – višta ar kiaušinis.

Pagal tyrimo tikslus fizika skirstoma į *fundamentinę* ir *taikomąją*. Fundamentinės fizikos tikslas – pažinimas; taikomosios – visuomenei naudingi fizikos dėsnių ir reiškinų taikymai, fizikos plėtojimas sprendžiant konkrečias praktines problemas. Fundamentinė fizika teikia unikalių žinių apie pasaulio sandarą – nuo mikropasaulio iki neaprepiamo kosmoso. Taikomoji fizika svariai prisidėjo prie daugelio mūsų civilizacijos materialinių pasiekimų, kurių netekus, reikėtų grįžti į viduramžius. Šiais praktikizmo laikais atrodo, kad žmonijai svarbesnė yra taikomoji fizika. Vis dėlto fizikos pagrindą sudaro fundamentinė fizika. Taikomoji remiasi į ją, naudoja fundamentinės fizikos idėjas. Tai tarsi medžio šaknys ir vaisiai. Ne visiems, ypač politikams, suprantamas apčiuopiamų rezultatų neduodančios fundamentinės fizikos reikalingumas, bet, jos neplėtojant, greitai nudžiūtų ir taikymų šakos.

Klausimai

Apibūdinkite pagrindinius fizikos mokslo ypatumus.

Kokius objektus tiria fizika?

Kokie yra du svarbiausi fizikos tikslai ir kaip jie keitėsi laikui bėgant?

Išvardykite pagrindinius fizikos mikrostruktūros elementus.

Ar fizikinių dydžių pagrindinių vienetų skaičius yra griežtai nustatytas ar gali būti parenkamas?

Trumpai apibūdinkite svarbiausius eksperimentinės ir teorinės fizikos bruožus.

II. RAIDOS DĒSNINGUMAI

2.1. PARADIGMOS, MOKSLO REVOLIUCIJOS IR RAIDOS KRYPTYS

Akivaizdu, kad fizikos, kaip ir kitų gamtos mokslų, žinios laikui bėgant plečiasi ir tampa vis išsamesnės: nustatomi nauji faktai, atrandami nežinomi reiškiniai ir dėsniai, kuriamos naujos teorijos bei pildomos ir tikslinamos senosios. Tai vadinama mokslo kumuliacija (lot. *cumulo* – kaupti, telkti, rinkti). Kartais, suabsoliutinus šį mokslo bruožą, teigiama, kad vyksta nuolatinis mokslo kilimas. Antai tarybinis rusų filosofas S. Mikulinskij (S. Mikulinskis) rašė: „Mokslo vystymosi procesą galima įsivaizduoti kaip laipsnišką, nuoseklų naujų žinių prijungimą prie anksčiau sukauptų nekintamų tiesų sumos, panašiai kaip plyta prie plytos kyla naujas pastatas.“ Toks požiūris gana vienpusis, nudailina mokslo istoriją ir neatspindi jos įvairovės bei sudėtingumo, nes būna mokslo revoliucijų ir krizių, sparčią plėtrą keičia lėto žinių kaupimo laikotarpiai, netgi kartais, kaip buvo viduramžiais, – stebimas mokslo sąstingis ir regresas. Mokslo rūmas ne tik statomas, bet kartais ir ardomas bei taisomas – atsisakoma kai kurių dėsnių, net teorijų (kaip antai kaloriko ar eterio), keičiami esminiai teiginiai (šviesos bangos pasirodė esančios ne išilginės, o skersinės ir pan.).

Fizikos raidą galima suskirstyti į tris laikotarpius: *senosios* (VI a. pr. m. e. – XVI a.), *klasikinės* (XVII a. – XIX a. pabaiga) ir *šiuolaikinės* (XX a. – XXI a.) *fizikos*. Jie skiriasi ne tik fizikos tiriamais objektais, bet ir metodais, taikymais ir pan. Perėjimai iš vieno laikotarpio į kitą būdavo susiję su krizėmis ir revoliucijomis. Astronomijoje irgi akivaizdžios dvi tokios revoliucijos: viena iš jų (XVI a. antroji pusė – XVII a. pirmoji pusė) žymėjo perėjimą nuo Ptolemajaus geocentrinės prie M. Koperniko (M. Kopernikas) heliocentrinės sistemos, antroji, vykusį XX a., suformavo šiuolaikinę astronomiją ir kosmologiją.

Apibendrinamas šią raidos tendenciją, amerikiečių mokslo filosofas T. Kuhnas (T. Kunas), iš profesijos fizikas, įvedė *paradigmos* sąvoką. Ji reiškia teorinių prielaidų, mokslo metodų ir tradicijų sistemą, kurios laikosi mokslininkai tam tikru laikotarpiu. *Paradigmos* pavadinimas paimtas iš graikų kalbos, kurioje reiškia *pavyzdį, modelį*. Tuo terminu Kuhnas pabrėžė, jog minėtą sistemą suformuoja didieji veikalai, didžiosios teorijos. Tokie veikalai, nulėmę ištiso laikotarpio mokslo bruožus, fizikoje buvo Aristoteles „Fizika“, I. Newtono „Gamtos filosofijos mate-

matiniai pagrindai“, astronomijoje – Ptolemajos „Almagestas“ ar M. Koperniko „Apie dangaus sferų sukimąsi“ („De revolutionibus orbium coelestium“, 1543). Fundamentalieji veikalai ne tik apibendrina ankstesnes žinias, atveria naujus kelius, bet ir suformuoja naują metodų, vertybių, pažiūrų sistemą, kuria sekėjai grindžia savo mokslinę veiklą. Ankstesniųjų amžių mokslininkai dirbo dažniausiai pavieniui, tik XX a. mokslinė kūryba įgijo kolektyvinį pobūdį. Tačiau iš tikrųjų mokslo visuomenė visada sudarė gana uždarą ir stipriai sąveikaujančią bendriją, kurios dauguma narių naudojo panašius metodus, laikėsi tų pačių teorinių ir metodologinių prielaidų, t. y. tos pačios paradigmos. Verta pabrėžti, kad mokslininkai, nesidomintys bendrais mokslo klausimais, dažnai net nesuvokia besilaukiantys tam tikros paradigmos, ją įsisavina nejučiomis, įgydami išsilavinimą ir dirbdami mokslinį darbą.

Mokslinė veikla apibrėžtoje srityje, kurios ribas nustato priimta paradigma, yra vadinama normaliuoju mokslu. Aišku, mokslininkai, atrasdami naujus reiškinius, dėsnius, aklaui neseka didžiaisiais pavyzdžiais, bet stengiasi suderinti gautus rezultatus su priimta paradigma. Taigi ji skatina nuosekliai, ramią mokslo raidą, žinių kaupimą ir jų apibendrinimą savo galiojimo srityje. Toks mokslo konservatyvumas vaidina, bent jau pradiniu laikotarpiu, teigiamą vaidmenį.

Tačiau paradigma būna suformuota tam tikros pažinimo srities pagrindu, tad, skverbiantis tolyn į nežinomą, atrandama naujų faktų, vadinamų *anomalijomis*, kurie atsiduria už vyraujančios paradigmos ribų, prieštarauja jai. Tai sukelia mokslo krizę. Tokią krizę fizikoje sukėlė G. Galilei (G. Galilėjus) ir kitų mokslininkų atliktų bandymų bei stebėjimų prieštaravimas Aristoteles mokymui. Kitos krizės priežastis buvo A. Michelsono (A. Maiklsonas) šviesos greičio eterio atžvilgiu matavimų ir absoliučiai juodo kūno spinduliuotės spektro neatitiktis klasikinėi teorijai.

Krizę pašalina mokslo revoliucija. Atsisakius kai kurių esminių ankstesnės paradigmos nuostatų, sukuriama nauja teorija, išplečianti pažinimo ribas. Tai įvyksta per palyginti trumpą laiką genijaus ar genijų grupės pastangomis. Tas greito, esminio kitimo laikotarpis vadinamas mokslo revoliucija. Naujos teorijos pagrindu ir pavyzdžiu susiformuoja nauja paradigma, prasideda vaisingas, bet ramesnis evoliucinis plėtros laikotarpis.

Kuhnno modelis, priešingai negu komuliatyvusis modelis, sureikšmina kartkartėmis vykstančią mokslo pertvarką, senesniųjų ir naujųjų teorijų priešpriešą, viena kitą keičiančių pažiūrų skirtingumą. Antai T. Kuhnas savo veikale „Mokslo revoliucijų struktūra“ („The Structure of Scientific Revolutions“, 1962), lygindamas Newtono klasikinę mechaniką ir Einsteino specialiąją reliatyvumo teoriją, teigia:

„Šio darbo požiūriu tos dvi teorijos yra visiškai nesuderinamos. Einsteino teorija gali būti priimta tik pripažinus, kad Newtono teorija yra klaidinga.“ Deja, taip mokslo istorija tempama prie schemas; klasikinės mechanikos ir reliatyvumo teorijos suderinamumas fizikams abejonių nekelia.

Kuhno modelis atspindi kai kuriuos bendrus mokslo raidos bruožus, bet jie galbūt būdingesni praeičiai ir kažin ar kartosis ateityje. Juk XX a. mokslininkai suprato, kad mokslo faktai, prieštaraujantys egzistuojančiai teorijai, nesugriauna jos, o tik nurodo galiojimo ribas. Taigi ateityje neturėtų būti tokių fizikos krizių, kokia kilo XX a. pradžioje, o tik revoliucijos – spartaus naujų teorijų kūrimo laikotarpiai.

Naujas terminas *paradigma* paplito ne tik moksle, bet ir kitose srityse, jis tapo magišku žodžiu, kuriam suteikiama įvairi reikšmė. Pats T. Kuhnas taikė krizių ir revoliucijų modelį ne tik bendrai mokslo sričių, bet ir jų šakų raidai. Tačiau šiuo atveju toks modelis – tik vienas iš galimų. Antai optikoje vienu metu konkuravo dvi šviesos teorijos – korpuskulinė ir banginė: XVIII a. įsigalėjo korpuskulinė teorija, ją vėliau pakeitė banginė teorija, o XX a. įvyko jų sintezė. Kinetinė šilumos teorija staiga nepakeitė kaloriko teorijos – jos buvo plėtojamos tuo pačiu metu, kol įtikinami eksperimentiniai rezultatai nusvėrė kinetinės teorijos naudai ir t. t.

Mokslo revoliucijos irgi būna įvairios. Jas sukelia ne tik egzistuojančioms teorijoms prieštaraujantys faktai, bet ir naujų, netikėtų reiškinių atradimas, prietaisų ar įrenginių išradimai, pagaliau – tam tikrą kritinį kiekį pasiekę nauji mokslo rezultatai. Antai spartūs elektrinių reiškinių tyrimai prasidėjo išradus elektros kondensatorių – Leideno stiklinę bei jų baterijas, įgalinančias sukaupti didelį elektros krūvį, o pagrindiniai elektros srovės dėsniai buvo nustatyti išradus Voltos elementą bei prietaisus srovei registruoti. Sparčiai magnetizmo raidai stimulą suteikė H. Oerstedo (H. Erstedas) bandymai.

Kita vertus, revoliucija šilumos moksle – termodinamikos pagrindų sukūrimas – įvyko XIX a. viduryje, sukauptus tam tikrą žinių kiekį. Antroji revoliucija astronomijoje XX a. pirmoje pusėje buvo sukelta šiuolaikinės fizikos atradimų – pritaikius Visatos ir jos objektų savybėms aiškinti atomo ir jo branduolio fiziką, reliatyvumo teoriją.

Fizikos raidoje galima įžvelgti ir kilimą spirale: kartkartėmis grįžtama prie tų pačių idėjų, objektų, metodų, bet jau kitu, aukštesniu, pažinimo lygmeniu. Pavyzdžiui, atomų idėja buvo iškelta senovės Graikijoje ir vėl prisiminta XVII a. Heliocentrinę sistemą jau siūlė antikos astronomas Aristarchos (Aristarchas), ji buvo atmesta, ir prie jos vėl sugrįžo Kopernikas. Ginčas tarp banginės ir korpuskulinės šviesos teorijų šalininkų krypo ir vienos, ir kitos teorijos naudai, kol buvo

pasiekta jų sintezė. XX a. pradžioje fizikai atsisakė eterio hipotezės ir grįžo prie absoliučios Demokritos tuštumos, tačiau netrukus paaiškėjo, jog ta tuštuma kupina virtualiųjų dalelių, ji turi energijos, sukelia įvairius reiškinius, t. y. tuštuma iš tikrųjų yra sudėtingas fizikinis objektas – vakuumas, kai kuriomis savybėmis primenantis atmestąjį eterį.

Raidos bruožai. Fizikos mokslo atsiradimą kartais bandoma perkelti į XVII a. pradžią, kai po Galilei atradimų fizika tapo tiksluoju mokslu ir prasidėjo sparti jos raida, t. y. praleidžiamas visas senosios fizikos laikotarpis. Tačiau klasikinės fizikos šaknys – antikoje. Klasikinė fizika atsirado reformuojant Aristoteles sistemą ir tęsiant pralenkusias laiką Euklides (Euklidas) ir Archimedes (Archimedas) idėjas. Mokslas negali iš karto virsti tiksluoju, – fizika, kaip ir kiti mokslai, turėjo pereiti empirinio žinių kaupimo ir filosofinio jų apibendrinimo laikotarpį.

Paprasčiausi žmogų supantys reiškiniai – mechaniniai, tad nenuostabu, kad fizikos kūrimas prasidėjo nuo mechanikos. Ji ir sudarė pagrindinę senosios fizikos dalį, ir netgi faktiškai vienintelę, neskaitant kosmologijos bei meteorologijos, kurios dabartiniu požiūriu nepriklauso fizikai. Tiesa, žmogus nuolat susidurdavo ir su šviesos bei garso reiškiniais, tačiau jų prigimtis gana sudėtinga, tad senovės graikai žinojo tik atskirus tų sričių faktus ir apsiribojo gana naiviais jų aiškinimais. Tais laikais filosofai net neįtarė, jog kažkur prie Baltijos randamo gintaro bei Mažonoje Azijoje aptinkamo magnetito savybės traukti atitinkamai plunksnes ar geležį – ne reti kuriozai, o ženklai, liudijantys apie išstisus reiškinį sritis, slypinčias už žmogaus jutimų ribų.

Mechanika pirmoji įgijo griežtą bei sistemingą pavidalą – XVII a. Newtonas sukūrė tvirtus jos pagrindus, o XVIII a. mokslininkai išplėtojo nuoseklią matematinę teoriją. Mechanika tapo griežto mokslo pavyzdžiu tiek fizikai, tiek kitiems gamtos mokslams. Atkakliai siekta visai fizikai pritaikyti mechaninius modelius: įvairius fizikinius reiškinius paaiškinti dalelių smūgiais, skysčių tekėjimu, bangų sklidimu terpėse ir pan.

Suprasti šviesos reiškinius ilgą laiką kliudė dvilypė jos prigimtis. Vis dėlto XIX a. antroje pusėje ir optika įgijo išsamų teorinį pavidalą.

Tas fizikos sričių įsisavinimas primena geografinių atradimų istoriją. Kaip fizika prasidėjo nuo žmogų supančių mechaninių ir optinių reiškinų tyrimo, taip mūsų planetos pažinimas – nuo Europos ir Azijos žemynų, kuriuose buvo senieji civilizacijos centrai. Afrikos – artimos, bet mažai pažįstamos – tyrinėjimas užtruko, panašiai kaip tiesiogiai suvokiamų, bet sunkiai kiekybiškai aprašomų šiluminių reiškinų nuodugnesnis tyrimas. O Amerikos atradimas ir greitas kolonizavimas po to, kai buvo sukonstruoti tobulesni jūrų laivai ir navigacijos prietaisai, argi

neprimena fizikos Naujojo pasaulio – elektromagnetizmo (beje, irgi sudaryto iš dviejų besijungiančių dalių) pažinimo po to, kai buvo išrasti tam reikalingi prietaisai ir įrenginiai?

XIX a. pabaigoje fizika atrodė beveik užbaigta, kaip ir geografija po didžiųjų atradimų laikotarpio. Tačiau XX a. antroje pusėje, sukūrus technikos stebuklus – erdvėlaivius, Žemės geografiją pratęsė Mėnulio ir planetų tyrimai. Panašaus eksperimentinės technikos ir minties šuolio prirėkė atsirasti naujajai XX a. fizikai – reliatyvumo teorijai, kvantinei mechanikai, atomo, branduolio, elementariųjų dalelių fizikai, astrofizikai. Jų atradimai ir tyrimai pasidarė įmanomi tik sukūrus unikalius prietaisus, kurie iš esmės praplėtė žmogaus jutimų galias.

Taigi fizikos plėtra vyko nuo senojo fizikos pasaulio tolyn įvairiomis kryptimis, atitinkančiomis pagrindinius fizikinius dydžius, t. y. atstumų, greičių, energijų, temperatūrų kryptimis. Kadangi, kintant masteliui, gamta nekartoja pati savęs, tai mažų ir didelių atstumų, didelių greičių, žemų ir aukštų temperatūrų, didelių energijų kryptimis buvo aptiktos naujos reiškinių sritys, kurias aprašė ar dar tik bando aprašyti atitinkamos šiuolaikinės fizikos šakos.

Fizika turi ryškų priešakinį tyrimų kraštą, tai nėra būdinga socialiniams ir humanitariniams mokslams.

2.2. EKSPONENTINĖ IR LOGISTINĖ RAIDA

Fizikos istorija, skirtingai negu pati fizika, yra humanitarinis mokslas su jam būdingais pranašumais ir trūkumais. Pranašumai – bendras, sisteminis požiūris, kuris remiasi ne tik konkrečiomis žiniomis, bet ir intuityviomis idėjomis, negriežtomis asociacijomis, bendru istorijos proceso suvokimu. Minusai – kriterijų ir vertinimų nevienareikšmiškumas, netgi subjektyvumas, laisvas faktų parinkimas ir sąmoningas ar nesąmoningas jų priderinimas prie išankstinių idėjų bei tam tikrų schemų. Kiekvienas žymesnis istorikas kuria savąją mokslo raidos koncepciją.

XX a. buvo pradėta nagrinėti mokslo raidą naudojantis matematiniais, ypač statistiniais, metodais. Atsirado naujas mokslas – mokslotyra, beje, ją dar XIX a. pradžioje numatė A.M. Ampère (A.M. Amperas). Matematikos taikymas, aišku, negarantuoja, jog rezultatas bus teisingas, – dar turi būti teisingos prielaidos, patikimi duomenys. Naudojantis supaprastintais modeliais sudėtingai mokslo sistemos aprašyti, lengva padaryti formalias išvadas, tad mokslotyrininkas turi derinti kiekybinę analizę su prasmine, o tai įmanoma tik gerai išmanant tiriamą mokslo sritį. Vis dėlto, nepaisant kai kurių trūkumų, būdingų pradiniam raidos etapui, mokslotyroje yra gauta įdomių, netrivialių rezultatų; tokie tyrimai iš esmės

papildo tradicinę istorinę analizę, padeda atskleisti mokslo raidos dėsningumus. Mokslotyra dažniausiai remiasi būtent fizikos – bendriausio gamtos mokslo, ilgalaikės mokslų lyderės – raidos duomenimis.

Norint taikyti matematinius metodus, reikia įvesti kiekybines charakteristikas. Tokios pagrindinės mokslo raidos charakteristikos yra mokslo darbuotojų, mokslo įstaigų, žurnalų, straipsnių skaičiai, mokslui skiriamos lėšos ir pan.

Pagrindinė pastarųjų trijų keturių amžių mokslo ypatybė – sparti plėtra. Šio reiškinio priežastį ižiūrėjo dar R. Descartes (R. Dekartas). Jis rašė: „Tie, kas palaipsniui atranda mokslo tiesas, yra panašūs į pirklus, kurie, pradėję turtėti, lengviau įgyja tolesnius stambius turtus, negu mažesnius įgydavo anksčiau, būdami neturtingi.“

Viena mokslo idėja gimdo kitas, sukurtas metodas pritaikomas įvairiose srityse. Nauja mokslininkų karta nepradeda tyrimų iš naujo, o tęsia ankstesniųjų kartų darbus, tarsi atsistoja joms ant pečių. Taigi galima daryti prielaidą, kad mokslo plėtros sparta yra proporcinga jo pasiektam lygiui.

Tarkime, y yra mokslą apibūdinantis dydis. Tada tą prielaidą matematiškai užrašyti galima taip:

$$\frac{dy}{dt} = ky;$$

čia dy/dt yra dydžio y kitimo sparta, o k – tam tikra konstanta. Šios paprastos diferencialinės lygties sprendinys yra eksponentinė funkcija

$$y = y_0 e^{kt},$$

čia y_0 yra dydžio y vertė pradinio laiko momentu $t_0 = 0$. Taigi, remiantis tuo idealizuotu modeliu, mokslo plėtra turėtų vykti pagal eksponentinį dėsnį.

Tokį procesą patogiu apibūdinti dvigubėjimo trukme, t. y. laiko tarpu, per kurį dydžio y vertė padidėja dvigubai. Lengva matyti, kad ši trukmė τ nepriklauso nuo pradinės vertės y_0 , tik nuo konstantos k :

$$y_1 = y_0 e^{kt_1}, y_2 = y_0 e^{kt_2},$$

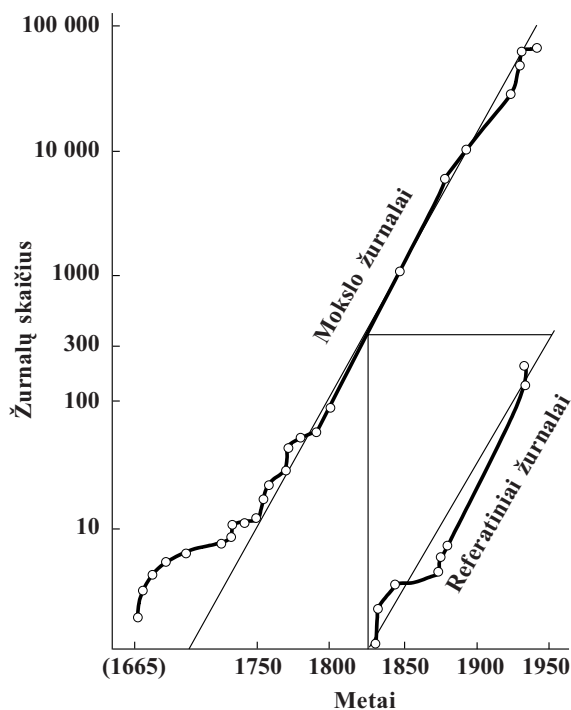
$$y_2 / y_1 = e^{k(t_2 - t_1)} = 2,$$

$$\tau = t_2 - t_1 = \frac{\ln 2}{k}.$$

Eksponentinė plėtra atitinka pastovų procentinį prieaugį per vienodus laiko tarpus. Pavyzdžiui, 5% per metus plėtrą atitinka $k = 0,05/m$. ir dvigubėjimo trukmė, apytiksliai lygi keturiolikai metų.

Ekspontinio vyksmo pavyzdžių nesunku rasti. Taip didėtų mūsų indėlis banke, jei nebūtų infliacijos, o mes neatsiimtume jo dar nepraėjus bent kelioms dvigubėjimo trukmėms. Ekspontentiškai plėtėsi geležinkelių tinklas Europoje XIX a. pabaigoje, naudingųjų iškasenų gavyba XX a. pirmoje pusėje, didėjo triušų skaičius Australijoje po to, kai jie buvo atvežti į šį žemyną...

Įvairūs duomenys liudija, kad mokslui iš tikrųjų yra būdinga eksponentinė plėtra. 2.1 paveikslėlyje pavaizduotas mokslo žurnalų skaičiaus kitimas pasaulyje pradedant 1665 m., kai pasirodė pirmieji tokie žurnalai, iki XX a. vidurio. Ekspontentinis dėsnis (jį logaritminėje skalėje atitinka tiesė) pradėjo galioti tik žurnalų skaičiui XVIII a. viduryje pasiekus tam tikrą vertę – dešimtį. Vėliau žurnalų padvigubėdavo kas penkiolika metų. Panašiai kito ir referatinių žurnalų skaičius.



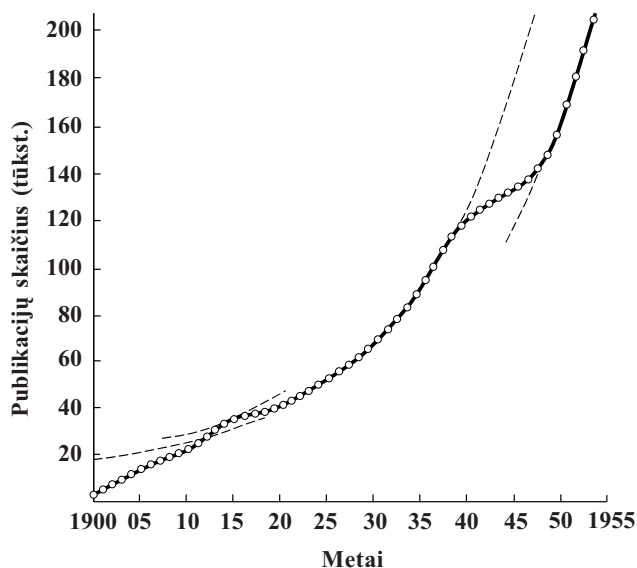
2.1 pav. Mokslo ir referatinių žurnalų skaičiaus kitimas pasaulyje 1665–1950 m. Kai kurie žurnalai nustodavo eiti; pateikti duomenys atitinka visus iki tų metų leistus žurnalus. Šiuo metu pasaulyje leidžiama apie 100 000 mokslo žurnalų

XX a. pirmoje pusėje mokslo darbuotojų skaičius pasaulyje padvigubėdavo kas dešimt metų. Po Antrojo pasaulinio karo ketelį dešimtmečių eksponentiškai augo išsivysčiusių šalių išlaidos mokslui ir jo taikymams.

Pastebimas toks dėsningumas: greičiausiai didėja mokslui skiriamos lėšos, lėčiau – mokslininkų skaičius, dar lėčiau – jų darbų skaičius ir lėčiausiai – pagrindiniai mokslo rezultatai.

Eksponentinė mokslo plėtra prasidėjo apie XVII a. vidurį. Įvertinant dvigubėjimo trukmę, lygią maždaug penkiolikai metų, mokslo apimtis per tris šimtus metų turėjo padidėti apie milijoną kartų. Kitos iš šio dėsnio išplaukiančios netikėtos išvados: šiuo metu pasaulyje esantys mokslo darbuotojai (apie 10 milijonų) sudaro 90% visų laikų mokslo darbuotojų, o per paskutiniuosius penkiolika metų mokslui išleistos lėšos viršija visas kada nors jam skirtas lėšas. Taigi ne veltui šiuolaikinis mokslas vadinamas didžiuoju – lyginant su mažuoju ankstesniųjų amžių mokslu.

Mokslo raidai, aišku, turi įtakos visuomenės gyvenimo pokyčiai. Antai publikuotų mokslo darbų skaičiaus kitimas Pirmojo ir Antrojo pasaulinių karų laikotarpiu sulėtėdavo, bet po karo vėl įgydavo eksponentinį pobūdį – kreivė tarsi pasistumdavo ankstesnės savo padėties atžvilgiu, išlikdavo netgi ta pati dvigubėjimo trukmė (2.2 pav.). Tai liudija, jog mokslas yra gana autonominė sistema.



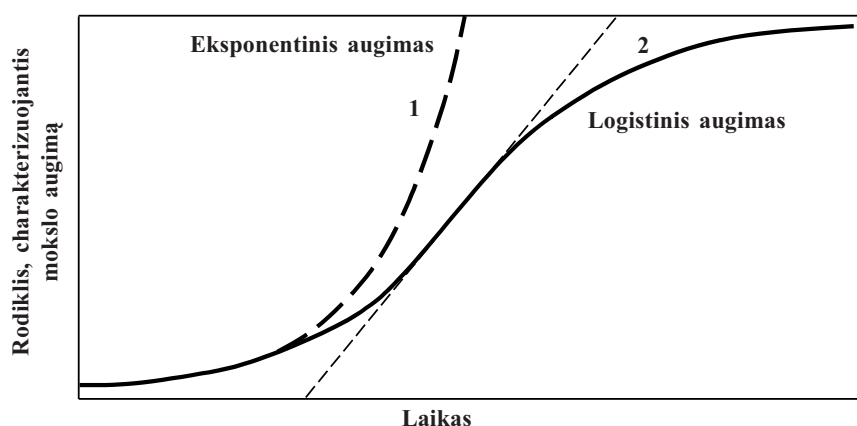
2.2 pav. Publikacijų, referuojamų žurnale „Physics Abstracts“, bendro skaičiaus didėjimas laikotarpiu, apimančiu Pirmąjį ir Antrąjį pasaulinius karus

Vis dėlto eksponentinė plėtra yra galima, kai egzistuoja neriboti ištekliai ir nėra suvaržymų. Realiai, netgi palankiomis sąlygomis, ji gali trukti tik tam tikrą

laiko tarpą. Sulėtėjo geležinkelių tinklo ar iškasenų gavybos tempai, stebinę savo sparta. Žmonių skaičius Žemėje padvigubėdavo maždaug kas 45 metus, bet, XX a. devintajame dešimtmetyje pasiekęs 5 milijardus, jis dėl įvairių priežasčių, už kurių slypi ribotos planetos galimybės, ėmė augti lėčiau ir artėti prie tam tikros ribos. Lengva matyti, kad ir mokslo plėtra turi savo ribas. Mokslininkų skaičius negali ilgą laiką augti greičiau negu gyventojų skaičius. Mokslotyros klasiko D. Price (D. Praisas) vertinimu, bent minimalios kvalifikacijos mokslininkais gali tapti ne daugiau kaip 6–8% gyventojų. Išsivysčiusios šalys mokslo reikmėms skiria apie 1,5–3,5% bendrojo vidaus produkto; netgi nespecialistui aišku, kad šios išlaidos negali siekti 20%.

D. Price apie 1950 m. iškėlė hipotezę, jog eksponentinė mokslo plėtra, laikui bėgant, virsta logistine.

Kas yra toji logistinė funkcija ir kuo ji skiriasi nuo eksponentės?



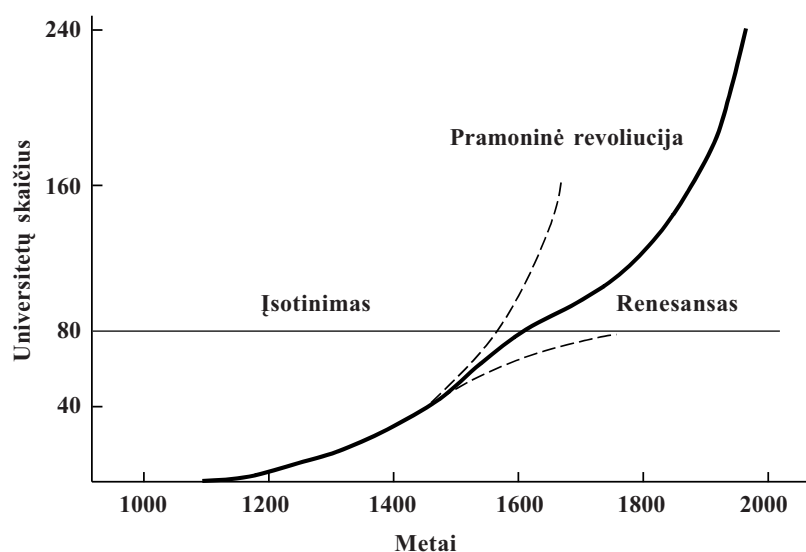
2.3 pav. Eksponentinė ir logistinė funkcijos

Kaip matyti iš 2.3 paveikslėlio, iš pradžių eksponentinės (1) ir logistinės (2) funkcijų eiga yra panaši, bet vėliau jos išsiskiria: eksponentinė funkcija staigiai kyla aukštyn, o logistinė, perėjusi persilenkimo tašką O, ima artėti prie ribos. Ši funkcija užrašoma formule:

$$y = \frac{b}{1 + ae^{-kt}}$$

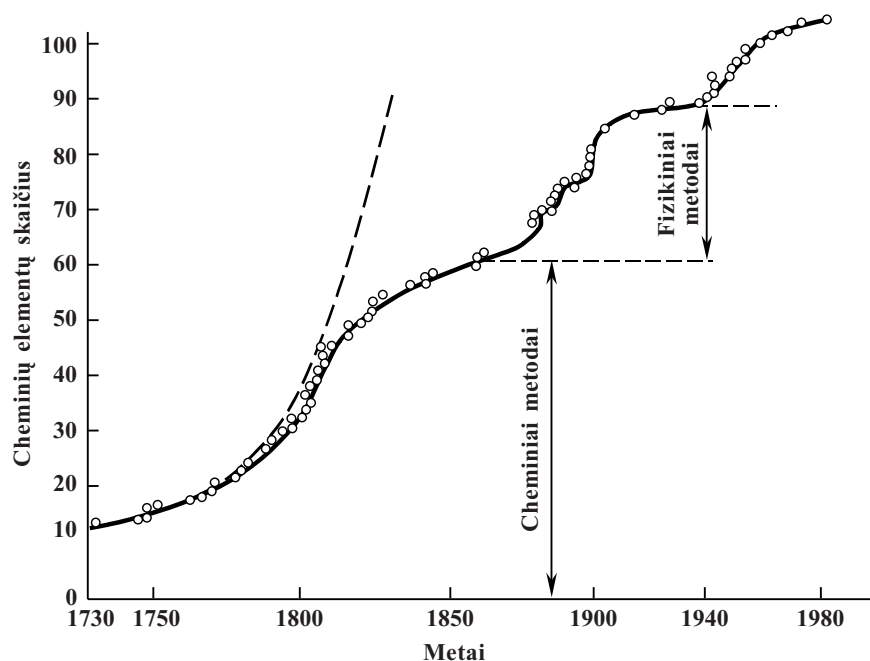
čia konstanta $k > 0$, o b yra asimptotinė y vertė. Kai konstanta a pakankamai didelė, o dydis t mažas, antrasis narys vardiklyje tampa gerokai didesnis už 1 ir

logistinė funkcija virsta eksponentine. Kai $t \rightarrow \infty$, y artėja prie asimptotinės vertės b . Iki persilenkimo taško dydis y auga greitėjančiai, už jo – lėtėjančiai, taigi šiame taške funkcija keičia savo pobūdį. Paprastai sistema jautriai reaguoja į šį pokytį – ieškoma naujų rezervų ir galimybių ankstesnei tendencijai atstatyti. Mokslui tai iki šiol pavykdavo.



2.4 pav. Universitetų skaičiaus didėjimas

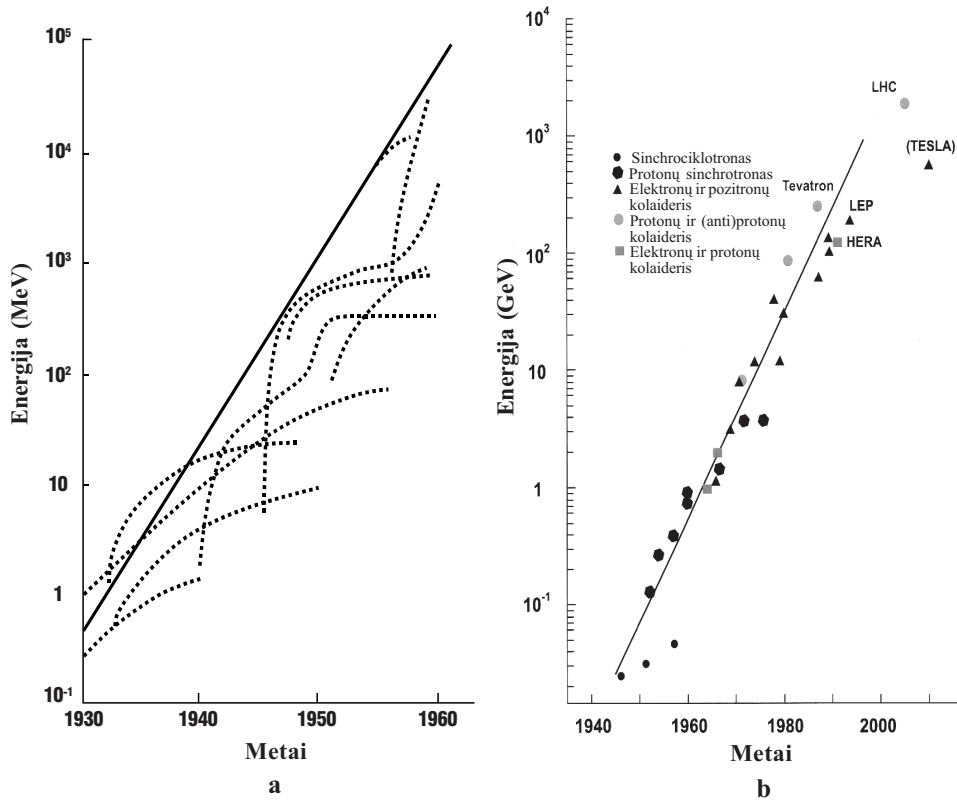
Antai Europoje po pirmojo universiteto įkūrimo 1088 m. penktą amžių universitetų daugėjo eksponentiškai su dvigubėjimo trukme, lygia šimtui metų (2.4 pav.). Vėlyvaisiais viduramžiais tempai ėmė lėtėti, nes mokslas buvo pasiekiamas tik nedidelei kilmingųjų gyventojų daliai ir, be to, atitrūkęs nuo praktinių visuomenės poreikių. Tačiau buvo išrastas knygų spausdinimas, prasidėjo kultūros atgimimas, studijos tapo prieinamos platesniems gyventojų sluoksniams. Tai gi vėl prasidėjo universitetų skaičiaus augimas pagal eksponentinį dėsnį su dvigubėjimo trukme, lygia maždaug 70 metų, kuris tęsiasi iki šiol. Keletą tokių bangavimų galima išvelgti atrastų cheminių elementų skaičiaus didėjime (2.5 pav.). Naudojami jų atradimo metodai išsemia savo galimybes, bet pradedami taikyti nauji metodai, kurie sukelia kitą atradimų bangą.



2.5 pav. Žinomų cheminių elementų skaičiaus kitimas

Toks lėtėjančio augimo virtimas nauju sparčiu kilimu suradus papildomų išteklių yra vadinamas *eskalacija*. Klasikinis jos pavyzdys – pasaka apie pupą. Pasodino senis troboje pupą. Augo toji pupa ir priaugo lubas. Atrodo, lemta jai nudžiūti. Betgi išgelbėjo ją senis – prakirto lubas. Dar paaugo pupa ir pasiekė stogą. Vėl senis atvėrė jai naujas augimo galimybes – prakirto stogą. Taip ji užaugusi ligi dangaus.

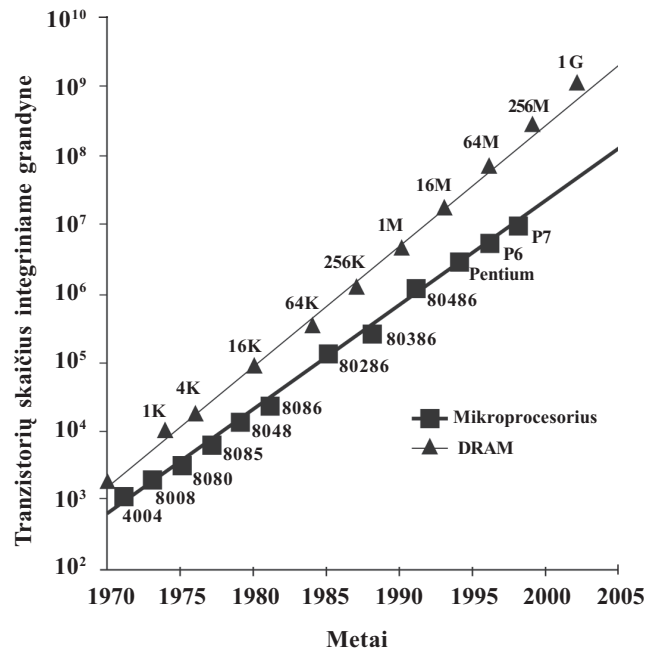
Mokslo ištekliai yra dideli ir įvairūs. Tai naujų pažinimo sričių, krypčių ir metodų atradimas, tikslesnių prietaisų sukūrimas, mokslo sistemos tobulinimas, tyrimų automatizavimas ir interneto plėtra... Vieni metodai, prietaisai, kryptys perduoda estafetę kitiems palaikydami sparčią mokslo raidą. E. Fermi kažkada sudarė elementariųjų dalelių greitintuvų tobulėjimo schemą (2.6 pav., a). Kiekviena iš punktyrinių kreivių atitinka tam tikro tipo greitintuvuose pasiekiamas dalelių energijas. Matome, jog vieno tipo greitintuvo tobulinimas greitai priartėja prie asimptotinės ribos, tačiau estafetę perima kito tipo greitintuvai. Naudojant logaritminę skalę, bangavimas sunkiau pastebimas, tad suminė kreivė apytiksliai yra tiesė, o paprastoje skalėje – eksponentinė funkcija. Ją iki XX a. pabaigos pratęsia ir vėlesni duomenys (2.6 pav., b). Panaši situacija būdinga ir lazerių fizikai – jų galios eksponentinį didėjimą užtikrina vis naujų lazerių rūšių išradimas.



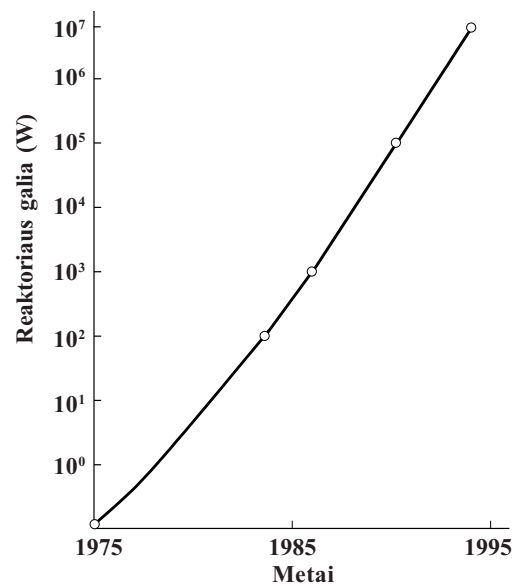
2.6 pav. Elementariųjų dalelių energijos, pasiekiamos greitintuvuose, didėjimas: a – E. Fermi sudaryta schema; b – eksponentinis augimas XX a. antroje pusėje

Kitas pavyzdys iš technikos: vežimą pakeitė automobilis, šį – lėktuvas ir raketa, taigi didžiausias galimas transporto priemonių greitis irgi didėjo eksponentiškai.

Puslaidininkų fizikoje yra žinomas Moore dėsnis (Muro dėsnis): tranzistorių skaičius integriniame grandyne padvigubėja maždaug kas aštuoniolika mėnesių (2.7 pav.); tokį nepaprastai spartų augimą palaiko naujų grandyno formavimo būdų kūrimas ir tobulinimas (beje, šiame paveikslėlyje, net ir naudojantis logaritmine skale, matyti, kad taškai nukrypsta nuo tiesės į abi puses – plėtrai būdingas bangavimas). Priešakinės pasaulio valstybės daug dėmesio skiria valdomai termobranduolinei sintezei įgyvendinti. Nepaisant daugelio kliūčių ir sudėtingų problemų, tokamakų – termobranduolinės sintezės reaktorių – galia irgi didėjo eksponentiškai (2.8 pav.).



2.7 pav. Tranzistorių skaičiaus integriniame grandyne ir jo atminties (DRAM) talpos didėjimas



2.8 pav. Tokamakų – valdomos termobranduolinės sintezės reaktorių – galios kitimas

Vis dėlto, laikui bėgant, išsemiamos ne tik atskirų prietaisų ar metodų tobulinimo galimybės, bet ir ištisų mokslo šakų ar net krypčių plėtros perspektyvos: nustatomi pagrindiniai dėsniai, lieka tik juos patikslinti bei papildyti. Tokį baigtumo laipsnį pasiekė klasikinės fizikos šakos, bet XX a. atsirado naujoji fizika, kuri pratęsė sparčią plėtrą beveik iki šimtmečio pabaigos (pastaraisiais dešimtmečiais iš fizikos, ilgą laiką buvusios gamtos mokslų lydere, estafetę jau perima kitos mokslo kryptys – genetika ir mikrobiologija).

2.3. ATSITIKTINUMAI IR DĒSNINGUMAI MOKSLO RAIDOJE

Kiek mokslo raida yra dėsninga ir kiek ji priklauso nuo atsitiktinumų? Svarstydami šį klausimą, iš pradžių tokiu požiūriu pažvelgsime į fizikos raidą, o vėliau įvertinsime asmenybės reikšmę moksle.

Atsitiktiniai ir dėsningi atradimai. Fizikos istorijos vadovėliuose, ypač mokslo populiarinamosiose knygose, daug fizikos atradimų yra minimi kaip netikėti ir atsitiktiniai.

F. Grimaldi (F. Grimaldis), eksperimentavęs su labai siaurais šviesos pluoštais, kurie gaunami praeinant šviesai pro mažytę skylutę saulės apšviestoje langinėje, pastebėjo šviesios dėmelės išplitimą ir jos kraštų nuspalvinimą, t. y. netikėtai aptiko šviesos difrakcijos reiškinį. Deja, atradėjas nesuprato reiškinio prigimties – jis aiškino, kad bangos susidaro šviesos spinduliui veikiant ekraną, kaip akmeniui krintant į vandenį.

Atrasti, kad varlės raumenyje gali susidaryti elektros srovė, italų biologui L. Galvani (L. Galvanis) padėjo net keli atsitiktinumai. Iš pradžių jis atkreipė dėmesį, kad varlės raumuo susitraukia šalia vykstant elektros išlydžiui, o po daugelio papildomų bandymų mokslininkas atsitiktinai pastebėjo, kad elektros srovė raumenyje atsiranda liečiant jį dviem skirtingų metalų skalpeliais. Galvani irgi neįžvelgė savo atradimo esmės; netgi A. Voltai (A. Volta) sukonstravus pirmąjį elektros srovės šaltinį, Galvani atkakliai tebetikėjo savo atrastos „gyvūnų elektros“ egzistavimu.

Dažnai minimi atsitiktiniai atradimai – ryšio tarp elektrinių ir magnetinių reiškinų nustatymas (H. Oerstedas), Röntgeno spindulių bei radioaktyvumo reiškinio (H. Becquerelis (A. Bekerelis)) atradimai ir kiti.

Bene geriausiai žinomas atsitiktinumas – obuolio kritimas, padėjęs I. Newtonui atrasti visuotinės traukos dėsnį. Iš tikrųjų ši istorija daug sudėtingesnė. Nors obuolys

nėra išgalvotas – apie tai keliems savo amžininkams pasakojęs pats Newtonas, – tačiau tai buvo tik impulsas, nukreipęs mokslininko mintis link šios problemos sprendimo, kurio jau anksčiau ieškojo kiti mokslininkai.

3 lentelė

Fizikos atradimai

Netikėti atradimai	Iš anksto numatyti atradimai
Atmosferos slėgis	Atomai
Šviesos difrakcija	Amžinojo variklio negalimumas
Browno judėjimas	Šviesos poliarizacija
Ultravioletiniai spinduliai	Garų mašina
Röntgeno spinduliai	Absoliutusias nulis
Radioaktyvumas	Magnetinė indukcija
Šviesos greičio pastovumas	Elektromagnetinės bangos
Superlaidumas	Gravitacinės bangos
Kosminiai radijo spinduliai	Juodosios skylės
Supertakumas	Neutroninės žvaigždės
Urano dalijimosi reakcija	Bose ir Einsteino kondensatas dujose
Fulerenai ir anglies nanovamzdeliai	
Kosminiai mazeriai	

Galima surasti daug ir kitokių faktų, kai mokslininkai padarė atradimą ar išradimą labai nuosekliai ir logiškai protaudami. Pavyzdys gali būti G. Galilei žiūro no išradimas, J. Keplerio atkakli ir nuosekli planetų judėjimo dėsnų paieška, kurią vainikavo jo vardu dabar vadinamų dėsnų formulavimas, ar M. Faraday (M. Faradėjus) apie dešimtmetį trukusios elektromagnetinės indukcijos reiškinio paieškos (norėdamas nuolat sau priminti šį tikslą, mokslininkas netgi nešiojosi kišenėje nedidelį magnetą). Tokie pavyzdžiai rečiau aprašomi fizikos istorijoje, bet tai nereikia, kad jie retesni, o tik mažiau įspūdingi ir įdomūs, – juk nuoseklus darbas yra įprasta mokslo kasdienybė.

Kita vertus, lengva planuoti ir numatyti standartinį mokslinį darbą, kiekybinius rezultatus, o ne naujus atradimus. Kuo atradimas mažiau susijęs su ankstesnėmis mokslo žiniomis, tuo sunkiau jį numatyti iš anksto. Taigi mokslo atradimuose beveik visada yra netikėtumo, laimės elementas, susijęs su palankiomis aplinkybėmis, netikėtais sutapimais ir pan.

Tačiau atsitiktinumai nebūna akli, apie tai liudija vien tas faktas, jog visus pirmiau minėtus atsitiktinius atradimus padarė žymūs mokslininkai, kurie yra gavę ir kitų reikšmingų rezultatų fizikoje. Laimė daug dažniau šypsojosi profesionalams, o ne diletantams, ypač vėlesniu fizikos raidos laikotarpiu. Profesionalo kvalifikacija, profesinis meistriškumas, gera aparatūra dažnai padeda pasireikšti

atsitiktinumui, o mokslininko pastabumas ir orientacija – išskirti naują efektą, įvertinti jį. Kaip rašė L. Pasteuras (L. Pasteras): „Atsitiktinumas palankus tik pasiruošusiems protams.“ Galima pridurti – ir talentingiausiems bei atkakliausiems. Juk ir H. Oerstedas, ir W.C. Röntgenas (V.K. Rentgenas), ir H. Becquerelis yra turėję pirmųjų, kurie praėjo pro atradimą taip ir neatkreipę į jį dėmesio.

Antai 1866 m. vienas iš fotoplokštelės išradėjų N. de Saint-Victoras (N. de Sen-Viktoras) įteikė Prancūzijos mokslų akademijai darbą „Apie naujus šviesos poveikius“, kuriame pranešė, jog viena iš urano druskų – uranilas tamsoje veikia fotoplokštelę. Panašų reiškinį vėliau stebėjo italų chemikas C. Arnoldas (K. Arnoldas). Deja, tas siūlo galas, vedęs į radioaktyvumo atradimą, nebuvo nutvertas. Paskelbus apie atradimą, neretai paaiškėja, jog buvo pirmųjų, kurie kėlė panašią hipotezę, bet jos neįrodė, pastebėjo reiškinį, bet nesuprato jo esmės, ar padarė atradimą per anksti ir tas darbas liko tiesiog užmirštas. Tad moksle gana dažni ginčai dėl prioriteto. Neretai laurai priskiriami žymiam mokslininkui, nes vis dėlto tikras profesionalas sugeba gauti tikslesnius, neabejotinus rezultatus, geriau įžvelgia atradimo naujumą ir reikšmingumą, atkreipia į jį mokslo visuomenės dėmesį.

Atradimas yra mokslinių tyrimų kulminacija, o didžiąją laiko dalį, gal net 99,99%, užima kruopštus, kitaip tariant, juodas mokslinis darbas. Jis sunkiai įžiūrimas iš šalies netgi mokslo istorikams, tačiau būtent faktų rinkimas paruošia terpę naujiems atradimams. Taigi mokslas atkakliai, nuosekliai skverbiasi į nežinomybės sritį. Konstruojami nauji tikslesni prietaisai, kaupiami rezultatai, atliekami vis išsamesni ir tikslesni reiškinų tyrimai, nustatomi empiriniai dėsningumai, plečiamos tiriamos srities ribos. Tokiu būdu palaipsniui bręsta sąlygos, įgalinančios įžvelgti bendrus dėsningumus. Kada įvyks vienos ar kitos fizikos šakos raidos šuolis, priklauso nuo mokslininkų įžvalgumo, aišku, ir nuo atsitiktinių palankių aplinkybių.

J.W. Goethe (J.V. Gėtė) vaizdžiai ir taikliai rašė: „Galima pastebėti, kad žinios, kaip uždaras, bet gyvas vanduo, pamažu kyla ligi tam tikro lygio, kad pačius nuostabiausius atradimus padaro ne tiek žmonės, kiek laikas.“ O vienas iš mokslo tyros pradininkų F. Galtonas (F. Goltonas) pribrendusius atradimus lygino su prinokusiais, linkusiais nukristi obuoliais. Iš tikrųjų, tokius atradimus vienu metu ir nepriklausomai dažnai padaro keletas mokslininkų. Antai dėl energijos tvermės dėsnio atradimo garbės ginčijosi net keliolika mokslininkų.

Tikrai atsitiktiniai būna tik kai kurie priešlaikiniai atradimai ar išradimai, kurie neišplaukia iš bendros mokslo raidos, nebūna pribrendę, o juos lemia labai palankios aplinkybės. Deja, tokie, pralenkę savo laiką, mokslo rezultatai paprastai

lieka nesuprasti ir užmiršti. Pavyzdžiui, taip atsitiko su N. de Saint-Victoro pastebėta urano druskos savybe.

Fizikai skverbiantis į vis sunkiau pasiekiamas sritis, įsigalint kolektyviniams tyrimams, atsitiktinumų reikšmė mažėja. Šiuolaikinis mokslas labiau primena planingą, sistemingą problemos apgultį, negu drąsa ir atsitiktinumu paremtą žvalgą.

Asmenybės reikšmė moksle. Fizikos dėsniai nepriklauso nuo juos atradusių mokslininkų charakterio ar intelekto savybių. Vienu metu keliems mokslininkams nepriklausomai nustačius tą patį dėsnį, esminiai jo bruožai sutampa. Karo metais branduolio fizikos tyrimai, susiję su grandinine dalijimosi reakcija, buvo išslaptinti ir plėtojami nepriklausomai JAV, Vokietijoje bei TSRS. Po šaltojo karo, išslaptinus kai kuriuos fizikos rezultatus, pasirodė, kad gautos formulės skiriasi tik žymėjimais ir kai kuriais neesminiais supaprastinimais. Net jeigu atradėjas ir suteikia kažkokių savitų bruožų pradinei formulotei, netrukus ji išgryninama ir visiškai nuasmeninama. Daugelis mokslininkų įsitikinę, kad netgi žmogaus proto ar mūsų civilizacijos ypatumai bei ribotumai neatsispindi nustatytuose fizikos dėsnuose. Taigi kitos kosminės civilizacijos fizika neturėtų iš esmės skirtis nuo mūsų fizikos.

Jei kurio garsaus mokslininko gyvenimas būtų susiklostęs kitaip, pavyzdžiui, jis būtų miręs vaikystėje, tai jo vardu dabar vadinamus dėsnius vis tiek būtų atradę kiti mokslininkai. Kita vertus, A. Puškino (A. Puškinas) ar V. Mačernio neparašytų kūrinių jau niekas niekada neparašys.

Netgi I. Newtonas ar A. Einšteinas (A. Einšteinas) nėra išimtis. Visuotinės traukos dėsnį jau beveik buvo atskleidęs R. Hooke, diferencialinį ir integralinį skaičiavimą nepriklausomai sukūrė I. Newtonas ir netrukus G. Leibnizas. Ko gero, tik mechanikos pagrindų formulavimas būtų vėlavęs keliasdešimt metų ar net visą šimtmetį, gal tai būtų atlikta ne mechanikos kūrimo pradžioje, o apibendrinant daugelį mokslo faktų ir dėsnių.

A. Einšteinas suformulavo specialiąją reliatyvumo teoriją tik šiek tiek pralenkdamas H. Poincaré (A. Puankarė). Kita vertus, bendrąją reliatyvumo teoriją jis kūrė gerokai pranokdamas kitus mokslininkus ir beveik neturėdamas eksperimentinių ar praktinių stimulų. Jei ne A. Einšteinas, jos tikriausiai nebūtų buvę dar keletą dešimtmečių, kol nebūtų atsiradę poreikio paaiškinti Visatos plėtimąsi ir keistų jos objektų – juodųjų skylių ir neutroninių žvaigždžių egzistavimą. Tai liudija, jog negalima nukrypti į kraštutinumą ir sumenkinti asmenybės reikšmės moksle.

Asmenybė nekeičia fizikos dėsnių, bet ji gali pakeisti fizikos raidą, pagreitinti ar, priešingai, sulėtinti ją.

Sunku pervertinti Aristoteles reikšmę mokslui. Jei ne Aristoteles, kažin ar Senovės Graikijos mokslas būtų pradėjęs remtis faktais, be Aristoteles sistemos vargu ar būtų buvę ir fizikos atradimų Aleksandrijos muziejuje. Nuostabu, kad jo sukurta mokslo sistema vyravo ištisu du tūkstančius metų.

W. Gilbertas yra laikomas elektrinių ir magnetinių reiškinių tyrimo pradininku, iki tol egzistavo tik paskiros žinios apie tuos reiškinius. Iš tiesų W. Gilberto tyrimai galėjo būti sėkmingai atlikti ir ankstesniais laikais, nes tam nereikėjo kokių nors specialių priemonių. Beje, ir Gilberto laikais dar nebuvo tiesioginių aktyvinių pradėti tuos tyrimus. W. Gilbertas atliko beveik visus tuo metu įmanomus bandymus, ypač magnetizmo srityje; jo veikalas „Apie magnetą“ („De Magnete“, 1600) maždaug du šimtmečius buvo laikomas šios srities enciklopedija. Kita vertus, W. Gilberto padaryta išvada, jog elektriniai ir magnetiniai reiškiniai nėra susiję tarpusavyje, gerokai nutolino tokio ryšio atradimą. Analogiškai, I. Newtono autoritetas įtvirtino korpuskulinę šviesos teoriją fizikoje iki pat XIX a. pradžios.

Klasikinės fizikos atsiradimą ir scholastinės fizikos pralaimėjimą iš esmės nulėmė G. Galilei atradimai, labai vaizdžiai ir suprantamai jo paties aprašyti veikale „Dialogas apie dvi pasaulio sistemas“ („Dialogo sopra due massimi sistemi del mondo“, 1632).

Ne tik fizikos, bet ir kitų mokslo krypčių, netgi civilizacijos istorija būtų kitokia, jei nebūtų buvę I. Newtono. Mokslo raidą lėmė ne tik šio mokslininko atradimai, bet ir jų pavyzdžiu suformuota paradigma.

Nuosekliai daugelio mokslininkų pastangomis plėtojamoje šiuolaikinėje fizikoje sumažėjo žymių atradėjų vaidmuo, o padidėjo mokslinių mokyklų kūrėjų ir mokslo organizatorių vaidmuo.

Kvantinės mechanikos sukūrimas buvo per sunki problema netgi vieno geniaus jėgomis. Ji taip skiriasi nuo klasikinės mechanikos, kad, skverbiantis į mikropasaulį, nebuvo galima eiti laipsniško apibendrinimo keliu. Kaip žinome, kvantinę mechaniką kolektyviai sukūrė grupė jaunų fizikos talentų, kurie būrėsi aplink N. Bohrą. Būtent jis, sumaniai vadovaudamas ir skatindamas jaunuosius fizikus, sutelkė juos kolektyvinei „smegenų atakai“.

Dabar, sprendžiant sudėtingas fizikos problemas, suvienijamos daugelio fizikų pastangos, tad mokslo centro veiklos sėkmė labai priklauso nuo vadovo gebėjimo ne tik generuoti idėjas, bet ir suformuoti kolektyvą, sukurti jame kūrybinę atmosferą, palankią grandininei atradimų reakcijai.

Apibendrinant galima teigti, jog mokslo raidą labiau lemia dėsningumai negu atsitiktinumai ir pastarųjų reikšmė vis mažėja.

2.4. MOKSLINĖS MOKYKLOS

XIX a. ir ypač XX a. mokslo raidoje labai svarbų vaidmenį vaidino mokslinės mokyklos. Yra siūlomi įvairūs tokių mokyklų apibrėžimai; pateikiame vieną iš jų: „Šiuolaikinę mokslinę mokyklą apibrėšime kaip neformalią, kūrybinę, įvairių kartų, aukštos kvalifikacijos mokslininkų bendriją, plėtojančią kurią nors mokslo kryptį, vadovaujamą lyderio, vienijamą problemų sprendimo būdų, darbo ir mąstymo stiliaus bendrumo, idėjų ir jų realizacijos metodų originalumo, pasiekusių svarbių rezultatų ir pelniusią tos mokslo srities visuomenės autoritetą ir pripažinimą.“ (N. Rodnyj)

Daug XX a. fizikos atradimų yra padarę mokslininkai, kurie priklausė N. Bohro, E. Rutherfordo (E. Rezerfordas), L. Landau (L. Landau) ir E. Fermi mokslinėms mokykloms. Antai ne tik pats E. Fermi, bet ir apie dešimt jo mokinių, išugdytų Italijoje ir JAV, yra apdovanoti Nobelio premijomis už branduolio ir elementariųjų dalelių fizikos atradimus. E. Rutherfordas irgi subūrė kelias tokias mokinių ir bendraminčių grupes – Mak-Džilo (McGill) universitete Kanadoje, vėliau Mančesterio ir Kembridžo universitetuose Anglijoje. Rutherfordui persikėlus į kitą mokslo įstaigą, jo ir mokinių atradimai greit paversdavo tą universitetą pagrindiniu atomo branduolio tyrimų centru. E. Rutherfordo mokiniais save laikė H. Geigeris (H. Geigeris), E. Marsdenas (E. Marsdenas), H. Moseley (H. Mozlis), J. Chadwickas (Dž. Čadvikas), N. Bohras, P. Kapica (P. Kapica), H. Massey (H. Masis) ir daugelis kitų.

Taigi mokslinės mokyklos svarbą mokslui lemia tai, kad joje labai efektyviai ugdomi talentingi mokslininkai (anot W. Ostwaldo (V. Ostwaldas), ji būna genijų daigynas) ir, antra, tokie kolektyvai tampa pagrindiniais mokslo centrais, kuriuose padaroma daug reikšmingų atradimų.

Kaip jau minėta, mokslinės mokyklos centrinė figūra yra jos kūrėjas ir vadovas. Kokios jo savybės yra svarbios tai ypatingai mokslinės bendrijos forma atsirasti? Jis turi:

- Būti žymus mokslininkas, nes tik atradėjas patraukia jaunos talentus ir gali vadovauti visos grupės sėkmingiems tyrimams.
- Pasižymėti pedagoginiais gabumais, įžvelgti būsimus mokslo talentus, įkvėpti mokinius ir sudaryti palankias mokslinei kūrybai sąlygas.
- Sėkmingai vadovauti nestandartinių asmenybių kolektyvui.
- Būti idėjų generatorius, pasižymėti moksline intuicija, plačia erudicija ir gebėjimu išskirti esminius dalykus.
- Būti principingas ir atsidavęs mokslui, patraukti mokinius savo asmenybės žavesiu.

Daugelis mokyklų vadovų yra geranoriški, ugdo savo mokinių savarankiškumą bei iniciatyvą, tačiau pasitaiko ir autokratiškų lyderių, kurie nori, kad mokiniai stropiai vykdytų jų numatytą programą, – kaip antai H. Helmholtzas (H. Helmholtzas), vadintas mokslo kancleriu. Tačiau nemažai garsių mokslininkų nėra sukūrę savo mokyklų; tokie individualistai buvo A. Einšteinas, J. Gibsas (Dž. Gibsas), M. Planckas, P. Diracas ir kiti. Tai, matyt, lemia mokslininko uždaramas, polinkis dirbti vienumoje bei pedagoginių gabumų stoka.

Pagrindinė mokslinės mokyklos sėkmės priežastis – labai greitas jauno mokslininko brendimas tokia kolektive. Studijos aukštojoje mokykloje suteikia daug bendrų žinių, bet neišmoko tyrimų meno, fizikos problemų sprendimo būdų. Aišku, mokslo darbuotojas palaipsniui pats įgyja tų gebėjimų bei patirties, tačiau mokslinėje mokykloje tas tapsmas aukšto lygio profesionalu vyksta daug sparčiau ir efektyviau. Per pokalbius su vadovu, bendrą darbą su juo ir ypač per seminarus ar kolokviumus mokinys pagreitintu būdu atvedamas iki priešakinio mokslo krašto, įsisavina metodus, įgyja kūrybinės patirties. Taigi puikiu profesionalu jis tampa daug anksčiau negu kiti jo kartos mokslininkai, kurie tą lygį pasiekia daugiausia savarankiškai – klaidų ir bandymų keliu. Anot mokslotyriminkų, dideliems atradimams palankiausias yra jaunas tyrinėtojo amžius, aišku, esant mokslinei brandai. Mokslinė mokykla ir sudaro sąlygas talentingų jaunuolių, jiems turint didžiausią kūrybinį potencialą, ankstyvai kūrybinei brandai.

O talentus vadovas paprastai atsirenka dar aukštojoje mokykloje, kurioje jis dėsto. Tačiau tiesiogiai su juo dirbančių žmonių skaičius retai viršija dešimt–penkiolika. Vyresnieji mokiniai tampa savarankiški, užima profesorių vietas kitose mokslo įstaigose, pradeda savas tyrimų kryptis, beje, dažniausiai nenutraukdami ryšių su moksline mokykla ir toliau laikydami save jos nariais. Tuo tarpu grupę papildo jaunimas. Tas nuolatinis mokyklos atsinaujinimas ir užtikrina jos gyvybingumą.

Grupėje susidaro ypatinga kūrybinė atmosfera. Ją galima pavadinti sužadinta kolektyvine būseną, kuri labai palanki mokslo idėjoms generuoti ir joms virsti atradimais. Mokykloje susiformuoja ir originalus tyrimų stilius, moksliniai ir ne tik moksliniai pomėgiai. Neretai mokiniai perima iš mokytojo netgi jo įpročius, kalbėseną. Mokykloje susikuria savos tradicijos. Antai J.J. Thomsono (Dž. Dž. Tomsonas) mokiniai, dirbantys įvairiose mokslo įstaigose, kasmet gruodžio 25 dieną susirinkdavo pas savo mokytoją Kembridžo universitete, jo vadovaujamoje Cavendisho laboratorijoje, atšvęsti elektrono atradimo metinių. Jie dainuodavo, kresdavo pokštus, linksmindavosi ligi paryčių.

Reikia pasakyti, jog mokslinėje mokykloje ilgainiui gali pasireikšti ir neigiamos tendencijos: įsitvirtinti tam tikros neginčijamos tiesos – dogmos, atsirasti

nepakantumas kitų pažiūrų atstovams, savo vadovo perdėtas garbinimas. Tai daugiausia priklauso nuo paties mokyklos kūrėjo, jo gebėjimo, laikui bėgant, išlikti objektyviam ir imliam naujoms idėjoms. Greičiau sustabarėja mokyklos, kurių vadovas autokratas. Be to, tokios mokyklos paprastai subyra po vadovo mirties, nes jis neišugdo jį galinčio pakeisti lyderio, o tik veiklius mokslinės programos vykdytojus. Priešingai, kito tipo mokslinės mokyklos, kurių vadovai ugdo mokinių savarankiškumą, dažnai sukuria dukterines ir net „anūkinės“ mokyklas. Antai keli N. Bohro mokiniai – F. Blochas (F. Blochas), A. Bohras (O. Boras), L. Landau – taip pat tapo mokyklų vadovais, o nuo Landau mokyklos atsišakojo dar kelios teoretikų mokyklos.

Tiesą sakant, mokslinių mokyklų radimasi galima išvelgti ir ankstesniais laikais, netgi Senovės Graikijoje. Daugelis tokios mokyklos požymių būdingi Pythagoras (Pitagoras) ar Platono (Platonas) mokinių grupėms, pastarajai priklausė ir fizikos pradininkas Aristoteles, kuris vėliau sukūrė garsią savo mokyklą. Keletą žinomų fizikų, tęsiančių savo mokytojo tradiciją – E. Torricelli (E. Toričelis), V. Viviani (V. Vivianis) ir kitus, – išugdė G. Galilei, bet jo mokslinei mokyklai susiformuoti sutrukdė inkvizicijos persekiojimas ir draudimas turėti mokinių, kuris panaikintas tik jam senatvėje apakus.

Vis dėlto iki XIX a. mokslininkai dažniausiai dirbo pavieniui ir nebuvo sąlygų didesnėms mokslininkų grupėms susidaryti. Todėl būdingu mokslo bruožu tokios mokyklos tapo tik XIX a., kai mokslininkų skaičius viršijo tam tikrą kritinę ribą. Pirmąją šiuolaikinę chemikų mokyklą XIX a. trečiame dešimtmetyje sukūrė J. Liebigas (J. Libigas), netrukus fizikų mokyklą – G. Magnus (G. Magnus), fiziologų – J. Mülleris (J. Miuleris). Visos jos atsirado Vokietijoje, kuri tuo metu buvo pirmaujanti mokslo šalis.

G. Magnus organizavo vieną iš pirmųjų fizikos laboratorijų ir sumanė naują mokslininkų lavinimo ir bendravimo formą – kolokviumą, savo mokinių grupės periodinius susirinkimus, kurių metu buvo nagrinėjami nauji mokslo darbai. Būtent tokie kolokviumai ir seminarai pasirodė esą pats efektyviausias mokslinės mokyklos formavimo būdas. Vienas iš G. Magnus mokinių, vėliau pats tapęs mokyklos vadovu, – A. Kundtas (A. Kuntas) rašė: „Palikdamas Magnus laboratoriją, aš daug žinojau (tai aš supratau vėliau), jis suformavo mano pažiūras į fizikos teoriją, bet aš labiau linkau į eksperimentus. Kai man pavyko sukurti savo eksperimentinę kryptį moksle, aš su dėkingumu minėdavau savo mokytoją.“

G. Magnus išugdė visą plejadą puikių fizikų, pralenkusių savo mokytoją: H. Helmholtzą, R. Clausius (R. Klauzijus), A. Krönigą (A. Krėnigas), J. Gibbsą ir kitus. Beje, J. Gibbsas buvo amerikiečių fizikas, tobulinęs pas Magnus. XX a.,

sustiprėjus įvairių šalių mokslininkų ryšiams, daugelis žymiausių mokslinių mokyklų tapo internacionalinės. Tiesa, kitų šalių atstovai dažniausiai išitraukia į mokyklos veiklą jau baigę studijas ar net apgynę disertacijas savo šalyse, bet juk ir mokslų daktaras dar tik mokosi būti tikru mokslininku.

Šio skyrelio pradžioje jau buvo minėtos svarbiausios XX a. fizikų mokyklos. Jos turi bendrų bruožų, bet kiekviena yra labai savita ir nepakartojama. Tai visų pirma lemia mokyklos kūrėjo asmenybė, jo moksliniai principai. Bohro mokyklai buvo būdingos labai atkaklios, bet geranoriškos diskusijos, kurios vykdavo ne tik per seminarus, bet ir mažesnėse grupėse ar net dviese su N. Bohru. Jis turėjo retą talentą ieškoti tiesos Sokrates (Sokratas) metodu – kelti klausimus, kurie padėdavo aiškiai suformuluoti problemą ir atskleisti jos sprendimo kelius. E. Rutherfordas, jo mokinio P. Kapicos žodžiais tariant: „Stengėsi kaip galėdamas atskleisti asmenybės individualumą... Jis buvo pasiryžęs daug paaukoti, kad tik išugdytų žmogaus savarankiškumą ir mąstymo originalumą, ir jeigu tai pavykdavo, jis kaip įmanydamas globodavo mokinį ir skatindavo jo darbą.“ L. Landau, priešingai, buvo griežtas, netgi negailestingas savo mokiniams, bet tai vertė juos kilti iki savo galių ribos ar net pranokti pačius save.

Lietuvos šiuolaikinės fizikos pagrindines kryptis ir ryškiausių laimėjimus irgi lėmė kelios mokslinės mokyklos.

Pirmąją fizikų mokyklą po Antrojo pasaulinio karo sukūrė Adolfas Jucys. Baigęs Kauno universitetą, jis savarankiškai pradėjo teorinius darbus naujoje atomo fizikos srityje. Vėliau tobulinosi Mančesterio universitete pas D. Hartree (D. Hartris) ir Kembridžo universitete pas R. Fowlerį (R. Fauleris). Prasidėjęs Antrasis pasaulinis karas ir sunkūs pokario metai maždaug dešimtmečiui sustabdė Lietuvos mokslo raidą. 1949 m. A. Jucys išvyko doktorantūron į Leningradą pas žymų atomo teorijos kūrėją V. Foką (A. Fokas). Dirbdamas gana savarankiškai, A. Jucys daktaro disertacijoje išplėtojo patikslintus atomo teorijos metodus, t. y. suformulavo savo mokslinę programą, kurią, grįžęs į Vilnių, ėmė vykdyti kartu su greitai augančiu mokinių būriu. Mokinius patraukdavo Jucio principingumas, atsidavimas mokslui, nepaprastas darbštumas, neišsenkamos tyrimų temos. Jucys ugdė mokinius per seminarus ir kasdien vykstančius gautų rezultatų aptarimus, taip pat lankydamasis Teorinės fizikos katedros dėstytojų paskaitose. Gabesnius mokinius jis kreipdavo į gretimas sritis savarankiškam darbui. Šeštojo dešimtmečio pabaigoje Jucio, arba Vilniaus teoretikų, mokykla buvo pripažinta TSRS, o po kelerių metų, išleidus jo ir mokinių monografiją anglų kalba, – ir užsienyje. A. Jucio vadovaujami mokslų kandidato (dabar atitinka daktaro) disertacijas parengė net 49 fizikai, 12 iš jų vėliau tapo daktarais (habilituotais daktarais).

Tuo pačiu laikotarpiu pagrindinis eksperimentinės fizikos organizatorius Lietuvoje buvo Povilas Brazdžiūnas. Kauno universitete jis gavo pirmąjį fiziko diplomą, vėliau, stažuodamasis Ciuriche pas E. Meyerį (E. Mejeris), parengė daktaro disertaciją iš atominės spektroskopijos. P. Brazdžiūno, kaip ir A. Jucio, mokslinę veiklą nutraukė karas. Pokariu P. Brazdžiūnas ėmė ieškoti perspektyvios tyrimų krypties ir pasirinko puslaidininkų fiziką. Jis išugdė pirmuosius tos krypties mokslų kandidatus, o kai pastarieji tapo savarankiški, ėmė inicijuoti darbus kitomis kryptimis: eksperimentinės branduolio fizikos, radiofizikos ir lazerių fizikos. Tų mokslinių tyrimų jis pats nebevykdė, bet rūpinosi specialistų Lietuvai rengimu kituose TSRS mokslo centruose, visai rėmė ir skatino tuos darbus. P. Brazdžiūnas buvo didelės kultūros mokslininkas, labai geranoriškas, principingas, taktiškas, savo mokinių laimėjimais džiaugdavosi kaip savais. Jam vadovaujant buvo apginta vienuolika mokslų kandidato disertacijų. Kai kas mano, jog P. Brazdžiūną reikėtų laikyti ne mokslinės mokyklos kūrėju, o kelių krypčių pradininku. Tačiau buvę jo mokiniai teigia, kad Brazdžiūnas jiems ne tik suteikė žinių, nukreipė į perspektyvius tyrimus, bet ir įdiegė brazdžiūnišką požiūrį į mokslą, buvo mokslininko ir mokslo organizatoriaus pavyzdys. Siekiant išsiaiškinti egzistavo mokslinė mokykla ar ne, reikėtų labiau remtis jos narių liudijimais, o ne mokslotyrimais, taikančiais formalų apibrėžimą.

1952 m. į P. Brazdžiūno vadovaujamą VU Eksperimentinės fizikos katedrą buvo priimtas dirbti Juras Požela, Maskvos universiteto absolventas. Jis buvo įgijęs kosminių spindulių specialybę, bet Vilniuje nerado sąlygų tokiems tyrimams vykdyti. P. Brazdžiūnas paragino jį vykti aspirantūron į Leningradą pas A. Joffe (A. Jofė) ir rengti disertaciją iš puslaidininkų fizikos. Po trejų metų J. Požela grįžo į Vilnių, netrukus tapo Puslaidininkų elektronikos sektoriaus vadovu Fizikos ir matematikos institute ir užsiėmė puslaidininkų stipriuose elektriniuose laukuose savybių tyrimais. J. Požela pasižymėjo kaip labai kūrybingas ir produktyvus mokslininkas, jo darbų sąrašė devynios monografijos, keli šimtai straipsnių, vienas atradimas, daugiau nei šimtas išradimų. Jis – vienintelis Lietuvos mokslininkas, tapęs TSRS mokslų akademijos tikruoju nariu. Didžiulis jo nuopelnas Lietuvos fizikai – apie keturiasdešimt išugdytų puslaidininkų fizikos aukšto lygio specialistų, kuriems įdiegė aktyvų, kūrybingą darbo stilių, orientavimąsi į aktualias fizikos problemas, perspektyvius taikymus.

Klausimai

Kodėl fizikos raida nėra tolygiai vykstantis procesas?

Apibūdinkite *paradigmos* sąvoką ir iliustruokite ją pavyzdžiais iš fizikos ir astronomijos istorijos.

Kuo skiriasi eksponentinė ir logistinė plėtra, kas lemia skirtingą jų pobūdį?

Pateikite eskalacijos fizikoje ir technikoje pavyzdžių.

Kas labiau lemia fizikos atradimus – atsitiktinumai ar sistemingi tyrimai? Iliustruokite pavyzdžiais.

Kada atsitiktinumai fizikoje turėjo daugiau reikšmės – jos raidos pradžioje ar šiuolaikiniu laikotarpiu?

Kokį vaidmenį moksle vaidina žymiausi mokslininkai?

Kas yra vadinama moksline mokykla? Nurodykite keletą pasaulio ir Lietuvos fizikų mokyklų.

III. FIZIKOS ŽINIŲ ABSOLIUTUMAS IR JOS ATEITIS

3.1. FIZIKOS ŽINIŲ SĄLYGIŠKUMAS IR ABSOLIUTUMAS

Mus supančio pasaulio realumu abejoja tik kai kurie filosofai. Paprasčiausias įrodymas, jog pasaulis nėra žmogaus vaizduotės kūrinys, – Visatos egzistavimas ir prieš žmogaus atsiradimą. Rimtesnis klausimas – kiek objektyviai ir patikimai fizika aprašo tą pasaulį? Ar fizikos struktūros elementuose neatsispindi žmogaus suvokimo ypatumai?

Reikia pripažinti, kad ir mokslo faktai ne visi būna teisingi. Jų atranka ir įvertinimas priklauso nuo tyrinėtojo kvalifikacijos, nuo jo teorinių nuostatų. Gali paaiškėti, kad, atliekant eksperimentą, įtakos turėjo pašaliniai faktoriai, neatsižvelgta į sisteminę paklaidą. Tačiau, plėtojant mokslą, faktai toliau tikrinami, tikslinami ir pildomi, jų visuma, apibūdinanti kurį nors reiškinį ar objektą, tampa vis labiau patikima.

Tam tikras apytikslumo, net subjektyvumo, elementas yra būdingas fizikos sąvokoms. Jos atspindi ir pasiektą žinių lygį, ir žmogaus suvokimo ypatumus. Vis dėlto pagrindinės fizikos sąvokos neabejotinai atitinka esmines fizinio pasaulio savybes, jos išgryninamos mokslo raidoje ir tampa vis objektyvesnės ir bendresnės.

Nustatyti fizikos dėsniai irgi nėra absoliučios tiesos. Vos suformulavus dėsnį, yra nemaža tikimybė, kad jis pasirodys esąs netikslus ar net neteisingas. Daug kartų ir, svarbiausia, įvairiomis sąlygomis jį tikrinant, ta tikimybė vis mažėja, kol pasidaro tokia maža, kad ištirtoje srityje dėsnis pripažįstamas neabejotina mokslo tiesa. Antai tikimybė, jog klasikinės mechanikos galiojimo srityje Newtono dėsniai yra neteisingi, skiriasi nuo nulio be galo mažu dydžiu. Tas pats pasakytina apie kvantinės mechanikos pagrindinės lygties – Schrödingerio lygties ar Maxwello elektromagnetinio lauko lygčių teisingumą. Netgi principai, kurie nėra įrodomi teoriškai, yra ne mažiau patikimi negu dėsniai, nes principus patikrina visos šakos, kuri jais remiasi, nuolatiniai taikymai.

Dėsnių ar lygčių apytikslumas pasireiškia dviem aspektais. Dėsniai būna nustatyti remiantis tam tikro tikslumo matavimais, tad pastaruosius tobulinant gali tekti įvesti nedideles pataisas. Pavyzdžiui, Newtono suformuluotas visuotinės trau-

kos dėsnis teigia, kad gravitacijos jėga atvirkščiai proporcinga atstumo tarp sąveikaujančių kūnų kvadratui. Ne kartą buvo tikrinama: galbūt laipsnio rodiklis nėra lygus tiksliai dvejetui, o skiriasi nuo jo labai mažu dydžiu? To nepavyko nustatyti ir tikriausiai nepavyks, nes gamta yra harmoninga ir bendrieji dėsniai dažniausiai turi paprastą pavidalą. Antra, dėsniai turi savo galiojimo ribas, prie kurių artėjant, jų tikslumas mažėja ir galiausiai jie netenka prasmės. XX a. pradžioje, nustačius faktus, prieštaraujančius klasikinei fizikai, kai kurie mokslininkai buvo suabejoję jos pagrindų patikimumu. Atrodė, kad naujoji fizika griauna senąją, paneigia kai kuriuos jos dėsnius. Net ir dabar kartais teigiama, jog specialioji reliatyvumo teorija paneigė klasikinę mechaniką, o bendroji reliatyvumo teorija – Newtono visuotinės traukos dėsnį. Iš tikrųjų nauja, bendresnė, teorija iš esmės pakeičia senąją tik už jos tinkamumo ribų, o savo galiojimo srityje senoji teorija lieka ir teisinga, ir tiksli.

Fizika nepretenduoja į absoliutų patikimumą ir objektyvumą, bet palaiapsniui į tai artėja. Iš fizikos dėsnių ir teorijų gaunamos naujos išvados nuolat patvirtinamos eksperimentais. Tiesa, būna ir nesutapimų ar prieštaravimų, tačiau po ilgesnio ar trumpesnio laiko jie išsprendžiami nekeičiant esminių mokslo struktūros dalių.

Kasdieniam gyvenime žmogus linkęs labiausiai pasitikėti savo paties pojūčiais: tikra tai, ką galima pamatyti, apčiuopti, pakramtyti ar pauostyti. Tad kartais nefizikai įtariai žiūri į mokslo rezultatus, gaunamus įvairiais sudėtingais prietaisais. Iš tikrųjų būtent žmogaus pojūčiai, ypač neįprastomis sąlygomis, būna labai apgaulingi, net klaidinantys. Nesant žinomo objekto, su kuriuo galima palyginti, žmogus netiksliai nustato atstumus ir matmenis, tik kokybiškai ir santykinai įvertina temperatūrą ir pan. Nė vienas fizikas neabejoja, kad prietaisais galima gauti daug tikslesnę informaciją, aišku, jeigu jie gerai suderinti ir patikrinti. Todėl mokslininkams atrodo naivūs dar retkarčiais keliami klausimai: Ar pagrįstos fizikos žinios apie objektus, kurių žmogus negali tiesiogiai matyti ar aptikti kitomis savo joslėmis? Ar iš viso egzistuoja atomai ir elementariosios dalelės? Iš tikrųjų tų objektų, kurių įvairios savybės patikimai nustatomos prietaisais, realumas ne mažesnis negu rankoje laikomo daikto. Elektromagnetinis laukas fizikui tiek pat realus, kiek ir, pavyzdžiui, kėdė, ant kurios jis sėdi.

Negana to, fizikai, sukaukę įvairių netiesioginių įrodymų, pripažįsta objektus ar reiškinius, kurių pačių neįmanoma nei stebėti, nei išmatuoti. Pavyzdžiui, nėra stebimos laisvos fundamentaliosios dalelės – kvarkai, neįmanoma grįžti į tolimą praeitį ir tirti Visatos Didžiojo sprogo pradžią. Tačiau, jei tie reiškiniai ar objektai yra aprašomi nuoseklios bendros teorijos, kurios išvados patikrintos ekspe-

rimentais, tai fizikams jų egzistavimas nebekelia abejonių. Ir tolesnė mokslo raida tai patvirtina. Jau XIX a. pabaigoje fizikai neabejojo atomų ir molekulių egzistavimu, nors tiesioginiai jų tyrimai buvo pradėti tik XX a.; lygiateisėmis elementariosiomis dalelėmis neutrinais tapo kelios dešimtys metų prieš eksperimentinį jų užregistravimą ir pan.

Žmogaus protas formavosi ilgos evoliucijos metu, ir tik adekvatus aplinkos suvokimas galėjo užtikrinti išgyvenimą ir tolesnį tobulėjimą. Griežtas žinių teisingumo kriterijus yra praktika – jei fizikos dėsniai nors šiek tiek neatitiktų tikrovės, neveiktų sudėtingi mechanizmai, aukšto tikslumo eksperimentų rezultatai nesutaptų su teoriniais. Vienas iš nuostabiausių dalykų, nuolat žavintis mokslininkus, – grynai teoriškai numačius naują reiškinį, būtent toks atrandamas gamtoje, o apskaičiuotos fizikinių dydžių vertės sutampa su eksperimentiškai nustatytomis daugelio ženklų tikslumu. Tai pagrindinis argumentas, įrodantis fizikos dėsnių ir teorijų objektyvumą.

Taigi turime pagrindo manyti, kad kitos kosminės civilizacijos, jeigu jos egzistuoja, yra nustačiusios tokius pačius fizikos dėsnius. Aišku, gali skirtis jų forma, bendrumo laipsnis, bet jie turėtų būti ekvivalentiški. Būtent fundamentinės konstantos ir kiti fizikos invariantai galėtų būti panaudoti užmezgant kontaktą su ateiviais. Neatsitiktinai pirmieji kosminiai zondai „Pioneer“, skriejantys iš Saulės sistemos į tarpžvaigždinę erdvę, gabena plokšteles su išgraviruotomis vandenilio atomo ir jo pagrindinės spektro linijos schemomis.

„Dievas klastingas, bet ne piktavališkas“, – teigė A. Einšteinas, tapatinęs beasmęnį Dievą su gamta. Gamtos klastingumu Einšteinas vadino jos sudėtingumą, didelių proto pastangų reikalingumą jos paslaptims atskleisti. Tačiau gamta nėra piktavališkas, nes nesukūrė neįveikiamų barjerų jai pažinti. Kol kas nėra gauta jokių įrodymų, kad mokslinis pažinimas yra ribotas, kad egzistuoja jam neprieinamų dalykų. Priešingai, fizika, kaip ir kiti gamtos mokslai, nuolat plečia savo tyrimų sritį, imasi nagrinėti problemas, kurios anksčiau buvo laikomos filosofinėmis ar net teologinėmis.

Remdamasis visomis sukauptomis žiniomis, mokslas priima bendras pradines prielaidas:

- Sirtyje, kurią įmanoma tirti mokslo metodais, nėra jam nepažintinų dalykų ir visus stebimus reiškinius galima paaiškinti racionaliomis priežastimis.
- Mokslinio pažinimo ribas nustato tik tyrimų galimybės.

Šios prielaidos tikrintos daugelio mokslininkų kartų ir nėra rasta jokių nepažintinų išimčių. Vadinas, tai yra ne tikėjimu, o nesuskaičiuojama daugybe mokslo rezultatų pagrįstos prielaidos. Jos užtikrina laisvą, nesuvaržytą mokslo raidą.

3.2. FIZIKOS ATEITIES PERSPEKTYVOS

Šių laikų fizikams nepaprastai pasisekė. „Amžius, kuriame mes gyvename, yra pagrindinių gamtos dėsnių atradimo amžius, ir šie laikai niekada nepasikartos“, – XX a. antroje pusėje rašė garsus amerikiečių fizikas R. Feynmanas (R. Feinmanas). Iš tikrųjų, praėjęs amžius buvo fizikos aukso amžius: sukurtos didžiosios fizikos teorijos – kvantinė mechanika, reliatyvumo teorija, – suprastos pagrindinės molekulių, atomų, jų branduolių savybės, esminės elementariųjų dalelių ir Visatos savybės, ir tos fundamentalios žinios niekada nepasikeis, bent jau eksperimentais ir stebėjimais patikrintoje srityje.

Atradimų, matyt, bus turtingas ir XXI amžius. Pačioje jo pradžioje jau gautas aiškus įrodymas, jog neutrinai turi masę, atskleista gama spindulių žybsnių prigimtis, gauta svarbios informacijos apie Didžiojo sprogo pradžią, preliminarių duomenų apie Higgso bozono (Higso bozonas) egzistavimą, atkakliai bandoma įminti tamsiosios medžiagos ir tamsiosios energijos mįslės. Kokios fizikos ateities prognozės ir tikėtini atradimai?

Deja, mokslo prognozės yra gerokai sudėtingesnės negu klimato prognozės, klysta netgi žymūs mokslininkai. Antai W. Thomsonas (Kelvinas) (V. Thomsonas (Kelvinas)) 1895 m. tvirtino, kad sunkesnių už orą aparatų skraidymas mokslo požiūriu yra negalimas, jo amžininkas filosofas A. Comte (O. Kontas) teigė, kad žmonės niekada nesužinos, iš kokių cheminių elementų yra sudaryta Saulė, o vienas iš garsiausių branduolio fizikos specialistų E. Rutherfordas, likus maždaug dešimtmečiui iki pirmojo reaktoriaus – urano katilo ir atominės bombos sukūrimo, pareiškė: „Kiekvienas, kuris tiki, kad vykstant atomų transformacijai bus gauta energija, kalba niekus.“ 1946 m. amerikiečiams pagaminus pirmąjį kompiuterį ENIAC, kompanija IBM prognozavo, kad tokių kompiuterių poreikis pasaulyje nebus didelis – neviršys penkiolikos vienetų. Tiesa, yra buvę ir genialių įžvalgų. M. Faraday numatė elektromagnetinių bangų egzistavimą, bet manydamas, kad amžininkai tuo nepatikės, parašė laišką ateities kartoms, kurį atidavė saugoti Londono Karališkajai draugijai. Leonardo da Vinci pateikė daug genialių, pralenkusių laiką technikos idėjų, – jos buvo nepriklausomai iškeltos ir įgyvendintos tik po keleto šimtmečių.

1945 m. anglų rašytojas O. Stapledonas (O. Stapledonas) buvo apkaltintas valstybinės paslapties išdavimu, nes išleido romaną, kuriame buvo aprašyta dar tik baigiama tuo metu kurti atominė bomba. Rašytoją nuo bausmės išgelbėjo tai, kad jo mokslinės fantastikos kūrinys pirmą kartą buvo išspausdintas 1930 m., kai fizikai dar nieko nežinojo apie urano branduolių dalijimosi reakciją.

Vis dėlto tai – retos išimtys. Dažniausiai gamtos išmonės pranoksta ne tik mokslininkų, bet ir fantastų spėjimus. Neįtikėtina, kad kas nors būtų išvelgęs superlaidumo reiškinį, neapibrėžtumo principą ar Visatos Didįjį sproginimą.

Lengviau, negu būsimums atradimus, numatyti svarbiausias problemas nenurodant jų išsprendimo laiko. Tokių ypač svarbių ir įdomių fizikos bei astrofizikos problemų sąrašą jau daugelį metų sudarinėja ir skelbia garsus teoretikas V. Ginzburgas (V. Ginzburgas), vienas iš nedaugelio fizikos mohikanų, išmanančių beveik visą fiziką. Didžioji to problemų sąrašo dalis nesikeičia (ne taip lengva išspręsti svarbiausias problemas). Tai – valdoma termobranduolinė sintezė, metalinis vandenilis, aukštatemperatūris superlaidumas (pats reiškinys jau atrastas, bet dar nėra jo teorinio paaiškinimo), fundamentalusis ilgis, gravitacinės bangos, neutrininė astronomija (sukurti keli unikalūs neutrinų detektoriai, bet atradimai dar tik prasideda) ir t. t. Sąrašas kas kartą papildomas naujomis problemomis, tai – tamsioji medžiaga (nežinomos prigimties medžiaga, kuri sudaro didžiąją Visatos masės dalį), vakuomo faziniai virsmai, kvarkų ir gliuonų plazma ir pan.

Trečiojo tūkstantmečio pradžios proga laikraštis „The New York Times“ išspausdino dešimt klausimų, kuriuos fizikai norėtų užduoti savo ainiams, jei būtų galimybė užmigti ir pabusti po šimto metų. Čia jie pateikti be platesnių paaiškinimų: 1) Ar pavyko nustatyti, kodėl fundamentinės konstantos turi būtent esamas vertes? 2) Kokią įtaką Didžiajam sproginimui turėjo gravitacijos kvantinės savybės? 3) Kokia protono gyvavimo trukmė? 4) Ar supersimetrija [hipotetinė simetrija tarp fermionų ir bozonų, kuri įvedama apibendrinant dabartinę standartinę elementariųjų dalelių teoriją] yra pažeista gamtos simetrija? 5) Kodėl erdvėlaikis yra tikriausiai keturmatis? 6) Kokia yra kosmologinės konstantos vertė, ar ji iš tikrųjų yra konstanta? 7) Ar pasitvirtino M teorija, aprašanti elementariąsias daleles kaip sužadinius, sklindančius mikrotygomis? 8) Kas atsitinka informacijai, kuri pakliūva į juodąją skylę? 9) Kodėl gravitacijos jėga yra tokia silpna? 10) Ar įmanoma rasti kiekybinį paaiškinimą, kodėl neegzistuoja laisvi kvarkai ir gliuonai?

Kaip matome, visi tie klausimai yra iš elementariųjų dalelių fizikos ir astrofizikos sričių, kuriose tikimasi esminių atradimų XXI a.

Išsivysčiusių šalių vyriausybės, skiriančios dideles lėšas moksliniams tyrimams, paveda ekspertams įvertinti perspektyviausias kryptis, kuriose greitu laiku galima tikėtis svarbių fundamentinių ar taikomųjų rezultatų. Tokių šiuolaikinės fizikos kryptių artimiausiam dešimtmečiui sąrašą XX a. pabaigoje paskelbė JAV Nacionalinė tyrimų taryba (*National Research Council*): 1) kvantinių technologijų plėtojimas; 2) naujų medžiagų kūrimas; 3) sudėtingų sistemų aprašymas; 4) bendros fundamentinių sąveikų teorijos kūrimas; 5) Visatos tyrimas; 6) fizikos taikymas biologijoje.

Daugelis garsių XX a. fizikų – A. Einšteinas, W. Heisenbergas (V. Heizenbergas), R. Feynmanas, E. Fermi, V. Ginzburgas ir kiti – manė, jog didžiųjų fizikos atradimų amžius anksčiau ar vėliau baigsis. Tokį požiūrį paremia kai kurie netiesioginiai argumentai. Begalinį skaičių mechaninių, elektromagnetinių ir kitų reiškinių aprašo atitinkamos fizikos šakos, kurių pagrindą sudaro nedidelis skaičius svarbiausių dėsnų, ir jie, bent jų galiojimo srityje, jau nesikeis. Ne tik klasikinės, bet ir kai kurios šiuolaikinės fizikos dalys, tokios kaip kvantinė mechanika ar specialioji reliatyvumo teorija, yra iš esmės jau užbaigtos. Tiesa, kitų šiuolaikinės fizikos šakų, kaip antai elementariųjų dalelių fizikos, kol kas ne visi dėsniai žinomi, tačiau anksčiau ar vėliau irgi turėtų būti pasiektas panašus baigtumo laipsnis.

Taigi, padarius prielaidą, jog fizika nebebus papildyta naujomis esminėmis dalimis, fizikai netrukus galėtų kelti savojo mokslo pabaigtuvių vainiką.

Tiesa, tokia nuomonė jau vyravo XIX a. pabaigoje, kai klasikinė fizika buvo baigiama kurti, o atomų ar Visatos sandaros tyrimai fizikos metodais atrodė esą vargiai įmanomi ir todėl tos problemos priskirtos filosofijai. Tačiau netrukus netikėti radioaktyvumo, Röntgeno spindulių ir elektrono atradimai davė pradžią visiškai naujoms fizikos sritims. Tiesa, sukūrus kvantinę mechaniką ir užrašius reliatyvistinę Diraco lygtį elektronui bei tikintis netrukus išvesti panašią lygtį antrai pagrindinei medžiagos dalelei – protonui (neutronas dar nebuvo žinomas), vėlgi buvo susidaręs įspūdis, jog didieji fizikos atradimai greitai išseks. Nobelio premijos laureatas M. Bornas (M. Bornas) pareiškė: „Atrodo, kad fizika bus baigta po šešių mėnesių.“ Tačiau netrukus buvo atrastas neutronas bei pozitronas, ir atsivėrė sudėtingas elementariųjų dalelių pasaulis.

Taigi vienos fizikos sritys yra baigiamos formuoti, tačiau atsiveria visiškai naujos tyrimų perspektyvos. Pirmasis toks šuolis, kurį mes lyginome su Naujojo pasaulio atradimu geografijoje, buvo elektrinių ir magnetinių reiškinių atskleidimas. XX a. pradžioje atsirado net keletas naujų fizikos sričių – išsitas šiuolaikinės fizikos pasaulis.

Būtume naivoki optimistai, jeigu nepasimokytume iš ankstesnių nepasitvirtusių prognozių ir vėlgi žadėtume greitą fizikos mokslo užbaigimą. Mokslo ir netgi visos mūsų civilizacijos istorija tokia trumpa, palyginti su kosminiais laiko mastais, kad mes žengiamo, matyt, tik pradinius pažinimo žingsnius.

Šiuolaikinė fizika kažkada turėtų būti užbaigta, kaip ir klasikinė fizika, tačiau tikriausiai atsivers naujos tyrimų sritys, kurių egzistavimo ženklų gal dar neižvelgiamo. Antai viena iš pagrindinių fizikos plėtros krypčių – mažų atstumų kryptis. Čia sėkmingai vienijamos visos keturios fundamentinės sąveikos ir tikimasi sukur-

ti bendrą jų teoriją, paaiškinančią elementariųjų dalelių savybes. Galbūt, naudojantis kitos kartos greitintuvais, bus įrodyta, kad fundamentaliosios dalelės neturi vidinės sandaros ir yra pirminės: būtų keista, jei gamtoje realizuotųsi gana paprastas matrioškų, įdėtų viena į kitą, principas. Įdomi viena iš dabar svarstomų hipotezių, kad fizikai netrukus turėtų prieiti elementariųjų dalelių „dykumą“: didinant energijas ir kartu žvalgant vis mažesnius atstumus, naujų dalelių nebus surandama. Tačiau už šio tuščio tarpo, gal tik ties atstumais, lygiais Plancko ilgiui – 10^{-43} m, vėl prasidės turtinga reiškinių ir keistenybių fizikos sritis. Neseniai gauta patikimų įrodymų, kad Visatoje vyrauja fizikams visiškai nežinoma tamsioji medžiaga. Įdomią analogiją mums teikia didelių atstumų pasaulis. Ilgą laiką manyta, jog Visata – tai Saulės sistema, supama žvaigždžių sferos. Tik XIX a. buvo suprasta, kad Saulė – eilinė žvaigždė, priklausanti didžiulei žvaigždžių sistemai Galaktikai, ir naudojantis spektriniais metodais pradėtos tirti tolimesnės žvaigždės. XX a. buvo atrastos kitos galaktikos, jų spiečiai bei superspiečiai, pradėta tyrinėti milžiniška besiplečianti Visata.

Galėtume tik fantazuoti spėliodami, kiek skirtingų fizikos sričių gali egzistuoti. Vis dėlto fizikai linkę tikėti, jog gamta nėra be galo sudėtinga.

Fizikams skverbiantis į sritis, aprašomas vis mažesnėmis ar vis didesnėmis pagrindinių dydžių vertėmis, kartais prieinamos ribos, kaip antai žemiausia temperatūra – absoliutusias nulis ar didžiausias galimas greitis – šviesos greitis tuštumoje. Yra netiesioginių įrodymų, kad egzistuoja ir mažiausia laiko trukmė ar mažiausia erdvė. Tos ribos – ne fizikos galimybių, o gamtos ribos. Tiesa, gali pasirodyti, jog kai kurios iš jų, kaip antai šviesos greitis, yra tik ypatingi taškai, skiriančios skirtingos prigimties reiškinius. Jeigu „užribiniai“ gamtos reiškiniai egzistuoja, juos irgi turėtų būti įmanoma tirti fizikos metodais.

S. Hokingas (S. Hokingas) garsiojoje savo knygoje „Trumpa laiko istorija“ („The Brief History of Time“, 1988) nurodo tris fizikos ateities galimybes:

1. Išsami bendra teorija iš tikrųjų galima, ir mes kada nors ją sukursime, jei tik būsime pakankamai sumanūs.

2. Visatos galutinės teorijos nėra, o tik begalinė seka teorijų, kurios vis tiksliau ir tiksliau aprašo Visatą.

3. Visatos teorija negalima; tam tikro masto reiškinių neįmanoma numatyti, jie vyksta atsitiktinai ir neprognozuojamai.

Pirmuoju atveju fizika įgytų labai griežtą ir gražų pavidalą: remiantis bendraisiais principais, tarsi matematikoje aksiomomis, būtų nuosekliai sukuriama bendra teorija, o iš pastarosios išplauktų visos kitos fizikos teorijos ir dėsniai, t. y. fizika įgytų aksiominį pavidalą, tarsi matematikos teorija (tik pastarosios aksio-

mos yra postuluojuamos, o fizikos – nustatomos tiriant gamtą). Panašų aksiominių pavidalą yra įgijusios atskiros užbaigtos fizikos teorijos – klasikinė mechanika, elektromagnetizmas, kvantinė mechanika ir kitos.

Tiesa, vokiečių matematikas K. Gödelis (K. Gėdelis) 1931 m. įrodė teoremą, kad vienos mokslo srities aksiominė teorija negali būti pilna – joje lieka problemų, kurios gali būti išspręstos tik bendresnės sistemos priemonėmis. Iš tikrųjų fizika nėra visiškai atskiras, izoliuotas mokslas, ji – bendresnės sistemos, viso mokslo, dalis. Ypač fizikos sandūroje su kitomis mokslo sritimis kyla klausimų, į kuriuos ji negali atsakyti. Tačiau kurti nuoseklią fizikos Visko teoriją Gödelio nepilnumo teorema nedraudžia.

Apie tokią teoriją yra svajojęs ir netgi bandęs ją kurti ne vienas žymus XX a. fizikas – A. Einsteinas, W. Heisenbergas, S. Hawkingas ir kiti. Deja, netgi genijui sunku išvelgti dar tikriausiai tolimą teoriją – tarsi pagal dramblio straublio galiuką apibūdinti visą dramblių.

Mokslininkams skverbiantis į neregimus, nutolusius nuo mūsų kasdienės patirties pasaulius, reikia vis sudėtingesnių ir brangesnių prietaisų, vis didesnių intelektualinių pastangų keistiems reiškiniams suprasti. Netrukus žmonija gali pritrūkti materialinių išteklių ir mokslininkų eksponentiniam mokslo augimui palaikyti, tad ne tik atskirų fizikos šakų ar metodų, bet ir visos fizikos raida gali įgyti logistinį pobūdį. Tiesą sakant, tokie lėtėjimo ženklai jau yra stebimi.

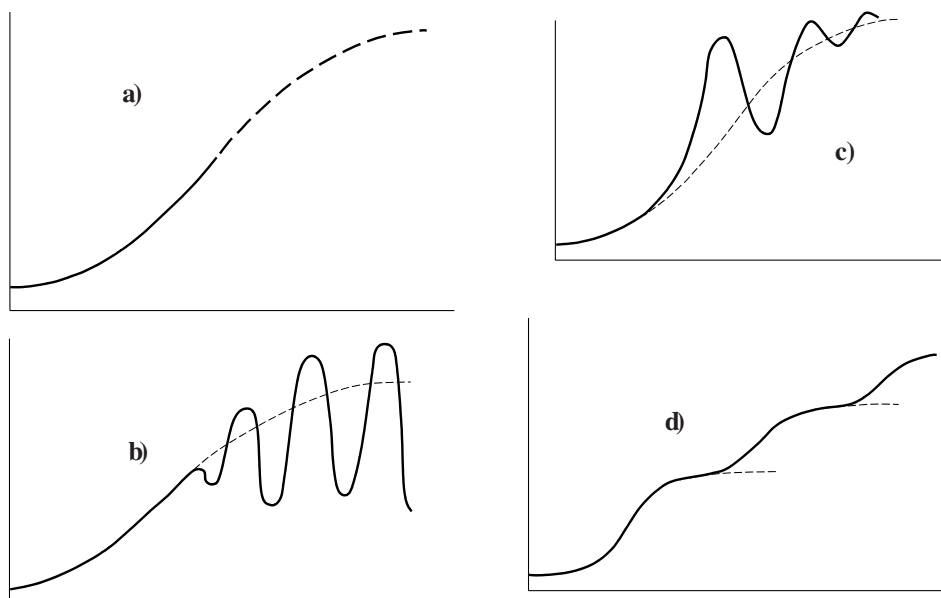
Skeptikų, manančių, kad mokslo pažinimo galimybės yra ribotos, požiūrį vaizdžiai iliustruoja amerikiečių filosofo H. Dreyfus (H. Dreifusas) sugalvota analogija: lipdami aukštyne medžiu, mes galime kilti tik iki jo viršūnės, bet niekaip nepasieksime Mėnulio.

3.1 paveikslėlyje yra pavaizduoti logistinės plėtros variantai, kurie yra būdingi įvairiems realiems procesams – geležinkelių tinklo plėtrai, iškasenų gavybai, gyvūnų populiacijos raidai ir t. t.

Augalo ar gyvūno spartus augimas vėliau sulėtėja, jis pasensta ir galiausiai išnyksta. Mokslui a variantas reikštų, kad jo plėtra baigiasi civilizacijos žlugimu – įvyksta globalinė branduolinė ar ekologinė katastrofa.

Greitėjančios plėtros virtimas lėtėjančia, perėjus persilenkimo tašką, sukelia sistemos savisaugos reakciją – naujų resursų ir galimybių paieškas. Jeigu jos nėra labai sėkmingos, neprasideda 2.2 skyrelyje aptarta eskalacija ir neatsistato greitėjanti plėtra, tada, konkuruojant dviem tendencijoms, raida tampa netolygi, atsiranda svyravimų, kurie yra krizės požymis. Tokie svyravimai būdingi, pavyzdžiui, naftos gavybai pasaulyje šiuo metu. Verta pabrėžti, jog krizė prasideda iškart už

persilenkimo taško, o ne priartėjus prie asimptotinės ribos (naftos atsargų Žemėje dar pakankamai daug).



3.1 pav. Įvairios logistinės raidos galimybės

Sistemai nesuradus naujų resursų, susikaupus neigiamiems pokyčiams, oscilacijos vis stiprėja ir dėl to sistema gali net išnykti (3.1 pav., b). Tokios oscilacijos būdingos gyvūnų populiacijai, kurioje dėl per didelio individų tankumo, maisto trūkumo prasideda ligos ar kiti negrįžtami destruktivūs procesai. Toks variantas atitiktų mokslo ir visos civilizacijos išnykimą dėl aplinkos užterštumo, energetinių atsargų išsekimo, mokslo kišimosi į genetinius procesus.

Po kelių silpnėjančių oscilacijų sistema gali pereiti į naują būseną, kuriai būdingas ne augimas, o pastovumas (3.1 pav., c). Panašios, kol kas nedidėjančios oscilacijos, pavyzdžiui, stebimos naudingųjų iškasenų gavyboje. Toks variantas nebūtinai reikštų mokslo sąstingį, o tik perėjimą į naują, kitokią būseną. Mokslas daugmaž apsiribotų jau tiriamomis sritimis ir vis lėčiau skverbtųsi į nežinomybę. Tokiu atveju Visko teorija gali išlikti numanoma, bet nepasiekiamo. Tiesa, anot 2-ojo ir 3-iojo S. Hawkingo prognozės variantų, Visko teorijos gali ir apskritai nebūti. Tuo turėtų įsitikinti patys fizikai, nes nei religija, nei filosofija negali duoti atsakymo į šį klausimą.

Tačiau per praėjusius keturis šimtmečius fizika pasirodė esanti labai veržlus ir gyvybingas mokslas, jos kūrėjai surasdavo vis naujų resursų ir galimybių eskalacijoms palaikyti. Tai suteikia pagrindo būti optimistais – tikėtis, kad ir XXI a. mokslas bus plėtojamas vykstant eskalacijoms (3.1 pav., d).

Klausimai

Kokių argumentų pateiktumėte skeptikui, abejojančiam, ar fizikos dėsniai objektyviai aprašo gamtos reiškinius?

Ar fizikai, nustatę faktus, nesiderinančius su žinomu dėsniu, atsisako jo ar ieško kitų išeičių?

Kurie pastarųjų dešimtmečių fizikos atradimai liudija, kad didžiųjų jos atradimų laikotarpis tęsiasi?

Kuriose fizikos srityse tikėtina sulaukti naujų esminių atradimų?

Nurodykite keletą problemų, kurias sprendžia šiuolaikinė fizika.

IV. MOKSLAS IR INFORMACIJA

4.1. INFORMACIJOS FORMOS IR JŲ KITIMAS

Kadangi moksle vyksta nuolatinis ir sistemingas mokslo faktų kaupimas ir jų apibendrinimas, tai efektyvus mokslinės informacijos perdavimas tiek amžininkams, tiek vėlesnėms kartoms yra viena iš svarbiausių mokslo plėtros sąlygų. Vienišas mokslininkas, netgi genijus, dėl kokių nors priežasčių negalintis naudotis tiek ankstesnėmis, tiek naujomis mokslo žiniomis, pasidalyti rezultatais ir aptarti juos su kitais mokslininkais, nedaug tegali nuveikti.

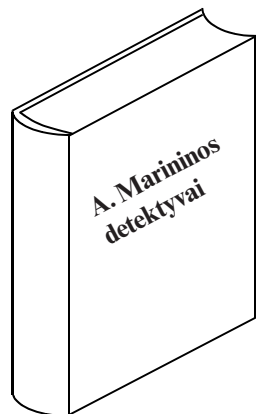
Neatsitiktinai labai reikšmingi, pralenkę savo laiką tyrimai fizikos, astronomijos ir kitose mokslo srityse buvo atlikti maždaug prieš du tūkstančius metų Aleksandrijos muziejuje, kuriame buvo surinkta unikali rankraščių biblioteka ir valstybės išlaikoma dirbo didžiausia to meto mokslininkų grupė. Vėliau mokslo centrais tapo universitetai ir mokslų akademijos, kuriuose buvo geriausios sąlygos informaciją kaupti ir ją perduoti.

Mokslo veikalai. Mokslo rezultato nustatymo data paprastai laikoma ne jo gavimo, o paskelbimo vienokia ar kitokia forma data. Iki XVII a. pagrindine mokslo rezultatų skelbimo forma buvo veikalai. Jie buvo rašomi papiruso ritiniuose ar veršiuko odos pergamentuose, vėliau, europiečiams sužinojus popieriaus gamybos paslaptį, atsirado rankraštinės knygos. Jos būdavo kopijuojamos, bet, perrašinėjant ar verčiant į kitas kalbas, įsiveldavo klaidų, kai kurios vietos būdavo sąmoningai trumpinamos ar papildomos. Netgi žymiausi veikalai paplisdavo tik nedideliu egzempliorių skaičiumi, todėl nenuostabu, jog daug senųjų veikalų yra dingę – išlikusios tik jų ištraukos kituose veikaluose ar vien pavadinimai.

1440 m. vokiečių amatininkas J. Gutenbergas (J. Gutenbergas) išrado knygų spausdinimą, ir tai buvo viena iš svarbiausių priežasčių, paskatinsusių mokslo atgimimą. Ilgainiui keitėsi mokslo knygų pavadinimai (*kodeksai, memuarai, traktatai, veikalai*), bet jos, kaip viena iš pagrindinių mokslinės informacijos priemonių, išliko ne itin pasikeitusios iki šių laikų. Jų nenukonkuravo atsiradusios spartesnio mokslo rezultatų skelbimo formos (jas minime toliau), nes mokslo veikalas turi savų pranašumų: jame pateikiami apibendrinti daugelio darbų rezultatai, susistemintas tam tikros problemos ar netgi visos mokslo šakos tyrimų vaizdas. Knygos lėčiau sensta ir yra plačiau naudojamos negu moksliniai straipsniai. Tikėtina, jog dabar vykstanti informacinė revoliucija taip pat nenuvertins mokslo veikalų. Aiš-

ku, jų tiražai būna maži (nė iš tolo negali lygintis su kitų rūšių knygomis), o kainos – didelės.

Bendras tiražas 15 mln. egz.



Bendras tiražas 3 mln. egz.



**Bendras tiražas
1,5 mln. egz.**



4.1 pav. Rusijoje išleidžiamų mokslo knygų ir detektyvų tiražų palyginimas

Laiškai. Greta mokslo veikalų – apibendrintos informacijos šaltinių – mokslininkams visada buvo reikalingas ir operatyvus naujų mokslo žinių pateikimo būdas. Ilgą laiką tą vaidmenį atliko laiškai. Juose mokslininkas informuodavo savo kolegas ir pažįstamus apie naujus rezultatus, keldavo problemas ir jas aptardavo. Laiškuose būdavo pateikiami ne vien sausi mokslo faktai, bet taip pat aprašomos atradimo aplinkybės, pasakojama ir apie asmeninius reikalus. Laiškuose buvo galima laisviau reikšti savo pažiūras, netgi kritikuoti oficialųjį scholastinį mokslą. Laikyta mokslininko garbės reikalu atsakyti į korespondentų ir netgi ne mokslo žmonių iškeltus klausimus, priimti mestą iššūkį, imtis pasiūlytos problemos. Dar Aleksandrijos muziejaus laikais tarp matematikų paplito paprotys pranešti kitiems mokslininkams tik galutinį rezultatą, neaprašant jo gavimo būdo, – idant iš korespondento nebūtų atimtas malonumas pačiam išvesti formulę ar įrodyti teoremą; įrodymo pateikimas būtų reiškęs abejonę korespondento kvalifikacija. Ši tradicija gyvavo dar XVII a. ir, matyt, jos laikydamasis P. Fermat (P. Ferma) nepateikė didžiosios savo teoremos ir kitų gautų rezultatų įrodymų.

Laiškai dažniausiai buvo siunčiami ne oficialiu paštu, o perduodami per pažįstamus asmenis, keliautojus, diplomatus, – toks būdas buvo patikimesnis ir greitesnis. Laiškas nelaikytas konfidencialiu dokumentu, pranešimas apie svarbius re-

zultatus būdavo perduodamas kitiems asmenims, kopijuojamas, pasklisdavo netgi gana plačiai, dešimtimis egzempliorių. Tiesa, darant kopijų kopijas, išiveldavo klaidų, tai kartais sukeldavo nepagrįstas polemikas.

Po knygų spausdinimo išradimo laiškų rinkiniai būdavo išleidžiami atskiromis knygomis. Antai vienintelis B. Franklino (B. Franklinas) mokslo veikalas – jo laišškai bičiuliui, Londono Karališkosios draugijos nariui P. Collinsonui (P. Kolinsonas), kuriuose Franklinas išsamiai aprašė atliktus bandymus su elektra ir gautas išvadas. Ta knyga – „Elektros bandymai ir stebėjimai“ („Experiments and Observations on Electricity“, 1751) – tapo viena iš garsiausių XVIII a. mokslo knygų, susilaukė daugelio leidimų ir vertimų. Neretai mokslininkai savo laiškus panaudodavo rašydami traktatus. Antai G. Galilei veikale „Dialogas apie dvi pasaulio sistemas“ panaudojo ištraukas iš savo laiškų ir rankraščių, parašytų trisdešimties metų laikotarpiu.

Galilei amžininkas prancūzų mokslininkas M. Mersène (M. Mersenas), vienas iš akustikos pradininkų, įėjo į fizikos istoriją ne tiek savo atradimais, kiek tam tikro informacinio centro vaidmeniu to meto moksle – jis pranešdavo naują informaciją apie fizikos bei kitų mokslų atradimus ir problemas laiškuose daugeliui to meto Europos mokslininkų. Jis susirašinėjo su R. Descartes, G. Galilei, Ch. Huygensu, E. Torricelli, B. Pascaliu (B. Paskalis) bei kitais XVII a. žymiausiais fizikais ir talentingais jaunuoliais, siekiančiais žinių didikais. Gautas mokslo naujienas Mersène nedelsdamas perteikdavo tiems, kuriuos ta informacija galėjo labiausiai dominti. Turėdamas įvairių sričių žinių, puikiai orientuodamasis to meto moksle, jis kėlė problemas, propagavo naujas idėjas, leido kitų autorių knygas, skatino pradedančius mokslininkus. Taigi keletą dešimtmečių XVII a. pirmoje pusėje M. Mersène vaidino mokslo koordinatoriaus vaidmenį.

Grupė mokslininkų, kurie būrėsi aplink Mersène, sudarė įkurtos po jo mirties Paryžiaus mokslų akademijos branduolį. Panašios mokslininkų draugijos steigėsi ir kitose šalyse (apie jas plačiau rašoma VI skyriuje). Viena iš svarbiausių akademijos figūrų būdavo jos sekretorius, kuris vykdė platų susirašinėjimą tiek su draugijos nariais, tiek su kitais įvairių šalių mokslininkais; įdomiausi laišškai būdavo skaitomi akademijos posėdžiuose. Tokia ypač plačia ir reikšminga informacine veikla XVII a. antroje pusėje pasižymėjo Londono Karališkosios draugijos sekretorius H. Oldenburgas (H. Oldenburgas).

XVIII a. svarbiausia mokslo rezultatų skelbimo forma tapus straipsniui, laišškai liko tik atskirų mokslininkų bendravimo priemone; jų vaidmuo dar sumažėjo XX a., ėmus rengti reguliarias mokslines konferencijas. XX a. pabaigoje atsiradus

patogiam ir greitam elektroniniam paštui, moksliniai laišakai vėl atgimė kaip pagrindinė operatyvios informacijos forma.

Mokslo žurnalai. XVIII a. antroje pusėje, išaugus mokslininkų skaičiui ir padidėjus visuomenės susidomėjimui mokslu, pribrendo būtinumas leisti mokslo žurnalus: pirmieji du pasirodė tais pačiais 1665 metais Prancūzijoje ir Anglijoje.

„Journal des Scavans“ („Mokslininkų žurnalas“) pirmasis numeris išėjo 1665 m. sausio 5 dieną Paryžiuje. Jo leidėjas buvo D. de Sallo (D. de Salo) – parlamento patarėjas, didikas, domėjęsis mokslu, daug metų daręs išrašus iš mokslo veikalų, tačiau pats originalių rezultatų negavęs. Leisti žurnalą jam neatrodė garbingas užsiėmimas, todėl oficialiai leidėju buvo nurodomas D. de Sallo tarnautojas S. de Hédonville (S. de Hedonvilis). Įžanginiame straipsnyje nusakyti tokie žurnalo tikslai: pranešti apie naujas mokslo knygas, atradimus ir išradimus, naujus fizikos bandymus, keistus gamtos ir dangaus reiškinius. Taigi žurnalas buvo skirtas ne tik mokslininkams, bet ir išsilavinusiai visuomenės daliai; jis leistas prancūzų kalba, išeidavo du kartus per mėnesį.

Deja, karaliaus dvarui ir bažnyčiai nepatiko kritiški atsiliepimai apie kai kurias knygas, buvo pareikalauta parengtus numerius pateikti cenzūrai. D. de Sallo tai padaryti atsisakė, ir leidinys buvo uždraustas. Vis dėlto kitais metais žurnalo leidimą atnaujino matematikas abatas J. Gallois (Ž. Galua), tačiau žurnalas pasirodydavo vos 1–2 kartus per metus. Tik po dešimtmečio, pasikeitus redaktoriui, „Journal des Scavans“ vėl tapo dvisavaitinis. Nuo XVIII a. pradžios jis pasidarė oficialiu, Paryžiaus mokslų akademijos kuruojamu žurnalu, knygų leidėjai netgi buvo įpareigoti pateikti jo redakcijai po vieną egzempliorių visų išleidžiamų mokslo knygų. Tuo metu žurnalo prenumeratorių skaičius siekė tūkstantį. Moksliniai straipsniai, išsamiai aprašantys naujus rezultatus, jame nebuvo spausdinami, tik pateikiama informacija, kurią galėtų suprasti ir nespecialistas. Žurnalas tebėra leidžiamas ir dabar, tiesa, jis yra tapęs archeologijos ir senosios istorijos žurnalu.

1665 m. kovo mėnesį „Journal des Scavans“ paskelbė, kad Londono Karališkoji draugija pradėjo leisti žurnalą „Philosophical Transactions“ („Filosofijos darbai“), tačiau jo „dar negalime apžvelgti, nes jis parašytas angliškai“. Šį mėnesinį žurnalą leido draugijos sekretorius H. Oldenburgas. Čia buvo spausdinami Draugijos narių ir žurnalo korespondentų straipsniai, knygų referatai, laišakai ar jų ištraukos, pateikiama ir kitokia su mokslu susijusi informacija – gamtos reiškinių stebėjimai, įdomūs radiniai ir pan. Žurnalo stilius buvo dalykiškesnis negu „Journal des Scavans“, tačiau, aprašant mokslo rezultatus, taip pat nevengta asmeninių nuomonių, komentarų, istorinių ekskursų. Mirus Oldenburgui, vietoj žurnalo buvo spausdinamos rezultatų apžvalgos „Philosophical Collections“ („Filosofijos

kolekcijos“), bet po kelerių metų žurnalas vėl atgaivintas, ir jis tebėra leidžiamas iki šiol.

1682 m. Vokietijoje, Leipcige, buvo pradėtas leisti pirmasis tik mokslininkams skirtas žurnalas lotynų kalba „Acta Eruditorum“ („Mokslininkų darbai“). Jis dar aprėpė visą mokslą, straipsniai nebuvo recenzuojami, o priimami ar atmėtami redaktoriaus nuožiūra. Tai būdinga ir kitiems XVII a. pabaigos ir XVIII a. pradžios žurnalams. Prieš 1800 m. Prancūzijoje ir Vokietijoje pradėti leisti specialūs fizikos ir chemijos žurnalai, o vien tik fizikai skirtas žurnalas „Fortschritte der Physik“ („Fizikos pažanga“) pasirodė 1845 m.

Prieš Antrąją pasaulinę karą Nepriklausomoje Lietuvoje buvo leidžiami „Vytauto Didžiojo universiteto Matematikos-gamtos fakulteto darbai“ lietuvių kalba; šiame žurnale spausdinti ir fizikų straipsniai. 1962 m. pasirodė pirmasis „Lietuvos fizikos rinkinio“, leisto rusų kalba, numeris. Jis ir pasidarė pagrindiniu Lietuvos fizikų žurnalu; JAV buvo verčiamas į anglų kalbą. Lietuvai atgavus nepriklausomybę, pasikeitė žurnalo kalba (straipsniai spausdinami angliškai, pateikiant lietuviškas santraukas), o pavadinimas tapo „Lithuanian Journal of Physics“ („Lietuvos fizikos žurnalas“).

Žurnalams pateiktų straipsnių recenzavimas pasidarė privaloma sąlyga nuo XIX a. vidurio; tai pagerino jų kokybę, bet prailgino straipsnių publikavimo trukmę. Tuo metu mokslo raida spartėjo, todėl kai kurie žurnalai pradėjo skelbti trumpus, skubiai spausdinamus straipsnius, kuriuose pranešama apie svarbius rezultatus. Tokie straipsniai vadinami laiškais redakcijai. XX a. atsirado specialūs žurnalai, skirti šiems skubiems pranešimams; prestižiškiausias tarp jų yra „Physical Review Letters“ – atsiskyręs nuo „Physical Review“ („Fizikos žurnalas“).

Įvairių mokslo žurnalų skaičiui išaugus maždaug iki trijų šimtų, atsirado poreikis steigti referatinį žurnalą, kuriame būtų skelbiami trumpi mokslo žurnaluose išspausdintų straipsnių bei naujų knygų referatai. Pirmas referatinis žurnalas pradėtas leisti 1830 m. Tokių informacinių leidinių taip pat sparčiai daugėjo, jie tapo specializuoti. Dabar pagrindinis fizikos referatinis žurnalas „Physics Abstracts“ („Fizikos referatai“) išleidžiamas dviem storais tomiais kas mėnesį, o per metus jame paskelbiama apie 200 000 referatų.

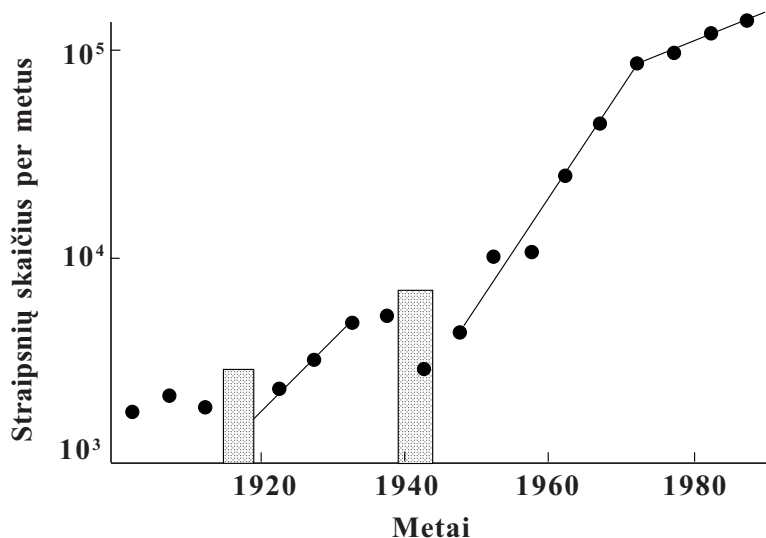
Mokslo kalba. Įvairiais laikotarpiais moksle vyravo viena ar kita kalba. Senovės Graikijoje ir helenistiniame pasaulyje buvo vartojama graikų kalba. Viduramžiais katalikų bažnyčios vartojama lotynų kalba tapo ir tarptautine mokslo kalba, ji išlaikė savo pozicijas iki XIX a. Tačiau tai negyva kalba, kuria sunku aprašyti naujus, senovėje nežinotus reiškinius. Be to, plečiantis mokyklose pateikiamų žinių apimčiai, buvo atsisakoma senųjų kalbų mokymo. Tad XIX a. mokslinius

straipsnius imta spausdinti keliomis pagrindinėmis Europos kalbomis – vokiečių, prancūzų ir anglų. Iš jų labiausiai paplitusi buvo vokiečių kalba, nes tuo metu Vokietija pasidarė pirmaujančia mokslo šalimi. Tačiau, jai pralaimėjus Pirmąjį ir Antrąjį pasaulinius karus, vokiečių kalba prarado galimybę tapti pagrindine tarptautine kalba, ir ta netektis gal net pranoko ekonominius karo nuostolius. Po Antrojo pasaulinio karo, mokslo svorio centrui persikėlus iš Europos į JAV, dauguma straipsnių pradėti spausdinti anglų kalba, o XX a. pabaigoje ji jau įgijo vienintelės, bent jau mokslo sferoje, tarptautinės kalbos statusą. Dabar jos nemokantis mokslininkas tiesiog negali profesionaliai dirbti savo darbo. Netgi vokiečiai ir savo nacionalinę kalbą ypač ginantys prancūzai priversti mokslo darbus skelbti anglų kalba. Tiesa, Tarybų Sąjungoje valdžios nurodymu visi mokslo žurnalai bei knygos buvo spausdinami rusų kalba, tačiau tai tik prisidėjo prie šios šalies mokslo izoliacijos. Sparčiai vykstant globalizacijai ir formuojantis žinių visuomenei be sienų, tikėtina, jog po poros šimtų metų ar net greičiau daugelis planetos gyventojų savo pagrindine kalba laikys anglų kalbą.

Straipsniai. Mokslinio straipsnio dabartinis pavidalas, rašytos ir nerašytos taisyklės susiklostė per ilgą laiką. Pirmi bandymai pateikti mokslo žurnale ne tik trumpą informaciją apie gautus rezultatus, kuri užtikrintų autoriaus prioritetą, bet ir nuoseklų jų išdėstymą buvo sutikti skeptiškai ir net kritiškai, – atrodo, kad tai įmanoma padaryti tik knygoje. Iki XIX a. autorių teisės nebuvo: redaktorius savo nuožiūra trumpindavo ir taisydavo straipsnius, pateikdavo tik jų ištraukas ar atpasakojimus. Palaipsniui straipsnių stilius darėsi griežtesnis ir sausesnis, išnyko pasakojimai apie tyrimų eigą, klystkelius ar neigiamus rezultatus. Maždaug nuo 1850 m. privaloma straipsnio dalimi tapo literatūros sąrašas, jame nurodomi darbai, kuriais remiantis buvo gauti rezultatai (iki tol kai kurie autoriai tik pakomentuodavo savo pirmtakų darbus nepateikdami bibliografinių jų aprašų).

Šiuolaikinis mokslinis straipsnis – tai mokslo fragmentas, glaudžiai susijęs su ankstesniais tyrimais. Jame turi būti aprašyti ne tik nauji rezultatai, bet ir eksperimento sąlygos (arba jos nurodytos cituojamuose šaltiniuose), naudojami teoriniai metodai bei artutinumai, idant kiti mokslininkai turėtų galimybę pakartoti tuos rezultatus. Rašant straipsnį, vartojamas specialus tos mokslo šakos žargonas, taigi tekstas yra sunkiai suprantamas ne tik kitos srities mokslininkui, bet ir kitos specializacijos fizikui. Straipsnio stilius – griežtas ir nuasmenintas, jokių emocijų, aštrios kritikos savo pirmtakų atžvilgiu, žinių apie atradimo aplinkybes ar klystkelių. Nurodyti naudojamus ankstesnius darbus būtina, tačiau fizikai vengia citatų, laikydami, kad svarbu tiksliai pateikti tik formules ir skaičius, o ne žodinius komentarus. Būtinis mokslinio straipsnio dalys: trumpa santrauka, įvadas, rezul-

tatai, jų gavimo būdas bei aptarimas, išvados, literatūros sąrašas. Kiekvienam straipsniui atliekamas mokslinis cenzūravimas: žurnalo redakcija parenka du nepriklausomus straipsnio recenzentus, kurių pavardės autoriams lieka nežinomos. Ginčytis su jais galima, bet rizikinga, nes recenzentai, kuriais paprastai skiriami žinomi mokslininkai, nelinkę keisti savo nuomonės. Santykiai su redakcijomis ir anonimiais recenzентаis – neišsenkantis mokslininkų folkloro šaltinis.



4.2 pav. Fizikos straipsnių skaičiaus kitimas. (Kiekvienas taškas atitinka penkerių metų vidurkį.) Skaičius didėjo eksponentiškai, išskyrus Pirmojo ir Antrojo pasaulinių karų laikotarpius (patamsinti) bei pokario metus. Tiesa, eksponentės laipsnio rodiklis nebuvo pastovus

Gana svarbų vaidmenį moksle vaidina apžvalginiai straipsniai; juose nebūna pateikta originalių rezultatų, bet apibendrinami nauji darbai, kuriuose sprendžiama tam tikra problema ar plėtojama siaura kryptis. Tai tarpinė forma tarp straipsnio ir monografijos, jie labai naudingi jauniems mokslininkams ar pradedantiesiems dirbti ta kryptimi. Apžvalga naudinga ir pačiam autoriui, nes padeda susisteminti savo ir kitų autorių rezultatus, išvelgti tyrimų tendencijas ir naujus uždavinius. Aišku, apžvalginiam straipsniui parašyti reikia platesnių žinių ir patyrimo. Tokius straipsnius spausdina kai kurie įprastiniai žurnalai, tačiau yra ir vien tik apžvalgoms skirtų žurnalų; iš jų žinomiausi: „Reviews of Modern Physics“ („Šiuolaikinės fizikos apžvalgos“), „Успехи физических наук“ („Fizikos mokslų pasiekimai“) ir kiti.

Su mokslu nesusiję žmonės kartais mano, jog mokslo žurnalai moka autoriams didelius honorarus. Iš tikrųjų tokie žurnalai yra leidžiami nedideliais tiražais, o straipsnių autoriams joks atlyginimas nėra mokamas, netgi priešingai – kai kurie prestižiniai žurnalai patys ima nemenką mokestį (o dauguma žurnalų yra dotuojami valstybės bei fondų).

Patentai. Mokslė ne tik atrandami nauji gamtos reiškiniai, dėsniai, objektai, bet ir išrandami nauji prietaisai, mechanizmai, technologijos. Išradimai būdingesni technikai, tačiau ir fizikai daro ne tik atradimus, bet ir išradimus. Mokslė labiau vertinami atradimai, bet daug didesnės materialinės naudos autoriui gali duoti išradimas. Dokumentas, pripažįstantis išradimo prioritetą ir kartu suteikiantis teisę autoriui jį realizuoti, yra vadinamas patentu (lot. *patens* – atviras, laisvas, aiškus).

Tokia išradėjo privilegija atsirado ne naujaisiais laikais, o dar viduramžiais. 1421 m. Florencijos sinjorija suteikė architektui ir inžinieriui F. Brunelleschiui (F. Bruneleskis) išimtinę teisę trejus metus gaminti jo paties išrastą baržą su keltuvu marmuro luitams pervežti.

Per porą šimtmečių ši išradėjų teisė paplito Vakarų Europoje. Šiaurės amerikiečiai, pasižymintys prakticismu, 1790 m. priėmė pirmąjį patentų įstatymą, o XIX a. pabaigoje tokie įstatymai įsigaliojo daugelyje šalių. Išradėjų paraiškoms nagrinėti buvo steigiamos specialios tarnybos – patentų biurai, kurių darbuotojai įvertindavo autoriaus prioritetą, išradimo naujumą bei naudingumą. Greta daugelio svarbių išradimų yra pasitaikę ir kuriozų – ne vienas patentas buvo išduotas amžinojo variklio kūrėjams. Patento galiojimo trukmė daugelyje šalių ribojama 15–20 metų. Teisė pasinaudoti išradimu gali būti parduodama, toks leidimas vadinamas licencija (lot. *licentia* – leidimas).

Patentai būdavo išduodami vienoje valstybėje, bet nuo XIX a. pabaigos jų įteisinimą kitose valstybėse lengvino ir reguliavo tarptautinė konvencija. XX a. atsirado tarpvalstybiniai patentai. Antai, 1977 m. pasirašius Europos patentų konvenciją, buvo įsteigtas Europos patentų biuras. Jis išduoda Europos patentus, kurie galioja Konvenciją pasirašiusiose šalyse.

Yra buvę atvejų, kai mokslininkas, padaręs svarbų išradimą, žadantį didelę naudą žmonijai, atsisakydavo imti patentą, sudarydamas sąlygas greičiau ir plačiau pritaikyti išradimą. Taip pasielgė W.C. Röntgenas, atsisakęs išimtinės teisės į savo atrastų spindulių naudojimą, ar Marie (Marija) ir Pierre (Pjeras) Curie (Kiuri), leidę laisvai taikyti medicinoje jų atrastą radioaktyvųjų radį.

Konferencijos. Jų pirmதாகai buvo mokslų akademijų narių susirinkimai. XIX a. pradžioje keliose Vakarų Europos šalyse buvo pradėti organizuoti kasmetiniai

mokslininkų suvažiavimai: Vokietijos gamtos tyrinėtojų ir gydytojų draugijos, Šveicarijos gamtos tyrinėtojų ir kt. Mokslas dar nebuvo labai specializuotas ir formalizuotas, tad fizikai, matematikai, chemikai ir kitų gamtos mokslų atstovai galėjo kartu apžvelgti naujus savo rezultatus. Suvažiavimai vykdavo tos šalies kalba, kartais dalyvaudavo ir tą kalbą mokančių svečių iš kitų šalių.

1870 m. Karlsruheje (Vokietija) įvyko pirmasis Tarptautinis chemikų kongresas. Jo metu buvo aptartas cheminių reakcijų aiškinimas atomų ir molekulių hipotezės požiūriu, atominių svorių nustatymas, po ilgų diskusijų priimtas molekulės apibrėžimas.

Kitai aktualiai mokslo ir technikos problemai spręsti – tarptautiniams elektrinių ir magnetinių dydžių vienetams įvesti 1881 m. Paryžiuje buvo sušauktas Tarptautinis elektrikų kongresas. Jis įteisino vienetus, kai kurie iš jų išliko ir SI vienetų sistemoje.

Pirmasis Tarptautinis fizikų kongresas įvyko tik pačioje XIX a. pabaigoje – 1900 m. Paryžiuje ir buvo susietas su ten organizuota naujojo šimtmečio proga tarptautine paroda. Jame dalyvavo apie 800 mokslininkų iš 23 Europos, Amerikos ir Azijos šalių. Plenariniuose ir sekcijų pranešimuose buvo apžvelgti to meto fizikos pasiekimai ir svarbiausios problemos. Greta klasikinės fizikos daug dėmesio skirta naujiems atradimams – katodiniams bei radžio spinduliams, molekulinei fizikai, taip pat perspektyvioms sritims mokslų sandūroje – kosminei ir biologinei fizikai. Kongreso metu vykusios vaisingos diskusijos, užsimezgę ryšiai tarp įvairių šalių mokslininkų paskatino plėtoti šią operatyvaus informacijos sklaidimo formą.

Tačiau mokslas – gana inertiška sistema, tad kongresų ir konferencijų skaičius augo iš lėto. Tarp jų vertėtų išskirti žymiausių pasaulio fizikų pasitarimus – Solway kongresus. Jie buvo vadinami mecenato, turtingo belgų verslininko ir išradėjo E. Solway (E. Solvè) vardu, nes jis skyrė lėšas tiems kongresams organizuoti. Kongreso organizacinis komitetas iš anksto parinkdavo aktualią fizikos problemą, kviesdavo kelis pagrindinius pranešėjus ir apie 30 dalyvių – žymiausių fizikų. Solway kongresuose aktyviai dalyvaudavo to meto fizikos autoritetai: H. A. Lorentzas (H.A. Lorencas), A. Einsteinas, E. Rutherfordas, N. Bohras, M. Curie ir kiti. Visą savaitę idealiomis darbui ir poilsiui sąlygomis jie diskutuodavo ir bendraudavo tarpusavyje. Kongresai vyko kas trejus metus, išskyrus karo laikotarpius. Iki 1939 m. daugiausia dėmesio buvo skirta naujai mikrofizikos sričiai: jos paradoksams ir neįprastiems dėsningumams – kvantų prasmei, kvantinės mechanikos interpretacijai, atomo ir jo branduolio sandarai. Po Antrojo pasaulinio karo Solway kongresai vėl buvo atgaivinti, tačiau pasirodė, kad net žymiausieji

fizikai jau nebeįstengia aprėpti visos fizikos ir profesionaliai svarstyti nuo jų tyrimų srities nutolusių problemų.

Užtat tuo metu labai padaugėjo siauresnių mokslinių konferencijų ir simpoziumų, atsirado vasaros mokyklų, skirtų jauniems mokslo darbuotojams. Reguliariai dalyvauti savo krypties konferencijose kiekvienam mokslininkui tapo būtinybe. Greta oficialių mokslinių pranešimų bei diskusijų ne mažiau svarbūs ir asmeniniai pokalbiai, kurių metu galima gauti pačios naujausios informacijos, susitarti dėl bendradarbiavimo, stažuotų ir pan. Tiesa, daugelis konferencijų dalyvių norėdavo skaityti bent po vieną pranešimą, ir programas tekdavo perkrauti trumpais, tik kai kuriuos dalyvius dominančiais pranešimais. tačiau buvo rasta išganinga išeitis: didžiąją pranešimų dalį pateikti standine forma. Salėse, fojė ar net koridoriuose prie sienų pastatomi specialūs stendai, kuriuose nustatytu laiku pranešimų autoriai pateikia savo tyrimų rezultatus – brėžinius, paveikslėlius, lenteles bei juos aiškinantį tekstą. Konferencijos dalyviai eina pro tuos stendus, stabteli prie juos dominančių pranešimų, o šalia esantys autoriai teikia reikalingus paaiškinimus, užsimezga diskusijas. Konferencijos organizatoriai iš anksto išspausdina pranešimų tezes – trumpas santraukas. Kartais dar išleidžiami konferencijos darbai ir apžvalginiai pranešimai.

Neregimosios bendrijos. Mokslinių konferencijų metu formuojasi neregimosios bendrijos – vienos krypties mokslininkų neformalios grupės. Jos nebūna oficialiai įregistruotos, jų nariai dirba įvairiuose mokslo centruose ir šalyse, tačiau juos sieja bendri interesai, asmeniniai ryšiai, kartu vykdomi tyrimai. Neregimosios bendrijos nariai nuolat keičiasi naujausia informacija, dar tik rengiamais spaudai darbais, preprintais, lankosi vieni pas kitus ir taip įgyja didelį pranašumą, palyginti su tai bendrijai nepriklausančiais ar su ja silpnai susijusiais mokslininkais. Mokslas, ypač aktualiomis kryptimis, yra plėtojamas labai sparčiai, tad galimybė pasinaudoti naujausiais rezultatais dar iki juos paskelbiant mokslinėje spaudoje yra labai svarbi. Jei iš naujų rezultatų išplaukia įdomios tolesnių darbų perspektyvos, tai neretai jos pradedamos realizuoti dar prieš spausdinto darbo pasirodymą, o perskaičius apie tai mokslo žurnale, jau būna vėlu įsitraukti į lenktynes.

Neformalios informacijos pranašumas – ne tik jos operatyvumas. Tai būna atrinkta informacija, atitinkanti mokslininko interesus, pateikta tos srities specialisto. Taip galima gauti labai konkrečią informaciją apie naudojamą aparatūrą, metodus, skaičiavimo algoritmus ir kompiuterių programas, kuri ne visada pateikiama straipsniuose. Be to, spausdinta informacija yra pasyvi jos forma, o asmeninio bendravimo metu egzistuoja grįžtamasis ryšys – galima gauti atsakymus į kylančius klausimus, sulaukti kritinių pastabų, greito rezultatų įvertinimo. Aiš-

ku, pranašumų turi ir spausdinta informacija – ji tikslesnė, patikimesnė, be to, vengiant konkurencijos, ne viskas atskleidžiama prieš darbo paskelbimą, kuris įteisinga rezultatų prioritetą.

Kaip rodo tyrimai, šiais laikais aktyvus, susijęs su neregimąja bendrija mokslininkas vidutiniškai apie 80% informacijos gauna neformaliu būdu ir tik apie 20% – iš mokslinių straipsnių. Taigi teiginys, jog žymūs mokslininkai nebeskaito mokslinės literatūros, yra netoli tiesos.

Labai svarbų vaidmenį neregimojoje bendrijoje vaidina jos lyderiai – nedidelis skaičius labai kūrybingų, produktyvių mokslininkų, sudarančių tos bendrijos branduolį. Būtent jie yra vertingiausios informacijos kūrėjai ir sklaidėjai, įvairių bendradarbiavimo formų iniciatoriai. Jie lemia mokslinę bendrijos strategiją ir iš dalies – sėkmingą veiklą, yra neregimosios bendrijos traukos centrai.

Nors neregimosios bendrijos vaidina svarbų vaidmenį šiuolaikiniame moksle, tai yra gana amorfiški, greit kintantys dariniai. Jų nariai, ypač lyderiai, palaiko ryšius ir su gretimų krypčių mokslininkais, neretai dalyvauja keliose neregimosiose bendrijose.

Informacinė krizė ir elektroninė revoliucija. Jeigu visas pasaulyje išleidžiamas knygas dėtume į vieną eilę, tai ji ilgtų 140 km/h greičiu, t. y. apsisuktų aplink Žemės rutulį per 12 dienų. Per metus išspausdinama apie vienas milijonas mokslinių straipsnių, vien fizikos straipsnių – daugiau kaip šimtas tūkstančių. Žmogus gali įsisavinti informaciją tik maždaug 50 bitų per sekundę sparta, o vidutinė gyvenimo trukmė yra apie $2 \cdot 10^9$ sekundžių, iš kurių dar reikia atimti miego ir kitokios pasyvios būsenos laiką.

Ypač sunku susigaudyti vis augančiame informacijos sraute jaunam mokslininkui. Norint pasiekti priešakinį mokslo kraštą ir suvokti tos mokslo krypties tendencijas ir perspektyvas, reikia perskaityti ne vieną monografiją, šimtus ar net tūkstančius straipsnių. Surasti reikalingus duomenis, spausdintus ankstesniu laikotarpiu, kartais būna sunkiau, negu gauti juos iš naujo. Gindamiesi nuo vis augančio informacijos srauto, mokslininkai siaurina savo specializaciją.

Jau aptarėme vieną iš būdų tai informacinei krizei įveikti – neformalius mokslininkų ryšius. Kitas, radikalesnis, būdas – elektroninės informacijos tinklų sukūrimas ir labai spartus jų plėtojimas.

Pirmasis keliasdešimties tarpusavyje sujungtų kompiuterių tinklas ARPANET pradėjo veikti 1969 m. JAV; jo tikslas buvo užtikrinti patikimą karinės informacijos perdavimą kilus atominiam karui. Informacija buvo skaidoma į paketus ir siunčiama skirtingais keliais, apeinant nutrauktas ryšio linijas. Tinklas pasirodė esąs naudingas ne tik kariniams, bet ir moksliniams bei administra-

ciniams tikslams, tad 1983 m. ARPANET buvo padalytas į du tarpusavyje sujungtus tinklus – karinį bei civilinį – ir šis kompleksas pavadintas *Internet* (angl. **Inter**connected **Net**works). Jo abonentų skaičius ėmė augti tarsi lavina – padvigubėdamas kasmet. Prie interneto buvo jungiami kiti naujai sukurti kompiuterių tinklai, jis apėmė vis daugiau šalių.

1989 m. tarptautiniame branduolinių tyrimų centre CERN, pritaikius internetui hipertekstinį (įvairių lygmenų) informacijos pateikimo būdą, buvo pradėta kurti elektroninė hipertekstinių dokumentų sistema. Ji buvo pavadinta visuotiniu žiniatinkliu (angl. *World Wide Web*, sutrumpintai – WWW) ir netrukus tapo svarbiausia interneto dalimi.

Internetas atvėrė unikalias galimybes gauti įvairiausių informaciją iš viso pasaulio, naudotis duomenų bazėmis, užsakyti leidinius ir prietaisus, sužinoti apie mokslinius renginius, grantus, darbo vietas, dalyvauti konferencijose, diskusijose ir t. t. Ta informacija dažniausiai būna gerai struktūrizuota, ypač duomenų bazėse, kuriose galima atlikti paieškas pagal įvairius požymius. Deja, ne viską galima gauti veltui. Antai nemokamai naudotis mokslo žurnalų elektroninėmis versijomis leidžiama tik darbuotojams tų įstaigų, kurių bibliotekos yra užsiprenumeravusios tų pačių žurnalų spausdintas versijas. Kitų žurnalų prieinami tik turiniai ar straipsnių santraukos. Tiesa, kai kurių žurnalų visatekstsčius straipsnius pateikia ir duomenų bazės, tačiau jos taip pat yra prenumeruojamos. Pradėti steigti vien elektronine forma leidžiami mokslo žurnalai. Naudojantis asmeniniu kompiuteriu, galima tvarkyti gaunamą informaciją, kurti savo elektroninę biblioteką ir joje lengvai surasti reikalingus duomenis. Elektroninė informacija sėkmingiau pritaikoma tiksliesiems mokslams, nes jie turi aiškia ir griežtą struktūrą.

Elektroniniai ryšiai labai palengvino žurnalų leidybą, nes pateikiamo straipsnio teksto nebereikia perrinkti, o tik redaguoti, pasidarė įmanoma akimirksniu perduoti recenzijas ir korektūras. Autoriai žurnalo tinklalapyje gali rasti informaciją apie savo straipsnio rengimą spaudai.

Labiausiai paplitusi interneto paslauga – elektroninis paštas (angl. *electronic mail*). Jis įgalina labai operatyviai keistis su kolegomis mokslinė informacija, bendradarbiauti, prenumeruoti mokslo naujienas, gauti žinias apie konferencijas ir pan.

Kita vertus, interneto naršymas, susirašinėjimas elektroniniu paštu, gautos informacijos tvarkymas atima daug laiko, gali tapti pomėgiu, netgi nustelbiančiu patį mokslinį darbą. Ne visa internete randama informacija yra patikima; elektroninio pašto dėžutės užkemša daugybė siuntinėjamų reklaminių pranešimų, pasiūlymų, net aferistų laiškų ir kitų elektroninių šiukšlių. Asmeniniame kompiute-

ryje esančia tinkamai neapsaugota informacija gali pasinaudoti, ją netgi sugadinti įsilaužėlis ar virtualus vagis. Nemažą pavojų kelia nuolat kuriami ir internete plintantys kompiuterių virusai, įvairios šnipinėjimo, duomenų rinkimo ar vogimo programos ir kt.

Vis dėlto elektroninės informacijos pranašumai neabejotini. Šiuo metu labai sparčiai vykstanti elektroninė revoliucija, ko gero, turės dar daugiau reikšmės mūsų civilizacijos ir mokslo raidai negu knygų spausdinimo išradimas.

4.2. DARBŲ CITUOJAMUMAS IR JO NAUDOJIMAS MOKSLUI ĮVERTINTI BEI ANALIZUOTI

Valstybinės mokslo įstaigos ir netgi patys fizikai mokslininko darbą dažnai vertina pagal jo paskelbtų straipsnių skaičių, nes įvertinti rezultatų kokybę ne tos siauros srities specialistui yra sunkiai įmanoma. Iš tikrųjų, žymūs mokslininkai, ypač dirbantys kolektyviai kartu su savo mokiniais, paskelbia daugiau straipsnių negu eiliniai mokslo darbuotojai. Tačiau pasaulio rekordas – beveik 4000 straipsnių per 67 metus, arba vidutiniškai 1,2 straipsnio per savaitę, – priklauso ne itin žinomam bičių entomologijos specialistui. Atrodo, nė vienas fizikas nėra viršijęs 1000 mokslinių straipsnių ribos.

Straipsnis nėra savarankiškas mokslo kūrinys, tai tik jo ląstelė, dalis, susijusi tiek su ankstesniais darbais, kuriais jis remiasi, tiek su vėlesniais darbais, kurie toliau plėtoja straipsnyje paskelbtus rezultatus. Taigi tikroji straipsnio vertė priklauso nuo to, kokią įtaką jis daro tolesnei mokslo raidai. Darbe naudoti šaltiniai yra nurodyti literatūros sąraše; tai yra straipsnio šaknys, įvairiapusiai jo ryšiai su anksčiau atliktais darbais. Sakoma, jog geras specialistas, vien pažvelgęs į literatūros sąrašą, gali pasakyti, kokia problema ir kokiais metodais yra sprendžiama, netgi ko vertas tas straipsnis.

Kiek daug informacijos slypi literatūros sąrašuose, atskleidė naujo tipo bibliografinis periodinis leidinys „**Science Citation Index**“ („Gamtos ir technikos mokslų citavimo indeksas“), sutrumpintai vadinamas SCI, kurį 1963 m. pradėjo leisti JAV Mokslinės informacijos institutas (*Institute for Scientific Information*, sutrumpintai – ISI). Leidinio iniciatorius ir idėjinis vadovas buvo to instituto direktorius chemikas E. Garfieldas (J. Garfieldas).

SCI spausdinami sąrašai mokslo darbų, kurie nurodyti naujų straipsnių literatūros sąrašuose (tai vadinama citavimu, nesvarbu, ar buvo pateikta originali cita-ta, ar tik nuoroda į darbą). Kiekvienam tokiam literatūros šaltiniui nurodomi jį

citavę darbai. Aišku, SCI negali apimti visų pasaulyje išleidžiamų mokslo žurnalų, jį pradėdant leisti buvo peržiūrima tik šeši šimtai pagrindinių žurnalų, vėliau tas skaičius išaugo iki keturių tūkstančių. Ne visų, o tik pagrindinių informacijos šaltinių panaudojimas nėra trūkumas, nes būtent jie vaidina moksle svarbiausią vaidmenį. Vienas iš SCI pranašumų – gretimų mokslo sričių apžvalga, nes literatūros sąrašuose neretai nurodomi ir kitų sričių darbai (fizikai naudojami ir matematikų, technikų, chemikų rezultatai).

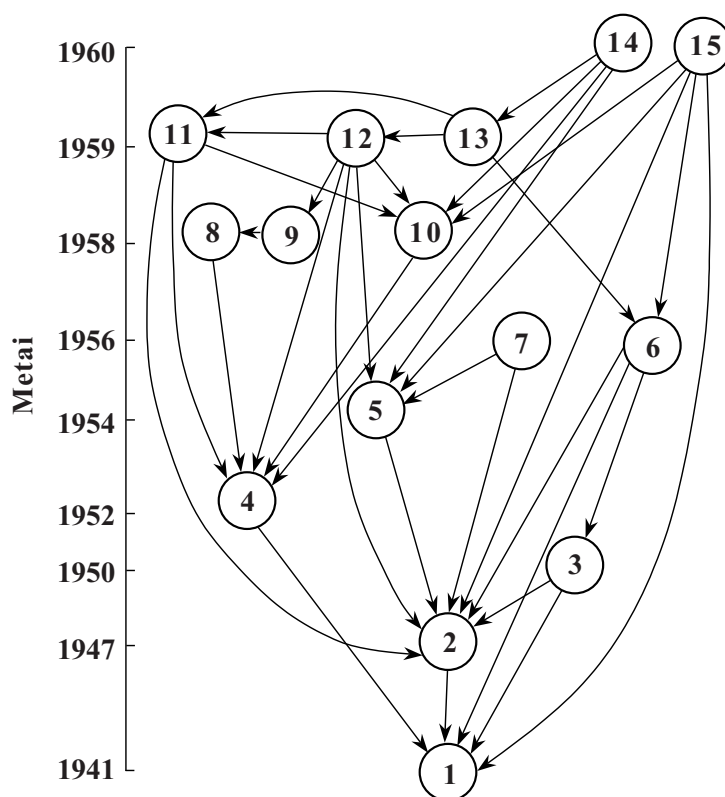
Iš pradžių SCI apėmė tik gamtos mokslus, mediciną ir techniką, vėliau atsirado ir kitoms mokslo sritims skirtos rodyklės: „Social Sciences Citation Index“ („Socialinių mokslų citavimo indeksas“), „Arts and Humanities Citation Index“ („Menų ir humanitarinių mokslų citavimo indeksas“), „Computmath Science Citation Index“ – matematikai ir skaičiavimo technikai skirtas leidinys.

1992 m. Mokslinės informacijos institutas tapo „Thomson“ kompanijos padaliniu, kuris pavadintas „Thomson ISI“, vėliau – „Thomson Scientific“. Atsižvelgiant į mokslo poreikius, buvo sukurta elektroninė duomenų bazių sistema „Web of Science“. Ji aprėpia išplėstines minėtų rodyklių versijas bei kitus resursus ir turi patogius paieškos įrankius (portalo adresas internete: <http://isiknowledge.com>; deja, bazės prieinamos tik per kompiuterius mokslo įstaigų, kurios prenumeruoja tą bazių sistemą). „Web of Science“ teikia informaciją apie straipsnius, išspausdintus prestižiniuose žurnaluose, kurie yra įtraukti į „Thomson Scientific“ sudaromą žurnalų sąrašą (*Master Journal List*; jis istoriškai vadinamas ISI žurnalų sąrašu), juose cituojamus ir juos cituojančius darbus. Straipsnius galima surasti pagal pavadinimą, autorių pavardes, reikšminius žodžius ir kitus požymius. Į tą sąrašą 2007 m. buvo įtrauktas ir Lietuvos fizikų mokslo žurnalas „Lithuanian Journal of Physics“.

Kuo naudinga tokia informacija? Visų pirma ji įgalina surasti bet kurio mokslininko svarbesnius darbus. Autorius gali sužinoti, kas domisi jo gautais rezultatais – kas ir kuriuos straipsnius cituoja, kas toliau plėtoja jo idėjas. Labai svarbi galimybė susirasti mokslinę literatūrą dominančiu klausimu. Tai galima padaryti arba nurodant reikšminius žodžius, arba ieškant darbų, kurie cituoja tam klausimui skirtus mokslinius straipsnius.

Tokiu būdu galima atsekti teorijų ar idėjų evoliuciją, metodų paplitimą – netgi kitose mokslo srityse. Taigi SCI rodyklė ir išplėstinė jos elektroninė versija „SCI Expanded“ (apimanti daugiau kaip 6000 mokslo žurnalų), pateikiama interneto portale „Web of Science“, atveria dideles galimybes fizikos raidai tirti, moksliniams ryšiams nustatyti. Problemų sprendimo kelius galima pavaizduoti schemomis. Tipiškas pavyzdys pateiktas 4.3 paveikslėlyje (nėra svarbu, kokios konkrečios problemos sprendimą atitinka ši schema). Kiekvieną darbą joje vaizduoja

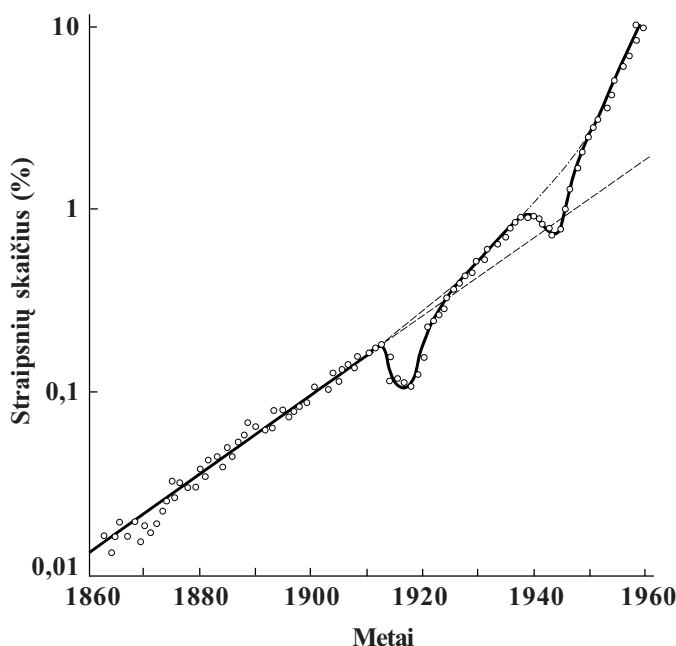
skritulėlis. Jie išdėstyti chronologiškai vertikalia kryptimi pagal išspausdinimo metus. Rodyklė, nubrėžta iš vieno skritulėlio į kitą, atitinka pastarojo darbo citavimą vėlesniame darbe. Tokia schema įgalina išskirti svarbiausius darbus, kuriuose sprendžiama tam tikra problema (į juos nukreipta daugiausia strėlių, per juos eina pagrindinės schemos linijos), ar, priešingai – atsitiktinius, nereikšmingus darbus (jų niekas necituoja). Naudojantis panašiomis schemomis, galima tirti neregimąsias bendrijas, nustatyti jų vadovus, nagrinėti mokslinių mokyklų susidarymą.



4.3 pav. Mokslo darbų, kuriuose buvo sprendžiama tam tikra problema, tarpusavio citavimo schema

Darbų cituojamumo duomenys įgalina objektyviau įvertinti mokslininko veiklą negu bendras jo darbų skaičius. Apie trečdalis visų išspausdintų mokslo darbų cituojami tik pačių autorių; geru laikomas straipsnis, sulaukęs bent 7 nuorodų, svarbiu – per 15 nuorodų, moksliniu bestseleriu – cituotas kitų autorių darbuose 100–150 kartų, o darbas, naudotas daugiau kaip 1000 kartų, – pretenduojančiu į Nobelio premiją.

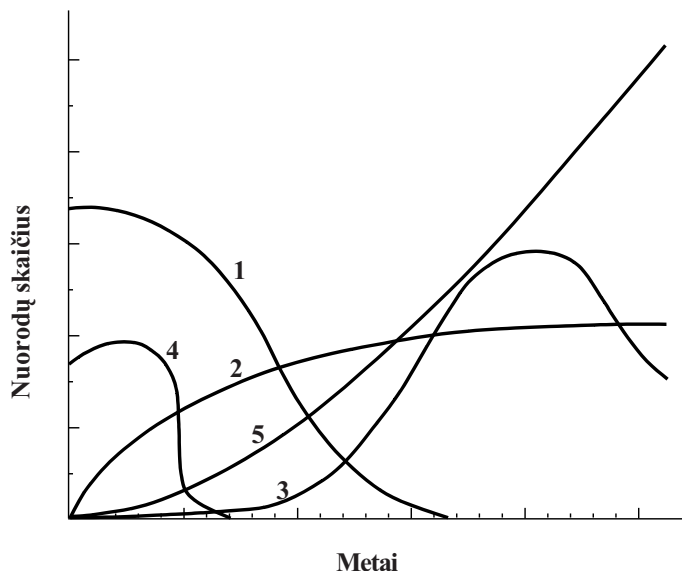
Tiesa, ir cituojamumas nėra visiškai patikimas mokslo darbo vertės matas. Visų pirma reikėtų atmesti savęs citavimą, t. y. paties autoriaus nuorodas į savo darbus, – kai kurie mokslininkai tuo piktnaudžiauja. Cituojami ir klaidingi darbai norint atkreipti dėmesį į nepasitvirtinusius rezultatus. Nemažai nuorodų sulaukia apžvalginiai darbai ar duomenų lentelių publikacijos, nors juose ir nėra atradimų. Labiau cituojami žymių mokslininkų darbai. Į skelbiamų darbų literatūros sąrašus, aišku, nepakliūva įslaptinti darbai (tačiau, neprieinami ir nežinomi daugeliui specialistų, jie daro nedidelę įtaką mokslo raidai). Skirtinguose moksluose yra susiklosčiusios įvairios citavimo tradicijos: antai matematikai savo straipsniuose dažnai apsiriboja tik keletu nuorodų, o biologai linkę pateikti daug ilgesnius literatūros sąrašus, – tad šis kriterijus nelabai tinka skirtingų mokslų lyginamajai analizei. Tačiau tie trūkumai nepaneigia cituojamumo naudojimo pranašumų – tai yra geriausias iš mokslo darbų esamų vertinimo metodų. Aišku, jo nereikia absoliutinti: kiekybinį statistinį nagrinėjimą būtina derinti su kokybiniu – ekspertiniu.



4.4 pav. Mokslinių straipsnių, kurie buvo cituoti 1961 m. darbuose, santykinis pasiskirstymas pagal metus. Minimumai atitinka Pirmojo ir Antrojo pasaulinių karų laikotarpius

Mokslo darbuose daugiausia cituojamos naujos publikacijos, o senesnių darbų cituojamumas gęsta maždaug eksponentiškai (4.4 pav.). Tiesa, stebimi ir kai ku-

rie nukrypimai nuo šio dėsnio: į naujus darbus būna dar daugiau nuorodų, o pasaulinius karus apimančiu laikotarpiu atsiranda minimumų dėl mažesnio karo metais publikuotų straipsnių skaičiaus. Priežastis, kodėl, laikui bėgant, darbo cituojamumas sparčiai mažėja, akivaizdi: mokslas eina į priekį, idėjos plėtojamos toliau ir cituojami jau kiti, vėlesni, tą darbą pratęsę darbai. Straipsnis pereina iš aktyvaus mokslo fondo į pasyvų. Šis dėsningumas tinka vidutinės vertės straipsniui, bet galimi ir kitokie variantai. Mokslotyriminkai pagal cituojamumo kitimą išskiria kelis straipsnių tipus (4.5 pav.): 1 kreivė atitinka minėtą vidutinį straipsnį; 2 – darbą, kurio vertė išryškėjo pamažu; 3 – pralenkusį savo laiką straipsnį, kuris buvo suprastas ir įvertintas tik vėliau; 4 – klaidingą darbą ir 5 – genialų darbą, atvėrusį naujus kelius moksle, jo cituojamumas didėja gana ilgą laiką.

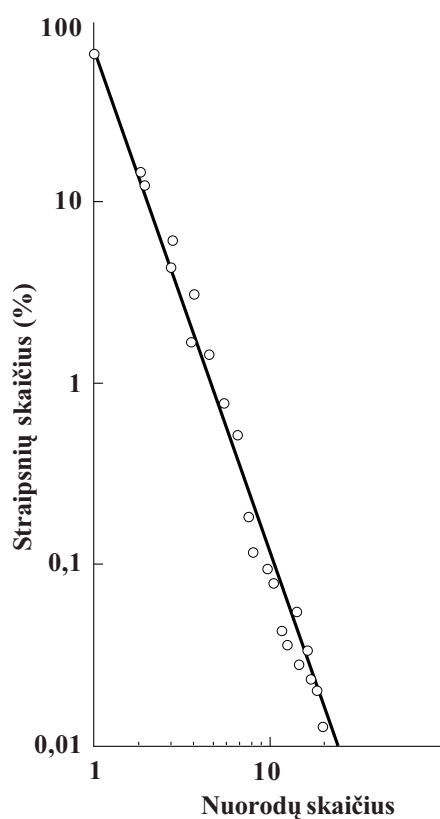


4.5 pav. Mokslinių straipsnių tipai, išskiriami pagal jų cituojamumo kitimą

Darbo senėjimą apibūdina jo cituojamumo pusamžis – laiko tarpas, per kurį nuorodų į jį skaičius sumažėja du kartus. Skirtingoms mokslo kryptims šis vidutinis dydis yra nevienodas: geografijai – 16, matematikai – 13, fizikai – 10 metų. Ta trukmė yra susijusi su atskirų mokslo šakų raidos sparta: kuo ji greitesnė, tuo greičiau darbas sensta. Cituojamumo pusamžis nėra vienodas ir atskiroms fizikos šakoms.

Darbų pasiskirstymas pagal cituojamumą neatitinka normaliojo (Gausso) skirstinio. Santykinis skaičius darbų, kurie sulaukia n nuorodų, yra proporcingas $1/n^2$,

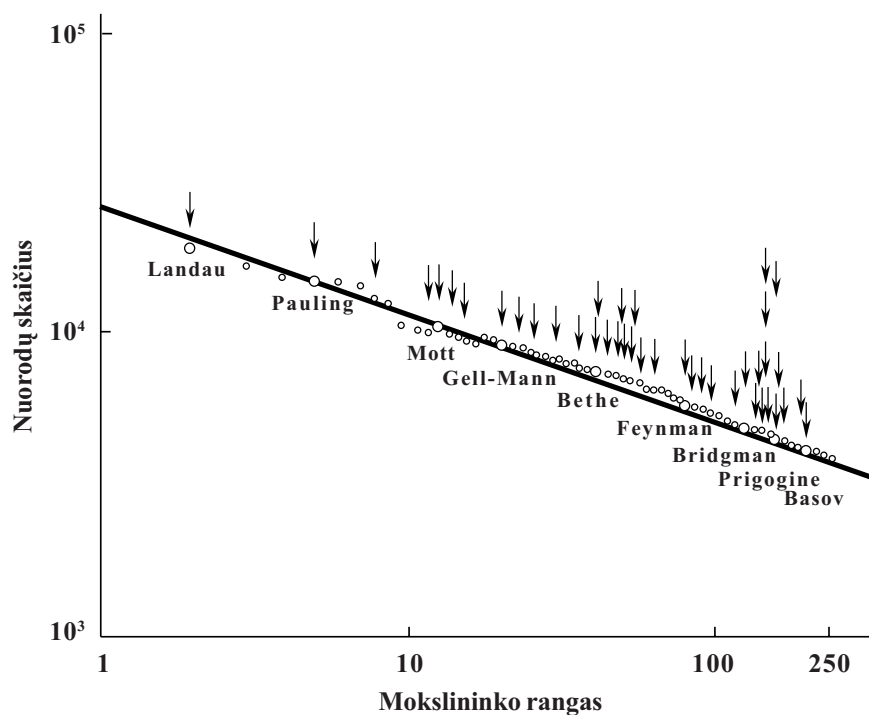
čia konstanta α įgyja vertę tarp 2 ir 3. Ir horizontaliojoje, ir vertikaliojoje ašyse naudojant logaritminę skalę, toks skirstinys yra vaizduojamas tiese (4.6 pav.). Tai rodo, kad didžioji darbų dalis turi labai mažą įtaką mokslo raidai, o nedidelis skaičius svarbiausių, dažniausiai cituojamų darbų vaidina esminį vaidmenį. Taigi darbų, turinčių tam tikrą cituojamumą, santykinį skaičių galima susieti su jų rangų: kuo cituojamumas didesnis, tuo mažiau tokio cituojamumo darbų ir tuo aukštesnis jų rangas.



4.6 pav. Mokslinių straipsnių pasiskirstymas pagal jų cituojamumą. Procentas straipsnių, cituotų n kartų, sparčiai mažėja didėjant n . Taigi straipsnių, turinčių tam tikrą cituojamumą, santykinis skaičius apibūdina jų rangą

Toks pat dėsnis aprašo ir mokslininkų pasiskirstymą tiek pagal išspausdintų darbų skaičių, tiek pagal jų cituojamumą. Taigi mokslininkams, kaip ir spausdintiems mokslo darbams, irgi galima įvesti rangų sistemą. 4.7 paveikslėlyje pa-vaizduotas mokslininkų, daugiausia cituotų 1961–1975 m. gamtos ir technikos

mokslų darbuose, pasiskirstymas pagal rangus. Tarp 249 pasaulio mokslininkų, kurių cituojamumo rodikliai buvo aukščiausi, – net 42 Nobelio premijos laureatai, jie paveikslėlyje išskirti rodyklėmis.



4.7 pav. 1961–1975 m. labiausiai cituotų pasaulio mokslininkų pasiskirstymas pagal rangus. Pavardėmis nurodyti Nobelio premijos laureatai

Buvo nagrinėtas ir Lietuvos mokslininkų cituojamumas. Anot O. Voverienės, 1945–1990 m. pasaulio literatūroje („Science Citation Index“ duomenimis) labiausiai cituotų Lietuvos mokslininkų penketukas buvo toks: 1) A. Jucys (fizikas) – 592; 2) J. Požela (fizikas) – 474; 3) V. Straizys (astronomas) – 392; 4) Z. Januškevičius (medikas) – 435; 5) A. Janulaitis (biochemikas) – 433. O į dešimtuką įėjo dar du fizikai. Ilgą laiką labiausiai cituojamu Lietuvos mokslininku buvo A. Jucys, jo darbų cituojamumas ilgai negeso ir po mokslininko mirties 1974 m.

Mokslotyroje žinomu mokslininku, pelniusiu tarptautinį pripažinimą, laikomas tas, kurio darbų cituojamumas viršija šimtą. 1995 m. Lietuvoje tokių mokslininkų buvo 48, iš jų 21 fizikas. Tais pačiais metais į SCI buvo įtrauktos Lietuvos

mokslininkų 293 publikacijos, tarp jų fizikų darbai sudarė 44%. Tie ir kiti rezultatai liudija, kad fizika yra Lietuvos mokslo lyderė. Tokia pat situacija yra ir pasauliniu mastu: fizikai irgi išsiskiria pagal cituojamumo rodiklius, antai skelbiamuose labiausiai cituojamų straipsnių sąrašuose fizikų darbai sudaro reikšmingą dalį – daug didesnę nei fizikų dalis tarp mokslininkų. Tai patvirtina fizikos, kaip bendriausio gamtos mokslo ir ilgalaikės lyderės, statusą.

Kadangi 5–10% mokslininkų išspausdina apie pusę visų mokslo darbų, kuriems tenka didžioji nuorodų dalis, o 75% mokslininkų paskelbia tik 25% mažai cituojamų darbų, tai gal būtų sutaupyta daug lėšų, o mokslas mažai prarastų, jei liktų tik nedidelė – kūrybingiausių mokslininkų dalis? Ši racionalizacinė idėja nepasitvirtina, nes ir mažiau gabūs bei aktyvūs mokslininkai atlieka reikalingą darbą, nustato daugelį mokslo faktų, kuriais remiantis daromi atradimai. Piramidės viršūnė turi remtis į platų pagrindą, – jį pašalinus, viršūnė pakibtų ore. Be to, kuo daugiau jaunuolių susidomi mokslu, tuo daugiau po tam tikro laiko atsiranda žymių mokslininkų. Yra nustatytas dėsningumas, jog žymių mokslininkų skaičius yra proporcingas kvadratinei šakniai iš visų mokslininkų skaičiaus.

Ryškus pasiskirstymas pagal rangus egzistuoja ir tarp mokslo žurnalų bei įstaigų. Tačiau žurnalai yra nevienodos apimties, spausdina skirtingą straipsnių skaičių, tad žurnalo rangui apibūdinti buvo įvestas įtakos rodiklis (angl. *impact factor*). Jis turi tame žurnale išspausdinto straipsnio vidutinio cituojamumo reikšmę. Kai kurių žurnalų įtakos rodikliai skiriasi net dešimtimis kartų. Tai liudija, jog svarbiausią vaidmenį mokslo raidoje vaidina tik nedidelis skaičius pagrindinių tarptautinių žurnalų. Tokie fizikos žurnalai yra jau minėti „Reviews of Modern Physics“, „Physical Review Letters“, „Physical Review“, „Reports on Progress in Physics“, „Physics Letters“, „Journal of Physics“ ir kiti.

Panašiu būdu galima įvertinti ir mokslo įstaigų, netgi atskirų šalių įtaką mokslo raidai. Santykinis skaičius nuorodų į tam tikros šalies mokslininkų darbus (visų nuorodų atžvilgiu) yra vadinamas šalies įtakos rodikliu. Dabartiniu laikotarpiu ryškiai pirmauja JAV – jos įtakos rodiklis daugiau kaip 40%, toliau rikiuojasi Vokietija, Didžioji Britanija, Japonija ir kitos šalys. Visų islamiškųjų šalių, kuriose gyvena 1,3 milijardo žmonių, įtakos rodiklis yra tik 2%. Šalių, pagrindinių mokslo įstaigų, žurnalų, žymesnių mokslininkų rangai, taip pat atskirų mokslo krypčių straipsnių vidutinis cituojamumas, daugiausia cituojami moksliniai straipsniai ir kiti duomenys pateikiami „Essential Science Indicators“ (ESI) duomenų bazėje, sukurtoje jau minėto „Thomson Scientific“.

Taigi mokslo tyros rezultatai liudija, kad labai didelę įtaką mokslo raidai daro svarbiausieji darbai, žymiausieji mokslininkai, žurnalai, mokslo įstaigos, pagrin-

dinės išsivysčiusios šalys. Tą būdingą mokslo bruožą E. Garfieldas pavadino mokslo koncentracija.

Klausimai

Kokios yra pagrindinės mokslinių atradimų skelbimo formos? Kaip jos keitėsi fizikos raidoje?

Kuriame amžiuje ir kuriose šalyse buvo pradėti leisti pirmieji mokslo žurnalai?

Kada atsirado pirmasis fizikos mokslo žurnalas? Koks fizikos mokslo žurnalas leidžiamas Lietuvoje?

Kodėl šiuolaikiniame moksle įsigalėjo anglų, o ne lotynų kalba?

Kokias pagrindines dalis privalo turėti mokslinis straipsnis?

Kas yra išradimo patentas? Ar jis galioja tik tam tikrą laiką ir tik kai kuriose šalyse?

Kokios studijoms reikalingos medžiagos esate radę internete?

Palyginkite spausdintos ir elektroninės informacijos pranašumus ir trūkumus.

Kaip mokslinių straipsnių literatūros sąrašai yra panaudojami mokslininkų ir mokslo įstaigų veiklai įvertinti?

V. FIZIKOS METODAI

Nes nepakanka tik pasižymėti geru protu, bet svarbiausia jį gerai taikyti.

R. Descartes. *Samprotavimas apie metodą*

5.1. BENDRASIS FIZIKOS METODAS IR JO RAIDA

Mokslas siekia ne tik aprašyti reiškinius, nustatyti jų dėsningumus, bet ir atskleisti pirmines priežastis. Būtent priežastys yra labiausiai viliojantis, galutinis pažinimo tikslas, tačiau jis sunkiausiai pasiekiamas. Senovės Graikijos filosofai bandė iš karto išvelgti pasaulio pirminį pradą ir juo remdamiesi aiškinti gamtos reiškinius. Deja, pasirodė, kad toks metodas – išprotavimas, remiantis vien logika ir bendra empirine patirtimi, nėra patikimas kelias atskleisti didžiausias gamtos paslaptis; ji nėra paprasta, nors ir harmoninga, o loginio nuoseklumo principo nepakanka gamtos įvairovei paaiškinti. Vienintelis mokslas – matematika, kuri nagrinėja abstrakčius, išgalvotus objektus, nebūtinai turinčius atitikmenų realiajame pasaulyje, gali būti plėtojama dedukciniu būdu: nuo aksiomų – prie dėsnių ir atskirų žinių.

Pirmasis mokslo sistemą ant faktų pagrindo IV a. pr. m. e. ėmėsi kurti Aristoteles. Jis rėmėsi ankstesniųjų kartų žiniomis, taip pat savo paties bei mokinių stebėjimais ir, matyt, negausiais bandymais. Tačiau tais laikais mokslo faktai dar buvo netikslūs ir sukaupia jų nedaug, tad Aristoteles rėmėsi ir intuityviomis tiesomis, filosofiniais principais. Tuo tarpu jo sekėjo Demetrios Faleritos (Demetrius Falerietis) įkurtame Aleksandrijos muziejuje jau buvo pradėti konkretūs ir nuoseklūs tyrimai atskirose mokslo srityse, atidėjus galutinių esmių paieškas. Fizikos rezultatams apibendrinti Euklides ir Archimedes pritaikė matematinius, tiksliau, geometrinius metodus.

Po viduramžių sąstingio sparti fizikos raida prasidėjo XVII a. pradžioje. Tam akstiną davė Galileo Galilei ne tik svarbiais mechanikos ir astronomijos atradimais, bet ir savo išplėtotu fizikos ir, apskritai, tiksliojo mokslo metodu. Jo pagrindai buvo aprašyti veikalė „Prabuotojas“ („Il Saggiatore“, 1623) ir iliustruoti daugeliu išpūdingų taikymų kituose Galilei veikaluose.

Pasak Galilei, mokslas turi užsiimti konkrečiais tyrimais, ieškoti atsakymų į klausimus „kas?“ ir „kaip?“ ir tik palaipsniui artėti prie klausimo „kodėl?“ spren-

dimo. „Aš labiau linkęs rasti vieną tiesą kad ir nedideliuose dalykuose, negu ilgai ginčytis didingiausiais klausimais nepasiekiant jokios tiesos“, – teigė jis.

Galilei išplėtotas metodas išskiria mokslinį tyrimą į kelis pagrindinius etapus.

Visų pirma nagrinėjamas reiškinys turi būti ištirtas eksperimentiškai, parinkus tokias sąlygas, kad trikdantys veiksniai pasireikštų mažiausiai. Siekiant patikimų rezultatų, eksperimentas kartojamas keletą kartų.

Remdamasis nustatytais mokslo faktais, mokslininkas stengiasi išvelgti dėsningumus, iškelia hipotezę. Ja naudojantis, pasitelkus matematiką, gaunamos naujos išvados, kurios yra tikrinamos eksperimentais. Jei išvados pasitvirtina, hipotezė yra priimama ir plėtojama toliau, jei ne – hipotezė taisoma ar keičiama kita ir vėl tikrinama eksperimentiškai.

Reiškinio tyrimas bandymais ir matematinis apibendrinimas jau buvo žinomi ir Archimedes; jis, aišku, kėlė ir hipotezes (apie tai liudija auksinės karūnos istorija). Tačiau Galilei padarė esminę išvadą, kad hipotezė turi ne tik paaiškinti žinomus faktus, bet ir numatyti naujus, kuriuos būtų galima patikrinti eksperimentais. Iki tol mokslininkai paprastai apsiribodavo žinomų faktų paaiškinimu.

Tas pagrindinių tyrimo etapų išvardijimas nusako tik bendrą schemą. Ji galioja vieno atskiro reiškinio tyrimui. Tačiau nagrinėjamas reiškinys yra tik gamtos fragmentas, glaudžiai susijęs su kitais jau ištirtais reiškiniais, bendraisiais dėsniais ir pan. Tie ryšiai gali keisti tyrimo etapų tvarką, netgi kai kurie etapai tampa nebereikalingi, gali būti atlikti kitų mokslininkų. Tyrimas kartais prasideda nuo pastebėto neatitikimo tarp eksperimento ir teorijos ar nuo grynai teorinės idėjos, o vietoj naujos hipotezės reiškiniui paaiškinti gali būti pritaikyta toje srityje galiojanti žinoma teorija. Vis dėlto kaip būtinas etapas paprastai išlieka naujų eksperimentinių faktų gavimas.

G. Galilei metodą papildė I. Newtonas. Jis pažymėjo būtinumą griežtai apibrėžti vartojamas sąvokas, parodė, jog hipotezę gali atstoti matematinė lygtis (kaip visuotinės traukos dėsnio atveju), pagrindė didelę matematinių metodų svarbą – ne tik geometrinių, bet ir paties Newtono išplėtotų aukštosios matematikos metodų. Daugelis fizikų vėliau prisidėjo prie konkrečių teorinių ir eksperimentinių metodų plėtojimo, bet apie tai rašoma antrajame šio skyriaus skyrelyje.

Taigi fizika, kaip ir kiti gamtos mokslai, eina nuoseklus žinių apibendrinimo keliu – nuo atskirų faktų prie bendresnių žinių, dėsnių bei teorijų. Tokį mokslo plėtojimo būdą, vadinamą indukcija (lot. *inductio* – įvedimas, skatinimas), filosofškai apibendrino ir pagrindė G. Galilei amžininkas F. Baconas (F. Beikonas). Jis teigė, kad gamtos pažinimo pagrindą sudaro stebėjimai ir bandymai, o norint, jais remiantis, padaryti teisingas išvadas, būtina naudoti mokslinį metodą. Tam

netinka paprasta indukcija, taikoma matematikoje, o reikalinga tikroji indukcija, kuri įgalina nuosekliai kilti aukštesnį mokslo laiptais: nuo atskirųjų – prie paprastųjų dėsnų, paskui – prie bendresniųjų ir pagaliau – prie bendriausių dėsnų (dėsningumus Baconas vadino *aksiomomis*). Tas kilimas turi būti laipsniškas ir sistemingas, todėl „žmogaus protui reikia suteikti ne sparnus, o greičiau švino ir svorio, kad jie sulaukėtų bet kokį šuolį ir skrydį“. Samprotavimus, koks turi būti naujojo mokslo kūrėjas, F. Baconas iliustruoja vaizdžiais palyginimais: „Empirikai, tarsi skruzdėlės, tik renka ir naudojami tuo, kas surinkta. Racionalistai, tarsi vorai, audžia tinklą iš savęs. O bitė naudojami tarpiniu būdu: ji surenka medžiagą iš sodų ir laukų gėlių, ją pati perdirba ir pakeičia.“

Pagrindiniame savo veikalė „Naujasis organonas“ („Novum organum“, 1620) F. Baconas aprašė konkrečius būdus išvadoms gauti. Vienas iš jų – panašumo metodas. Sakykime, yra tiriama reiškinys ir nustatoma, kad jis vyksta esant aplinkybėms A, B, C arba A, C, D, arba A, B, K. Visais atvejais aptinkama aplinkybė A, vadinasi, ji yra esminė reiškiniui stebėti, sukelia jį. Baconas pats fizikos eksperimentų nevykdė, o jo aprašoma metodika labiau tiko filosofijai bei kitiems humanitariniams mokslams. Fizikoje, kaip minėta, perėjimas nuo atskiro prie bendro dažniausiai vykdomas kuriant hipotezes bei naudojantis matematinėmis priemonėmis, kurias Baconas nepakankamai vertino. Tačiau jo propaguoti mokslinio tyrimo, kaip laipsniško apibendrinimo, idėja, siūlyti būdai, padedantys išvengti mokslininkams būdingų klaidų, suvaidino svarbų vaidmenį mokslo raidoje.

Moksle naudojama indukcija nėra paprasta loginė indukcija. Apibendrinant baigtinį skaičių faktų, visada lieka tikimybė suklysti. Tai B. Russellas (B. Raselas) iliustravo tokiu vaizdžiu pavyzdžiu. Kalakutas, pastebėjęs, jog pusryčius gauna kasdien tuo pačiu laiku – devintą valandą ryto, padarė išvadą: „Aš visada esu lesinamas devintą ryto.“ Tačiau kartą tuo pačiu metu atėjo žmogus su kirviu ir nukirto kalakutui galvą.

Iš tikrųjų mokslininkas, apibendrinamas žinias, nuosekliai indukcinio metodo netaiko, o sukaupęs tam tikrą kiekį faktų ir dėsnų, daro minties šuolį – iškelia hipotezę. Būtent ne iš karto formuluoja galutinę išvadą ar nustato dėsnį, o tik spėjimą – siūlo hipotezę. Ji paskui tikrinama įvairiais būdais – ne tik jos tinkamumas kitais atvejais, bet ir naujų jos išvadų teisingumas. (Tai pamiršta kai kurie filosofai, teigiantys, kad jeigu moksle loginės indukcijos nuosekliai taikyti negalima, tai visi mokslo dėsniai yra tik nepatvirtinti spėjimai.) Tokį negriežtą, bet kūrybišką indukcijos taikymą pateisina tai, kad šis kelias įgalina nuolat gauti naujų rezultatų.

Kitą bendrą, priešingą indukcijai, mokslo metodą – perėjimą nuo bendrųjų prie atskirųjų mokslo tiesų – plėtojo XVII a. prancūzų filosofas, fizikas ir matematikas

René Descartes. Imdamas pavyzdžiu matematika, jis siūlė joje vyraujančią dedukcinį metodą (lot. *deductio* – išvedimas, išvada) taikyti ir kituose moksluose: nustatyti pradines akivaizdžias tiesas ir nuosekliai iš jų išvesti dėsningumus bei pateikti įvairių reiškinių paaiškinimus. Tos Descartes akivaizdžios tiesos apie gamtos sandarą, pirminius elementus, eterį neišlaikė istorinio išbandymo, tačiau jo nustatytos racionalios ir efektyvios protavimo taisyklės padarė didelį įspūdį amžininkams ir lieka reikšmingos iki šiol. Štai tos pagrindinės Descartes taisyklės:

„*Pirmoji taisyklė*: niekuomet nepriimti jokio dalyko kaip tikro, kol akivaizdžiai nesužinosiu, kad jis iš tiesų toks yra, kitaip sakant, rūpestingai vengti skubotumo bei išankstinio nusistatymo, o į savo sprendimus įtraukti tik tai, kas mano protui yra taip aišku ir ryšku, jog nebekelia jokios abejonės.

„*Antroji taisyklė*: kiekvieną sunkiai analizuojamą dalyką skaidyti į tiek dalių, kiek įmanoma ir būtina jam įveikti.

„*Trečioji taisyklė*: laikytis tam tikros mąstymo tvarkos, pradedant nuo pačių paprasčiausių ir lengviausiai suprantamų dalykų ir palaipsniui pereinant prie sudėtingiausių pažinimo dalykų, įvedant tvarką ir ten, kur mąstymo objektai nėra vienas po kito natūraliai.

Ir *pastarąją taisyklę*: visada daryti tokius nuodugnius išskaičiavimus ir tokias išsamias apžvalgas, kad galėtum būti tikras, jog nėra ko nors praleista.“

Šiose taisyklėse Descartes pabrėžė analizės, kaip vienos iš svarbiausių dedukcijos priemonių, reikšmę. Indukciniam metodui, be abejo, būdingesnė sintezė.

Dedukcinis metodas naudojamas fizikoje gaunant hipotezių ir teorijų išvadas, plėtojant atskiras fizikos šakas po to, kai yra nustatyti pagrindiniai jų principai ir dėsniai.

Priklausomai nuo mokslininko mąstymo būdo, jo intuicijos ar polinkio į nuoseklų, racionalų mąstymą dedukcinio ir indukcinio metodų santykis jo veikloje gali būti labai įvairus. Antai A. Einšteinas mėgo pats nuodugniai apmąstyti fizikos problemą, suvokti esmines jos savybes, išvelgti hipotezės teorinius pagrindus ir tik vėliau ją nuosekliai plėtoti. Remdamasis savo patirtimi, A. Einšteinas teigė: „Nėra jokio indukcinio metodo, kuris vestų fundamentalių fizikos sąvokų link... Loginis mąstymas neišvengiamai yra dedukcinis, jis remiasi hipotetiniais vaizdiniais ir aksiomomis.“ Be abejo, Einšteinas aksiomas nustatydavo ne grynu mąstymu, o apibendrinamas mokslo žinias, bet, matyt, tas indukcinis procesas vyko labiau jo pasąmonėje.

Kaip minėta, tik matematikoje dedukcija yra svarbiausias, vyraujantis metodas. Fizika, kaip ir kiti gamtos mokslai, priskiriama indukciniam mokslams, nes pagrindinė jos raidos kryptis – žinių kaupimas ir jų apibendrinimas. Pati induk-

cija šiuolaikiniame moksle suprantama plačiau negu paprastas apibendrinimas, tai – ir žinių atranka, ir hipotezių iškėlimas, ir jų įvertinimas.

5.2. EKSPERIMENTINIAI IR TEORINIAI METODAI

Fizikai yra išplėtoję įvairių teorinių ir eksperimentinių metodų. Šiame skyrelyje apžvelgsime tik kai kuriuos bendrus metodus bei būdingus jų ypatumus.

Eksperimentiniai metodai. Seniausias ir paprasčiausias eksperimentinis metodas – stebėjimas. Skirtingai negu paprastas stebėjimas, mokslinis stebėjimas – tikslingas ir organizuotas (fizikas naudoja prietaisus, kurie įgalina kiekybiškai tirti stebimąjį reiškinį, tiksliai nustatyti jo aplinkybes, atrenka faktus), tačiau pats reiškinys vyksta natūraliomis sąlygomis ir mokslininkas į jį nesikiša. Esant galimybei, stebėjimas kartojamas daugelį kartų.

Vis dėlto stebėjimas yra pasyvus metodas. Jis primena žvėries medžiojimą pasislėpus krūmuose – gal pro šalį bėgs tykomas žvėris. Tačiau jei krūmai ne prie žvėrių tako (reiškinys retas ir neaiškios jo aplinkybės), galima nieko ir nesulaukti. Taigi stebėjimo sėkmė labai priklauso nuo tinkamų sąlygų parinkimo, aišku, jei eksperimentatorius turi tokią galimybę.

Šiuolaikinėje fizikoje stebėjimas naudojamas tais atvejais, kai sukurti reiškinį laboratorijos sąlygomis yra sunku ar netgi visiškai neįmanoma. Antai eksperimentų negalima atlikti kosmologijoje ir astrofizikoje. Pradiniu elementariųjų dalelių fizikos laikotarpiu daugelis dalelių buvo atrandamos ne naudojantis greitintuvais, kurių galimybės buvo dar labai ribotos, o registruojant atlekiančių iš kosmoso didelės energijos dalelių – kosminių spindulių – sukeliamas dalelių liūtis atmosferoje. Netgi dabar, kai greitintuvų matmenys siekia keletą kilometrų, juose dar neįmanoma sukurti milžiniškos energijos dalelių, kokių pasitaiko kosminiuose spinduliuose. Tačiau tikimybė, kad prietaisais stebimoje vietoje įvyks tokios energijos dalelės susidūrimas su kita dalele, yra nepaprastai maža.

Fizikai neabejoja kamuolinio žaibo egzistavimu, nes jį yra stebėję ne tik tam nepasirengę žmonės, bet ir mokslininkai. Tačiau patikimų stebėjimų yra nedaug ir jie nelabai tikslūs, o sukurti tokio objekto laboratorijoje dar nepavyksta, tad kamuolinis žaibas lieka mįslingu reiškiniu.

Skirtingai negu stebėjimas, eksperimentas – aktyvus tyrimas. Jis dažniausiai atliekamas laboratorijoje dirbtinėmis, specialiai sudarytomis sąlygomis, kurios įgalina optimaliai tirti reiškinį ar tam tikras jo savybes. Terminu *eksperimentas* nereikėtų keisti į *bandymą*. Bandymas – ne mokslinis tyrimas naudojantis koku nors įrenginiu ar prietaisu, o mokinio ar studento atliekamas laboratorinis darbas.

Kartais bandymais vadinami ir paprasti eksperimentai, ypač kalbant apie fizikos istoriją. Šiuolaikinėje fizikoje atliekami sudėtingi tyrimai vadintini eksperimentais.

Eksperimentai skirstomi į keletą tipų: naujų reiškinių paieškas, hipotezių tikrinimą, žinomų eksperimentų tobulinimą, duomenų kaupimą apie įvairius fizikinius objektus ir jų savybes, fizinių veiksnių įtakos medžiagos būsenai tyrimus ir kitus. Aišku, kuris eksperimentatorius nesvajoja atlikti esminio eksperimento – *experimentum crucis* (iš lot. k. – *lemiamas eksperimentas*, terminas, įvestas F. Bacono), kuris patvirtintų ar paneigtų svarbią hipotezę, reikštų lemiamą mokslo žingsnį! Jų pavyzdžiai gali būti B. Rumfordo (B. Rumfordas) bandymai, kuriais įrodyta, jog, trinant metalo, netgi ledo, paviršius, galima gauti didžiulį šilumos kiekį, ir galutinai išspręstas ginčas tarp kaloriko ir kinetinės šilumos teorijų; arba Foucault svyruoklė (Fuko svyruoklė) – ant ilgos vielos pakabinta masyvi svyruoklė, – kuria akivaizdžiai pademonstruotas Žemės sukimasis apie savo ašį. Vis dėlto didžioji eksperimentų dalis yra mokslo faktų kaupimas.

Eksperimentinis tyrimas susideda iš trijų pagrindinių etapų: pasiruošimo eksperimentui, matavimo ir rezultatų apdorojimo.

Pasiruošimas neretai lemia viso eksperimento sėkmę. Šiuolaikinis eksperimentas yra atliekamas ne vieno mokslo darbuotojo, o didesnės ar mažesnės grupės. Tad grupės vadovas turi aiškiai suformuluoti eksperimento tikslą, numatyti metodus ir priemones, kurie įgalintų optimaliai tirti nagrinėjamą reiškinį ir kartu būtų realizuojami praktiškai esamomis sąlygomis. Gali būti labai įdomi idėja, bet jeigu nėra reikiamos įrangos jai patikrinti, tai geriau negaišti laiko neperspektyviam darbui.

Planuojant eksperimentus, vadovaujamasi paprastumo, patikimumo, patogumo kriterijais. Aišku, paprastumas yra sąlyginis, nes tik klasikinės fizikos laikotarpiu – iki XX a. pradžios – būdavo įmanoma gauti naujų rezultatų naudojantis palyginti paprastais prietaisais. XX a. fizikų prietaisai darėsi vis sudėtingesni, ir dabar fizikai garsėja tuo, kad jie naudoja pačius sudėtingiausius ir brangiausius mokslinius prietaisus. Rekordininkai tarp jų yra elementariųjų dalelių greitintuvai, tokamakai – įrenginiai valdomai termobranduolinei sintezei įgyvendinti, taip pat kosminės observatorijos įvairioms elektromagnetinėms bangoms registruoti. Fizikai yra sukūrę nepaprastai jautrių detektorių ir matuoklių, pavyzdžiui, šviesos detektorių, galinčių užregistruoti vieną vienintelį fotoną, ar gaudyklių, leidžiančių izoliuoti vienintelį atomą ir atlikti precizinius eksperimentus su juo. Sukurta metodų, kaip antai branduolių magnetinio rezonanso metodas, kurie įgalina atlikti matavimus $10^{-8}\%$ ir dar aukštesniu tikslumu.

Mokslinius prietaisus gamina specializuotos firmos, tačiau pagrindinius unikalinius prietaisus konstruoja patys mokslininkai, tiesa, nebūtinai tie patys, kurie vėliau vykdo eksperimentus. Tokie įrenginiai naudojami daugeliui eksperimentų ir jų serijų.

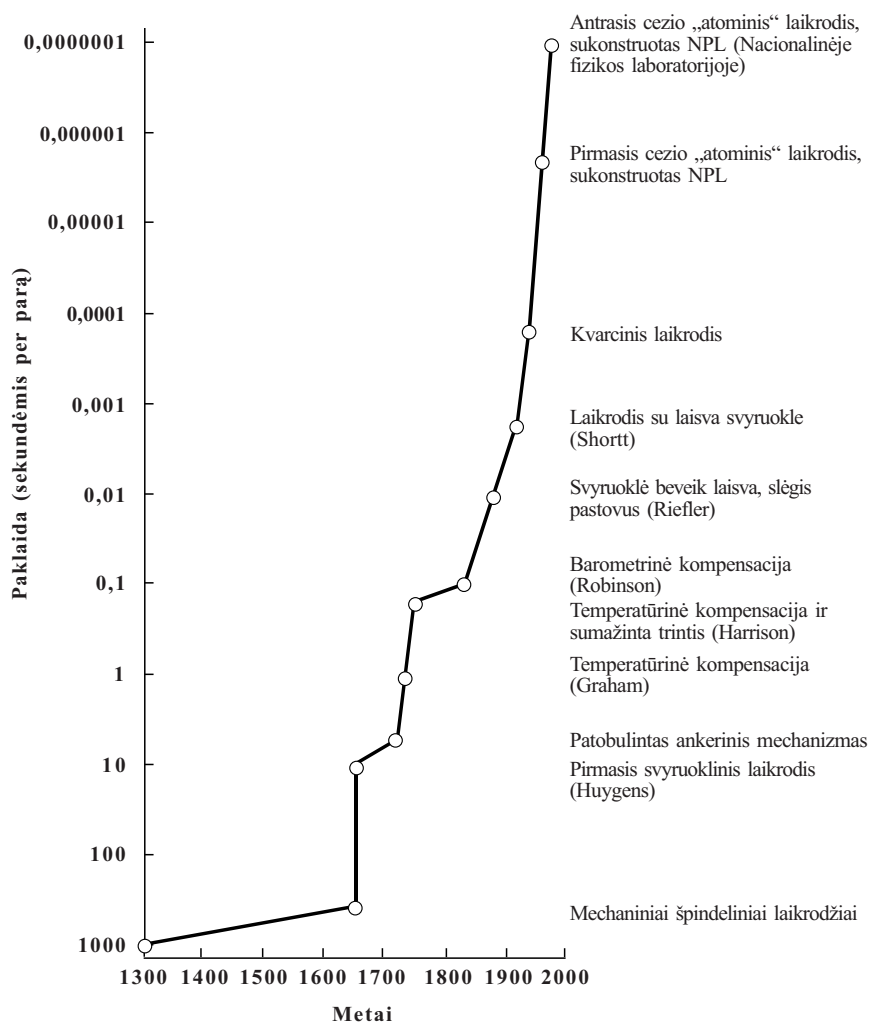
Fizikoje dažniau atliekami santykiniai, o ne absoliutieji matavimai, tad svarbu žinoti patikimas atskaitos vertes, kurios leistų kalibruoti matavimų rezultatus, juos išreikšti absoliučiaisiais vienetais. Eksperimentas – tai ne tik pedantiškas suplanuotos programos vykdymas, visada verta būti pasirengus stebėti ir netikėtą, nenumatytą reiškinį.

Šiuolaikiniam fizikos eksperimentui būdingas aukštas automatizavimo laipsnis panaudojant jutiklius ir kompiuterius. Automatizuota sistema daug patikimiau ir tiksliau seka ir reguliuoja eksperimento eigą, atlieka matavimus, negu tai sugeba padaryti specialistas profesionalas. Vis dėlto žmogus yra pranašesnis susiklosčius netikėtoms, nestandartinėms aplinkybėms, jis geriau kontroliuoja bendrą eksperimento tikslų vykdymą.

Esminis šiuolaikinio eksperimento bruožas – matavimų paklaidų nustatymas. Tam fizikai ėmė skirti daugiau dėmesio tik nuo XIX a., iki tol fizikinių dydžių vertės dažnai būdavo pateikiamos nepagrįstai dideliu ženklų skaičiumi. Matavimų paklaidos būna dvejopos: atsitiktinės ir sisteminės. Lengviau įvertinti atsitiktines paklaidas – tuo tikslu matavimai yra kartojami daugelį kartų ir atliekama statistinė analizė. Sunkiau aptikti sisteminės paklaidas, nulemtas netikslų prielaidų, specifinių aparatūros savybių ar nuolat rezultatus iškreipiančių sąlygų, – joms aptikti, įvertinti ir eliminuoti reikalinga aukšta specialisto kvalifikacija. Tad eksperimentatoriai neretai nurodo mažesnes matavimų paklaidas, negu jos būna iš tikrųjų (žr. 1.4 pav.).

Savita eksperimento forma yra *įsivaizduojamasis eksperimentas*, kuris atliekamas mintyse įsivaizduojant tam tikrą fizikinę situaciją ir nuosekliai nagrinėjant galimus rezultatus. Pavyzdžiui, tuo būdu G. Galilei paprastai ir vaizdžiai paneigė Aristoteles teiginį, kad kūno kritimo greitis yra proporcingas jo svoriui. Įsivaizduokite, kad viena šalia kitos krinta dvi vienodos plytos. Anot Aristoteles, jos kris vienodu greičiu ir liks greta. Vadinasi, plytas sujungus, jų kritimo greitis neturėtų pasikeisti. Tačiau bendra jų masė (to meto supratimu – svoris) pasidaro dvigubai didesnė, vadinasi, ir kritimo greitis turėtų išaugti dvigubai. Kitas garsus įsivaizduojamasis eksperimentas – „Maxwello demonas“. Tegu tarp dviejų indų, kuriuose chaotiškai juda dujų molekulės, įtaisytos durelės, o prie jų budi mažytis demonas. Kai molekulė lekia iš indo A į indą B, jis ją praleidžia, o kai juda priešinga kryptimi, užtrenkia dureles. Tokios sistemos entropija mažėja – tai tarsi

prieštarauja antrajam termodinamikos dėsnui. Nagrinėjant šį paradoksą, buvo nustatyta, kad entropija yra susijusi su informacija (demonas naudoja informaciją apie molekulių judėjimą). Gana daug įsivaizduojamųjų eksperimentų buvo pasiūlyta nagrinėjant kvantinės mechanikos neįprastas išvadas, kai kurie iš jų vėliau buvo realizuoti praktiškai.



5.1 pav. Laiko matavimo tikslumo kitimas nuo pirmojo mechaninio laikrodžio išradimo apie 1300 m. Diagramą sudarė Londono mokslo muziejaus darbuotojas F. Wardas

Įsivaizduojamieji eksperimentai pasitelkiami nesant galimybių atlikti tikrus eksperimentus arba kaip pradinis modelis prieš juos vykdant. Mintyse lengva atsiriboti nuo antraeilių veiksmų, įsivaizduojamieji eksperimentai vaizdūs, bet įgalina nagrinėti tik palyginti paprastas situacijas, o sudėtingesniais atvejais jų rezultatai nebūna įtikinami.

Yra atliekami ir *skaičiavimo eksperimentai* – nagrinėjamas reiškinys aprašomas lygtimis, jos sprendžiamos ir analizuojami gauti rezultatai. Aišku, pastarieji priklauso nuo naudojamo matematinio modelio tikslumo.

Teoriniai metodai. Kadangi fizikos rezultatams aprašyti ir apibendrinti naudojamos matematinės priemonės, tai fizikas teoretikas turi gerai išmanyti įvairius matematinius metodus. Kuo platesnis jo matematinis arsenalas, tuo didesnės galimybės atrasti raktą nagrinėjamai problemai išspręsti. Fizikoje, ypač šiuolaikinėje, yra taikomos įvairios matematikos šakos, tarp jų tokios sudėtingos, kaip tenzorinė analizė, neeuklidinė geometrija, grupių teorija, topologija, fraktalų teorija ir kitos. O pritrūkę reikalingų matematinų priemonių, fizikai patys kuria naujas.

Daugelis teorinės fizikos problemų yra gana sudėtingos – jas aprašančių lygčių algebrinių sprendinių neįmanoma rasti, tad teoretikui labai praverčia apytikslio įvertinimo, artutinio sprendimo būdai. Labai efektyvus uždavinio supaprastinimo būdas yra simetrijos savybių ar bendrųjų tvermės dėsnų taikymas, neretai tai leidžia nustatyti esmines reiškinio savybes netgi nesprenžiant lygčių.

Teoretikas privalo turėti ir gerą fizikinę erudiciją, nes, norint apibendrinti ir interpretuoti rezultatus, reikia išmanyti platesnę mokslo sritį ir netgi gretimas sritis. Be to, panašūs teoriniai metodai ir modeliai naudojami skirtingiems fizikiniams reiškiniams aprašyti, tad galima pasinaudoti jau gatavomis priemonėmis. Teoretikas mobilesnis negu eksperimentatorius, lengviau keičia tyrimų kryptį, nes jam pakanka pieštuko, popieriaus ir kompiuterio. Taigi teorinė fizika yra pigesnė negu eksperimentinė, ir esama tiesos teiginyje, jog turtingos šalys plėtoja eksperimentinę, o neturtingos šalys labiau – teorinę fiziką.

Apskritai, teoretikai būna dviejų tipų: vieni dirba kartu su eksperimentatoriais, netgi priklauso jų grupėms ir gerai žino tyrinėjimų specifiką, eksperimento ypatybes. Kiti teoretikai plėtoja savo metodus, kuria teorijas ir ieško eksperimentų, kuriems interpretuoti visa tai galėtų būti pritaikoma.

Vienas iš bendrų teorinės fizikos metodų – idealizacija. Realūs negyvosios gamtos reiškiniai yra gana sudėtingi, nes priklauso nuo daugelio pagrindinių bei šalutinių sąlygų, įvairių aplinkybių. Antai kūno judėjimą lemia ne tik jį sukianti jėga, bet ir trintis, oro pasipriešinimas ir pan., kurių poveikis priklauso nuo kūno formos, greičio, besiliečiančių paviršių lygumo. Taigi toks judėjimas negali būti apra-

šytas paprastu universaliu dėsnium. Jį sunku, netgi neįmanoma, išsamiai išnagrinėti teoriškai, todėl priklausomumas nuo konkrečių sąlygų yra aprašomas empiriniais dydžiais, nustatomais bandymų keliu, kaip antai trinties ar deformacijos koeficientais. Aristoteles nagrinėjo būtent realius procesus, neatsižvelgdamas į tai, kad jiems negalioja paprasti dėsniniai. Pirmasis idealizuotus objektus – materialųjį tašką, idealųjį skystį – pasitelkė Archimedes. Idealizacijos metodą išplėtojo Galilei, kuris, spręsdamas įvairias problemas, parodė, kaip reikia atsiriboti nuo neesminių reiškinio ar kūno savybių. Fizikoje dažniausiai nagrinėjamas grynas paprastas atvejis, kuris leidžia aptikti bendrą gamtos dėsnį. Naudodamasis šiuo metodu, Galilei atrado kūnų laisvojo kritimo dėsnį, inercijos ir reliatyvumo principus. Jis nagrinėjo kūnų kritimą veikiant vien tik sunkio jėgai neatsižvelgdamas į oro pasipriešinimą. Tik tokiam idealizuotam kritimui galioja dėsnis: visi kūnai krinta vienodu greičiu, kuris nepriklauso nuo jų masės. Inercijos dėsnis irgi netinka realiam judėjimui; šis dėsnis buvo atskleistas tik padarius prielaidą, kad judėjimas vyksta be trinties. Net ir realus planetų judėjimas neatitinka Keplerio dėsnio, nors jos juda beorėje erdvėje, toli viena nuo kitos. J. Kepleriui pasisekė, kad jo naudoti planetų judėjimo duomenys nebuvo labai tikslūs, nes iš tikrųjų planeta juda ne elipse, o sudėtingesne trajektorija. Newtonas, nagrinėdamas Mėnulio judėjimą aplink Žemę, irgi taikė idealizacijos metodą. Kai kurie jo oponentai, to nesupratę, teigė, esą neįmanoma aprašyti Mėnulio judėjimo, kol nežinoma, kas yra Žemės gelmėse.

Iš pirmo žvilgsnio atrodo, kad dėsniai, nustatyti idealizuotiems objektams ir reiškiniams, bus utopiniai dėsniai, neatitinkantys realaus pasaulio. Tačiau dažnai antraeilės priežastys lemia tik nedideles pataisas, tad į jas galima atsižvelgti papildomai. Yra išplėtotas specialus teorinis metodas, įgalinantis apytiksliai atsižvelgti į mažiau svarbius veiksnius, – perturbacijų teorija. Sudėtingesni realūs objektai ar reiškiniai yra aprašomi empiriškai, bandymų keliu nustatant jų priklausomumą nuo įvairių dydžių. Empiriniai dėsniniai paprastai galioja tik palyginti siaurose srityse.

Išsprendus lygtis paprastam idealizuotam atvejui, paskui galima nagrinėti sudėtingesnį modelį, kuriame atsižvelgiama į daugiau veiksnių. Bet kuriuo atveju eiti nuo paprasto prie sudėtingo daug lengviau, negu iš karto imtis sudėtingo.

Paminėsime kelis dažniausiai naudojamus idealizuotus fizikos objektus:

- Materialusis taškas – kūnas, kurio visa masė sukoncentruota viename taške. Tokį supaprastinimą taikyti įgalina masės centro egzistavimas. Sudėtingesnes sistemas dažnai galima nagrinėti kaip laisvai judančių materialųjų taškų (kinetinė dujų teorija) arba surištų materialųjų taškų (kietasis kūnas) sistemas.

- Izoliuotoji sistema – sistema, kuri su aplinka nesikeičia nei energija, nei medžiaga. Aišku, realiai nei Žemėje, nei kosmose tokių sistemų nėra, tačiau neretai sistemą galima laikyti beveik izoliuota. Ši idealizacija įgalina nustatyti svarbius dėsnius, kurie apytiksliai galioja ir daugeliui beveik izoliuotų sistemų.
- Grįžtamasis procesas. Realus procesas būna negrįžtamas – įvyksta tam tikrų negrįžtamų pokyčių, bet jo nagrinėjimas labai supaprastinamas idealizavus jį – laikant procesą grįžtamuju.

Idealizacijos metodas remiasi paprastu objekto ar reiškinių modeliu. Nustatius bendrą dėsnį idealizuotam atvejui, paskui konkrečiais atvejais kuriami realių procesų ar objektų modeliai. Fizikoje plačiai naudojami įvairūs modeliai – vaizdūs fizikiniai ir nevaizdūs matematiniai, pastarieji aprašomi lygtimis ar tam tikrų dydžių skirstiniais (pavyzdžiui, atsitiktinių dydžių Monte Carlo metodas). Apie modelių savybes jau buvo rašyta 1.2 skyrelyje.

Formuluojant hipotezes ir kuriant fizikos teorijas, vienas iš efektyviausių metodų yra analogija. Skirtingi fizikiniai reiškiniai turi panašių savybių ir tuo galima pasinaudoti perkeltiant idėjas ar metodus iš vienos – labiau išplėtotos srities į kitą. Antai S. Carnot sukūrė šiluminės mašinos teoriją pasinaudodamas analogija tarp šilumos ir tekančio vandens – tarp temperatūrų skirtumo ir vandens lygių skirtumo. G. Ohmui (G. Omas) surasti jo vardu dabar vadinamą dėsnį padėjo elektros srovės analogija su šilumos sklidimu. T. Youngas (T. Jangas) suvokė šviesos interferencijos reiškinį prisiminęs gūbrių ir įdubų vaizdą, kurį sudaro dviejų vienodų šaltinių bangos vandenyje: vienur stiprindamos, o kitur silpnindamos vienos kitas. N. Bohroi papildomumo principą padėjo suformuluoti kilusi mintis, kad negalima suderinti meilės kuriam nors žmogui su nešališku jo vertinimu.

Vis dėlto analogija nėra griežtas metodas: panašumas dar nereiškia ekvivalencijos, reiškiniai, panašūs tam tikromis savybėmis, gali iš esmės skirtis kitomis savybėmis. Taigi nepagrįstai pritaikyta ar suabsoliutinta analogija gali būti klaidos priežastis. Analogija tik suteikia idėją, kurios teisingumas turi būti labai atidžiai tikrinamas.

Greta fizikinės analogijos – tam tikrų fizikinių savybių panašumo naudojama ir matematinė analogija – skirtingos prigimties reiškinų aprašymas panašiomis matematinėmis lygtimis. Antai Hamiltono charakteringoji funkcija ir diferencinė lygtis jai rasti iš pradžių buvo įvestos matematinėje optikoje, o vėliau sėkmingai panaudotos klasikinėje mechanikoje. E. Schrödingeris (E. Šrėdingeris) šią funkciją pritaikė kvantinės mechanikos pagrindinei lygčiai užrašyti. Panašios lygtys naudojamos hidrodinamikoje ir potencialo teorijoje.

5.3. MOKSLINIO DARBO METODIKA

Mokslinio darbo sėkmę lemia ne tik gabumai, žinios, atkaklumas, bet ir geras darbo organizavimas. Jo principus nusako mokslinio darbo metodika. Tiesa, jos taisyklės dažnai įsisavinamos ne iš knygų – jas perteikia mokslinis vadovas ar bendradarbiai vykdant tyrimus. Tą metodiką įmanoma atrasti ir pačiam mokslininkui klaidų ir bandymų būdu, bet tokia patirtis įgyjama brangia sugaišto laiko ar netgi gautų neteisingų rezultatų kaina. Nurodysime kai kurias svarbesnes taisykles:

- Net jeigu turite viliojančią mokslinę idėją, neverta galvotrūkčiais griebtis darbo. Kelios dienos, skirtos būsimam tyrimui apgalvoti, gali sutaupyti savaites ar mėnesius.
- Visų pirma reikia aiškiai suformuluoti problemą, nustatyti tyrimų tikslą. Teisingas problemos formulavimas dažnai atveria kelią į jos sprendimą.
- Neverta atidėti susipažinimo su literatūra iki aprašant darbą, antraip gali tekti patirti nemalonų jausmą sužinojus, kad panašūs rezultatai jau seniai gauti kitų arba kad buvo galima gerokai sutrumpinti darbą pasinaudojus žinomais rezultatais ar metodais.
- Būtina realiai įvertinti savo galimybes problemai išspręsti. Kodėl šių tyrimų dar neatliko kiti, ar nėra kokių esminių sunkumų? Ar bus įmanoma panaudoti reikiamo tikslumo aparatūrą, reikalingas kompiuterių programos, ar numatomais nagrinėti atvejais pritaikomi žinomi metodai?
- Aklai nepasitikėkite mokslo autoritetais ir mokslinėje literatūroje pateiktais teiginiais, visus principinius klausimus reikia išsiaiškinti pačiam remiantis vien mokslo faktais.
- Parenkite realų tyrimų planą. Svarbu numatyti tinkamą darbų eilę, kad vieni uždelsti darbai netrukdytų kitiems, kad nereikėtų laukti, kol bus gauti tyrimams reikalingi prietaisai, medžiagos ar skaičiavimų rezultatai.
- Nepasikliaukite savo atmintimi. Naudojami metodai, tyrimų aplinkybės atrodo savaime aiškūs darbo metu, bet, viso to kruopščiai neužrašius, po kurio laiko pasimiršta, netgi tenka kartoti tyrimus iš naujo. Ne tik eksperimentatoriui, bet ir teoretikui labai praverčia mokslinis dienoraštis, į kurį užrašomi pagrindiniai rezultatai, išvados, kilusios idėjos.
- Nesėkmės moksliniame darbe neišvengiamos. Pasak Kong Fuzi (Konfucijus), „tik neištaisyta klaida yra klaida“. Klaidos labiau išmoko negu laimėjimai. Aišku, daug geriau mokytis iš kolegų klaidų.
- Jeigu nėra geros idėjos, neverta sėdėti sudėjus rankų ir stengtis žūtbūt ją išprotauti. Vaisingesnis kelias – sistemingai kaupti faktus, ieškoti dėsnin-

gumų, analogijų, bandyti įvairius modelius; idėja subręš palaipsniui, kaupiant ir apibendrinant rezultatus.

- Nesutapimai tarp teorijos ir eksperimento, tarp hipotezės išvadų ir tikrovės turi ne liūdinti, o džiuginti: vadinasi, aptikote kažką įdomaus, netrivialią, vertą dėmesio problemą.
- Neskubėkite patikėti gautu įdomiu rezultatu ir jį paskelbti. Geriau pačiam sugriauti savo kūrinį, negu tai palikti padaryti kitiems.
- Rezultatų aprašymas – vienas iš pagrindinių 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 išspausdintas straipsnio klaidų atitaisymas.
- Atlikus darbą, verta pagalvoti, kokias naujas perspektyvas jis atveria, kur gali būti pritaikyti jo rezultatai. Antraip darbo vaisius nuskins kiti.
- Neatsidėkite vien tik darbui. Net ir karščiausio darbymečio dienomis verta bent trečdalį laiko skirti mokslinei literatūrai, netgi tiesiogiai nesusijusiai su darbo tematika. Tai padės neprarasti objektyvumo vertinant savo darbą, saugos nuo „perdegimo“ ir, baigus spręsti vieną problemą, nereikės sukti galvos, kaip rasti kitą įdomią problemą.
- Jeigu mokslininkas nori, kad jo gauti rezultatai nenuskėtų be pėdsakų informacijos sraute ir į juos atkreiptų dėmesį kiti mokslininkai, reikia palaikyti asmeninius ryšius su tos srities specialistais įvairiuose mokslo centruose. O tokie kontaktai užsimezga mokslinių konferencijų ir komandiruočių metu.

Ir šiais laikais tebėra aktualus F. Bacono perspėjimas vengti proto įpročių, kurie sukelia klaidas; tuos įpročius jis vadino stabais ir išskyrė keturias jų rūšis. Giminės stabai – būdingas žmogaus prigimčiai polinkis laukti didesnės tvarkos gamtoje, negu jos yra iš tikrųjų; urvo stabai – pačiam mokslininkui būdingi prietarai; turgaus stabai – sukelti žodžių tironijos ir teatro stabai – susiję su visuotinai priimtomis mąstymo sistemomis.

5.4. EURISTIKA

Svarbiausias mokslinio darbo momentas yra atradimo akimirka, kai kyla idėja, aptinkamas naujas reiškiny ar dėsnis. Aišku, tikras atradimas – retas paukštis, dažnas mokslininkas jo taip ir nepagauna per visą savo mokslinę karjerą. Vis dėlto daugelyje paskelbtų mokslo darbų yra naujovė, nedidelė idėja, nustatytas dėsninumas, taigi tam tikras kokybinis rezultatas, kurį galima vadinti mažu atradimu.

Deja, pateikti sąrašą gatavų receptų, kaip generuoti idėjas, daryti atradimus, nėra įmanoma. Moksle nebūna universalių visrakčių, kiekvienas atradimas, ypač svarbus, yra savitas ir nepakartojamas. Taigi, studijuodami mokslo istoriją, vargu ar išmoksite daryti atradimus. Be to, mokslo darbuose nepriimta aprašinėti atradimo aplinkybių, kelių ir klystkelių, pateikiami tik galutiniai rezultatai, geriausiu atveju nurodomas ištiesintas, karališkas atradimo kelias. Vis dėlto šiame skyrelyje verta aptarti aplinkybes, palankias atradimui, paminėti kai kuriuos euristikos – mokslo apie kūrybinę veiklą – teiginius.

Vienintelis tikras siūlas, vedantis mokslininką link atradimo, – mokslo faktai. Reikia pasikliauti jais, rikiuoti į dėsningumą grandinėles ir necenzūruoti kylančių idėjų, kokios neįprastos jos būtų. Pirmuosius esminius šiuolaikinės fizikos atradimus, prieštaraujančius klasikinės fizikos principams, padarė žymūs klasikinės fizikos atstovai: H.A. Lorentzas nustatė erdvinių koordinatų ir laiko transformacijas, svarbias reliatyvumo teorijoje, J.J. Thomsonas atrado elektroną, M. Planckas – energijos kvantą. Jie labai sąžiningai pasikliovė mokslo faktais ir sugebėjo padaryti išvadas, kurios prieštaravo išankstiniams jų įsitikinimams.

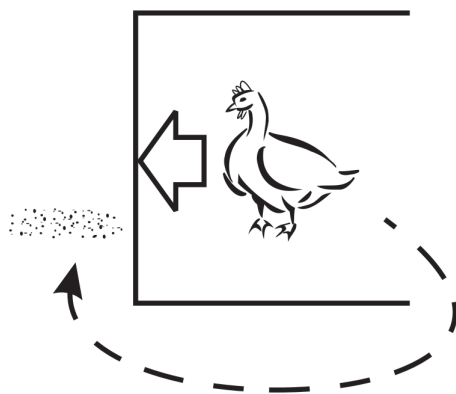
Mokslininką, sprendžiantį naują problemą, galima palyginti su žmogumi, patekusiu į tamsų kambarį. Iš pradžių jis nieko negali įžiūrėti. Tačiau laipsniškas tyrimas išryškina vis naujas detales. Ir staiga atradėjas išvelgia idėją, kaip žmogus tamsoje apčiuopia elektros jungiklį, – tada viskas akimirksniu nušvinta.

Kūrybinėje veikloje dalyvauja ne tik sąmonė, bet ir pasąmonė. Ji pajungiama idėjos paieškoms intensyviai gilinantis į problemą, įsotinant atmintį faktais ir duomenimis. Ne viena mokslo idėja yra kilusi miegant, kaip antai D. Mendelejevui (D. Mendelejevas) – cheminių elementų periodinis išdėstymas lentelėje.

Kaip minėta ankstesniame skyrelyje, atradėjui labai praverčia analogijos, o jų išvelgiama tuo daugiau, kuo platesnės mokslininko žinios.

Įvertindami įvairias problemos sprendimo galimybes, fizikai neretai pasitelkia ir grožio kriterijų. Gamtai yra būdinga harmonija, tegu ir nukrypstanti nuo idealios. Tą grožį profesionalai jaučia, nors sunkiai gali apibrėžti. Tiesa, graži teorija nebūtinai teisinga, bet negraži teorija dažniausiai būna neteisinga. Štai J.C. Maxwellas grynai estetiniais simetrijos sumetimais pridėjo vienoje iš elektromagnetinio lauko lygčių papildomą narį – slinkties srovę. Apytiksliai nustatęs, kad elektromagnetinių bangų greitis yra artimas šviesos greičiui, Maxwellas padarė prielaidą, kad šviesa irgi yra elektromagnetinės bangos, nes mažai tikėtina, jog egzistuoja dvi panašaus dydžio fundamentinės konstantos. A. Einsteinas, kurdamas bendrąją reliatyvumo teoriją, kuri beveik nesirėmė stebėjimo ar eksperimentiniais faktais, daugiausia vadovavosi būtent estetiniu kriterijumi.

Viena iš priežasčių, kodėl kartais nepavyksta išspręsti problemos, – per siaura paieškų sritis, kurioje iš tikro nėra sprendinio. Žinomas matematinės kūrybos tyrinėtojas G. Polya (Dž. Poja) pateikia tokį įsimenamą pavyzdį. Višta įleidžiama į atvirą vielinį aptvarą, o kitoje jo pusėje papildoma grūdų (5.2 pav.), – višta atkakliai bando prasibrauti pro kliūtį, užuot atsitraukusi atgal ir lengvai ją apėjusi. Atmesti nevaisingą idėją, atsitraukti atgal ir ieškoti kitų sprendimo variantų – vienas iš efektyvių euristikos patarimų.



5.2 pav. G. Polya bandymas. Višta, esanti už vielinio užtvaro, mato kitoje jo pusėje papiltus grūdus ir bando prasibrauti tiesiai, užuot apėjusi aplink

Kita vertus, atradėjas turėtų vengti spekuliatyvių, faktais neparemtų hipotezių – dėl to įspėjo dar I. Newtonas. Jas apriboja filosofinis principas, vadinamas ekonomijos principu, arba Ockhamo skustuvu (pavadintas principą suformulavusio viduramžių filosofo W. Ockhamo (V. Okamas) vardu). Šis principas teigia: „To, ką galima paaiškinti mažesniu, nereikia išreikšti didesniu“ (lot. *Frustra fit per plura quod potest fieri per pauciora*). Tai reiškia, jog nereikia dauginti esmių – įvesti naujų sąvokų, vaizdinių ar objektų, kol nėra išnaudotos galimybės išspręsti nagrinėjamą problemą žinomomis mokslo priemonėmis.

5.5. NAIVIOJI FIZIKA, PSEUDOMOKSLAS IR PATOLOGINIS MOKSLAS

Nesilaikant mokslinio metodo, atsiranda iškreiptas mokslas, netgi jo priešybė – pseudomokslas. Deja, jis paplitęs mūsų visuomenėje ir gana pavojingas, nes, imituodamas tikrąjį mokslą, pastarąjį kompromituoja, klaidina žmones. Tad šia-

me skyrelyje plačiau panagrinėsime įvairių rūšių netikrą mokslą – pateikti neigiami pavyzdžiai kartu pabrėžia ir mokslinio metodo ypatumus, jo naudojimo būtinumą.

Naivioji fizika. Fizikos raidos pradžioje atradimus darė ne tik fizikai, bet ir gydytojai W. Gilbertas ir R. Mayeris (R. Majeris), inžinieriai A. Fresnelis ir S. Carnot, politikai O. Guericke (O. Gërikë) ir B. Franklinas, biologas L. Galvani, alaus gamyklos savininkas J. Joule (Dž. Džaulis) ir kiti. Tais laikais tyrimams atlikti užtekdamo paprasčiausių priemonių, o pastabumas kartais būdavo svarbesnis negu išsamios žinios. Susidomėjęs fizika, atradėjas galėdavo įgyti sistemingų fizikos žinių savarankiškai ir tapti pripažintu mokslininku.

Mechanikoje, kuri pirmoji iš fizikos šakų įgijo griežtą matematinę formą, nefizikų padarytų atradimų nebeliko jau XVIII a. O XIX a. antroje pusėje jie išnyko ir kitose fizikos šakose. Per visą XX a. mėgėjai nėra padarę nė vieno fizikos atradimo, nes tam reikalingas specialus pasirengimas, susipažinimas su daugeliu ankstesnių mokslo darbų, sudėtingų eksperimentinių ir matematinių metodų įvaldymas.

Vis dėlto universitetai bei mokslo institutai, žurnalų redakcijos ir dabar nuolat gauna nespecialistų laiškų, kuriuose aprašomi sensacingi atradimai, mokslininkų priskiriami naiviajai fizikai. Dažniausiai tai būna hipotezės ir teorijos, nes jas kuriant gali pasireikšti autoriaus fantazija, – o ne eksperimentiniai rezultatai, nes mėgėjiškais prietaisais neįmanoma tirti šiuolaikinės fizikos objektų, o klasikinės fizikos revizavimo beprasmiškumą supranta kiekvienas, turintis vidurinį išsilavinimą.

Tiesą sakant, tuos kūrinius teorijomis vadina tik patys autoriai, nes jose matematinių formuliu arba visiškai nebūna, arba naudojama tik mokyklinė matematika, o teiginiai dažniausiai įrodinėjami – kaip scholastiniuose gamtos filosofijos veikaluose – žodžiais bei citatomis.

Kitas bruožas, išduodantis naiviosios fizikos kūrinį, – visiškai nėra literatūros sąrašo arba jame pateikti tik vadovėliai ir mokslo populiarinamosios knygos bei straipsniai. Deja, tokios literatūros nepakanka nutolusiam priešakiniam mokslo kraštui pasiekti. Taigi autoriai būna nesusipažinę su naujais atradimais arba skaitę tik populiarius jų aprašymus.

Naiviosios fizikos kūrėjai nusižengia ir Ockhamo skustuvo principui – nesant būtinumo, jie postuluoja naujas daleles, laukus, jėgas. Tiesą sakant, tai dažniausiai būna ne nauji, o seni, kažkada siūlyti ir atmesti arba nepatvirtinti vaizdiniai, kaip antai: taškinės dalelės – monados, eteris, magnetiniai monopoliai ir pan. Nusakant tam tikras tų objektų savybes, žodžiais aiškinami žinomi reiškiniai, bet paprastai nepateikiama konkrečių naujų išvadų, kurias būtų įmanoma patikrinti eksperimentais.

Naivioji fizika remiasi kasdieniu patyrimu, vadinamuoju sveiku protu ir kai kuriomis mokykloje įgytomis fizikos žiniomis. Fizikos raidos pradžioje irgi remtasi sveiku protu: pasaulis skirstytas į kintantį Žemės ir nekintantį dangaus pasaulius, priimta geocentrinė ir atmesta heliocentrinė sistema, padaryta išvada, jog kūnų laisvojo kritimo greitis proporcingas jų svoriui (masei) ir pan. Tie teiginiai, nekritiškai apibendrinantys kasdienę patirtį, ilgai vyravo moksle, bet galų gale teko jų atsisakyti kaip prieštaraujančių mokslo faktams.

Fizikai tampant tiksluoju mokslu, eksperimentiniai ir matematiniai metodai išstūmė intuityvų, negriežtą pažinimą, nors sveiko proto argumentai retkarčiais būdavo panaudojami moksliniuose ginčiuose. Antai, kai A. Fresnelis pateikė savo banginę šviesos teoriją Prancūzijos mokslų akademijos paskelbtam konkursui, vienas iš komisijos narių S. Poissonas (S. Puasonas) pastebėjo, jog iš tos teorijos išplaukia prieštaraujanti sveikam protui išvada: šviesos spinduliai apšvietus mažą neskaidrų diską, jo šešėlio centre turi susidaryti šviesi dėmelė. Komisija atliko specialų eksperimentą ir turėjo pripažinti, jog mokslo tiesa prieštarauja sveiko proto tiesai.

Kuo labiau fizika tolo nuo žmogaus pojūčiais tiesiogiai suvokiamų reiškinių srities, tuo mažiau patikimas tapo sveiko proto požiūris. Paradoksalumas, keistumas – būdingi šiuolaikinės fizikos bruožai. Taigi prieštaravimas sveikam protui tapo norma, beveik būtina teorijos teisingumo sąlyga.

A. Einšteinas rašė, kad sveikas protas – tai prietariai, kurie įgyjami iki aštuoniolikos metų amžiaus. Jis, kurdamas specialiąją ir bendrąją reliatyvumo teoriją, turėjo atmesti ne vieną akivaizdžią tiesą. Paradoksalios jo teorijos išvados buvo aštriai kritikuojamos remiantis sveiku protu; tokia kritika iš nespecialistų pusės nesiliauja iki šiol. Reliatyvumo teorijos revizavimas ir neigimas – viena iš naiviosios fizikos kryptių. Susipažinus tik su populiariu tos teorijos atpasakojimu, nesuvočius jos matematinio formulavimo, iš kurio išplaukia keistosios išvados, bandoma nesuprastus paradoksus pateikti kaip Einšteino klaidas, ieškoma „normalesnių“ teorijos variantų. Tuo kartais užsiima netgi kitų sričių specialistai – filosofai, technikai ar matematikai.

Baltarusijos mokslų akademijos narys korespondentas A. Veinikas (A. Veinikas), technikos mokslų daktaras, ėmėsi revizuoti ne tik šiuolaikinę, bet ir klasikinę fiziką. Štai kaip savo knygos „Realiųjų procesų termodinamika“, išleistos Minske 1991 m., anotacijoje autorius apibūdino savuosius atradimus: „Monografijoje pateikiama keletas naujų termodinamikos dėsnių, naujai apibrėžiami laikas bei erdvė ir jų valdymo būdai, aprašyti įrenginiai, pažeidžiantys antrąjį Clausius termodinamikos dėsni, trečiąjį Newtono mechanikos dėsni ir judėjimo kiekio tvermės dėsni. Įrodyta, kad už laiko ir erdvės ribų egzistuoja subtilūs pasauliai ir objektai, kurių sąveiką su mumis aprašo gėrio ir blogio dėsniai. Naujai nušviečiama žmogaus esmė, valios laisvė, gyvenimo tikslas,

atmintis, sapnai, psichikos sutrikimai ir visus dominanti sveikatos problema. Paašškintas vadina-
mųjų anomalių reiškinų (parapsichologijos, poltergeisto, skraidančių lėkščių) fizikinis mechaniz-
mas, parodyta, jog visų jų priežastis – tas pats reiškinys, kurį sukelia subtilusis pasaulis, įsiskver-
biantis į mus ir manipuliuojantis mūsų sąmone ir sveikata.“ Šio apibūdinimo komentuoti tikriaus-
iausiai nereikia.

Beje, yra bandoma taisyti ne tik fiziką. Pavyzdžiui, XX a. pabaigoje rusų matematikas akade-
mikas A. Fomenko (A. Fomenka) ėmėsi visuotinės istorijos. Statistiškai panagrinėjęs istorijos įvy-
kius, jis aptiko tam tikrus pasikartojimus ir priėjo išvadą, kad... „senųjų civilizacijų visiškai nebu-
vo, o visi joms priskiriami įvykiai nutiko viduramžiais“. Pasak jo, senovės graikų bei kitas kultūras
išgalvojo grupė falsifikatorių Renesanso laikotarpiu. Kaip tie falsifikatoriai išslapstė daugelyje
vietų visokias archeologines liekanas, liko nepaaiškinta. Iš pradžių istorikai ignoravo tuos akade-
miko ir jo bendraminčių svaičiojimus, bet „naująją chronologiją“ ėmė propaguoti žiniasklaida,
Fomenko išleido keletą knygų. Istorikams teko atidėti savo mokslinius darbus ir įrodinėti, kad
istorijoje irgi esama neginčijamų tiesų.

Reikia pripažinti, jog ir fizikai kartais imasi revizuoti kitus mokslus – filosofiją, biologiją ar net
kalbotyrą. Branduolio fizikos profesorius A. Davydovas (A. Davydovas) sukūrė „beprotišką“ (bio-
logų požiūriu) raumenų funkcionavimo teoriją. Alytaus politechnikumo fizikos ir matematikos
dėstytojas K. R., išėjęs į pensiją, išleido trijų tomų veikalą „60-ties metų ieškojimai ir atradimai po
Majos skraiste“, kuriame jis pritaikė savo fizikos žinias filosofijos, teologijos ir biologijos proble-
moms nagrinėti. Apie tai liudija skyrelių pavadinimai: „Žmogus – poliarizuota ląstelė Visatoje“,
„Likimo išdaigos dinaminėje erdvėje“, „Laiko entropija“, „Reliatyvistiniai reiškiniai neempirinėje
erdvėje“, „Faziniai sielos virsmai“ ir pan. Knygoje įminta netgi Dievo mįslė: „Dievas yra tyriausia
bevardė energija.“

Fizikai gali pasiguosti, kad naivioji medicina yra dar labiau paplitusi negu naivioji fizika.
Žmonės, net neturintys vidurinio išsilavinimo, neretai imasi pačių sunkiausių ligų gydymo. Kaip
priemonės naudojama „psichinė energija“, „įkrautas“ vanduo, iš metalinių strypų suręsta pirami-
dė ar net tualetinis popierius. Sumanūs filipiniečių hileriai išrado operacijas be skalpelio – tiesiog
pirštais, jas padarius nelieka jokių žymių. Beje, lietuvis fokusininkas pademonstravo per televiziją,
kaip įmanoma atlikti tokį triuką.

Naivosios fizikos kūrėjai dažnai imasi pačių sudėtingiausių problemų – aiški-
na elementariųjų dalelių, laiko, erdvės prigimtį, aprašo Visatos atsiradimą, kuria
bendrąją lauko teoriją. Aišku, jie pateikia tik abstrakčias idėjas ir pageidauja, kad
mokslininkai, turintys specialių žinių, suteiktų joms matematinę formą ir rastų
griežtus įrodymus. Deja, fizikai neskuba pripažinti ir plėtoti tų idėjų. Tačiau
įtikėjusius savo atradimais naivosios fizikos kūrėjus perkalbėti būna beveik ne-
įmanoma – jie išvelgia mokslininkų konservatyvumą ir pavydą, kartoja kažkur
girdėtus žodžius, kad visos revoliucinės idėjos būdavo ne iš karto įvertinamos.
Kreipiamasi ir į žiniasklaidą – su viltimi, jog bus paskelbta sensacija.

Kuo neaiškesnė ir nekonkretesnė hipotezė, tuo sunkiau ją paneigti. Tačiau to mokslininkai ir nesiruošia daryti, hipotezės kūrėjas turi pats įrodyti jos teisingumą – gauti naujas išvadas, kurias būtų galima patikrinti eksperimentais.

Dalis „atradėjų“ pasirodo esą psichiniai ligoniai, netgi išskiriama atskira paranojos forma – atradimų ir išradimų kliedesys. Ja sergantysis dažniausiai elgiasi beveik normaliai, iškreiptai suvokia tik savo „atradimą“ ir su juo susijusius dalykus. Ir nelengva nustatyti, ar pats „atradimas“ – ligos pasekmė, ar ligą sukėlė atkakli ir beviltiška kova dėl nepripažintų savo idėjų.

Pseudomokslas. Pavojingesnis už naiviają fiziką, darantis daugiau žalos visuomenei yra pseudomokslas. Tai mokslo antipodas, kuris naudoja nemokslinius metodus, prieštarauja pripažintoms, patikrintoms mokslo tiesoms.

Pseudomokslas nėra vien šių laikų masinės kultūros produktas, jis egzistavo ir ankstesniais laikais. Viena iš seniausių jo idėjų – amžinojo variklio sukūrimas.

Dar XV a. pabaigoje Leonardo da Vinci priėjo išvadą, kad toks variklis yra negalimas. Remdamasis bendra gamtos reiškinių samprata, G. Galilei tai priėmė kaip aksiomą. XVIII a. fizikams amžinojo variklio negalimumas jau buvo akivaizdi tiesa – Paryžiaus mokslų akademija 1775 m. priėmė specialų nutarimą nenagrinėti siūlomų tokio variklio projektų. XIX a. viduryje atrastas bendrasis energijos tvermės dėsnis pateikė galutinį ir neginčijamą įrodymą. Deja, ir vėliau bandymai išrasti variklį, kuris veiktų nenaudodamas energijos, nesiliovė. Europoje ir JAV ne kartą buvo demonstruojami tokie varikliai, netgi kuriamos bendrovės jiems gaminti. Aišku, tai darė šarlatanai, kurie, siekdami garbės ir finansinės paramos, apgaudinėjo lengvatikius, – kažkur būdavo paslėptas energijos šaltinis ar iš kitos patalpos prie variklio nutiesta pavara. Sensacingų žinių apie amžinojo variklio pagaminimą dar būta ir XX a. pradžioje, tačiau, įvedus visuotinį vidurinį mokymą, energijos tvermės dėsnis tapo akivaizdžia tiesa, ir ši ilgaamžė pseudoideja išnyko. Kaip ir alchemija, – dabar jau nebėra jos atstovų, kurie, naudodamiesi filosofiniu akmeniu, bandytų paversti paprastus metalus auksu.

Akivaizdus pseudomokslas yra astrologija, kurios teiginiai prieštarauja astronomijos ir fizikos tiesoms. Astrologija atsirado dar tais laikais, kai žmonės tikėjo, jog Saulė, Mėnulis ir planetos yra dievybės. Tada buvo tikima, kad jų, nevienodai palankių žmonėms, išsidėstymas žvaigždynų „būstuose“ turi įtakos įvykiams Žemėje ir žmonių likimams. Dabar vargu ar kas laiko Marsą ar Neptūną dievais, bet tikėjimas slaptomis jų galiomis išliko. O gal egzistuoja ne mistinė, o fizinė priežastis – žmones veikia planetų trauka? Astronomai nustatė, kad jos yra daug toliau, negu manė žmonės senovėje. Jeigu atstumą nuo Žemės iki jos palydovo Mėnulio prilygintume 1 m, tai Saturnas būtų už 10 km, o Neptūnas už 30 km.

Žvaigždės yra dar nepalyginti toliau (naudojantis tuo pačiu masteliu, artimiausia žvaigždė – už šimto tūkstančių kilometrų). Žinant, kokia silpna yra visuotinė trauka, ne tik žvaigždynų, bet ir planetų poveikis žmogui yra mažesnis nei už šimto metrų esančio drugelio plastelėjimas sparnais. Kita vertus, esant tokiam pačiam dangaus kūnų išsidėstymui, pasaulyje gimsta daug vaikų, tačiau jų likimai nebūna vienodi.

Astrologinės prognozės būna tokios miglotos ir bendro pobūdžio, kad jomis galima paaiškinti bet koki įvykį ir pritaikyti kiekvienam žmogui. Astrologai tiesiog naudojami žmonių patiklumu ir noru perduoti atsakomybę už savo likimą kažkokiai aukštesnei jėgai.

Pseudomokslas tampa ypač pavojingas, kai jį paremia valdžia. XX a. ketvirtame dešimtmetyje T. Lysenko (T. Lysenka) Rusijoje ėmė propaguoti pseudomokslines idėjas apie augalų prigimties pakeitimą „lavinimu“, vienu rūšių šuolišką virtimą kitomis, pavyzdžiui, rugių – kviečiais ar eglių – pušimis. Tie tyrimai prieštaravo genetikos išvadoms, tad T. Lysenko ir jo šalininkai apkaltino genetikus buržuazinių idėjų propagavimu ir, užsitikrinę diktatoriaus J. Stalino (J. Stalinas) paramą, ne tik uždraudė genetikos mokslą TSRS, bet ir inicijavo represijų kampaniją prieš tos srities mokslininkus.

XIX a. dvi paauglės seserys, gyvenusios atokioje fermoje JAV, išdykaudamos tapo naujo pseudomokslo – spiritizmo – pradininkėmis.

Prištu už virvutės obuoliu ir kitais būdais jos belsdavo į grindis, paslapčia stumdydavo daiktus, traškindavo kojų pirštus. Suaugusieji patikėjo, kad taip daro mergaičių iššaukta dvasia, o vyresnioji jų sesuo, pati apmokiusi mergaites triukų, ėmė rengti viešus pasirodymus. Kilo didžiulis susidomėjimas dvasiomis. Tapo madingi spiritizmo seansai: grupei žmonių susėdus prie lengvo stalelio ir padėjus ant jo rankas, stalelis, neva judinamas iššauktų dvasių, imdavo bilnoti, lyg atsakydamas į užduodamus klausimus. Įžymus fizikas M. Faraday, atlikęs kruopščių bandymų seriją, įrodė, jog stalelis stumdomas nesąmoningais rankų judesiais (kai kas tai daro ir sąmoningai). Tačiau nei mokslininko įrodymai, nei pačių seserų nuoširdus prisipažinimas jau negalėjo sustabdyti spiritizmo bangos, nusiritusios per Ameriką ir Europą. Vėliau domėjimasis spiritizmu nulsūgo, bet jo sekėjų atsiranda ir dabar.

Spiritizmui giminingas reiškinys – poltergeistas: retkarčiais kai kuriuose namuose vykstantis savaiminis daiktų judėjimas, skraidymas ar net užsiliepsnojimas, sukeliamas neva ten įsikūrusios dvasios. Mokslininkams šio reiškinio iki šiol nepavyko iširti, nes, jiems atvykus į nurodytą vietą, poltergeistas, deja, dingsta. Tiesa, kartais ir patiems gyventojams pavykdavo išsiaiškinti, jog tai kurio nors namiškio pokštas. Remiantis Ockhamo skustuvo principu, dvasių nereikėtų pasitelkti, jeigu reiškinį galima paaiškinti paprastesnėmis priežastimis.

Tvirtinama, jog gebėjimu per atstumą stumdyti ar lankstyti daiktus pasižymi ir kai kurie žmonės; toks reiškinys vadinamas telekineze. Šiuo atveju fizikai gali pasakyti tvirtą ne – žmogaus skleidžiamos labai silpnos elektromagnetinės bangos negali sukurti tokių jėgų. O telepatijos – minčių perdavimo per atstumą – kategoriškai paneigti negalima, nors fizikai turi argumentų, verčiančių abejoti jos egzistavimu. Kadangi silpnoji ir stiprioji sąveikos pasireiškia tik labai mažais atstumais, o gravitacinė sąveika yra nepaprastai silpna, tai telepatinis veikimas galėtų būti perduodamas tik elektromagnetinėmis bangomis. Tačiau jos sklisdamos silpnėja ir nepatenka į ekranuotą patalpą. O kai kurie pranešimai apie telepatijos bandymus liudija, kad toks ryšys nepriklauso nuo atstumo ir neišnyksta ekranavus percipientą (signalus priimančią žmogų).

Apskritai, „paranormalaus mokslo“ šalininkų pateikiamos žinios apie stebėtus reiškinius būna labai netikslios ir nepatikimos. Stebėjimų nepavyksta pakartoti esant griežtai mokslinei kontrolei. Tiesa, kai kurie mokslininkai, kaip antai žinomas XIX a. pabaigos fizikas W. Crookes (V. Kruksas), yra stebėję vadinamuosius paranormalius reiškinius, tačiau jie neatkreipė dėmesio į išmoningos apgaulės galimybę. O juk ne kartą mediumai buvo demaskuoti kaip šarlatanai. Cirko fokusininkas visos salės akivaizdoje atlieka triukus, o žiūrovai nepastebi jokių manipuliacijų; taip suklaidinti galima ir mokslininkus. Taigi į komisijas, stebinčias paranormalių reiškinų demonstracijas, turėtų būti įtraukiami ne tik mokslininkai, bet ir iliuzionistai.

Geriausias argumentas, jog paranormalių reiškinų egzistavimas nėra įrodytas, – jau keliolika metų neatsiimama solidi premija. Ją įsteigė amerikiečių iliuzionistas ir žurnalistas J. Randi (Dž. Rendis), pažadėjęs skirti 10 000 JAV dolerių tam, kuris aiškiai ir vienareikšmiai pademonstruos tokį reiškinį. Vėliau prie šios premijos prisidėjo dar daug asmenų bei organizacijų ir dabar jos suma viršija vieną milijoną JAV dolerių. Pretendentas turi tiksliai nurodyti, ką įstabus jis gali atlikti, ir tai įvykdyti stebint objektyviai komisijai. Kol kas nė vienas mediumas ar magas nieko paranormalaus neįstengė pademonstruoti, nors norinčiųjų gauti premiją buvo nemažai.

Mokslininkai neneigia, jog gali egzistuoti įvairių dar nepažintų reiškinų, tačiau jų realumas turėtų būti patvirtintas naudojantis moksliniais metodais, o ne diletantiškais būdais ir nepatikimais mediumų pasakojimais. Antai fizikos dėsniams neprieštarauja neatpažintų skraidančių objektų (NSO) egzistavimas. Nuo XX a. vidurio užregistruota tūkstančiai pranešimų apie pastebėtus paslaptinius skraidančius objektus, tačiau dauguma jų pasirodo esantys optinės iliuzijos, nenustatyti žinomi objektai ar būna tiesiog sąmoningos apgaulės. Pavyzdžiui, plačiai rašyta apie

„Apollo 15“ ekipažo padarytą nuotrauką Mėnulyje, kurioje galima įžiūrėti „skraidančią lėkštę“. Tokia nuotrauka iš tikrųjų egzistuoja, bet ji buvo retušuota ir vienos kalvos viršūnė tapo panaši į „lėkštę“. Panašiai nutiko ir su „veidu“ Marse: geresnės kokybės nuotraukoje aiškiai matyti, jog tai – savito reljefo kalva.

Keli procentai NSO pasirodymo atvejų vis dėlto lieka nepaaiškinti, tačiau mokslas pripažintų tokius objektus tik ištyręs bent vieną iš jų. O kol kas labiausiai tikėtina hipotezė, kad NSO, bent jau iš jų išlipantys maži žali žmogiukai, – tai tik šių laikų pasakos suaugusiesiems.

Deja, pseudomokslas net ir XXI a. tebėra paplitęs visuomenėje. Jį propaguoja masinė kultūra, orientuota ne į žmogaus protą, bet į jo instinktus, kaip antai – į nežinomybės baimę, tikėjimą iracionaliais reiškiniais. Gaila, kad vaikydami populiarumo pseudomokslą kartais propaguoja ne tik komercinės radijo ir televizijos stotys, bet ir valstybės remiamas Lietuvos nacionalinis radijas ir televizija. Netgi mokslo populiarinamasis žurnalas „Mokslas ir gyvenimas“ yra išspausdinęs pseudomokslą populiarinančių straipsnių. Negi ir integruodamasi į Europą Lietuva liks burtininkų kraštu?

Patologinis mokslas. Kartais fizikos metodams ir griežtiems tiksliojo mokslo reikalavimams nusižengia ir patys mokslininkai. Taip atsiranda iškreiptas, arba patologinis, mokslas. Tokių atvejų nėra daug, bet mokslas jų nenutyli, o kritiškai įvertina.

Vienas iš svarbiausių mokslo metodo bruožų – daugkartinis, atidus rezultatų tikrinimas. Tokie įžymūs fizikai – kaip I. Newtonas, Ch. Huygenas, H. Cavendishas (H. Kavendišas) – ilgus metus brandindavo savo rezultatus, tikslindavo bandymus ar matematinius įrodymus ir neskubėdavo skelbti atradimų. Vis dėlto daugumai mokslininkų, gavus svarbų rezultatą, kyla suprantamas noras greičiau pranešti apie jį, užsitikrinti savo prioritetą, ir kartais skubama nusiųsti straipsnį į žurnalą neatlikus visų būtinų patikrinimų ar netgi iš karto naujiena perduodama žiniasklaidai. Deja, ne vieną tokią per ankstyvą sensaciją yra tekę atšaukti.

Patikėjęs savo atradimu, mokslininkas kartais atkakliai gina jį, net kolegoms gavus neigiamus rezultatus. Ryškus pavyzdys – N spindulių istorija.

XIX a. pabaigoje atradus Röntgeno spindulius ir urano spindulius (radioaktyvumą), imta ieškoti ir kitų panašių spindulių. Tad Prancūzijos mokslų akademijos nario R. Blondlot (R. Blondlo) pranešimas, jog jis aptiko N spindulius, kuriuos skleidžia įkaitinta geležis, Saulė ir kiti kūnai, nesukėlė nuostabos. Anot atradėjo, N spinduliai nematomi, bet, jais veikiant silpnai apšviestus daiktus, pagerėdavo pastarųjų matomumas. N spindulius bandė tirti ir kiti mokslininkai, tačiau daugelis jų negalėjo pakartoti Blondlot rezultatų. Tuo metu atradėjas ir kai kurie jo sekėjai nustatinėjo naujas N spindulių savybes. Šią istoriją užbaigė žinomas amerikiečių fizikas R. Woodas

(R. Vudas) apsilankęs pas Blondlot. Pastarajam tamsoje atliekant bandymus, Woodas nemačiom nuėmė pagrindinę spektroskopo dalį – prizmę, tačiau atradėjas ir toliau registravo N spindulių spektrą. Manoma, kad Blondlot pats nuoširdžiai tikėjo savo atradimu, – pastebėjęs kažkokias ryškumo variacijas, sukeliamas silpno blykčiojančio šaltinio, jis paskubėjo interpretuoti tai kaip nežinomų spindulių poveikį, o vėliau pasidavė savitaigai.

Kita panaši istorija nutiko XX a. pabaigoje: du amerikiečių fizikai paskelbė atradę šaltąją lengvųjų branduolių sintezę. Vandenilio izotopo deuterio branduoliai, jungdamiesi į helio branduolį, išskiria daug energijos, tačiau reakcija dėl branduolių tarpusavio stūmos vyksta tik esant labai aukštai temperatūrai. Šios reakcijos metu susidaro neutronai. Atradėjai aptiko neutronus tirdami, esant kambario temperatūrai, metalą paladį, kuris lengvai absorbuoja deuterį. Jie padarė išvadą, kad deuterio atomai, įsiskverbę į kristalinę gardelę, yra jos suartinami tiek, jog pasidaro galima sintezės reakcija. Kadangi šaltoji sintezė žadėjo ekonomišką energijos šaltinį, prasidėjo intensyvūs jos tyrimai. Tačiau reiškinį buvo sunku išskirti iš natūralaus neutronų fono, sukuriama gamtinių radioaktyviųjų medžiagų bei į Žemę krintančių kosminių spindulių. Kitiems mokslininkams atlikus kruopštesnius tyrimus, reiškinys buvo paneigtas, nors atradėjai ir jų šalininkai su tuo ilgai nenorėjo sutikti.

Abiem atvejais mokslininkai klydo netyčia – jiems pritrūko kruopštumo ir skepticizmo. Tačiau retkarčiais moksle pasitaiko ir sąmoningų apgaulių. Net dvi tokios garsios istorijos nuskambėjo pačioje XXI a. pradžioje.

Trys pasaulio mokslo centrai – Jungtinis branduolinių tyrimų institutas Dubnoje (Rusija), Lawrence nacionalinė laboratorija Berklyje (JAV) ir Sunkiųjų jonų laboratorija Darmštade (Vokietija) lenktyniauja atrasdami naujus transuraninius elementus ir taip ilgindami periodinę elementų lentelę. Neegzistuojančių gamtoje elementų branduoliai sukuriama nukreipiant pagreitintų jonų pluoštelį į sunkiojo elemento taikinį. Susidaro tik pavieniai nauji radioaktyvieji branduoliai, kurie akimirksniu suyra. Per tokį trumpą laiką, stebint tik keletą naujų branduolių, identifiкуoti cheminį elementą yra labai sudėtingas uždavinys. 1998 m. Dubnoje buvo sintezuotas 114-asis elementas, o po metų JAV mokslininkai žengė kitą įspūdingą žingsnį – iš karto atrado 116-ąjį ir 118-ąjį elementus. Apie tai pranešė penkiolikos autorių grupė laiške, paskelbtame „Physical Review Letters“. Tačiau vokiečiai, Darmštade pakartoję aprašytą eksperimentą, nepatvirtino rezultatų. Tada jis buvo atliktas Berklyje, ir vėl nestebėta naujų elementų. Po patikrinimo išaiškėjo, kad mokslininkų grupės narys, atsakingas už eksperimento duomenų analizę, sąmoningai falsifikavo rezultatus. Jis buvo atleistas, o atradimas atšauktas.

Panašiai išgarsėjo ir jaunas talentingas vokiečių fizikas H. Schönas (H. Šionas). Per porą metų jis su bendradarbiais paskelbė apie 60 mokslinių straipsnių seriją. Darbai buvo atlikti plačiai žinomoje JAV kompanijoje „Bell Laboratories“ bei viename Vokietijos universitete, naudojantis naujausiomis nanotechnologijomis ir unikaliais prietaisais. Tai buvo virtualūs fizikus stebinusių rezultatų, tad tų tyrimų vadovui H. Schönui buvo pranašaujama Nobelio premija. Kitų laboratorijų mokslininkai tiesiog neturėjo galimybių patikrinti paskelbtų išvadų. Tačiau kažkas pastebėjo, jog darbe – apie vienos molekulės tranzistoriaus sukūrimą – buvo panaudoti kitų autorių straipsnio rezultatai. Sudarius specialią komisiją, buvo įrodyta, kad daugelis H. Šiono darbų yra klastotės.

Kodėl vienas mokslininkas, kaip 116-ojo ir 118-ojo elementų istorijoje, sugebėjo suklastoti didelio kolektyvo rezultatus, o kiti bendradarbiai to neįtarė? Šiuolaikiniam mokslui būdinga siaura specializacija, kiekvienas sudėtingo eksperimento dalyvis atlieka tam tikrą, jam geriausiai žinomą darbo dalį ir pasitiki savo bendradarbiais. O visą darbo visumą suvokia tik vadovas, jis apibendrina rezultatus, daro išvadas ir dažniausiai vienas rašo straipsnio tekstą. Pasikliaujama įprastu mokslininkų sąžiningumu ir bendradarbiams net nekyla minties įtarinėti savo vadovą, – deja, labai retais atvejais ir neužtaisytas šautuvas iššauna, jei jis lieka nepatikrintas...

Klausimai

Apibūdinkite pagrindinius bendro fizikos metodo bruožus.

Kodėl fizika vadinama indukcinio mokslu? Kada fizikai naudoja dedukcinį metodą?

Kuo eksperimentas pranašesnis už stebėjimą?

Apibūdinkite pagrindinius šiuolaikinio eksperimento bruožus.

Pateikite nors vieną istorinį įsivaizduojamo eksperimento pavyzdį.

Kuo svarbus fizikoje idealizacijos metodas? Iliustruokite tai pavyzdžiais.

Išvardykite keletą taisyklių, kurių reikia laikytis vykdant mokslinius tyrimus.

Nors nėra patikimų receptų, kaip daryti mokslo atradimus, kas vis dėlto padeda mokslininkui gauti originalių rezultatų?

Ar šiuolaikinės fizikos atradimą įmanoma padaryti tik mokslininkui ar ir fizikui mėgėjui?

Kas yra vadinama pseudomokslu? Kodėl juo laikoma astrologija?

VI. MOKSLO ORGANIZAVIMAS

6.1. MOKSLO ĮSTAIGOS IR DRAUGIJOS

Mokslo pažanga priklauso ne tik nuo mokslininkų talentų, bet ir nuo mokslo organizavimo formų. Pastarąsias lemia tiek pasiektas mokslo lygis, tiek to meto visuomeninė santvarka. Vystantis mokslui, augant mokslininkų skaičiui, kintant mokslo vaidmeniui visuomenėje, keitėsi ir jo įstaigos: vienos išnaudodavo savo galimybes, netgi imdavo stabdyti mokslo raidą, buvo kuriamos naujos. Šiame skyrelyje aptarsime svarbesnius mokslo įstaigų tipus, mokslo draugijų atsiradimą ir jų vaidmenį.

Universitetai. Viena iš pagrindinių ir seniausių mokslo įstaigų – universitetai. Istorikai teigia, kad pirmasis universitetas buvo įkurtas VIII a. Bizantijos imperijos sostinėje Konstantinopolyje ir veikė ten iki šios imperijos sunykimo XIV a. Aukštųjų pasaulietinių mokyklų idėją iš Bizantijos perėmė arabai. Jie 755 m. tokį universitetą įkūrė Kordovoje, Ispanijoje, kuri tuo metu priklausė arabų Kalifatui. XI–XIII a. universitetus arabų pavyzdžiu imta kurti Vakarų Europoje – ji po Azijos klajoklių antplūdžio ir ilgai trukusio tamsiųjų amžių laikotarpio tuo metu pasiekė tam tikros valstybinės ir kultūrinės brandos.

Pirmieji universitetai atsirado Italijoje, kurioje tuo metu sparčiai augo miestai, klestėjo amatai ir prekyba, – XI a. antroje pusėje Bolonijoje, Parmoje, Salerne (tiesa, ne visi jie atitiko aukštojo mokslo įstaigai keltus reikalavimus). Čia universitetus kūrė miestai ar valstybėlių valdovai, tad šios įstaigos, kaip ir arabų imperijoje, tapo pasaulietiniais mokymo centrais (į bažnyčios globą jie pakliuvo vėliau). XII–XIII a. įkurtuose Prancūzijos (Paryžiaus) ir Anglijos (Oksfordo, Kembridžo) universitetuose bažnyčios įtaka buvo stipresnė. Sekant Aristoteles, viduramžių universitetuose fizika buvo dėstoma kaip gamtos filosofija žemesniame – pradiniame fakultete, kuris buvo vadinamas menų, o vėliau – filosofijos fakultetu. Kai kurių universitetų, ypač Oksfordo ir Paryžiaus, profesoriai plėtojo Aristoteles mokymą apie judėjimą, tačiau palaipsniui, išgalint nekritiškam požiūriui į Aristoteles sistemą ir bažnyčiai ją paskelbus vieninteliu teisingu gamtos mokslu, universitetuose įsivyravo scholastika – knyginis, spekuliatyvusis mokslas. Mokslininkai, kėlę naujas idėjas, vykdę bandymus ar stebėjimus: R. Baconas (R. Beikonas), Leonardo da Vinci, M. Kopernikas, F. Maurolycus (F. Mavrolikas), W. Gilbertas ir kiti, – nebuvo universitetų dėstytojai.

Klasikinės fizikos pradininkas G. Galilei dėstė Pizos ir Padujos universitetuose, bet dėl kritiško požiūrio į scholastinį mokslą buvo persekiojamas. Garsūs jo amžininkai ir sekėjai, įnešę didžiausią indėlį į fiziką: R. Descartes, B. Pascalis, R. Boyle (R. Boilis), O. Guericke, Ch. Huygensas, R. Hooke, – irgi nebuvo susiję su universitetais. Tai pasiturintys žmonės, vykdę tyrimus savo namuose. Daugelis jų, pradedant G. Galilei, priklausė naujojo mokslo šalininkų bendrijoms – mokslų akademijoms, kurios tapo pagrindiniais to meto mokslo centrais (apie jas rašoma toliau). I. Newtonas buvo tokios akademijos – Londono Karališkosios draugijos – narys ir prezidentas, tiesa, ilgus metus jis dėstė ir Kembridžo universitete.

1579 m. – gerokai vėliau negu universitetai Vakarų ir Centrinės Europos šalyse, bet vienas iš pirmųjų Rytų Europoje – buvo įkurtas Vilniaus universitetas. Jis iki XVIII a. pabaigos priklausė Jėzuitų ordinui, tad fizika buvo dėstoma kaip Aristoteles gamtos filosofija. Tiesa, kai kurie, ypač Matematikos katedros, profesoriai supažindindavo ir su naujais fizikos bei astronomijos atradimais, bet juos interpretuodavo oficialiojo mokslo požiūriu. 1752 m. T. Žebrauskas įkūrė eksperimentinės fizikos kabinetą, vadintą Matematikos muziejumi; čia studentams ir visuomenei buvo demonstruojami elektros, pneumatikos ir kiti bandymai. Per visą senojo Vilniaus universiteto veiklos laikotarpį iki jo uždarymo 1832 m. universiteto dėstytojai originalių fizikos mokslinių straipsnių nepaskelbė.

Peržvelgus svarbiausius XVIII a. ir net XIX a. pradžios fizikos atradimus, matyti, jog dauguma jų buvo padaryti ne universitetų profesorių, o savarankiškų tyrinėtojų, vykdžiusių mokslinius tyrimus dažnai greta kito – pagrindinio darbo (B. Franklinas, T. Youngas, A. Fresnelis, S. Carnot, J. Joule ir kiti).

Tik išsivadavę iš bažnyčios ir senojo mokslo įtakos, reorganizuoti ar naujai įkurti universitetai XIX a. antroje pusėje vėl tapo pagrindiniais fizikos mokslo centrais. Juose imta organizuoti fizikos laboratorijas – iki tol buvo tik fizikos kabinetai, skirti daugiausia dėstyimo tikslams (demonstruoti bandymus paskaitų metu, o studentai laboratorinių darbų dar neatlikdavo). W. Thomsonas, tuo metu dar neturėjęs lordo Kelvino titulo, 1846 m. tapo Glazgo universiteto profesoriumi ir čia įrengė pirmąją fizikos laboratoriją, skirtą studentų darbams ir savo moksliniams tyrimams. Po poros dešimtmečių panašios laboratorijos buvo įkurtos Paržiaus, Heidelbergo, Oksfordo universitetuose.

1871 m. Kembridžo universitetas pakvietė žinomą fiziką J.C. Maxwellą organizuoti modernią fizikos laboratoriją. Tokios laboratorijos idėją kėlė dar H. Cavendishas – tad laboratorija buvo pavadinta pastarojo mokslininko vardu. Jai pastatė specialų dviejų aukštų korpusą su triukšmus ir virpesius izoliuojančiomis grindimis bei pertvaromis. Čia buvo įrengtos mechanikos, akustikos, šilu-

mos, elektros ir magnetizmo laboratorijos, taip pat dirbtuvės ir aparatų saugykla.

XIX a. pabaigoje atsirado naujo tipo mokslo įstaigos – mokslo institutai; jie buvo kuriami prie universitetų, mokslų akademijų ar stambių pramonės įmonių. Universitetai labiau specializavosi fundamentinių ar mažesnio masto eksperimentinių tyrimų linkme. Universitetinio mokslo pranašumai – glaudus ryšys su studijomis, galimybė pasirinkti gambiaus moksliniam darbui studentus, vykdyti kompleksinius tyrimus mokslų sandūrų srityse. Kita vertus, pedagoginis darbas, kai kuriose šalyse, tarp jų ir Lietuvoje, esantys dideli dėstymo krūviai trukdo universitetų moksliniam personalui atsidėti sudėtingesnių problemų sprendimui.

Mokslų akademijos. XVII a. Europoje pradėtos kurti mokslų akademijos, pavyzdžiui joms buvo garsioji Platono akademija – įžymaus antikos filosofo IV a. pr. m. e. įkurta mokykla, kuri gyvavo aštuonis šimtus metų.

Akademijos pavadinimą sugalvojo ne Platonas. Mokykla buvo įsikūrusi žemėje, kuri kažkada priklausė turtingam Atėnų gyventojui Akademui. Pasak legendos, jis padėjo graikų didvyriams Dioskurams išgelbėti jų seserį, tad, kai Dioskurų tėvynainiai užpuolė Atėnus, vienintelė Akademo sodyba nebuvo sugriauta. Todėl ta vieta – Akademija – laikyta taikos ir ramybės simboliu.

Draugijos, vadintos akademijomis, daugiausia skirtos poezijai puoselėti, buvo steigiamos ir viduramžiais. Prasidėjus kultūros atgimimui, XV a. buvo bandyta atgaivinti Platono akademiją.

Mokslų akademijos pirmtake galima laikyti „Gamtos paslapčių akademiją“ (*Accademia secretorum naturae*), kurią 1560 m. Neapolyje įkūrė italų didikas G. Porta (Dž. Porta). Jis buvo labai smalsus žmogus, nuo vaikystės domėjosi visokiomis paslaptimis. Jas Porta aprašė veikalė „Natūralioji magija“ („*Magia naturalis*“, 1558), kuris turėjo didelį pasisekimą (natūraliaja, arba baltąja, magija Porta vadino gamtos paslaptis, kurias atskleidęs, žmogus tampa laimingesnis). Asmenys, norintys įstoti į jo įkurtą draugiją, turėdavo supažindinti jos narius su kokia nors nauja paslaptimi. Deja, inkvizicijai draugijos veikla pasirodė įtartina, Porta buvo griežtai įspėtas ir turėjo paleisti draugiją.

1603 m. Romoje aštuoniolikmetis kunigaikštis F. Cesi (F. Čezis) ir trys jo draugai įkūrė „Lūšiaakių akademiją“ (*Accademia dei Lincei*). Tris kartus per savaitę jie rinkdavosi F. Cesi rūmuose, vykdė bandymus, diskutavo, skaitė paskaitas, kurių ateidavo paklausti ir kiti jų pažįstami. Ko gero, vienas iš jų įskundė jaunuolius inkvizicijai, ir šie turėjo bėgti iš miesto. Paskui akademijos veikla buvo atnaujinta, jos nariu tapo netgi G. Galilei, pastarojo išrastu žiūronu buvo stebimi dangaus kūnai. Akademija nustojo gyvuoti po ankstyvos F. Cesi mirties, vėliau ji buvo atkurta ir veikia Italijoje iki šiol.

Vis dėlto pirmąja tikra mokslų akademija, kurios nariai vykdė sistemingus tyrimus, buvo „Bandymų akademija“ (*Accademia del Cimento*), įkurta 1657 m. Florencijoje. Jai priklausė žinomi fizikai E. Torricelli, V. Viviani, G. Borelli

(Dž. Borelis) ir kiti naujojo mokslo šalininkai. Akademijos nariai įsirengė laboratoriją, kurioje tyrinėjo kūnų šiluminį plėtimąsi, oro slėgį, garso sklaidimą, elektrinius ir magnetinius reiškinius, konstravo tam reikalingus prietaisus. Tokia bažnyčios požiūriu įtartina veikla galėjo tęstis ištisą dešimtmetį tik todėl, kad akademiją globojo pats Toskanos hercogas. Tačiau, pastarajam panorus tapti kardinolu, popiežius iškelė būtiną sąlygą – paleisti akademiją, ir tai buvo padaryta. Dar pavyko išleisti akademijos darbus, kuriuose, nenurodant autorių pavardžių, pateikti svarbiausieji gauti mokslo rezultatai. Ta knyga ilgą laiką buvo laikoma eksperimentinės fizikos vadovu.

„Bandymų akademijai“ priklausė ir keli užsienio mokslininkai, vadinti nariais korespondentais, nes jie ryšius su akademija palaikė laiškais. Vienas iš jų, garsus anglų fizikas R. Boyle, kartu su bendraminčiais 1660 m. Londone įkūrė panašią akademiją. Netrukus Anglijos karalius suteikė jai privilegiją, ir ji buvo pavadinta „Londono karališkąja draugija gamtos mokslų žinioms plėtoti“ (*The Royal Society of London for the Promotion of Natural Knowledge*). Buvo įsteigti keli nuolatiniai etatai, tarp jų – eksperimentų kuratoriaus ir sekretoriaus. Kuratoriumi tapo jaunas, labai kūrybingas fizikas R. Hooke, kuris kas savaitę draugijos nariams demonstruodavo naujus kitų atliktus, o dažniausiai – savo paties sugalvotus eksperimentus. Sekretorius H. Oldenburgas užmezgė ir palaikė mokslinius ryšius su kitomis akademijomis, daugeliu užsienio mokslininkų. Kaip rašyta 4.1 skyrelyje, nuo 1665 m. Londono Karališkoji draugija ėmė leisti savo žurnalą.

1666 m., jau po M. Mersėnne mirties, buvę jo bendraminčiai, remiami ministro J. Colbert (Ž. Kolberas), įkūrė Paryžiaus mokslų akademiją, o dar po keletrių metų G. Leibnizo iniciatyva atsirado Berlyno akademija, iš pradžių vadinta „Brandenburg kurfiursto mokslo draugija“ (*Kurfürstlich-Brandenburgische Societät der Wissenschaften*). Akademijos buvo kuriamos ir kitose Europos šalyse. Jos tapo eksperimentinio tikslojo mokslo centrais. Kadangi fizika buvo mokslo atgimimo lyderė, fizikai daugelyje akademijų vaidino idėjinių vadovų vaidmenį.

Senojo Vilniaus universiteto pavadinimas buvo „Vilniaus akademija ir universitetas“ (*Academia et Universitas Vilnensis*), tačiau iš tikrųjų tai buvo tik tradicinė, Jėzuitų ordinui pavaldi aukštojo mokslo įstaiga.

XVIII a. pabaigoje mokslų akademiją Vilniuje ketino steigti astronomas M. Počobutas ir kiti Vilniaus universiteto profesoriai, bet sukliudė karai. 1928 m. grupė Lietuvos universiteto mokslininkų buvo parengę mokslų akademijos statutą, tačiau ji buvo įsteigta tik Lietuvai netekus nepriklausomybės – 1941 m. Karui baigiantis, nemažai Mokslų akademijos narių emigravo į Vakarų; pokariu akademija buvo pertvarkyta, faktiškai sukurta iš naujo. Iki 1991 m. buvo įsteigti dvide-



6.1 pav. Lietuvos mokslų akademijos logotipas

keleta ar net keliolika akademijų, vienijančių tik kai kurių mokslų, pavyzdžiui, tik technikos, tik kalbų ir literatūros ar istorijos, atstovus. Londono Karališkajai draugijai priklauso per 1400 Didžiosios Britanijos ir kitų šalių mokslininkų (tarp jų 60 Nobelio premijos laureatų). Prancūzijoje yra penkios akademijos, kurios sudaro Prancūzijos institutą. Viena iš jų – Prancūzijos mokslų akademija, kuri turi pusantro šimto tikrųjų narių. Visuomenei labiau žinoma Prancūzijos akademija, vienijanti žymiausius rašytojus ir menininkus, jos narių skaičius – keturiasdešimt – išliko toks pat kaip ir XVII a., šios akademijos įkūrimo metu.

Mokslo institutai ir tarptautinės laboratorijos. Mokslo instituto pirmtaku galima laikyti asmeninėmis R. Boyle lėšomis Oksforde, Anglijoje, XVII a. įkurtą mokslo įstaigą, kurioje fizikos ir chemijos tyrimus, be jo paties, vykdė keli asistentai. Tačiau tai buvo pralenkusi savo laiką mokslo organizavimo forma. 1799 m. Londone įkurtas Karališkasis institutas (*The Royal Institution of Great Britain*) – valstybinė įstaiga, kurioje buvo atliekami vien moksliniai tyrimai, o studijos nevyko. Palankios sąlygos atsirasti panašioms įstaigoms kitose Europos šalyse susidarė tik XIX a. antroje pusėje. Fizikos ir kitų gamtos mokslų problemoms spręsti reikėjo vis didesnių kolektyvinių mokslininkų pastangų, tad prie universitetų ėmė kurtis autonominės mokslo įstaigos. Pirmasis fizikos institutas 1850 m. buvo įsteigtas Ch. Dopplerio (K. Dopleris) iniciatyva Vienos universitete, po 20–30 metų prasidėjo spartus jų kūrimo procesas Graco, Strasbūro, Berlyno, Paryžiaus ir kituose universitetuose.

XIX a. pabaigoje atsirado ir pirmieji institutai prie stambių pramonės kompanijų, kurių vadovai suprato mokslinių tyrimų svarbą. Vokietijoje ir Anglijoje buvo įkurti pirmieji fizikos institutai, nepriklausę aukštosios mokykloms. 1911 m. Vokietijoje buvo įsteigta Kaizerio Vilhelmo draugija mokslui skatinti (*Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften*) ir kuriami jai pavaldūs institutai

šimt penki mokslo institutai, priskirti Mokslų akademijos sistemai, kai kurie iš jų vėliau perduoti ministerijoms ir kitoms žinyboms. Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, Mokslų akademijos veikla buvo susiaurinta, jai liko ekspertinės funkcijos.

Įvairių šalių akademijos labai skiriasi savo struktūra, tikslais, veiklos formomis. Plataus profilio akademijos, dažniausiai vienintelės savo šalyje, apima visas mokslo sritis, netgi kartais menus. Kitose šalyse yra po

(dabar draugija vadinama Maxo Plancko vardu ir jai priklauso 80 institutų, centrų bei kitų mokslo įstaigų). Panaši sistema Prancūzijoje buvo sukurta prieš Antrąjį pasaulinį karą, tai Nacionalinis mokslinių tyrimų centras (*Centre National de la Recherche Scientifique*, sutrumpintai – CNRS). Kai kuriose šalyse mokslo institutai buvo steigiami ir prie mokslų akademijų, antai 1909 m. prie Austrijos mokslų akademijos įkurtas Radžio tyrimų institutas (*Institut für Radiumforschung*).

Pirmojo ir Antrojo pasaulinių karų metu paaikšėjo fizikos atradimų taikomoji reikšmė karybai ir pramonei, tad moksliniams tyrimams pradėta skirti vis daugiau lėšų; didelė jų dalis tekdavo fizikai. Tai sudarė sąlygas fizikams imtis labai sudėtingų problemų sprendimo: naudojantis gigantiškais įrenginiais – dalelių greitintuvais, tirti elementariųjų dalelių savybes, pradėti valdomos termobranduolinės sintezės reakcijos įgyvendinimo programą ir pan.

Lietuvoje iki 1940 m. buvo įkurtas tik vienas – humanitarinio profilio mokslo institutas. 1948 m. Mokslų akademija organizavo Technikos mokslų institutą Kaune, o Vilniuje buvo įkurtas jo fizikos padalinys, kuriame eksperimentinės fizikos tyrimus pradėjo profesorius P. Brazdžiūnas. 1952 m. institutas reorganizuotas į Fizikos ir technikos institutą, dar po ketverių metų nuo jo atsiskyrė Fizikos ir matematikos institutas, kurio steigimo iniciatorius ir pirmasis direktorius buvo akademikas A. Jucys. Nuo tada fizikos mokslo darbuotojų skaičius sparčiai augo padvigubėdamas maždaug kas septynerius metus, o maždaug kas dešimtmetį atsirasdavo naujas fizikos institutas: Puslaidininkų fizikos (PFI) – 1967 m., Fizikos institutas (FI) – 1977 m., Teorinės fizikos ir astronomijos institutas (TFAI) – 1990 m. Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę ir persitvarkant ekonomikai, mokslui imta skirti nedaug lėšų, mokslo institutai buvo skubotai atskirti nuo Mokslų akademijos, netgi norėta ją visiškai panaikinti. Gauti lėšų iš Europos Sąjungos fondų pasirodė esąs gana sunkus uždavinys, be to, šimtmečio pabaigoje tiek Europos šalys, tiek JAV ėmė teikti prioritetą fizikos šakoms, susijusioms su aktualių taikomųjų problemų sprendimu. Kai kuriems Lietuvos politikams ir mokslo vadovams nuolat kliuvo per didelis – jų požiūriu – valstybinių fizikos institutų skaičius, tad 2002 m. Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, kuriame atliekami daugiausia fundamentinio pobūdžio tyrimai, buvo prijungtas prie Vilniaus universiteto.

Pagrindinės PFI tyrimų kryptys – kietojo kūno fizika, medžiagotyra, medžiagos ir spinduliuotės sąveikos tyrimai, prietaisų ir aparatūros kūrimas. Šiame institute 2006 m. pabaigoje buvo 290 darbuotojų, iš jų – šimtas mokslininkų (turinčių mokslo laipsnius). FI veikla koncentruojama aplinkos fizikos ir chemijos, molekulinės biofizikos, branduolio fizikos ir netiesinės optikos kryptimis, čia dirba apie šešiasdešimt mokslininkų. VU TFAI plėtoja atomų, jų branduolių, molekulių

lių, netiesinių kvantinių sistemų teoriją; astronomų grupė tiria – daugiausia fotometriniu metodu – Galaktikos struktūrą ir dinamiką. Institutui priklauso Molėtų observatorija ir Planetariumas, iš viso dirba per penkiasdešimt mokslininkų.

Dabar pasaulyje veikia per pusantro tūkstančio fizikos institutų. Dauguma garsiausių ir didžiausių yra turtingiausioje pasaulio šalyje – JAV, tiesa, čia jie vadinami nacionalinėmis laboratorijomis.

Pirmųjų tokių stambių mokslo įstaigų atsiradimas JAV buvo susijęs su atominės bombos kūrimo programa – Manheteno projektu. 1943 m. Naujosios Meksikos valstijoje buvo įkurta slapta Los Alamoso atominių tyrimų laboratorija, tuomet vadinta Vieta Y (*Site Y*), o keletu mėnesių anksčiau Čikagos universitete – Metalurgijos laboratorija (*Metallurgical Laboratory*) (pastarosios pavadinimas irgi buvo maskuojamasis, nes čia E. Fermi vadovaujama grupė projektavo ir kūrė pirmąjį branduolinį reaktorių). Baigusios tą projektą, laboratorijos tęsė savo veiklą ne tik atomo branduolio tyrimų, bet ir kitomis kryptimis. Po karo Metalurgijos laboratorija buvo pervadinta į Nacionalinę Argono laboratoriją (*Argonne National Laboratory*); dabar ji turi apie 3000 darbuotojų, iš kurių trečdalis – mokslo darbuotojai ir inžinieriai. Laboratorija naudojami unikaliais įrenginiais ir prietaisais (tarp jų jonų greitintuvai, galingas Röntgeno spindulių šaltinis – pozitronų sinchrotronas), kurių vertė maždaug 2 milijardai JAV dolerių, o metinis jos biudžetas sudaro apie pusę milijardo dolerių. Dar stambesnis mokslo centras, vienas iš didžiausių pasaulyje, – jau minėta Los Alamoso nacionalinė laboratorija (*Los Alamos National Laboratory*). Čia dirba apie 10 000 specialistų – fizikų, inžinierių, chemikų, matematikų, biologų, saugos tarnybos darbuotojų; metinis šios laboratorijos biudžetas sudaro net 2,2 milijardo dolerių (ketvirtadalis viso Lietuvos biudžeto). Svarbiausios tyrimų kryptys: šiuolaikinių ginklų kūrimas, medžiagotyra, astrofizika, biofizika ir kt. Trečiasis garsus fizikos institutas – Fermi nacionalinė greitintuvų laboratorija (*Fermi National Accelerator Laboratory*) Batavijoje, netoli Čikagos, įkurta 1967 m. Joje daugiausia dėmesio skiriama elementariųjų dalelių tyrimams, veikia 6,3 km ilgio protonų ir antiprotonų priešpriešinių srautų greitintuvas, kuriuo naudojantis buvo atrasti penktasis ir šeštasis kvarkai. JAV veikia dar kelios panašaus masto nacionalinės laboratorijos, vykdančios tyrimus fizikos ir technikos srityse: Brukheiveno (*Brookhaven National Laboratory*), Ouk Ridžo (*Oak Ridge National Laboratory*) ir dar dvi Lawrence vardo Berklyje (*Lawrence Berkeley National Laboratory*) ir Livermore (*Lawrence Livermore National Laboratory*).

JAV veikia ir didžiausias pasaulyje mokslo institutas, priklausantis pramonės kompanijai „Bell Laboratories“. Svarbiausios jo tyrimų kryptys – elektronika, ryšių technika, medžiagotyra. Greta taikomųjų tyrimų šiame institute plėtojami ir

fundamentiniai, verta paminėti, jog apie dešimt šio instituto darbuotojų yra tapę Nobelio fizikos premijos laureatais.

Minėtuose JAV institutuose, ypač Fermi laboratorijoje, dirba daug ir užsienio mokslininkų, nes tarptautinis bendradarbiavimas – būdingas šiuolaikinio mokslo bruožas. Iš tikrųjų, tarptautiniais institutais yra vadinamos įstaigos, kurioms vadovauja tarptautiniai moksliniai komitetai, šiuose institutuose dirbti vienodas teises turi įvairių šalių mokslininkai.

Pirmosios tokios įstaigos – Tarptautinio fizikos instituto idėja buvo iškelta 1911 m. pirmajame Solway kongrese – Belgijoje vykusioje žymiausių mokslininkų konferencijoje, kurią finansavo mokslo mecenatas E. Solway. Jis davė lėšų tokiam institutui įkurti bei tyrimams organizuoti, o jas skirstė autoretinčiausi to meto fizikai H.A. Lorentzas, M. Curie, E. Rutherfordas ir kiti.

1949 m. prancūzų fizikas L. de Broglie (L. de Broilis) išklė idėją, kad Europoje reikėtų organizuoti tarptautinį branduolio fizikos ir elementariųjų dalelių tyrimų centrą, kuris pristabdytų tos srities specialistų emigraciją į JAV ir sutelktų Senojo žemyno mokslininkus bendromis jėgomis spręsti svarbias mikrofizikos problemas. Tokia Europos mokslo įstaiga atsirado 1954 m., kai dvylika šalių ratifikavo šio centro steigimo ir savo įsipareigojimų sutartį. Tarptautinis mokslo centras buvo pavadintas CERN (pranc. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), jo vieta parinkta Ženevoje (Šveicarija). Čia pastačius unikalius elementariųjų dalelių greitintuvus – protonų sinchrotroną, pirmąjį pasaulyje hadronų kolaideri (priešpriešinių srautų greitintuvą), protonų supersinchrotroną, 27 km ilgio elektronų ir pozitronų kolaideri, – CERN tapo pripažintu pasaulyje elementariųjų dalelių fizikos centru, jo mokslininkai ėmė ne tik sėkmingai konkuruoti su amerikiečiais, bet ir lenkti juos. 1983 m. Ženevoje buvo atrastos trys svarbios fundamentalsios dalelės – tarpiniai bozonai, perduodantys silpnąją sąveiką. CERN atlikti eksperimentai įrodė, kad egzistuoja tik trys fundamentaliųjų dalelių kartos, čia buvo sukurti pirmieji antimedžiagos (antivandenilio) atomai. Dabar vietoj elektronų ir pozitronų greitintuvo, panaudojant jo tunelį, yra statomas Didysis hadronų kolaideri (*Large Hadron Collider*, sutrumpintai – LHC), su kuriuo siejami naujų svarbių atradimų lūkesčiai.

CERN išlaiko šalys narės, įnašai yra gana dideli, tad šį statusą turi tik dvidešimt turtingesnių Europos šalių, plėtojančių branduolio ir elementariųjų dalelių fiziką. Tačiau teisę dirbti CERN įgyja ir kitų šalių, kurios pasirašo su tarptautiniu centru bendradarbiavimo susitarimus, mokslininkai. Tokį susitarimą 2004 m. pasirašė ir Lietuva.

TSRS, siekusi riboti savo šalies ir vadinamųjų socialistinių šalių mokslininkų kontaktus su Vakarų mokslo centrais, kaip alternatyvą CERN 1956 m. įkūrė Jung-

tinį branduolinių tyrimų institutą Dubnoje, netoli Maskvos. Darbuotojų skaičiumi jis pralenkė CERN ir minėtas JAV nacionalines laboratorijas, tačiau Dubnoje dėl suvaržytų mokslinių ryšių ir mažesnio finansavimo nebuvo padaryta labai svarbių atradimų – tenykščiai fizikai nė karto nėra pelnę Nobelio premijos. Po TSRS subyrėjimo, dar sumažėjus Rusijos mokslo finansavimui ir daugeliui talentingų fizikų emigravus į užsienį, o Rytų ir Vidurio Europos šalims pakeitus savo mokslo orientaciją iš Rytų į Vakarų, tarptautinio centro Dubnoje vaidmuo dar sumenko; garsėja tik grupė, ieškanti naujų transuraninių elementų, – pastarąjį dešimtmetį ji atrado (pirmą kartą arba nepriklausomai) 112–118-ąjį cheminius elementus.

Fizikų draugijos. XIX a. antroje pusėje, sparčiai vystantis gamtos mokslams, augant mokslininkų skaičiui ir siaurėjant jų specializacijai, atsirado poreikis burtais vieno mokslo atstovams. Priešakinėse mokslo šalyse ėmė kurtis chemikų, fizikų, matematikų draugijos.

Pirmoji fizikų draugija atsirado Vokietijoje 1845 m., po trijų dešimtmečių tokia draugija buvo įkurta Anglijoje, o pačioje XIX a. pabaigoje – JAV. Iš pradžių JAV fizikų draugija turėjo tik 36 narius, per šimtmetį jų skaičius išaugo daugiau kaip tūkstantį kartų ir dabar tai yra viena iš gausiausių fizikų draugijų pasaulyje. Narių skaičiumi ją pranoksta tik Vokietijos fizikų draugija.

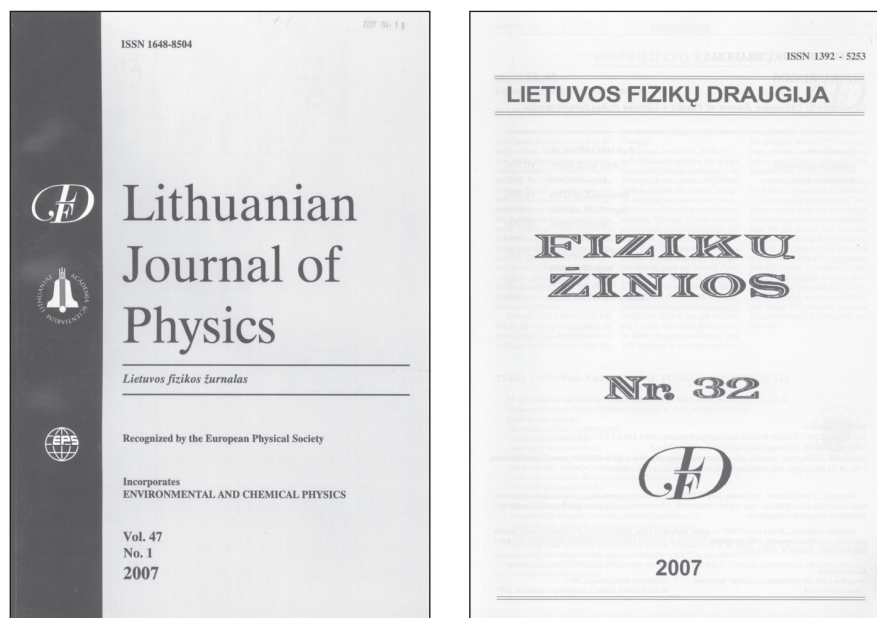
Fizikų draugijos organizuoja konferencijas, leidžia mokslo žurnalus ir kitą literatūrą, rūpinasi kvalifikuotų specialistų rengimu bei fizikos populiarinimu visuomenėje, stiprina ryšius tarp fizikų, dirbančių įvairiuose mokslo centruose bei įstaigose – aukštosiose mokyklose, institutuose, pramonės įmonėse ir bendrojo lavinimo mokyklose. Lėšos, reikalingos tiems tikslams įgyvendinti, gaunamos iš nario mokesčių, leidybinės veiklos, konferencijų organizavimo, investicijų ir kitų šaltinių. JAV fizikų draugijos metinis biudžetas sudaro apie 30 milijonų dolerių, ji leidžia tarptautinius, aukščiausiai fizikų vertinamus mokslo žurnalus – „Physical Review“ (5 serijos), „Physical Review Letters“, „Reviews of Modern Physics“, kasmet organizuoja daugelį konferencijų.

Labai plačią veiklą vykdo ir Didžiosios Britanijos fizikų draugija, dabar vadinama Fizikos institutu (*Institute of Physics*, sutrumpintai – IOP) – viena iš įtakingiausių fizikų draugijų pasaulyje. Ji turi daug etatinių darbuotojų, jos būstinė įsikūrusi septynių aukštų pastate Londono centre. Fizikos institutui priklauso pelno nesiekianti leidybos kompanija „IOP Publishing“ – viena iš didžiausių ir dinamiškiausių fizikos informacijos skleidėjų pasaulyje. Ji leidžia per keturiasdešimt mokslo žurnalų, apimančių visas grynosios ir taikomosios fizikos šakas, daug monografijų ir kitokių knygų, keletą fizikos populiarinamųjų žurnalų. Kompanija taip pat yra elektroninės leidybos lyderė pasaulyje: visi jos spausdinami peri-

odiniai leidiniai pateikiami ir elektronine forma, ji sukūrė internetinių produktų ir paslaugų tinklą fizikų bendruomenei, tarp jų informatyvų interneto portalą „PhysicsWeb“ (<http://physicsweb.org>).

1968 m. buvo įkurta Europos fizikų draugija (*European Physical Society*) – EFD, vienijanti atskirų šalių draugijas. Veikia įvairūs jos komitetai, skyriai bei grupės, kurie rūpinasi konferencijų, seminarų, pasitarimų organizavimu, profesinė kvalifikacija, publikacijomis ir mokslinė komunikacija, fizikos populiarinimu, netgi lyčių lygybe fizikoje, atlieka ekspertizes. Kaip buvo minėta, Europos fizikų draugija kasmet skiria keliolika premijų už pasiekimus įvairiose fizikos srityse bei už fizikos populiarinimą. Tarp keturiasdešimties nacionalinių draugijų, įeinančių į EFD, nuo 1992 m. yra ir Lietuvos fizikų draugija; jos prezidentas Z. Rudzikas buvo išrinktas EFD vykdomojo komiteto nariu.

Lietuvos fizikų draugija įkurta 1963 m. A. Jucio, P. Brazdžiūno ir kitų vyresnės kartos fizikų iniciatyva. Pirmasis ir ilgametis jos pirmininkas buvo P. Brazdžiūnas. Lietuvos fizikų draugija kas dvejus metus organizuoja nacionalines fizikos konferencijas, leidžia mokslo žurnalą „Lithuanian Journal of Physics“ bei jo priedą „Fizikų žinios“, rūpinasi Lietuvos fizikos mokslo bei mokymo problemomis; draugijai priklauso apie tris šimtus narių.



6.2 pav. Lietuvos fizikų mokslo žurnalas „Lithuanian Journal of Physics“ bei jo priedas „Fizikų žinios“, skirtas mūsų šalies fizikų bendruomenei

2001 m. Lietuvos fizikų draugija buvo priimta ir į Tarptautinę grynosios ir taikomosios fizikos sąjungą (*International Union of Pure and Applied Physics*, sutrumpintai – IUPAP) – pasaulinę fizikų organizaciją, vienijančią penkių dešimčių šalių fizikus.

6.2. KOLEKTYVINIAI TYRIMAI IR VADOVO VAIDMUO ŠIUOLAIKINIAME MOKSLE

Fizikams skverbiantis į vis labiau nutolusias nuo mūsų tiesioginio suvokimo sritis, naudojami vis sudėtingesni ir brangesni įrenginiai, rafinuotiesni matematiniai metodai. Todėl mokslinių tyrimų, ypač eksperimentinių, kolektyvumas didėja. XX a. pradžioje per 80% išspausdintų mokslinių straipsnių būdavo vieno autoriaus, dabar net dauguma teorinių straipsnių – kelių autorių, o eksperimentinių darbų bendraautorių skaičius neretai siekia dešimtį ir daugiau. Didžiulės mokslininkų grupės – vykdančios elementariųjų dalelių eksperimentus, kosminius projektus, valdomos termobranduolinės sintezės tyrimus – skelbia straipsnius, kurių autorių sąrašuose dešimtys ar šimtai mokslininkų, kartais vietoj didžiulio jų sąrašo nurodomas tik grupės (kolaboracijos) pavadinimas.

Sudėtingą problemą sprendžiantis mokslininkų kolektyvas būna pasidalijęs ne tik į eksperimentatorius ir teoretikus, bet ir į daug siauresnių sričių specialistus. Atskiri grupės nariai atlieka tam tikras darbo dalis, kurių žinovai jie yra, o problemos visumą suvokia tik grupės vadovas. Pastarasis, tarsi režisierius teatre, atsakingas už bendrą rezultatą.

Visų pirma vadovas formuluoja problemą. Tam reikia ne tik gerai žinoti, kas iki tol padaryta toje mokslo šakoje, kokios yra raidos tendencijos, bet ir įvertinti problemos sprendimo galimybes, matyti perspektyvas.

Vadovas rūpinasi tyrimams reikalingomis lėšomis ir priemonėmis. Norint gauti valstybinių ar privačių fondų paramą, vadinamuosius grantus, tenka parengti detales, argumentuotas paraiškas. Lemia ne tik vertinga idėja, bet ir dalykiškas, patrauklus jos pateikimas, susiejimas su aktualiais tikslais, netgi mokslo madomis.

Tyrimų metu pagrindinė vadovo pareiga – koordinuoti grupės narių atliekamus darbus, formuluoti užduotis, spręsti kylančias bendras problemas. Tam reikalinga plati erudicija. Sėkmingas kolektyvo darbas labai priklauso nuo kūrybinės ir psichologinės atmosferos, vadovas turi būti pakankamai reiklus, idant darbuo-

tojai dirbtų kryptingai bei aktyviai, bet, kita vertus, nebūti ir formalistu, nevaržyti iniciatyvos. Įsitraukęs į tyrimus, jausdamasis, kad atlieka svarbų ir įdomų darbą, darbuotojas gali pranokti pats save. Ir geriausias akstinas tam – paties vadovo atsidavimas moksliniam darbui, kūrybingumas bei principingumas. Tokiais uždegančiais vadovais buvo E. Fermi, E. Rutherfordas, N. Bohras ir kiti garsūs XX a. mokslininkai.

Dar viena svarbi mokslinio kolektyvo vadovo funkcija – strategijos formavimas. Būtent perspektyvių kryptų numatymas, savalaikis jų keitimas užtikrina ilgalaikę sėkmingą kolektyvo veiklą, aukštą jo mokslinį rangą.

Vadinasi, mokslinio kolektyvo vadovu turėtų būti kūrybingas mokslininkas, bet kartu jam reikalingi ir organizatoriaus gebėjimai bei vadybos žinios. Pastarosios anksčiau būdavo įgyjamos klaidų ir bandymų metodu, dabar daugelyje universitetų fizikai yra supažindinami su vadybos pagrindais. Tuo tarpu puikus administratorius, gerai neišmanantis sprendžiamų mokslo problemų, negali tapti kolektyvo idėjiniu vadovu, o tai, kaip matėme, yra esminė sąlyga.

Vadovavimas suteikia mokslininkui plačių galimybių realizuoti savo idėjas, nors, kita vertus, projektų ir ataskaitų rengimas, įvairių ūkinių bei finansinių klausimų sprendimas, dalyvavimas posėdžiuose ir kiti panašūs organizaciniai darbai atima daug laiko. Tai trukdo susitelkti tiesioginiam moksliniam darbui ir sukelia norą vis didesnę jo dalį perduoti savo pavaldiniams. Kai kurie vadovai nesugeba tam atsispirti, apsiriboja tik kitų mokslininkų gautų rezultatų aptarimu ar aprobavimu, kartu pretenduodami būti įrašyti mokslinių straipsnių bendraautorais. O naujos literatūros studijavimą pakeičia pokalbiai su kolegomis mokslo temomis. Taip mokslininkas palaipsniui virsta grynų administratoriumi. Aišku, plačioji visuomenė ir toliau jį laiko mokslo autoritetu, bet nuo kolektyvo narių ir specialistų sunku nuslėpti kompetentingumo mažėjimą. O juk pagal vadovą dažnai sprendžiama ir apie visą kolektyvą. Toks vadovas nebegali sėkmingai vykdyti minėtos svarbios funkcijos – formuoti kolektyvo strategijos, tad pastarasis praranda kūrybingumą, užsiima mažiau reikšmingais tyrimais.

Tai dažniau nutinka senų mokslo tradicijų neturinčiose šalyse. Priešakinėse mokslo šalyse yra sukurti gana lankstūs ir efektyvūs mokslo valdymo svertai, skatinantys tiek atskirus mokslininkus, tiek mokslo kolektyvus dirbti kūrybingai.

Atsižvelgiant į esminį vadovo vaidmenį, Nobelio premija už kolektyvinius atradimus dažniausiai skiriama būtent vadovui.

6.3. MOKSLO LAIPSNIAI IR PEDAGOGINIAI VARDAI

Būdingas mokslo bruožas – laipsniai ir vardai. Įvesti prieš daugelį amžių, jie egzistuoja ir dabar; vadinasi, tebėra priežastys, palaikančios šią seną tradiciją.

Mokslo rezultatus sunkiai gali įvertinti ne tik visuomenė, bet ir kiti mokslininkai, nedirbantys toje pačioje siauroje srityje. Mokslo laipsniai ir pedagoginiai vardai, kuriuos suteikia specialistai, tarnauja kaip pripažinti ir visiems suprantami kvalifikacijos rodikliai, liudijantys, kas yra kas moksle. Tai vieni iš svarbiausių kriterijų vykdant konkursus eiti mokslines ir vadovaujamas pareigas. Taigi laipsniai ir vardai tarnauja kaip barjerai mokslo karjeristams, aktyviems, bet nekūrybingiems žmonėms įsitvirtinti moksle ir su juo susijusiose srityse, ypač valdžios institucijose.

Yra dar kita priežastis. Nors mokslininko darbas yra sudėtingas bei kūrybingas ir mokslo atradimai daro didelę įtaką civilizacijos raidai, tačiau visuomenė mažai žino net apie žymius mokslininkus, populiarumu jie negali lygintis nei su politikais, nei su rašytojais, jau nekalbant apie scenos ar ekrano žvaigždes. O mokslininkams irgi nėra svetimas garbės bei pripažinimo troškimas, tad jį patenkina specialūs laipsniai ir vardai.

Mokslo laipsniai – bakalauro, magistro ir daktaro – pradėti teikti XII–XIII a. Italijos, Prancūzijos ir kitų šalių universitetuose, kurie buvo steigiami Europoje arabų Kalifato pavyzdžiu. Antai pirmą kartą daktaro, tiksliau, teisės daktaro laipsnis buvo suteiktas Bolonijos teisės mokykloje 1130 m. Bakalauras (lot. *baccalaureus* < *bacca* – vaisius, *laurea* – laurų vainikas) – žemiausias laipsnis, magistras (lot. *magister* – viršininkas, mokytojas) – aukštesnis, o daktaras (lot. *doctor* – mokytojas, dėstytojas) – aukščiausias laipsnis. Jie reiškė tam tikrą išsimokslinimo lygį, dėstyimo teisę, jų turėtojai įgydavo ne tik mokslinių, bet ir visuomeninių privilegijų.

Profesoriaus (lot. *professor* – dėstytojas, mokytojas) vardas dar senesnis. Senovės Romos imperijoje profesoriais vadino gramatikos ir retorikos mokyklų mokytojus, vėliau – dvasinių mokyklų mokytojus, o nuo XII a. – universitetų dėstytojus. *Profesorius* buvo magistro ir mokslų daktaro sinonimas, nes būtent asmenys, turintys šiuos laipsnius, turėjo teisę dėstyti universitete. Vėliau, ėmus kurti universitetuose katedras, jų vadovus – ordinarinius profesorius – imta rinkti konkurso būdu, kiti dėstytojai būdavo vadinami neordinariniais profesoriais. Net ir dabar kai kuriose šalyse *profesorius* yra tik pareigos, kitur – tai visam gyvenimui suteikiamas pedagoginis vardas. Atsirado vėliau ir yra mažiau paplitęs docento (lot. *docens* – mokantis, kuris moko) vardas bei atitinkamos pareigos; kai kuriose šalyse vietoj

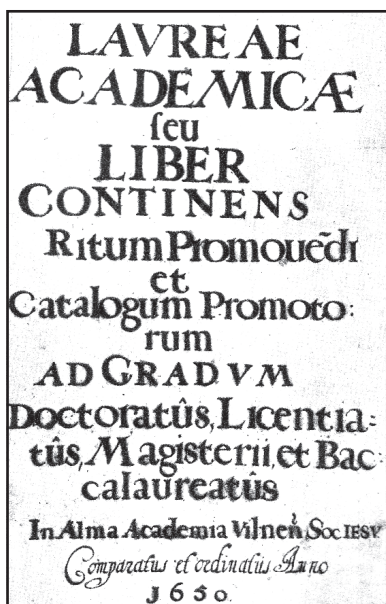
docento pareigybės yra *jaunesnysis profesorius* (angl. *assistant professor*).

Tiek senais laikais, tiek dabar mokslo laipsnių ir vardų teikimo tvarka bei reikalavimai jiems įgyti buvo ir tebėra nevienodi įvairiose šalyse, netgi tos pačios šalies universitetuose. Tad plačiau aptarsime tik Lietuvoje teiktus bei teikiamus mokslo laipsnius ir vardus. Jų įgijimo tvarką senajame Vilniaus universitete yra išsamiai aprašęs R. Plečkaitis straipsnyje „Promocijos senajame Vilniaus universitete“.

1579 m. įsteigus Vilniaus universitetą, po kelerių metų jam buvo leista teikti mokslo laipsnius, bet tik pritarus Jėzuitų ordino generolui, kuris rezidavo Romoje. Nuo XVII a. universitetui leista vykdyti šią veiklą savarankiškai.

Vilniaus universitete suteikti mokslo laipsniai buvo registruojami rankraštinėje knygoje „Akademijos laurai“ („Laureae academicae“) (6.3 pav.). Tiesa, pirmoji registracijos knyga dingo per karus XVII a. viduryje, vėliau didžiąją jos įrašų dalį pavyko atkurti (1997 m. knyga, kaip svarbus Lietuvos mokslo istorijos šaltinis, buvo išspausdinta).

Fizikos, kaip gamtos filosofijos, buvo mokoma Filosofijos fakultete. Gabiausi



6.3 pav. Senojo Vilniaus universiteto mokslo laipsnių teikimo registracijos rankraštinės knygos „Laureae academicae“ antraštinis puslapis

studentai, išklause bent vieną filosofijos kursą, dar studijų metais galėjo įgyti laisvųjų menų ir filosofijos bakalauro laipsnį (laisvaisiais menais, arba laisvaisiais mokslais, buvo vadinami septyni mokslai, privalomi siekiantiešiams vidurinio išsilavinimo). Pretendentas turėdavo viešai ginti kelių puslapių tezes. Kiti studentai, baigę Filosofijos fakultetą ir išlaikę bakalauro egzaminą, įgydavo šį laipsnį be gynimo.

Aukštesnį – magistro laipsnį galėjo pelnyti Filosofijos fakulteto absolventai, išlaikę magistro egzaminą; gabiausieji po to įgydavo teisę viešai ginti magistro tezes. Jos būdavo didesnės apimties negu bakalauro tezes, o kartais pretendentas rašydavo ir disertaciją, ją netgi išspausdindavo. 1633 m. lotynų kalba buvo išspausdinta J. Rudaminos Dusetišio disertacija „Žymiausios optikos, geometrijos, sferinės astronomijos matematinės teoremos ir problemos“ („Illustriora theoremata et problema-

ta mathematica ex opticis, geometria, astronomia sphaera elementari“); ji laikoma pirmąja Lietuvoje išleista tikslųjų mokslų knyga. Dar po šešerių metų buvo paskelbtas A. Dyblinskio magistro darbas „Astronomijos šimtinė“ („Centuria astronomica“, 1639).

Filosofijos fakulteto absolventai galėjo stoti į aukštesnę – Teologijos fakultetą ir įgyti teologijos bakalauro, licenciato (laipsnis, atitinkantis magistro; lot. *licenciatus* – prileistas) bei daktaro laipsnius. Nuo XVIII a. pradžios laisvųjų menų ir filosofijos magistras buvo pradėti vadinti daktarais.

Magistro ar daktaro darbą reikėdavo ginti Doktorų senate, kurį sudarė žymiausi Vilniaus universiteto profesoriai. Iškilmingoje ceremonijoje dalyvaudavo bažnyčios ir valstybės pareigūnai, disertanto giminės. Disertantas turėdavo pademonstruoti savo gebėjimą diskutuoti ir apginti pateiktas tezes. Asmuo, ką tik įgijęs mokslo laipsnį, priklausdavo ir pasižadėdavo vykdyti visas tam laipsniui priderančias pareigas. Jis gaudavo dovanų mokslo knygą, būdavo apgaubiamas antikiniu rūbu – epomida, jam ant galvos uždedama daktaro beretė, o ant piršto užmaunamas žiedas, simbolizuojantis santuoką su mokslu. Daktaro liudijimą (dabartinio diplomo pirmtaką) pasirašydavo universiteto rektorius, vicekancleris ir sekretorius, dokumentas būdavo tvirtinamas universiteto antspaudu. Filosofijos magistro ar daktaro laipsnis galėdavo būti suteikiamas ir be gynimo pradėjusiam dėstyti universitete profesoriui ar labai nusipelnusiam bažnyčiai asmeniui (tai buvo vadinama privačiu laipsnio teikimu).

Remiantis „Laureae academicae“, 1583–1781 m. Vilniaus universitete mokslo laipsnius iš viso įgijo 4076 asmenys, tarp jų 1810 laisvųjų menų ir filosofijos bakalauro ir 1700 – laisvųjų menų ir filosofijos magistro (daktaro).

1922 m. Kaune įsteigtame Lietuvos universitete buvo įteisintas tik vienas – mokslų daktaro laipsnis. Disertantas mokslinio vadovo neturėdavo. Universiteto statute buvo suformuluotas toks reikalavimas pretendentui į daktarus: „...spausdinta disertacija ir nors vienas mokslo veikalas, iš kurio būtų matyti, kad tas asmuo moka savarankiškai dirbti mokslinį darbą.“ Disertacija būdavo įteikiama atitinkamo fakulteto tarybai. Su darbu susipažindavo specialistų komisija, paskui – fakulteto tarybos nariai, tik tada taryba sprendavo, ar priimti disertaciją gynimui.

Prieš gynimą disertantas dar turėdavo išlaikyti keletą egzaminų: dažniausiai vieną, tiesiogiai susijusį su disertacijos tema, kitą – bendresnę – iš savo specialybės srities kartu patikrinant ir užsienio kalbos žinias. Tada būdavo paskiriami oficialūs oponentai ir nustatoma gynimo data. Pasibaigus gynimui, tarybos nariai kartu su oponentais uždarame posėdyje slapto balsavimu sprendavo, ar suteikti dak-

taro laipsnį, ir netgi įvertindavo apgintą darbą pažymiu: *magna cum laude* (labai gerai), *laude* (gerai) arba *rite* (patenkinamai).

Norėdamas dėstyti aukštojoje mokykloje, daktaras dar turėdavo perskaityti fakulteto taryboje paskaitą ir apginti jos teiginius. O nuo 1930 m. buvo įvestas aukštesnis reikalavimas – apginti habilitacinį darbą, t. y. antrąją disertaciją. Tai turėjo būti originalus, savarankiškas, spausdintas darbas, bet jo rezultatai nebūtinai skelbti moksliniuose straipsniuose. Gynimas vykdavo panašia tvarka kaip ir daktaro disertacijos. Taryba suteikdavo *venia legendi* (paskaitų dėstyimo teisę) ir privatdocento titulą. Jį turintis asmuo galėdavo eiti privatdocento, o vėliau, dirbdamas mokslinį darbą, – ir aukštesnes pedagogines pareigas: docento, ekstraordinarinio ir ordinarinio profesoriaus. Itin nusipelnusiems mokslo ir kultūros veikėjams būdavo suteikiamas garbės daktaro (lot. *honoris causa*) laipsnis bei garbės profesoriaus titulas.

Lietuvos universiteto Matematikos-gamtos fakultetas visų gamtos mokslų specialistams teikdavo tokį patį laipsnį – *doctor scientiae*. Per visus tarpukario metus jį įgijo tik vienas fizikas – K. Baršauskas. Dar trys fizikai – P. Brazdžiūnas, A. Puodžiukynas ir A. Žvironas – apgynė daktaratus užsienyje.

Tuo metu reikalavimai daktaro laipsniui įgyti įvairiose Vakarų Europos šalyse buvo labai skirtingi, kai kur – Vokietijoje, Šveicarijoje, Austrijoje, Italijoje – buvo žemesni negu Lietuvoje. Antai Vokietijoje apginta daktaro disertacija netgi neprilygo aukštojo mokslo baigimo diplomui ir mokslų daktaras dar turėjo laikyti valstybinius egzaminus, kad galėtų tapti gimnazijos mokytoju.

Lietuvą okupavus Tarybų Sąjungai, buvo įvesta ir jos laipsnių bei vardų sistema: du mokslo laipsniai – mokslų kandidato ir daktaro, bei du pedagoginiai vardai – docento ir profesoriaus. Mokslo laipsnis keistoku *kandidato* pavadinimu atsirado Rusijoje dar XIX a. O pats žodis pasiskolintas iš Senovės Romos, kurioje kandidatu vadino pretendantą į renkamą valstybės tarnybą, nes per rinkimus jis turėjo vilkėti baltą togą – *toga candida*. Tarybų Sąjungoje, norint tapti mokslų kandidatu, reikėdavo po aukštosios mokyklos baigimo dar trejetą metų mokytis aspirantūroje ir, vadovui padedant, parengti kelis mokslinius straipsnius bei gautus rezultatus apibendrinti disertacijoje. Antroji disertacija jau buvo rengiama savarankiškai, netgi reikalauta pradėti naują kryptį moksle ar išspręsti svarbią mokslo problemą. Dirbančiam pedagoginį darbą mokslų kandidatui buvo suteikiamas docento, o mokslų daktarui – profesoriaus vardas.

Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, išliko du pagrindiniai mokslo laipsniai ir du vardai, tik *kandidatas* buvo pervadintas į *daktarą*, o *daktaras* – į *habilituotą daktarą*; tiesa, reikalavimai jiems sumažėjo. Mokslo administratoriai ir reformato-

riai, kurių dauguma neturi antrojo laipsnio, atkakliai bando panaikinti dviejų laipsnių sistemą. Tad habilituoto daktaro laipsnio teikimas yra sustabdytas, bet norintiesiems įgyti profesoriaus vardą įvesta habilitacijos procedūra (tam nereikia rengti disertacijos, užtenka būti paskelbus nustatytą mokslo darbų skaičių ir įvykdžius kitus reikalavimus). Be to, Lietuvoje Vakarų šalių pavyzdžiu buvo įvesti bakalauro ir magistro laipsniai, kurie teikiami baigusiems pirmąją ir antrąją aukštojo mokslo universitetinių studijų pakopas. Iš universitetų absolventų nereikalaujama turėti spausdinto mokslo darbo.

Užsienio šalyse tebėra mokslo laipsnių bei pedagoginių vardų ir reikalavimų jiems įgyti įvairovė. Habilituoto daktaro ar ekvivalentiškas jam laipsnis yra Prancūzijoje, Vokietijoje, Austrijoje, Šveicarijoje, jis išliko beveik visose Rytų Europos šalyse. Tačiau daugelyje šalių, tarp jų ir JAV, yra tik mokslų daktaro laipsnis. Didėjant mokslininkų mobilumui, Europos Sąjungos šalims formuojant bendrą mokslinę erdvę, ta įvairovė turėtų mažėti.

6.4. PREMIJOS

Mokslo premijos – tai aukšto gautų mokslo rezultatų įvertinimo ir kartu pasižymėjusių mokslininkų pagerbimo bei paskatinimo būdas (juk jiems irgi nėra svetimas pripažinimo bei garbės troškimas). Ankstesniaisiais amžiais premijas ar bajorų titulus fizikams kartais skirdavo valdovai, bet dažniausiai tai buvo vienkartinės malonės. Antai Napoleonas, sužavėtas A. Voltos išrasto elektros srovės šaltinio, apdovanojo jį didele pinigų suma, žadėdamas panašią premiją ateityje skirti ir kitiems mokslininkams (deja, tą pažadą greitai pamiršo). Reguliarios mokslo premijos paplito XX a., kai padidėjo mokslo įtaka civilizacijos raidai ir pradėta labiau vertinti mokslininko darbą.

Dabar už fizikos atradimus galima pelnyti įvairias tarptautines ir nacionalines premijas. Apie dešimt iš jų už svarbius rezultatus priešakinėse fizikos šakose skiria Europos fizikų draugija (kvantinės elektronikos ir optikos premiją yra gavęs žinomas lazerių specialistas A. Piskarskas). Daugelyje išsivysčiusių šalių skiriamos nacionalinės mokslo premijos. Antai JAV kasmet teikiami nacionaliniai medaliai, Japonijoje – nacionalinės premijos (į jas gali pretenduoti ir užsieniečiai) ir pan. J. Požela kartu su Rusijos mokslininkais buvo pelnęs aukščiausią tuometinėje TSRS – Lenino premiją. Lietuvoje taip pat įvairių sričių mokslininkams kasmet skiriama šešiolika nacionalinių mokslo premijų, bent po vieną ar dvi gauna fizikai (laureatų iki 2001 m. sąrašas yra išspausdintas „Lietuvos fizikų ir astronomų sąvade“, 2 leid.).

Dar reikėtų paminėti fizikos premijas, kurias skiria įvairių šalių organizacijos ir fondai; jos dažnai pavadintos žymių mokslininkų vardais. Didžiojoje Britanijoje net keturiolika medalių bei vardinių premijų, tarp jų P. Diraco, Kelvino, J.C. Maxwello, T. Youngo ir E. Rutherfordo, skiria tenykštė fizikų draugija – Fizikos institutas. M. Borno medalį ir premiją jis teikia kartu su Vokietijos fizikų draugija: nelyginiais metais – anglų ar airių fizikui, o lyginiais metais – vokiečiui. Vokietija turi ir savų fizikos apdovanojimų, iš kurių žinomiausias – M. Plancko medalis. Rusijos mokslų akademija skiria P. Kاپicos, M. Lomonosovo ir kitų mokslininkų medalius (P. Kاپicos medaliu buvo apdovanoti ir atradimo iš puslaidininkų fizikos srities autoriai S. Ašmontas, J. Požela ir K. Repšas). Lietuvos mokslų akademija kas ketverius metus skiria P. Brazdžiūno premiją už eksperimentinės fizikos darbus ir A. Jucio – už teorinės fizikos darbus.

Nobelio fizikos premija. Tarp daugelio mokslo premijų pati garbingiausia ir žinomiausia – Nobelio premija. Ji gana objektyviai atspindi XX a. fizikos laimėjimus ir atskleidžia šiuolaikinės fizikos ypatumus, tad pateiksime daugiau žinių apie šią premiją.

Alfredas Nobelis (A. Nobelis, 1833–1896) buvo švedų išradėjas ir verslininkas. Iš viso jis padarė pusketvirto šimto išradimų ir patobulinimų, pavyzdžiui, išrado dujų degiklį, efektyvų geležies rūdos valymo metodą ir kt. Tačiau daugiausia pinigų ir garbės jam atnešė kariniai išradimai: dinamito, bedūmio parako – balistito, raketinio sviedinio. Įvairiose šalyse A. Nobelis turėjo apie šimtą dinamito fabrikų, be to, pardavinėjo šios efektyvios sprogstamosios medžiagos gamybos licencijas, tokiu būdu tapo vienu iš turtingiausių žmonių Europoje. Šeimos A. Nobelis nebuvo sukūręs ir didžiąją savo turto dalį testamentu paskyrė penkioms premijoms – fizikos, chemijos, medicinos, literatūros ir taikos – įsteigti. Pelnas nuo investuoto kapitalo turėjo būti „kasmiet paskirstomas premijų forma tiems, kurie praėjusiais metais atnešė didžiausios naudos žmonijai“. Nobelio premijos buvo pradėtos teikti 1901 m. ir, išskyrus retus atvejus – daugiausia pasaulinių karų metus, reguliariai skirtos kasmet. Tiek dėl laureatų atrankos objektyvumo, tiek dėl gana svaraus premijų dydžio (šiuo metu – per vienas milijonas eurų) jos tapo prestižiškiausiomis premijomis pasaulyje.

Pagal A. Nobelio išreikštą valią, kasmetinę premiją už svarbiausius atradimus ar išradimus fizikos srityje skiria Švedijos karališkoji mokslų akademija. Ji sudaro Nobelio fizikos komitetą, kuris atranka kandidatus. Premijos finansinius reikalus tvarko Nobelio fondas.

Metų pradžioje komitetas išsiuntinėja apie tūkstantį kvietimų kelti kandidatus. Šią teisę turi ankstesnieji Nobelio premijos laureatai, įvairių šalių mokslų akademijų nariai, universitetų profe-

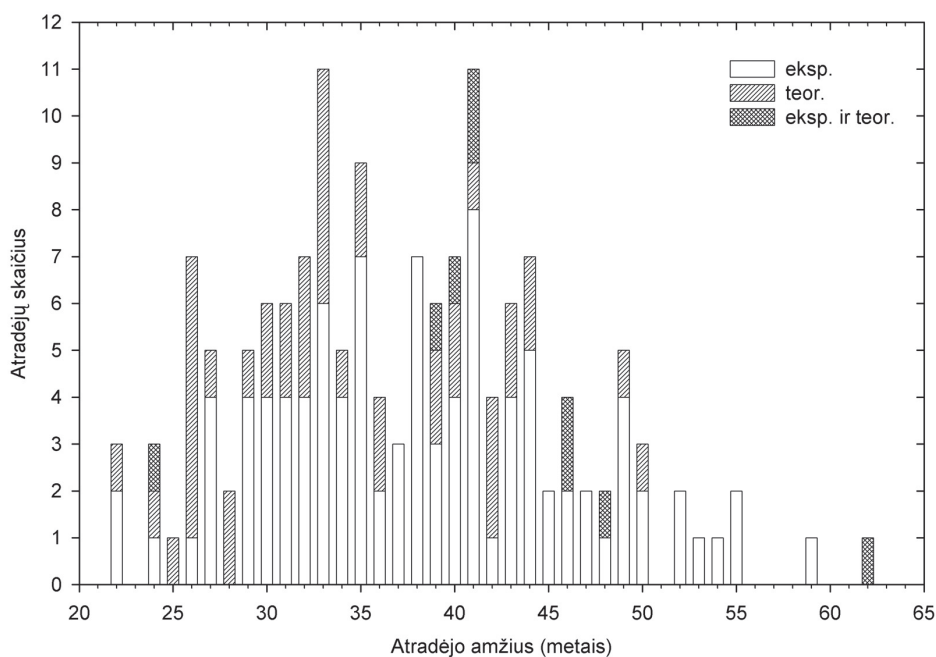
soriai ir kiti žymūs fizikai. Pateikiama apie 200–300 siūlymų, aišku, kai kurie iš jų sutampa. Nobelio fizikos komitetas ir jo ekspertai įvertina kandidatūras ir palieka 30–40 pagrindinių kandidatų. Vėliau labai atidžiai nagrinėjami ir lyginami jų nuopelnai. Nobelio noras, kad premija būtų teikiama už praėjusių metų reikšmingiausius darbus, pasirodė sunkiai įgyvendinamas, nes fizikos atradimų svarba ir nauda dažnai paaiškėja ne iš karto, o palaipsniui, per daugelį metų. Be to, premija skiriama tik gyviems mokslininkams ir ne daugiau kaip trimis tais pačiais metais. Kadangi didelių atradimų fizikoje netrūksta, tai paprastai būna apdovanojama už du ar net tris skirtingus atradimus, o visa premijos suma laureatams paskirstoma komiteto nustatytu santykiu.

Savo rekomendacijas komitetas pateikia Švedijos karališkajai mokslų akademijai, kuri ir išrenka laureatus. Jie paskelbiami spalio mėnesį, o pirmąją gruodžio savaitę Stokholme prasideda iškilmingi renginiai, skirti Nobelio premijoms, susitikimai su laureatais. Šių renginių kulminacija yra iškilminga laureatų apdovanojimo ceremonija, vykstanti gruodžio 10 dieną – Nobelio mirties metinių dieną – Stokholmo koncertų salėje. Dalyvaujant porai tūkstančių kviestinių svečių, Švedijos karalius įteikia laureatams auksinius medalius ir diplomus. Kiekvienas iš jų (prieš ceremoniją arba po jos per šešis mėnesius) turi perskaityti paskaitą apie savąjį atradimą, jo istoriją.

Pirmuoju Nobelio fizikos premijos laureatu buvo išrinktas vokiečių fizikas W.C. Röntgenas už jo vardu dabar vadinamą spindulių atradimą. Vėliau šį apdovanojimą pelnė daugelis garsiausių XX a. fizikų: M. ir P. Curie, A. Einsteinas, N. Bohras, W. Heisenbergas, E. Fermi, J. Bardeenas (Dž. Bardinas), L. Landau, R. Feynmanas ir kiti. E. Rutherfordui buvo paskirta chemijos premija – kaip ir M. Curie, kuriai tokiu būdu atiteko dvi premijos. Vienintelis mokslininkas, du kartus pelnęs Nobelio fizikos premiją, – amerikietis J. Bardeenas. Pirmąjį kartą jis su W. Brattainu (V. Britenas) ir W. Shockley (V. Šoklis) šį apdovanojimą gavo už tranzistoriaus išradimą ir puslaidininkų tyrimus, o antrąjį kartą – po šešiolikos metų kartu su L. Cooperiu (L. Kuperis) ir J. Schriefferiu (Dž. Šryferis) – už superlaidumo teorijos sukūrimą. Tai nerašytos taisyklės vienintelė išimtis – tam pačiam mokslininkui ši premija pakartotinai nėra skiriama: netgi A. Einsteinui ar E. Fermi, kurie, anot mokslo istorikų, yra padarę po 5–6 tokio apdovanojimo vertus atradimus, premija suteikta tik vieną kartą.

Paplitusi nuomonė, jog mokslininkas kūrybingiausias jaunystėje. Iš tikrųjų Nobelio premija įvertintus atradimus yra padarę įvairaus amžiaus mokslininkai (6.4 pav.). Anksčiausiai – būdami tik 22 metų – svarbiausius savo darbus atliko trys fizikai: O. Richardsonas (O. Ričardsonas), G. Marconi (G. Markonis) ir B. Josephsonas (B. Džozefsonas). Kūrybingumo maksimumas atitinka 26–44 metų amžių, tačiau pora dešimčių būsimųjų laureatų pagrindinį savo atradimą padarė

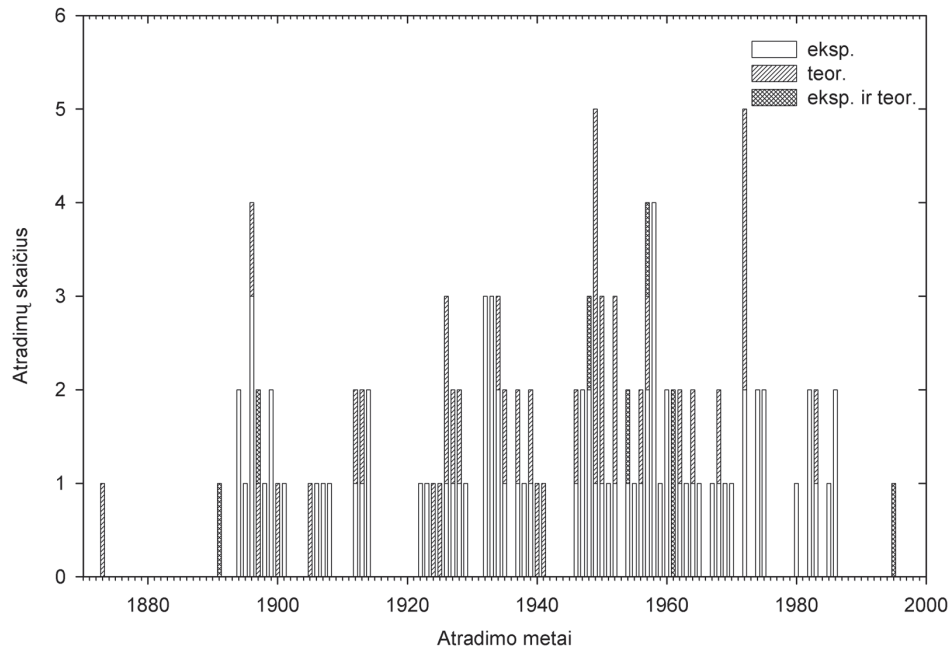
dar vėliau (vienas net 62 metų). Teoretikų vidutinis amžius atradimo metu ketve-riais metais mažesnis negu eksperimentatorių.



6.4 pav. Mokslininko amžius atradimo, įvertinto Nobelio fizikos premija, metu (1901–2000 m. duomenys)

Eksperimentatoriai Nobelio premija buvo apdovanojami vidutiniškai du kartus dažniau negu teoretikai, nors tas santykis keitėsi – buvo dešimtmečių, kai pirmaudavo teoretikai. Kadangi pastarųjų yra gerokai mažiau negu eksperimentatorių, tikimybė gauti Nobelio premiją iš teorinės fizikos yra didesnė.

Premija pažymėti atradimai laiko atžvilgiu išsidėsto labai netolygiai – sudaro tarsi kelias bangas (6.5 pav.). Pirmoji banga (1894–1901 m.), kai buvo aptikti reiškiniai, atvėrę mikropasaulio sritį. Antroji atradimų banga (1922–1942 m.) susijusi su kvantinės mechanikos kūrimu ir atomo, jo branduolio bei molekulių fizikos pagrindų formavimu. O pats vaisingiausias fizikai laikotarpis buvo po Antrojo pasaulinio karo iki aštuntojo dešimtmečio pabaigos, kai fizikai buvo skiriamos didžiulės lėšos, – tai įgalino sparčiai plėtoti elementariųjų dalelių, kietojo kūno fiziką bei kitas sritis. Tad Nobelio premija, gana objektyviai įvertinanti mokslo pasiekimus, parodo, kuriose fizikos šakose buvo „atradimų poliūs“, kaip jis keitėsi.



6.5 pav. Atradimų, įvertintų Nobelio fizikos premija (1901–2000 m.), pasiskirstymas laiko atžvilgiu. Jei premija skirta ne už vieną atradimą, nurodyti svarbiausio atradimo metai. Daugelis atradimų – arba teoriniai, arba eksperimentiniai, bet keletą kartų buvo skirta premija ir už kompleksinius atradimus

Apdovanojimų Nobelio premija pasiskirstymas patvirtina IV skyriuje aprašytą dėsningumą, kad svarbiausią indėlį į mokslą įneša pagrindiniai mokslo centrai, keletas priešakinių šalių. Nobelio fizikos premija yra apdovanoti tik septyniolikos šalių mokslininkai. Iki Antrojo pasaulinio karo pirmavo Vakarų Europos šalių – Vokietijos, Didžiosios Britanijos, Prancūzijos fizikai. XX a. antroje pusėje daugiausia kartų fizikos premija buvo suteikta JAV mokslininkams, tai atitinka žinomą faktą, jog po karo mokslo svorio centras persikėlė į Naująjį pasaulį. Palyginti kuklūs priešakinių Azijos šalių – Japonijos, Kinijos – rezultatai (atitinkamai 4 ir 2 apdovanojimai) liudija, kad pakelti mokslo lygį sunkiau negu ekonomikos lygį.

Per visą Nobelio fizikos premijos istoriją tik keturis kartus buvo įvertinti ką tik gauti, didžiulį susidomėjimą sukėlę rezultatai: tėvo ir sūnaus Williama (Viljamas) ir Lawrence (Lorenas) Braggų (Bragas) sukurtas struktūrinės analizės metodas, Ch. Yango (Č. Jango) ir T. Lee (C. Li) atrastas lygiškumo neišilaikymas, C. Rubbia (K. Rubja) atrasti W^+ , W^- ir Z^0 tarpiniai bozonai ir J. Bednorzo (J. Bed-

norcas) ir K. Müllerio (K. Miuleris) aptiktas aukštatemperatūris superlaidumas. Tačiau dažniausiai premija būdavo suteikiama tik praėjus keliolikai metų po atradimo, nes Nobelio fizikos komitetas laukia neabejotino patvirtinimo ir reikšmės mokslui įrodymo.

Mokslo garbės ženklus galima ir... nusipirkti. Kai kurios užsienio firmos ir organizacijos, netgi iš pirmo žvilgsnio tokios solidžios, kaip Amerikos biografijų institutas ar Tarptautinis biografijų centras Didžiojoje Britanijoje, siuntinėja įvairių šalių mokslininkams pranešimus apie jų išrinkimą metų, šimtmečio ar netgi tūkstantmečio žmogumi, įtraukimą į įtakingiausių intelektualinių lyderių ar žymiausių XX a. mokslininkų sąrašus, apdovanojimą aukso medaliu už nuopelnus mokslui (pretendentas pats turi nurodyti, už ką suteikiamas apdovanojimas) ir pan. Tačiau, norint gauti atitinkamą diplomą ar medalį, reikia pervesti apvalią sumą organizatoriams. Netgi egzistuoja skambų pavadinimą turinti Niujorko mokslų akademija (*The New York Academy of Sciences*), nors iš tikrųjų tai – mokslo mėgėjų draugija, kurios nariu gali tapti net neturintis mokslo laipsnio asmuo, bet sutinkantis mokėti kasmet per šimtą dolerių.

Klausimai

Kada ir kuriose šalyse atsirado pirmieji universitetai? Kada buvo įkurtas Vilniaus universitetas?

Kokį vaidmenį mokslo atgimimo laikotarpiu vaidino mokslų akademijos? Ar jis pasikeitė šiais laikais?

Kada ir kodėl atsirado pirmieji mokslo institutai?

Trumpai apibūdinkite Lietuvoje veikiančius fizikos mokslo institutus.

Kokie mokslo laipsniai ir vardai teikiami Lietuvoje?

Išvardykite keletą fizikų – Nobelio premijos laureatų. Kurių šalių ir fizikos šakų mokslininkai yra daugiausia kartų pelnę šią premiją XX a.?

VII. FIZIKOS RYŠIAI SU KITAIŠ MOKSLAIS

7.1. HIERARCHINIAI PAŽINIMO LYGMENYS

Visas mokslas, tiriantis labai sudėtingą pasaulį, skirstomas į atskirus mokslus, arba mokslo sritis. Tai daroma ne mokslininkų ar studentų patogumui, – skirtingi mokslai tiria pasaulį įvairiais pažinimo sudėtingumo lygmenimis.

Atrodo, optimalus pažinimo kelias būtų nuo paprasčiausių prie vis sudėtingesnių objektų ir reiškinių tyrimo. Tačiau civilizacija negali laukti tūkstančius metų, kol bus atskleistos atomų ir laukų, iš kurių sudaryta visa gamta, savybės, vėliau – organinių molekulių, paprasčiausių organizmų sandara ir t. t. Įvairių mus supančių reiškinių pažinimas reikalingas tuo pačiu metu. Tiek civilizacija, tiek atskiras individas gali susidaryti bendrą pasaulio vaizdą tik nagrinėdami jį vienu metu įvairiais sudėtingumo lygmenimis.

Elementarioji dalelė, atomas, molekulė, genas, ląstelė, bakterija, organizmas, žmogus, valstybė ir kt. – tai visuotinai paplitę, natūralūs mus supančio pasaulio elementai. Juos apibrėžus kaip tam tikro sudėtingumo lygmens pirminius elementus, t. y. stebėjimais nustatčius jų savybes, galima nuosekliai nagrinėti tų pirminių elementų sąveikas, jungimąsi į sudėtingesnius darinius, pastarųjų savybes, kitimus ir pan. Tai atskirų mokslų tyrimų sritys. Kiekvienas iš jų aprašo pasaulį tam tikru sudėtingumo lygmeniu arba keliais gretimais lygmenimis. Taigi tam tikro mokslo tikslai ir problemos, metodai ir modeliai yra nulemti atitinkamo pažinimo lygmens ypatumų.

Išskyrus patį žemiausią lygmenį aprašantį mokslą, bet koks kitas atskiras mokslas negali teoriškai, remdamasis vien savo bendraisiais principais, apibrėžti pirminių elementų, tai gali padaryti tik žemesnį lygmenį atitinkantis mokslas. Tad tie lygmenys yra tarpusavyje susiję, sudaro tam tikrą hierarchiją ir vadinami hierarchiniais pažinimo lygmenimis. O juos atitinkantys mokslai sudaro vadinamąjį mokslo piramidę: fizika, chemija, biologija ir t. t. – iki pat humanitarinių ir socialinių mokslų. Kuo arčiau piramidės pagrindo yra mokslas, tuo paprastesni jo pirminiai elementai ir tiriamieji objektai.

Iš kitų mokslų išsiskiria matematika. Ją galima pavadinti mokslo kalba, vartojama įvairiuose lygmenyse, aišku, visų pirma taikoma paprastesniems lygmenims. Jos metodai – tarsi bendros gijos, sutvirtinančios mokslo piramidę, bet silpnėjančios ar net visiškai išnykstančios jos viršuje.

Kuo mokslas arčiau piramidės viršūnės, tuo mažiau griežti jo metodai, tuo subjektyvesni rezultatai ir tuo tas mokslas artimesnis menui. Toks teiginys nesumenkina mokslų, tiriančių žmogų ir visuomenę. Tiesiog jų objektai tokie sudėtingi, jog empirinis, netgi intuityvus, pažinimas pasidaro labai svarbus, o matematiniai metodai sunkiai pritaikomi, bent jau dabartiniame tų mokslų raidos etape.

Fizika aprašo žemiausią hierarchinį lygmenį, tiksliau, keletą žemiausių lygmenų, kurių pirminiai elementai yra elementariosios dalelės, atomų branduoliai, atomai, molekulės, laukai, medžiagos būviai. Fizikos objektas gali būti ir judantis gyvūnas ar net žmogus, bet tik kaip materialus kūnas, neatsižvelgiant į biologinę, cheminę ir kitokią jo specifiką.

Žemiausias lygmuo užima ypatingą padėtį. Jį atitinkantis mokslas ieško elementariausių, pirminių gamtos elementų. Būtent fizika bando įminti slapčiausias gamtos mįsles: kas yra materija, erdvė, laikas, vakuumas. Taigi žemiausias lygmuo kartu yra ir bendriausias lygmuo. Fizika sudaro visos mokslo piramidės pagrindą. Juk būtent mokslas, tiriantis pasaulį žemesniu lygmeniu, gali teoriškai aprašyti pradinius aukštesnio lygmens elementus. Taigi fizika suteikia, bent gamtos mokslams, teorinį pagrindą.

Natūralu, kad fizika, tirianti paprasčiausius objektus, pirmoji pradėjo naudoti griežtus matematinius metodus ir nuėjo palyginti toliausiai pažinimo keliu. Ilgą laiką ji buvo gamtos mokslų lyderė, tiksliojo mokslo pavyzdys. Kadangi įvairių mokslų raidos dėsningumai yra panašūs, tai kiti gamtos mokslai dar tik kartoja fizikos jau pereitus etapus ir jiems yra gana svarbus bei įdomus fizikos patyrimas. Tačiau tas išimtinis fizikos vaidmuo jau mažėja, jos raida lėtėja, lyderės poziciją ji užleidžia chemijai ir mikrobiologijai.

Kiekvienas mokslas tam tikrą laiką vystosi visiškai nepriklausomai, plečia savo pažinimo sritį. Ir štai du gretimi mokslai susitinka, tarp jų permetamas tiltas. Taip XX a. susitiko fizika ir chemija. Dabar molekulės yra ir vieno, ir kito mokslo objektas. Sukūrus kvantinę mechaniką, atsirado teorinė galimybė *ab initio* (iš lot. k. – *nuo pradžių*, t. y. pradant nuo bendrųjų principų) skaičiuoti ne tik atomų, bet ir iš jų sudarytų molekulių įvairias savybes.

Aišku, nuo tokios teorinės galimybės iki praktinio jos įgyvendinimo – ilgas kelias. Vis dėlto, padarius tam tikrus supaprastinimus (be kurių neįmanoma teoriškai nagrinėti net atomų) ir naudojantis šiuolaikiniais kompiuteriais, galima gana tiksliai apskaičiuoti paprastesnių molekulių savybes, kurias chemikai nustato empiriškai. Ar tai reiškia, jog chemija pasidarė fizikos dalimi?

Visų pirma, nuoseklus skaičiavimas remiantis bendraisiais dėsniais yra labai sudėtingas, o didelėms molekulėms kol kas neįmanomas netgi naudojantis galin-

giausiais kompiuteriais. Antra, tokie rezultatai nėra vaizdūs. Banginė funkcija ar krūvio tankis – abstrakčios sąvokos. Tuo tarpu chemikai vartoja gana paprastas ir natūralias, nors ir apytiksles, sąvokas, kaip antai: *valentingumas, joniškumas, ryšių tipai* ir pan. Tai yra empirinės sąvokos, bet jos gerai atspindi to hierarchinio lygmens specifiką. Tiesioginiai kvantmechaniniai skaičiavimai paslepia, užmaskuoja būdingas ypatybes. Kaip, žvelgiant į atskirus medžius, sunku susidaryti bendrą miško vaizdą, taip ir didelės apimties informacijoje sunku išvelgti esminius dėsningumus.

Chemikai plačiai naudojami molekulių, turinčių panašią sandarą, dėsningumais. Vien pažvelgęs į molekulės formulę, chemikas gali labai daug pasakyti apie tos medžiagos savybes. Iš tų pačių struktūrinių elementų sudaryta molekulių seka yra lengvai pratęsiama, numatant junginius su reikalingomis savybėmis. Tuo tarpu fizikams, nustatantiems molekulių savybes kvantinės mechanikos metodais, panašumai atsiskleidžia tik kaip sudėtingų skaičiavimų rezultatas, kuris iš pirmo žvilgsnio atrodo visiškai nevaizdus.

Taigi fizika suteikė chemijai teorinį pagrindą, kuris jai yra labai reikalingas ir naudingas. Tačiau fizika nepakeitė chemijos, pastaroji ir toliau visiškai pagrįstai vartoja savo empirines sąvokas ir specifinę kalbą, kadangi jos geriausiai atspindi to pažinimo lygmens ypatybes.

Tuo labiau fizika nepakeis biologijos, nors kai kurios fizikos sritys – molekulių fizika, atvirųjų sistemų termodinamika – sėkmingai taikomos kuriant teorinę biologiją, o mokslų sandūroje sparčiai plėtojama nauja mokslo šaka – biofizika.

7.2. FIZIKA IR FILOSOFIJA

Fizika atsirado kaip filosofijos dalis – gamtos filosofija, taigi būtent filosofija subrandino fiziką. Pirmąsias fizikos idėjas bei hipotezes iškėlė filosofai: Thales (Talis) – pirminio prado idėja, Demokritos – atomų ir tuštumos hipotezė, Platonas – mažiausių dalelių hierarchinės struktūros ir medžiagos virsmų hipotezė, Aristoteles sukūrė pirmąjį mokymą apie judėjimą. Aleksandrijos muziejuje Euklides ir Archimedes bei jų sekėjų veiklos laikotarpiu fizika suartėjo su matematika ir ėmė formuotis kaip atskiras mokslas, tačiau viduramžiais vėl grįžo prie filosofijos. Fizika galutinai atsiskyrė nuo filosofijos tik XVII a., kai tapo tiksliuoju mokslu, kuris remiasi eksperimentais ir naudoja matematinius metodus. Tačiau ir vėliau filosofija turėjo didelę įtaką fizikai – pastaroji naudojo F. Bacono ir R. Descartes išplėtotus ir pagrįstus indukcinį bei dedukcinį metodus. Filosofai R. Descartes, G. Leibnizas, I. Kantas (I. Kantas) yra iškėlę ir svarbių fizikos bei astronomijos

hipotezių ar padarę konkrečių atradimų. Mažiausiojo veikimo principas (P. Fermat) ir energijos tvermės dėsnis (R. Mayeris) iš pradžių buvo suformuluoti kaip filosofiniai principai ir tik vėliau jiems suteikta griežta matematinė forma. H. Oerstedas, ieškodamas elektrinių ir magnetinių reiškinių ryšio, rėmėsi F. Schellingo (F. Šelingas) gamtos filosofija, kuri skelbė elektrinių, magnetinių ir cheminių „jėgų“ bendros prigimties idėją.

Tačiau XIX a., įvairioms fizikos šakoms įgyjant tvirtus eksperimentinius ir teorinius pagrindus, filosofija nustojo būti svarbiu idėjų šaltiniu fizikai. Vis dėlto filosofija ir toliau pretendavo į mokslų mokslo statusą, į neginčijamą bendriausių gamtos savybių atskleidimo prioritetą. G. Helmas (G. Helmas) ir W. Ostwaldas teigė, kad vienintelis tikras pasaulio elementas yra energija, W. Ostwaldas ir E. Machas (E. Machas) kategoriškai neigė tiesiogiai tuomet nestebimų atomų bei molekulių egzistavimą. Fizikai ėmė nusivilti filosofija – labiau besiremiančia abstrakčiomis idėjomis negu mokslo faktais. Ta filosofijos ir fizikos priešprieša dar sustiprėjo XX a. pradžioje, fizikams ėmus tirti mikropasaulį bei nagrinėti judėjimą greičiais, artimais šviesos greičiui, formuluoti keistus tų sričių dėsningumus. Dauguma filosofų kritikavo šias teorijas sveiko proto požiūriu ir neigė naujus fizikos atradimus. Daugiausia turėdamas omenyje XX a. mokslą, V. Ginzburgas rašė: „Žvelgdami atgal, mes matome, kad, ko gero, nebuvo nė vienos didžiosios fizikos, astronomijos ar biologijos teorijos, kurios tų ar kitų filosofijos krypčių atstovai nebūtų vadinę arba klaidinga, arba net antimokslinė ir eretiška.“

Pagrindinė fizikos ir filosofijos prieštaravimų priežastis buvo ta, jog fizika skverbėsi į sritį, anksčiau priklausiusią filosofijai: ėmėsi spręsti laiko, erdvės, pirminių pradų, Visatos sandaros ir jos evoliucijos problemas, kurios nuo seno buvo laikomos filosofijos problemomis.

Mokslo raida akivaizdžiai parodė, kad net genijus, vadovaudamasis vien logika bei fantazija, negali išpėti gamtos paslapčių, – ji harmoninga, bet nėra paprasta. Šią išvadą vaizdžiai suformulavo amerikiečių fizikas S. Colemanas (S. Kolmanas): „Surinkite tūkstantį filosofų ir tegu jie tūkstantį metų galvoja apie kažką ypatingai keista. Jiems neateis mintis apie ką nors tokio keisto, kaip kvantinė teorija.“

Pirmieji pretenzijų spręsti gamtos problemas, kurios yra nagrinėjamos konkrečių gamtos mokslų metodais, atsisakė pozityvistinės krypties filosofai. Ilgiausiai filosofijos, kaip mokslų mokslo, sampratos laikėsi filosofai marksistai totalitarinėse komunistinėse šalyse.

Išsprendus „teritorijos pasidalijimo“ problemą, fizikos ir filosofijos santykiai normalizavosi. Tarpusavio ryšiai yra naudingi abiem mokslams.

Fizika, nagrinėjanti bendriausius gamtos dėsniumus, lieka vienu iš artimiausių filosofijai mokslų. Šiuolaikinė fizika atskleidžia kokybiškai naujus, netikėtus gamtos bruožus, išplečia žmogaus pažinimą į mikropasaulį ir megapasaulį, taigi filosofijai teikia naujų impulsų bei idėjų. Kvantinės mechanikos suformuluota nauja priežastingumo samprata, priešybių papildomumas, jos ir reliatyvumo teorijos įrodytas įvykių priklausomumas nuo stebėtojo ar atskaitos sistemos, reliatyvumo teorijos bei kosmologijos atskleistas Visatos Didžiojo sprogdimo ir tolesnės jos raidos vaizdas turi didžiulę bendramokslinę ir filosofinę reikšmę. Daugelis filosofų pripažįsta stiprų fizikos poveikį šiuolaikinei filosofijai. Dažnai per filosofiją pasireiškia fizikos įtaka kitiems humanitariniams mokslams, taip pat visai kultūrai.

Deja, filosofai neretai tik apytikriai suvokia šiuolaikinės fizikos ir astrofizikos atradimus, nes žinių jie semiasi ne iš pirminių fizikos mokslo šaltinių, kuriuos suprasti be specialaus fizikinio ir matematinio išsilavinimo tiesiog neįmanoma, bet iš jų perpasakojimų mokslo populiarinamojoje literatūroje. O pastarojoje pateikiami supaprastinti paaiškinimai, pasitelkiami netikslūs palyginimai, hiperbolės ir pan. Tokie žymūs mokslininkai, kaip A. Einšteinas, R. Feynmanas, S. Hawkingas, savo knygose, skirtose plačiajai visuomenei, pateikia vaizdžius, įsimenančius, bet akcentuojančius ar net perdedančius vieną sudėtingos problemos aspektą teiginius, taigi priklausomai nuo konteksto galima rasti įvairių, netgi viena kitai prieštaraujančių jų minčių. Kai kurie filosofai, nepakankamai įsigilinę į šiuolaikinės fizikos teorijas, imasi jas savitai interpretuoti ar net taisyti, vienpusiai atsirenka tai, kas gali iliustruoti norimas įrodyti nuostatas. Kartais reiškia kategoriška nuomonė apie mokslo neištirtus dalykus, bandoma, remiantis vien filosofiniais principais, ir dabar postuluoti bendriausias gamtos savybes.

Tačiau ne šie nuklydimai lemia filosofijos vaidmenį šiuolaikiniame moksle. Filosofija, apibendrindama daugelio mokslo sričių sukauptus rezultatus, nagrinėja bendras pažinimo problemas, plėtoja mokslo metodologiją ir logiką, atskleidžia mokslo žinių struktūrą, ypatybes, bendrus dėsniumus. Tiesa, daugelis mokslininkų, atliekantys konkrečius tyrimus, dažnai neįžvelgia tiesioginės filosofijos įtakos, kuri pasireiškia per metodines ir metodologines nuostatas. Tad tarp fizikų yra paplitęs gana skeptiškas požiūris į filosofiją. Jos poveikį labiau jaučia žymūs mokslininkai, sprendžiantys bendresnes fizikos problemas.

Greta mokslo universalijų filosofija nagrinėja ir kultūros universalijas – gerį ir blogį, gyvenimo prasmę, vertybines orientacijas ir pan. Tačiau pastarieji tyrimai netenkina mokslinio patikimumo kriterijaus: vieni filosofai prieina vienokias, kiti – kitokias išvadas. Tad gana paplitusi nuomonė, jog filosofijos mokslas turėtų apsiriboti būtent mokslo filosofija.

Mokslo filosofija. Ši filosofijos šaka nagrinėja mokslo pagrindus, jo metodologiją ir logiką. Mokslo filosofija atsirado XVI–XVII a., prasidėjus mokslo atgimimui, jam vaduojantis iš scholastikos, o naujas pakilimas, iš esmės nulėmtas šiuolaikinės fizikos formavimosi, įvyko XX a. Šiame amžiuje buvo iškelta svarbių mokslo filosofijos idėjų, kaip antai 2.1 skyrelyje aptarta paradigma, pasiūlyti originalūs požiūriai į mokslą: falsifikacionizmas, tyrimų programų samprata, bajesiškas metodas ir kiti. Jie daugiausia remiasi fizikos mokslo pavyzdžiais, ne vienas jų kūrėjas turėjo fiziko išsilavinimą. Modernios mokslo filosofijos srovės glaustai ir dalykiškai apibūdintos A. Chalmerso (A. Čalmersas) knygoje „Kas yra mokslas“ („What Is This Thing Called Science“, 1999), išverstoje ir į lietuvių kalbą.

Falsifikacionizmo kūrėjas K. Popperis (K. Poperis) akcentavo tai, jog moksle negalima nuosekliai taikyti indukcinio apibendrinimo, – hipotezė yra tik spėjimas, formuluojamas remiantis nedaugeliu faktų. Tolesnis jos tikrinimas irgi, anot jo, neveda į tikrą žinojimą. Mokslo faktai, prieštaraujantys hipotezei, ją paneigia, tačiau bet koks baigtinis skaičius hipotezę remiančių faktų jos griežtai neįrodo. Taigi mokslas esąs negalutinių hipotezių visuma. Svarbiausia moksle – ne įrodyti hipotezę, o ją paneigti arba falsifikuoti, nes „supratę, jog mūsų spėjimas buvo klaidingas, daug sužinome apie tiesą ir priartėjame prie jos“. „Nors niekada negalima tvirtinti, kad kokia nors teorija teisinga, kad ir kaip sėkmingai ji būtų atlaikiusi griežtus patikrinimus, viltingai galime teigti, jog tokia teorija pranašesnė už savo pirmtakes, kadangi sugebėjo atlaikyti patikrinimus, kuriais pastarosios buvo falsifikuotos“, – rašė K. Popperis.

Falsifikacionizmas pagrįstai kritikuojamas už tai, kad absoliutina falsifikaciją kaip pagrindinį metodą. Hipotezei prieštaraujantys faktai nebūtinai ją paneigia, tačiau gali nurodyti jos galiojimo ribas, tam tikro patikslinimo reikalingumą. Dėl vieno hipotezei, o tuo labiau esamai teorijai prieštaraujančio fakto fizikai neskuba jos keisti, nesutapimai neretai išsprendžiami toliau plėtojant mokslą, tikslinant eksperimentų duomenis. Kita vertus, falsifikacionizmas perdeda žinių, įgyjamų daugkartiniu patikrinimu, nepatikimumą. Jeigu hipotezė tikrinama įvairiais skirtingais atvejais ir pasitvirtina iš jos išplaukiančios naujos išvados, tai hipotezė tampa labai patikima, o daugelio mokslininkų plėtojamoms, tikrinamos ir plačiai taikomos teorijos patikimumas jos galiojimo srityje faktiškai būna lygus šimtui procentų.

Šį požiūrį apie laipsnišką mokslo artėjimą prie tikro žinojimo išplėtojo vadina mieji bajesiečiai. Jie mokslo metodą pagrindė XVIII a. matematiko T. Bayes (T. Bajesas) įrodyta tikimybių teorijos teorema. Pastaroji įgalina nustatyti, kaip pasikeičia hipotezės tikimybė atsižvelgiant į naujus duomenis. Tiesa, norint pritaikyti

šià teoremà, reikia mokėti kiekybiškai įvertinti tiek hipotezės tikimybę, tiek naujiems duomenims priskirtinà tikimybę, darant prielaidà, jog hipotezė yra teisinga. Kadangi objektyvaus tokio įvertinimo būdo nėra, tai bajesiečiai formuluoja tik bendrà kokybinį dėsningumą: atliekant naujus eksperimentus, hipotezės patikimumas didėja, bet po kiekvieno naujo patikrinimo vis mažesniu laipsniu.

I. Lakatos (I. Lakatosas) nagrinėjo kuriamos teorijos, jo pavadintos tyrimų programa, struktūrą. Kaip pagrindines jos dalis jis išskyrė branduolį, apsaugos juostà ir euristikà. Branduolį sudaro bendrieji dėsniai, arba principai, pavyzdžiui: klasikinės mechanikos branduolį – trys Newtono dėsniai ir visuotinės traukos dėsnis, Koperniko geocentrinės sistemos branduolį – teiginys, kad Žemė ir kitos planetos sukasi aplink Saulę, o Žemė – dar apie savo ašį. Branduolys nėra falsifikuojamas, nes jį lemia „metodologiniai programos šalininkų sprendimai“. Branduolio apsaugos juosta, anot Lakatos, – tai papildančios branduolį prielaidos bei hipotezės. Euristika skirstoma į pozityvià, nurodančią, kaip reikia realizuoti programà, numatyti ir aiškinti reiškinius, ir negatyvià, nusakančią, ko mokslininkas neturi daryti. I. Lakatos teigė, kad „teorijos patikrinimas eksperimentais tampa svarbus tik pakankamai ją išplėtojus“, o tai nelabai dera su fizikos raidos faktais.

Buvo skelbiamos ir kraštutinės pažiūros į mokslo pobūdį ir raidà. Naujasis eksperimentalizmas teigia, kad mokslo pažangà lemia tik eksperimentinių žinių kaupimas. Anot P. Feyerabendo (P. Fejerabendas) anarchistinės mokslo teorijos, iš viso nėra savito mokslo metodo ir mokslas nėra pranašesnis už kitas pažinimo formas, net už magijà.

Taigi šiuolaikinės mokslo filosofijos kryptys nepateikia išsamios mokslo analizės, įvairiai apibūdina mokslà ir jo ypatumus, neretai absoliutina tam tikrus mokslo bruožus ar raidos tendencijas. Tai liudija, kad mokslo filosofija dar yra pradinės plėtros stadijos.

7.3. FIZIKA IR MATEMATIKA

Senovės graikų filosofas Pythagoras pirmasis išvelgė, jog pasaulį valdo skaičiai – gamtos reiškiniai paklūsta griežtiems matematiniams dėsningumams.

Jau IV–III a. pr. m. e. Euklides ir Archimedes ėmė naudoti matematinius metodus fizikos problemoms spręsti. Deja, viduramžiais fizikai grįžo prie filosofinių įrodinėjimų, ir tik Renesanso laikotarpiu vėl atgimė idėja, kad gamtos mokslai turi vartoti griežtà matematikos kalbà. Leonardo da Vinci, nors ir būdamas ne tik genialus mokslininkas, bet ir menininkas, gana kategoriškai teigė: „Joks žmogaus atliekamas tyrinėjimas negali pretenduoti į tikrà mokslà, jeigu jis nenaudoja ma-

tematinių įrodymų, ir nėra jokio tikslumo ten, kur negalima pritaikyti kurios nors matematikos dalies.“

Matematiką fizikoje įtvirtino G. Galilei, R. Descartes, I. Newtonas ir Ch. Huygensas. Jie daugiausia naudojami geometriniais metodais. Galilei teigė, kad gamtos knyga „parašyta matematikos kalba, jos raidės – trikampiai, apskritimai ir kitos geometrinės figūros, kurių nenaudodamas žmogus negalėtų suprasti gamtos kalbos; be jų – bergždžias klaidžiojimas tamsiame labirinte“.

Patikimai ir efektyviai matematika gali būti naudojama kurioje nors mokslo srityje tik apibrėžus pastarosios sąvokas ir dydžių matavimo vienetus. Būtent fizika tiria paprasčiausius objektus, kurių kiekybinis savybių nustatymas ir tikslūs matavimai yra galimi. Tad fizika, pirmoji iš gamtos mokslų pasiekusi tam tikrą brandos lygį, pradėjo vartoti matematikos kalbą. Įvairiose fizikos šakose tas lygis buvo pasiektas ir matematika pasitelkta skirtingu laiku, pavyzdžiui: mechanikoje nuo XVII a., o termodinamikoje tik XVIII a. pabaigoje – po to, kai buvo aiškiai apibrėžtos *energijos*, *šilumos* ir kitos svarbiausios sąvokos.

Įprastinė kalba nėra griežta, sąvokos dažnai turi keleriopą prasmę, įrodymai, net ir naudojantis logikos taisyklėmis, labai priklauso nuo žmogaus gebėjimo parinkti ar pateikti faktus. Formalioji logika įgalina griežtai susieti tarpusavyje tik paprasčiausius teiginius. Matematika pasirodė esanti nepakeičiamas fizikų įrankis. Ji įgalina griežtai apibendrinti tyrimų rezultatus. Įrodymo matematizavimas suteikia fizikiniam nagrinėjimui bendrumo. Po to, kai sąryšiai tarp fizikinių dydžių yra užrašyti lygtimis, joms spręsti galima pritaikyti galingą matematinį aparatą, juo naudojantis atlikti sudėtingas transformacijas. Formulės labai lakoniškai aprašo gamtos reiškinių įvairovę.

Pagrindinis matematikos pranašumas yra ne tiek rezultatų apibendrinimas, kiek galimybė, sprendžiant lygtis, gauti visiškai naujus rezultatus. Dažnai surandami netikėti sprendiniai, kurie atskleidžia naujų reiškinių egzistavimą. Antai iš J.C. Maxwello užrašytų, jo vardu dabar vadinamų, lygčių išplaukė naujos realybės – elektromagnetinių bangų – egzistavimas. To meto fizikai skeptiškai žiūrėjo į tokio neįprasto reiškinio galimybę, tačiau po 25 metų šias bangas eksperimentiškai atrado H. Hertzas (H. Hercas). Sužavėtas matematinio elektromagnetinių bangų numatymo, Hertzas mėgo kartoti, jog lygtys yra protingesnės už jų kūrėjus. Remiantis bendrosios reliatyvumo teorijos lygtimis, buvo numatytas keisto objekto – juodosios skylės egzistavimas; tokius objektus Visatoje pavyko aptikti po Röntgeno žvaigždžių atradimo dvinarėse sistemose ir ilgo, įvairiapusio jų tyrinėjimo.

Matematinis apibendrinimo kelias įgalina žmogaus protą išsiskverbti į tokias gamtos slaptavietes, kur jokia intuicija ar logika niekada nenuvestų. Matematika

padeda žmogui suprasti net tai, ko jis negali įsivaizduoti. Ypač tuo naudojasi šiuolaikinė fizika, tirianti labai keistus, mums neįprastus objektus. Mikrofizikoje dažnai iš pradžių užrašoma lygtis ir tik vėliau pavyksta atskleisti fizikinę jos prasmę. Kvantinės mechanikos lygtys seniai patikrintos ir nebekelia jokių abejonų, nors dėl jų interpretacijos iki šiol dar vyksta diskusijos. Netgi, pavyzdžiui, elektromagnetines bangas fizikai dažniausiai suvokia kaip Maxwello lygčių sprendinius, tačiau tų bangų vaizdžios fizikinės sampratos kol kas nėra pateikta. Maxwellas jas įsivaizdavo kaip bangas eteryje. Eterio hipotezės netrukus buvo atsisakyta, o bangos liko – kaip katino šypsena išnykus pačiam katinui...

Neretai, ypač ankstesniaisiais amžiais, fizikai, nesuradę tinkamų matematinių metodų vieniems ar kitiems reiškiniams aprašyti, patys kurdavo juos. Antai Ch. Huygenas įvedė svarbias matematinės funkcijas, I. Newtonas ir G. Leibnizas sukūrė aukštosios matematikos pagrindus, J. Gibbsas išplėtojo vektorinę analizę. P. Diracas įvedė jo vardu dabar vadinamą delta funkciją, kuria matematikai iš pradžių pasibaisėjo, o vėliau pripažino esant svarbia naujo tipo funkcija ir suskato kurti jos teoriją. Daug mokslininkų plačiai minimi ir fizikos, ir matematikos istorijoje: Archimedes, R. Descartes, P. Fermat, J. d'Alembert (Ž. d'Alamberas), L. Euleris (L. Oileris), J. Lagrange (Ž. Lagranžas), P.S. Laplace (P.S. Laplasas), J. Fourier (Ž. Furjė) ir kiti. Vienas iš tokių universalų – H. Poincaré rašė: „Fizika ne tik skatino mus rinktis iš visos aibės galimų problemų, ji taip pat kėlė mums tokias problemas, apie kurias niekada net nebūtume pagalvoję. Kokia įvairi bebūtų žmogaus fantazija, gamta dar tūkstantį kartų įvairesnė... Fizika mums ne tik suteikia akstiną spręsti problemas, bet ir padeda surasti tam reikalingus būdus. Tai įvyksta dvejopai. Pirmiausia ji leidžia nujausti sprendinį, antra, nurodo samprotavimų kryptį.“

Matematikų išplėtotos abstrakčios teorijos – tikri grynojo proto kūriniai – dažnai pasirodo atspindinčios realų pasaulį ir yra pritaikomos jam aprašyti. Antai neeuklidinė geometrija pasitarnavo bendrajai reliatyvumo teorijai, grupių teorija buvo pritaikyta kristalų ir net elementariųjų dalelių fizikoje, matricų matematinis aparatas panaudotas kvantinėje mechanikoje. Žurnale „American Journal of Physics“ buvo paskelbtas klausimas: „Ar yra matematikos šaka, kuri niekada nebuvo pritaikyta fizikoje?“ Per trejus metus žurnalo skaitytojai nenurodė nė vienos tokios šakos.

Nėra reti atvejai, kai tos pačios lygtys tinka skirtingiems gamtos reiškiniams aprašyti. Tai leidžia išvelgti netikėtas sąsajas ar tiesiog pasinaudoti kai kuriais rezultatais ir metodais kitoje srityje. Antai potencialo metodas, išplėtotas elektromagnetizme, pasirodė labai parankus ir gravitacijos teorijoje.

Vis dėlto tikroji matematika ir fizikų naudojama matematika turi kai kurių esminių skirtumų. Būdingas matematikos bruožas yra griežtumas. Kadangi ji netikrina savo išvadų teisingumo lygindama jų su gamtos reiškiniams, tai nepriekaištingą rezultatą gali garantuoti tik išimtinis įrodymo nuoseklumas ir griežtumas. (Antai B. Russellas ir A. Whiteheadas (A. Vaithedas) skyrė net 375 puslapius savo fundamentalaus veikalų „Matematikos pagrindai“ („Principia mathematica“, 1910–1913) lygybei $1 + 1 = 2$ įrodyti.) Tačiau fizika tiria realų pasaulį, tad fizikas, užrašydamas lygtis ar ieškodamas jų sprendinių, visada gali pasinaudoti gamta kaip patikimu suflieriu. Štai kodėl fizikų naudojama matematika yra ne tokia griežta ir abstrakti kaip grynoji matematika. O dažniausiai fizikai tiesiog ignoruoja visas būtinas ir pakankamas sąlygas, netiria galiojimo sričių, naudoja neleistinus sprendimo metodus ir vis tiek gauna teisingą rezultatą. Matematikams tai kelia pasibaisėjimą ir pasipiktinimą.

Matematikų karaliumi vadintas D. Hilbertas (D. Hilbertas) buvo iškėlęs ypatingą tikslą – reformuoti fiziką suteikiant jai griežtą formą. Jis dėjo nemažai pastangų, bet jam nepavyko net priartėti prie šio tikslo įgyvendinimo, – Hilbertas tik išplėtojo ar apibendrino kai kuriuos matematinius fizikos metodus.

Kiekvienas mokslas turi savo specifiką. Realią gamtą tiriantis mokslas nėra abstrakčių aksiomų, teoremų ar lemų rinkinys. Dar yra fizikinė prasmė, kurią sunku formalizuoti. Ne visos fizikos sąvokos yra griežtai apibrėžtos, nors fizikas intuityviai suvokia jas. Kas yra materialusis taškas, pozitronas, atomo branduolys nuskaitoma žodžiais, o ne formulėmis. Kai kurie fizikos dėsniai nėra užrašomi matematinių lygčių pavidalu, pavyzdžiui, jėgų nepriklausomumo principas, Pascalio dėsnis, pirmasis Newtono dėsnis ir kiti.

Kita vertus, tiems, kurie nemėgsta matematikos, nevertėtų tikėtis, jog fizika bus pateikta nematematiniu būdu. Tokiai iliuzijai kažkada pagrindo davė R. Feynmanas, parašęs mokslo populiarinamojoje knygoje, kad galbūt ateityje „fizikos mechanizmas atsiskleis mums, ir dėsniai taps paprasti, kaip šachmatų lenta su visu jos tariaumu sudėtingumu“. Tačiau, paminėjęs tokią galimybę, R. Feynmanas toliau priminė istoriją, kaip vienam karaliui, kurį Euklides mokė geometrijos, ėmus skūstis šio mokslo sunkumu, Euklides atsakė: „Geometrijoje nėra karališko kelio.“ Feynmanas daro išvadą: „Ir jo tikrai nėra. Fizikos negalima išversti į jokią kitą kalbą.“

Sekant fizikos pavyzdžiu, matematiką imta taikyti ir kituose gamtos moksluose, o pastaruoju metu net kai kuriuose humanitariniuose moksluose. Matematikai mėgsta kartoti filosofo I. Kanto posakį, kad kiekviename moksle yra tiek tikro mokslo, kiek jame yra matematikos. Vis dėlto nereikėtų absoliutinti matematikos panaudojimo galimybių. Aprašant labai sudėtingus reiškinius, kuriuos tiria hu-

manitariniai mokslai, matematinis metodas, nesant griežtų sąvokų ir prielaidų, gali būti formalus, netgi duoti klaidingus rezultatus.

7.4. FIZIKA IR ASTRONOMIJA

Jeigu kurio nors mokslo pradžia laikytume pirmą jo žinių pateikimą rašytiniame šaltinyje, tai astronomiją reikėtų laikyti senesniu mokslu negu fiziką. Egipto papirusuose ir Babilonijos molinėse dantiraščio lentelėse iš I–II tūkst. pr. m. e. yra įrašų apie Saulės, Mėnulio ir planetų judėjimą, Zodiako žvaigždynus. Tačiau jokių fizikos žinių tuose senovės dokumentuose nėra rasta.

Tais laikais, kitaip negu dabar, astronomija buvo laikoma taikomuoju, praktiniu mokslu: jos žinių reikėjo žemės darbų ir švenčių datoms nustatyti, o svarbiausia – įspėti dievų valią. Juk dangaus šviesuliai laikyti dievais ar sieti su jais, ir žyniai šviesulių išsidėstyme išvelgdavo žmonių ir valstybių likimus. Taigi astronomija buvo persipynusi su astrologija ir magija.

Gamtos mokslas, aiškinantis reiškinius racionaliomis priežastimis, atsirado tik VI–IV a. pr. m. e. Senovės Graikijoje. Aristoteles savo sukurtoje mokslo sistemoje išskyrė fiziką, kaip mokslą apie bendriausias gamtos savybes, apimančią ir žinias apie pasaulio sandarą ir dangaus kūnus. Tačiau Aristoteles teigė, kad Žemės ir dangaus pasauliai yra visiškai skirtingi: dangaus pasaulis tobulas ir amžinas, judėjimas jame vyksta be pašalinės jėgos, o Žemėje viskas nyksta ir yra, priverstiniam judėjimui palaikyti reikalinga jėga.

Pirmaisiais mūsų eros amžiais astronomija nutolo nuo fizikos ir suartėjo su matematika. Laikantis geocentrinės sistemos – Žemė nejuda, o aplink ją sukasi Saulė ir planetos, – jų judėjimui aprašyti teko įvesti daugelio apskritimų sistemas – ekscentrus bei epiciklus – ir išplėtoti sudėtingą matematinį aparatą. Taigi būtent astronomija tapo pirmuoju mokslu, kuriame buvo pritaikyti matematiniai metodai, astronomiją netgi imta laikyti matematikos dalimi. Tuo tarpu fizika dar pusantro tūkstančio metų naudojosi logikos metodais ir buvo gamtos filosofija. Antai senajame Vilniaus universitete astronomiją dėstė Matematikos katedros profesoriai, o fiziką – filosofai.

Teologai ir inkvizicija beveik nesikišo į matematikos sritį, tad astronomijoje jau XVI a. – anksčiau nei fizikoje – prasidėjo atgimimas. Bažnyčia kelis dešimtmečius nedraudė paskelbtos Koperniko heliocentrinės sistemos, nes ji buvo laikoma tik kitokiu matematinio būdu planetų judėjimui aprašyti.

Pirmoji revoliucija astronomijoje prasidėjo po to, kai G. Galilei ėmė propaguoti šią sistemą ir pateikė mokslo faktų, įrodančių jos teisingumą. Naudodama-

sis savo paties išrastu teleskopu, Galilei atrado Veneros fazes (vadinasi, ji sukasi aplink Saulę), Jupiterio palydovus (taigi palydovą turi ne tik Žemė, bet ir kita planeta), Mėnulio kalnus ir Saulės dėmes (dangaus kūnai nėra idealūs). Galilei tapo ne tik klasikinės fizikos, bet ir naujos – instrumentinės – astronomijos pradininku. Įtvirtindamas fizikoje tikslius matematinius ir eksperimentinius metodus, neigdamas dangaus ir Žemės pasaulių skirtingumą, jis vėl suartino fiziką ir astronomiją.

Galilei – pirmasis iš plejados mokslininkų, kurie buvo žymūs abiejų mokslų kūrėjai: J. Kepleris, Ch. Huygensas, I. Newtonas, P.S. Laplace... Nuo tada fizikos ir astronomijos istorija susipina tiek, kad neretai išvelgiamas vienas bendras mokslas. Pirmiausia astronomija suartėjo su optika, kuriai teleskopo išradimas suteikė stiprų kūrybinį impulsą, o optikos pasiekimai savo ruožtu įgalino tobulinti astronomijos prietaisus. Ypač dideli I. Newtono nuopelnai abiem mokslams. Jis – astrofizikos pradininkas: atrado pagrindinę Visatoje veikiančią jėgą – visuotinę trauką ir nustatė bendrą dėsnį, galiojantį ir danguje, ir Žemėje. Newtonas suformulavo mechanikos pagrindus ir pritaikė juos svarbioms dangaus mechanikos problemoms spręsti, taigi susiejo astronomiją ir su kita svarbia fizikos dalimi. Be to, jis sukonstravo naujo tipo teleskopą – reflektorių. Laplace išplėtojo Saulės sistemos atsiradimo hipotezę, įrodė šios sistemos stabilumą, kartu su kitais garsiais XVIII a. mechanikais sukūrė įvairius aukštosios matematikos metodus, kurie įgalino išspręsti daugelį svarbių dangaus mechanikos problemų.

XIX amžiuje fizika atvėrė astronomijai netikėtą, stulbinamą galimybę iš žvaigždžių spektrų nustatyti cheminę jų sudėtį. Saulėje buvo aptikti tie patys cheminiai elementai kaip ir Žemėje – tai galutinai paneigė teiginį apie skirtingą jų prigimtį. Naudojantis Dopplerio efektu, atsirado galimybė nustatyti kosminių kūnų greitį Žemės atžvilgiu. Tačiau tuo pat metu astronomija sparčiai formavosi kaip atskiras, tik stebėjimo metodą naudojantis mokslas. Atsirado žvaigždžių astronomija, kuriai fizika negalėjo suteikti teorinio pagrindo, netgi paaiškinti, koks yra žvaigždžių energijos šaltinis.

Fizikos ir astronomijos santykis iš esmės pasikeitė XX a. Naujos šiuolaikinės fizikos šakos – atomo, branduolio, elementariųjų dalelių fizika, reliatyvumo teorija – atskleidė Visatoje vykstančių procesų prigimtį, įgalino suprasti tiek atskirų kosminių objektų, tiek pačios Visatos sandarą ir evoliuciją. Atomo fizika paaiškino žvaigždžių spektrų prigimtį ir juose slypinčią vertingą informaciją. Branduolio fizika atskleidė žvaigždžių energijos šaltinį, jose vykstančias branduolines reakcijas, tai savo ruožtu padėjo suprasti šių objektų raidą. Bendroji reliatyvumo teorija tapo kosmologijos – mokslo apie Visatos sandarą ir evoliuciją – teoriniu pagrindu

ir įgalino pereiti nuo filosofinių bei religinių hipotezių prie megapasaulyo mokslinio nagrinėjimo. Ši teorija kartu su elementariųjų dalelių fizika leido sumodeliuoti Visatos Didžiojo sprogo pradžią ir suprasti, kodėl pasaulis yra toks, koki mes dabar stebime. Fizikai numatė nepaprastai keistus objektus – neutronines žvaigždes ir juodąsias skylės, kurie, astronomų nuostabai, pasirodė egzistuojantys iš tikrųjų. Visa tai sukėlė antrąją revoliuciją astronomijoje. Jai didelį pagreitį suteikė atsivėrusios naujos, unikalios galimybės, irgi iš esmės nulemtos fizikos atradimų, stebėti Visatą ne tik regimaisiais, bet ir infraraudonaisiais, ultravioletiniais, Röntgeno, gama spinduliais, radijo bangomis, naudoti tam tikslui kosmines observatorijas. Neperdedant galima pasakyti, kad tik XX a. žmonija atrado Visatą.

Visoje stebimoje Visatos dalyje galioja tie patys fizikos dėsniai kaip ir Žemėje. Kosmose nebuvo nustatyta kokių nors naujų, tik jam būdingų, fundamentaliųjų dėsnių, nors atrasta daug Žemėje neaptinkamų reiškinių, stulbinančių nepaprastais savo mastais.

Teorinė astronomija – tai astrofizika, kuri naudojamais metodais, rezultatais yra glaudžiai susijusi su kitomis fizikos sritimis ir tuo požiūriu priskirtina fizikai. Taigi iš tikrųjų astronomija turėtų atitikti vieną iš fizikos hierarchinių lygmenų. Tačiau mokslo klasifikaciją lemia ir istorinės aplinkybės: astronomija ilgą laiką buvo plėtojama kaip stebėjimų ir matematinių skaičiavimų mokslas, o labai glaudus jos ryšys su fizika paaiškėjo tik XX a. Be to, reikia atsižvelgti į labai plačią astronomijos sritį ir šio lygmens ypatybes (negalimi eksperimentai, milžiniško dydžio objektai, ypatingi reiškinių mastai). Tad astronomija yra laikoma atskiru mokslu.

7.5. FIZIKA, TECHNIKA IR CIVILIZACIJOS PAŽANGA

Didingos šventyklos ir piramidės buvo statomos naudojant paprasčiausius mechanizmus – svertą, pleišta, gervę, – kurie įgalino sutelkti daugelio žmonių jėgas. Aišku, tuo metu žmonės dar nežinojo fizikos dėsnių, pagrindžiančių tų mechanizmų veikimą.

Senovės Graikijoje fizika, kaip gamtos filosofija, nebuvo susijusi su technika. Fiziką plėtojo filosofai, o karo ir teatro mašinas kūrė praktikai – nagingi meistrai. Stebėtina išimtis – didysis graikų mokslininkas Archimedes. Įvedęs *svorio centro* sąvoką ir įrodęs sverto dėsnį, jis tas žinias pritaikė atramų apkrovoms skaičiuoti (tai aprašyta neišlikusioje iki šių laikų „Atramų knygoje“) bei to meto technikos stebuklui – originalioms gynybos mašinoms konstruoti. Senovės Romos mokslis

ninkai nesekė Archimedes pėdomis: fizika čia nebuvo plėtojama, o technikai kūrė karo mašinas ir įspūdingus statinius remdamiesi empirinėmis taisyklėmis. Tų laikų mašinas apibūdina garsiausio Romos architekto ir inžinieriaus Vitruvius (Vitruvijus) veikale „Apie architektūrą“ („De architectura“) pateiktas apibrėžimas: „Mašina tai yra tarpusavyje susietų medinių dalių junginys, įgalinantis perkelti milžiniškus svorius.“ Metalai buvo žinomi, bet dėl jų brangumo mašinose beveik nenaudoti.

Europos mokslas ir technika buvo nublokšti tūkstantmečiu atgal po barbarų antplūdžio V a. Technikos pakilimas prasidėjo tik X a. pabaigoje, ėmus plačiau naudoti vandens ratą ir vėjo malūną; tuos palyginti paprastus įrenginius gamino ir tobulino nagingi meistrai. Fizika iki XVII a. liko knyginium, scholastiniu mokslu. Tik tame amžiuje kai kurie žymiausieji fizikai pradėjo spręsti problemas, susijusias ir su praktiniais poreikiais. Antai G. Galilei plėtojo medžiagų atsparumo mokslą, Ch. Huygensas sukonstravo švytuoklinį laikrodį, R. Hooke kėlė įvairių išradimų idėjas, kūrė vėjamatį, optinį telegrafą, mechaninius raumenis, dirbtinį šilką. Tačiau tai buvo negausūs, dažniausiai kokybinio pobūdžio rezultatai. O technikai, kilę iš cechų amatininkų, turėjo menką išsilavinimą ir nebuvo susipažinę su akademinium mokslu. Jie naudojo empiriniais receptais, savo patirtimi, intuicija, taikė klaidų ir bandymų metodą. XVIII a. pradžioje tokiu būdu buvo išrasta garo mašina, aukštakrosnė, audimo staklės ir kiti mechanizmai. Atsivėrė galimybės perduoti žmogaus technologines funkcijas mašinoms, ir tai sukėlė techninę revoliuciją. Kai kurie fizikai sprendė technikos keliamas problemas: J. Watas (Dž. Vatas) iš esmės patobulino garo mašiną, L. Carnot (L. Karno), o vėliau jo sūnus S. Carnot išplėtojo idealios šiluminės mašinos teoriją, buvo įvesta *darbo* sąvoka, atskirtos *šilumos* ir *temperatūros* sąvokos.

Vis dėlto fizika ėmė daryti didesnę įtaką technikai tik nuo XIX a. vidurio, kai nauji fizikos atradimai buvo pradėti taikyti technikoje ir netgi lėmė naujų technikos šakų atsiradimą. Pirmoji tokia šaka, kuri tiesiogiai rėmėsi fizikos pasiekimais, buvo elektrotechnika. Empiriniai išradimai, nežinant elektromagnetizmo pagrindų, buvo neįmanomi. Elektrotechnika savo ruožtu spartino fizikos raidą. XIX a. šeštajame dešimtmetyje pradėto tiesti transatlantinio kabelio problemos paskatino tikslių elektros matavimo prietaisų kūrimą ir bendros matavimo vienetų sistemos įvedimą.

Radijo bangų atradimas 1888 m., iš pradžių sudominęs tik fizikus, netrukus įgalino sukurti dar vieną technikos šaką – radiotechniką. Atomo branduolio tyrimai, keletą dešimtmečių laikyti nepraktiškais, lėmė branduolinės energetikos atsiradimą. XX a. fizikos atradimai ir išradimai tapo svarbiausiu technikos idėjų

šaltiniu. Fizika žengė technikos priekyje, teikdama jai kūrybinių impulsų naujų reiškinių, medžiagų, energijos rūšių atradimais. Net ir tradicinėms technikos sritims fizika suteikė teorinį pagrindą. Be abejo, buvo ir grįžtamasis ryšys: fizikai taikė technikos metodus kurdami savo prietaisus bei įrenginius ar tiesiog naudojo technikų sukonstruotais.

Galimybė perduoti mašinoms dar vieną žmogaus funkciją – gamybos procesų kontrolę ir reguliavimą – sukėlė XX a. antrojoje pusėje mokslinę-techninę revoliuciją. Jai būdingas glaudus mokslo ir technikos ryšys, sistemingas tam tikros rūšies technikos būdų ir priemonių, vadinamų technologijomis, plėtojimas. Buvo sukurtos puslaidininkių, lazerių, naujų energijos šaltinių ir kitos technologijos. XXI a. pradžioje ypač daug dėmesio skiriama nanotechnologijoms, kurių tikslas formuoti medžiagų savybes ir kurti prietaisus atomų ir molekulių lygmeniu.

Dabar vykstanti informacinė revoliucija irgi yra sukelta fizikos atradimų, jos ir technikos glaudaus ir vaisingo bendradarbiavimo – integrinių grandynų, šviesolaidžių, skystųjų kristalų, magnetinės atminties elementų, lazerių spartaus tobulinimo ir efektyvaus panaudojimo. Fizika ir technika kartais vaizduojamos kaip dvi tarpusavyje susipynusios gijos, primenančios genetinio kodo struktūrą. Ta dviguba fizikos ir technikos spiralė vaidina išimtinį vaidmenį civilizacijos raidoje, panašiai kaip genetinis kodas – gyvybės raidoje. Įvairių šalių ekspertų vertinimu, apie 60–80% gamybos našumo augimo pasiekama naudojantis naujausių mokslinių tyrimų rezultatais.

Remiantis knyga „Šimtas didžiųjų išradimų“ („Сто великих изобретений“, 2000), galima nustatyti, kad apie 40% visų išradimų ir tarp jų daugelis svarbiausių XX a. išradimų, kurie iš esmės pakeitė mūsų buitį ir galimybes, buvo tiesiogiai susiję su fizikos atradimais. Ir tikriausiai ateityje ta fizikos įtaka technikai ir per ją civilizacijos raidai tik stiprės. Beje, didesnį poveikį technikai turi ne taikomoji, o fundamentinė fizika, nekelianti praktinių tikslų, bet netikėti jos atradimai dažnai atveria visiškai naujas technikos perspektyvas. Antai ekonomistai apskaičiavo, kad kvantinės mechanikos sukūrimas ir įvairūs jos taikymai lėmė JAV bendrojo nacionalinio produkto padidėjimą daugiau kaip 20%.

Kaip matėme, kiekvieną kartą, kai technika įgalindavo pakeisti mechanizmais kurią nors žmogaus funkciją – fizinę, technologinę, gamybos valdymo, sprendimų priėmimo, – prasidėdavo techninė, o paskutiniaisiais kartais – mokslinė-techninė revoliucija. Atsivėrusios naujos galimybės sukeldavo šuolį ir civilizacijos raidoje.

Kita vertus, mokslo ir technikos laimėjimai ne tik skatina civilizacijos progresą, bet ir sudaro rimtų grėsmių. Tiesioginė grėsmė – tai vis galingesnių masinio

naikinimo ginklų kūrimas. Atominį ginklą jau turi ne tik didžiosios valstybės (jos šį ginklą tikriausiai naudos tik kaip politinio spaudimo priemonę), bet jį yra sukūrusios ar gamina dar keletas šalių, kurių veiksmams sunkiai prognozuojami. O branduoliniam klubui šalių, turinčių atominę elektrinę (kurios gamina plutonį, tinkamą atominėms bomboms), priklauso jau apie penkiasdešimt šalių. Tarp jų yra ir Lietuva (Europos Sąjungos reikalavimas uždaryti Ignalinos atominę elektrinę, matyt, buvo nulemtas ne tiek būgštavimo dėl jos patikimumo, kiek grėsmės, kad radioaktyviosios medžiagos iš Lietuvos pateks teroristams ar agresyvioms šalims). Nepaisant visų tarptautinės bendrijos pastangų, branduolinis ginklas plinta ir anksčiau ar vėliau gali būti panaudotas konfliktams spręsti. Tikėkimės, kad pavyks išvengti bent pasaulinio branduolinio karo, kuris reikštų civilizacijos regresą, o gal net žlugimą.

Fizikai, koncentruodami savo įrenginiuose vis didesnes energijas, stipresnius laukus, gali padaryti ir dar grėsmingesnių galimomis pasekmėmis atradimų, pavyzdžiui: naujos kartos elementariųjų dalelių greitintuvais sukurti miniatiūrinės juodąsias skylės, siurbiančias į save aplinkinę medžiagą, ar hipotetines, iš kvarkų sudarytas mažytes daleles – keistonus (angl. *strangelets*), kurie, sąveikaudami su įprastine medžiaga, ją konvertuotų į neįprastą formą.

Vis plačiau naudojant įvairias technologijas, kyla ir netiesioginių pavojų. Didėja planetos paviršiaus, atmosferos ir vandens užterštumas įvairiomis atliekomis, pažeidžiama ekologinė pusiausvyra. Antai dėl freonų išmetimo į atmosferą nyksta aukštesniuose jos sluoksniuose esantis ozonas, kuris saugo gyvuosius organizmus nuo skvarbiųjų spindulių, atsiranda vadinamųjų ozono skylių. Sparčiai eikvojant per milijonus metų planetos gelmėse susikaupusias anglies, naftos ir dujų atsargas – jas deginant, didėja anglies dvideginio koncentracija atmosferoje. Šios dujos gerai praleidžia į Žemę krintančius Saulės spindulius, bet sulaiko Žemės paviršiaus šiluminius spindulius, o tai sukelia šiltnamio efektą: kyla vidutinė planetos temperatūra, šiltėja klimatas. Šį nepageidautiną reiškinį akivaizdžiai liudija kasmet sparčiai nykstanti Arkties ledo kepurė – per pastaruosius trisdešimt metų jos plotas sumažėjo ketvirtadaliu. Po truputį kyla vandenyno lygis, keičiasi kritulių pasiskirstymas planetoje, daugėja grėsmingų uraganų... Daugelis pasaulio šalių pasirašė vadinamąjį Kioto protokolą, įsipareigodamos mažinti anglies dvideginio išmetimą, tačiau didžiausia teršėja JAV, proteguodamos savo ekonomiką, atsisakė laikytis šio susitarimo. Net jeigu spaudžiamos pasaulio visuomenės prie jo prisijungs ir JAV, o apribojimai bus griežtinami, tos dalinės priemonės gali įveikti globalinį atšilimą tik šio šimtmečio pabaigoje. Juk tiek dėl šios, tiek dėl kitų grėsmių žmonija negali staiga sustabdyti sparčios technologijų plėtros – antraip

neišmaitintų didėjančio žmonių skaičiaus, kultų ekonominė suirutė. Kita vertus, išsivysčiusių šalių gyventojai vartoja vis daugiau nebūtinų, prabangos dalykų. Planetos gamta jau nepajėgia atstatyti barbariškai eikvojamų jos resursų. Tik labai apgalvotai naudojantis mokslo ir technikos pasiekimais, ši šimtmetį galbūt dar įmanoma siauru keliu praeiti pro iškilusius didžiulius pavojus mūsų civilizacijai.

7.6. FIZIKA IR BIOLOGIJA

Biologija tiria gyvąją gamtą, fizika – negyvąją gamtą, taigi iš pirmo žvilgsnio atrodo, kad tai labai skirtingi, netgi priešingi mokslai. Tačiau ne veltui sakoma, jog priešybės susieina.

Nors *biologijos* pavadinimas atsirado tik XIX a. pradžioje, tačiau žinios apie gyvuosius organizmus buvo kaupiamos ir sisteminamos nuo senų laikų. Prie to nemažai yra prisidėję ir fizikai. G. Galilei mokinys G. Borelli išleido dviejų tomų veikalą „Apie gyvūnų judėjimą“ („De motu animalium“, 1680), kuris yra laikomas biofizikos, atskleidžiančios biologinių sistemų fizikinę prigimtį, pradžia. XVII a. garsus fizikas ir išradėjas R. Hooke, patobulinęs mikroskopą, pritaikė jį augalų ir gyvūnų mikrostruktūrai tirti. Jis atrado pagrindinį gyvųjų organizmų elementą – ląstelę. O tyrinėdamas gamtoje randamus keistus akmenis, Hooke priėjo išvadą, kad tai yra suakmenėjusios senovės augalų ar gyvūnų liekanos. Taigi jis dar iki Ch. Darwino (Č. Darvinas) evoliucijos teorijos paskelbimo kėlė idėją, kad augalų ir gyvūnų rūšys nėra pastovios, bet kinta.

XVIII a. išradus elektros kondensatorių, tada vadintą Leideno stikline, buvo pastebėta, jog elektra stipriai veikia gyvuosius organizmus: žmones nukrečia, o mažus gyvūnus gali net užmušti. Kilo mintis, jog elektriniai reiškiniai vyksta ir gyvuosiuose organizmuose, netgi vaidina ypatingą vaidmenį. Anatomo L. Galvani tyrimai, kaip elektros srovės atsiranda varlės raumenyje, paskatino A. Voltą sukurti elektros srovės šaltinį. Tačiau pats L. Galvani ir biologai buvo įsitikinę, jog atrasta naujos rūšies – „gyvūnų elektra“.

Tokia išvada, jog net elektra skiriasi gyvuosiuose organizmuose ir negyvojoje gamtoje, atitiko to meto mokslininkų pažiūras. Biologijoje vyravo vitalizmas, pagal kurį, gyvajai gamtai negalioja fizikos ir chemijos dėsniai, o pasireiškia ypatingi, tik gyvybei būdingi, dėsniai. Materija esanti inertiška, tad aktyvų, tikslingą gyvųjų organizmų elgesį lemia juose veikianti gyvybinė jėga – *vis vitalis*. Nuomone, jog fizikos ir biologijos dėsniai nesuderinami, lėmė ir to meto fizikos samprata. Fizikos pagrindą sudarė klasikinė mechanika, kuri teigė griežtą priežastingumą (tik XX a. buvo įrodyta, jog netiesinių lygčių sprendiniai gali labai stipriai

priklausyti nuo pradinių sąlygų, ir tai paneigia vienareikšmį ateities priklausomumą nuo praeities).

Kitą, dar svaresnę, argumentą vitalizmo šalininkams pateikė termodinamika. XIX a. viduryje buvo suformuluotas termodinamikos dėsnis, kuris teigė, jog savaiminių procesų metu sistema evoliucionuoja netvarkos kryptimi: energija išsisklaido, temperatūrų skirtumai išsilygina, struktūros suyra. R. Clausius įvedus *entropijos* sąvoką, tai buvo pateikta kaip jos didėjimo dėsnis. Tuo tarpu gyvojoje gamtoje evoliucija vykstanti priešinga kryptimi: gyvieji organizmai tobulėja ir tampa sudėtingesni, susidaro įvairios struktūros, t. y. gyvieji organizmai sugeba kurti tvarką ir mažinti entropiją. Iš tikrųjų esminio skirtingumo nėra: entropijos didėjimo dėsnis galioja tik uždarami sistemai, o gyvojo organizmo veiklai būtini iš aplinkos nuolat gaunamas maistas, oras, informacija. Jis sugeba kurti tvarką, t. y. mažinti entropiją, tik didindamas ją aplinkoje. Taigi ir gyvieji organizmai nepažeidžia šio dėsnio.

Tyrimais buvo įrodyta, kad biologijos objektams tinka ir kiti bendrieji fizikos ir chemijos dėsniai, pavyzdžiui, energijos tvermės dėsnis. Nepavyko rasti jokių išimčių. Vis dėlto iki XX a. vidurio dauguma biologų laikėsi nuomonės, kad fizika ir biologija – beveik nesusiję vienas su kitu mokslai. Biologijai reikalingi tik fizikos prietaisai ir kai kurie tyrimo metodai. Vienas iš tokių labai efektyvių metodų – struktūrinė analizė, išplėtotą atradus Röntgeno spindulius. Jų bangos ilgis pasirodė esąs tos pačios eilės kaip ir atstumai tarp atomų kristale ar molekulėse. Iš šių spindulių difrakcinio vaizdo galima nustatyti atomų išsidėstymą net tokių sudėtingų junginių, kaip baltymai, molekulėse.

Tiltą tarp fizikos ir biologijos nutiesė dvi šiuolaikinės teorijos – kvantinė mechanika ir sinergetika (negrįžtamųjų procesų termodinamika).

Kvantinė mechanika nustatė mikropasaulyje galiojančius dėsnius ir įrodė, kad jie yra tikimybinio pobūdžio. Taigi buvo galutinai paneigtas teiginys, kad fizikos dėsniai yra nesuderinami su gyvūnams būdinga elgesio laisve. Nors kvantinė mechanika sukurta daugiausia remiantis atomų savybėmis, tačiau netrukus ji buvo pritaikyta ir molekulėms, netgi sudėtingoms organinėms molekulėms. Šiame pažinimo lygmenyje fizika susitiko ne tik su chemija, bet ir su biologija (kvantinė fizika – kildama vis didesnių objektų link, o biologija – leisdama priartėti prie mažiausių savo struktūrų). Biologijos bei chemijos sandūroje atsirado molekulinė biologija. Ji pradėjo fizikos ir chemijos metodais tirti baltymų, nukleorūgščių ir kitų svarbių organinių medžiagų molekulių sandarą, tarpusavio sąveikas ir virsmus gyvuose organizmuose.

Įdomu, jog vienas iš kvantinės mechanikos kūrėjų E. Schrödingeris parašė knygą „Kas yra gyvybė“ („What Is Life?“, 1944), kurioje nagrinėjo ryšį tarp kvantinės

teorijos ir mokslo apie paveldimumą – genetikos. Ši knyga sukėlė nemažą susidomėjimą ir suteikė stiprų impulsą svarbiausiai mikrobiologijos problemai – genetinio kodo prigimties problemai – spręsti. Tuo metu jau buvo žinoma, kad genetinė informacija slypi deoksiribonukleorūgšties (DNR) makromolekulėje. Netrukus, naudojantis struktūrinės analizės metodu, buvo nustatyta, kad ji turi dviejų vijų spiralės pavidalą. O idėją, jog genetinė informacija užrašoma keturių nukleotidų deriniais, pirmasis iškėlė fizikas G. Gamovas (Dž. Gamovas).

Daugelio mokslininkų pastangomis, vėlgi derinant fizikos, chemijos ir biologijos metodus, buvo nustatyta, kaip DNR slypinti informacija nuskaitoma ir panaudojama įvairių baltymų molekulėms sintetinti ir koku būdu tos molekulės valdo gyvajame organizme vykstančius sudėtingus biocheminius procesus (juos tiriant, buvo įsitikinta fizikos, chemijos ir biologijos dėsnių bendrumu). Palaiptinui ėmė aiškėti, kurios DNR dalys kokias organizmo savybes lemia, tai įgalino ne tik suprasti, kaip genų mutacijos skatina gyvųjų organizmų evoliuciją, bet ir dirbtinai keisti genus – išvesti augalų ir gyvūnų rūšis su pageidaujamosiomis savybėmis.

XX a. pabaigoje pasidarė įmanoma mokslo metodais pradėti tirti netgi biologijos problemų problemą – kaip Žemėje atsirado gyvybė? Tam teorinį pagrindą suteikė fizikos, chemijos ir biologijos sandūroje atsiradęs dar vienas mokslas – sinergetika (gr. *synergetikos* – bendrai veikiantis). Ji nagrinėja sudėtingų sistemų savaiminio susitvarkymo procesus, vykstančius ne tik biologinėse, bet ir cheminėse bei fizikinėse sistemose. Toks procesas galimas, jei atviros sistemos būseną nutolusi nuo pusiausvyros. Būtent tai būdinga gyviesiems organizmams, rečiau pasitaiko negyvojoje gamtoje. Nuo seno žinomas savaiminis tvarkos susidarymas fizinio proceso metu – ledo „gėlės“ ant langų, atsirandančios vykstant faziniam virsmui. Vienas iš sinergetikos kūrėjų fizikochemikas I. Prigogine (I. Prigožinas) knygoje „Tvarka iš chaoso“ („Order Out of Chaos“, 1984) rašė: „Materija tampa „aktyvi“, ji sukelia negrįžtamus procesus, o negrįžtami procesai organizuoja materiją.“

Dabar jau nebekyla abejonių, kad svarbios biologinės medžiagos – lipidai, aminorūgštys, nukleotidai – gali susidaryti iš paprastesnių medžiagų vulkanų išsiveržimų metu, vykstant elektros išlydžiams, veikiant ultravioletiniams ar kosminiams spinduliams. Organinių medžiagų buvo aptikta ant kosminių dulkelių ir meteoroidų. Ne tik teoriškai, bet ir stebėjimais įrodyta, kad sudėtingos molekulės gali koncentruotis sudarydamos lašelius, o juose tam tikromis sąlygomis sintetuoja makromolekulės, kuriose netvarkingai išsidėsčiusios aminorūgščių molekulės. Tolesnis gyvybės atsiradimo procesas molekulinio požiūriu dar tik pradedamas nagrinėti. Smarkias mokslines diskusijas kelia klausimas, kaip savaiminiu

būdu galėjo susidaryti DNR molekulė, kurioje nukleotidai išsidėstę tam tikra ypatinga tvarka, ir prasidėti jos replikacija, kuriai reikalingas specialus baltymas (fermentas). Tokio atsitiktinio įvykio tikimybė yra nepaprastai maža. Gal iš pradžių atsirado paprastėsnės informacijos kodavimo ir jos atgaminimo formos? Kaip ir kada buvo pereita riba tarp chemijos ir biologijos sudėtingumo lygmenų? Tikėkimės, jog į tuos klausimus bus atsakyta XXI a. jungtinėmis biologų, fizikų ir chemikų pajėgomis.

Mikrobiologija paneigė požiūrį, kad fizikos dėsniai nėra pritaikomi gyviesiems organizmams ar kad šioje srityje reikia naujos, kitokios, fizikos. Tarp gyvųjų organizmų atomų ir molekulių veikia tos pačios fizikinės sąveikos, tačiau sudėtingose sistemose jos sukelia savitus reiškinius. Analogiškai, žodžių mokslas remiasi raidžių mokslu, bet nėra pastarajam tapatus. Kiekybei pereinant į kokybę, randasi naujų savybių. Žodžių moksle atsiranda prasminių ryšių, kurių nebuvo raidžių moksle. Atomai, susijungę į molekules, kaip ir raidės, iš kurių sudėti žodžiai, ar plytos, iš kurių pastatytas namas, įgyja naujų visumos savybių. Perkeltine prasme galima pasakyti, jog pastarosios glūdi ne tik pirminiuose elementuose, bet ir jų išsidėstyme.

Fizika, chemija ir biologija, suartėjusios XX a. amžiuje, turėtų ir toliau vienytis, aišku, kiekviena išlaikydama savitumą.

7.7. FIZIKA IR HUMANITARINĖ KULTŪRA

Fizikinės ir humanitarinės kultūros santykį bene pirmasis aštria polemine forma iškėlė žinomas anglų rašytojas, iš profesijos fizikas, Ch.P. Snow (Č.P. Snou). 1959 m. jis paskelbė garsųjį savo straipsnį „Dvi kultūros ir mokslo revoliucija“, kuris sukėlė dideles diskusijas įvairiose šalyse, kartkartėmis atgyjančias ir dabar. Snow teigė, kad jam, nuolat bendraujant ir su menine inteligentija, ir su mokslininkais, susidarė įspūdis, jog egzistuoja dvi labai skirtingos kultūros – humanitarinė ir fizikinė-techninė, kurių šalininkai sunkiai susikalba vieni su kitais:

„Taigi – vieną polių sudaro meninė inteligentija, o kitą – mokslininkai, kurių ryškiausi atstovai yra fizikai. Juos skiria nesupratimo, o kartais, ypač tarp jaunimo, netgi antipatijos ir priešiško siena. Tačiau svarbiausia, aišku, nesupratimas. Abi grupės yra susidariusios keistą, iškreiptą supratimą viena apie kitą. Jos tiek skirtingai suvokia vienus ir tuos pačius dalykus, jog negali surasti bendros kalbos netgi emocijų srityje.“

„Tarp meninės inteligentijos susidarė tvirta nuomonė, kad mokslininkai nesupranta realaus gyvenimo ir todėl jiems būdingas paviršutiniškas optimizmas. Moks-

lininkai savo ruožtu mano, kad meninė inteligentija neturi numatymo dovanos, kad ji keistai abejinga žmonijos likimui, kad jai svetima visa, kas susiję su protu, kad ji stengiasi apriboti meną ir mąstymą tik šiandieniais rūpesčiais ir t. t.“

„Jie [humanitarai] vis dar pretenduoja, kad tradicinė kultūra tai ir yra visa kultūra, tarsi esama situacija iš tikrųjų neegzistuočių... Tarsi šiuolaikinis mokslinis fizinio pasaulio modelis savo intelektiniu gilumu, sudėtingumu ir harmonija nebūtų gražiausias ir nuostabiausias kūrinys, sukurtas kolektyvinėmis žmogaus proto pastangomis! O juk didžioji meninės inteligentijos dalis neturi nė menkiausio supratimo apie šį kūrinį.“

Snow nepagailėjo karčių žodžių ir fizikams, kurie neranda laiko ir neįstengia suprasti šiuolaikinio meno bei literatūros. Rašytojas, išvelgęs būdingus ypatumus, juos paaštrino siekdamas sukelti diskusiją – ir tai jam pavyko. Iš tikrųjų tos dvi kultūros yra vienos kultūros sudėtinės dalys, todėl nėra tarpusavyje nesuderinamos.

Humanitarinė kultūra remiasi vaizdžiu, intuityviu pasaulio suvokimu. Tai pažinimo būdas, kuris atitinka labai sudėtingų reiškinių hierarchinį lygmenį. Humanitariniai mokslai nesinaudoja griežta, formalizuota analize, kuri, bent jau dabartiniame šių mokslų raidos etape, nėra įmanoma, o suvokti esmę bandoma pasitelkiant intuiciją, vaizduotę, netgi iracionalų žinojimą. Dėl to atsiranda išvadų nevienareikšmiškumas, jų priklausomumas nuo subjektyvių prielaidų. Tai fizikui primena Senovės Graikijos filosofų mėginimą išsikviesti gamtos pradus: kiekvienas iš filosofų, teigęs, kad tai yra žemė, vanduo, ugnis ar oras, buvo teisus, nes atkreipė dėmesį į vienos iš šių substancijų svarbą, ir neteisybūs, nes ją suabsoliutinavo ir neįžvelgė už tos substancijos slypinčių fundamentalesnių pradų.

Tačiau humanitarinė kultūra, kurios centre yra žmogus, suteikia jam būties ir pagrindinių žmogiškųjų vertybių sampratą. Ji puoselėja humanitarines vertybes, pagrindžia moralines nuostatas, formuoja civilizacijos dvasinius pagrindus. Humanitarinių mokslų idėjomis remiasi menas ir literatūra.

Tikslieji mokslai naudoja griežtą, abstraktų pažinimo būdą. Jis nuoseklus, vienareikšmis, tiesa, lėčiau vedantis į tikslą, bet įgalinantis įsiskverbti į sritis, nutolusias nuo tiesioginio žmogiškojo pažinimo, kur negali nuvesti jokia intuicija ar fantazija.

Natūralu, kad žmonės, naudojantys skirtingus metodus, siekiantys skirtingų tikslų, linkę absoliutinti savo požiūrį ir nepakankamai vertinti kitokį požiūrį.

Humanitarai susidaro nuomonę apie fiziką iš bendrojo lavinimo mokyklos kurso, kuriame daugiausia nagrinėjama klasikinė fizika, todėl fizika jiems asocijuojasi su nuobodžia mechanika ar painia, taip ir gerai nesuvokta elektromagnetizmo teori-

ja. Tų žinių humanitaroms dažniausiai neprireikia tolesniame gyvenime ir jiems susidaro įspūdis, kad visa fizika yra nedvasinga techninė disciplina, taikomoji matematika, kuri, skirtingai negu aritmetika, beveik nereikalinga atskiro žmogaus praktinėms problemoms spręsti. Tiesa, fizikos atradimais remiasi daug mūsų gyvenimo patogumų, tačiau jais naudotis galima ir nežinant prietaisų ar įrenginių veikimo principų, o kuriam nors iš jų sugedus, nespecialistas vis tiek nesugebėtų pataisyti.

Be to, humanitarus atbaido formulės ir jomis paremti ilgi įrodinėjimai, abstrakti analizė. Jiems atrodo, jog, skaidant objektus į sudėtingesnes dalis ar reiškinius į paprastesnius, prarandamas visumos suvokimas. Filosofas P. Teilhardas de Charđinas (P. Tejaras de Šardenas) rašė: „Pasaulį galima įsivaizduoti kaip žvejų tinklą, sudarytą iš mažų akučių, kurias lengva išplėsti iš tinklo ir ištirti atskirai. Tačiau, išplėsdami tinklo akutes, mes sunaikiname tinklą, išnagrinęję vieną akutę, mes nieko nesužinome apie tinklą.“ Šis vaizdingas palyginimas tinka filosofijai, bet nėra teisingas fizikai, kuri labai sėkmingai taiko skaidymo į dalis metodą.

Humanitarai, kurių svarbiausia vertybė yra žmogus, jautriau negu kiti reaguoja į mokslo ir technologijų keliamas grėsmes, neretai absoliutina jas ir todėl įtariai žvelgia į mokslo ir technikos laimėjimus, jaučiasi nejaukiai šiuolaikinių technologijų aplinkoje. „Ir mes, sumišę, mokslo pasiekimų apstulbinti ir apvilti, klausiamo save: ką veikti šiame pasaulyje poezijai, kur dėtis jai ir jos gaudžiai naivioms pastangoms savo kalba paaiškinti pasaulio ir būties paslaptis“, – klausia J. Marcinkevičius „Dienoraštyje be datų“.

Tiesą sakant, didelį pavojų civilizacijai kelia ir kai kurie humanitarinės kultūros produktai – filosofinės ir politinės teorijos, kurios pagimdė fašizmą ir komunizmą, įkvepia teroristus ir anarchistus. Būtent humanitarai kuria juodąsias rinkimus, diktatorinių režimų pateisinimo ir įtvirtinimo technologijas.

Racionalioji kultūros dalis nėra nereikšmingas kultūros priedėlis. Gamtos mokslai iš esmės praplečia pasaulio sampratą, atskleidžia vidinę jo harmoniją. Antai žmogus mato jį supančią aplinką suvokdamas tik regimuosius spindulius, kurie sudaro mažytę elektromagnetinių bangų spektro dalį. Visa gamtos įvairovė atskleidžia prietaisais registruojant radijo bangas, infraraudonuosius, ultravioletinius, Röntgeno ir gama spindulius. Fizika ir kosmologija praplėtė žmogaus pažinimo ribas ligi fundamentaliųjų dalelių (10^{-18} m) ir Visatos pakraščių (13 milijardų šviesmečių). Menas atskleidžia išorinę harmoniją, o mokslas – vidinę gamtos harmoniją, kuri ne mažiau įstabi, tik sunkiau suvokiama. Suprasti pasaulį, jo didingumą ir nuostabią darną ne mažiau svarbu, negu suprasti žmogų, jo ypatumus ir kūrybines galias. Tai neatskiriama vienas nuo kito – žmogaus pažinimas be jį supančio pasaulio yra labai vienpusis. Tą supranta ir kai kurie humanitarai.

Deja, šiuolaikinė fizika yra glaudžiai susijusi su aukštąja matematika, kuria naudotis sunkiai įmanoma neturint specialaus išsilavinimo. Savarankiškai įveikti tuos barjerus ir suvokti šiuolaikinės fizikos atradimų esmę sugeba tik retas humanitaras. Kiti pasitenkina populiarioriais, paviršutiniškomis žiniomis ir kartais gana naiviai jas pritaiko savo kūriniuose, esė ar mokslo veikaluose. Tokie fizikos terminai, kaip *rezonansas*, *potencialas*, *entropija*, *anihilacija* ir kiti, neretai vartojami labai iškreipta reikšme. O dauguma humanitarų apie šiuolaikinę fiziką sprendžia kaip lapė apie vynuoges – neprieinama, todėl neįdomi ir nereikalinga.

Fizikams ar kitų tikslųjų mokslų atstovams lengviau susipažinti su šiuolaikine humanitarine kultūra, tad nemažai jų domisi literatūra, istorija, filosofija ar menu. Vis dėlto daug tikslųjų mokslų specialistų užsidaro savo profesijos ir kasdinių rūpesčių rate, suranda laiko tik televizijai, detektyvams ar mokslinės fantastikos literatūrai. Tai siaurina bendras metodologines jų pažiūras, silpnina moralinės atsakomybės už neigiamas mokslo rezultatų pasekmes jausmą. Iš tikrųjų humanitarinė kultūra, puoselėjanti bendražmogiškąsias moralines vertybes, ir toliau lieka pagrindine kultūros dalimi, o jos neišmanantis žmogus negali būti laikomas kultūringu.

Taigi humanitarinė ir fizikinė-techninė kultūros nėra priešingos, bet papildo viena kitą. Ch.P. Snow minima nesupratimo siena iškilo dėl labai sparčiai vykstančios mokslinės-techninės revoliucijos ir prie jos sunkiai prisitaikančios tradicinės kultūros. Ateityje tos dvi kultūros dalys turėtų suartėti, tai skatina ir joms abiems priešingos trečiosios – masinės – kultūros, kuri propaguoja antimokslines, antihumanistines idėjas, plitimas.

Klausimai

Kas tai yra mokslo piramidė? Kokią vietą joje užima fizika?

Kada ir kodėl fizika atsiskyrė nuo filosofijos?

Kuo pasireiškė XX a. fizikos įtaka šiuolaikinei filosofijai?

Apibūdinkite matematikos svarbą fizikai.

Pagrįskite teiginį, kad XX a. prasidėjusią revoliuciją astronomijoje nulėmė šiuolaikinės fizikos atradimai.

Kaip, bėgant amžiams, keitėsi fizikos ir technikos ryšys?

Ar gyviesiems organizmams tinka fizikos dėsniai?

Ar pritariate rašytojo Ch.P. Snow teiginiui, jog egzistuoja dvi visiškai skirtingos kultūros – humanitarinė ir fizikinė-techninė?

LITERATŪRA

1. B. Bryson. *Trumpa istorija beveik apie viską*. – V.: Tyto alba, 2005.
2. A.F. Chalmers. *Kas yra mokslas*. – V.: Apostrofa, 2005.
3. R. Dekartas. *Rinktiniai raštai*. – V.: Mintis, 1978.
4. A. Dargys. *Šiuolaikinio eksperimento principai*. – V.: Pusušaidininkų fizikos institutas, 1995.
5. R. Feinmanas. *Apie fizikos dėsnius*. – V.: Mokslas, 1974.
6. M. Yčas. *Apie biologiją*. – K.: Candela, 1994.
7. R. Karazija. *Fizikos istorija*. – V.: Inforastras, 2002.
8. T. Kuhn. *Mokslo revoliucijų struktūra*. – V.: Pradai, 2003.
9. E. Makariūnienė, L. Klimka. *Lietuvos fizikų ir astronomų sąvadas*. – V.: Fizikos institutas, 2001.
10. E. Nekrašas. *Filosofijos įvadas*. – V.: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 2004.
11. E. Nekrašas. *Indukcionizmas ir hipotetizmas // Mokslas, jo metodai ir raida*. – V.: Mintis, 1981.
12. R. Plečkaitis. *Promocijos senajame Vilniaus universitete // Akademijos laurai*. – V.: Vilniaus universiteto leidykla, 1997, p. 15.
13. I. Prigogine. *Tikrumo pabaiga*. – V.: Margi raštai, 2006.
14. Č.P. Snou. *Dvi kultūros // Kultūros barai*. – 1972, Nr. 8, p. 47.
15. O. Voverienė. *Bibliometrija*. – V.: Mokslo aidai, 1999.
16. V. Gontis. *Lithuanian science in transition: statistical analysis // Revue Baltique*. – 2002, No. 16, p. 24.
17. R. Karazija, A. Momkauskaitė. *The Nobel prize in physics – regularities and tendencies // Scientometrics*. – 2004, Vol. 61, No. 2, p. 191.
18. R.B. Lindsay. *The Nature of Physics*. – Providence: Brown University Press, 1968.
19. V. Pippard. *Physics in 1900 // Twentieth Century Physics*, Vol. 1. – N.Y.: Institute of Physics and American Institute of Physics Press, 1995.
20. D.J. Price. *Little Science, Big Science*. – N.Y.: Columbia University, 1963. Русский перевод: Д. Прайс. *Малая наука, большая наука // Наука о науке*. – М.: Прогресс, 1966, с. 281.
21. D. William. *A Short History of Technology*. – N.Y.: Dover Publications, 1993.
22. Г.Д. Бурдун, В.А. Базакуца. *Единицы физических величин*. – Харьков: Вища школа, 1984.
23. Г. Галилей. *Пробирных дел мастер*. – М.: Наука, 1987.
24. Я.Г. Дорфман. *Эволюция структуры физики // Очерки истории и теории развития науки*. – М.: Наука, 1969, с. 303.
25. В.Л. Гинзбург. *О физике и астрофизике*. – М.: Наука, 1985.
26. Ю.Х. Копелевич. *Возникновение научных академий*. – М.: Наука, 1974.
27. М. Льюиси. *История физики*. – М.: Мир, 1970.
28. В.В. Налимов, З.М. Мульченко. *Наукометрия*. – М.: Наука, 1969.

29. К. Поппер. *Логика и рост научного знания*. – М.: Прогресс, 1983.
30. К.В. Рыжков. *Сто великих изобретений*. – М.: Вече, 2000.
31. Л.А. Сена. *Единицы физических величин*. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1988.
32. Ю.А. Храмов. *Научные школы в физике*. – Киев: Наукова думка, 1987.
33. Д.С. Чернявский. *Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // Успехи физических наук*. – 2000, Т. 170, № 2, с. 157.

ILIUSTRACIJŲ ŠALTINIAI

- 1.1 pav. Д. Камке, К. Кремер. *Физические основы единиц измерения*. – М.: Мир, 1980, с. 4.
- 1.2 pav. I. Robinson. *Redefining the kilogram* // *Physics World*. – 2004, No. 5, p. 31.
- 1.3 pav. S. Bennett. *Lovely metre, metre made* // *Physics World*. – 2003, No. 2, p. 45.
- 1.4 pav. J.L. Flowers, B.W. Petley. *Progress in our knowledge of the fundamental constants of physics* // *Reports on Progress in Physics*. – 2001, Vol. 64, No. 10, p. 1198.
- 1.5 pav. *Physics. Physics Research: Topics, Significance and Prospects* / Ed. R. Scharf. – Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2002, p. 160.
- 2.1 pav. Д. Прайс. *Малая наука, большая наука* // *Наука о науке*. – М.: Прогресс, 1966, с. 290.
- 2.2 pav. В.В. Налимов, З.М. Мульченко. *Наукометрия*. – М.: Наука, 1969, с. 33.
- 2.3 pav. Д. Прайс. *Малая наука, большая наука* // *Наука о науке*. – М.: Прогресс, 1966, с. 301.
- 2.4 pav. Д. Прайс. *Малая наука, большая наука* // *Наука о науке*. – М.: Прогресс, 1966, с. 306.
- 2.5 pav. M. Kochen, J. Lansing. *On maps for discovery: did the periodic table guide elemental discovery?* // *Scientometrics*. – 1985, Vol. 7, p. 330.
- 2.6 pav., a M.S. Livingston, J.R. Blewett. *Particle Accelerators*. – N.Y.: McGraw-Hill, 1962, p. 2.
- 2.6 pav., b *Physics. Physics Research: Topics, Significance and Prospects* / Ed. R. Scharf. – Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2002, p. 220.
- 2.7 pav. www.nap.edu/openbook/030906032X/html/10.html
- 2.8 pav. С.В. Смирнов. *Токамаки: триумф или поражение* // *Природа*. – 1999, № 12, с. 27.
- 3.1 pav. Д. Прайс. *Малая наука, большая наука* // *Наука о науке*. – М.: Прогресс, 1966, с. 304.
- 4.1 pav. Д. Полянин. *Научная литература в России и за рубежом* // *Природа*, 2001, № 2, с. 4.
- 4.2 pav. V. Pippard. *Physics in 1900* // *Twentieth Century Physics*, Vol. 1. – N.Y.: Institute of Physics and American Institute of Physics Press, 1995, p. 3.
- 4.3 pav. В. Добров. *Наука о науке*. – Киев: Наукова думка, 1970, с. 107.
- 4.4 pav. Д. Прайс. *Система научных публикаций* // *Успехи физических наук*. – 1966, Т. 90, № 2, с. 354.
- 4.5 pav. J. Vlachy. *Citation histories of scientific publications. The data sources* // *Scientometrics*. – 1985, Vol. 7, p. 512.
- 4.6 pav. Д. Прайс. *Система научных публикаций* // *Успехи физических наук*. – 1966, Т. 90, № 2, с. 351.
- 4.7 pav. С.Д. Хайтун. «Цитат-индекс» как метод анализа научной деятельности // *Природа*. – 1980, № 3, с. 46.
- 5.1 pav. N. Davies. *Europos istorija*. – V.: Vaga, 2002, p. 1244.
- 6.3 pav. R. Plečkaitis. *Promocijos senajame Vilniaus universitete* // *Akademijos laurai*. – V.: Vilniaus universiteto leidykla, 1997, p. 15.
- 6.4 pav., 6.5 pav. R. Karazija, A. Momkauskaitė. *The Nobel prize in physics – regularities and tendencies* // *Scientometrics*. – 2004, Vol. 61, No. 2, p. 199.

ASMENVARDŽIŲ RODYKLĖ

A

- d'Alembert Jean (Žanas d'Alamberos) 137
 Ampère André-Marie (Andrè Mari Amperas) 32
 Archimedes (Archimedas) 31, 83, 84, 92, 131, 135, 137, 141, 142
 Aristarchos (Aristarchas) 30
 Aristoteles (Aristotelis) 7, 28, 29, 31, 45, 48, 83, 89, 92, 107, 108, 131, 139
 Arnold Carl (Karlus Arnoldas) 43
 Ašmontas Steponas 124
 Avogadro Amadeo (Amadėjus Avogadras) 22

B

- Bacon Francis (Fransis Beikonas) 84, 85, 88, 95, 131
 Bacon Roger (Rodžeris Beikonas) 107
 Bardeen John (Džonas Bardinas) 125
 Baršauskas Kazimieras 122
 Basov Nikolaj (Nikolajus Basovas) 80
 Bayes Thomas (Tomas Bajesas) 134
 Becquerel Henri (Anri Bekerelis) 41, 43
 Bednorz Johannes (Johanas Bednorcas) 127
 Bethe Hans (Hansas Betè) 80
 Bloch Felix (Feliksas Blochas) 48
 Blondlot René (Renè Blondlo) 104, 105
 Bohr Aage (Ogè Boras) 48
 Bohr Niels (Nilsas Boras) 16, 22, 45, 46, 48, 49, 70, 93, 118, 125
 Boltzmann Ludwig (Liudvigas Bolcmanas) 20, 22
 Borelli Giovanni (Džiovanis Borelis) 109, 145
 Born Max (Maksas Bornas) 57, 124
 Bose Satyendranath (Satjendranatas Bosè) 42
 Boyle Robert (Robertas Boilis) 108, 110, 111
 Bragg William Henry (Viljamas Henris Bragas) 127
 Bragg William Lawrence (Viljamas Lorensas Bragas) 127
 Brattain Walter (Volteris Britenas) 125
 Brazdžiūnas Povilas 50, 112, 116, 122, 124
 Bridgman Percy Williams (Persis Viljamsas Bridžmanas) 80

de Broglie Louis (Lui de Broilis) 114
Brown Robert (Robertas Braunas) 42
Brunelleschi Filippo (Filipas Bruneleskis) 69
Burattini Tito Livio (Titas Livijus Buratinis) 18

C

Carnot Lazare (Lazaris Karno) 142
Carnot Sadi (Sadi Karno) 11, 93, 98, 108, 142
Cavendish Henry (Henris Kavendišas) 47, 104, 108
Cesi Fredericko (Frederikas Čezis) 109
Chadwick James (Džeimsas Čadvikas) 46
Chalmers Alan (Alanas Čalmersas) 134
Clausius Rudolf (Rudolfas Klauzijus) 48, 99, 146
Colbert Jean-Baptiste (Žanas Baptistas Kolberas) 110
Coleman Sam (Semas Kolmanas) 132
Collinson Peter (Piteris Kolinsonas) 64
Comte Auguste (Augustas Kontas) 55
Cooper Leon (Leonas Kuperis) 125
Cowan Clyde (Klaidas Kouenas) 14
Crookes William (Viljamas Kruksas) 103
Curie Marie (Marija Kiuri) 69, 70, 114, 125
Curie Pierre (Pjeras Kiuri) 69, 125

D

Darwin Charles (Čarlzas Darvinas) 145
Davydov Aleksandr (Aleksandras Davydovas) 100
Demetrios Faleritos (Demetrijas Falerietis) 83
Demokritos (Demokritas) 14, 31, 131
Descartes René (Renė Dekartas) 33, 64, 83, 86, 108, 131, 136, 137
Dirac Paul (Polis Dirakas) 24, 47, 57, 124, 137
Doppler Christian (Kristianas Dopleris) 111, 140
Dreyfus Hubert (Hubertas Dreifusas) 59
Dyblinskis Albertas 121

E

Einstein Albert (Albertas Einšteinas) 29, 30, 42, 44, 47, 54, 57, 59, 70, 86, 96, 99, 125, 133

Euklides (Euklidas) 31, 83, 131, 135, 138
Euler Leonhard (Leonardas Oileris) 137

F

Faraday Michael (Maiklas Faradėjus) 42, 55, 102
Fermat Pierre (Pjeras Ferma) 63, 132, 137
Fermi Enriko (Enrikas Fermi) 26, 38, 39, 46, 57, 113, 114, 118, 125
Feyerabend Paul (Paulis Fejerabendas) 135
Feynman Richard (Ričardas Feinmanas) 55, 57, 80, 125, 133, 138
Fok Vladimir (Vladimiras Fokas) 49
Fomenko Anatolij (Anatolijus Fomenka) 100
Foucault Jean (Žanas Fuko) 88
Fourier Joseph (Žozefas Furjė) 137
Fowler Ralph (Ralfas Fauleris) 49
Franklin Benjamin (Bendžaminas Franklinas) 64, 98, 108
Fresnel Augustin (Ogiustenas Frenelis) 16, 98, 99, 108

G

Galilei Galileo (Galileo Galilėjus) 29, 31, 42, 45, 48, 64, 83, 84, 89, 92, 101, 108, 109, 136, 139, 140, 142, 145
Galloys Jacques (Žakas Galua) 65
Galton Francis (Francis Goltonas) 43
Galvani Luigi (Luidžis Galvanis) 41, 98, 145
Gamov George (Džordžas Gamovas) 147
Garfield Eugene (Judžinas Garfildas) 74, 82
Gauss Carl Friedrich (Karlus Frydrichas Gausas) 18, 19, 78
Geiger Hans (Hansas Geigeris) 46
Gell-Mann Murray (Maris Gelis-Manas) 80
Gibbs Josiah Willard (Džosaja Vilardas Gibsas) 47, 48, 137
Gilbert William (Viljamas Gilbertas) 12, 13, 45, 98, 107
Ginzburg Vitalij (Vitalijus Ginzburgas) 56, 57, 132
Gödel Kurt (Kurtas Gėdelis) 59
Goethe Johann Wolfgang (Johanas Volfgangas Gėtė) 43
Graham George (Džordžas Grahamas) 90
Grimaldi Francesco (Frančeskas Grimaldis) 41
von Guericke Otto (Otas fon Gėrikė) 98, 108
Gutenberg Johann (Johanas Gutenbergas) 62

H

- Hamilton William (Viljamas Hamiltonas) 93
Harrison John (Džonas Harisonas) 90
Hartree Douglas (Duglas Hartris) 49
Hawking Stephen (Stivenas Hokingas) 58–60, 133
de Hédonville Sieur (Sioras de Hedonvilis) 65
Heisenberg Werner (Verneris Heizenbergas) 57, 59, 125
Helm Georg (Georgas Helmas) 132
von Helmholtz Hermann (Hermanas fon Helmholtcas) 47, 48
Henry I (Henrikas I) 17
Hertz Heinrich (Heinrichas Hercas) 136
Higgs Peter (Peteris Higsas) 55
Hilbert David (Davidas Hilbertas) 138
Hooke Robert (Robertas Hukas) 18, 44, 108, 110, 142, 145
Hubble Edwin (Edvinas Hablas) 22
Huygens Christiaan (Kristianas Heigensas) 18, 64, 90, 104, 108, 136, 137, 140, 142

J

- Janulaitis Arvydas 80
Januškevičius Zigmās 80
Joffe Abram (Abramas Jofė) 50
Josephson Brian (Brajanas Džozefsonas) 125
Joule James Prescott (Džeimsas Preskotas Džaulis) 98, 108
Jucys Adolfas 49, 50, 80, 112, 116, 124

K

- Kant Immanuel (Immanuelis Kantas) 131, 138
Kapica Piotr (Piotras Kapica) 46, 49, 124
Kepler Johannes (Johanesas Kepleris) 13, 42, 92, 140
Kong Fuzi (Konfucijus) 94
Kopernik Mikolaj (Mikalojus Kopernikas) 28–30, 107, 135, 139
Krönig August (Augustas Krėnigas) 48
Krotkus Arūnas 6
Kuhn Thomas (Tomas Kunas) 28–30
Kundt August (Augustas Kuntas) 48

L

- Lagrange Joseph (Žozefas Lagranžas) 137
Lakatos Imre (Imrè Lakatosas) 135
Landau Lev (Levas Landau) 46, 48, 49, 80, 125
Laplace Pierre Simon (Pjeras Simonas Laplasas) 137, 140
Lawrence Ernest (Ernestas Lorensas) 105, 113
Lee Tsung (Cungas Li) 127
Leibniz Gottfried (Gotfrydas Leibnicas) 26, 44, 110, 131, 137
Leonardo da Vinci (Leonardas da Vinčis) 27, 55, 101, 107, 135
Leukippos (Leukipas) 14
Liebig Justus (Justas Libigas) 48
Lomonosov Michail (Michailas Lomonosovas) 124
Lorentz Hendrik Antoon (Hendrikas Antonas Lorencas) 70, 96, 114
Lysenko Trofim (Trofimas Lysenka) 102

M

- Mach Ernst (Ernstas Machas) 132
Mačernis Vytautas 44
Magnus Gustav (Gustavas Magnus) 48
Makariūnas Kęstutis 6
Marcinkevičius Justinas 150
Marconi Guglielmo (Guljemas Markonis) 125
Marinina Aleksandra (Aleksandra Marinina) 63
Marsden Ernest (Ernestas Marsdenas) 46
Massey Harrie (Haris Masis) 46
Maurolycus Francesco (Frančesko Mavrolikas) 107
Maxwell James Clerk (Džeimsas Klarkas Maksvelas) 12, 16, 20, 52, 89, 96, 108, 124, 136, 137
Mayer Robert (Robertas Majeris) 98, 132
Mendelejev Dmitrij (Dmitrijus Mendelejevas) 96
Mersenne Marin (Marenas Mersenas) 64, 110
Meyer Edgar (Edgaras Mejeris) 50
Michelson Albert (Albertas Maiklsonas) 29
Mikulinskij Semion (Semionas Mikulinskis) 28
Moore Gordon (Gordonas Muras) 39
Moseley Henry (Henris Mozlis) 46
Mott Nevill (Nevilis Motas) 80

Müller Johannes (Johanas Miuleris) 48

Müller Karl (Karlās Miuleris) 128

N

Napoleon Bonaparte (Napoleonas Bonapartas) 123

Newton Isaac (Izaokas Niutonas) 11, 14, 15, 26, 28–31, 41, 42, 44, 45, 52, 53, 84, 92, 97, 99, 104, 108, 135–138, 140

Nobel Alfred (Alfredas Nobelis) 14, 46, 57, 80, 76, 105, 111, 114, 115, 118, 124–128

O

Ockham William (Viljamas Okamas) 97, 98, 102

Oersted Hans Christian (Hansas Kristianas Erstedas) 30, 41, 43, 132

Ohm Georg (Georgas Omas) 93

Oldenburg Henry (Henris Oldenburgas) 64, 65, 110

Ostwald Wilhelm (Vilhelmas Ostvaldas) 46, 132

P

Pascal Blaise (Blezas Paskalis) 64, 108, 138

Pasteur Louis (Lui Pasteras) 43

Pauli Wolfgang (Volfgangas Paulis) 14

Pauling Linus (Linusas Polingas) 80

Piskarskas Algis 123

Planck Max (Maksas Plankas) 13, 20, 22, 23, 47, 58, 96, 112, 124

Platon (Platonas) 48, 109, 131

Plečkaitis Romanas 120

Počobutas Martynas 110

Poincaré Henri (Anri Puankarė) 44, 137

Poisson Simeon (Simeonas Puasonas) 99

Polya George (Džordžas Poja) 97

Popper Karl (Karlās Poperis) 134

Porta Giambattista (Džambatista Porta) 109

Požela Juras 50, 80, 123, 124

Price Derek (Direkas Praisas) 36

Prigogine Ilya (Ilja Prigožinas) 80, 147

Ptolemaios Klaudijas (Klaudijas Ptolemajas) 28, 29

Pudlowski Stanislaw (Stanislovas Pudlovskis) 18

Puodžiukynas Antanas 122
 Puškin Aleksandr (Aleksandras Puškinas) 44
 Pythagoras Samos (Pitagoras Samietis) 48, 135

R

Randi James (Džeimsas Rendis) 103
 Reines Frederick (Frederikas Reines) 14
 Repšas Konstantinas 124
 Richardson Owen (Ovenas Ričardsonas) 125
 Riefler Siegmund (Zigmundas Ryfleris) 90
 Robinson Thomas Romney (Tomas Romnis Robinsonas) 90
 Rodnyj Neemija (Neemija Rodnyj) 46
 Röntgen Wilhelm Conrad (Vilhelmas Konradas Rentgenas) 41–43, 57, 69, 104, 113, 125, 136, 141, 146
 Rubbia Carlo (Karlus Rubja) 127
 Rudamina-Dusetiškis Jonas 120
 Rudzikas Zenonas Rokus 116
 Rumford Benjamin (Bendžaminas Rumfordas) 88
 Russell Bertrand (Bertranas Raselas) 85, 138
 Rutherford Ernest (Ernestas Rezerfordas) 46, 49, 55, 70, 114, 118, 124, 125

S

de Saint-Victor Njeps (Njepsas de Sen-Viktoras) 43, 44
 de Sallo Denis (Denisas de Salo) 65
 Schelling Friedrich (Fridrichas Šelingas) 132
 Schön Hendrik (Hendrikas Šionas) 105
 Schrieffer John (Džonas Šryferis) 125
 Schrödinger Erwin (Ervinas Šredingeris) 12, 52, 93, 146
 Serova Marina (Marina Serova) 63
 Shockley William (Viljamas Šoklis) 125
 Shortt W.H. (V.H. Šotas) 90
 Snow Charles Percy (Čarlsas Persis Snou) 148, 149, 151
 Sokrates (Sokratas) 49
 Solway Ernest (Ernestas Solvė) 70, 114
 Stalin Josif (Josifas Stalinas) 102
 Stapledon Olaf (Olafas Stapldonas) 55
 Straizys Vytautas 80

T

Teilhard de Chardin Pierre (Pjeras Tejaras de Šardenas) 150

Thales Milesios (Talis Miletietis) 131

Thomson Joseph John (Džozefas Džonas Tomsonas) 47, 96

Thomson William (Kelvin) (Viljamas Tomsonas (Kelvinas)) 55, 108, 124

Torricelli Evangelista (Evandželista Toričelis) 48, 64, 109

V

Veinik Albert (Albertas Veinikas) 99

Vitruvius Marcus (Markus Vitruvijus) 142

Viviani Vincenzo (Vinčencas Vivianis) 48, 109

Volta Alessandro (Alesandras Volta) 30, 41, 123, 145

Voverienė Ona 80

W

Ward F. (F. Vodas) 90

Watt James (Džeimsas Vatas) 142

Weber Wilhelm (Vilhelmas Vėberis) 19

Wilcke Johann (Johanas Vilke) 12

Wilhelm Friedrich (Fridrichas Vilhelmas) 111

Whitehead Alfred (Alfredas Vaithedas) 138

Wood Robert (Robertas Vudas) 104, 105

Y

Yang Chen (Čenas Jangas) 127

Young Thomas (Tomas Jangas) 93, 108, 124

Ž

Žebrauskas Tomas 108

Žvironas Antanas 122



Ka403 Romualdas Karazija
Fizikos metodologija ir filosofija. Vadovėlis. – Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2007. – 164 p.

ISBN 978-9955-20-207-3

Originaliame, pirmą kartą lietuvių kalba išleistame tokio pobūdžio vadovėlyje pateikiamos bendros žinios apie fizikos mokslą – jo struktūrą, metodus, raidos dėsningumus, organizacines formas, ryšius su kitais mokslais. Leidinys skirtas aukštųjų mokyklų fizikos specialybės studentams, bendrojo lavinimo mokyklų mokytojams, fizikams, besidomintiems savojo mokslo pagrindais.

UDK 53(075.8)

Redagavo Alina Momkauskaitė
Maketavo Donaldas Petrauskas
Viršelio dailininkė Vaida Mažeikaitė

SL 605. 20,5 sp. 1. Tir. 500 egz. Užsak. Nr. 07-102
Išleido Vilniaus pedagoginis universitetas, Studentų g. 39, LT-08106 Vilnius
Spausdino UAB „Petro ofsetas“, Žalgirio g. 90, LT-09303 Vilnius
Kaina sutartinė