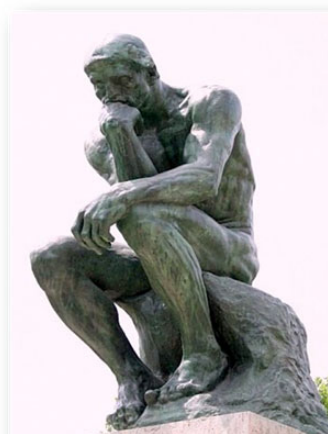


ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԼԵՎՈՆ ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ
ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԵՎ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՀԻՄՆԱՐԱՐ
ՕՐԵՆՔՆԵՐԸ



ԵՐԵՎԱՆ

ԵՊՀ ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ

2024

ՀՏԴ 5(07)

ԳՄԴ 20Գ7

Ա 742

*Հրատարակության և երաշխավորել
ԵՊՀ գիտական խորհուրդը:*

Գրախոսներ՝ ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ, ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկ.,
պրոֆ. Ռ. Ավագյան
ֆիզ. մաթ. գիտ., դոկտ. պրոֆ. Ռ. Հակոբյան
ֆիզ. մաթ. գիտ. թեկն., դոց. Գ. Ալավերդյան

Ասլանյան Լ. Ս.

Ա 742 Ժամանակակից բնագիտությունը և ֆիզիկայի հիմնարար
օրենքները: Ուսումնական ձեռնարկ.-Եր., ԵՊՀ հրատ., 2024,
214 էջ:

Սույն ձեռնարկը անտիկ քաղաքակրթության, բնական և հումանիտար գի-
տությունների վերջին նվաճումների սինթեզ է, որի նպատակը թե՛ բնագիտական,
թե՛ հումանիտար և թե՛ սոցիալ-տնտեսագիտական մասնագիտությունների ներ-
կայացուցիչներին արդի բնագիտության միջառարկայական կապերին, զարգաց-
ման ընդհանրական օրինաչափություններին ու առանձնահատկություններին
ծանոթացնելն է: Այդ նպատակն իրագործելու համար ֆիզիկական ներառված է ոչ
թե՛ որպես դասընթացի մի քանի բաժիններից մեկը, այլ նոր տրամաբանություն,
մտածելակերպ ու աշխարհայացք ձևավորող և այդ բաժինները միմյանց կապող
մեխանիզմ՝ առանցքային հենասյուն:

Ձեռնարկի շարադրանքը համապատասխանում է «Բնագիտության ժամա-
նակակից հայեցակարգերը» դասընթացի ուսումնական ծրագրին, բայց այն կա-
րող է կիրառվել նաև «Հետազոտության պլանավորում և մեթոդիկա» դասընթացի
շրջանակում:

Ձեռնարկը, անկասկած, կարող է օգտակար լինել ոչ միայն բնագիտական,
հումանիտար ու սոցիալ-տնտեսագիտական ուղղություններով մասնագիտացող
ուսանողներին, այլ նաև բոլոր նրանց, ովքեր հետաքրքրվում են ժամանակակից
բնագիտության հայեցակարգերով, բնական ու հումանիտար գիտությունների մե-
թոդաբանական ընդհանրությանն ու առանձնահատկություններին առնչվող
հարցերով:

ՀՏԴ 5(07)

ԳՄԴ 20Գ7

ISBN 978-5-8084-2681-8

<https://doi.org/10.46991/YSUPH/9785808426818>

© ԵՊՀ հրատ., 2024

© Լ. Ս. Ասլանյան, 2024

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԱՌԱՋԱԲԱՆ.....	7
ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	12
ՄԱՍ I. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԻ ԱՐՄԱՏՆԵՐԸ.....	17
ԹԵՄԱ 1. ՄԱՐԴԸ ԵՎ ՇՐՋԱՊԱՏՈՂ ԱՇԽԱՐՀԸ.....	17
1.1. ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ, ԱՐՎԵՍՏ, ԿՐԹՈՒԹՅՈՒՆ.....	17
1.2. ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՎ ՀԱՄԱՐԱԿԱԳԻՏԱԿԱՆ ՄՇԱԿՈՒՅԹՆԵՐ.....	19
1.3. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՉՈՐՄ ՓՈԽԼԵՐԸ.....	21
ԹԵՄԱ 2. ԱՆՏԻԿ ԱՇԽԱՐՀԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ.....	23
2.1. ԲՆԱՓԻԼԻՍՈՓԱՅՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂԸ.....	23
2.2. ՏԱՐԵՐԱՅԻՆ ՊԱՏԿԵՐԱՅՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՅ ԶԱՐԳԱՅՈՒՄԸ.....	24
2.3. ԲՆԱՓԻԼԻՍՈՓԱՅՈՒԹՅԱՆ ՆՎԱՃՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՍԱՀՄԱՆԱՓԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	30
ԹԵՄԱ 3. ՄԻՋՆԱԴԱՐԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ.....	33
3.1. ՄԻՋՆԱԴԱՐՅԱՆ ՄԻՈՒԱՍՏՆԵՐԸ.....	33
3.2. ՆՈՐ ԱՇԽԱՐՀԱՅԱՅՔԻ ՍԱՂՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ.....	34
3.3. ԳԱԼԻԼԵՅԸ՝ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂԻ ՀԻՄՆԱԴԻՐ.....	36
3.4. ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂԻ ՇՍՆՆՅՈՒՆԻ.....	38
3.5. ԴԱՎԻԹ ԱՆՀԱՂԹԻ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	39
ԹԵՄԱ 4. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂՆԵՐԸ.....	41
4.1. ՄԵԹՈՂ: ՄԵԹՈՂՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ.....	41
4.2. ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱԶՄԱՍՏԻՃԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	44
4.3. ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՎ ՀՈՒՄԱՆԻՏԱՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԳԻՏԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓՈՐՈՇԻՉԸ.....	49
4.3.1. ՀԻՊՈԹԵՏԻԿ-ԴԵՂՈՒԿՏԻՎ ՄԵԹՈՂ.....	49
4.3.2. ՊՐԱԳՄԱՏԻԿ ՄԵԹՈՂ.....	50
ԹԵՄԱ 5. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆ ՈՒ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ.....	52
5.1. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ ՈՒ ՄՏԱԾՈՂՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՅՈՒՄԸ.....	52
5.2. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՅԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	54
5.3. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂԻ ՃՇՄԱՐՏԱՅԻՆՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇԸ.....	56
5.4. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՅԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ.....	57
5.4.1. ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՈՒ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՀԱՇՎԻ ՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ.....	58
5.4.2. ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԱՅԻՆ ՄԵԹՈՂ.....	61

Օգտագործված գրականություն	66
Լրացուցիչ գրականություն.....	67
ՄԱՍ II. ՖԻԶԻԿԱՆ ՈՐՊԵՍ ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՆՑՔԱՅԻՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉ	68
ԹԵՄԱ 1. ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ.....	68
1.1. ՖԻԶԻԿԱՆ ԵՎ ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆԸ	68
1.2. ՆՅՈՒՏՈՆՅԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ.....	71
1.3. ՀԱՄԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ՝ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ, ԺԱՄԱՆԱԿ, ՇԱՐԺՈՒՄ	73
1.4. ՇԱՐԺՄԱՆ ԱՔՍԻՈՄՆԵՐ ԿԱՄ ՕՐԵՆՔՆԵՐ	74
1.5. ԻՆԵՐՑԻԱԼ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ: ԳԱԼԻԼԵՅԻ ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՍԿԶԲՈՒՆՔԸ ԵՎ ԶԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	75
ԹԵՄԱ 2. ՄԻՄԵՏՐԻԱ (ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆ)	78
2.1. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՐՋԱՊԱՏՈՂ ԱՇԽԱՐՀՈՒՄ	78
2.2. ԴԻՖԴԵՐԵՆՑԻԱԼ.....	80
2.3. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՈՒ ՆՅՈՒՅԵՐԻ ԹԵՈՐԵՄԸ	81
2.4. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻԶԻԿԱՅՈՒՄ: ՀԱՄԱՄԵՌՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԱՆԻՉՈՏՐՈՂՈՒԹՅՈՒՆ	82
ԹԵՄԱ 3. ԴԱՇՏ ՈՒ ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	84
3.1. ԵԹԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ: ՄԵԽԱՆԻՍՏԱԿԱՆ ՊԱՏԿԵՐԱՅՈՒՄՆԵՐԻ ԱՆԿՈՒՄԸ	84
3.2. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐԸ.....	85
3.3. ԴԱՇՏԻ ԳԱՂԱՓԱՐԸ.....	86
3.4. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ԴԺՎԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ: ԴԱՇՏ ՈՒ ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	89
3.5. ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՏՈՒԿ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	91
3.6. ՀԱՄԱՐԺԵՔՈՒԹՅԱՆ ՍԿԶԲՈՒՆՔ: ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ	95
3.7. ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ԿՈՐԱՅՈՒՄԸ ԵՎ ԳՐԱՎԻՏԱՅԻԱՆ.....	97
3.8. ՀԸՏ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ	99
ԹԵՄԱ 4. ԴԻՍԿՐԵՏԻ (ԸՆԴՀԱՏԻ) ՖԻԶԻԿԱ ԵՎ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ	101
4.1. ԱՆԸՆԴՀԱՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԴԻՍԿՐԵՏՈՒԹՅՈՒՆ: ԿՈՆՏԻՆՈՒԱԼ ԵՎ ԿՈՐՊՈՒՄԿՈՒԼԱՅԻՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ.....	101
4.2. ԼՈՒՅՍԻ ԲՆՈՒՅԹԸ: ԱԼԻՔԱՄԱՄԻԿԱՅԻՆ ԵՐԿՎՈՒԹՅՈՒՆ	104
4.3. ԴԸ ԲՐՈՅԼԻ ԱԼԻՔ: ԱՅԴ ԱԼԻՔԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ	108

4.4. ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ	110
4.5. ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁ	114
4.6. ՖՈՒՆԴԱՄԵՆՏԱԼ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՄԵԹՈԴ: ԴԱՇՏԻ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ.....	117
4.7. ԴԱՏԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆ ԳՈՅՈՒԹՅՈՒՆ ՉՈՒՆԻ	120
ԹԵՄԱ 5. ՄԱԿՐՈՍԿՈՊԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱ.	123
5.1. ՄԱԿՐՈՍԿՈՊԱԿԱՆ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐ.....	123
5.2. ԶԵՐՄԱԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ.....	125
5.3. ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԻՆԵՏԻԿ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԴՐՈՒՅԹՆԵՐԸ	128
5.4. ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԱՆԴԱՐՁԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ: ԷՆՏՐՈՊԻԱ	131
5.5. ԷՆՏՐՈՊԻԱՅԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ԻՄԱՍՏԸ.....	132
ԹԵՄԱ 6. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ: ՔԱՈՍԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ: ՖՐԱԿՏԱԼՆԵՐ ..	135
6.1. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ ԿԱՄ ՆՈՐ ՀԵՂԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆ ՖԻԶԻԿԱՅՈՒՄ.....	135
6.2. ՏԱՐՕՐԻՆԱԿ ԱՏՐԱԿՏՈՐ: ԴԵՏԵՐՄԻՆԱՅՎԱԾ ՔԱՈՍ	136
6.3. ՖՐԱԿՏԱԼՆԵՐ	142
6.4. ԴԻՑԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ.....	148
6.5. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻՆԹԵԶԸ.....	151
Օգտագործված գրականություն	155
Լրացուցիչ գրականություն.....	155
ՄԱՍ III. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՅԼ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ ԵՎ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԻ ՆԵՐԹԱՓԱՆՑՈՒՄ	157
ԹԵՄԱ 1. ՏԻԵԶԵՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ	157
1.1. ԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐ	157
1.2. ՏԻԵԶԵՐՔԻ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՆ ԵՎ ՄԵԾ ՊԱՅԹՅՈՒՆԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ.....	159
1.3. ԶԵՐՄԱՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՆ	159
1.4. ՏԻԵԶԵՐՔԻ «ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՄԱՀՎԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ»	161
ԹԵՄԱ 2. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ	163
2.1. ԱԼՔԻՄԻԱՅԻՑ ՄԻՆՉԵՎ ՔԻՄԻԱ.....	163
2.2. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐ ԵՎ ԻԶՈՏՈՊՆԵՐ.....	165
2.3. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱՊԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԱՌԱՋԱՅՈՒՄԸ	167
2.4. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԸ ԵՎ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ	169
2.5. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ՓՈԽԱԿԵՐՊՈՒՄԸ	173

ԹԵՄԱ 3. ԷԿՈԼՈԳԻԱ (ԲՆԱՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ) ԵՎ ՍԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ	176
3.1. ԷԿՈԼՈԳԻԱՅԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱՌՈՏ ԱԿՆԱՐԿ	176
3.2. ԿԼԻՄԱ ԵՎ ԵՂԱՆԱԿ	178
3.3. ԿԼԻՄԱՅԻ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ ԵՎ ՍԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ	179
3.4. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ-ՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ-ՔԱՂԱՔԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	182
Օգտագործված գրականություն	185
Լրացուցիչ գրականություն	185
ՄԱՍ IV. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷՍԹԵՏԻԿԱՆ, ԷԹԻԿԱՆ ԵՎ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	186
ԹԵՄԱ 1. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷՍԹԵՏԻԿԱՆ	186
1.1. ՏՐԱՄԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳԵՂԵՑԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԳԵՂԵՑԻԿԻ ՏՐԱՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	186
1.2. ԳԵՂԵՑԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ	187
1.3. ՍՈՒԲՅԵԿՏԻՎ ԳՈՐԾՈՒՆԻ ԴԵՐԸ	192
ԹԵՄԱ 2. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱՆ:	
ԲԻՈԷԹԻԿԱՅԻ ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ	194
2.1. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱՆ	194
2.2. ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԷԹԻԿԱ	196
2.3. ՊԱՏԱՍԽԱՆԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱ	197
2.4. ԲԻՈԷԹԻԿԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ	198
2.5. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ	201
2.5.1. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆՊԱՏԱԿՆԵՐԸ	202
2.5.2. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԾՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԱՐՄԱՏՆԵՐԸ	202
2.5.3. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ	203
2.5.4. ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՄԽԱԼԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԸՍՏ ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՆԱԿԱՆՆԵՐԻ	204
2.5.5. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՎՆԱՄՆԵՐԸ	205
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ	207
Օգտագործված գրականություն	211
Լրացուցիչ գրականություն	211

ԱՌԱՋԱԲԱՆ

**«Որքան հեռու, այնքան արվեստը դառնում է ավելի
գիտական, իսկ գիտությունը՝ ավելի գեղարվեստական»:**

Գ. Ֆլորբեր

Բնագիտությունը՝ որպես ուսումնական դասընթաց, իհարկե, նորություն չէ կրթական համակարգում: Այն ընդգրկված է եղել և ներկայումս էլ առկա է հիմնական դպրոցի ուսումնական ծրագրերում: Հասկանալի է, սակայն, որ դպրոցական մակարդակում կարող էին ներառվել բացառապես նախնական պատկերացումներ բնության ու հասարակության զարգացման օրինաչափությունների վերաբերյալ՝ բացառելով նրանց փոխկապակցվածության մասին պատկերացումները:

Դեռևս անցյալ դարի կեսերին բնագիտական և հումանիտար մշակույթների տարանջատումը հսկայական չափերի էր հասել: Ակնհայտ էր դարձել նաև, որ բնագիտական ու հումանիտար մշակույթների փոխակուսացումը XX դարի անտրոպոգեն (մարդածին) աղետների, ինչպես նաև արդի խորքային (հատկապես բնապահպանական (էկոլոգիական)) պրոբլեմների արմատներից մեկն է: Օրակարգային էր դարձել երիտասարդ մասնագետների բնագիտական գրագիտության մակարդակի բարձրացման անհրաժեշտությունը:

Որպես այս ամենի հետևանք անցյալ դարի վերջին տասնամյակում արմատապես վերաձևակերպվեցին բուհական շրջանավարտների ու ապագա մասնագետների ընդհանուր կրթական պատրաստվածությանը ներկայացվող պահանջները: Եթե նախկինում լայնախոհ մասնագետը նույնացվում էր այնպիսի անձի հետ, որը, բացի մասնագիտականից, ազատորեն կողմնորոշվում էր պատմության, գրականության, երաժշտության, գեղանկարչության ոլորտներում, ապա ներկայումս համամարդկային մշակույթի ոչ պակաս կարևոր ու անբաժանելի մասն են համարվում բնական ու ճշգրիտ գիտությունների նվաճումները:

Հենց այդ նպատակով անցյալ դարի 90-ական թվականներին բուհերում ներառվեց «Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացը, որի նպատակը հումանիտար և սոցիալ-տնտեսագիտական մասնագիտությունների ներկայացուցիչներին բնագիտական գրագիտության հիմունքներին արդի մակարդակով ծանոթացնելն էր, որպեսզի նման մտավորական իր հետագա գործունեության ընթացքում հնարավորինս քիչ ենթարկվի զանազան մոլորությունների, նախապաշարմունքների ու սնահավատությունների:

Ժամանակի հետագա ընթացքը, սակայն, արմատապես փոխեց նման դասընթացի անհրաժեշտության մասին պատկերացումները: Բացահայտվեց այս դասընթացի միջառարկայական բնույթը և նրա ինտեգրող հնարավորությունները՝ ներառելով բնագիտության, մաթեմատիկայի ու հումանիտար գիտությունների ուսումնասիրման առարկաների և մեթոդաբանության ընդհանրություններն ու տարբերությունները: Կարևորվեց բնական, ճշգրիտ և հումանիտար գիտությունների մեկ ամբողջական մշակույթի բաղադրիչներ լինելը:

Մինչ այդ պահը գիտության յուրաքանչյուր ճյուղի ներսում զարգացվել էր շրջապատող աշխարհի վերաբերյալ հայեցակարգերի ամբողջություն, որը սակայն նպատակամղված էր միայն տվյալ ճյուղին բնորոշ, մասնավոր օրինաչափությունների բացահայտմանը:

Անհրաժեշտություն էր առաջացել քննադատական վերլուծության ենթարկելու առանձին ճյուղերի ձեռքբերումները՝ շրջապատող աշխարհի առավել ամբողջական պատկերը ստանալու նպատակով: Հենց այս անհրաժեշտության թելադրանքով է ստեղծվել նոր՝ միջառարկայական, ինտեգրող մոտեցումը:

Որպես ինտեգրող առանցք այս դասընթացի սահմաններում ընտրված է ֆիզիկան՝ պայմանավորված նրա առավել զարգացածությամբ ու ամբողջականությամբ: Այդ նպատակն իրագործելու համար ֆիզիկան ներկայացված է ոչ թե որպես դասընթացի բաժիններից մեկը, այլ որպես նոր տրամաբանության, մտածելակերպի ու աշխարհայացքի ձևավորող, ինչպես նաև Տիեզերագիտությունը, երկրագիտությունը, քիմիան, կենսաբանությունը, տնտեսագիտությունը և այլք միմյանց կապող մեխանիզմ, ուստիև արդի քաղաքակրթության առանցքային հենասյուն:

Մասնավորենք: Քվանտային ֆիզիկայի դիսկրետություն (ընդհատություն) գաղափարը, աշխարհագրագոյության որոշակի դրսևորում է և որպես աշխարհընկալման մեթոդ «հերձում է» զգացողությունները, ինչն իր արտահայտությունն է գտնում մարդկային գործունեության բազմաթիվ ոլորտներում:

Որպես օրինակ կարելի է նշել իմպրեսիոնիզմը գեղանկարչությունում՝ իր վրձնահարվածների տեխնիկայով: Իմպրեսիոնիստների առաջին ցուցահանդեսը կազմակերպվել է 1874 թ. ապրիլի 15-ին Փարիզում կայացած «Ազատ նկարիչների անանուն ընկերության» ցուցահանդեսում, որտեղ ներկայացված էին երիտասարդ նկարիչներ Կ. Մոնեի, Ք. Պիսարոյի, Է. Դեգայի, Ա. Միսլեի ու Օ. Դենուարի կտավները: Նոր սերնդի այդ նկարիչները համոզված էին, որ գույների խառնուրդով երբեք չի կարելի մեծ արտահայտչականության հասնել: Հարկ էր ստեղծել

նոր ոճ, որը հնարավորություն կընձեռեր հաշվի առնելու նաև դիտողի և կտավի միջև գոյություն ունեցող մթնոլորտը: Հնարավոր ճանապարհներից մեկը փոքրիկ վրձնահարվածների տեխնիկան էր: Ներկապնակի վրա ստացվող անկենդան գունային խառնուրդի փոխարեն կտավի վրա էին հայտնվում մաքուր ներկերը: Աչքը, հավաքելով ու իրար խառնելով տարրական գույները, ստեղծում էր գույների մեզ ծանոթ համակարգը: Այսինքն՝ իրար կողքի տեղավորելով սպեկտրի գույները՝ իմպրեսիոնիստները թույլ էին տալիս, որ դրանց միավորումը տեղի ունենա ոչ թե անմիջապես կտավի վրա, այլ դիտողի աչքում: Ամեն գույն, այսպիսով, իր սեփական հնչեղությունն էր ստանում, պահպանում բնական թարմությունը: Արդյունքն ապշեցուցիչ էր: Նկարն ասես ապրում էր սեփական կյանքով՝ հետևելով շրջապատում տեղի ունեցող լուսավորության փոփոխություններին և թողնելով տարբեր ազդեցություններ օրվա տարբեր ժամերին:

Արդարության դեմ չմեղանչելու համար հարկ է նշել, որ հանուն տարածականության առարկայական սահմանափակումներից հրաժարվելու գաղափարի առաջնությունը Օ. Շպենգլերը վերագրում է Լեոնարդո դա Վինչիին՝ ելնելով նրա գեղանկարների այնպիսի յուրահատկությունից, երբ պատկերվածը դիտողին երևում է փոքր-ինչ մշուշապատ, թափանցիկ շղարշի նմանվող օդի շերտի միջով և առաջին իմպրեսիոնիստի կոչում է շնորհում նրան: Նման տպավորության հասնելու համար օգտագործվում է թափանցաներկման (գերմաներեն՝ *Lasierung*, բառացի՝ ջնարակ) տեխնիկան, երբ բարակ վերին շերտի թափանցիկության պատճառով տեղի է ունենում օպտիկական խառնում, և առաջանում է շղարշի տպավորություն: Այդ ոճով է նկարված Լեոնարդո դա Վինչիի «Մոնա Լիզա» կտավը:

Գեղանկարչությունը, սակայն, արվեստի միակ ճյուղը չէր, ուր մոտք էր գործել նորի՝ ընդհատի շունչը: XIX դարի վերջին Փարիզում ստեղծվել էր կոմպոզիտորների խմբակ, որը սկզբում մեծ ուշադրություն չէր հրավիրում իր վրա: Կախարդական-հեքիաթային պատկերների հմայքը, որոնք ստեղծվում էին խմբի դեռևս ոչ այնքան հայտնի մասնակիցների կողմից, նախապես թշնամական վերաբերմունքի էին արժանացել երաժշտական աշխարհի զգալի թվով ներկայացուցիչների կողմից: Այդուհանդերձ, ծնունդ էր առնում երիտասարդ կոմպոզիտորների նոր աշխարհայացքը, որն «արյունակից էր» իմպրեսիոնիստների կտավներին: Եթե իմպրեսիոնիստների նկարներում գլխավոր դերը պատկանում էր առանձին ներկերի զգայական հմայքին, երաժշտության մեջ առաջին պլան էին մղվում հնչյունի ներդաշնակությունն ու տեմբրը, այլ ոչ թե

երաժշտական գիծը: Նորարարների շարքում, որոնք զգալի դեր են խաղացել այս ուղղության զարգացման գործում, առաջին հերթին նշում են Կ. Դեբյուսիի ու Մ. Ռավելի անունները:

Այսպիսով՝ արվեստի այնպիսի մի ուղղություն, ինչպիսին գեղանկարչությունն էր, բնության առավել ամբողջական արտացոլման համար նույնպես հրաժարվում է դասական արտահայտչամիջոցներից՝ հոգուտ ընդհատի վրձնահարվածների:

Դեռ ավելին, երբ 1900 թ. Պլանկն առաջ քաշեց քվանտային հիպոթեզը, զարգացման այս ընդհանուր օրինաչափություններից ելնելով, Օ. Շպենգլերի կողմից XX դարի սկզբում, շրջանառության մեջ դրվեց «իմպրեսիոնիստական ֆիզիկա» հասկացությունը: Դրանով կարևորվում էր այն, որ և՛ աշխարհաճանաչման, և՛ աշխարհընկալման զարգացման պրոցեսները ոչ միայն փոխլրացնող են, այլ նաև ունեն զարգացման նման օրինաչափություններ, նույնիսկ ժամանակագրություն:

Մեթոդական առումով ուսումնական ձեռնարկում փորձ է արված լուծելու հետևյալ կարևորագույն խնդիրները.

- չվերածել այն ֆիզիկայի, քիմիայի, կամ բնագիտական այլ մասնագիտության հանրամատչելի ձեռնարկի,
- չվերածել այն նաև գուտ փիլիսոփայության կամ գիտության փիլիսոփայության մասին դատողությունների,
- հսկայածավալ նյութից ընտրել այն նվազագույնը, որը դասընթացի ամբողջական պատկերացում կձևավորի՝ խթանելով հետագա ինքնուրույն աշխատանքը:

«Ժամանակակից բնագիտությունը և ֆիզիկայի հիմնարար օրենքները» ձեռնարկի ուսումնասիրման ընթացքում ժամանակակից բնագիտությունը կներկայացվի համապիտանի մեթոդների ու օրենքների ամբողջության մեջ՝ ցուցադրելով շրջապատող աշխարհի ճանաչման ռացիոնալ մեթոդի առանձնահատկությունը, բնագիտության տրամաբանությունն ու կառուցվածքը: Կարևոր է ընդգծել, որ դասընթացը նպատակ չունի հասկանալի ու ամբողջական մատուցելու այս կամ այն գիտական առարկան (ֆիզիկա, քիմիա, էկոլոգիա և այլն), այլ հավակնում է ընկալելի դարձնել այս կամ այն գիտության հիմնական հասկացությունները, ներառյալ կապը հարակից բնագավառների հետ: Այդ պատճառով էլ մաթեմատիկայի հզոր զինանոցի կիրառումը հասցված է նվազագույնի: Մի շարք դեպքերում բարդ հավասարումների ներկայացումը կրում է ցուցադրական բնույթ՝ նյութն առավել ամբողջական ներկայացնելու նպատակով: Նման հատվածները տեքստում առանձնացված են:

Հեղինակը երախտապարտ է ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, արվեստագիտության դոկտոր Հ. Հովհաննիսյանին, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ, ֆիզմաթ գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ռ. Ավագյանին, ֆիզմաթ գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ռ. Հակոբյանին, ֆիզմաթ գիտությունների թեկնածու, դոցենտ Գ. Ալավերդյանին, ֆիզմաթ գիտությունների թեկնածու, դոցենտ Ա. Մանասեյանին, ինչպես նաև ինժեներ-խորհրդատու Վ. Կոզմոյանին՝ ձեռնարկն ընթերցելու և արժեքավոր դիտողություն անելու համար:

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

«Ինդալիսի՛ր գիտենալ» (Sapere aude)

Լատինական ասացվածք

«Մեկական խելքով մտածելու քաջություն ունեցի՛ր»:

Ի. Կանտի թարգմանությամբ

Կրթական համակարգի առաջնահերթ խնդիրն ապագա մասնագետին բազմահազարամյա քաղաքակրթության նվաճումներին հասու դարձնելն է՝ հասարակության լիարժեք այնպիսի անդամ դաստիարակելը, որն իր ուսերին է կրելու մարդկության ապագայի կերտման պատասխանատվությունը: Նման հսկայածավալ աշխատանքը, բնականաբար, համակարգման լուրջ անհրաժեշտություն ունի կուտակված գիտելիքների բյուրեղացման ու կրթական համակարգի հիմնապյուները դարձնելու ուղղությամբ: Այսպես, օրինակ, քվանտային ֆիզիկայի և հարաբերականության տեսության հայեցակարգերի ձևավորումը բերեց ոչ միայն դասական ֆիզիկայի պատկերացումների ընդլայնման, ճշգրտման ու արմատական փոփոխության, այլև հենց մարդկային մտածելակերպի որակական փոփոխության՝ սկսած տրամաբանական հիմքից և ներառյալ կիրառությունները: Ֆիզիկայի նոր հայեցակարգի ազդեցությունը տարածվեց նախ հարակից ու սերտակապ գիտությունների, այնուհետև՝ շատ արագ բոլոր բնական գիտությունների և գիտատեխնիկական ու արտադրական ոլորտների վրա: Ի վերջո, ուղղակի թե անուղղակի այն նաև մուտք գործեց հասարակական ու հումանիտար գիտություններ և արվեստներ՝ զարգացնելով ու սկզբունքային նոր մակարդակի հասցնելով մարդկային ողջ քաղաքակրթությունը: Բնականաբար, այն իր արտացոլումը պետք գտնե՛ր նաև կրթական ոլորտում: Այդ գործընթացը սկսվեց շուրջ կես դար առաջ: Ձևավորվեց և մշակվեց ինքնուրույն դասընթաց, որը փութով ընդգրկվեց աշխարհի առաջնակարգ, հետո՝ այլ համալսարանների բոլոր մասնագիտությունների ուսումնական պլաններում:

Արդեն իսկ մշակվել, հրատարակվել ու ասպարեզ են իջեցվել «Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացի հարյուրավոր ձեռնարկներ [1-8]: Սակայն դրանք արագորեն դադարում են բավարար չափով լիակատար ու արդիական լինելուց, քանի որ.

- առանձին մասնագիտությունների գծով ներկայացվող պահանջները դասընթացի նկատմամբ տարբեր են թե՛ մակարդակի, թե՛ բովանդակային կառուցվածքի առումով,

- գիտության զարգացման արդի թափն ու օրըստօրե ստացվող արդյունքները հարկադրում են նորացնել նաև դասագրքերը:

«Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացն ունի կիրառական արժեքավոր նշանակություն ևս: Այն հարստացնում է համընդհանուր գիտելիքի ու գիտական մեթոդների պաշարը և ընդլայնում ուսանողի մտահորիզոնը՝ միաժամանակ նպաստելով տարբեր գիտությունների և գիտության առանձին ճյուղերի մեթոդական ու հայեցակարգային փոխներթափանցմանն ու ընդհանուր հիմքի ձևավորմանը: Արդեն սովորական են դարձել տվյալ գիտության որևէ ուղղության խորացումը, զարգացումը, սեփական եղանակների մշակումն ու վերաճումը առանձին ճյուղի կամ անգամ գիտության հպակցումներով: Հասնելով զարգացման որոշակի աստիճանի՝ վերադառնում են ակունքներին և որոնում կերպային (մոդելային) ընդհանուրը, ինչպես, օրինակ, տատանումների և ալիքների ֆիզիկան, կամ փոխլրացնում ու վերամիավորվում են առավել լիակատար ընդհանուրի մեջ, ինչպես ժառանգականության ու զարգացման (էվոյուցիայի) տեսությունները: Նմանօրինակ գործընթացներ առկա են նաև այլ ոլորտներում: Ուստի կարելի է եզրահանգել ընդհանուր պնդման. ցանկացած բնագետի նպատակը շրջապատող աշխարհի (բառի ամենալայն իմաստով) ուսումնասիրությունն է մոդելավորման միջոցով: Այս գործընթացի ընդգրկուն նկարագիրը տվել է Ալբերտ Այնշտայնը [9].

- *«Ֆիզիկական հասկացությունները մարդկային մտքի ազատ ստեղծագործություններ են և արտաքին աշխարհի կողմից միարժեքորեն չեն որոշված, ինչպես երբեմն կարող է թվալ: Իրականությունը (շրջապատող աշխարհը) հասկանալու մեր ձգտմամբ որոշ չափով նման ենք այն մարդուն, որն ուզում է հասկանալ փակ ժամացույցի մեխանիզմը: Նա տեսնում է թվատախտակն ու շարժվող սլաքները, նույնիսկ լսում է տկտկոցը, բայց կափարիչը բացելու հնարավորություն չունի: Սրամիտ լինելու դեպքում կարող է իր համար այնպիսի մի մեխանիզմի պատկեր (փաստացի մոդել) նկարել, որ համապատասխանի այն ամենին, ինչ ինքը դիտում է, բայց նա չի կարող լիովին համոզված լինել, որ գծածը իր դիտումները բացատրող միակ պատկերն է: Նա երբեք ի վիճակի չի լինի իր գծած պատկերը իրական մեխանիզմի հետ համեմատելու և նույնիսկ չի կարող պատկերացնել այդպիսի համեմատության հնարավորությունը կամ իմաստը: Բայց նա, իհարկե, համոզված է, որ իր գիտելիքի աճմանը զուգընթաց իր ստեղծած պատկերն ավելի ու ավելի*

պարզ կդառնա և իր զգայական ընկալումների ավելի մեծ մասը կբացատրի: Նա կարող է նույնիսկ հավատալ գիտելիքի իդեալական այդ սահմանի գոյությանը և այն բանին, որ մարդկային միտքը մոտեցնում է այն: Այդ իդեալական սահմանը նա կարող է անվանել օբյեկտիվ ճշմարտություն»:

Նման ընդհանրական խնդրի լուծումն առավել արդյունավետ է կոռտրամաբանական կառուցվածք ունեցող մաթեմատիկայի հզոր ապարատի կիրառմամբ: Ճշգրիտ գիտության՝ մաթեմատիկայի ու բնական գիտությունների փոխներթափանցումը դարերի պատմություն ունի, իսկ, օրինակ, սոցիալ-սնտեսագիտականը՝ համեմատաբար նոր:

Բնական և ճշգրիտ գիտությունները բնականոն կերպով շատ վաղուց կիրառություններ են գտել նաև արվեստում: Երկրաչափությունը, կենսաբանությունն ու օպտիկան ի սկզբանե կազմել են նկարչության, քանդակագործության ու ճարտարապետության հիմքերը և նույնիսկ վերածվել են չհամակարգված հայեցակարգային դրույթների, որպիսիք են, ասենք, ներդաշնակությունն ու տրամաչափային ինվարիանտությունը (սկեյլինգը) նմանության հիման վրա (որից էլ՝ մանրակերտումը (մակետավորումը), պետրագրաֆիան (հունարեն՝ πέτρος – քար, γράφω – գրում եմ բառերից, գիտություն լեռնային ապարների մասին) և այլն): Արդյո՞ք լոկ նկարչի քանքարով Լեոնարդո դա Վինչին կերտեց հիասքանչ Ջոկոնդան, թե՞ հանճարեղորեն է օգտագործել այն ժամանակների համար իր ունեցած բարձրակարգ գիտելիքները ֆիզիկայի ու ճարտարագիտատեխնիկական ոլորտներում: Մասնավորապես, ինչպես թվում է, նա խորապես ուսումնասիրել է ներկերի տեխնոլոգիան ու նրանց օպտիկական հատկությունները, անհամասեռ բազմաշերտ միջավայրում լույսի անդրադարձման ու տարածման երևույթները, ինչպես նաև աչքի, որպես լույսի հիշողությամբ օժտված կենսաբանական ընդունիչի, բնորոշիչները և այդ բոլորը, զուգակցելով երևակայության շատ մեծ ուժի ու ճշգրիտ հաշվարկների հետ, կերտել է Ջոկոնդայի կախարդական նրբաժայտը: Չկա ոչ մի հավաստող փաստ առ այն, որ Լեոնարդոն դրել է տեղեկության սեղմման, երկչափ պատկերով եռաչափը ներկայացնելու հիմքերը և այլն, ուստի Ջոկոնդան միջնադարից առ այսօր մնում է որպես կերպարվեստի գլուխգործոց:

Այդօրինակ գիտական խնդիրներ դրվեցին XX դարի կեսերից սկսած, երբ Գաբորը մշակեց հոլոգրաֆիայի սկզբունքները, և շարունակվում են առ այսօր, երբ արդեն կյանք են մտել եռաչափ (3D-ձևաչափով) հեռուստատեսությունն ու կինոն, որի ֆիզիկական հիմքը աչքի հիշողության շնորհիվ «միաժամանակյա» ձևավորվող երկպատկերն է: Բնչպես

տեսնում ենք, հինգ դար հետո տեղեկության համար հայեցակարգային այս նոր նվաճումները Լեոնարդոյի օգտագործած երևույթների գիտական ներկայացումն ու զարգացումն են:

Բնագիտական բարձրագույն կրթություն ստացած Խորխե Լուիս Բորխեսը, լայնորեն օգտագործելով բնական գիտությունների հայեցակարգային դրույթները, հիմնադրեց լատինաամերիկյան գրականության արդի ուղղությունը, որը դեռևս համաշխարհային գրականության առաջատար ուղղություններից մեկն է: Լավ հայտնի են նրա գրական ժառանգորդները՝ Խուլիո Կորտասարը, Գաբրիել Գարսիա Մարքեսը, Պաբլո Ներուդան, Ժորժի Ամադուն, Գարսիա Լորկան, և «թոռները» Զինգիզ Այթմաթովը, մեր մեծատաղանդ արձակագիր Հրանտ Մաթևոսյանը և այլք:

Էլ ավելի անմիջական է ներկայումս դարձել բնական գիտությունների հայեցակարգերի կիրառումը հաղորդակցման միջազգային արհեստածին լեզու ստեղծելու հարցում: Նախ պերճախոս է առկա շուրջ 500 արհեստածին լեզուների հենց ստեղծման վիճակագրական պատկերը: Շուրջ երեք քառորդը հեղինակել են բնական ճշգրիտ ու ֆիզիկատեխնիկական գիտությունների ներկայացուցիչները: Համարյա բոլորի հիմքում ընկած են բնական ճշգրիտ գիտությունների տրամաբանական սկզբունքներն ու հայեցակարգային դրույթները: Գրեթե ոչ մեկը դեռևս չի հավակնում ավարտուն ու համակարգված լինելուն կամ արքսիոմատիկ լիակատար հենք ունենալուն: Վերջինիս պատճառով առավել արդյունավետ ու կենսունակ արհեստածին լեզվի ստեղծման գործընթացը հիմա էլ շարունակվում է: Ամերիկացի ֆիզիկոս, քվարկների «հայր», քվանտային քրոմոդինամիկայի համահիմնադիր, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Մարրի Գելմանը շուրջ 10 տարի ուսումնասիրել է համաչափությունները (սիմետրիաները) լեզուներում, որպեսզի միջազգային լեզվի ստեղծման համար մշակվի կոռ հայեցակարգ ու արքսիոմատիկա:

Անտարակույս, այսօրինակ թվարկումը հնարավոր է շատ երկար շարունակել, սակայն արդեն իսկ կարելի է եզրահանգել: Անխուսափելի անհրաժեշտություն է դարձել «Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացի պարտադիր ներառումը կրթական համակարգում բոլոր մասնագիտությունների համար:

Ի մի բերելով վերոշարադրյալը՝ կարելի է «Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացի նպատակները համառոտ ձևակերպել հետևյալ կերպ.

- ուսումնասիրել այն օրինաչափությունները, որոնցով զարգացել և զարգանում է տվյալ գիտությունը,

- բացահայտել դեպի գիտության այլ ուղղություններ և կիրառություններ տանող ճյուղավորումները:

Երևանի պետական համալսարանը ևս նոր հազարամյակում որպես պարտադիր առարկա հումանիտար և սոցիալ տնտեսագիտական մասնագիտություններում ներառել էր «Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը» դասընթացը: Հետագայում, ստանալով կամընտրական դասընթացի կարգավիճակ, այն ընդգրկվեց որպես ընդհանուր կրթական կառուցամասի բաղադրիչ:

Հարցի նման դրվածքը թելադրում է մայրենի լեզվով դասագրքի պահանջարկը:

Ներկայացվող «Ժամանակակից բնագիտությունը և ֆիզիկայի հիմնարար օրենքները» ուսումնական ձեռնարկը նախատեսված է նրանց համար, ովքեր հետաքրքրվում են ժամանակակից բնագիտությամբ, բնական և հումանիտար գիտությունների մեթոդաբանական ընդհանրությանն ու առանձնահատկություններին առնչվող հարցերով:

Ներկայացվող «Ժամանակակից բնագիտությունը և ֆիզիկայի հիմնարար օրենքները» ուսումնական ձեռնարկի շարադրանքը համապատասխանում է «Բնագիտության ժամանակակից հայեցակարգերը» դասընթացի ուսումնական ծրագրին, բայց կարող է կիրառվել նաև «Հետազոտության պլանավորում և մեթոդիկա» դասընթացի սահմաններում: Այն նախատեսված է թե՛ բնագիտական, թե՛ հումանիտար և սոցիալ-տնտեսագիտական ուղղություններով մասնագիտացող բակալավրիատի ու մագիստրատուրայի ուսանողների համար:

Ձեռնարկը, անկասկած, կարող է օգտակար լինել նաև ընթերցողների լայն շրջանակի համար, որոնք հետաքրքրվում են ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերով, բնական ու հումանիտար գիտությունների մեթոդաբանական ընդհանրությանն ու առանձնահատկություններին առնչվող հարցերով:

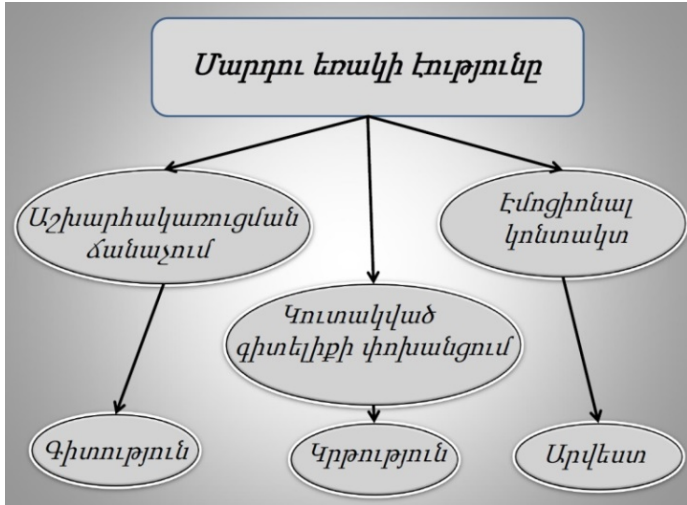
ՄԱՍ I. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԻ ԱՐՄԱՏՆԵՐԸ
ԹԵՄԱ 1. ՄԱՐԴԸ ԵՎ ՇՐՋԱՊԱՏՈՂ ԱՇԽԱՐՀԸ

*«Բնության գաղտնիքների մեծ պատմությունը
կարդալու փորձերը նույնքան հին են, որքան
մարդկային մտածողությունն ինքը»:*
Ա. Այնշտայն

1.1. ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ, ԱՐՎԵՍՏ, ԿՐԹՈՒԹՅՈՒՆ

Մարդու զարգացման ընթացքում չափազանց էական դեր են խաղացել հետաքրքրասիրությունը, դիտումներ և հետևություններ անելու ունակությունը (տե՛ս Նկ. I.1) [10]:

- Աշխարհակառուցման ճանաչման անհաղթահարելի ձգտումը հիմնավորված է մարդկային բանականության ամենախորքում և կազմում է մարդու առաջին էությունը: ***Մարդու հենց այս առանձնահատկությունն է խթանում հիմնարար գիտությունների զարգացումը:***
- Մարդկային ցեղի երկրորդ կարևոր առանձնահատկությունը՝ ***ձեռք բերած գիտելիքների կուտակման և տարածման ունակությունն է:*** Մեկ սերնդի սահմաններում դրանք տարածվում են շղթայական ռեակցիայի սկզբունքով. մեկ մարդը հաղորդում է իր գիտելիքները մի քանիսին, նրանցից յուրաքանչյուրը՝ մեկ այլ խմբի և այսպես շարունակ: Գիտելիքի փոխանցման նման բնույթը լավ երևում է արդի կրթական համակարգում: Սակայն սերնդից սերունդ գիտելիքի այս փոխանցումն իրականացվում է մեկը զգալիորեն գերազանցող գործակցով: Այսպիսի երևույթ չի դիտվում Երկիրը բնակեցնող կենդանական աշխարհի ոչ մի այլ ներկայացուցչի մոտ:
- Մարդկային ցեղի երրորդ էությունը ***շրջապատող աշխարհի հետ զգայական (էմոցիոնալ) կոնտակտի անհաղթահարելի անհրաժեշտությունն է:***



Նկ. 1.1. Մարդու եռակի էությունը

Մարդու առաջին երկու էությունները գիտատեխնիկական առաջընթացի հիմքն են, իսկ երրորդը՝ զգայությունների, էմոցիաների, հետևաբար արվեստի: Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ արվեստի մասին ասվածը հավասարապես վերաբերում է նաև կրոնին, սակայն այս դասընթացի սահմաններում այդ հարցերին միայն դրվագային անդրադարձ կլինի:

Կարելի է պնդել, գիտությունը (մասնավորապես, ֆիզիկան) ոչ միայն ճշմարտության որոնումն է, այլ նաև բնության ուժերի նկատմամբ պոտենցիալ իշխանություն ունենալու ձգտումը: Այս իմաստով գիտությունը հիմնվում է ռացիոնալ տրամաբանական մտածողության վրա: Տրամաբանությունը նրա հիմնական զենքն է:

Մեջբերենք արժանահիշատակ է Ռենե Դեկարտի խոսքերը [11].

«Ֆիզիկայի ուսումնասիրման նպատակը մարդկանց «բնության տերերը» դարձնելն է: Այդ իշխանությանը մարդը կարող է հասնել ֆիզիկայի հետազոտություններում ամենակատարյալ գիտության՝ մաթեմատիկայի մեթոդները կիրառելով»:



Նկ. 1.2. Չինական Տայցզի խորհրդանիշը [12]

Այսպիսով՝ գիտությունն ու արվեստը աշխարհընկալման տարբեր, բայց մեկը մյուսին լրացնող մոտեցումներ են և չեն կարող փոխարինել մեկը մյուսին:

Գիտությունն աշխարհաճանաչման հիմքն է, արվեստը՝ աշխարհընկալման:

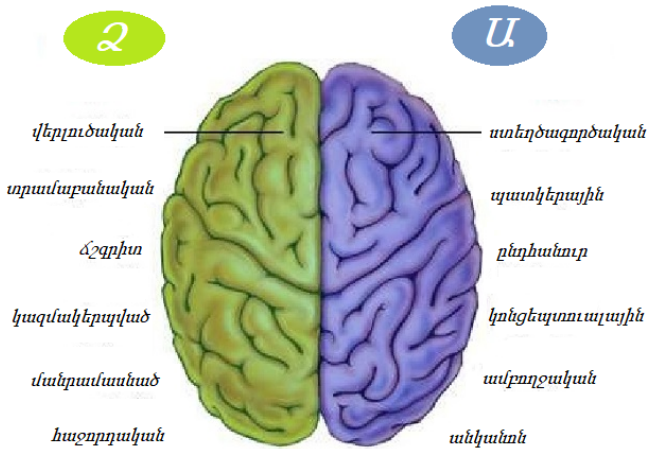
Այս առումով հետաքրքիր է չինական Տայցզի խորհրդանիշը (տե՛ս Նկ. 1. 2): Այդ խորհրդանիշով արտահայտվում է կեցության էությունը՝ Տիեզերքի երկու հակառակ նախասկզբի՝ Ինի (չարի) ու Յանի (բարու) անխզելի միասնությունն ու փոխլրացումը: Այն կարող է խորհրդանշել նաև գիտության ու արվեստի փոխհարաբերությունը: Այսինքն՝ ինչպես այդ իմաստուն նշանում, որը, ըստ չինացիների, բաղկացած է ամենակատարյալ գծերից-շրջաններից, գիտության ամենախորքում կա արվեստի տարր, իսկ յուրաքանչյուր արվեստ իր մեջ կրում է գիտության հատիկ:

1.2. ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՎ ՀԱՄԱՐԱԿԱԳԻՏԱԿԱՆ ՄՇԱԿՈՒՅԹՆԵՐ

Ի սկզբանե չի եղել գիտության այնպիսի տրոհում՝ դիֆերենցվածություն, ինչպիսին ներկայումս է: Մեր նախնիներն աշխարհն ընկալում էին միասնական, թեև մակերեսորեն: Նրանք իրենց համարում էին բնությունից անբաժան ու ջանում էին ապրել նրա օրենքներով: Ունեին նույն հարցերը, ինչ մենք, սակայն, ի տարբերություն մեզ, նրանց աշխարհաճանաչողությունն ամբողջական էր: Գիտելիքների կուտակման արագ թափը հանգեցրեց նրանց կրոնափիլիսոփայական համակարգի տրոհմանը՝ գիտությունների, արվեստի և հավատամքների, իսկ ապա նրանցից յուրաքանչյուրը բազմապատկեց իր ճյուղավորումները՝ ի վերջո

հանգեցնելով արդի աշխարհաճանաչողության փշրված խճանկարին: Որպես այդպիսի տրոհման արդյունք՝ մարդկային մտածողությունը կորցրեց իր համապիտանիությունը և առաջացան բնագիտական և հումանիտար բաղադրիչները:

1981 թ. Կալիֆոռնիայի տեխնոլոգիական ինստիտուտի պրոֆեսոր, նեյրոկենսաբան Ռոջեր Սպերին արժանացավ Նոբելյան մրցանակի՝ մարդու ուղեղի ֆունկցիոնալ ասիմետրիան հայտնաբերելու համար [13]: Ինչպես ցույց էին տալիս նրա հետազոտությունները, գլխուղեղի ձախ կիսագունդը հաջորդաբար մշակում է տեմպորալ՝ ժամանակի ընթացքում զարգացող տեղեկությունը և հակված է հաջորդական ռացիոնալ մտածողության, աջ կիսագունդը, ընդհակառակը, պատկերների ամբողջական ընկալմանը: Այսպիսով՝ ձախ կիսագունդը տրամաբանության՝ անալիտիկ մտածողության կիսագունդն է, իսկ աջը՝ էմոցիաների, միստիկայի, որը միավորում է միաժամանակյա, սինթետիկ ընկալումը (տե՛ս Նկ. I. 3):



Նկ. I.3. Ուղեղի աջ և ձախ կիսագնդերի ֆունկցիաները

Հասկանալի է, յուրաքանչյուր անհատի մոտ «ռացիոնալ» (ձախ) և պատկերային (աջ կիսագնդերը) հավասարապես չեն զարգացած, ինչը և պայմանավորում է «ֆիզիկ-լիրիկ» հայտնի մրցակցությունը: Մշակույթի այդ երկու բաղադրիչների խզման թեզը ձևակերպվել է դեռևս 1959 թ. Թ. Մոռուի կողմից. մտավորականության հոգեկան աշխարհը տրոհված է երկու հակադիր մասերի, որոնք միևնույն երևույթների նկատմամբ

այնպիսի տարբեր վերաբերմունք ունեն, որ չեն կարողանում ընդհանուր լեզու գտնել:

Գործնականում այս առանձնացումը XX դարի ինչպես անտրոպոգեն-մարդածին (մասնավորապես նաև էկոլոգիական), այնպես էլ զանգվածային հոգեբանական աղետների պատճառ է, որոնց թվին կարելի է դասել թե՛ աղանդները, թե՛ փսնդոգիտությունը՝ աստղաբանությունը, ուֆոլոգիան, պարահոգեբանությունը և այլն:

Ակնհայտ է, սակայն, մի բան: Ուղեղի կիսագնդերի գործառույթների այսօրինակ տարանջատումը որոշ պայմանականություն ունի և իրականության ներկայացման լավ, բայց լոկ առաջին մոտավորությունն է: Յուրաքանչյուր մարդու գլխուղեղի երկու կիսագնդերը մեկուսացված չեն. ձախ («ռացիոնալ») կիսագունդը սնում է «պատկերային», աջը՝ հակառակը:

Հետագա աղետների կանխարգելման հիմք է այն գաղափարի գիտակցումը, որ բնագիտական ու հումանիտար ճյուղերը մարդկային մշակույթի թեկուզև տարբեր, սակայն անբաժանելի բևեռներ են:

1.3. ԲՆԱՍՏԻՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՉՈՐՄ ՓՈԻԼԵՐԸ

Մարդկային մտքի զարգացման պատմությունը կարելի է բաժանել չորս հիմնական փուլերի՝ առասպելաբանական, բնափիլիսոփայական, կրոնական և գիտական, որոնցից յուրաքանչյուրի տևողությունը մոտ 1100 տարի է.

- մ.թ.ա. 1700-600 թթ. **առասպելաբանական** – արմատական վճիռների կայացումը պայմանավորված էր առասպելաբանությամբ, այն է, բնական ուժերի և մարմինների աստվածացմամբ (հավատամքի փուլ): Այս փուլում է տեղի ունենում բնության և բնական ուժերի ու մարմինների օգտագործման մասին տեղեկության կուտակումը:
- մ.թ.ա. 600- մ.թ. 485 թթ. **բնափիլիսոփայական** – գլխավոր է դառնում բնափիլիսոփայությունը որպես ռացիոնալ վարքի միջոց, և մարդկային բանականությունը հայտնվում է աշխարհակառուցման կենտրոնում: Տվյալ փուլում բնության փոփոխման գործունեությանն ավելանում են նաև տեսական դատողությունները այդ փոփոխությունների պատճառների և առանձնահատկությունների մասին: Առաջանում են բնության երևույթները և նրանց փոփոխությունները ռացիոնալ բացատրող առաջին տեսությունները:

- մ.թ. 485-1584 թթ. **կրոնական** — այս փուլում նորից հավատը գերակշռում է բանականությանը, եկեղեցին՝ հասարակությանը: Եվ որպես հետևանք դրսևորվում է կոնսերվատիզմ գիտության նկատմամբ: Բնագիտությունը դարձյալ սահմանափակվում է փաստերի կուտակմամբ, քանի որ բնության փոփոխության միակ պատճառը կապվում է Աստծո հետ:
- 1584 թվականից առ այսօր **գիտական** — առաջին պլան են մղվում գիտությունը և գիտնականը՝ որպես նոր աշխարհի ստեղծողներ: Այս փուլում բոլոր փաստերը, մեթոդներն ու տեսությունները որպես բնության մասին առավել ամբողջական գիտություն, միավորվում են բնագիտության մեջ: Հաջորդաբար իրականացվում են գիտական հեղափոխություններ, որոնք արմատապես փոխում են հասարակության զարգացումը:

ԹԵՄԱ 2. ԱՆՏԻԿ ԱՇԽԱՐՀԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ

*«Թերևս դժվար թե առաջընթաց ունենալինք ժամանակակից ատոմային ֆիզիկայում՝ ծանոթ չլինելով հունական փիլիսոփայությանը»:
Վերներ Հայդենբերգ*

2.1. ԲՆԱՓԻԼԻՍՈՓԱՅՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂԸ

Մարդ արարածը, ըստ մարդաբանական տվյալների, Երկրի վրա առաջացել է մոտ 2 մլն տարի առաջ, սակայն մարդ բանականը (Homo Sapiens) մոտ 40000 տարի: Նախնադարյան մարդը դեռևս սնունդ, հագուստ, վայրի գազաններից պաշտպանված բնակավայր հայթայթելիս գիտելիք էր կուտակում շրջապատող իրականության մասին: Բայց նրա ձեռք բերած գիտելիքը դեռևս գիտություն չէր, այլ ընդամենը պրակտիկ գործունեության ընդհանրացում: Մտավոր ու ֆիզիկական աշխատանքների բաժանման հետևանքով առանձնանում է մարդկանց մի խումբ, որն ի գործու է հասկանալու կուտակված գիտելիքը, համակարգելու դրանք, ինչ-որ չափով բացահայտելու բնության երևույթները, նրանց կապն ու օրինաչափությունները: Հայտնվում են գիտության սաղմերը: Սակայն սկզբնապես այդ գիտական զբաղմունքը սահմանափակվում էր դիտումների, պրակտիկ փորձի վրա հիմնված բնափիլիսոփայական պրոբլեմներով: Ավելի ուշ հաճախացան այս կամ այն դատողությունների փորձարարական ստուգումները, սակայն անտիկ ժամանակներում փորձը (էքսպերիմենտը) չդարձավ էմպիրիկ գիտելիքների ստացման հիմնական աղբյուր, տեսական վերլուծության ստուգման համակարգված մեթոդ: Դա, իհարկե, հասկանալի էր, քանի որ նույնիսկ այն դեպքերում, երբ անտիկ մտածողները հստակ պատկերացնում էին ուսումնասիրվող երևույթի կողմնակի ազդեցություններից մեկուսացման անհրաժեշտությունը, այն ժամանակվա գիտության ու տեխնիկայի մակարդակը հնարավորություն չէր ընձեռում դա իրականացնելու: Գլխավոր ու երկրորդական երևույթների տարանջատումը պահանջում էր լայն ու խորը գիտելիք, որոնք այն ժամանակ բացակայում էին:

Ըստ էության, մարդկային մտքի համակարգային զարգացման պատմությունը սկսել է բնության փիլիսոփայությունից, որի հիմքը բնության՝ որպես ամբողջության, մտահայեցողական բացատրությունն էր:

Բնական գիտություններից առաջինն աստղագիտությունն էր, որից սկսել է զարգանալ բնագիտական միտքը: Աստղագիտության զարգաց-

ման համար անհրաժեշտ էր մաթեմատիկա, իսկ շինարարական պրակտիկան խթանում էր մեխանիկայի զարգացումը: Անվիճելի է՝ հնագույն պետությունների հսկայական կառույցները (տաճարներ, ամրոցներ, բուրգեր) պահանջում էին շինարարական մեխանիկայի և ստատիկայի էմպիրիկ տեղեկություններ: Այնպես որ կիրառական պահանջները թելադրում էին թվաբանության, երկրաչափության, հանրահաշվի, աստղագիտության, մեխանիկայի և այլ բնագավառների նախնական գիտելիքի անհրաժեշտությունը: Հատկապես բարձր զարգացման էին հասել բաբելոնյան մաթեմատիկան ու աստղագիտությունը: Նրանք գիտեին Պյութագորասի թեորեմը, հաշվում էին քառակուսիներ, խորանարդներ և համապատասխան արմատներ, կարող էին լուծել հավասարումների պարզ համակարգեր և քառակուսի հավասարումներ: Նրանք էին էկլիպտիկան կենդանակերպի 12 համաստեղությունների բաժանել:

2.2. ՏԱՐԵՐԱՅԻՆ ՊԱՏԿԵՐԱՑՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ

Զնայած Հին Արևելքի գիտության հսկայական նվաճումներին՝ արդի գիտության իրական հայրենիքը դարձավ Հին Հունաստանը: Այնտեղ առաջին անգամ մարդկային բանականությունը գիտակցեց իր ուժը, և մարդիկ սկսեցին զբաղվել գիտությամբ ոչ միայն անհրաժեշտությամբ թելադրված, այլ նաև այն պատճառով, որ դա հետաքրքիր էր, և ճաշակեցին, ըստ Արիստոտելի, «ճանաչման հաճույքը»: Առաջին գիտնականներին սկսեցին կոչել փիլիսոփաներ (հունարեն՝ *φιλόσοφος* – իմաստասեր)[11]:

Հնագույն ժամանակներից սկսած մինչև անտիկ փիլիսոփայություն որոնվում էր ամենայնի մի սկզբնական նախանյութ՝ սուբստանց: Նախանյութի գաղափարն առաջին անգամ ներմուծվել է Հոնիական դպրոցի ներկայացուցիչների կողմից (ջուր՝ ըստ Թալեսի (մ.թ.ա. 624-527 թթ.), ապելյոն՝ ըստ Անաքսիմանդրոսի (մ.թ.ա. 610-546 թթ.): Այն շատ հմայիչ էր, այդ պատճառով բազմիցս վերածնվել է ֆիզիկայում: Բայց միշտ դժվարություններ են առաջացել առարկաների բազմազանության և աշխարհում փոփոխությունների առաջացման բացատրության հարցում:

Անտիկ ժամանակներում լայն տարածում էր ստացել երեք կարևորագույն ուսմունք:

Լևկիպոս-Դեմոկրիտոս-Էպիկուրի ատոմական ուսմունքը

Այս ուսմունքը ձևավորվել է մ.թ.ա. V դարում Լևկիպոսի և նրա աշակերտ Դեմոկրիտոսի կողմից: Էական առանձնահատկությունն էր

այն, որ, ելնելով միասնական նախանյութի գաղափարից՝ առարկաների բազմազանությունը բացատրում էին ոչ թե բաղադրության, այլ՝ կառուցվածքի տարբերությամբ:

Ըստ նախնիների՝ մարմինները, բաղկացած լինելով նույն նախանյութից, տարբերվում էին միայն խտությամբ: Լևկիպոսն ու Դեմոկրիտոսը ենթադրում էին, որ բոլոր մարմինները տարբերվում են պարզագույն տարրերի ձևերով, նրանց դասավորության կարգով և փոխադարձ պտույտով:

Հարկ է նշել, որ մեզ չի հասել Դեմոկրիտոսի աշխատությունը, ինչպես նաև այդ աշխատության մշակումը Էպիկուրոսի (մ.թ.ա. IV դ.) կողմից: Մեզ է հասել Լուկրեցիոս Կարի «Իրերի բնության մասին» չափածո գործը, որը պարունակում է Էպիկուրի աշխատության մանրամասն շարադրանքը:

Լևկիպոս-Դեմոկրիտոս-Էպիկուրյան ուսմունքի հիմքում ընկած էր երեք սկզբունք. մատերիայի պահպանումը, մատերիայի ձևերի (տեսակների) պահպանումը և դատարկության գոյությունը:

- Առաջին սկզբունքը ձևավորվել էր դեռևս հունիական դպրոցում. «Ոչնչից ոչինչ չի կարող առաջանալ» (“Nil posse creari de nilo”):
- Ըստ երկրորդ սկզբունքի՝ ցանկացած մարմին ավերվելիս տրոհվում է «հիմնական» մասերի, որոնցից նորից «հավաքվում են» նմանատիպ մարմիններ: Երկրորդ սկզբունքը, ըստ Էպիկուրոսի, բնության մեջ մատերիայի նույն տեսակների անընդհատ կրկնվելու հետևանք է:
- Երրորդ սկզբունքը (դատարկության գոյությունը) շարժման գոյության պարտադիր պայմանն է: Ըստ Լուկրեցիոսի՝ ձայնի անցնելը պատերի և փակ դռների միջով, իսկ մինչև ոսկորները ցրտի թափանցումը ներքին դատարկ տարածությունների գոյության մասին վկայությունն են:

Դեմոկրիտոսի ուսմունքի համաձայն՝ ցանկացած առարկայի ատոմները բաղկացած են նույն նախանյութից, բայց տարբերվում են իրենց չափերով ու ձևերով: Ըստ այդ տեսության՝ բնության մեջ գոյություն ունի նյութի չորս տեսակ՝ հողանման, ջրանման, օդանման ու կրականման: Ամենամեծ ատոմները հողանման նյութերինն են, ամենափոքրը՝ կրականմանինը:

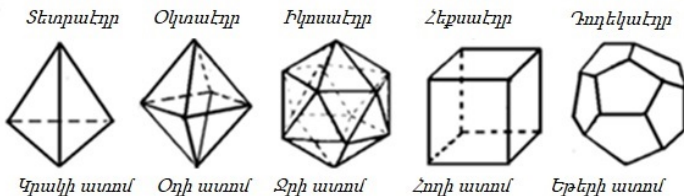
Դեռևս անտիկ ժամանակներում հայտնի էին բնական մագնիսի ու երկաթի, ոչ մետաղական մարմինների և շփված սաթի ձգողության երևույթները: Շատ հետաքրքիր է այս երևույթների բացատրությունը Լուկրեցիոսի մոտ, որը հիմնվում է մարմինների կողմից «թեթև մար-

մնիկներին» արտահոսքի տեսության վրա: Այս «թեթև մարմնիկները», հարվածելով մեր զգայարաններին, առաջացնում են տեսողության, հոտի, տաքի, ցրտի, ձայնի զգացողություն և այլն: Բայց քանի որ բոլոր մարմիններն ունեն անցքեր, ապա արտահոսքը մի մարմնից թափանցում է մյուսի անցքերի մեջ, և առաջանում է արտահոսքերի փոխանակում: Նմանակերպ բացատրվում է նաև մագնիսի ու երկաթի ձգողությունը: Իսկ այդ նյութերի ընտրունակ փոխազդեցությունը բացատրվում էր անցքերի ու մասնիկների երկրաչափական համապատասխանությամբ: Ինչպես տեսնում ենք, «փոխանակային փոխազդեցության» յուրօրինակ տեսական պատկերացումների սաղմերը գոյություն են ունեցել ավելի վաղ ժամանակներում, քան ձգողության հեռագրու ուժերը:

Պլատոնի մոլեկուլային ուսմունքը

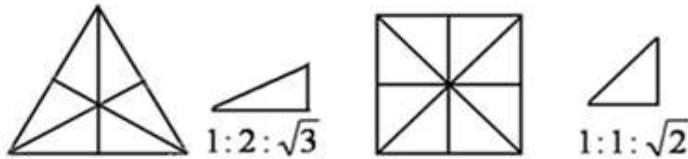
Պլատոնի ֆիզիկական ուսմունքը շարադրված է «Թիմեոս» երկխոսությունում (մ.թ.ա. IV դ.) [14]: Նրա ուսմունքի հիմքում ընկած են մատերիայի չորս տեսակների մասին պատկերացումները, որը մասամբ վերցված էր նախորդներից: Դրանք էին. հողը, ջուրը, օդն ու կրակը: Պլատոնը նախ խոսում է այդ չորս տեսակի մասնիկների կամ կորպուսկուլների մասին: Սակայն, ի տարբերություն Դեմոկրիտոսի և Էպիկուրոսի, նա ընդգծում է նրանց փոխադարձ փոխարկվելիությունը: Գործնականում չհավվող բոլոր նյութերը Պլատոնը վերագրում էր «հողանման» մարմիններին, բոլոր հավվող նյութերը՝ «ջրանման», շոգենման և գազանման նյութերը՝ «օդանմաններին», իսկ բոլոր բոցավառվողները՝ «հրանմաններին»:

Բոլոր նյութերը բաղկացած են ինչ-որ նախնական մատերիայից: Միակ բանը, որով կարող են տարբերվել տարբեր նյութերի մասնիկները, երկրաչափական ձևն է ու չափերը: Իսկ ինչպիսին պետք է լինեն նշված չորս տեսակների մասնիկները (տարրերը): Մի կողմից, նրանք պետք է ապահովեն այդ նյութերի հասկությունները (կարծրությունը, հալվելը, օդակերպությունը, կրակակերպությունը), մյուս կողմից՝ նրանցից երեքը՝ ջուրը, օդը և կրակը, կարող են փոխարկվել մեկը մյուսին:



Նկ. I.4. Պլատոնի «մոլեկուլային բազմանիստերը» [14]

Ըստ Պլատոնի՝ այս երկու պայմաններին ամենալավը պետք է բավարարեն կանոնավոր բազմանիստերը (Նկ. I.4): Նման ընտրությունը պայմանավորված էր այն հանգամանքով, որ Պլատոնը համոզված էր՝ նման կարևոր խնդրի համար Աստված պետք է ընտրեր էսթետիկական առումով կատարյալ ձևեր: Հայտնի են հինգ տեսակի կանոնավոր բազմանիստեր՝ տետրաէդր (բաղկացած 4 տարրական «ատոմական» եռանկյուններից), օկտաէդր (8 եռանկյուն), իկոսաէդր (20 եռանկյուն), խորանարդ (6 քառակուսի) և դոդեկաէդր (12 հնգանկյուններ) (Նկ. I.5): Առաջին երեքի բոլոր նիստերը եռանկյուններ են (կանոնավոր), որոնցից յուրաքանչյուրը կարող է տրոհվել 6 ուղղանկյուն եռանկյունների (կողմերի $1:2:\sqrt{3}$ հարաբերությամբ):



Նկ.I.5. Պլատոնի «մոլեկուլային բազմանիստերը [14]

Խորանարդի նիստը նույնպես բաժանվում է 8 միանման եռանկյունների (կողմերի $1:1:\sqrt{2}$ հարաբերությամբ), իսկ դոդեկաէդրի հնգանկյունները ընդհանրապես չեն բաժանվում միանման եռանկյունների: Ուստի, ըստ Պլատոնի, մատերիայի երեք տեսակների համար կառուցվածքային տարրերը կարող են լինել տետրաէդրը, օկտաէդրն ու իկոսաէդրը: Նման դատարկ բազմանիստերը, տրոհվելով պարզ եռանկյունների ու վերամիավորվելով, կարող են փոխարկվել մեկը մյուսին: Միայն խորանարդն ու դոդեկաէդրը չեն կարող փոխարինվել մեկը մյուսով, ոչ էլ մնացածներին: Հողի ատոմներին վերագրվում է խորանարդի տեսք, քանի որ և՛ հողը, և՛ խորանարդը աչքի են ընկնում իրենց անշարժությամբ: Ջրի ատոմները իկոսաէդր են, քանի որ ջուրը հոսուն է, իսկ բոլոր կանոնավոր երկրաչափական մարմիններից ամենագլորվողը իկոսաէդրն է: Օդի ատոմները օկտաէդր են, քանի որ օդը շարժվում է հետ ու առաջ: Նման տպավորություն թողնում է հենց օկտաէդրը, կրակի ատոմները՝ տետրաէդր՝ որպես ամենասուր, բոլոր կողմերը նետվող: Դոդեկաէդրի՝ հինգերորդ կանոնավոր բազմանիստի համար Պլատոնը ներմուծում է հինգերորդ էությունը՝ «քվինտէսենցիա» հասկացությունը-համաշխարհային եթերը, որի ատոմներին վերագրվում է դոդեկաէդրի տեսք՝ որպես գնդին ամենամոտը:

Այսպիսով՝ Պլատոնի եռանկյուններն ասես կոնտինուումի դիսկրետ բաժինները լինեն: Տետրաէդրը, օկտաէդրը և իկոսաէդրը պարունակում են համապատասխանաբար 24, 48 և 120 ուղղանկյուն ատոմական եռանկյուններ: Ընդ որում՝ նա այնքան իրական է պատկերացնում այդ փոխարկումները, որ նույնիսկ հավասարում է կազմում.

$$\text{«ջուր»} \rightarrow 2 \text{ «օդ»} + 1 \text{ «կրակ»}$$

կամ ըստ եռանկյունների թվի՝

$$120 = 2 \cdot 48 + 24:$$

Սա գիտության պատմության մեջ բալանսի առաջին հավասարումն է: Եթե հաշվի առնենք եռանկյունների նույնականությունն ըստ չափի և կշռի, ապա այդ հավասարումը կարելի է դիտարկել որպես կշիռների բալանս:

Պլատոնը մեծ ուշադրություն է դարձրել նաև բազմանիստերի նիստերի թվի և, ասենք, օրինակ, երաժշտական ակուստիկայում լարի երկարության կապին: Այդ հաշվարկներով նա բացատրում էր, որ էսթետիկայի ու հարմոնիայի քանակական օրենքները այն սկզբնական շարժառիթներն էին, որոնցով դեկավարվել է Աստված տիեզերաստեղծման ժամանակ: Այսպիսով՝ Պլատոնը Պյութագորասի նման փորձում է հիմնավորել, որ Տիեզերքի կառուցվածքը, և վարքը հիմնված է անփոփոխ քանակական օրինաչափությունների վրա:

Արիստոտելի երևութաբանական (ֆենոմենոլոգիական) ուսմունքը

Արիստոտելի աշխատություններից ուշագրավ են «Physica», «De Coelo» (երկնքի մասին), «De generatione et corruptione» (առաջացման և ոչնչացման մասին), «Problemata» (պրոբլեմներ), «Mechanica»: Հատուկ ուշադրության է արժանի Արիստոտելի ուսմունքը շարժման մասին, որը գերակշռում էր ֆիզիկայում մեկուկես հազարամյակ և լուրջ քննադատվել է միայն Վերածննդի շրջանում: Շարժմանն Արիստոտելն ավելի լայն իմաստ էր վերագրում, քան ընդունված է ֆիզիկայում՝ սկսած Գալիլեյի ժամանակներից: Շարժում ասելով՝ Արիստոտելը հասկանում էր ցանկացած քանակական ու որակական փոփոխություն, որի հետևանքով երևույթն իրականանում է: Այդպիսի լայն ըմբռնումը թույլ էր տալիս պնդել, որ բնության մեջ ամեն ինչ շարժվում է: Այնպիսի մասնավոր դեպքը, ինչպիսին ժամանակի ընթացքում դիրքի փոփոխությունն էր, նա անվանում էր լոկալ շարժում ու բաժանում երկու տեսակի՝ բնական ու բռնի, այսպիսով՝ մերժելով երևույթների անընդհատությունն ու համասեռությունը: Ըստ Արիստոտելի՝ միասնության և համասեռության խախտման դրսևորում է նաև աշխարհի երկու մասի բաժանումը՝ Լուսնի

տակի, որտեղ առարկաները ստեղծվում են, ավերվում ու անհետանում, և Երկնայինի՝ հավերժ անփոփոխ ու անխախտ աստղային ոլորտների աշխարհի: Դա առօրյա դիտումների արդյունք էր: Երկրի վրա դիտվում էին ամեն տեսակի փոփոխություններ, իսկ Երկնքում ոչ մի փոփոխություն չէր դիտվում: Բնական շարժումները լինում են ուղղագիծ (ծանր մարմինների անկում, թեթև մարմինների բարձրանալ) կամ շրջանաձև (աստղերի շրջապտույտ): Աստղերի շրջապտույտի կանոնավորությունն ու հավերժությունը պետք է պատճառ ունենային, որը նա բացատրում էր դադարի վիճակում գտնվող նախաշարժիչի (неподвижный перво-двигатель) գոյությամբ: Վերջինս շարժում է հաղորդում բոլոր ոլորտներին, որոնց ամրացված են աստղերը, և որոնց կենտրոնը համընկնում է Երկրի կենտրոնին: Այս պնդումը հետևանք էր ամենօրյա փորձի, համաձայն որի՝ աստղերը պտտվում են Երկրի շուրջը: Դիտումների արդյունք էին նաև Արիստոտելի օրենքները բնական շարժման վերաբերյալ: Քանի որ ծանր մարմինները ընկնում են ներքև, իսկ թեթևները՝ (ծուխ, կրակ) վերև, հետևաբար ծանր մարմինները ձգտում են զբաղեցնել «իրենց տեղը» Երկրի կենտրոնում, իսկ թեթևները՝ աշխարհի ոլորտի սահմանային մակերևույթը: Երկու դեպքում էլ մարմինները ձգտում են դեպի իրենց բնական տեղը: Իսկ ինչպե՞ս է նետված մարմինը պահպանում իր շարժումը: Դրա պատճառը չի կարող լինել ո՛չ մարմնում, ո՛չ էլ նետող մարմնում: Այստեղից հետևություն. այդ պատճառը միջավայրն էր: Եվ ահա Արիստոտելը մշակում է մի տեսություն, որի հիմքում դատարկության վախն է (horror vacui): Նետված մարմինն անընդհատ հրվում է այն օդի կողմից, որը ձգտում է զբաղեցնել մարմնի շարժման հետևանքով առաջացած դատարկ տարածությունը:

Ժամանակակից պատկերացումներին մոտ է Արիստոտելի ուսումնասիրությունը ստատիկայի բնագավառում: Արիստոտելի աշխատություններում բերվող հսկայածավալ տեղեկությունները վկայությունն են առ այն, որ նրա ֆիզիկան ամբողջությամբ հիմնված էր դիտումների, մասամբ փորձերի վրա: Արիստոտելի ֆիզիկային պակասում էր անալիտիկ մշակումը և գզուշությունը ընդհանրացումների ժամանակ:

Այսքանով սահմանափակենք անտիկ շրջանի բնափիլիսոփայական մի քանի տարածված դպրոցների ուսմունքների ծանոթացումը:

2.3. ԲՆԱՓԻԼԻՄՈՓԱՅՈՒԹՅԱՆ ՆՎԱՃՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՄԱՀՄԱՆԱՓԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Բնափիլիսոփայական առաջին դպրոցներում արդեն դրվել էին ժամանակակից համարյա բոլոր տեսությունների հիմքերը (ատոմի, նախանյութի, տարածության, ժամանակի, շարժման և այլն): Առավել կարևոր էր, սակայն, գիտական մտածողության հիմքերի ձևավորումը, որը ներառում էր հետաքրքրասիրությունը, քննադատությունը, խորին հետաքրքրությունը կյանքի ու մահվան խնդիրների նկատմամբ, ինչպես նաև համապիտանի ճշմարտությունների՝ օրենքների, գաղափարների որոնումը, որոնց միջոցով հնարավոր լիներ բացատրել շրջապատող աշխարհը: Ստորև ներկայացված Աղյուսակ I.1-ում ի մի են բերված անտիկ բնափիլիսոփայության նվաճումները:

Աղյուսակ I.1

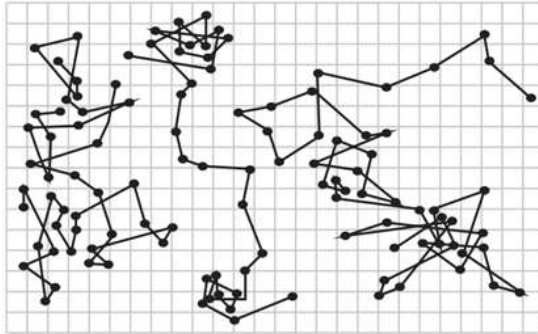
Մաթեմատիկա	<i>Թվաբանության էմպիրիկ կանոնների փոխարեն նրանք հայտնագործեցին ընդհանուր հիմքերից դեդուկտիվ եզրահանգման մեթոդը:</i>
Գիտությունը	<i>Պարզագույն տարեգրությունը փոխարինեցին պատմությամբ:</i>
Փիլիսոփայություն	<i>Աշխարհի բնույթի ու կյանքի նպատակների մասին ազատորեն դատողություններ անելը: Փիլիսոփաների (խմաստասերների) գոյության պահանջը թելադրեց գիտնականի ու ուսուցչի մասնագիտությունների առաջացման պահանջը:</i>

Բնափիլիսոփայությունը երկար ժամանակ բնության ճանաչման հիմնական ձևն էր, սակայն հետագա դարերում բազմաթիվ անգամներ ընդգծվել է «անտիկ բնափիլիսոփայության» մեթոդի սահմանափակությունը: Ահա դրանցից մի քանիսը.

- ապրիորի տրված համընդհանուր սկզբունքներից մասնավոր պատկերացումների հայեցողական հիմնավորումը,
- երևույթների դեռևս անհայտ կապերի փոխարինումը իդեալական, ֆանտաստիկ կապերով,
- չբավականացնող փաստերի փոխարինումը հորինվածներով:

Կասկածից վեր է, սակայն, այլ բան: Այդ ամենով հանդերձ անտիկ մտածողների կողմից արտահայտվել են բազմաթիվ հանճարեղ մտքեր, և կանխատեսվել են հետագայում հաստատում ստացած մի շարք երևույթներ: Ասվածը հիմնավորող բազմաթիվ օրինակներ կան: Անդրադառնանք միայն մեկին: Մոլեկուլների քառսային (ջերմային) շարժման համոզիչ ապացույցներից է 1827 թ. Ռոբերտ Բրոունի կողմից դիտված շար-

ծումբ (բրոունյան): Մանրադիտակով ուսումնասիրելով ջրի կաթիլի անկանոն շարժումը՝ նա ուշադրություն է դարձրել դրա մեջ լողացող գետնամուշկի սերմերի անկանոն շարժմանը (տե՛ս Նկ. I.6.):



Նկ. I.6. Բրոունյան մասնիկի հաջորդական դիրքերը միացնող բեկյալները [15]

Նա նկատել էր, որ.

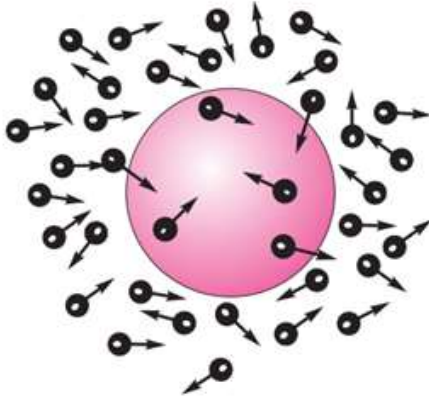
- այդ շարժումը երբեք չի դադարում
- շարժման բնույթը կախված չէ բրոունյան մասնիկի նյութի տեսակից:

Ասվածից անմիջականորեն հետևում է, որ բրոունյան շարժման պատճառը հենց հեղուկի մեջ պետք է փնտրել: Բացատրությունը ներկայացված է Նկար I.7. -ում:

Այժմ անդադառնանք մի նկարագրության, որը վերցված է Տիտուս Լուկրեցիոս Կարուսի (մ.թ.ա. մոտ 98-55 թթ.) «Իրերի բնության մասին» գրքից [16].

*Երբ արևի պայծառ շողը թափանցում է բացվածքով
Որևէ մութ սենյակի մեջ. նայիր, և դու կտեսնես,
Որ անհամար մարմնիկներ կան ճառագայթված լույսի մեջ,
Որ վիստում են տարբեր ձևով. Նրանք, կարծես թե իրար
Հավերժական մի պատերազմ հայտարարած լինելով,
Հարձակվում են իրար վրա և անդադար մարտնչում,
Մերք բաժանվում են իրարից, մերթ մոտենում են իրար:
Կարող ես այդ օրինակից հասկանալ, թե ինչպես են
Այդ տարրերը անդուլ շարժվում դատարկության մեջ անվերջ.
Այդքան փոքրիկ երևույթներ կարող են մեզ ծառայել
Որպես հաստատ մի ուղեցույց, և կարող ենք այդպիսով
Ճշմարտությունն այն գտնել, որ որոնում ենք մենք այստեղ:*

*Եվ այդ փոքրիկ մարմնիկները, որ արևի շողերում
Արագ շարժվում են անդադար, ավելի են արժանի
Ուշադրության այն պատճառով, որ շարժումներն այդ նրանց
Ապացուցում են տարրերի հարվածները միշտ անտես:
Տեսնելու ես դու հաճախ, որ նրանք շեղվում են ուղուց,
Աներևույթ այն զարկերից, որոնք դու չես նկատում,
Ետ են մղվում՝ թավալվելով դեպի աջ ու դեպի ձախ,
Միշտ ուղղությամբ բազմատարբեր: Եվ սկիզբներն այդպես են
Միշտ ամենուր առաջացնում անկարգություն ու շփոթ:*



Նկ. 1.7. Բրոունյան մասնիկի շարժումը ջրի մոլեկուլների քառասյին հարվածների ազդեցությամբ: Նրա վրա նյութի մասնիկների կողմից ազդող համագոր ուժը ժամանակի տարբեր պահերին կտրուկ փոխվում է: Որպես հետևանք փոխվում է նաև մասնիկի շարժման ուղղությունը [15]:

Ակնհայտ է բրոունյան շարժման այս և Նկար 1.8.-ի բացատրականում ներկայացված մեկնաբանությունների ընդհանրությունը:

Մնում է ընդգծել, որ երևույթի քանակական նկարագրությունը տրվել է 1905 թ. Այնշտայնի և Մմոլուխովսկու կողմից:

ԹԵՄԱ 3. ՄԻՋՆԱԴԱՐԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ

*«Փորձարարական գիտությունը մտահայե-
ցողական գիտությունների տիրակալն է»:
Ռոջեր Բեկոն*

3.1. ՄԻՋՆԱԴԱՐՅԱՆ ՄԽՈԼԱՍՏՆԵՐԸ

Միջնադարի նախաշեմին բնափիլիսոփայությունը մեծաքանակ տեղեկություն է կուտակել շրջապատող աշխարհի մասին: Մեր թվարկության առաջին հազարամյակում արդեն հասարակության խնդիրների ուսումնասիրման անհրաժեշտություն էր ծագել: Օրակարգային էին մարդ-մարդ հարաբերության խնդիրները: Ժամանակին բնորոշ այդ հարաբերությունը միջնորդավորված էր Աստծո գաղափարով: Այդ ժամանակահատվածում առաջին պլան են մղվում հումանիտար գիտությունները, հատկապես աստվածաբանությունը: Բանական արարչի գործառույթները վերագրվում էին Աստծուն, իսկ մարդը պարտավոր էր ենթարկվել գոյություն ունեցող աշխարհակարգին: Որպես հետևանք միջնադարում բնափիլիսոփայությանը փոխարինման է գալիս սխոլաստիկական (հունարեն՝ σχολαστικός – այստեղ՝ դպրոցական) [17]: Այն համակարգված Եվրոպական փիլիսոփայություն էր, որի կրողները կենտրոնացված էին համալսարանների մերձակայքում: Սխոլաստները բոլոր հարցերի պատասխանները փորձում էին ստանալ տրամաբանական ճանապարհով (Արիստոտելի փիլիսոփայության համանմանությամբ), սակայն որպես դատողությունների հիմնաքար ծառայում էր Սուրբ գիրքը: Նման մոտեցման արդյունքում.

- ստորադասվում էր դիտումների և վերլուծական մտածողության դերը, այսինքն՝ փոխվում էին շեշտադրումները. ռացիոնալ ու էմպիրիկ ունակությունների փոխարեն առաջին պլան էր մղվում բարոյական ու հոգեկան ոլորտները,
- բացարձակ ճշմարտությունների բացահայտման հարցում որպես պոստուլատ ընդունվում էր Սուրբ գիրքը:

Առաջիններից մեկը Ռոջեր Բեկոնն էր (1214-1292 թթ.), որը փորձեց ազատել Արիստոտելի գաղափարախոսությունը աստվածաբանությունից ու մտահայեցողական կառուցվածքներից անցում կատարել բնության և մարդու իրական ու փորձարարական ուսումնասիրություններին: Մեկ այլ վանական՝ Ուիլյամ Օկկամը (մոտ 1287-1347 թթ.), ելնելով առարկաների և փիլիսոփայության ու կրոնի մեթոդների սկզբունքային

տարբերությունից, անհրաժեշտ էր համարում կտրուկ տարանջատել Աստվածայինի ու բնականի ոլորտները: Բանականությանը հասու չէ հավատքի դոգմաները, իսկ իրականության (կամ շրջապատող աշխարհի) ճանաչումն իրականացվում է բանականության, գիտելիքի ու փիլիսոփայության միջոցով: Ֆիզիկական իրականությունը, ըստ Օկկամի, կարելի է հասկանալ գիտական՝ փորձարարական ճանապարհով և մեկնաբանել շրջապատում կատարվող ամեն ինչ բնական պատճառներով: Պարտադիր չէ շրջապատող աշխարհը բացատրելու համար դիմել գաղտնի պատճառներին, թաքնված հատկություններին, անտեսանելի ուժերին ու հիմքերին: Ըստ էության, սա հենց Օկկամի սայրի (կամ Օկկամի ածելու), (լատիներեն՝ novacula Occami), կամ խնայողության, տնտեսման սկզբունքն է (լատիներեն՝ lex parsimoniae): Համաձայն այս սկզբունքի՝ «էությունները չարժե բազմացնել առանց անհրաժեշտության» (կամ «Մի՛ ներգրավեք նոր էություններ առանց ծայրահեղ անհրաժեշտության»), այլ կերպ ասած՝ ամենապարզ բացատրությունը սովորաբար ճիշտ է: Ըստ այս փիլիսոփայական ածելու՝ նույն կանխատեսման վերաբերյալ տրված մի քանի հիպոթեզներից պետք է ընտրել այն, որն ամենաքիչ ենթադրություններն ունի: Հարկ է, սակայն, նկատել, որ Օկկամի սայրը աքսիոմա չէ, այլ ընդամենը վարկած: Այն ոչ թե սկզբունքորեն արգելում է բարդ մեկնաբանությունները, այլ առաջարկում է հիպոթեզների արդյունավետության քննարկման կարգ:

3.2. ՆՈՐ ԱՇԽԱՐՀԱՅԱՑԱՑՔԻ ՄԱՂՄԱՎՈՐՈՒՄԸ

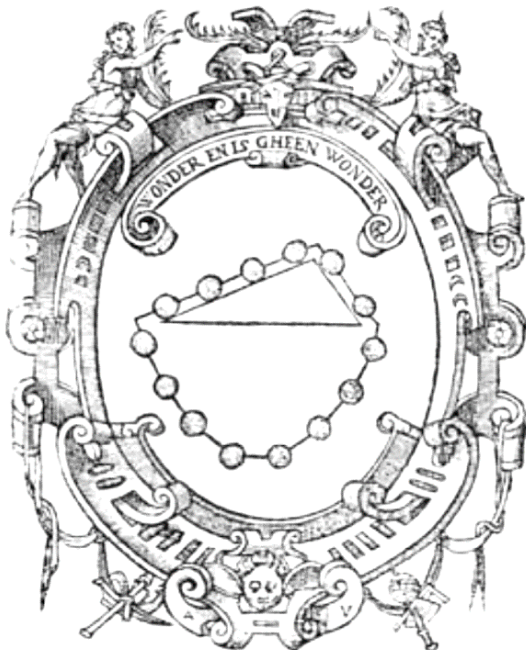
Նոր մոտեցումների սկիզբը համընկավ Վերածննդի դարաշրջանին: չենց այդ շրջանում ձևավորվեցին հումանիստար գիտության ու բնագիտության արմատները: Հումանիստար գիտությունների բնագավառում ձևավորվում էր սկզբնաղբյուրների նկատմամբ քննադատական վերաբերմունքը, իսկ բնագիտության ոլորտում՝ առաջին պլան մղվում փորձը: Ռոջեր Բեկոնը (1214-1294 թթ.) նշում էր.

«Գիտելիքի երեք աղբյուր գոյություն ունի՝ հեղինակություն, բանականություն, փորձ»:

Հանաչմանը լավագույնս համապատասխանում է փորձը... Առավել հստակ այս մասին արտահայտվել է Լեոնարդո դա Վինչին (1452-1519 թթ.):

«Մին և մոլորություններով լի են այն գիտությունները, որոնք փորձի՝ հավաստիության միակ աղբյուրի ծնունդ չեն և չեն ավարտվում ակնառու գիտափորձով: Փորձը չի սխալվում, սխալվում են դատողություն-

ները: Մարդկային ոչ մի հետազոտություն չի կարող կոչվել ճշմարիտ, եթե այն չի անցել մաթեմատիկական սպաքույցի ճանապարհով:»



Նկ. I.8. Միմոն Ստեփնի տապանաքարը (գրված է՝ «հրաշքը հրաշք չէ») [11]

Փորձարարական (էքսպերիմենտալ) մեթոդի կայացումը դանդաղ էր: Այն ներառում էր.

- հեղինակությունների ճնշող ազդեցությունից ազատագրում,
- գիտնականների ավանդույթների և վարպետ արհեստավորների պրակտիկայի միավորում:

Զսևեռվելով այդ ժամանակաշրջանի նվաճումների վրա՝ թվարկենք դրանցից մի քանիսը: Փորձարարական մեթոդի առաջին հաջողություններից անդրադառնանք (մեխանիկա) Միմոն Ստեփնի (1548-1620 թթ.) մի գաղափարին: Այն այնքան է կարևորել Ստեփնը, որ ամրագրված է նրա տապանաքարի վրա (տե՛ս Նկ. I.8): Ինչպես երևում է նկարից, ներքնաձիգի գնդիկներն ավելի շատ են, քան էջինը: Ուստիս շղթան պետք է շարժվի, բայց քանի որ գնդիկների բաշխումը չի փոխվում. շարժումը պետք է անընդհատ լինի: Հավերժական շարժումը Ստեփնը համարում էր անհնար:

Եզրակացություն

Կշռի բաղադրիչը էջերի երկայնքով նույնն է: Ուրեմն թեք հարթությամբ բեռը ներքև գլորող ուժն այնքան անգամ փոքր է, որքան անգամ բարձրությունը փոքր է նրա երկարությունից: Ստորին հատվածը սիմետրիայի հետևանքով դեր չի խաղում: Սա այն խնդրի լուծումն էր, որի առջև կանգ էին առել Արքիմեդը, արաբական և Եվրոպական մեխանիկները:

Հաջորդ հանգուցային պահը վերաբերում է Ուիլյամ Գիլբերտին (1544-1603 թթ.): Ուսումնասիրելով մագնիսական սլաքի վարքը մագնիսացված փոքրիկ գնդի (լատիներեն՝ *terrella* – «փոքրիկ երկիր») մերձակայքում՝ բացահայտում է, որ Երկիրը մեծ մագնիս է: Սա չափազանց համարձակ բացահայտում էր այն ժամանակների համար: Առաջին անգամ մարդ արարածը համարձակվում է համապատասխանություն գտնել լաբորատոր արդյունքների և Տիեզերական մասշտաբի երևույթների միջև: Այսինքն՝ Տիեզերական մասշտաբի երևույթները կարելի է ուսումնասիրել նույն մեթոդներով, ինչ առօրյա երևույթները:

Եվ, վերջապես, լեհ աստղագետ Նիկոլայ Կոպերնիկոսը (1473-1543 թթ.) առաջարկեց արևակենտրոն համակարգը՝ հերքելով Երկրի՝ Տիեզերքի կենտրոն լինելու մասին պատկերացումը (արևակենտրոն համակարգի մասին առաջին անգամ խոսել է Արիստարխ Սամոսացին մ.թ.ա. III դարում): Հետագայում հայտնագործելով աստղադիտակը՝ Գալիլեո Գալիլեյը (1564-1642 թթ.) հիմնավորեց այդ պնդումը դիտումներով:

3.3. ԳԱԼԻԼԵՅՑ՝ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՀԻՄՆԱԴԻՐ

Կատարվող սոցիալ-տնտեսական արմատական փոփոխությունների հետևանքով համալսարանական գիտությունը կտրվել էր հասարակությունից: Դասավանդման ու գիտահետազոտական աշխատանքների ընդհանուր մակարդակը չէր կարող բավարարել նոր առաջացող կապիտալիստական հասարակարգի առաջադրած պահանջները: Այդ ժամանակը դիպուկ բնութագրել է Ֆրենսիս Բեկոնը (1561-1626 թթ.) [11].

«Նույնիսկ կատարված գործերի համար մարդիկ ավելի շատ պարտական էին փորձին ու պատահականությանը, քան գիտություններին, քանի որ ներկայումս մեր ունեցած գիտությունները ոչ այլ ինչ են, եթե ոչ հայտնի բաների համադրում, այլ ոչ թե նոր գործերի հայտնագործման ուղի»:

Եվ այստեղ Գալիլեյն առաջինն էր, որ ընդգծեց գիտության ու արտադրության անմիջական կապի անհրաժեշտությունը: Նրա բոլոր հայտնագործությունների ֆոնին, այնուամենայնիվ, Գալիլեյի գլխավոր

վաստակը կարելի է համարել մտածողության այն նոր ձևը, որը ներմուծեց նա բնության ուսումնասիրման ժամանակ: Փորձը՝ որպես գիտելիքի ձեռքբերման միջոց, թեկուզև կիրառվել է անտիկ ժամանակներից (հիշենք թեկուզ Արքիմեդին (մ.թ.ա. 287-212 թթ.)), սակայն Գալիլեյն առաջին անգամ փորձել է մեկնաբանել երևույթը՝ մաքրելով այն բոլոր խանգարող հանգամանքներից: Նա փորձարարական մեթոդն իրականացրեց գործնականում՝ վերագրելով նրան այնպիսի ժամանակակից գծեր, ինչպիսիք են իրական պրոցեսի իդեալականացված մոդելի ստեղծումը, որում անտեսվում են երկրորդական գործոնները, կարևորվում է փորձի բազմաթիվ անգամ կրկնելու անհրաժեշտությունը և այլն:

Ըստ Գալիլեյի գիտելիքի՝ ձեռքբերումը քայլ առ քայլ իրականացվող գործընթաց է: Ցանկացած գիտության հնարավորություններն իրականացվում են ժամանակի ընթացքում: Ահա ֆիզիկայի խնդիրների դասավարդումն ըստ Գալիլեյի.

- հորինել գիտափորձեր,
- կրկնել բացառելով կամ նվազեցնելով խանգարող գործոնները,
- փորձարարական ոչ ճշգրիտ տվյալներից գուշակել մաթեմատիկական օրենքը,
- նոր գիտափորձերը ձևակերպված օրինաչափությունների հաստատման համար,
- դեղուկտիվ մեթոդի օգնությամբ նոր հետևություններ այդ օրենքներից, որոնք նույնպես ենթակա են ստուգման:

Ելնելով այս խնդիրներից՝ Գալիլեյն անհրաժեշտ է համարում ցանկացած հետազոտություն տրոհել չորս փուլերի:

Երևույթի ընկալում (զգայական փորձ) – Մեր ուշադրությունն է հրավիրում երևույթի վրա, բայց դեռ չի տալիս բնության օրենքներ:

Աքսիոմա (աշխատանքային հիպոթեզ) – Կենտրոնական պահն է և առաջանում է զգայական փորձի քննադատական դիտումից:

Մաթեմատիկական զարգացում – Ընդունված աշխատանքային հիպոթեզի տրամաբանական հետևությունների ստացում:

Փորձարարական ստուգում – Հայտնագործության ողջ ճանապարհի բարձրաչափանիշը:

Ցանկացած բնագավառում (բնագիտական թե հումանիտար) հետազոտության համար Գալիլեյի չորս փուլերը այս կամ այն կտրվածքով ներառված են գիտական մեթոդի բոլոր ժամանակակից հայեցակարգերում: Այդ հարցերին կանոնադառնանք հաջորդ թեմայում:

3.4. ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆ ԸՍՏ ՆՅՈՒՏՈՒՆ

Գալիլեյի ձևակերպած հետազոտության չորս փուլերը առավել հստակեցվում են նյութական մեթոդաբանությունում.

- փորձերի արդյունքում ձևակերպվում են ընդհանուր օրինաչափությունները,
- դեդուկտիվ ճանապարհով դրանցից դուրս են բերվում օրենքներն ու հետևությունները,
- այդ օրենքները և հետևությունները ստուգվում են փորձով:

Այս ձևակերպումը ներկայիս հիպոթետիկ-դեդուկտիվ մեթոդի հիմքն է: Տեսության և փորձի համապատասխանությունը բացահայտված ֆիզիկական օրենքների հավաստիության երաշխիքն է: Այս մեթոդաբանության հիմքում «Փիլիսոփայական եզրահանգումների կանոններն էին», որոնք ընդգծում էին գիտության փորձարարական բնույթը և մաթեմատիկական նկարագրության հստակությունը.

- չպետք է բնությունից պահանջել եղածից ավելի այլ պատճառներ, որոնք ճշմարիտ են և բավարար՝ երևույթը բացատրելու համար,
- նույն պատճառները, որքան հնարավոր է, պետք է վերագրել միատեսակ բնույթի երևույթների դրսևորումներին,
- փորձարկումների ենթակա բոլոր մարմիններին բնորոշ այն հատկությունները, որոնք ո՛չ կարող են ուժեղացվել, ո՛չ էլ թուլացվել, պետք է վերագրվեն բոլոր մարմիններին,
- փորձարարական փիլիսոփայությունում երևույթներից ինդուկցիայի մեթոդով ստացված պնդումներն անհրաժեշտ է ընդունել որպես ճշգրիտ կամ համարյա ճշգրիտ, քանի դեռ չեն հայտնաբերվել այնպիսի երևույթներ, որոնցով ավելի կճշգրտվեն դրանք կամ կհաստատվեն բացառություններով:

Այսպիսով՝ Նյուտոնը եզրափակեց իր նախորդների աշխատանքը և, ըստ էության, ամբողջացրեց մեթոդաբանական համակարգը, որն առավել հարմարեցված էր մակրոաշխարհում ընթացող երևույթների ուսումնասիրման համար:

3.5. ԴԱՎԻԹ ԱՆՀԱՂԹԻ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

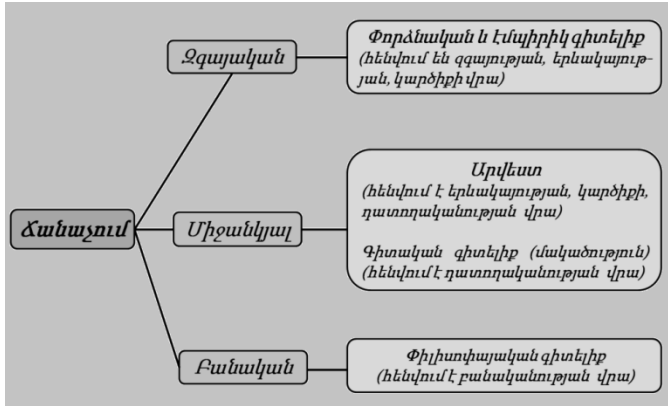
Մեթոդաբանության մասին քննարկումները եզրափակենք հայ փիլիսոփայական մտքի հսկաներից մեկի՝ Դավիթ Անհաղթի փիլիսոփայական մեթոդաբանության համառոտ անդրադարձով [18]:

V-VI դարերի Հայաստանում մտավոր կյանքի կատարին էին գրականությունը, պատմագրությունը, քերականությունը, ճարտասանությունը, արվեստն ու ճարտարապետությունը: Սկզբնավորվում էր հայ փիլիսոփայական գիտությունը, որի փայլուն ներկայացուցիչն էր Դավիթ Անհաղթը: Քրիստոնեական գաղափարախոսության տիրապետության պայմաններում նա զարգացնում է իր ժամանակի համար առաջավոր փիլիսոփայական գաղափարներ, նպաստում մտքի ձեռքագատմանը կրոնական կապանքներից ու վերստին ծնունդ տալիս անտիկ գիտության ավանդույթներին: Հայ իրականության մեջ նա է սկզբնավորել տրամաբանական իմացաբանությունը (գնոսեոլոգիան), բարոյագիտությունը և մի շարք այլ ճյուղեր: Այստեղ ամբողջության համար համառոտ անդրադառնանք նրա մեթոդաբանության վերաբերյալ դատողություններին:

Ըստ Դավիթ Անհաղթի՝ գոյություն ունի Աստծո ճանաչման երեք մակարդակ՝

1. պարզ նյութական գոյերի ճանաչում,
2. անմարմին ձևերի ճանաչում,
3. աննյութ գոյի ճանաչում:

Առաջին իրերի աշխարհի ճանաչումն է, իրերի, որոնց գոյությունը և մարդու կողմից նրանց ճանաչումն անհնար են առանց նրանց նյութական սուբստրատի, առանց մարմնի: Դա ճանաչման զգայական աստիճանն է, առանց որի հնարավոր չէ ճանաչել աշխարհը: Այս աստիճանում ճանաչվում է միայն այն, ինչը մատչելի է զգայարաններին: Հենվելով զգայական աստիճանի վրա՝ միտքը բարձրանում է երկրորդ՝ ձևերի ճանաչման աստիճանին, որն «առարկայորեն ունի նյութական գոյություն, իսկ մտածորեն՝ աննյութ»: Այս աստիճանում կատարվում է նյութական իրերի՝ նրանց սուբստրատից վերացարկված կերպարների ճանաչում: Վերջին՝ երրորդ աստիճանում ճանաչվում են էությունները, որոնք աննյութ են «և՛ առարկայական», և՛ «մտածական» գոյությամբ, ինչպես Աստվածը, հրեշտակը, միտքը, հոգին»: Նրանք մատչելի չեն զգայական ընկալման և հասու են միայն բանական ճանաչման:



Նկ. 1.9. Ճանաչումը՝ ըստ Դավիթ Անհաղթի

Ճանաչման այդ երեք աստիճաններին համապատասխան դրվում է գիտությունների հաջորդական ուսումնասիրման անհրաժեշտությունը՝

- ֆիզիկա (բնագիտություն),
- մաթեմատիկա,
- աստվածաբանություն:

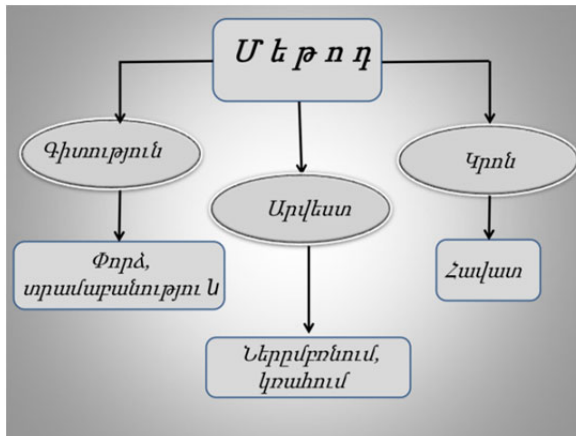
Ֆիզիկան զբաղվում է աշխարհի նյութական իրերով ու երևույթներով, այնուհետև մաթեմատիկան՝ նյութական մարմինների և նրանց հարաբերությունների ձևերի ու սիմվոլների գիտությունը, իսկ հետո՝ միայն աստվածաբանությունը, որը զբաղվում է աննյութ աշխարհի ճանաչումով: Ճանաչումը, ըստ Դավիթ Անհաղթի, իրականացվում է հինգ ունակությունների միջոցով՝ զգայություն, երևակայություն, կարծիք, դատողություն, բանականություն, որոնք հետևյալ կերպ են բաշխվում ճանաչման երեք մակարդակներին համապատասխան (տե՛ս Նկ. 1.9):

ԹԵՄԱ 4. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

*«Եթե չգիտես ուր լողալ, ոչ մի քամի
քեզ համընթաց չի լինի»:
Մենեկա*

4.1. ՄԵԹՈԴ: ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ

Մեթոդը (հունարեն՝ μέθοδος) ճանաչման կամ հետազոտման ուղին է (μετά – «ընդ» և όδος – «ճամփա»): Այդ հասկացությունն ընդհանրապես ենթադրում է կանոնների ու հնարքների այնպիսի մի ամբողջություն, որոնց կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում երաշխավորված և համակարգված հասնելու դրված նպատակին: Նկար I.10.-ում պատկերված է մարդու եռակի էությանը համապատասխանող մեթոդների պարզագույն թվարկումը, որոնց անդրադարձ կատարվեց §1.1-ում:



Նկ.I.10. Մարդու եռակի էությանը համապատասխանող մեթոդները

Ընդունված է շրջապատող աշխարհի ուսումնասիրման պարագայում գործածել «գիտական մեթոդ» ձևակերպումը: Գիտությունը մարդկային գործունեության այն ոլորտն է, որի նպատակն իրականության մասին գիտելիքների ստացումն ու համակարգումն է [22]:

Գիտական մեթոդի բավականաչափ մոտ և հաջող ձևակերպում տվել է դեռևս Գեորգ Հեգելը (1770-1831 թթ.): Ըստ Հեգելի՝ ցանկացած գիտության բնորոշ են.

- բավարար քանակության փորձարարական փաստերի առկայություն,
- փորձարարական փաստերը համակարգող մոդելի կառուցում,
- մոդելի հիման վրա նոր՝ նախորդ փորձերի սահմաններից դուրս, արդյունքների կանխատեսում:

Փորձենք մի փոքր ավելի մանրամասնել գիտական մեթոդի էությունը: Գիտական մեթոդը բոլոր այն կանոնների ու եղանակների ամբողջությունն է, որն անհրաժեշտ է գործածել հիմնավորված հետևանքների հասնելու համար: Կարելի է բերել գիտական մեթոդի տարբեր դասակարգումներ, սակայն առավել ընդհանրականը, թերևս, ըստ գիտելիքի ձեռքբերման ուղին է.

- փորձարարական ճանապարհով՝ էմպիրիկ,
- համակարգված տրամաբանական դատողությունների միջոցով՝ տեսական:

Անկախ գիտական ուղղությունից՝ բնագիտական, հումանիտար թե սոցիալ-տնտեսագիտական, **էմպիրիկ մեթոդը** փաստերի կուտակման փուլն է: **Տեսական մեթոդը** արդեն համապատասխանում է կուտակված փաստերի տրամաբանական վերլուծությանը՝ նպատակամղված ներքին կապերի, փոխկապակցվածության ու համակարգի զարգացման միտումների բացահայտմանը:

Համապատասխանաբար, այս ընդհանրական դասերն էլ կարելի է տրոհել տարրերի: Համառոտ անդրադառնանք այս տարրերի նկարագրերին:

Էմպիրիկ մեթոդ

Դիտումներ

Դիտումների հիմքը զգայարանների միջոցով ստացված տեղեկությունն է: Գալիլեյի ձևակերպմամբ դա զգայական փորձն է: Դիտումները կարող են լինել ուղիղ՝ զգայարանների միջոցով և տարբեր տեխնիկական սարքերով միջնորդավորված: Դիտումներն ընդամենը նախնական տեղեկություն են պարունակում շրջակա աշխարհի վերաբերյալ:

Համեմատություն

Երկու և ավելի երևույթների, գաղափարների ուսումնասիրման արդյունքների համադրումն է նրանց ընդհանրությունների ու առանձնահատկությունների բացահայտման նպատակով:

Չափումներ

Որևէ մեծության քանակական բնութագիրը որոշելու գործընթացն է: Այս քայլը պարտադիր

ներառում է տվյալ մեծության չափման միավորի սահմանումը: Այս գործընթացի կարևորագույն բաղադրիչներից է նաև չափիչ սարքերի սխալանքի նվազեցման խնդիրը: Սխալանքի փոքրացմամբ հնարավոր է լինում բացահայտել երևույթներ, որոնք քողարկված են լինում փոքրության պատճառով: Այսպես, օրինակ, գերկարճ լազերային իմպուլսների ստեղծմամբ հաջողվեց բացահայտել ֆոտոսինթեզի ռեակցիայում առկա մի շարք ենթառեակցիաների գոյությունը, որոնց կյանքի տևողությունը փոքր էր 10^{-12} վ-ից:

Փորձ և մոդելավորում Սա հետազոտության կարևորագույն բաղադրիչներից է: Ի տարբերություն դիտումների՝ փորձը ենթադրում է ուսումնասիրողի ակտիվ միջամտությունը առարկաների կամ երևույթների բնական գոյության պայմաններին՝ ընդգծելով ու կարևորելով (կամ նվազեցնելով) այս կամ այն գործընթացի (կամ ազդեցության) դերը: Փորձն ունի մի շարք առավելություններ: Այն հնարավորություն է ընձեռում.

- այս կամ այն երևույթը դիտելու մաքուր՝ բացառելով խանգարիչ գործոնները,
- բազմակի կրկնությամբ համոզվելու ստացված արդյունքների ճշմարտացիությանը,
- ուսումնասիրելու ոչ միայն նմուշը, այլ նաև այն փոխարինող մոդելը:

Հատկապես անհրաժեշտ է կարևորել մոդելավորման հնարավորությունը: Այն շատ դեպքերում անփոխարինելի է, հատկապես դժվար կամ անմատչելի օբյեկտների ուսումնասիրման ժամանակ: Այն փոխարինում է ուսումնասիրվող օբյեկտը համանման հատկություններ ունեցող մեկ այլ նմուշով՝ մոդելով, տեղեկության ձեռքբերման գործընթացը դարձնելով ավելի մատչելի:

Տեսական մեթոդ

Վերացարկում Ենթադրում է ուսումնասիրվող օբյեկտների ոչ էական հատկություններից, կապերից վերացում ու ուսումնասիրվողների՝ ընդգծում:

Աքսիոմային	Այս մոտեցման արմատները հասնում են մինչև Էվկլիդես: Նախապես ընտրվում է մի քանի ակնհայտ ապացույց չպահանջող, նախնական դրույթներ-աքսիոմներ կամ պոստուլատներ, որոնց և որոշակի կանոնների օգնությամբ կառուցվում է դատողությունների շղթան:
Անալիզ	Այս մեթոդի հիմքում առարկան կամ երևույթը մտովի բաղադրիչ տարրերի վերլուծելու և առանձին-առանձին ուսումնասիրելու գործընթացն է:
Մինթեզ	Բաղադրիչների առանձին-առանձին վերլուծության արդյունքների միավորումն է մեկ ամբողջության մեջ:
Իդեալականացում	Բնության մեջ համանմանն ունեցող, բայց իրականում գոյություն չունեցող օբյեկտների մտապատկերի ստեղծում: Այդպիսի օբյեկտների օրինակներ են կետն ու զիծը երկրաչափությունում, իդեալական գազը ֆիզիկայում, Թոմագո Կամպանելայի «Արևի քաղաքը» փիլիսոփայությունում (1602 թ.):
Ղեղուկցիա	Այս մեթոդի էությունը եզրակացությունների ստացումն է ընդհանրական դատողություններից մասնավորին անցման ճանապարհով:
Բնդուկցիա	Մասնավոր փաստերից ընդհանուր դատողության ստացման պրոցեսն է:

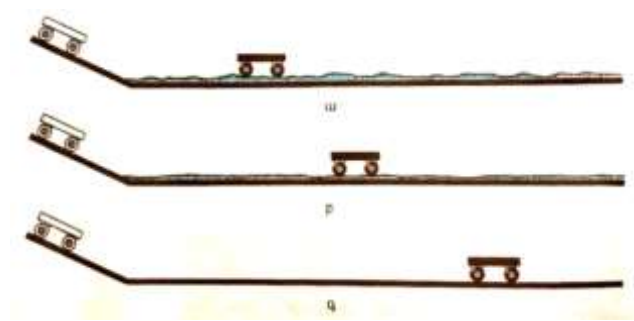
Կարևոր ենք միայն, որ բոլոր այս մեթոդները կիրառելի են գիտության համարյա բոլոր ճյուղերում: Բնականաբար, յուրաքանչյուր բնագավառում կիրառությունները կարող են ունենալ իրենց ուրույն դրսևորումներն ու առանձնահատկությունները, որոնց կանոնադաշտնանք հետագա շարադրանքի ընթացքում:

4.2. ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱԶՄԱՍՏԻՃԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կարելի է ասել, որ արդեն XVII դարում գիտական մեթոդը ձեռք էր բերել բոլոր բնորոշ գծերը: Գալիլեյը փորձարարական մեթոդն իրականացրել էր գործնականում՝ վերագրելով նրան այնպիսի ժամանակակից գծեր, ինչպիսիք են իրական պրոցեսի իդեալականացված մոդելի ստեղծումը, որում անտեսվում են երկրորդական գործոնները, փորձի բազմիցս կրկնելու անհրաժեշտությունը և այլն: Ավելին, Գալիլեյն անդրադարձել էր անգամ մտային փորձին: Որպես մտային փորձի նմուշ անդրադառնանք հետևյալին (Նկ. I.11):

Սեղանին թեքությամբ տախտակ է դրված: Տախտակի ծայրից քիչ հեռու սեղանին ավագ է լցված: Սայլակը դնում են թեք տախտակի վրա: Իջնելով սեղանից՝ սայլակն ընկնում է ավագի մեջ և արագ կանգ առնում (Նկ. I.11ա): Ավագը հարթեցնում են, և սայլակը կրկին բաց թողնում նույն բարձրությունից: Սայլակն այժմ սեղանի վրայով ավելի մեծ հեռավորություն է անցնում (Նկ. I.11բ): Ավագը լրիվ հեռացնելու դեպքում սայլակն ավելի մեծ ճանապարհ է անցնում (Նկ. I.11գ):

Հետևաբար որքան փոքր է այլ մարմնի ազդեցությունը սայլակի վրա, այնքան ավելի երկար է պահպանվում դրա շարժման արագությունը:



Նկ. I.11. Գալիլեյի մտային փորձը

Այստեղից ընդհանրացում. **այլ մարմինների ազդեցության բացակայության դեպքում մարմնի շարժումը հավասարաչափ է:**

Ահա այսպիսի մտային փորձով Գալիլեյը հիմնավորեց Արիստոտելի շարժման մեկնաբանության սխալակալանությունը և ձևակերպեց հիմնական պնդումը. **ազդեցությունը ոչ թե շարժման, այլ շարժման փոփոխության պատճառ է:**

Նկատենք հետևյալը: Ի սկզբանե չի եղել գիտության այնպիսի տրոհում՝ դիֆերենցիալություն, ինչպես ներկայումս: Մեր նախնիներն աշխարհն ընկալում էին ամբողջական, թեև մակերեսորեն: Նրանք իրենց համարում էին բնությունից անբաժան ու ջանում էին ապրել նրա օրենքներով: Ունեին նույն հարցերը, ինչ մենք, սակայն, ի տարբերություն մեզ, նրանց աշխարհաճանաչողությունն ամբողջական էր: Սակայն գիտելիքի կուտակման արագ թափը հանգեցրեց նրանց կրոնափիլիսոփայական համակարգի տրոհմանը՝ գիտությունների, արվեստի ու հավատամքների, իսկ ապա նրանցից յուրաքանչյուրը բազմապատկեց իր ճյուղավորումները՝ ի վերջո հանգեցնելով արդի աշխարհաճանաչողության

փշրված խճանկարին: Որպես այդպիսի տրոհման արդյունք մարդկային մտածողությունը կորցրեց իր համապիտանիությունը՝ առաջացնելով բնագիտական ու հումանիտար բաղադրիչները:

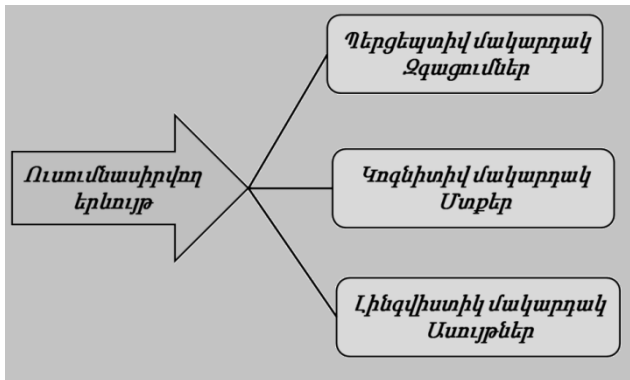
Դիտարկենք բնագիտական և հումանիտար գիտությունների մեթոդական ընդհանրություններն ու առանձնահատկությունները:

Առաջինը, ինչին անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել, ցանկացած գիտության բազմաստիճանությունն է, այսինքն՝ անկախ բնույթից՝ ուսումնասիրվող երևույթի մասին տեղեկատվությունը տրվում է [4].

1. զգացումներով – պերցեպտիվ մակարդակ (perception – ընկալում, զգացում),
2. մտքերով – կոգնիտիվ մակարդակ (cognitive – ճանաչողական),
3. ասույթներով –լինգվիստիկ մակարդակ (linguistic – լեզվաբանական),

Ասվածը սխեմատիկորեն պատկերված է Նկար I.12-ում:

Մարդը, շփվելով ուսումնասիրվող երևույթի հետ, միջնորդավորում է այն զգացումների, մտքերի և ասույթների միջոցով: Ընդ որում՝ այս բազմաստիճանությունը բնորոշ է թե՛ բնագիտական և թե՛ հումանիտար գիտություններին:



Նկ.I.12. Գիտության մակարդակները

Ընդհանրությամբ հանդերձ, այս բազմաստիճանությունն ունի և տարբերություններ: Աղյուսակ I.2 -ում ներկայացված են այդ տարբերությունները: Առանձին-առանձին անդրադառնանք յուրաքանչյուրին:

Պերցեպտիվ մակարդակ: Բնական երևույթների զգայական վերարտադրման ժամանակ խոսքը ամկա երևույթի մասին է, որը կարող է հայտնաբերվել համապատասխան սարքերով ուժեղացված (օրինակ՝

աստղադիտակներ, մանրադիտակներ, չափիչներ և այլն) զգայարանների միջոցով: Սկզբունքորեն այլ է վիճակը մարդկային արարքների պարագայում: Նրանց բովանդակությունն անհնար է գրանցել որևէ սարքի միջոցով: Սակայն մարդկային արարքները վերարտադրվում են զգացումներով՝ հատուկ զգացմունքների ու ապրումների տեսքով, որոնցով էլ մեկնաբանվում և գնահատվում է այս կամ այն արարքը:

Աղյուսակ I.2

	Բնագիտական	Հումանիտար
Ուսումնասիրվող երևույթը	Բնության երևույթներ	Մարդկային արարքներ
Զգացումներ	Վիճակը նկարագրող զգացումներ	Արարքների հետ կապված զգացմունքներ
Մտքեր	Հասկացություններ (նկարագրական)	Արժեքականություն, արժեքային համակարգ
Ասույթներ	Դատողություններ բնության երևույթները նկարագրող հասկացությունների և զգացումների մասին	Դատողություններ մարդկանց արարքների, նրանց արժեքականության և զգացմունքների վերաբերյալ

Դիտարկենք պարզ օրինակ: Ենթադրենք որևէ մի անձ փակել է դուռը: Ֆիզիկայի տեսանկյունից դռան նկատմամբ կիրառվել է ուժ, ինչի ազդեցությամբ էլ դուռը փոխել է իր սկզբնական դիրքը:

Հումանիտար գիտության տեսանկյունից նա, ով փակել է դուռը, դա արել է որոշակի նպատակով: Որո՞նք են այդ նպատակները. ահա սա է հիմնահարցը հումանիտար գիտության տեսանկյունից: Զգայական մակարդակի վերաբերյալ դատողություններն ամբողջացված են Աղյուսակ I.3-ում:

Աղյուսակ I.3

	Բնագիտական	Հումանիտար
Զգայական մակարդակ	Երևույթի մասին է	Մարդկային արարքների մասին է, որոնք անհնար է գրանցել որևէ սարքի միջոցով:
	Կարող է հայտնաբերվել համապատասխան սարքերով ուժեղացված (օրինակ՝ աստղադիտակներ, մանրադիտակներ, չափիչներ և այլն) զգայարանների միջոցով:	Դրանք վերարտադրվում են հատուկ զգացմունքների ու ապրումների տեսքով, որոնցով էլ մեկնաբանվում և գնահատվում է այս կամ այն արարքը:

Կոզնիտիվ՝ ճանաչողական մակարդակ: Այդ մակարդակում բնագիտությանը համապատասխանում են հասկացություններ, իսկ հումանիտարում՝ արժեքներ (տե՛ս Աղ. I.4): Հասկացություններն ու արժեքները գործ ունեն ուսումնասիրվող երևույթների ընդհանրության հետ: Ընդգծենք, սակայն, որ.

Աղյուսակ I.4

	<i>Բնագիտական</i>	<i>Հումանիտար</i>
	<i>Հասկացություններ</i>	<i>Արժեքականություն</i>
Կոզնիտիվ մակարդակ	<i>Նկարագրական են (դեսկրիպտիվ):</i>	<i>Վերագրող է (պրեսկրիպտիվ):</i>
	<i>Նկարագրում են ուսումնասիրվող երևույթների ընդհանրությունները:</i>	<i>Թույլ է տալիս գնահատել և արարքներ վերագրել:</i>

հասկացությունները նկարագրում են ուսումնասիրվող երևույթների ընդհանրությունները

արժեքականությունը թույլ է տալիս գնահատել և արարքներ վերագրել:

Հասկացությունները նկարագրական են (**դեսկրիպտիվ**), իսկ արժեքականությունը, արժեքային համակարգը՝ վերագրող (**պրեսկրիպտիվ**):

Լինգվիստիկ մակարդակ: Բնագիտության ասպարեզում դատողությունները (ասույթները) վերաբերում են բնության երևույթներին և այն հասկացություններին, որոնցով մարդն այն վերարտադրում է: Հումանիտար բնագավառում դատողությունները վերաբերում են մարդկային արարքներին և նրանց մեկնաբանմանը արժեքականության հիման վրա արժեքային համակարգի տեսանկյունից: Ուրեմն լեզվաբանական մակարդակի համար ևս կարելի է պնդել, որ բնագիտական դատողություններն ունեն նկարագրական, իսկ հումանիտարինը՝ վերագրող բնույթ (տե՛ս Աղ. I.5):

Աղյուսակ I.5

	<i>Բնագիտական</i>	<i>Հումանիտար</i>
	<i>Դատողություններ</i>	<i>Դատողություններ</i>
Լինգվիստիկ մակարդակ	<i>Վերաբերում են բնության երևույթներին և այն հասկացություններին, որոնցով մարդն այն վերարտադրում է:</i>	<i>Վերաբերում են մարդկային արարքներին և նրանց մեկնաբանմանը արժեքային համակարգի տեսանկյունից:</i>
	<i>Նկարագրական են:</i>	<i>Վերագրող են:</i>

4.3. ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԵՎ ՀՈՒՄԱՆԻՏԱՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԳԻՏԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓՈՐՈՇԻՉԸ

Անդրադառնանք բնագիտական և հումանիտար գիտական մեթոդների ժամանակակից բնութագրմանն ու առանձնահատկություններին: Այդ դասակարգումը ներկայացնենք ըստ գիտության փիլիսոփայության հայտնի մասնագետ Կ. Հեմպելի [19]:

4.3.1. ՀԻՊՈԹԵՏԻԿ-ԴԵԴՈՒԿՏԻՎ ՄԵԹՈԴ

Փորձարարական փաստերի մեկնաբանման համար անհրաժեշտ է ունենալ աշխատանքային հիպոթեզ, որից արված հետևությունները նույնպես պետք է համեմատվեն էմպիրիկ տվյալների հետ: Երբ այդ հետևություններն ամբողջությամբ հաստատվեն, ապա տեսությունը կհամարվի կայացած: Սա կազմում է **հիպոթետիկ-դեդուկտիվ** մեթոդի էությունը: Այն կարելի է համառոտ գրի առնել հետևյալ կերպ.

$$\begin{array}{ccccccc} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ L_1 & L_2 & \dots & L_m \end{array}$$

Տրամաբանական դեդուկցիա

E

Այստեղ C_i -ն առանձին փաստերի վերաբերյալ պնդումներ են, L_i -ն՝ օրենքներ (հիպոթեզներ), E-ն՝ պնդումներ այն մասին, ինչը բացատրվում է կամ կանխատեսվում, այսինքն՝

E փաստը դեդուկտվում է C_i փաստերից L_i օրենքների միջոցով:

Դիտարկենք օրինակ: Ենթադրենք, որ անհրաժեշտ է գտնել 2 մ բարձրությունից քարի ազատ անկման ժամանակը: Այստեղ՝

$$C_1 = h = 2\text{մ}$$

$$L_1 \rightarrow \text{ազատ անկման օրենքը՝ } h = \frac{gt^2}{2}$$

$$E = t, \text{ որտեղ } t \text{ -ն դեդուկտվում է.}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{10}} = 0,6\text{վ:}$$

Այլ օրինակ. հիվանդը գանգատվում է բժշկին հազից: Բժիշկը պարզում է, որ բուժառուն շատ է ծխում և խորհուրդ է տալիս նրան թողնել ծխելը: Այդ դեպքում բժիշկը նույնպես հետևում է հիպոթետիկ-դեդուկտիվ սխեմային: Օրենք է, ով ծխում է, նա հազում է: Հետևաբար չհազալու համար անհրաժեշտ է ծխելը թողնել: Իհարկե, բժշկի դատողություններն

այնքան խիստ չեն, որքան ֆիզիկոսինը, սակայն երկու դեպքում էլ կիրառվում է նույն հիպոթետիկ-դեդուկտիվ մեթոդը:

4.3.2. ՊՐԱԳՄԱՏԻԿ ՄԵԹՈԴ

Ի հակակշիռ բնագիտական մեթոդի՝ հումանիտարը գործ ունի արժեքների հետ: Այդ պատճառով էլ գիտական մեթոդը մի փոքր փոխվում է:

Սուբյեկտը գտնվում է մի որևէ իրավիճակում, երբ նա պարտավորված է այս կամ այն արարքը կատարել: Արդյո՞ք կարելի է կանխատեսել նրա վարքը: Հարցի պատասխանը հնարավոր է ի մի բերել հետևյալ պնդումով.

«Ցանկացած իրավիճակում մարդն ամբողջությամբ վարվում է իր արժեքականության (արժեքային համակարգի) նորմերին համապատասխան»:

Այդ պատճառով էլ հումանիտար գիտությունները թույլ են տալիս կանխատեսել մարդկանց վարքը: Տվյալ դեպքում դիտարկվող մեթոդը կոչվում է **պրագմատիկ**: Սխեմատիկորեն այն կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ.

$$\begin{array}{ccccccc} A_1, & A_2 & \dots & A_n \\ B_1, & B_2 & \dots & B_m \end{array}$$

Մեկնաբանումային (ինտերպրետացիոն) հետևություն

P

Այստեղ A_i -ն իրավիճակի բնութագիրն է, որում գտնվում է սուբյեկտը, B_i -ն՝ արժեքների համակարգը, որոնց համապատասխան կատարվում են արարքները, P - արարքը, որը կանխատեսում է տվյալ տեսությունը:

Նման պրագմատիկ մեթոդի դրսևորում կարելի է գտնել ժողովրդական ասացվածքներում անգամ: Լավ օրինակ է «Գողն ինչ կուզի, մութ գիշեր» ասացվածքը: Այստեղ մութ գիշերը իրավիճակի բնութագիրն է, գողը՝ տվյալ անձի արժեքային համակարգի: Տվյալ դեպքում կանխատեսվող արարքը կլինի գողությունը:

Անհրաժեշտ է քննել նաև այս երկու մեթոդների **գիտականության չափանիշները**:

Բնագիտության համար բնորոշ է **հավաստիությունը**, այսինքն՝ նրանց ճշմարտացիությունը ստուգելու հնարավորությունը: Այս առումով հումանիտար գիտությունը տարբերվում է բնականից: Արժեքները պատկանում են մտքին ու լեզվին, հետևաբար ենթակա չեն չափման տեխնիկական սարքերի միջոցով: Սա նշանակում է, որ արժեքները ոչ

թե կան բնության մեջ, այլ ստեղծվում են մարդկանց կողմից: Այդ պատճառով էլ արժեքների համակարգի համար ավելի բնութագրական է **արդյունավետությունը** (տե՛ս Աղ. I.6):

Աղյուսակ I.6

Գիտելիքի սլոքեր	Հիմնական տեսա- կան կոնցեպցիան	Գիտական մեթոդը	Գիտականության չափանիշը
Բնագիտու- թյուն	Հասկացություն- ներ	Հիպոթետիկ-դե- դուկտիվ	Հավաստիություն
Հումանիտար	Արժեքականու- թյուն	Պրագմատիկ	Արդյունավետություն

ԹԵՄԱ 5. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆ ՈՒ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ

*«Մենք երբեք չէինք դառնա քանական,
եթե մարդու էությունից բացառեինք թիվը»:
Պլատոն*

5.1. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ ՈՒ ՄՏԱԾՈՂՈՒԹՅԱՆ ԶԱՐԳԱՅՈՒՄԸ

Դժվար է գերազնահատել այն դերը, որն ունեցել է մաթեմատիկական տրամաբանական մտածողության զարգացման գործում:

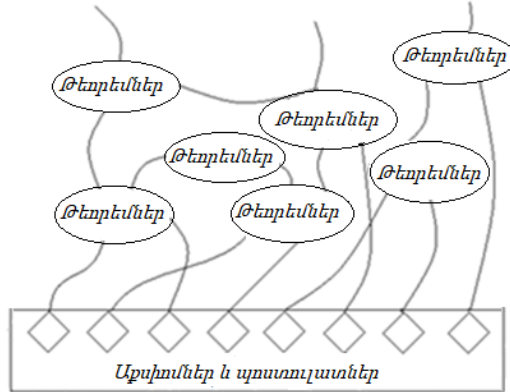
Անտիկ շրջանի քաղաքակրթությունների կողմից հսկայական էմպիրիկ գիտելիք էր կուտակված, սակայն հաջորդ՝ տեսական մակարդակի անցումը իրականացվել է անտիկ Հունաստանում, երբ կոնկրետ խնդիրների լուծումից անցում կատարվեց ընդհանուր տեսական պնդումների ապացույցին: Այդ ժամանակահատվածին բնորոշ է այնպիսի մեթոդների կիրառությունը, ինչպիսիք են աբստրակցիան (վերացարկումը) և դեդուկցիան: Այստեղ մեկ անգամ ևս անդրադառնանք այս մեթոդներին (տե՛ս նաև §4.2):

Աբստրակցիան ճանաչման այնպիսի մեթոդ է, որում ուսումնասիրվող երևույթի ոչ էական մանրամասներն անտեսվում են: Օրինակ՝ Թալեսն ապացուցել է, որ ցանկացած շրջանագիծ տրամագծով կիսվում է: Կարելի է նկարել բազմաթիվ շրջաններ, որոնք, իսկապես, տրամագծով բաժանվում են հավասար մասերի: Կարելի՞ է պնդել, որ ցանկացած շրջան այդ դեպքում կկիսվի: Իհարկե, ոչ: Վստահություն տալիս է միայն «շրջան» հասկացության աբստրակցիան, ինչը թույլ է տալիս պարզեցնել պատկերը և դիտել այն «մաքուր տեսքով»:

Դեդուկցիան ճանաչման այնպիսի մեթոդ է, որում ընդհանուր պնդումներից ստացվում են մասնավոր հետևություններ: Հույն մտածողները հանգեցին այն եզրակացությանը, որ որոշակի կանոնների պահպանումը երաշխավորում է ճիշտ հետևությունների ստացում ճշգրիտ սկզբնական դրույթներից: Այսպիսով՝ դեռևս անտիկ ժամանակներից փորձեր էին արվում կառուցելու մաթեմատիկական գիտությունը հստակ ձևակերպված տրամաբանական սկզբունքների հիմքի վրա: Ընդ որում՝ այդ փորձերն այնքան հաջող էին, որ առ այսօր հիացմունք են առաջացնում: Դրա վաղ օրինակը Էվկլիդեսի սկզբունքներն են: Մ.թ.ա. 300 թ. Էվկլիդեսը կառուցեց մարդկության պատմության մեջ առաջին աքսիոմատիկ-դեդուկտիվ տեսությունը՝ Էվկլիդեսյան երկրաչափությունը: Էվկլիդեսի մեծագույն վաստակը հետևյալն էր: Նա ցույց տվեց, որ

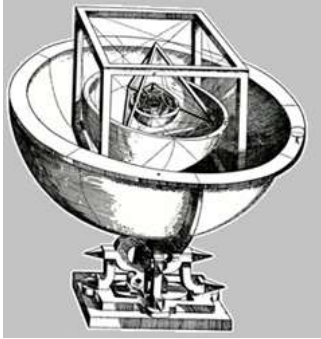
երկրաչափության թեորեմները ոչ թե «գանձերի» պատահական կույտ են, այլ կուռ կառույց, որից չի կարելի արտաքսել կամ ավելացնել որևէ տարր:

Էվկլիդեսյան երկրաչափության հիմքը կազմում էին ութ աքսիոմները և հինգ պոստուլատները: Ներկայումս դրանք նույնացվում են, իսկ Էվկլիդեսի մոտ կար տարբերակում: Աքսիոմը այս կամ այն մեծությունների հավասարության ու անհավասարության, իսկ պոստուլատները՝ երկրաչափական այս կամ այն կառուցման հնարավորության մասին պնդումներն էին: Օրինակ՝ ըստ առաջին աքսիոմի՝ միևնույն մեծության հավասար մեծություններն իրար հավասար են, իսկ առաջին պոստուլատի համաձայն՝ մի կետից մինչև մյուս կետը կարելի է տանել ուղիղ գիծ: Աքսիոմների ցանկացած զույգ կարելի է օգտագործել որպես հիմք եզրահանգման համար: Եթե աքսիոմները ճշմարտացի են, ապա թեորեմը նույնպես ճշմարիտ է: Ստացված թեորեմը նույնպես կարող է հաջորդ եզրահանգման համար հիմք լինել և այսպես շարունակ: Էվկլիդեսն ապացուցեց, որ նման ձևով աճեցված «թեորեմների ծառը» (Նկ. I.13) ներառում է այն ժամանակ երկրաչափությունում հայտնի բոլոր արդյունքները: Իր աքսիոմներից Էվկլիդեսն ապացուցել է 465 թեորեմ:



Նկ. I.13. Աքսիոմատիկ-դեդուկտիվ տեսության կառուցվածքը

Բնափիլիսոփայությունում մաթեմատիկայի դեկլավար դերի գիտակցումը նույնպես սկիզբ է առնում հին հույներից: Այս առումով լավ հայտնի են Պյութագորասի դատողությունները, որոնք ընդգծում էին պարզ թվային հարաբերությունների դերը երաժշտական ներդաշնակության ու տիեզերագիտության մեջ:



Նկ. I.14. Կեպլերի գալաթը [11]

Հայտնի էին նաև, թե ինչ դեր էին խաղում կանոնավոր բազմանիստերը Պլատոնի՝ իդեալի ու կատարելության վերաբերյալ դատողություններում (տե՛ս §2.2):

Պատկառանքը այդ դատողությունների նկատմամբ հասել է մինչև Յոհան Կեպլերի (1571-1630 թթ.) ժամանակները: Ահա թե ինչպես է առաջարկել գտնել մոլորակների հեռավորությունը (այն ժամանակ հայտնի էր 6-ը) Արեգակից երկրաչափական կառուցման միջոցով (տե՛ս Նկ. I.14).

- Արեգակի մոտակա Մերկուրիի (Փայլածուի) ուղեծրին արտագծվում է ճշգրիտ ութանիստ,
- սրա շուրջը երկրորդ սֆերան Վեներայի (Արուսյակի) ուղեծիրն է,
- այս սֆերայի շուրջ գծվում է ճշգրիտ քառանիստ, որի շուրջը գծված սֆերայով շարժվում է Երկիրը,
- Երկրագնդի սֆերայի շուրջ կառուցվում է ճշգրիտ 12-նիստանի պատկեր, որի շուրջը՝ չորրորդ Մարսի (Հրատի) սֆերան է,
- Այնուհետև դրան արտագծվում է խորանարդ, դրա շուրջը՝ Յուպիտերի (Լուսնթագի) սֆերան,
- Յուպիտերի սֆերայի շուրջ արտագծվում է ճշգրիտ վեցանիստ և դրա շուրջ Սատուրնի (Երևակի) սֆերան:

5.2. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՅԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ի՞նչ է մաթեմատիկան, և ո՞րն է նրա առանձնահատուկ դերն այլ գիտությունների շարքում:

Համաձայն Նիկոլայ Բուրբակիի (Ֆրանսիացի մաթեմատիկոսների խմբակային անունը)՝ մաթեմատիկան գիտություն է կառուցվածքների մասին: Տվյալ դեպքում կառուցվածք ասելով՝ հասկանում ենք մաթեմատիկական տարրերի որոշակի ձևով կարգավորված բազմություն (թվեր, ֆունկցիաներ և այլն): Ցանկացած մաթեմատիկական առարկայի հիմքում որոշ մաթեմատիկական տարրեր են և նրանց միջև պոստուլացված տարբերություն: Ընդ որում՝ մաթեմատիկական համակարգի կառուցման նպատակով օգտվում են երկու մեթոդից՝ ա) աքսիոմատիկական, բ) կոնստրուկտիվիստական:

Աքսիոմատիկ մոտեցման դեպքում ելնում են աքսիոմներից (տեսության հիմնադրույթներից) և մաթեմատիկական համակարգի կառուցման նպատակով օգտվում են երկու մեթոդից՝ մնացած դրույթների դուրսբերման (դեդուկցիայի) կանոններից: Հսկայածավալ բառային բացատրությունների փոխարեն լայնորեն կիրառվում են սիմվոլային նշանակումները: Բնական լեզվի փոխարինումը մաթեմատիկական սիմվոլներով անվանում են ֆորմալիզացիա: Հարկ է նշել, որ դա չի արվում սոսկ հեշտության կամ հարմարության նպատակով, այլ ունի նաև բովանդակային խոր իմաստ: Այն ներկայացնում է ընդհանուրն ու ընդհանրականը՝ մարմնավորելով օրենքի ու օրինաչափության սաղմը, նաև մոդելն ու դեդուկտիվ-ինդուկտիվ մտածելակերպի հիմքը: Հենց բովանդակային առումով այն իր բազմապիսի դրսևորումները գտավ ֆիզիկայում (Գիբսի, Բիրկհոֆի, Այնշտեյնի և այլոց մոտ), տեղեկատվական-հաշվողական տեխնոլոգիաներում (բարձր կարգի լեզուներում) և հիմա էլ մուտք է գործում լեզվաբանություն: Այդ դեպքում աքսիոմատիկ համակարգը ֆորմալ է, իսկ համակարգի դրույթները՝ ֆորմուլներ (բանաձևեր): Բանաձևերի արտածման ժամանակ օգտագործվող ապացույցները կոչվում են թեորեմներ:

Որպես պարզագույն օրինակ անդրադառնանք թվաբանության աքսիոմների համակարգին:

1. Կամայական **m** և **n** թվերի համար $m + n = n + m$ և $m * n = n * m$:
2. Կամայական **m**, **n** և **k** ամբողջ թվերի համար $(m + n) + k = m + (n + k)$ և $(m * n) * k = m * (n * k)$:
3. Կամայական **m** և **n** թվերի համար $m * (n + k) = m * n + m * k$:
4. Գոյություն ունի այնպիսի 0 թիվ, որ կամայական **n** թվի համար $n + 0 = n$:
5. Գոյություն ունի այնպիսի 1 թիվ, որ կամայական **n** թվի համար $n * 1 = n$:

6. Կամայական n թվի համար գոյություն ունի այնպիսի k թիվ, որ $n + k = 0$:

7. Կամայական m, n և k թվերի համար $k \neq 0$ և $k * n = k * m$, ապա $n = m$:

Այս աքսիոմների համակարգի օգնությամբ կարելի է ապացուցել մեծ թվով թեորեմներ: Դիտարկենք օրինակ:

Թեորեմ: Ապացուցել, եթե $m + k = n + k$, ապա $m = n$:

Իրոք, VI աքսիոմի համաձայն՝ գոյություն ունի այնպիսի l թիվ, որ $l + k = 0$, այսինքն՝ $(m + k) + l = (n + k) + l$: Օգտվելով II աքսիոմի պնդումից՝ կունենանք.

$$m + (k + l) = n + (k + l):$$

Քանի որ $k + l = 0$, ուրեմն $m + 0 = n + 0$ կամ $m = n$: Այսպիսով՝ մաթեմատիկական լեզու է՝ գումարած դատողություն: Այն կարծես լեզու և տրամաբանություն է՝ միասին վերցրած:

Կոնստրուկտիվիստական մեթոդի դեպքում ելնում են ինտուիտիվ ակնհայտ մաթեմատիկական կոնստրուկտներից, որոնց օգնությամբ կառուցվում են ավելի բարդ էլեմենտներ (այլ ոչ թե արտածվում են ինչպես բանաձևերը), ընդ որում այլ էլեմենտների կառուցման ընթացքում օգտվում են տվյալ կառուցմանը համապատասխանող քայլերի հաջորդականությունից:

5.3. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՃՇՄԱՐՏԱՑԻՈՒԹՅԱՆ ՉՍՓԱՆԻՇԸ

Մաթեմատիկական գիտության առանձնահատկությունն իրենց իսկ կողմից հորինված էլեմենտների կարգավորվածության բնույթի առավելազույնս մանրակրկիտ բացահայտումն է: Այդ առումով հենց նոր թեորեմի ապացուցումը կամ նոր կոնստրուկտի կառուցումը համարվում է որպես մաթեմատիկական ձեռքբերում: Ուսանելի է այս առումով Ֆերմայի թեորեմի շուրջ բորբոքված կրքերը:

Ինչպես հայտնի է, $x^2 + y^2 = z^2$ հավասարմանը բավարարում են մեծ քանակի թվային եռյակներ: Ֆերման պնդում էր, որ $x^n + y^n = z^n$ հավասարումը ($n > 2$ բնական թիվ է) ամբողջ դրական թվային բազմությունում լուծում չունի: Մեծ ջանքեր են թափվել այս թեորեմն ապացուցելու համար: Ինչն է պատճառը: Ինչո՞ւ է այն զբաղեցնում մաթեմատիկոսների միտքը: Մեկնաբանությունը պարզ է: Այդ մասին նոր տեղեկությունները կընդլայնեն նրանց պատկերացումները դրական ամբողջ թվերի բազմության կարգավորվածության վերաբերյալ:

Այսպիսով՝ մաթեմատիկոսի հետաքրքրությունը կարգավորված մաթեմատիկական կոնստրուկտների բազմաձևության հայտնագործումն է: Եթե այդ բազմաձևությունը կարգավորված չէ, այսինքն՝ մեկը մյուսի հետ համեմատելն անհնար է, ապա մաթեմատիկոսի աշխատանքը դառնում է անիմաստ: Ուստիս խստագույնս անհրաժեշտ է հետևել, որ մաթեմատիկական տեսությունը չլինի հակասական: Մաթեմատիկական տեսությունը հակասական չէ, եթե նրանում գոյություն չունեն իրար բացառող երկու կամ ավելի պնդումներ: Պարզ օրինակ. եթե բազմապատկման աղյուսակում $3 \times 3 = 9$ և $3 \times 3 = 8$, ապա այն հնարավոր չէր լինի օգտագործել՝ առանց ընդլայնելու աքսիոմատիկան և տրամաբանական հենքը:

Ուրեմն անհակասականությունը մաթեմատիկայում հավասարագոր է հավաստիությանը (այսինքն՝ փորձով ստուգվելու հնարավորությանը) բնագիտությունում և արդյունավետությանը հումանիտար գիտություններում:

Անհրաժեշտ է նկատել, սակայն, որ գիտականության նշված չափորոշիչների համար բնորոշ է որոշակի հարաբերականությունը: Ցանկացած պնդում, որը ոչ վաղ անցյալում համարվում էր անհակասական, հավաստի կամ արդյունավետ, գիտական նոր նվաճումների լույսի ներքո կարող է դառնալ հակասական, ոչ հավաստի կամ անարդյունավետ: Նման պարագայում, իհարկե, անհրաժեշտ է քայլեր ձեռնարկել նշմարված ոչ գիտականության տարրերից ազատվելու համար: Այսպես, օրինակ, Էյնշտեյնի հարաբերականության տեսության ստեղծմամբ նյութոսկայան մեխանիկան ոչ թե դուրս մղվեց, այլ ներառվեց, որպես սահմանային դեպք՝ փոքր արագությամբ շարժումների համար:

5.4. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՅԻ ԲՆԱԳԻՏԱԿԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Քննության ենթակա չէ այն միտքը, որ մաթեմատիկայի կիրառումն առավել արդյունավետ է բնագիտության ասպարեզում:

Անվիճելի է նաև, որ էմպիրիկ դիտումներն ու պրակտիկ փորձը կարևոր դեր են խաղացել մաթեմատիկայի կայացման գործում: Մասնավորապես, հիշենք, որ «երկրաչափություն» բառը (հին հունարեն $\gamma\epsilon\omega\mu\epsilon\tau\rho\acute{\iota}\alpha$ -ն $\gamma\epsilon\omega$ – երկիր», $\mu\epsilon\tau\rho\acute{\iota}\alpha$ – «չափումներ») վկայում է իր ծագման մասին: Բազմաթիվ երկրաչափական, ինչպես նաև հանրահաշվական առնչություններ ստացվել են բուրգերի, տարբեր շինությունների կառուցման ժամանակ: Ուստիս գիտության սկզբնավորման փուլում (~2.5 հազար տարի առաջ) մաթեմատիկան էմպիրիկ գիտություն էր: Այս

համապատկերում ակնհայտ նորություն էին Էվկլիդեսի պոստուլատները (կանխադրությունները) (մ.թ.ա. III դ.): Դրանք ենթադրում էին կառուցումներ իդեալական քանոնի և կարկինի օգնությամբ (ոչ թե իրական, այլ մեր երևակայությունում գոյություն ունեցող):

Չափազանց հետաքրքիր է հետևյալ փաստը: Էվկլիդեսի V պոստուլատի համաձայն՝ ուղղի վրա չգտնվող կետից կարելի է տվյալ ուղղին իջեցնել միայն մեկ ուղղահայաց, որը կհատի այն: XIX դարում Ն. Ի. Լոբաչևսկու (1792-1856 թթ.) և Կ. Ֆ. Գաուսի (1777-1855 թթ.) կողմից կառուցվեց նոր՝ անհասկանալի երկրաչափություն՝ առանց այդ դրույթի, որը հետագայում իր կիրառությունը գտավ ֆիզիկայում: Ն. Ի. Լոբաչևսկին այն անվանեց երևակայական, հորինված և ոչ թե փորձնական տվյալներից ստացված (այստեղ կարելի է մասամբ չհամաձայնվել Լոբաչևսկու հետ):

Այսպիսով՝ մաթեմատիկական գիտելիքները ոչ թե ստացվում են անմիջական փորձարարական տվյալներից, այլ մաթեմատիկոսները նախ ստեղծում են երևակայական իրականություն, որը, իհարկե, հետագայում կարող է նաև կիրառական հնարավորություններ ունենալ բնական ու հումանիտար գիտություններում:

5.4.1. ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՈՒ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՀԱՇՎԻ ՄԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Առաջին հայացքից մաթեմատիկական անալիզի մասնագետները զբաղվում են անվերջ փոքր մեծությունների տարօրինակ մանիպուլյացիաներով, ածանցյալներով, ինտեգրալներով, ուսումնասիրում են ֆունկցիաներ, գտնում են նրանց եզրային արժեքները և հաշվում սահմաններ: Հետագայում պարզվում է, որ այդ ամենն անմիջականորեն կարելի է կիրառել ֆիզիկայի, կենսաբանության և այլ հարակից բնագավառներում բազմաթիվ խնդիրներ լուծելու նպատակով:

Ասվածներն ակնառու դարձնելու նպատակով անդրադառնանք մաթեմատիկական անալիզի բաժիններից մեկի՝ դիֆերենցիալ և ինտեգրալ հաշվի մի պարզ, սակայն հետաքրքիր կիրառությանը: Ներկայացվող օրինակը կարող է նախահիմք հանդիսանալ թե՛ ֆիզիկայի ու քիմիայի, թե՛ էկոլոգիայի, թե՛ իմունալոգիայի, թե՛ քաղաքագիտության և մի շարք այլ բնագավառների համար [20]:

Ինչպես հայտնի է, կենդանի էակների փոփոխության հարցում ընտրության կարևորագույն գաղափարին Դարվինը հանգել է արհեստական ընտրության մեթոդների ուսումնասիրման ժամանակ: Բնության մեջ այդ ընտրության անալոգը նա գտել է Մալթուսի աշխատանքներին ծանոթա-

նալուց հետո, ըստ որի՝ բնական ընտրության պատճառ է մի կողմից կենդանի էակների թվի գերաճը, մյուս կողմից՝ անկատար էակների հսկայական չափերի հասնող կոտորածը: Մեզ համար առավել կարևոր է այն, որ 1798 թ. Մալթուսն արդեն օգտվում էր պարզ մաթեմատիկական մոդելից.

$$\frac{dN}{dt} = \varepsilon N, \quad (I.1)$$

որտեղ N -ը տվյալ տեսակի թվաքանակն է, ε -ը՝ աճի տեսակարար արագությունը:

Այս տեսության բնական զարգացումն էր 1928-1929 թթ. Վոլտերայի կողմից առաջարկված «Գոյության կովի մաթեմատիկական տեսությունը», որի համար հիմք էին ծառայել միջերկրական ծովի շուկաներում գիշատիչ ձկների թվի տատանումները տարբեր տարիների ընթացքում: Ներկայումս այս մոդելը տեսական էկոլոգիայի և կյանքի էվոլյուցիայի տեսության հիմքն է:

Ենթադրենք փակ արգելանոցում բնակվում են երկու տեսակներ՝ գիշատիչներ ու զոհեր: Զոհերը (օրինակ՝ նապաստակները, որոնց թիվը $N_1(t)$ է) սնվում են բուսական կերով, որի քանակն անսպառ է, իսկ գիշատիչները (օրինակ՝ լուսաններ, որոնց թիվը $N_2(t)$ է) սնվում են բացառապես զոհերով: Եթե արգելանոցում բնակվում են միայն զոհեր, ապա նրանց քանակն աճում է

$$\frac{dN_1}{dt} = \varepsilon_1 N_1 \quad (I.2)$$

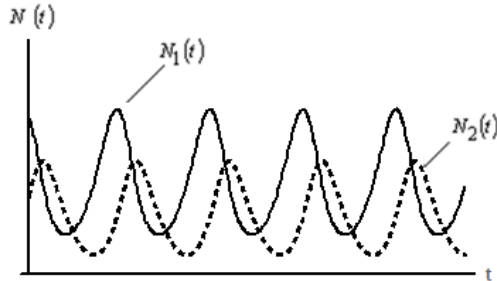
օրենքով, որտեղ $\varepsilon_1 > 0$ -ն աճի հաստատուն գործակիցն է: Արգելանոցում միայն գիշատիչների բնակվելու դեպքում նրանց թվաքանակի փոփոխությունը նկարագրվում է

$$\frac{dN_2}{dt} = -\varepsilon_2 N_2 \quad (I.3)$$

հավասարմամբ: «-» նշանը նվազման վկայությունն է, իսկ $\varepsilon_2 > 0$ -ը՝ նվազման հաստատուն գործակիցը: Երկու տեսակների համատեղ գոյակցության պայմաններում գիշատիչների քանակը կաճի (զոհերի քանակին համեմատական), իսկ զոհերինը՝ կնվազի այնքան ավելի արագ, որքան մեծ է գիշատիչների քանակը: Այսպիսով՝ տեսակների համատեղ գոյակցությունը կարելի է նկարագրել հավասարումների հետևյալ պարզ համակարգով՝

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= \varepsilon_1 N_1 - \gamma_2 N_2 N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} &= -\varepsilon_2 N_2 - \gamma_1 N_1 N_2 \end{aligned} \right\} \quad (I.4)$$

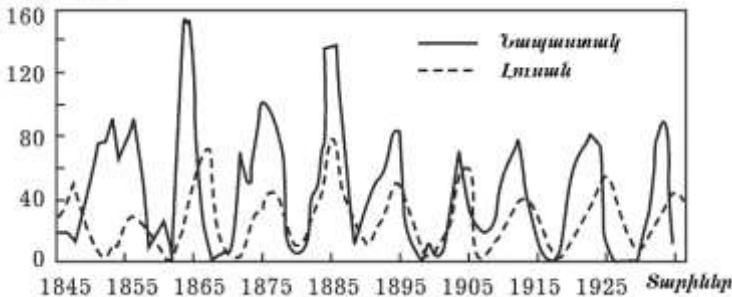
(I.4) հավասարումների համակարգում $\gamma_2 N_1 N_2$ գումարելին նկարագրում է աճի ε_1 գործակցի նվազումը՝ գիշատիչների առկայությամբ պայմանավորված (համապատասխանաբար, $\gamma_1 N_1 N_2$ -ը՝ նվազման ε_2 գործակցի փոփոխությունը՝ զոհերի առկայությամբ պայմանավորված): Նկատենք $\gamma_1 \neq \gamma_2$, քանի որ մեկ գիշատիչը կարող է ոչնչացնել մի քանի զոհի: Դժվար չէ համակարգչային մոդելավորմամբ համոզվել, որ գիշատիչների ու զոհերի թվաքանակը ժամանակի ընթացքում ենթարկվում է տատանումների (տե՛ս Նկ. I.15):



Նկ.I.15. $N_1(t)$ և $N_2(t)$ մեծությունների ժամանակային կախվածությունները:

Ստորև բերված Նկ. I.16-ում պատկերված են լուսանների ու նապաստակների թվաքանակի ժամանակային կախվածությունը (Կանադայի հյուսիսում կատարված դիտումների արդյունքները 1845-1935 թթ.):

Քանակը, հազ.



Նկ.I.16. Ցիլլիկ տատանումները գիշատիչ-զոհ համակարգում [21]:

Այս օրինակի ընտրությունը պատահական չէր: Համանման տատանողական ցիկլեր դիտվում են թե՛ քիմիայում, թե՛ տնտեսագիտությունում, թե՛ սպառազինությունների մրցավազքում: Այս թվարկումը կարելի է շարունակել, սակայն սահմանափակվենք այսքանով: Նկար-

ներ I.15 ու I.16-ի գրաֆիկներում կա ն' նմանություն, ն' տարբերություն: Ակնհայտ է, որ գիշատիչների ու զոհերի թվաքանակի փոփոխության տատանողական բնույթը ընտրված մոդելի ճշմարտացիության վկայությունն է: Նկատվող քանակական անհամապատասխանությունը հետևանք է մոդելի սահմանափակության և այլ կողմնակի գործոնների, օրինակ՝ համաճարակների, անտեսման: Անհրաժեշտության դեպքում մոդելը կարող է լրացվել՝ այդ գործոնները ներառելով հավասարումների (I.4) համակարգում:

Եզրափակենք: Կարելի է պնդել հետևյալը:

Մաթեմատիկական ուսումնասիրում է իրական աշխարհի օբյեկտները՝ վերանալով նրանց կոնկրետ բովանդակությունից:

Այն լայնորեն օգտագործվում է նաև հումանիտար գիտություններում: Չնայած մաթեմատիկայի, բնագիտության և հումանիտար գիտությունների սկզբունքային տարբերություններին՝ նրանց միջև գոյություն ունի ընդհանրականություն (պարզ օրինակ է $y = x^2$ հավասարումը, որը կարող է հանդիպել ցանկացած բնագավառում, սակայն x -ն ու y -ը յուրաքանչյուրում տարբեր մեծություններ կարող են նշանակել՝ հասկացություններ, արժեքներ, պարամետրեր):

Այսպիսով՝ կարելի է պնդել, որ գիտության ցանկացած բնագավառում մաթեմատիկայի կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում առավել կարճ ճանապարհով հասնելու դրված նպատակին, իսկ մյուս կողմից արդյունավետորեն բացահայտելու վերջինիս կարգավորվածության մի շարք առանձնահատկությունները:

5.4.2. ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԱՅԻՆ ՄԵԹՈԴ

XX դարն իրավամբ գիտության թռիչքաձև զարգացման ժամանակաշրջան է: Այն առաջնահերթ պայմանավորված էր համակարգիչների հսկայական տեղեկություն կուտակելու հնարավորությամբ ու արագագործությամբ: Այսպես, օրինակ, ժամանակակից համակարգիչը մեկ վայրկյանում կարող է կատարել միլիոն գիգաբայթ (10^{15} բայթ=պետաբայթ) գործողություն մեկ վայրկյանում: Համեմատության համար նշենք, որ բջիջներում ամենաարագ սինապտիկ փոխանցման տևողությունը (հունարեն՝ *συνάπτεiv* – միացում, կապ՝ երկու բջիջների միջև նյարդային իմպուլսի փոխանցման համար է) մեկ միլիվայրկյան է: Ուրեմն ուղեղը մեկ վայրկյանում կարող է կատարել մոտ հազար գործողություն: Հասկանալի է, այդ հնարավորություններն իրենց արմատական ազդեցությունը պետք է ունենային գիտության զարգացման տեմպերի վրա:

Այսպիսով՝ ի՞նչ է տալիս համակարգչային մեթոդը: Ձուտ պայմանակա-
նորեն այն կարելի է բաժանել երկու խմբի.

- այլ ճանապարհներով հասանելի տեղեկությունը հեշտ կուտա-
կելու, վերլուծելու, տարաբնույթ և ակնառու գրաֆիկներ կառու-
ցելու հնարավորություն (*գործիք*),
- նոր և այլ մեթոդներով անհասանելի տեղեկություն ստանալու
հնարավորություն (*միջոց*):

Մասնավորապես, նախորդ պարագրաֆում քննարկված Նկ. I.15-ը
կառուցված է համակարգչային մոդելավորմամբ: Իհարկե, այն կարելի է
ստանալ այլ մեթոդներով նույնպես, ուստիև տվյալ դեպքում համակարգ-
չային մեթոդը գործիք է:

Անդրադառնալով մեկ այլ խնդրի՝ լոգիստական հավասարմանը,
որը լայնորեն տարածված է ոչ միայն բնագիտական խնդիրներում, այլ
նաև սոցիոլոգիական և մի շարք հումանիտար գիտություններում:

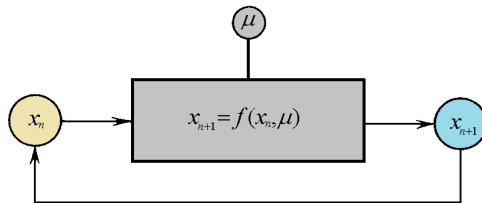
Դինամիկ համակարգի վարքի նկարագրությունը դիֆերենցիալ հա-
վասարումների օգնությամբ միակ հնարավորը չէ: Մի շարք դեպքերում
համակարգի դինամիկան նկարագրում են աճերով հավասարումների
օգնությամբ.

$$\vec{X}(t_{n+1}) = F(\vec{X}(t_n)) \quad (I.5)$$

կամ ավելի համառոտ՝ $\vec{X}_{n+1} = F(\vec{X}_n)$: Այսպիսի արտապատկերման օրի-
նակ են բազմաթիվ խաղեր, որտեղ անցումը n վիճակից $n+1$ -ին պայ-
մանավորված է քայլով: Ուստի (I.5) կարելի է ներկայացնել հետևյալ
տեսքով.

$$\vec{X}(t_{n+1}) = F(\vec{X}(t_n, \mu)) \quad (I.5a)$$

Նկատենք՝ նմանատիպ, այսինքն՝ հետադարձ կապով համակարգերը,
լայնորեն տարածված են ոչ միայն ֆիզիկայում և մաթեմատիկայում, այլ
նաև բոլոր այն բնագավառներում, որտեղ կարող են ներդրվել մաթեմա-
տիկական մեթոդները: Այս դեպքում յուրաքանչյուր նախորդ քայլը հա-
ջորդի համար ծառայում է որպես սկզբնական արժեք (տե՛ս Նկ. I.17):



Նկ.I.17. (I.5a) հավասարման մեկնաբանությունը

Այսպես, օրինակ, միջատներով բնակեցված առանձնացված կղզում թվաքանակի փոփոխությունը նկարագրվում է

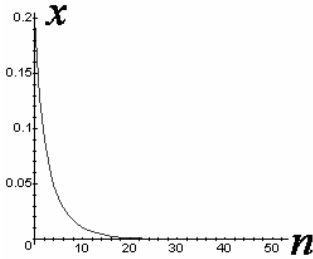
$$x_{n+1} = 4\mu x_n - 4\mu x_n^2 : \quad (I.6)$$

հավասարմամբ ($0 \leq \mu \leq 1$): Հավասարման առաջին անդամը նկարագրում է միջատների քանակի բնական աճը, իսկ երկրորդը՝ սննդի պակասով պայմանավորված նրանց թվի սահմանափակումը: (I.6) հավասարումը կոչվում է լոգիստական:

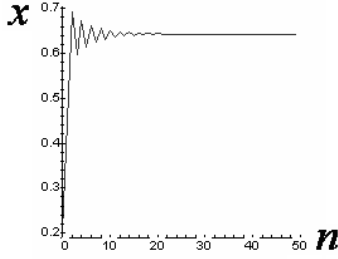
Լոգիստիկան նախապես կիրառվել է զինվորական ծառայության մատակարարման համակարգում (865-912 թթ.): Հունարեն λογιστική բառը նշանակում է «հաշվման արվեստ»: Բյուզանդական կայսերական պալատում կային «լոգիստներ», որոնց պարտականությունն էր սննդի բաշխումը: Զարգացած լոգիստական մեթոդներ կարելի է գտնել նաև տարբեր դարաշրջանների մշակույթումներում: Այսպես, օրինակ, XVI դարի իսպանացի իրավաբան Խուան Պոլո դե Օնդեգարդոյի գրառումներում կարելի է հայտնաբերել, որ դեռևս ինկերի կայսրությունում պալատական սննդի մանրակրկիտ հաշվարկ էր իրականացվում, ընդ որում՝ հաշվի էին առնվում թե՛ ուղարկման վայրը, թե՛ մատակարարման ժամկետները, միգուցե նույնիսկ հեռավորությունները:

Խնդիրն այս հավասարման լուծման վարքի ուսումնասիրությունն է: Անդրադառնալով այդ հավասարման լուծման կախվածությանը μ պարամետրից: (I.6) հավասարման թվային լուծումը μ պարամետրի տարբեր արժեքների դեպքում բերված է Նկար I.18-ում: Ակնառության համար հաջորդական լուծումները միացված են ուղիղներով: Ինչպես երևում է նկարից, μ պարամետրի փոփոխման դեպքում համակարգի վարքն էապես փոխվում է՝ կայունացված լուծման զրոյական արժեքից սկսած (Նկ.I.18.ա) մինչև քառսային վարք (Նկ. I.18.դ):

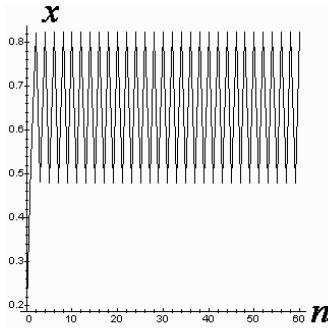
Մասնավորապես, Նկար I.18բ-ում կարճ անցումային տիրույթից հետո բնակեցվածության թիվը հասնում է կայունացված արժեքի $x^* = 0.642857\dots$: Նկար I.18գ-ում այդ արժեքները երկուսն են՝ $x_1^* = 0.479427\dots$ և $x_2^* = 0.823603\dots$: Դա նշանակում է, որ բնակեցվածությունը կրկնվում է երկու ցիկլից հետո: Վերջին դեպքում, ինչպես տեսնում ենք, համակարգի վարքը դառնում է քառսային:



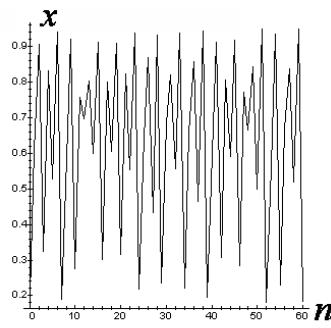
ա) $\mu = 0.2$



բ) $\mu = 0.7$



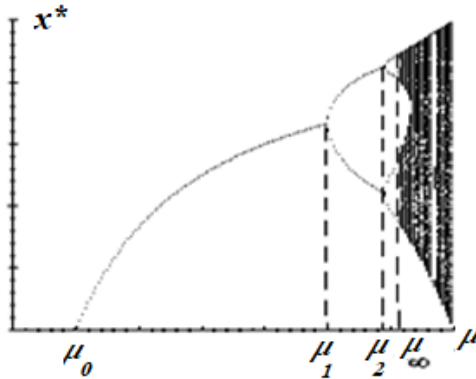
գ) $\mu = 0.83$



դ) $\mu = 0.95$

Նկ. I.18. Լոգիստիկական արտապատկերման (I.6) հավասարման լուծումը $x_0 = 0.2$ սկզբնական պայմանի դեպքում:

Նկար I.19-ում պատկերված է ստացիոնար լուծումների կախվածությունը μ պարամետրից:



Նկ. I.19. Ստացիոնար լուծումների կախումը μ պարամետրից

Քառսի անցման այս սցենարը կոչվում է պարբերության կրկնա-
պատկման կամ Ֆեյզենբաումի սցենար: Կարելի է համոզվել, որ կրկնա-
պատկման կետերին համապատասխանող μ պարամետրի արժեքները
բավարարում են հետևյալ առնչությանը.

$$\delta = \lim_{i \rightarrow \infty} \frac{\mu_i - \mu_{i-1}}{\mu_{i+1} + \mu_i} = 4.6692016091029909 \dots$$

Այս δ հաստատունը կոչվում է Ֆեյզենբաումի հաստատուն:

Միաչափ արտապատկերման անշարժ կետի գոյության ու կայու-
նության վերաբերյալ այստեղ դիտարկված արդյունքները ճշմարիտ են
ոչ միայն ցուցադրման համար ընտրված քառակուսային ֆունկցիայի,
այլ նաև ավելի ընդհանուր արտապատկերումների համար:

Այս խնդրի պարզությունը հուշում է, որ հաշվարկն իրականացնել
հնարավոր է անգամ պարզ հաշվիչի օգնությամբ, բայց հեռու գնալը ան-
հնար է մշակման ենթակա նյութի հսկայածավալ լինելու պատճառով:

Գիտության տարբեր բնագավառներում նման խնդիրների լուծման
օրավուր աճող պահանջարկը հենց հիմնավորում է հսկայածավալ տե-
ղեկություն կուտակող ու արագագործ համակարգիչների ստեղծման
անհրաժեշտությունը:

Օգտագործված գրականություն

1. Свиридов В. В., Свиридова Е. И., Концепции современного естествознания, М., 2021.
2. Карпенков С. Н., Концепции современного естествознания, М.: «Директмедиа Паблишинг», 2018.
3. Липкин А. И., Концепции современного естествознания, М.: «Директ – Медиа», 2015.
4. Канке В.А., Концепции современного естествознания, М.: «Юрайт», 2014.
5. Ասլանյան Լ. Ս., Կարայան Հ. Ս., Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը, ԵՊՀ հրատ, Երևան, 2011:
6. Смирнов С. В., Громов Е. В., Концепции современного естествознания, Елабуга, 2011.
7. Горбачев М. М., Концепции современного естествознания, М.: «Оникс XXI век», 2005.
8. Симонов Д. А., Концепции современного естествознания в вопросах и ответах. М.: «Проспект, 2005.
9. Էյնշտեյն Ա., Բնֆելդ Լ., Ֆիզիկայի էվոլյուցիան, Երևան, «Հայաստան» հրատարակչություն, 1968:
10. Блохинцев Д. И., Две ветви познания мира. Техника молодежи, N 3, 18-23, 1982.
11. Льюэлли М., История физики, М.: «Мир», 1970.
12. Волошинов А. В., Математика и искусство, М.: «Просвещение», 2000.
13. Лауреаты Нобелевской премии, Энциклопедия: Пер. с англ., М.: «Прогресс», 1992.
14. Дорфман Я. Г., Всемирная история физики, Изд-во КомКнига, 2007.
15. Ղազարյան Է. Ս., Կիրակոսյան Ա. Ա., Մելիքյան Գ, Մամյան Ա., Մախլյան Ս., Ֆիզիկա-10, 11, 12, Երևան, «Էդիթ պրինտ», 2010:
16. Լուկրեցիոս, Իրերի բնության մասին, Երևան, Հայպետհրատ, 1960:
17. Альберт Штрекль, История средневековой философии, Изд-во «Вече», 2023.
18. Դավիթ Անհաղթ, Երկեր, Երևան, «Սովետական գրող» հրատ., 1980:

19. Гемпель К. Г., Логика объяснения, М: «Дом интеллектуальной книги», 1998.

20. Ասլանյան Լ. Ս., Պախալով Վ. Բ., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն. Լաբորատոր աշխատանքների ուսումնական ձեռնարկ, ԵՊՀ հրատ., Երևան, 2016:

21. Enns R. H., McGuire G. C. Nonlinear, Physics with Mathematica for Scientists and Engineers. Birkhäuser Boston, 2001.

Լրացուցիչ գրականություն

1. Рассел Б., История западной философии, М.: Изд-во Аст, 2019.
2. Шпенглер О., Закат Европы. Ростов на Дону: «Феникс», 1998.
3. Спасский Б. И., История физики, М.: «Наука», 1977.
4. Ушаков Е. В., Философия и методология науки, М.: «Юрайт», 2022.
5. Смирнов Д. А., Концепции современного естествознания в вопросах и ответах, М.: Изд-во «Проспект», 2005.
6. Бор Н., Избранные труды, В 2т, т.2, М.: «Наука», 1971.
7. Гейзенберг, Физика и философия, М.: «Наука», 1989.

ՄԱՍ I I. ՖԻԶԻԿԱՆ ՈՐՊԵՍ ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՆՑՔԱՅԻՆ
ԲԱՂԱԴՐԻԶ
ԹԵՄԱ 1. ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԸ

*«Մեզ հասանելի զգացումներից առավել զեղեցիկը
խորհրդավորի զգացումն է: Հենց այդ զգացումն է
ճշմարիտ արվեստի և իրական գիտության օրորոցի հիմքում»:
Ա. Այնշտայն*

1.1. ՖԻԶԻԿԱՆ ԵՎ ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Մարդկության կողմից կուտակված տեղեկության ծավալի աճին զուգընթաց բնագիտության տրոհումը նեղ մասնագիտությունների ուղեկից է եղել գիտության զարգացման ողջ ընթացքում: Այսպես, օրինակ, քիմիան, հենվելով ու օգտվելով ֆիզիկական պատկերացումների զարգացումից, հիմք է դարձել կենսաբանության համար: Հասկանալի է, որ նման տրոհումներն առկա են եղել նաև հումանիտար գիտություններում:

XX դարի վերջը և XXI դարի սկիզբը նշանավորվել է հակառակ միտումով: Միավորման, գիտության բոլոր ճյուղերը մեկ ընդհանուր տեսանկյունից ներկայացնելու ակնհայտ պահանջ էր առաջացել: Անհրաժեշտ էր քննադատական վերլուծության ենթարկել առանձին ճյուղերի ձեռքբերումները՝ շրջապատող աշխարհի առավել ամբողջական պատկերը ստանալու նպատակով: Նման ինտեգրող գիտությունը, բնականաբար, չէր կարող լինել ուղղակի բոլոր բնագավառների պարզ հանրագումարը:

Ըստ Էռնստ Ռեգերֆորդի կատակով արված արտահայտության՝

«Գիտությունները կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ ֆիզիկա և նամականիշների հավաքածուի ստեղծում»:

Դրանով արտահայտվում էր երկու կարևոր գործոն.

1. ֆիզիկական գիտելիքների ընդգրկունությունը, որը ներառում էր շրջապատը՝ միկրոաշխարհից մինչև տիեզերք,
2. ոչ մի այլ գիտության մեջ գոյություն չունեցող չափումների և հաշվումների այն ճշտությունը, որը բնորոշ է ֆիզիկային:

Ասվածը նշանակում է, որ բնագիտության հիմք կազմող մի շարք առարկաներից (ֆիզիկա, քիմիա, երկրաբանություն, կենսաբանություն և այլն) տրամաբանորեն ֆիզիկային պետք է տրվի առաջնահերթությունը՝ որպես բնության հիմքերն ուսումնասիրող գիտության:

Ֆիզիկական խթանել է մի շարք այլ գիտությունների զարգացումը՝

- աստղագիտություն,
- տիեզերագիտություն,
- միկրոէլեկտրոնիկա,
- կենսաբանություն,
- կիրթնություն և արհեստական բանականություն և այլն:

Այս թվարկումը կարելի է, իհարկե, շարունակել: Անդրադառնանք, սակայն, մեկին, որն առավել բովանդակային կցուցադրի ֆիզիկայի մեթոդների ներթափանցումը հարակից (և ոչ միայն) բնագավառներ [1]:

Նախորդ դարի կեսերից բուն թափով սկսեց զարգանալ ֆիզիկայի մի նոր ճյուղ՝ սիներգետիկան (հին հունարեն՝ σύν –միասին և έργον – գործ, աշխատանք, ներգործություն) կամ քառսի տեսությունը: Այն առաջացել է եղանակի կանխատեսման խնդիրներից: 1963 թ. մաթեմատիկոս և մետեորոլոգ (օդերևութաբան) Էդվարդ Լորենցը (1917-2008 թթ.) կարողացավ մթնոլորտային երևույթների համար ձևակերպել երեք հավասարումների համակարգ, որը, պարզությամբ հանդերձ, հանգեցնում էր քառասային լուծումների: Լորենցն անվանում էր այն թիթեռնիկի էֆեկտ:

«Թիթեռնիկի թևերի շարժումը Պերուում անկանխատեսելի և փոխկապված պատահարների հաշվին կարող է ուժեղացնել օդի շարժումն ու հանգեցնել մրրիկի Տեխասի նահանգում»:

Երևույթի անվանումը վերցված էր Ռեյ Բրեդերիի «Ամպրոպի ձայնը» («A Sound of Thunder») պատմվածքից: Ահա համառոտ բովանդակությունը:

Մի գործակալություն շրջագայություն է կազմակերպում դեպի անցյալ: Անցյալում պայմանները (որոնք ներկայի համար սկզբնական են) չփոխելու նպատակով պարտադրվում է շարժում միայն կանխորոշված արահետով: Պատահաբար որսորդներից մեկը շեղվում է արահետից և տորթում մի թիթեռնիկի: Սկզբնական պայմանները փոխվում են: Վերադառնալով Երկիր՝ արշավախումբը հայտնաբերում է, որ փոխվել է այբուբենը, ընտրված է այլ նախագահ, ավելին՝ փոխվել են մարդկանց մաշկի գույնը, աչքերի կտրվածքը, այսինքն՝ փոփոխություններ են տեղի ունեցել նույնիսկ գենետիկ առումով: Այսպիսով՝ սկզբնական պայմաններից փոքր շեղումները հանգեցրին հսկայական փոփոխությունների: Այդ երևույթը պայմանավորված էր համակարգի զգայունությամբ սկզբնական պայմանների տրման նկատմամբ: Այսինքն՝ սկզբնական պայմանների աննշան փոփոխությունը, փոխկապակցված և ոչ գծային երևույթներով պայմանավորված, կարող էր հանգեցնել անկանխատեսելի հետևանքների:

Հետաքրքիր է, որ նման երևույթի նկարագրությունը հանդիպում է նաև տարբեր երկրների բանահյուսություններում: Այսպես, օրինակ, XVII դարի անգլիական բանահյուսությունից հայտնի է «Մեխը և պայտը» բանաստեղծությունը.

*For want of a nail the shoe was lost,
For want of a shoe the horse was lost,
For want of a horse the rider was lost,
For want of a rider the battle was lost,
For want of a battle the kingdom was lost,
And all for the want of horseshoe nail.*

Համարժեք վառ օրինակը հայկական բանահյուսությունից Հովհաննես Թումանյանի (1869-1923 թթ.) «Մի կաթիլ մեղրն» է, երբ հսկայական պետություններն ավերվում են պատերազմից ընդամենը մի կաթիլ ծորացած մեղրի պատճառով.

Սովը եկավ – սովի հետ ցավ,
Ծաղկած երկիրն ամայացավ...
Իսկ մնացած մարդիկ իրար
Հարցնում էին սարսափահար,
Թե որտեղի՞ց արդյոք ծագեց
Էս ընդհանուր աղետը մեծ:

Ճշմարտության առջև չմեղանչելու համար պետք է ընդգծել, որ արձակ տարբերակով այս գաղափարն առկա է Վարդան Այգեկցու (XII դարի վերջ- XIII դարի սկիզբ) «Կաթ մեղուի պատճառ պատերազմի» առակում:

Եվ ահա արմատավորվելով ֆիզիկայում՝ քառսի տեսությունն ընդարձակել է իր կիրառության ոլորտները, և ներկայումս այն ներառված է բնական ու արհեստածին երևույթները նկարագրող բազմաթիվ բնագավառներում՝

- եղանակի կանխատեսում,
- ֆինանսական շուկայի կանխատեսում,
- ֆոնդային բորսայի վարքի նկարագրություն,
- էպիլեպտիկ նոպաների կանխատեսում,
- սպառազինության մրցավազքի նկարագրություն:

Վերոշարադրյալն առհավատչյան է առ այն, որ բնագիտության՝ ինտեգրող գիտության առանցքը կարող է և պետք է լինի հենց ֆիզիկան՝ պայմանավորված նրա առավել զարգացածությամբ ու ամբողջականությամբ:

Այս մասին ամերիկացի ֆիզիկոս, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Բսիդոր Ռաբին ասել է.

«Ֆիզիկան պետք է կազմի մեր ժամանակների հումանիտար կրթության միջուկը»:

Ուստիև ֆիզիկան պետք է դիտվի որպես.

- նոր տրամաբանության, մտածելակերպի ու աշխարհայացքի ձևավորող,
- տիեզերագիտությունը, երկրագիտությունը, քիմիան, կենսաբանությունը, տնտեսագիտությունը և այլք միմյանց կապող մեխանիզմ, ուստիև արդի քաղաքակրթության առանցքային հենասյուն:

1.2. ՆՅՈՒՏՈՒՅԱՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Իրական ֆիզիկական աշխարհի պրոբլեմների նկատմամբ գիտական մեթոդի կիրառման պատմականորեն առաջին օրինակը պարզ շարժումների ուսումնասիրությունն էր [2]:

Ըստ Արիստոտելի՝ շարժումն այն է, ինչի շնորհիվ իրականացվում է քանակական կամ որակական ցանկացած փոփոխություն: Ուրեմն բնության մեջ ամեն ինչ շարժում է: Ժամանակի ընթացքում դիրքի փոփոխությունը լուրջ շարժումն էր, ըստ էության, մեխանիկական շարժումը: Մեխանիկական շարժումը բացատրելու համար նա ներմուծում է «վախ վակուումից» (horror vacui) հասկացությունը, այսինքն՝ բնությունը դատարկություն չի սիրում և, որպես օրինակ, մեկնաբանում է նետի շարժումը: Նետը, առաջ սլանալով, ետևում ստեղծում է դատարկ տարածություն: Չհանդուրժելով դատարկությունը՝ օդը սրընթաց առաջ է նետվում և հրում նետին: (Փոխաբերական իմաստով այս արտահայտությունը մինչ օրս կիրառվում է սոցիալական պրակտիկայում: Եթե մարդու մեջ գիտակցաբար չներարկվի բարին, դրական սկիզբը, ապա անպայման փոխարինման կգան վատն ու չարը):

Առաջինը Գալիլեյն էր, որը համարձակվեց առարկել Արիստոտելին.

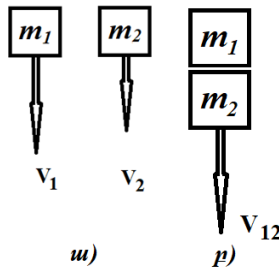
«Ես որոշեցի ներկայացնել այս դատողությունները՝ հուսալով հիմնավորել այն, որ իմ հայացքներում հաճախ եմ շեղվում Արիստոտելից ոչ թե քանահաճության, նրան ընթերցած չլինելու կամ չհասկանալու պատճառով, այլ հիմնավոր ապացույցների պարտադրմամբ»:

Աղյուսակ II.1-ում բերված են շարժման արիստոտելյան տեսության որոշ առարկությունները՝ ըստ Գալիլեյի:

Աղյուսակ II.1

Ըստ Արիստոտելի	Առարկություններ
Ամեն մարմին իր տեղն ունի:	Փայտն օդում ընկնում է ներքև, ջրում՝ բարձրանում վերև:
Շարժվող մարմնի արագությունն ավելի մեծ է նոսր միջավայրում:	Պղպջակն օդում դանդաղ է ընկնում, իսկ ջրում բարձրանում է արագ:
Տարրությունն ու սառնությունը տարբեր հատկություններ են՝ խառնված մարմնում:	Սառնությունը ոչ թե հատկություն է, այլ ջերմության պակաս:
Ազդեցությունը շարժման պատճառ է:	Ազդեցությունը շարժման փոփոխության պատճառ է:

Գալիլեյի դատողություններում կարևոր տեղ էր հատկացվում նաև տրամաբանական անհակասականության պահանջին: Անդրադառնանք այս հարցին նա:



Նկ. II.1. Տրամաբանական անհակասականության վերաբերյալ:

Համաձայն Արիստոտելի պնդման՝ ծանր մարմիններն ընկնում են ավելի մեծ արագությամբ, քան թեթևները, այսինքն՝ եթե $m_1 > m_2$, ապա $v_1 > v_2$ (տե՛ս II.1ա): Պարզենք, թե ինչ է նշանակում տրամաբանական անհակասականության պահանջը: Ծանր մարմինը պետք է արագ ընկնի, ուրեմն կարագացնի թեթևին, իսկ թեթև մարմինը՝ դանդաղ, հետևաբար կարգելակի: Ուրեմն.

$$v_1 > v_{12} > v_2$$

Մյուս կողմից՝ $m_1 + m_2 > m_1$: Հետևաբար $v_{12} > v_1$ (տե՛ս Նկ. II.1բ): Առաջացած հակասությունը նշանակում է, որ նախնական (արիստոտելյան) ենթադրությունը ճիշտ չէ:

Այսպիսով, ֆիզիկայի առ այսօր ընդունված սկզբունքների ձևավորումն անմիջականորեն կապվում է Գալիլեյի, հաջորդիվ՝ Նյուտոնի (XVII դ.) անունների հետ: Մասնավորապես, Նյուտոնը, լինելով դիֆերենցիալ ու ինտեգրալ հաշվի հիմնադիրներից մեկը (Լեյբնիցի հետ), կա-

րողացավ հանգեցնել ֆիզիկական օրենքները մաթեմատիկական (դիֆերենցիալ) հավասարումների՝ առավելագույնս մոտեցնելով մաթեմատիկայի հզոր պոտենցիալը ֆիզիկային:

Նյուտոնյան մեխանիկայի հիմքը կազմում են երեք օրենքներն և տարածության ու ժամանակի բնույթի վերաբերյալ երկու պնդումները: Անդրադառնանք դրանց առանձին-առանձին:

1.3. ՀԱՄԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ՝ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ, ԺԱՄԱՆԱԿ, ՇԱՐԺՈՒՄ

Նյուտոնի «Բնափիլիսոփայության մաթեմատիկական սկզբունքները» հիմնարար աշխատությունում (1687 թ.) նախապես սահմանվում են մի քանի կարևոր հասկացություններ:

Նյութի քանակը այն է, ինչը շարժվում է: Առաջանում է խտությամբ և ծավալով (փակ շրջան է): Ճոճանակի փորձերից հետևում էր, որ այն համեմատական է կշռին:

Շարժման քանակը հենց շարժումն է: Բնութագրվում է նյութի քանակով ու շարժմամբ միաժամանակ:

Իներցիայի ուժը շարժման վիճակը պահպանող ուժն է:

Կիրառված ուժը կարող է փոխել դադարի կամ շարժման վիճակը: Դրսևորվում է արտաքին ազդեցության ժամանակ:

Բացարձակ տարածություն և ժամանակը գոյություն ունեն մեր գիտակցությունից անկախ, համասեռ են և անմատչելի մեր զգայարանների համար:

Հարաբերական տարածությունը բացարձակ տարածության մեզ հասանելի սահմանափակ մասն է:

Հարաբերական ժամանակը առօրյայում օգտագործվող ժամանակային տևողությունն է:

Բացարձակ շարժում: Շարժումն է բացարձակ տարածության և ժամանակի նկատմամբ:

Հարաբերական շարժումը որոշակի իրական համակարգի նկատմամբ

Ըստ Նյուտոնի՝ իրական ժամանակը բացարձակ է, այն ոչնչից կախված չէ և հոսում է հավասարաչափ: Ցանկացած ժամանակահատված չափելու համար բավական է ունենալ մեկ՝ հավասարաչափ ընթացող ժամացույց: Ըստ Նյուտոնի՝ տարածությունը նույնպես համասեռ էր և բացարձակ: Սա նշանակում էր, որ ցանկացած դեպքում կարելի էր օգ-

տագործել նույն չդեֆորմացվող քանոնը՝ վրան նշված բաժանմունքներով:

Տարածությունը համասեռ է: Այլ կերպ ասած՝ տարածության բոլոր կետերը համարժեք են: Դա նշանակում է փորձարարական սարքը տարածության որ կետում էլ տեղակայվի, փորձը կտա նույն արդյունքը: Տարածության համասեռությունը, մասնավորապես, վկայում է նաև Տիեզերքի կենտրոնի բացակայության մասին:

Ժամանակը համասեռ է: Ժամանակի բոլոր պահերը հավասարագոր են, այսինքն՝ նույն փորձը, եթե կրկնվի 100 տարի անց, կտա նույն արդյունքը:

Բզտորոպություն: Բացի համասեռությունից՝ կարևոր է նաև «իզոտրոպություն» հասկացությունը: Ընդհանրապես, դա անփոփոխությունն է (ինվարիանտությունը) ուղղությունը փոփոխելու նկատմամբ: Մասնավորապես, տարածությունն իզոտրոպ է, իսկ ժամանակը՝ ոչ (ժամանակի անիզոտրոպությանը կանոնադաշտնաճի հետագա շարադրանքում):

1.4. ՇԱՐԺՄԱՆ ԱՔՍԻՈՄՆԵՐ ԿԱՄ ՕՐԵՆՔՆԵՐ

Շարժման օրենքները Նյուտոնի ձևակերպմամբ հնչում են այսպես.

I օրենք: Յուրաքանչյուր մարմին շարունակում է մնալ դադարի կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակում, քանի դեռ նա ստիպված չէ կիրառված ուժերի ազդեցությամբ փոխել այն:

II օրենք: Շարժման քանակի փոփոխությունը համեմատական է կիրառված ուժին և տեղի է ունենում այն ուղղությամբ, որով ազդում է ուժը:

III օրենք: Ազդեցությանը միշտ կա հավասար և հակառակ ուղղված հակազդեցություն: Այլ կերպ ասած՝ մարմինների փոխազդեցությունները հավասար և հակուղղված են:

Այս օրենքները ներկայումս կրում են Նյուտոնի անունը և ձևակերպվում են այսպես.

Նյուտոնի I օրենքը: Նյութական կետը ազդեցությունների բացակայության կամ համակշռման դեպքում գտնվում է դադարի կամ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակում: Այս օրենքը սովորաբար ձևակերպվում է նաև որպես իներցիալ հաշվարկման համակարգերի գոյության պնդում:

Նյուտոնի II օրենքը: Նյութական կետի $\vec{P} = m\vec{v}$ իմպուլսի փոփոխության արագությունը հավասար է ազդող ուժին.

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}, \quad (\text{II.1})$$

Կամ՝

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} ; \quad (\text{II.1ա})$$

Այստեղ $m, \vec{V}, \vec{a}, t$ -ով նշանակվում են համապատասխանաբար նյութական կետի զանգվածը, արագությունը, արագացումն ու ժամանակը:

Նյութոսնի III օրենքը: Երկու նյութական կետեր փոխազդում են նույն բնույթի այնպիսի $\vec{F}_1$ և $\vec{F}_2$ ուժերով, որոնք ուղղված են այդ նյութական կետերը միացնող ուղղի երկայնքով, հակուղղված են և թվապես հավասար .

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (\text{II.2})$$

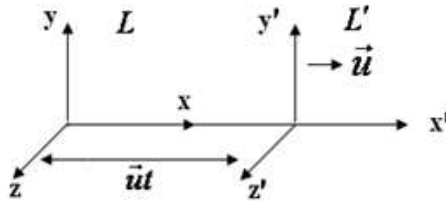
1.5. ԻՆԵՐՑԻԱԼ ՀԱՍՏԱԿԱՐԳԵՐ: ԳԱԼԻԼԵՅԻ ՀԱՐԱԲԵՐՄԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՍԿՋԲՈՒՆՔԸ ԵՎ ՁԵՎԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Համառոտ անդրադառնանք առաջին և երկրորդ օրենքների թվադյալ նմանությանը: Իրոք, եթե ընդունենք, որ ազդեցությունը՝ $\vec{F} = 0$, ապա ըստ երկրորդ օրենքի՝ $\vec{a} = 0$, այսինքն՝ մարմինը շարժվում է առանց արագացման (կա՛մ դադարի վիճակում է, կա՛մ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում): Սակայն սա հենց առաջին օրենքի պնդումն է: Իրականում, իհարկե, այստեղ կա բավականաչափ նուրբ տարբերություն: Նյութոսնի օրենքներն իրավացի են, այսպես կոչված, իներցիալ համակարգերում: Առաջին օրենքի դերը հենց այդ համակարգերն առանձնացնելն է:

Գոյություն ունեն այնպիսի հաշվարկման համակարգեր, որոնցում մարմինը գտնվում է դադարի վիճակում կամ կատարում է ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում, եթե նրա վրա այլ մարմիններ չեն ազդում կամ այդ ազդեցությունները համակշռված են:

Ենթադրենք գտնվում եք ուղղագիծ հավասարաչափ շարժում կատարող գնացքում: Հատակի, առաստաղի և պատերի նկատմամբ գտնվում եք դադարի վիճակում (քանի որ ծանրության ու հենարանի ռեակցիայի ուժերը իրար համակշռում են): Վագոնը Ձեզ համար իներցիալ հաշվարկման համակարգ է: Երբ գնացքը դանդաղեցնում կամ արագացնում է ընթացքը, ընկրկում եք հետ կամ նետվում առաջ՝ չնայած Ձեզ վրա հորիզոնական ուժ չի ազդում: Սա նշանակում է, որ վագոնը դադարում է լինել իներցիալ հաշվարկման համակարգ: Կառամատույցում գտնվող ուղևորի համար այդ դեպքերն այլ կերպ են մեկնաբանվում: Գնացքն ավելացնելով կամ պակասեցնելով քարշի ուժը՝ փոխում է վա-

գոնի ընթացքը, որն էլ բացատրում է վագոնում տեղի ունեցող երևույթները՝ Նյուտոնի օրենքներին միանգամայն համապատասխան:



Նկ. II.2. Գալիլեյի ձևափոխությունները:

Դեռևս 1636 թ. Գալիլեյը բացահայտել էր, որ բոլոր մեխանիկական երևույթները ընթանում են միատեսակ իներցիալ համակարգերում, և ոչ մի մեխանիկական փորձով հնարավոր չէ բացահայտել՝ շարժվում է համակարգը, թե՛ ոչ: Սա Գալիլեյի հարաբերականության սկզբունքն էր: Նյուտոնյան մեխանիկայում այն արտահայտվում է երկու գործոնով.

ա) իներցիալ հաշվարկման համակարգի ընտրությունից կոորդինատի ու արագության կախվածությամբ,

բ) բոլոր իներցիալ հաշվարկման համակարգերում մեխանիկական երևույթների միանմանությամբ:

Դիտարկենք երկու իներցիալ համակարգերը. L և L' , ընդ որում՝ L' -ը շարժվում է L -ի նկատմամբ $\vec{u}$ արագությամբ (պարզության համար ընտրված է x -երի առանցքով): Ինչպես երևում է Նկար II.2. -ից.

$$\left. \begin{aligned} x' &= x - ut \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned} \right\}, \quad (II.3)$$

իսկ

$$t' = t \quad (II.4)$$

առնչությունն արտահայտում է ժամանակի բացարձակությունը դասական մեխանիկայում: (II.3), (II.4)-ը Գալիլեյի ձևափոխություններն են: Եթե (II.3) համակարգի առաջին հավասարման երկու մասերը դիֆերենցենք ըստ ժամանակի, կստանանք,

$$\frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - u, \quad (II.5)$$

կամ՝

$$v' = v - u: \quad (II.6)$$

Այս հավասարումը ևս դիֆերենցենք ըստ ժամանակի.

$$\frac{dv'}{dt} = \frac{dv}{dt} - \frac{du}{dt} = \frac{dv}{dt}, \quad (\text{II.7})$$

քանի որ $u = \text{const}$: Սակայն ըստ սահմանման՝

$$\frac{dv'}{dt} = a', \quad \frac{dv}{dt} = a :$$

Այսպիսով՝ $a' = a$: Ընդհանուր դեպքում δt շտ է

$$\vec{a} = \vec{a}' \quad (\text{II.8})$$

վեկտորական հավասարումը: Քանի որ իներցիալ համակարգերում $\vec{F}$ - ը և m -ը անփոփոխ են ,և $\vec{a} = \vec{a}'$, ապա Գալիլեյի ձևափոխությունների ժամանակ

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{II.9})$$

օրենքը մնում է անփոփոխ (ինվարիանտ):

Այսպիսով՝ հարաբերականության սկզբունքում առկա «միանման են ընթանում» արտահայտությունը նշանակում է, որ երևույթները նկարագրող հավասարումները պետք է ինվարիանտ լինեն հաշվարկման մի համակարգից մյուսին անցումը նկարագրող ձևափոխությունների նկատմամբ:

ԹԵՄԱ 2. ՄԻՄԵՏՐԻԱ (ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆ)

*«Ժամանակակից ֆիզիկայի մասնիկները սիմետրիայի խմբերի ներկայացուցիչներ են և այդ առումով պլաստոնյան փիլիսոփայության սիմետրիկ ֆիզուրներն են հիշեցնում»:
Վ. Հայզենբերգ*

2.1. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՐՋԱՊԱՏՈՂ ԱՇԽԱՐՀՈՒՄ

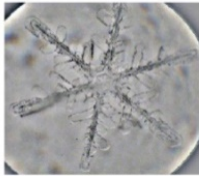
Հնագիտական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ մարդկությունը վաղնջական շրջանից արդեն պատկերացում է ունեցել սիմետրիայի մասին: Դա իր արտացոլումն է գտել ժայռապատկերներում ու կենցաղային առարկաներում (տե՛ս Նկ. II.3):



Նկ. II.3. Հնագույն ժամանակների պատկերացումները սիմետրիայի մասին [3]

Բազմատեսակ և բազմաբնույթ սիմետրիայի օրինակներով է հարուստ շրջապատող բնաշխարհը (տե՛ս Նկ. II.4):

Ինչպես նշել է ակադեմիկոս Վ. Ի. Վերնադսկին (1863-1945 թթ.), «Սիմետրիայի զգացողությունը և այն կյանքում ու կենցաղում արտացոլելու իրական ձգտումը գոյություն են ունեցել պալեոլիթից, նույնիսկ էոլիթից սկսած... Բազմահազար սերունդների այդ փորձը շրջապատող աշխարհում սիմետրիայի գոյության և այդ հասկացության խորքային էմպիրիկ հիմքի հստակ ակնարկ է»:



Նկ. II.4. Միմետրիայի օրինակները բնությունում [4]

Ի վերջո, ի՞նչ է սիմետրիան, որքանո՞վ է այն կարևոր առօրյա կյանքում, արվեստի և գիտության ասպարեզներում (հունարեն՝ *συμμετρία* (սյմ-միասին, համատեղ, *μετρία* – չափ) և նշանակում է «միատեսակ չափ, համաչափություն»): Երկրաչափական օբյեկտը կամ ֆիզիկական (և ոչ միայն) երևույթը համարվում են սիմետրիկ, եթե որոշակի գործողություն կատարելուց հետո դրանք մնում են անփոփոխ: Նկար II.5-ում ներկայացված է սիմետրիայի մի օրինակ: Չյան փաթիլի ներկայացված տեսակները մնում են անփոփոխ 60° պտույտի նկատմամբ: Կարելի է բերել այլ օրինակ: Օրինակ՝ զարթուցիչը միատեսակ է հնչում սենյակի ցանկացած անկյունում: Սա սիմետրիայի մեկ այլ տեսակի՝ տարածության համասեռության և իզոտրոպության (բոլոր ուղղությունների հավասարագործության) ցուցադրումն է:



Նկ. II.5. Չյան փաթիլների տեսակները միավորված են պտտման VI կարգի սիմետրիայով (60° պտույտ սիմետրիայի առանցքի շուրջ) [4]:

Այսպիսով՝ ժամանակակից պատկերացմամբ սիմետրիան բնութագրում է համակարգի կառուցվածքային կազմակերպվածության աստիճանը: Սիմետրիայի կարևորագույն հատկություններից է այս կամ

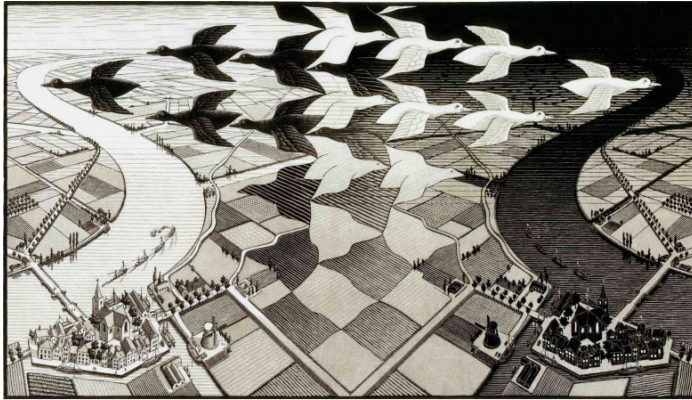
այն բնութագրերի (երկրաչափական, ֆիզիկական, կենսաբանական և այլն) պահպանվելը (ինվարիանտությունը) որոշակի տիպի ձևափոխությունների նկատմամբ:

Մի կարևոր նկատառում: Այսպես, օրինակ, ֆիզիկայի բոլոր օրենքները սիմետրիկ են: Սակայն, ավելի մանրակրկիտ հետազոտությունները թույլ են տալիս բացահայտել այդ օրենքների ոչ թե ճշգրիտ, այլ համարյա ճշգրիտ լինելու հանգամանքը: Բնությունը համարյա սիմետրիկ է, բայց բացարձակ սիմետրիկ չէ: Այսպես, օրինակ, մոլորակների ուղեծրերը, որոնք Պյութագորասի ժամանակվանից ենթադրվում էին շրջանագծեր, իրականում մոտ լինելով շրջանագծի, այնուամենայնիվ, էլիպսական են: Սիմետրիայի խախտման օրինակներ հայտնի են նաև միջուկային ֆիզիկայում: Թե ինչով է պայմանավորված բնության ոչ թե բացարձակ, այլ համարյա սիմետրիկ լինելը, դեռևս չլուծված խնդիրների թվին է պատկանում:

2.2. ԴԻԽՈՏՈՄԻԱ

Անդրադառնանք մի հետաքրքիր և կարևոր հասկացության ևս, որի օրինակներով հարուստ է մեր կյանքը՝ դիխոտոմիա: Այն առաջացել է հունարեն *dichotomia* (երկփեղկում) բառից (*dicha* – երկու մասի և *tome* – ճեղքում): Դա որևէ հասկացության տրամաբանական բաժանումն է փոխադարձաբար իրար բացառող հասկացությունների՝ նյութական-հոգևոր, օբյեկտիվ-սուբյեկտիվ, ռացիոնալ-իրացիոնալ, վերջավոր-անվերջ և այլն:

Ահա այս առումով սիմետրիկի դիխոտոմիա հակասիմետրիկն է: Հակասիմետրիկի դասական օրինակ է հոլանդացի նկարիչ Մաուրից Էշերի (1898-1972 թթ.) «Ցերեկ և գիշեր» փորագրությունը (1938 թ.): Ցերեկային ու գիշերային քաղաքները կապված են հակասիմետրիկության հայելային հարթությամբ: Փորագրության ձախ ու աջ մասերի երկրաչափությունը բացարձակ հայելային սիմետրիկ են, իսկ համապատասխան երկրաչափական օբյեկտների գույնը՝ հակառակ: Ստացվում է հետևյալ պատկերը: Սպիտակ թռչունները թռչում են ցերեկից գիշեր, իսկ սևերը՝ գիշերից ցերեկ:



Նկ. II.6. Մաուրից Էշերի «Ցերեկ և գիշեր» փորագրությունը [4]

Ըստ ֆրանսիացի մաթեմատիկոս Ռենե Դեկարտի (1596-1650 թթ.)՝ «կարգավորվածությունն ազատում է միտքը», իսկ ըստ նրա հայրենակից, ճարտարապետ Լե Կորբյուզեի (1887-1965 թթ.)՝ «ստեղծագործելը կարգավորման ակտ է»:

Որպես եզրափակում անդրադառնանք ևս մի հարցի: Ինչո՞ւ է, այնուամենայնիվ, սիմետրիան աչքի համար հաճելի...:

- Այն մարդու կողմից ընկալվում է որպես բնության մեջ տիրող օրինաչափության, կարգավորվածության դրսևորում,
- կարգավորվածության ընկալման ժամանակ ներգրավում է ոչ միայն պատկերային, այլ նաև ռացիոնալ կիսագունդը,
- դեռևս նախնադարյան մարդիկ նկատել էին, որ համաչափ առարկաներն առավել կայուն են և կիրառման առումով, փաստորեն, անկախ են ուղղությունից,
- ամենայն հավանականությամբ սիմետրիայի էսթետիկ ընկալման կարևորագույն բաղադրիչներից է նաև նպատակահարմարությունը:

2.3. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆ ՈՒ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԹԵՈՐԵՄԸ

Մեխանիկան (հունարեն՝ mechane–գործիք, մեքենա) հնարավորություն է ընձեռում ուսումնասիրելու և նկարագրելու բազմաթիվ պրոցեսներ, որոնք տեղի են ունենում գրավիտացիոն, էլեկտրական, առաձգական և այլ ուժերի ազդեցությամբ: Ընդ որում՝ այդ ընթացքում մեխանիկայի զինանոցում լայնորեն կիրառվում են աշխատանքի, իմպուլսի, կի-

նետիկ և պոտենցիալ էներգիաների, մոմենտների հասկացությունները, ինչպես նաև տարածության և ժամանակի որոշակի համաչափությունների հետևանք պահպանման օրենքները:

Համաձայն Էմմի Նյոթերի (1882-1935 թթ.) կողմից 1918 թ. ապացուցված թեորեմի՝

«համակարգում ցանկացած սիմետրիայի գոյությունը հանգեցնում է որոշակիորեն այդ համակարգը բնութագրող ֆիզիկական մեծության պահպանմանը:

Որպես Էմմի Նյոթերի թեորեմի կիրառման օրինակ հաջորդ կետում կանդրադառնանք նրա մի քանի դրսևորումների ֆիզիկայում:

2.4. ՀԱՄԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻԶԻԿԱՑՈՒՄ: ՀԱՄԱՍԵՌՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԱՆԻՉՈՏՐՈՂՈՒԹՅՈՒՆ

Այդպիսի համաչափությունները մեխանիկական համակարգերում յոթն են՝ ժամանակի, երեք ուղղությամբ տեղաշարժերի և պտույտների նկատմամբ ինվարիանտությունը: Անդրադառնանք այդ համաչափությունների հետևանքով գոյություն ունեցող պահպանվող մեծություններին:

Այսպես, օրինակ, տարածության համասեռությունը, այն է՝ համաչափությունը զուգահեռ տեղաշարժի նկատմամբ, հանգեցնում է փակ համակարգի իմպուլսի, իսկ ժամանակի համասեռությունը՝ էներգիայի պահպանմանը:

Իսկ ի՞նչ ենք հասկանում՝ տարածության ու ժամանակի համասեռություն ասելով:

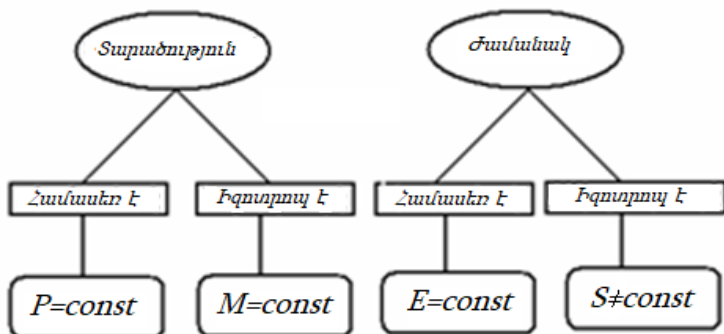
Տարածությունը համասեռ է, այլ կերպ ասած՝ տարածության բոլոր կետերի համարժեքությունը նշանակում է՝ փորձարարական սարքը տարածության որ կետում էլ տեղակայվի, փորձը կտա նույն արդյունքը: Տարածության համասեռությունը, մասնավորապես, Տիեզերքի կենտրոնի բացակայության վկայությունն է:

Ժամանակը համասեռ է: Ժամանակի բոլոր պահերը հավասարազոր են, այսինքն՝ նույն փորձը, եթե կրկնվի 100 տարի անց, կտա նույն արդյունքը:

Բացի համասեռությունից՝ կարևոր է նաև «իզոտրոպություն» հասկացությունը:

Իզոտրոպություն: Ընդհանրապես, դա անփոփոխությունն է (ինվարիանտությունը) ուղղությունը փոփոխելու նկատմամբ: Մասնավորապես, տարածությունն իզոտրոպ է, իսկ ժամանակը՝ ոչ (ժամանակի անի-

գոտրոպությանը կանդրադառնանք հետագա շարադրանքում): Իհարկե, նման համաչափության գոյությունը նույնպես հանգեցնում է պահպանման օրենքի: Այս ասվածներն ամբողջական տեսքով ամփոփում է Նկար II.7-ը:



Նկ. II.7. Տարածության և ժամանակի պարզագույն սիմետրիաները և համապատասխան պահպանման օրենքները: E -էներգիան է, P -ն՝ իմպուլսը, M -ը՝ իմպուլսի մոմենտը, S -ը՝ էնտրոպիան:

ԹԵՄԱ 3. ԴԱՇՏ ՈՒ ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

*«Ձեր գաղափարը խենթանալու է: Հարցն այն է, թե
այն բավարար ^ո խենթ է ճշմարիտ լինելու համար»:
Ն. Բոք*

3.1. ԵԹԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ: ՄԵԽԱՆԻՍՏԱԿԱՆ ՊԱՏԿԵՐԱՅՈՒՄՆԵՐԻ ԱՆԿՈՒՄԸ

Պայմանավորված մեխանիկայի հաջողություններով՝ XVI-XVIII դարերում փորձեր էին արվում մեխանիկայի մեթոդները կիրառելու ֆիզիկայի այլ բաժինների (նաև հարակից այլ գիտությունների) բոլոր խնդիրների լուծման նպատակով:

Մի մասնավոր խնդրի դիտարկմամբ անդրադառնանք, այսպես կոչված, մեխանիստական աշխարհայացքի էությանը [5]:

1839 թ. անգլիացի գիտնական Ջեյմս Մակ Կուլախը (1809-1847 թթ.) առաջարկեց լուսատար եթերի օրիգինալ տեսությունը: Նրա եթերը առաձգական էր միայն պտտման դեֆորմացիաների նկատմամբ և չէր դիմադրում մնացած բոլոր դեֆորմացիաներին:

Եթերի միավոր ծավալի դեֆորմացիայի էներգիան՝ $U = \frac{1}{2}\mu(\text{rot}\delta\vec{r})^2$: Այստեղ μ -ն նյութի առաձգական հատկությունները բնութագրող հաստատուն էր, $\delta\vec{r}$ - մասնիկի շեղումը: Կիրառելով մեխանիկայի օրենքները՝ նա ստանում է գրգիռի տարածման հավասարումը.

$$\rho \frac{\partial^2 \delta\vec{r}}{\partial t^2} = -\mu \text{rot} \text{rot} \delta\vec{r} \quad (*.1)$$

Եթե ժամանակի $t = 0$ պահին $\text{div}\vec{r} = 0$, ապա այդ պայմանը պահպանվում է միշտ: Ուրեմն.

$$\rho \frac{\partial^2 \delta\vec{r}}{\partial t^2} = \mu \nabla^2 \delta\vec{r}: \quad (*.1a)$$

(*.1a) -ն լայնական ալիքի տարածման հավասարումն էր: Այս հավասարման մեջ ավտոմատ բացառվում էր երկայնական ալիքների գոյությունը:

Ընդգծենք, որ ալիքային այս հավասարումը գրվել է Մաքսվելի ալիքային հավասարումից 26 տարի առաջ:

Մակ Կուլախի եթերի համար նույնիսկ հատուկ մոդել էր ստեղծվել՝ որոշակի հոդակապներով ամրացված գիրոսկոպներ:

Ֆիզիկայի հետագա զարգացումը մեխանիստական աշխարհայացքի անկման պատճառ դարձավ: Հաջորդ կետում կանդրադառնանք այդ գործոններին:

3.2. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԴՐՈՒՑԹՆԵՐԸ

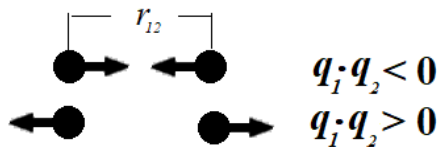
Նյութոնյան մեխանիկան երկու հարյուր տարիների ընթացքում ապացուցում էր իր հզորությունը տարբեր խնդիրների լուծման ասպարեզում: Սակայն, մեխանիկայի խնդիրների զարգացմանը զուգահեռ, գոյություն ուներ նաև էլեկտրական և մագնիսական փոխազդեցություններով պայմանավորված խնդիրների մեկ այլ խումբ: Չանդրադասական էլեկտրադինամիկայի՝ որպես ֆիզիկայի բաժնի զարգացման պատմությանը, համառոտ դիտարկենք ստացված հիմնարար արդյունքները, քանի որ դրանք անմիջականորեն առնչվում են ֆիզիկայի այն հեղափոխությանը, որն իրականացավ XIX դարավերջին ու XX դարասկզբին:

Էլեկտրադինամիկայի կարևոր դրույթներն էին.

1. գոյություն ունեն դրական ու բացասական լիցքեր, ընդ որում՝ առկա է տարրական լիցքի հասկացությունը, այսինքն՝ ցանկացած q լիցք կարելի է ներկայացնել որպես $q = Ne$, այն է՝ e տարրական լիցքի և N ամբողջ թվի արտադրյալի տեսքով: Փորձերը ցույց են տալիս, որ e -ն հավասար է մոդուլով վերցված էլեկտրոնի լիցքին՝

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Կլ},$$

2. այդ լիցքերը փոխազդում են այնպիսի մի ուժով, որն ուղղված է կետային լիցքերը միացնող ուղղի երկայնքով (նման ուժերին անվանում են կենտրոնական): Նույնանուն լիցքերի դեպքում ուժը վանողական է, տարանունների դեպքում՝ ձգողական (տե՛ս Նկ. II.8ա):



Նկ. II.8ա. Լիցքերի փոխազդեցության ուժերի ուղղությունը:

Այդ ուժի մեծությունը որոշվում է Կուլոնի օրենքով.

$$F_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}, \quad (\text{II.10})$$

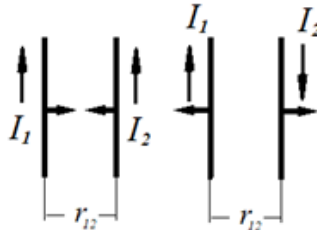
որտեղ $K = 9 \cdot 10^{-9} \text{ Ն.մ}^2/\text{Կլ}^2$ էլեկտրական հաստատունն է և թվապես հավասար է այն ուժին (նյութոններով արտահայտ-

ված), որով վակուումում փոխազդում են մեկական $\mathcal{H}$ լիցք ունեցող անշարժ կետային լիցքերը 1 u' հեռավարության վրա:

3. Շարժվող լիցքերը (կամ հոսանքները) փոխազդում են նոր տիպի՝ մագնիսական ուժով: Այդ ուժը մասնավորապես զուգահեռ հոսանքների դեպքում ունի հետևյալ տեսքը.

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r_{12}}, \quad (\text{II.11})$$

որտեղ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Հն/Ա-ը մագնիսական հաստատունն է:



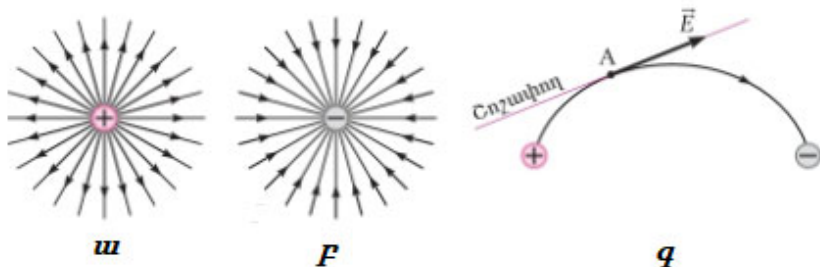
Նկ. II.8բ. Հոսանքների փոխազդեցության ուժի ուղղությունը

Նույն ուղղության հոսանքները միմյանց ձգում են, հակառակ ուղղվածները՝ վանում (տե՛ս Նկ. II.8բ):

3.3. ԴԱՇՏԻ ԳԱՂԱՓԱՐԸ

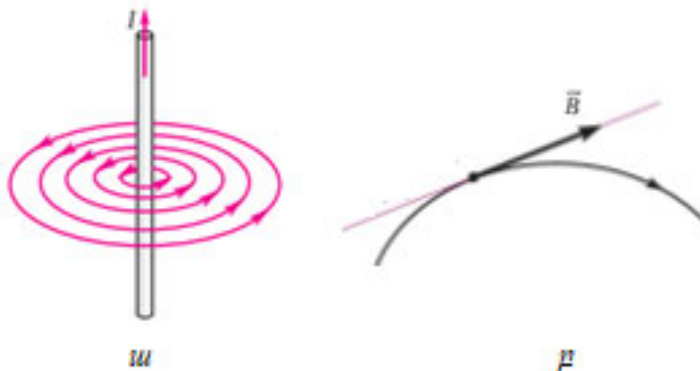
Լիցքերի ու հոսանքների այդ փոխազդեցությունները մեկնաբանելու համար Ֆարադեյը ներմուծել էր «էլեկտրամագնիսական դաշտ» հասկացությունը և բազմաթիվ փորձերով ապացուցել այդ դաշտերի գոյությունը:

Ցանկացած անշարժ լիցք իր շուրջը ստեղծում է էլեկտրաստատիկ դաշտ, որի հիմնական հատկությունը մեկ այլ՝ փորձնական լիցքի վրա (II.10) ուժով ազդելն է: Եթե փորձնական լիցքը հավասար է մեկ միավորի՝ 1Կլ, ընդունված է այդ ուժն անվանել էլեկտրական դաշտի լարվածություն: Նկար II.9-ում ներկայացված է անշարժ լիցքի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտը և նրա ուղղությունը որոշելու կանոնը:



Նկ. II.9. *Էլեկտրաստատիկ դաշտի գրաֆիկական պատկերումը [6]
 w, p – առանձնացված դրական և բացասական լիցքերի էլեկտրական
դաշտի ուժագծերը, q – արդյունաբար էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկ-
տորի ուղղությունը (կամայական A կետում այն ուղղված է ուժագծի շոշափողի
երկայնքով):*

Համանման կարելի է նկարագրել հաստատուն հոսանքի ստեղծած մագնիսական դաշտը, որի հիմնական հատկությունը այլ հոսանքի վրա (II.11) ուժով ազդելն է (տե՛ս Նկ. II.10):

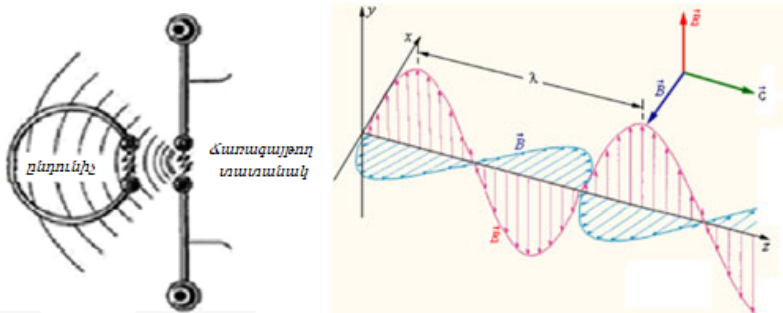


Նկ. II.10. *Մագնիսական դաշտի գրաֆիկական պատկերումը [6]
 w – Ուղղագիծ հոսանքի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերը
 p – Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի ուղղությունը (կա-
մայական կետում այն ուղղված է ինդուկցիայի գծի շոշափողի եր-
կայնքով):*

Հետագա շարադրանքում կանոնադառնանք «դաշտ» հասկացու-
թյան մեթոդական ընդհանրացմանը:

Էլեկտրադինամիկայի հետագա զարգացումն առավել հետաքրքիր
էր: Ֆարադեյն ապացուցեց, որ փոփոխական մագնիսական դաշտը

ստեղծում է նոր տիպի՝ մրրկային էլեկտրական դաշտ (Ֆարադեյի մակաձման երևույթը), իսկ Մաքսվելը հիմնավորեց, որ փոփոխական էլեկտրական դաշտն էլ իր հերթին մակաձմում է մրրկային մագնիսական դաշտ: Այսպիսով՝ անընդհատորեն փոփոխվելով՝ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը մեկը մյուսի առաջացման պատճառ են, որի հետևանքով էլ էլեկտրամագնիսական ալիքները տարածվում են (վակուումում մոտ 300.000 կմ/վ հսկայական արագությամբ): Էլեկտրամագնիսական ալիքների գոյությունը փորձնականորեն հաստատվեց Հ. Հերցի կողմից (1888 թ.) (տե՛ս Նկ. II.11):



Նկ. II.11. Հերցի ճառագայթիչը, ընդունիչը և ճառագայթված էլեկտրամագնիսական ալիքը [6]:

Հզոր ինդուկցիոն կոճի կայծային պարպման փորձերում Հերցին հաջողվեց ստանալ էլեկտրական հոսանքի գերբարձր հաճախության տատանումներ (պարբերությունը մոտ 10^{-8} վ կարգի): Շարունակելով փորձերը՝ նա համոզվեց, որ նման բարձր հաճախային հոսանքն ի գործ է համանման հոսանք առաջացնել որոշակի հեռավորության վրա գտնվող մեկ այլ հաղորդչում: Այսպիսով, նա առաջին անգամ կարողացավ հաստատել էլեկտրամագնիսական ալիքների գոյությունը:

Մաքսվելի ջանքերի շնորհիվ հաջողվեց վերոհիշյալ գաղափարները ներկայացնել հավասարումների գեղեցիկ համակարգի տեսքով [5]:

Համաձայն առաջին հավասարման՝ մագնիսական դաշտը ստեղծվում է հաղորդչով հոսող հոսանքի և շեղման հոսանքի միջոցով, որը համեմատական է էլեկտրական դաշտի փոփոխման արագությանը: Այդ հավասարման տեսքը հետևյալն է.

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} :$$

Այստեղ $\vec{H}$ -ը մագնիսական դաշտի լարվածությունն է, $\vec{j}$ -ն՝ հոսանքի խտության վեկտորը, $\vec{D}/c$ -ն՝ շեղման հոսանքը:

Համաձայն Մաքսվելի երկրորդ հավասարման՝ մագնիսական դաշտի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում մակաձուլ է էլեկտրական դաշտ.

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} :$$

$\vec{B}$ -ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի, $\vec{E}$ -ն՝ էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորներն են:

Երրորդ հավասարումը փաստում է մագնիսական լիցքի բացակայությունը.

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

Չորրորդ հավասարման համաձայն՝ էլեկտրական դաշտը ստեղծվում է էլեկտրական լիցքերի կողմից.

$$\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho ,$$

որտեղ ρ -ն ազատ լիցքերի խտությունն է տվյալ կետում:

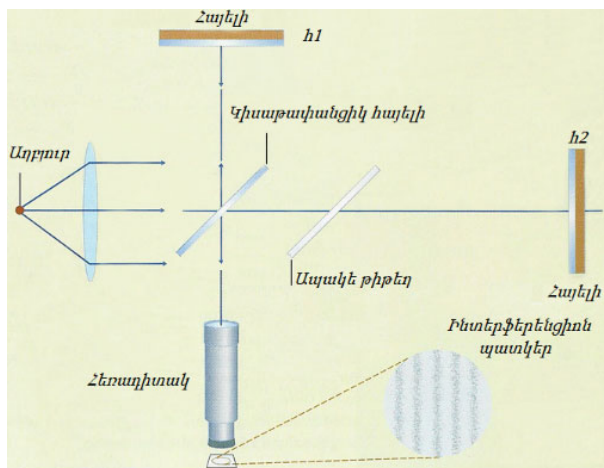
3.4. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ԴԺՎԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ: ԴԱՇՏ ՈՒ ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Այսպիսով՝ էլեկտրամագնիսական դաշտի միջոցով իրականացվում է լիցքավորված մասնիկների փոխազդեցությունը: Սակայն, Մաքսվելի էլեկտրադինամիկան լուրջ դժվարությունների հանդիպեց, ինչը ֆիզիկայի բնագավառում հանգեցրեց արմատական փոփոխությունների:

1. Մի շարք փորձեր վկայում էին, որ լույսի արագությունը նույնն է միմյանց նկատմամբ հավասարաչափ շարժում կատարող համակարգերում: Այդ մասին վկայող փորձերից էր, օրինակ, Մայքելսոնի և Մորլիի փորձը (տե՛ս Նկ. II.12): Ջգայուն (ինտերֆերոմետրական) չափումների օգնությամբ փորձնականորեն որոշվում էր լույսի տարածման արագությունը Երկրագնդի շարժման և նրան ուղղահայաց ուղղությամբ: Ինչպես պատկերված է Նկար II.12-ում, սարքի բազուկներից մեկը տեղակայվում էր այնպես, որ լիներ զուգահեռ Երկրի տարեկան շարժմանը (h2 հայելին), իսկ մյուսը՝ նրան ուղղահայաց (h1 հայելին): Այնուհետև սարքը պտտում են 90° -ով (Երկրի տարեկան շարժմանը

գուգահեռ է հ₀ հայելին): Նյութոսկոպի մեխանիկայի տեսանկյունից Երկրի շարժումը պետք է ազդեր միայն h₂ բազուկի ուղղությամբ տարածվող լույսի արագության վրա (երկրորդ դեպքում Երկրի տարեկան շարժմանը գուգահեռ էր հ₀ հայելին), ուստի չափելով ժամանակների տարբերությունը՝ կարելի էր հայտնաբերել Երկրի շարժումը: Սակայն մեծ ճշտությամբ կատարված փորձերը ժամանակային որևէ տարբերություն չհայտնաբերեցին: Այս արդյունքը պարադոքսալ էր: Ըստ մեխանիկայի արագությունների գումարման կանոնի (տե՛ս (II.6) արտահայտությունը), եթե մարմինը միաժամանակ մասնակցում է երկու շարժման, ապա դրանց արագությունները գումարվում են, հետևաբար ցանկացած արագություն կարող է գերազանցվել: Սակայն, լույսի պարագայում իրավիճակը բոլորովին այլ էր: Այդ արագությունը միշտ հավասար էր 300.000 կմ/վ՝ անկախ այն հանգամանքից՝ լույսն արձակվում էր շարժվող, թե անշարժ աղբյուրից:

2. Այնչտայնը նկատեց, որ Մաքսվելի հավասարումները ասիմետրիկ են շարժվող համակարգերի նկատմամբ: Մասնավորապես, հոսանքի և մագնիսի փոխազդեցությունը կախված է ոչ միայն նրանց փոխադարձ շարժումից, այլ նաև այն բանից, թե դրանցից որն է շարժվում: Ուրեմն դա կարելի էր օգտագործել հավասարաչափ շարժումը հայտնաբերելու համար:



Նկ. II.12. Մայքելսոն-Մորլիի փորձը:

3. Ակնհայտ էր մի հետևություն ևս՝ Մաքսվելի հավասարումներն ինվարիանտ չէին Գալիլեյի ձևափոխությունների նկատմամբ:

Այս հակասությունների բացատրության առաջին քայլը արվեց Լորենցի կողմից 1904 թ.: Ըստ նրա, եթե ենթադրենք, որ.

- շարժվող մարմնում առաջանում են ուժեր, որոնք որոշակի չափով սեղմում են այդ մարմինը շարժման ուղղությամբ,
- այդ մարմնում ընթացող բոլոր պրոցեսները համապատասխան չափով դանդաղում են, այնպես որ Մայքելսոն-Մորլիի փորձում սարքավորումների անճշտությունները կոմպենսացնում են չափվող էֆեկտը:

Միաժամանակ նա գտավ այն ձևափոխությունները, որոնց նկատմամբ ինվարիանտ էին Մաքսվելի հավասարումները.

$$x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - ux/c^2}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

Այստեղ, ինչպես և Գալիլեյի ձևափոխություններում, շտրիխով նշանակված են շարժվող համակարգի մեծությունները, u -ն L -ի նկատմամբ (x առանցքի երկայնքով) շարժվող L' համակարգի արագությունն է: Սակայն որպես իրական ժամանակ Լորենցն ընդունում էր t -ն, իսկ t' -ը համարում էր օժանդակ: Որպես հետևանք տուժվում էր առաջարկված ձևափոխությունների ֆիզիկական մեկնաբանությունը:

3.5. ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՏՈՒԿ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամենայն խստությամբ այդ ամենը մեկնաբանվեց Ա. Այնշտայնի կողմից 1905 թ.: Նա առաջարկում է երկու կանխադրույթ [7].

1. Ֆիզիկական երևույթները միատեսակ են ընթանում բոլոր իներցիալ համակարգերում:
2. Լույսի արագությունը վակուումում նույնն է բոլոր իներցիալ հաշվարկման համակարգերում:

Ինչպես պարզվում է, լույսի արագության հաստատունությունը հանգեցնում է մի շարք կարևոր հետևությունների: Էական է դառնում երկու պատահարների միջև միջակայքը (ինտերվալը): Ըստ սահմանման՝ ինտերվալը.

$$\Delta S = \sqrt{c^2 \Delta t^2 - (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)} : \quad (\text{II.12})$$

Եվ ահա լույսի արագության հաստատուն լինելը ձևակերպվում է որպես երկու պատահարների միջև ինտերվալի ինվարիանտություն, այսինքն՝

$$c^2 \Delta t^2 - (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2) = c^2 \Delta t'^2 - (\Delta x'^2 + \Delta y'^2 + \Delta z'^2),$$

որտեղ շտրիխով նշանակված են L' համակարգին վերաբերող մեծությունները: Որպես այս ինվարիանտության հետևանք ստացվում են Լորենցի ձևափոխությունները: Ինչպես բխում է ինտերվալի սահմանումից, նյութոնյան մեխանիկային բնորոշ Էվկլիդեսյան տարածության (բացարձակ եռաչափ տարածության և ժամանակի) փոխարեն այստեղ հայտնվում է միացյալ՝ տարածաժամանակային քառաչափ տարածություն: Պետք է նկատել, սակայն, որ տարածական ու ժամանակային կոորդինատները նույն կերպ չեն արտահայտվում ինտերվալի սահմանման մեջ (տարբեր են նրանց նշանները): Այլ կերպ ասած՝ Էվկլիդեսյան տարածությունը (որտեղ հեռավորությունը $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$) փոխարինվում է փսևդոԷվկլիդեսյան տարածությամբ, որի համար էական է $S = \sqrt{c^2 t^2 - r^2}$ «ինտերվալ» հասկացությունը:

Օգտվելով Լորենցի ձևափոխություններից՝ ստանում ենք.

$$l = l' \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}, \quad \tau = \frac{\tau'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (\text{II.13})$$

այսինքն, ինչպես տեսնում ենք, L համակարգում, որի նկատմամբ երկարության մասշտաբը շարժվում է, տարածական մասշտաբը փոքրանում է շարժման ուղղությամբ, իսկ ժամանակը՝ դանդաղում:

Մեկ այլ օրինաչափություն ևս կարելի է նկատել: Այն դեպքում, երբ $u \ll c$, արմատատակի u^2 / c^2 -ն կարելի է փոխարինել զրոյով: Արդյունքում ստանում ենք նյութոնյան մեխանիկային բնորոշ

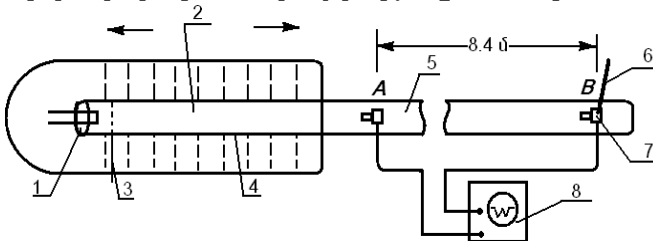
$$\Delta S = \Delta S'; \quad \Delta r = \Delta r'; \quad \Delta t = \Delta t':$$

պնդումները: Ընդ որում՝ ինտերվալի ինվարիանտությունը այլևս խոր իմաստ չի պարունակում և ուղղակի հետևանք է Δr և Δt մեծությունների ինվարիանտության: Մա այսպես կոչված համապատասխանության սկզբունքի դրսևորումն է, որի էությունը հետևյալն է. ***տվյալ տեսության կիրառության սահմաններն իմանալու համար անհրաժեշտ են այնպիսի փաստեր, որոնք հնարավոր չէ մեկնաբանել՝ մնալով տվյալ տեսության սահմաններում:***

Առաջարկվող նոր տեսությունը, որը կմեկնաբանի այդ նոր փաստերը, անհրաժեշտորեն պետք է բացատրի նաև նախորդ արդյունքները: Հետևաբար որպես սահմանային դեպք իր ներսում պետք է պարունակի նախորդ տեսությունը:

Ռեյատիվիստական տարածաժամանակային էֆեկտներն ունեն փորձարարական բազմաթիվ հիմնավորումներ, որոնց արդյունքների կիրառմամբ ստեղծված են բազմաթիվ տեխնիկական բարդ սարքավորումներ, օրինակ՝ արագացուցիչները: Կանգ առնենք դրանցից երկուսի վրա:

- Խոսքը շարժվող համակարգում ժամանակի դանդաղ ընթանալու մասին է: Ֆիզիկայում հայտնի են μ մեզոն կոչվող անկայուն տարրական մասնիկները, որոնց կյանքի տևողությունն անշարժ վիճակում կազմում է 2.5×10^{-6} վ, իսկ նրանց շարժման արագությունը մոտ է լույսի արագությանը: Դա նշանակում է, որ կյանքի տևողության ընթացքում նրանք կարող են անցնել մոտ 600 մետր: Սակայն նրանք ծնվում են մոտ 10 կմ բարձրության վրա, իսկ հայտնաբերվում են երկրային լաբորատորիաներում:
- Երկրորդը առնչվում է սահմանային արագությունը որոշելու փորձարարական հնարավորությանը (տե՛ս Նկ. II.13ա.):



Նկ. II.13ա. Էլեկտրոններն արագացվում են համասեռ դաշտով: A և B կետերի միջև վազքի ժամանակը որոշվում է օսցիլոսկոպի օգնությամբ: 1-տաք կաթոդ, 2-Վան դեր Գրասֆի գեներատոր, 3-որպես փական աշխատող կառավարման ցանց, 4-վակուումային խողովակ, 5-էլեկտրական դաշտի բացակայության տի-բյուր, 7-այլումինե սկավառակ, 8-օսցիլոսկոպ [7]:

- Էլեկտրոնները, դուրս թռչելով արագացուցիչ, որոշ ժամանակ շարժվում են հավասարաչափ (չափելով անմիջականորեն անցած ճանապարհին ու ժամանակը, որոշվում է նրանց արագությունը):

- Թիրախին հարվածելուց հետո նրանց կինետիկ էներգիան վերածվում է ջերմայինի, որը չափվում է զգայուն ջերմագույգի օգնությամբ: Էլեկտրոնի կինետիկ էներգիան.

$$W_e = eEL = e\varphi:$$

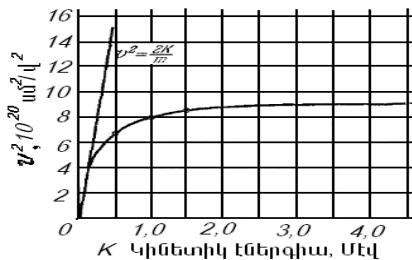
Այստեղ L -ը այն հեռավորությունն է, որում էլեկտրոնին արագացում է հաղորդվում, իսկ $\varphi = EL$ -ը՝ էլեկտրական պոտենցիալների տարբերությունը L հեռավորության վրա:

Չափումների արդյունքները ներկայացված են Նկար II.13բ-ում: Ինչպես երևում է նկարից, նյութոնյան մեխանիկայի սահմաններում արագության քառակուսին գծայնորեն պետք է աճի կինետիկ էներգիային համեմատական: Փորձում, սակայն, արագության քառակուսու վարքը այլ է. այն սահմանափակվում է:

Քննենք հարաբերականության հատուկ տեսության (ՀՀՏ) ևս երկու հետևանք: Եթե մասնիկը շարժվում է համադրված x և x' առանցքների ուղղությամբ (L և L' համակարգերի), ապա.

$$v = \frac{v' + u}{1 + uv' / c^2}, \quad (\text{II.14})$$

որտեղ u -ն L' - համակարգի շարժման արագությունն է L -ի նկատմամբ: Սա արագությունների գումարման կանոնն է ռելյատիվիստական ֆիզիկայում:



Նկ. II.13բ. Մահմանային արագության չափման արդյունքները [7]

Ենթադրենք $u = c$, և լույսն առաքվում է L' - համակարգում: Այդ դեպքում

$$v = \frac{c + c}{1 + c^2 / c^2} = c:$$

Այսինքն, ըստ արագությունների գումարման ռելյատիվիստական կանոնի՝ լույսի արագությունը դարձյալ ստացվեց c -ին հավասար:

Դժվար չէ համոզվել, որ եթե uv'/c^2 անտեսվում է, ապա ստացվում է դասական ֆիզիկայից հայտնի արագությունների գումարման կանոնը:

Հարաբերականության հատուկ տեսությունում ցույց է տրվում նաև էներգիայի ու զանգվածի համարժեքությունը.

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad (\text{II.15})$$

Այստեղ m_0 -ն դադարի վիճակում գտնվող մասնիկի հանգստի զանգվածն է: Համապատասխան էներգիան ($u \ll c$ դեպքում) արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով.

$$E = m_0 c^2:$$

Արտաքուստ պարզ այս բանաձևը վկայությունն է առ այն, որ ցանկացած մարմին հսկայական էներգիա է պարունակում (հաշվի առնելով $c = 3 \cdot 10^8$ մ/վ շատ մեծ լինելու հանգամանքը): Այս հետևությունն իր դրսևորումը գտավ միջուկային էներգետիկայում:

3.6. ՀԱՄԱՐԺԵՔՈՒԹՅԱՆ ՄԿՋԲՈՒՆՔ: ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՀՏ ստեղծմամբ, սակայն, չավարտվեց նյութոսկայան մեխանիկայի քննադատությունը: ՀՀՏ-ն նույնպես զերծ չէր որոշակի հակասական դրսևորումներից և սահմանափակությունից: Եվ, դրանցից ամենակարևորը, իներցիալ համակարգի պատկերացումն էր: Հասկանալի է, սակայն, որ առանց վերապահման, բնության մեջ այդպիսի համակարգեր գոյություն չունեն: Այս կամ այն իրական համակարգը կարելի էր իներցիալ համարել միայն որոշակի մոտավորությամբ: Դժգոհության տեղիք էր տալիս նաև ֆիզիկական երևույթների միանման ընթացքը լոկ իներցիալ համակարգերում: Եվ, ահա, գտնվում է ելքը՝ հանձինս գրավիտացիոն և իներտ զանգվածների համարժեքության պնդման [7]:

Համարժեքության սկզբունք. Անհնար է փորձով որոշել՝ մարմինը գտնվում է գրավիտացիոն դաշտում, թե ոչ իներցիալ համակարգում: Մանրամասնենք: Նյութոսկայան երկրորդ

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{II.16ա})$$

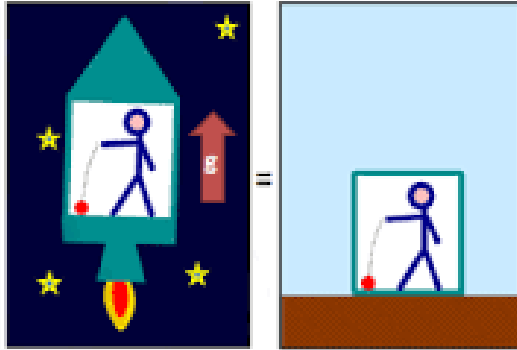
և գրավիտացիոն՝

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r} \quad (\text{II.16բ})$$

օրենքներում առկա են զանգվածներ: Ընդունված է m -ը անվանել իներտ (քանի որ այն իներտության քանակական չափն է), իսկ m_1 և m_2 -ը՝

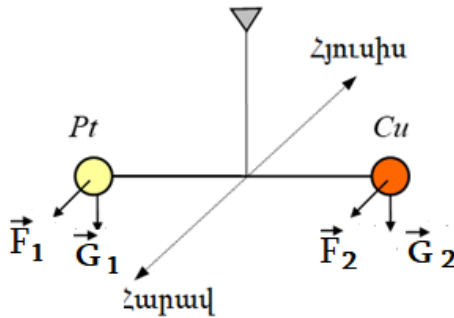
գրավիտացիոն (քանի որ դրանցով պայմանավորված է գրավիտացիոն փոխազդեցությունը):

Համարժեքության սկզբունքը հիմնավորելու համար Էյնշտեյնն առաջարկում է վերելակի մտային փորձը (տե՛ս Նկ. II.14)



Նկ. II.14. Այնշտայնի վերելակը (մտային փորձ):

Գրավիտացիոն և իներտ զանգվածների համարժեքությունը ստուգվել է նաև փորձերով: Ամենահայտնի փորձերից մեկը Էտվեշի փորձն է (1887 թ.): Այն սխեմատիկորեն պատկերված է Նկ. II.15-ում.



Նկ. II.15. Էտվեշի փորձը [7]:

Երկար, բարակ թելին ամրացված ձողից կախված են պլատինե և պղնձե զանգվածներ: Բազուկների հավասարության դեպքում լծակը կմնա հավասարակշռության վիճակում, եթե.

$$F_1 = F_2; G_1 = G_2:$$

Եթե $m_g \neq m_i$, ապա ոլորակշեռքը կպտտվեր

$$\Delta\varphi \neq 0$$

անկյամբ: Էտվեշը ցույց տվեց, որ $5 \cdot 10^{-9}$ ճշտությամբ.

$$\Delta\varphi = 0:$$

Հետագայում (1961-1964թթ.) ցույց տրվեց, որ

$$\frac{m_g - m_i}{m_i} \leq 10^{-12}:$$

Եվս մի առանձնահատկություն: Ըստ Նյուտոնի՝ ձգողության օրենքը ակնթարթային փոխազդեցության հետևանք է: Այնշտայնը ենթադրում էր, որ լույսի արագությանը մոտ արագությամբ շարժվելիս տիեզերական ձգողության նյուտոնյան օրենքը չի գործում: Անհրաժեշտ էր ձգողության պատկերացումները համաձայնեցնել հարաբերականության ընդհանուր սկզբունքին (ըստ որի՝ ֆիզիկական օրենքները միատեսակ են բոլոր հաշվարկման համակարգերում) և լույսի արագության վերջավորությամբ:

3.7. ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՑՑԻՆ ԿՈՐԱՑՈՒՄԸ ԵՎ ԳՐԱՎԻՏԱՑԻԱՆ

Անդրադառնանք այս հարցին: Ըստ Գալիլեյի՝ բոլոր մարմինները, անկախ իրենց զանգվածից, ընկնում են Երկրի վրա միատեսակ՝ $g = 9,8 \text{ մ/վ}^2$ արագացմամբ: Ընդհանրացնելով, կարելի է հանգել հետևյալ պնդմանը. ձգողական դաշտում բոլոր մարմինները, անկախ իրենց զանգվածից, միատեսակ վարք ունեն: Մակայն, ինչպես հայտնի է, բոլոր մարմինները միատեսակ վարք ունեն նաև ոչ իներցիալ համակարգերի նկատմամբ: Իրոք, արագացմամբ շարժվող տիեզերանավում գտնվող դիտորդը ոչ մի փորձով չի կարող բացահայտել, թե ինչով է դա պայմանավորված՝ համակարգի ոչ իներցիալությամբ, թե՞ մեկ այլ օբյեկտի ձգման տիրություն՝ գտնվելով: Համաձայն հարաբերականության ընդհանուր տեսության՝ ոչ իներցիալ համակարգում (արագացմամբ շարժվող համակարգ) և գրավիտացիոն դաշտի առկայությամբ համակարգում շարժման հատկությունները նույնն են, այսինքն՝ ոչ իներցիալ համակարգը համարժեք է որոշակի գրավիտացիոն դաշտի: Այս պնդումը հայտնի է որպես համարժեքության սկզբունք:

Համարժեքության սկզբունքից ելնելով՝ ցանկացած ոչ իներցիալ համակարգ կարելի է փոխարինել իներցիալով, որում առկա է ձգողական դաշտ [7,8]: Ըստ սահմանման՝ իներցիալ համակարգերում ինտերվալը.

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2:$$

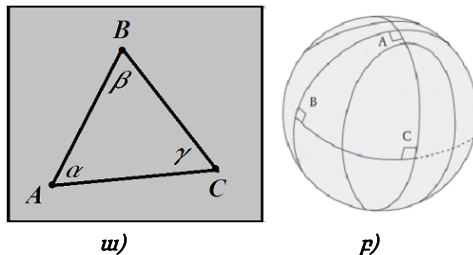
Ընդ որում՝ այն ինվարիանտ էր $ds^2 = ds'^2$, այսինքն՝ չէր փոխվում մի իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելիս: Հարաբերականության ընդհանուր սկզբունքի հաշվառմամբ փոխվում է ինտերվալի սահմանումը.

$$ds^2 = \sum_{i,k=0}^3 g'_{ik} dx'^i dx'^k,$$

որտեղ $i, k = 0, 1, 2, 3$, իսկ $g'_{ik} = g'_{ki} = g_{ik}(x'^0, x'^1, x'^2, x'^3)$ տասը մեծությունները կազմում են, այսպես կոչված, մետրիկական կորագած տարածության հասկոթյունները: Նշենք, որ նման ձևափոխություն գոյություն ունի միայն տարածության շատ փոքր տիրույթում:

Նախ անդրադառնանք չկորագած տարածության մի պարզ օրինակի՝ հարթության (տե՛ս Նկ. II.16ա): A, B և C կետերով կառուցենք եռանկյուն: A և B, A և C, B և C կետերը զույգ առ զույգ միացնենք ուղիղ գծերով: Նշենք, որ երկու կետերը միացնող հնարավոր կորերից ամենակարճը հենց ուղիղ գիծն է: Հստ Էվկլիդեսյան երկրաչափության ցանկացած ABC եռանկյան ներքին անկյունների գումարը՝ $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$: Կորագած տարածության ամենապարզ օրինակը գնդալին մակերևույթն է՝ սֆերան (տե՛ս Նկ. II.16բ): Այդ մակերևույթի վրա նորից վերցնենք երեք կետ՝ ABC , և կառուցենք եռանկյուն: Բնականաբար, այն կլինի կորագիծ: Երկու կետը միացնող բոլոր հնարավոր կորերից ընտրենք այն, որն ունի ամենափոքր երկարությունը (անվանում են գեոդեզիական կորեր):

Նկար II.16բ-ում որպես այդպիսիք վերցված են միջօրեականների AB, AC և հասարակածի՝ BC աղեղները: Այդ եռանկյան անկյունները հավասար են 90° -ի, իսկ գումարը՝ 270° : Շատ փոքր եռանկյուն պատկերելու դեպքում անկյունների գումարը կլինի, այնուամենայնիվ, 180° -ից մեծ: Այսպես, օրինակ, երկրագնդի մակերևույթը կարելի է պատկերացնել որպես երկչափ: Գծերի փոխարեն միջօրեականներն են և հասարակածը: ABC եռանկյան բոլոր անկյունները 90° են, և եռանկյան ներքին անկյունների գումարը 270° է: Այսպիսով՝ տարածաժամանակային կորացումը հանգեցնում է ժամանակի ընթացքի փոփոխության, ընդ որում՝ մեր եռաչափ տարածության տարբեր կետերում տարբեր կերպ:



Նկ. II.16. Տարածության կորացման պարզ օրինակ

Այսպիսով՝ ձգողությունը դրսևորվում է քառաչափ տարածության կորացումով: Դա նշանակում է, որ ծանր նյութական մարմինը (օրինակ՝

Արեգակը) փոխում է տարածության ու ժամանակի հատկությունները և, ընդհակառակը, տարածաժամանակային երկրաչափությունն ազդում է մարմինների շարժման բնույթի վրա: Եթե ձգողությունը համարժեք է որոշակի տարածաժամանակային առնչությունների, ապա գրավիտացիոն փոխազդեցությունը կարելի է մեկնաբանել որպես նյութական կետի շուրջ տարածության և ժամանակի կորացում:

Ըստ Այնշտայնի՝ ՀՀՏ գրավիտացիոն դաշտը նկարագրվում է

$$R_{ik} - \frac{1}{2}Rg_{ik} = \chi T_{ik}$$

հավասարմամբ: Այսինքն՝

$$\left(\begin{array}{c} \text{Տարածության} - \text{ժամանակի} \\ \text{կորացում} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Նյութի բաշխումը} \\ \text{և շարժումը} \end{array} \right):$$

3.8. ՀՀՏ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ

Կարելի է ավելացնել, որ իր ողջ բարդությամբ և անսովորությամբ հանդերձ, փորձարարական առումով ՀՀՏ-ն ունի լավ հիմնավորումներ:

- Պաուստիդ և Ռեբկին կարողացան երկրի վրա գրանցել գրավիտացիոն ուլտրամանուշակագույն շեղումը (տե՛ս Նկ. II.17): Դեպի երկրի մակերևույթ L բարձրությունից աղբյուրի արձակած ν հաճախությամբ ֆոտոնը կորցնում է U պոտենցիալ էներգիայի մի մասը.

$$\Delta U = \frac{h\nu}{c^2}gL:$$

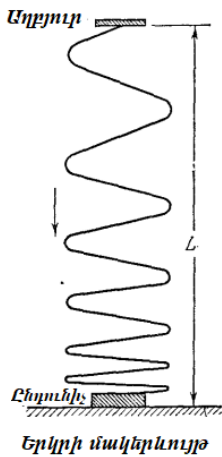
Ձեռք բերած կինետիկ էներգիայի հաշվին ընդունիչի կողմից գրանցված ֆոտոնի ν' հաճախությունը կլինի

$$\nu' = \nu \left(1 + \frac{gL}{c^2} \right)$$

Նրանց հաջողվեց գրանցել այդ փոփոխությունը $L = 20$ մ դեպքում: Այն կազմում էր.

- Արեգակի խավարումների ժամանակ աստղերից եկող լույսի շեղումը (Արեգակի ձգողության պատճառով) փորձնականորեն ավելի լավ է համընկնում հենց ՀՀՏ սահմաններում արված հաշվարկների, այլ ոչ թե Նյուտոնյան գրավիտացիայի օրենքի կանխատեսումների հետ:
- Ե՛վ ՀՀՏ և նյուտոնյան մեխանիկան պնդում են, որ մոլորակները պետք է պտտվեն Արեգակի շուրջը էլիպտական հետագծերով: Մակայն ՀՀՏ-ում ապացուցվում է, որ այդ էլիպսները իրենք նույնպես դանդաղորեն պտտվում են: Առավել ուժեղ այդ երևույ-

թը դիտվում է Մերկուրի մոլորակի մոտ: Նրա օրբիտան մեկ լրիվ պտույտը կատարում է 3 մլն տարվա ընթացքում:



Նկ. II.17. Պատունդի և Ռեբկիի փորձը (1959-1960 թթ.) [7]:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{gL}{c^2} \approx 2 * 10^{-15}$$

Իհարկե, գոյություն ունեն այլ փորձարարական ապացույցներ ևս: Սակայն առավել կարևոր է, որ առ այսօր հայտնի չէ փորձարարական փաստ, ինչը հակասի այդ տեսությանը:

ԹԵՄԱ 4. ԴԻՄԿՐԵՏԻ (ԸՆԴՀԱՏԻ) ՖԻԶԻԿԱ ԵՎ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱ

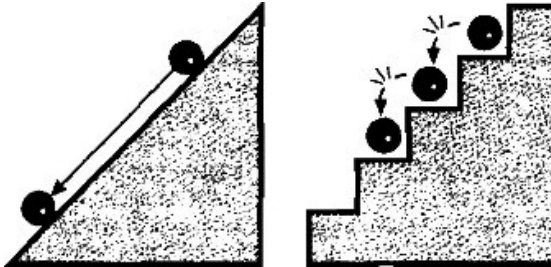
*«Եթե քվանտային ֆիզիկան քեզ չի վախեցրել,
ուրեմն դու ոչինչ չես հասկացել»:
Ն. Բոր*

4.1. ԱՆԸՆԴՀԱՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԴԻՄԿՐԵՏՈՒԹՅՈՒՆ: ԿՈՆՏԻՆՈՒԱԼ ԵՎ ԿՈՐՈՒՄԿՈՒԼԱՅԻՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ

Բնության մասին պատկերացումների զարգացումն ի սկզբանե ներառել է երկու հայեցակարգ (տե՛ս Նկ. II.18).

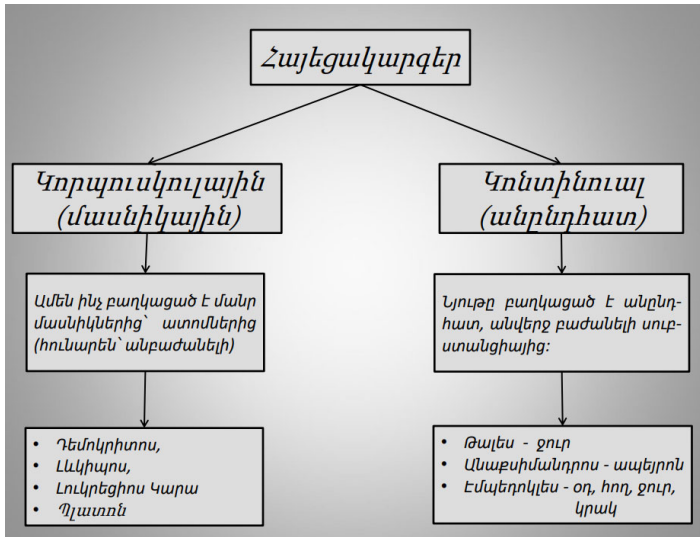
ա) **Կորպուսկուլային** (լատ.՝ corpusculum – մարմնիկ, մասնիկ). Համաձայն այդ պատկերացման՝ ամեն ինչ բաղկացած է մանր մասնիկներից՝ ատոմներից (հունարեն՝ անբաժանելի):

բ) **Կոնտինուալ** (անընդհատ). Ելնում է նյութի անընդհատ, անվերջ բաժանելի սուբստանց լինելու պատկերացումներից:



Նկ. II.18. Անընդհատ և դիսկրետ փոփոխությունների սխեմատիկ պատկերը:

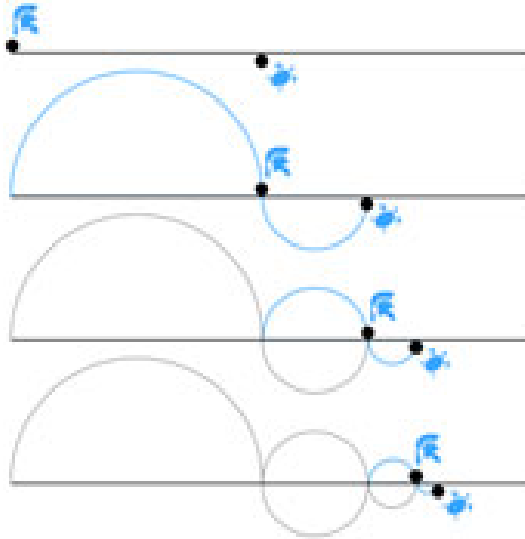
Այս երկու հայեցակարգերի միջև վիճաբանությունը դարձավ աշխարհի մասին պատկերացումների զարգացման շարժիչ ուժը: Նկար II.19-ում ներկայացված են այդ երկու հայեցակարգերի պարզագույն մեկնաբանությունները և առավել հանրահայտ ներկայացուցիչների անունները: Այս հայեցակարգերի հետագա զարգացումը հանգեցրեց XX դարի ֆիզիկայի մեծագույն հեղափոխություններից ևս մեկին: Այժմ համառոտ անդրադառնանք այս հարցին:



Նկ. II.19. Բնության մասին պատկերացումների զարգացումը:

Կոնտինուալ հայեցակարգն առավել տարածված էր հին հունական մտածողների շրջանում: Ամենայն ինչի նախանյութի՝ սուբստանցի դե-րում Թալեսը տեսնում էր ջուրը, իսկ Անաքսիմանդրոսը ներմուծում էր ապեյրոնի (բառացի՝ անսահմանի) գաղափարը: Դա հավերժ շարժման մեջ գտնվող որակագույրի մի նյութ էր, որի հակադրությունից էլ (տաք-պաղ, թաց-չոր) առաջացել էր նյութական աշխարհի ողջ բազմազանու-թյունը:

Ճիշտ է, կային նաև կասկածներ: Ջենոն Էլեացին իր ապորիանե-րում (հունարեն՝ aporia-անելանելություն) ցույց էր տալիս, որ անընդհա-տի պատկերացումն իր մեջ ներքին հակասություն է պարունակում: Ըստ նրա, օրինակ, արագավազ Աքիլեսը երբեք չի անցնի դանդաղաշարժ կրիային, քանի որ մինչև անցնելը նա պետք է հասնի այն տեղին, որտեղ գտնվել է կրիան և այդպես մինչև անվերջություն (Նկ. II.20): Մեկ այլ օրի-նակ: Կարելի՞ է արդյոք անվերջ մասերի բաժանել ուղղի հատվածը: Եթե այո, ապա այն, ի վերջո, կարելի է բաժանել չափ չունեցող կետերի: Սա-կայն չափ կամ ձգվածություն չունեցող վերջավոր թվով կետերից չի կա-րելի ստանալ վերջավոր երկարության հատված:



Նկ. II.20. Ջենոնի ապոքիան:

Այդ էր պատճառը, որ հին Հունաստանում լայնորեն տարածված էր նաև Դեմոկրիտոսի ատոմիստական ուսմունքը, որի մասին խոսվել է առաջին թեմայում: Անտիկ շրջանի առաջին բնափիլիսոփայական դպրոցների պարզունակ ատոմական պատկերացումները, որոնց մեկ անգամ ևս անդրադարձել է XVIII դարի խոշորագույն գիտնականներից մեկը՝ Ռ. Բոսկովիչը (18.05.1711-13.11.1787 թթ.), իր «Բնափիլիսոփայության տեսությունը՝ հանգեցրած բնության մեջ գոյություն ունեցող ուժերի միակ օրենքին» աշխատությունում, իր ամբողջական տեսքը ստացավ XX դարում՝ քվանտային մեխանիկայի զարգացմամբ:

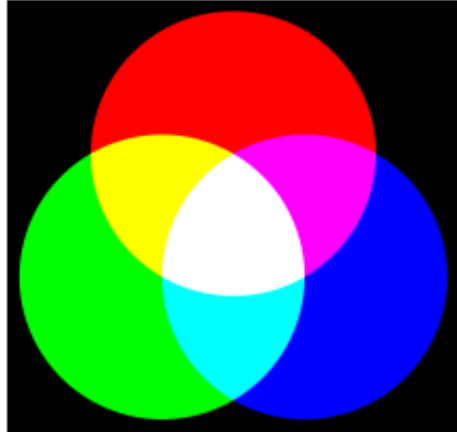
Եզրակացնելով կարող ենք պնդել, որ որոշ մեծություններ կարող են անընդհատ փոփոխվել, իսկ մի շարք այլ մեծություններ՝ միայն ընդհատ, այսինքն՝ այնպիսի մասերով, որոնք հնարավոր չէ այլևս տրոհել: Այդ անբաժանելի մասերն ընդունված է անվանել այդ մեծությունների տարրական քվանտներ:

4.2. ԼՈՒՑՄԻ ԲՆՈՒՑԹԸ: ԱԼԻՔԱՄԱՍՆԻԿԱՅԻՆ ԵՐԿՎՈՒԹՅՈՒՆ

Լույսի դեպքում, սակայն, վիճակը մի փոքր այլ էր: Անտիկ ժամանակներից սկսած մինչև մեր օրերը լույսը հմայել է մարդուն և միաժամանակ մնացել հանելուկային: Ոչինչ բնության մեջ այդքան անորսալի չի եղել, ոչ մի գաղտնիք բնությունն այդքան խնամքով չի թաքցրել, որքան այն, թե ինչ է լույսը: Այս առումով լույսը երբեմն անվանում էին ֆիզիկայի ամենամութ կետը: Չնայած այս ամենին՝ այն մեզ հնարավորություն է ընձեռում տեսողության միջոցով ավելի շատ տեղեկություն ստանալու, քան մնացած բոլոր զգայարաններով միասին վերցրած:

Լույսի բնության վերաբերյալ հին հույներն առաջ էին քաշել մի քանի տեսություն: Դրանցից առավել տարածված էր արտահոսքի տեսությունը, ըստ որի լույսը մեր աչքերից դուրս եկող «ֆլյուիդ» է, որը, շոշափելով առարկան, առաջացնում է տեսողական զգացողություն: Ի հակակշիռ ատոմիստները համարում էին, որ առարկան արձակում է «ուրվականներ» կամ «պատկերներ», որոնք, ընկնելով աչքին, առաջացնում են տեսողության և գույնի զգացողություն: Պլատոնը փորձում էր միավորել այս երկու պատկերացումները: Ըստ նրա՝ առարկայից դուրս է գալիս հեղուկ, որը հանդիպում է մեր աչքերից հավասարաչափ արձակվող ցերեկվա «փափուկ լույսին»: Եթե երկու հեղուկները նման են իրար, ապա հանդիպելով՝ «ամուր կապվում են» և առաջանում է տեսողության զգացողությունը: Եթե «աչքի լույսը» (միակ արտահայտությունը, որ մնացել է Պլատոնի տեսությունից և այսօր գործածվում է փոխաբերական իմաստով) հանդիպում է իրենից տարբերվող հեղուկի, ապա այն մարում է, և տեսողական զգացողություն չի առաջանում: Բնութագրական է այն, որ այս երկու պատկերացումները (որոնց պայմանականորեն կարելի է անվանել ալիքային և մասնիկային) օպտիկայի զարգացման ողջ ընթացքում գոյատևել են՝ պարբերաբար փոխարինելով մեկը մյուսին: Առանց մանրամասնելու կանգ առնենք միայն մի քանի հանգուցային պահերի վրա:

Ապակե պրիզմայով լույսի անցումն ուսումնասիրող փորձերի արդյունքում Նյուտոնը բացահայտեց, որ սպիտակ լույսը տարբեր գույների խառնուրդ է, որոնցից յուրաքանչյուրն այլևս հնարավոր չէ բաժանել: Ավելին, նա հայտնաբերեց նաև, որ սպիտակ լույս կարելի է ստանալ երկու գույների գումարման արդյունքում, որոնց անվանեց լրացուցիչ:



Նկ. II.21. Գունային եռանկյունին [9]:

Հետագայում Յունգը հայտնաբերեց, որ սպիտակ կամ գորշ գույնը կարելի է ստանալ երեք միագույն ճառագայթումների (կարմիր, կանաչ և երկնագույն) համադրմամբ, իսկ տեսանելի լույսի ցանկացած գույն կարելի է ստանալ այդ երեքի տարբեր համակցություններով: Այդ երեքին անվանեցին լույսի հիմնական գույներ: Ցանկացած խառնուրդի դեպքում ստացվող գույնը պարզելու նպատակով սովորաբար օգտվում են գունային եռանկյունուց (տե՛ս Նկ. II.21): Առանձնահատուկ պետք է ընդգծել այս խնդրի կարևորությունը գեղանկարչության համար: Եռանկյան երկու գագաթների գույների գումարը տալիս է նրանց միջանկյալ կողմի վրա պատկերված գույնը: Եռանկյան մեջ հանդիպակաց դասավորված գույները լրացուցիչ են, այսինքն՝ նրանց վերադարձնել (գումարը) տալիս է սպիտակ: Դիտվող երևույթները բացատրելու նպատակով Նյուտոնն օգտվում էր այն պատկերացումից, համաձայն որի՝ լույսը բաղկացած էր մասնիկներից՝ կորպուսկուլներից (և այսքանով նրա դատողությունների ճշմարտացիությունը սպառվում էր): Հետաքրքիր է Գյոթեի հեռակա վեճը Նյուտոնի հետ: Ըստ Գյոթեի՝ գույնը ծնվում էր լույսի և մթի հանդիպման արդյունքում: Այսպիսով՝ Նյուտոնի համար գույնը երևույթ էր՝ պայմանավորված տարբեր չափերի կորպուսկուլների գոյությամբ, իսկ Գյոթեի համար՝ գործողություն: Ըստ էության, Գյոթեի մոտ գույնը ձևափոխված լույս էր, իսկ մուրը՝ այդ ձևափոխման պատճառը:

Նյուտոնյան պատկերացումները կորպուսկուլի մասին հետագայում դուրս մղվեցին ֆիզիկայից (հարկ է ընդգծել՝ անարդարացիորեն) իրենց արհեստական դատողությունների և մի շարք նոր հայտնագործ-

ված երևույթները (ինտերֆերենցում, դիֆրակցում, բևեռացում) բացատրելու անգործության պատճառով:

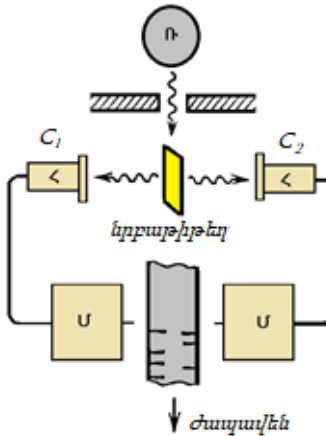
XIX դարը կարելի էր համարել ալիքային տեսության զարգացման դար, երբ ամբողջացվեց լույսի էլեկտրամագնիսական ալիք լինելու պատկերացումը: Սակայն, այդ համեմատաբար անդորր շրջանը երկար չտևեց: 1900 թ., ջերմային ճառագայթման խնդիրները բացատրելու անհրաժեշտությունից դրդված, Մ. Պլանկը ներմուծեց ճառագայթման բաժնի (քվանտի) հասկացությունը: Յուրաքանչյուր այդ քվանտի էներգիան $\varepsilon = h\nu$, կամ $\varepsilon = \hbar\omega$, որտեղ $\hbar = h/2\pi$, h -ը՝ Պլանկի հաստատունը, ν -ն՝ հաճախությունը, $\omega = 2\pi\nu$ ցիկլային հաճախությունը: ճառագայթման այսպիսի՝ քվանտային, պատկերացումը արմատապես տարբերվում էր դասական պատկերացումից, որի համաձայն՝ շիկացած մարմինը ճառագայթում էր անընդհատ: Այս պատկերացումն այնքան խորթ էր դասական ֆիզիկային, որ Պլանկը երկար ժամանակ այն ընդունում էր որպես մաթեմատիկական հնարք:

Պլանկի այս վարկածը զարգացվեց էյնշտեյնի կողմից: Նա առաջինը ներմուծեց այն գաղափարը, համաձայն որի՝ լույսը (էլեկտրամագնիսական դաշտը) քվանտների (ֆոտոնների) հոսք է: Որպես հիմնավորում՝ նա բացատրեց ֆոտոէֆեկտի փորձում դիտված բոլոր օրենքները: Դատողությունների ամբողջության համար համառոտ անդրադառնանք այդ երևույթին:

Մետաղի մակերևույթից լույսի միջոցով էլեկտրոններ պոկելու երևույթը կոչվում է ֆոտոէֆեկտ: Երևույթի օրինաչափությունները պարզելու նպատակով կարելի է փոփոխել մետաղը լուսավորող միագույն ճառագայթման ինտենսիվությունը և պարզել, թե պոկված ֆոտոէլեկտրոնների էներգիան ինչպես է կախված լույսի ինտենսիվությունից: Ակնհայտ է, որ ֆոտոէլեկտրական էֆեկտում ճառագայթման էներգիայի որոշակի մասը վեր է ածվում պոկված էլեկտրոնների կինետիկ էներգիայի: Ըստ դասական պատկերացումների, եթե մեծացնենք տրված հաճախությամբ լույսի ինտենսիվությունը, ապա պոկված էլեկտրոնների էներգիան պետք է մեծանա: Դա, սակայն, հակասում է փորձնականորեն ստացված արդյունքներին: Բոլոր պոկված էլեկտրոնները միատեսակ էներգիա ունեն, որը չի փոխվում լույսի ինտենսիվության աճմանը զուգընթաց: Ալիքային տեսության տեսանկյունից իրական փորձի արդյունքը անսպասելի էր: Նման կախվածությունը, սակայն, լավ է բացատրվում լուսային կորպուսկուլի նյութային պատկերացումներով: Եթե լույսը, ըստ Պլանկի, լուսային քվանտների՝ ֆոտոնների հոսք է, ապա միևնույն էներգիայով յուրաքանչյուր ֆոտոն, փոխադրելով էլեկտրոնի հետ, պո-

կում է այն մետաղից: Բոլոր տարրական պրոցեսների միանման լինելու հետևանքով, պոկված էլեկտրոնները կունենան նույն էներգիան: Դա նշանակում է, որ լույսի ինտենսիվության կամ որ նույնն է ֆոտոնների թվի մեծացմանը զուգընթաց կավելանա պոկված էլեկտրոնների քանակը, այլ ոչ թե յուրաքանչյուրի էներգիան:

Լուսային քվանտների գոյությունն առավել հստակ և անմիջականորեն հիմնավորվել է 20-ական թթ. կատարված մի շարք փորձերով: Ահա դրանցից մեկը՝ իրականացված Բոսեյի կողմից (Նկ. II.22):



Նկ. II.22. Բոսեի փորձը (1925 թ.) [10]

Մետաղական բարակ նրբաթիթեղը տեղակայվում էր C_1 ու C_2 հաշվիչների միջև: Թիթեղը լուսավորվում էր R-ռենտգենյան փնջով, և այն վեր էր ածվում ռենտգենյան ճառագայթների աղբյուրի (ռենտգենյան ֆլուորեսցենցիայի երևույթ): Սկզբնական ռենտգենյան փունջն ուներ բավականաչափ փոքր ինտենսիվություն, ուստի միավոր ժամանակում թիթեղի կողմից արձակված քվանտների թիվը փոքր էր: Հաշվիչներից յուրաքանչյուրը համարյա ակնթարթորեն (10^{-3} վ ընթացքում) արձագանքում և գրանցում էր քվանտը ժապավենի վրա Մ մեխանիզմի օգնությամբ: Եթե թիթեղի կողմից արձակված էներգիան տարածվեր հավասարապես բոլոր ուղղություններով, ինչպես հետևում էր ալիքային պատկերացումներից, ապա երկու հաշվիչներն էլ պետք է գրանցեին միաժամանակ: Փորձը, սակայն, տվեց այլ արդյունք: Հաշվիչները գրանցում էին ոչ միաժամանակ և միանգամայն քառսային: Այստեղից հետևում էր, որ նրբաթիթեղը էներգիան առաքում էր ոչ թե ալիքների, այլ քվանտների

տեսքով, որոնք պատահականորեն դուրս էին թռչում մեկ այս, մեկ այն կողմից՝ գրանցվելով տարբեր հաշվիչներով:

Այսպիսով՝ կարելի էր վստահորեն պնդել, որ երկուսուկես հազարամյակից ավելին տևող մշտական վիճաբանությունն ավարտվում է հոգուտ լույսի մասնիկային՝ քվանտային, պատկերացումների, և ըստ Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Ռ. Ֆեյնմանի՝ բացարձակապես կարևոր չէ դուր է գալիս մեզ տեսությունը, թե ոչ: Կարևոր է մի այլ բան. որքանով են այս կամ այն տեսության կանխատեսումները հաստատվում փորձով:

4.3. ԴԸ ԲՐՈՅԼԻ ԱԼԻՔ: ԱՅՂ ԱԼԻՔԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ

1911 թ. Ռեզերֆորդը ոսկյա նրբաթիթեղի վրա α մասնիկների ցրման փորձերի արդյունքում առաջարկեց ատոմի մոլորակային մոդելը: Համաձայն այդ մոդելի՝ էլեկտրոնները պտտվում են միջուկի շուրջը, ինչպես մոլորակները՝ Արեգակի, բայց այս մոդելում առկա էին մի քանի հակասություններ:

1. Շրջանային ուղեծրով շարժվող էլեկտրոնը պետք է ճառագայթեր էլեկտրամագնիսական ալիք և կորցնելով էներգիան՝ ընկներ ատոմի միջուկի վրա:
2. Դասական ֆիզիկայի օրենքների համաձայն՝ էլեկտրոնն ատոմում կարող էր ունենալ ցանկացած էներգիա, իսկ ըստ առաջարկվող մոտեցման՝ էներգիան ընդունում էր դիսկրետ արժեքներ):

Այս հակասությունների լուծման միջանկյալ փուլ էր Բորի տեսությունը, որի հիմքում երկու պոստուլատ էր (1913 թ.).

1. էլեկտրոններն ատոմում գտնվում են ստացիոնար ուղեծրերում և չեն ճառագայթում,
2. էներգիայի քվանտ ճառագայթվում է, երբ էլեկտրոնը մի ստացիոնար ուղեծրից անցնում է մյուսին

$$h\nu = E_q - E_u : \quad (II.17a)$$

E_q , E_u ՝ էլեկտրոնի վերջնական և սկզբնական էներգիաներն են: Ընդ որում, եթե $E_q > E_u$, էներգիայի քվանտ առաքվում է, հակառակ դեպքում՝ կլանվում:

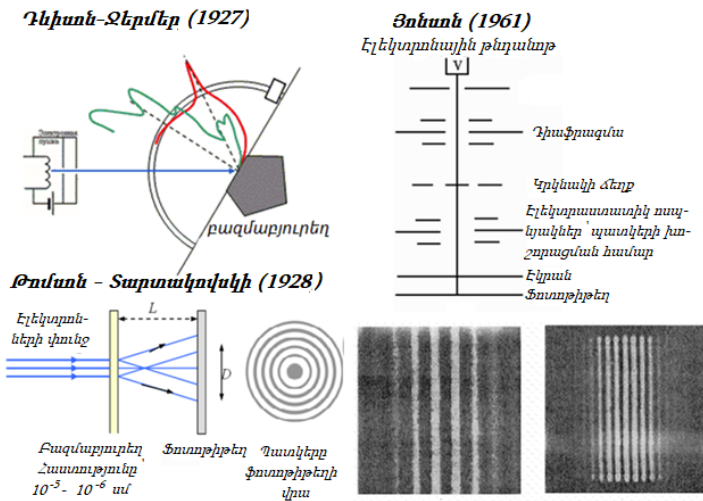
Քվանտային պատկերացումների կայացման ճանապարհին հաջորդ քայլը Դը Բրոյլի վարկածն էր, որն ընդունված է անվանել ալիքա-

մասնիկային երկկության սկզբունք: Ըստ Դե Բրոյլի՝ ոչ միայն ֆոտոններին, այլ նաև նյութի մասնիկներին է բնորոշ ավիքային հատկություն: Այդ ավիքի երկարության մեծությունը

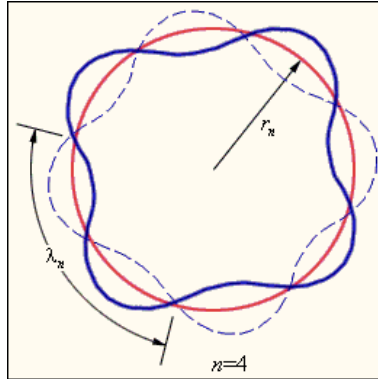
$$\lambda = \frac{h}{p} : \quad (\text{II.17f})$$

Այստեղ $p = m \cdot v$ -ն մասնիկի իմպուլսն է: Նյութական մասնիկների ալիքային հատկությունները գտան նաև իրենց փորձարարական հիմնավորումը:

Նկար II.23-ում պատկերված են մի քանի հիմնարար փորձեր և նրանց արդյունքները: Ինչպես երևում է նկարներից (Դիստոն-Ջերմերի փորձում՝ դիֆրակցում, Յոնսոնի փորձում՝ ինտերֆերենցում), դիտվում են դիֆրակցման և ինտերֆերենցման հստակ պատկերներ, ինչը խիստ բնորոշ էր ալիքային պրոցեսներին:



Նկ. II.23. Փորձեր, դրոնցում դրսևորվէ էև տարրական մասնիկների ալիքային հատկությունները: Համեմատության համար Յոնսոնի փորձում (աջից) պատկերված է նաև Ֆոտոնների ինտերֆերենցիոն պատկերը [2,10,11]:



Նկ. II.24. Կանգուն ալիքները և ստացիոնար էներգետիկ մակարդակներն աստիճանաբար [11]

Նույնացնելով նաև Բորի ստացիոնար ուղեծրերի պոստուլատը կանգուն ալիքի առաջացման պայմանի հետ (տե՛ս Նկ. II. 23)՝ Դը Բրոյլը ստացավ էներգիայի դիսկրետ արժեքների արտահայտություններ, որոնք նույնական էին Բորի ստացածների հետ (կանգուն ալիքներ կարող էին գոյություն ունենալ միայն այն դեպքում, երբ ալիքի երկարությունը՝ $\lambda = 2L/n$, որտեղ λ -ն ալիքի, L -ը ուղեծրի երկարությունն է, իսկ n -ը՝ բնական թիվ)։

Արդեն դժվար է պատկերացնել երկու հակասող հասկացությունների միավորումը։ Ե՛վ «ալիքը», և՛ «մասնիկը» դասական ֆիզիկայի պատկերացումներ էին, սակայն ալիքը տարածական մեծ փովածություն ունեցող պրոցես է, իսկ մասնիկը՝ լոկալ օբյեկտ։

Փորձերը մեկնաբանող նոր տեսության անհրաժեշտություն էր զգացվում, քանի որ ոչ մի կերպ հնարավոր չէր այս պատկերացումները միավորել։

4.4. ՔՎԱՆՏԱՑԻՆ ՄԵՌԱՆԻԿԱ

Ընդհանուր դատողություններից պարզ էր, որ քվանտային մեխանիկայի հավասարումները պետք է լինեին ալիքային (քանի որ քվանտային օբյեկտներն ունեին ալիքային հատկություններ)։ Մյուս կողմից, այդ հավասարումներն ունեն նաև դիսկրետ լուծումներ (քանի որ քվանտային երևույթներին բնորոշ էր դիսկրետությունը)։ Նման հավասարումներ հայտնի էին մաթեմատիկայում։ Ելնելով այս դատողություններից՝ Դը Բրոյլը առաջարկեց քվանտային երևույթների նկարագրության հա-

մար կիրառել «ալիքային ֆունկցիա» (ψ) հասկացությունը: X առանցքով ազատ շարժվող մասնիկի համար այն ունի այսպիսին տեսք.

$$\psi = ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - px)};$$

a -ն հաստատուն մեծություն է, p -ն՝ մասնիկի իմպուլսը, X -ը՝ կոորդինատը, t -ն՝ ժամանակը, E -ն՝ էներգիան, $i = \sqrt{-1}$ -ը՝ կեղծ միավորը: ψ ֆունկցիան կոչվում է ալիքային:

Կարևոր է հասկանալ առաջարկվող ալիքային ֆունկցիայի իմաստը: Ալիքային ֆունկցիան պետք է օժտված լինի այնպիսի հատկություններով, որ կարողանա տալ միկրոմասնիկի վարքի սպառիչ նկարագրությունը, այլապես ψ ֆունկցիայի ներմուծումն իրեն չէր արդարացնի: Վիճակը պատկերող ψ ֆունկցիան ալիքային դաշտ է, բայց ոչ իրական ֆիզիկական մեծության դաշտ, ինչպիսին են գրավիտացիոն, էլեկտրամագնիսական, միջուկային և այլ դաշտերը: Ի տարբերություն թվարկած դաշտերի լարվածությունների լայնությունների՝ ψ ամպլիտուդը չի ներկայացնում որևէ ֆիզիկական մեծություն, որը անմիջականորեն կարող է չափվել փորձում: ψ ֆունկցիան հավանականության ամպլիտուդն է, այսինքն՝ նրա մոդուլի քառակուսին

$$\psi^*(x, y, z)\psi(x, y, z)dxdydz = |\psi|^2 dv \quad (\text{II.18})$$

մասնիկի $x, x + dx; y, y + dy; z, z + dz$ տիրույթում կոորդինատներ ունենալու (կամ ծավալի $dv = dxdydz$ էլեմենտում գտնվելու) հավանականությունն է: ψ -ն ընդհանուր դեպքում կոմպլեքս ֆունկցիա է, այդ պատճառով պետք է գրել նրա մոդուլի քառակուսին, որպեսզի մասնիկի այս կամ այն տեղում գտնվելու հավանականությունը լինի իրական և դրական թիվ: Ուստի ոչ թե ալիքային ψ ֆունկցիային, այլ նրա մոդուլի քառակուսուն՝ $|\psi|^2$ -ն է վերագրվում հավանականության իմաստ:

Դասական և քվանտամեխանիկական նկարագրությունների միջև կա որոշակի նմանություն: Երկուսում էլ կիրառվում են այնպիսի ֆիզիկական հասկացություններ, ինչպիսիք են՝ կոորդինատ (x, y, z) , իմպուլս (P_x, P_y, P_z) , մոմենտ (M_x, M_y, M_z) , էներգիա E : Տարբերությունը, սակայն այն է, որ քվանտային մեխանիկայում այդ մեծություններին համապատասխանության են դրված օպերատորներ

$$\hat{x} = x; \hat{y} = y; \hat{z} = z; \hat{p}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}; \hat{p}_y = -i\hbar \frac{\partial}{\partial y}; \hat{p}_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial z}:$$

Օգտվելով այս ֆորմալ նմանությունից՝ կարելի է ստանալ Շրյոդինգերի հավասարումը: Իրոք, ոչ ռելյատիվիստական մասնիկի լրիվ էներգիան.

$$E = \frac{|p|^2}{2m} + U(\vec{r}, t):$$

Փոխարինումը կատարելուց հետո կստանանք.

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = \hat{H} \Psi(\vec{r}, t)$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(\vec{r}, t):$$

$$\vec{\nabla} = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

Համապատասխանաբար յուրաքանչյուր ֆիզիկական մեծության որոշման քվանտամեխանիկական հիմնական հավասարումն ընդունում է հետևյալ տեսքը

$$\hat{A}\psi = a\psi:$$

Այստեղ $\hat{A}$ -ն տվյալ ֆիզիկական մեծության օպերատորն է, ψ -ն՝ ալիքային ֆունկցիան, a -ն՝ այդ մեծության փորձում գրանցվող արժեքը: Օրինակ՝ իմպուլսի համար կարելի է գրել հետևյալ հավասարումը.

$$-i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial x} = p_x \psi:$$

Նման ալիքային նկարագրությունը որոշակի սահմանափակումների է հանգեցնում: Դասական մեխանիկայում յուրաքանչյուր մասնիկ շարժվում է որոշակի հետագծով, այնպես որ ժամանակի ցանկացած պահի կարելի է ճշգրիտ որոշել թե՛ նրա կոորդինատը, թե՛ իմպուլսը: Ալիքային հատկությունների առկայության հետևանքով միկրոմասնիկների վարքն էապես տարբերվում է դասական մասնիկների վարքից: Այսպես, օրինակ, միկրոմասնիկի դեպքում անհնար է խոսել նրա՝ որևէ հետագծով շարժման, ինչպես նաև նրա կոորդինատի ու իմպուլսի միաժամանակ որոշակի արժեք ունենալու մասին: Դա հետևում է ալիքային մասնիկային երկվությունից: Այսպես, «ալիքի երկարություն տարածության տվյալ կետում» արտահայտությունը գուրկ է ֆիզիկական իմաստից, քանի որ, կրկնենք, ալիքը տարածական մեծ փովածություն ունեցող պրոցես է: Դա նշանակում է, քանի որ, Դը Բրոյլի վարկածի համաձայն, իմպուլսն արտահայտվում է ալիքի երկարությամբ, ապա որոշակի իմպուլս ունեցող մասնիկի կոորդինատն անորոշ է: Ընդհակառակը, եթե մասնիկի կոորդինատը որոշակի է, ապա անորոշ է նրա իմպուլսը: Այս իրողությունը Վ. Հայզենբերգի կողմից ամփոփվել է անորոշության սկզբունքում.

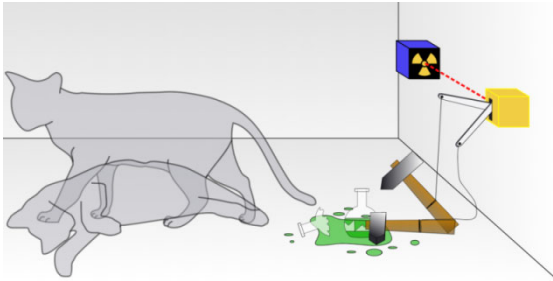
Միկրոմասնիկը չի կարող միաժամանակ ունենալ որոշակի կոորդինատ X և իմպուլս՝ p_x , ընդ որում՝ այդ մեծությունների անորոշությունները բավարարում են հետևյալ առնչությունը.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar : \quad (\text{II.19})$$

Սա նշանակում է, որ կոորդինատի Δx և իմպուլսի Δp_x անորոշությունների արտադրյալը չի կարող փոքր լինել Պլանկի $\hbar$ հաստատունից: Հարկ է մի կարևոր դիտողություն անել: Այս անորոշությունը պայմանավորված չէ չափիչ սարքերի և չափման մեթոդների անկատարությամբ: Դա միկրոօբյեկտների յուրօրինակ վարքի դրսևորումն է: Անորոշությունների առնչությունը ներառում է մասնիկների դասական վարքը նկարագրող մեծություններ՝ կոորդինատ ու իմպուլս, սակայն հաշվի է առնում նաև նրանց ալիքային բնույթը: Այսպիսով՝ անորոշությունների առնչությունը թույլ է տալիս պարզել, թե որքանով են դասական ֆիզիկայի հասկացությունները կիրառելի միկրոաշխարհի երևույթների նկարագրության ժամանակ:

Համառոտ անդրադառնանք նաև Ψ ալիքային ֆունկցիայի հավանականային իմաստին: Դիտարկենք Նկ. II.24-ում պատկերված դիֆրակցման փորձի օրինակով: Դիֆրակցման պատկերի համար բնորոշ է տարբեր ուղղություններով միկրոմասնիկների հոսքի անհամասեռ բաշխվածությունը: Այդ պատկերում մաքսիմումների առկայությունը ալիքային պատկերացումների տեսանկյունից նշանակում է, որ ցրված ալիքի ինտենսիվությունն այդ ուղղությամբ առավելագույնն է: Մյուս կողմից, այդ ալիքների ինտենսիվությունն առավելագույնն է այնտեղ, որտեղ մեծ է մասնիկների թիվը: Այսինքն՝ ալիքի ինտենսիվությունը պայմանավորում է այդ ուղղությամբ ընթացող մասնիկների թիվը: Հետևաբար միկրոմասնիկների դեպքում դիֆրակցման պատկերը նրանց հավանականային վարքի դրսևորումն է: Մասնիկներն ընկնում են այնտեղ, որտեղ Դը Բրոյլի ալիքի ինտենսիվությունն ամենամեծն է:

Ψ ալիքային ֆունկցիայի համար հավասարումն ստացվել է Շրյոդինգերի կողմից 1926 թ., իսկ նրա ֆիզիկական մեկնաբանությունը տվել է Մաքս Բորնը: Ալիքային ֆունկցիայի մոդուլի քառակուսին ժամանակի տվյալ պահին տարածության որոշակի սահմանափակ տիրույթում միկրոմասնիկի գտնվելու հավանականության խտությունն է:



Նկ. II.25.Շրյոդինգերի կատվի մտային փորձը [13]

Ալիքային ֆունկցիայի ֆիզիկական իմաստի մեկնաբանման համար 1935 թ. Էրվին Շրյոդինգերն առաջարկել է հետևյալ մտային էքսպերիմենտը (տե՛ս Նկ. II.25):

Կատվին փակենք սեյֆում՝ դժոխային մեքենայի հետ: Հեյզերի հաշվիչում տեղադրված է ռադիոակտիվ նյութի հատիկ՝ այնքան փոքր, որ մեկ ժամվա ընթացքում մեկ ատոմը կարող է տրոհվել կամ չտրոհվել հավասար հավանականությամբ: Եթե ատոմը տրոհվի, ապա հաշվիչը կգործարկի ռելեն, և մուրճը կջարդի կապտաթթու պարունակող անոթը: Թողնելով համակարգն ինքն իրեն՝ մեկ ժամվա ընթացքում կարող ենք պնդել.

- կատուն ողջ է, եթե ատոմն այդ ընթացքում չի տրոհվել,
- առաջին իսկ տրոհումը կհանգեցնի կատվի թունավորմանը:

Այսինքն՝ ամբողջ համակարգի Ψ ալիքային ֆունկցիան կներկայացնի «սատկած կատու» և «ողջ կատու» վիճակների վերադրում:

4.5. ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏԱԳՈՐԾ

Հաշվի առնելով քվանտային ֆիզիկայի առանձնահատկությունը՝ համառոտ անդրադառնանք նաև քվանտաալիքային հատկություններով օժտված մասնիկների մասին փորձարարական տվյալների ստացմանը [12]: Փորձարարական հետազոտություններում օգտագործվող մասնիկները կարող են ստացվել տարբեր ճանապարհներով.

1. **տիեզերքից եկող ճառագայթում:** Այդ մասնիկները՝ որպես ֆիզիկոսների հետաքրքրության առարկա, ոչ միշտ են հարմար կոնկրետ գիտական նպատակով կատարվող հետազոտությունների համար:
2. **արագացուցիչներում ստացվող տարրական մասնիկներ:** Այդ մասնիկների փնջերը կա՛մ իրենք են ուսումնասիրման առար-

կա, կա՛մ օգտագործվում են այս կամ այն թիրախը ռմբակոծելու համար՝ վերջինիս հատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով:

Այսպիսով՝ փորձարարության անհրաժեշտ բաղադրիչներն են
ա) մասնիկների աղբյուրները,
բ) արագացուցիչները,
գ) դետեկտորները:

Արագացուցիչները համալրվում են նաև վակուումային պոմպերով, որպեսզի արագացված մասնիկները չկորցնեն իրենց էներգիան օդի մոլեկուլների հետ բախման արդյունքում:

Որպես մասնիկների աղբյուր ծառայում են կա՛մ ռադիոակտիվ նյութերը, կա՛մ իոնացված գազերը: 1896 թ. Ա. Բեկկերելը հայտնագործեց անհայտ ճառագայթում, որը թափանցում էր նյութի միջով: Այդ երևույթը կոչվեց ռադիոակտիվություն: Ինչպես ցույց տվեցին հետագա հետազոտությունները, ռադիոակտիվությունն ուղեկցվում էր α - մասնիկների (He - ատոմի միջուկ), էլեկտրոնների, պոզիտրոնների, նեյտրինոյի, անտինեյտրինոյի, ֆոտոնների (γ - քվանտներ) ճառագայթմամբ:

Արագացուցիչներում հաճախ օգտագործում են պրոտոններ (ջրածնի ատոմի միջուկ) ու էլեկտրոններ, քանի որ, ի տարբերություն այլ տարրական մասնիկների, նրանք կայուն են և արագացման ընթացքում չեն տրոհվում: Լիցքավորված մասնիկներն արագացուցիչներում էլեկտրական կամ մագնիսական դաշտի ազդեցությամբ, արագանում են: Որքան մեծ է սկզբնական և վերջնական կետերի միջև պոտենցիալների տարբերությունը, այնքան ավելի է մասնիկն արագանում և ձեռք բերում մեծ էներգիա (տե՛ս Նկ. II.13ա.): Օրինակ, եթե լիցքավորված մասնիկը ձեռք բերի 300 ԳէՎ էներգիա, ապա այն համարժեք կլինի $T = 2,32 \cdot 10^{15}$ Գ ջերմաստիճանին: Սա հսկայական մեծություն է և զգալիորեն գերազանցում է նույնիսկ աստղերի ընդերքի ջերմաստիճանը:

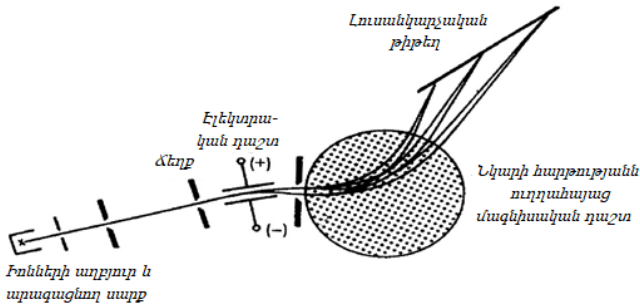
Փորձարարական սարքավորման կարևոր մաս են նաև դետեկտորները (detectio – գրանցել): Գոյություն ունեն էլեկտրոնային և հետքային դետեկտորներ: Վերջիններս տարբերվում են էլեկտրոնայինից նրանով, որ գրանցում են նաև մասնիկների շարժման հետագծերը: Դետեկտորներ են.

Իոնիզացիոն խցիկ. այն լցված է գազով: Երբ նրանում հայտնվում է լիցքավորված մասնիկ, գազն իոնանում է, և առաջանում են դրական ու բացասական լիցքավորված մասնիկներ, որոնք, շարժվելով դեպի տարանուն էլեկտրոդներ, առաջացնում են էլեկտրական հոսանք:

Ացինտիլյացիոն հաշվիչներ. օգտագործվում են այնպիսի նյութեր, որոնք լիցքավորված մասնիկների ազդեցությամբ առաջացնում են լյումինեսցենցիա: Լույսի այդ բոնկումներն էլ վկայում են հաշվիչում լիցքավորված մասնիկների ի հայտ գալու մասին:

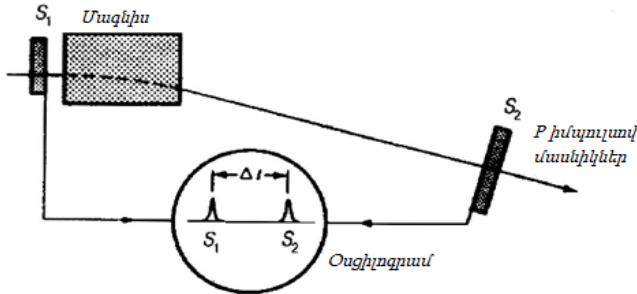
Հետքային խցիկներ. լուսանկարչական էմուլսիոն շերտերը հայտածելուց հետո լիցքավորված մասնիկների հետքերը դրսևորվում են մետաղական արծաթի հատիկների տեսքով: Կարելի էր նշել նաև Վիլսոնի խցիկը, որը լցված է հեղուկի գերհագեցած գոլորշիով: Մասնիկների հետքերը երևում են գոլորշու կոնդենսացված կաթիլների տեսքով:

Իոնների զանգվածները որոշելու համար հաճախ օգտագործում են մասս-սպեկտրոմետրեր: Իոնների փունջն անցնում է նախ էլեկտրական, ապա՝ մագնիսական դաշտերով: Դաշտերն ընտրվում են այնպես, որ մասնիկները, որոնց q/m նույնն է, ֆոկուսացվեն ֆոտոթիթեղի նույն կետում (տե՛ս Նկ. II.25):



Նկ. II.25. Ատոմների մասս-սպեկտրոմետրը [12]:

Ֆոտոթիթեղի վրա նրանց դիրքից որոշվում են համապատասխան հարաբերական զանգվածները: Տարրական մասնիկների դեպքում օգտագործվում է մի փոքր այլ տիպի սարքավորում: Մասնիկներն անցնում են S_1 ու S_2 սցինտիլյացիոն հաշվիչներով (տե՛ս Նկ. II.26): Ստացված ազդանշանները տրվում են օսցիլոգրաֆին, որի էկրանի վրա չափվում է Δt ժամանակը: Քանի որ S_1 և S_2 հեռավորությունները հայտնի են, որոշվում է V արագությունը, իսկ մագնիսն օգտագործվում է որոշակի իմպուլսով մասնիկներն ընտրելու համար:



Նկ. II.26. Մասնիկների զանգվածի չափումը [12]

Գիտենալով p -ն՝

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad (\text{II.20})$$

բանաձևի օգնությամբ որոշվում է m զանգվածը, իսկ

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 \quad (\text{II.21})$$

բանաձևի օգնությամբ՝ մասնիկի E էներգիան:

4.6. ՖՈՒՆԴԱՄԵՆՏԱԼ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՄԵԹՈՂ: ԴԱՇՏԻ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Շրջապատող աշխարհի ֆիզիկական նկարագրությունն անպայման պետք է ներառի նաև նյութական օբյեկտների փոխազդեցության պատկերացումները: Փոխազդեցության բնույթի վերաբերյալ եղել է արմատապես տարբեր երկու մոտեցում: Նրանցից առաջինը, որը սկիզբ էր առնում դեռևս Արիստոտելի ժամանակներից (ըստ horror vacui-ի՝ դատարկության վախի պատկերացումների) և ավարտուն ձևակերպում ստացել էր Ռենե Դեկարտի օրոք (XVII դար), այսպես կոչված, մերձազդեցության տեսությունն էր: Համաձայն այդ տեսության՝ փոխազդեցություն հնարավոր է միայն փոխազդող մարմինների անմիջական հպման դեպքում, իսկ ցանկացած ազդեցություն հեռավորության վրա կարող է իրականանալ նյութական միջնորդի առկայությամբ: Սակայն տիեզերական ձգողության օրենքի հայտնագործմամբ պայմանավորված, գերիշխող դառավ հեռազդեցության տեսությունը, ըստ որի՝ նյութական մարմինների փոխազդեցությունը կարող է իրականացվել ակնթարթորեն և առանց միջանկյալ օղակի:

XVIII դարում և XIX դարասկզբին հետաքրքրությունը կենտրոնացված էր էլեկտրական ու մագնիսական երևույթների ուսումնասիրման ասպարեզում (լիցքերի և հոսանքների փոխազդեցություն, էլեկտրական ու մագնիսական երևույթների կապ և այլն): Այդ բնագավառի բոլոր հայտնագործությունները նախապես հրաշալի մեկնաբանվում էին հեռազդեցության սահմաններում: Մակայն հեռազդեցության պատկերացումների սահմաններում էլեկտրական և մագնիսական երևույթների միավորման փորձերը մշտապես ձախողվում էին: Առաջինը Ֆարադեյն էր, որ ուշադրություն դարձրեց ոչ թե լիցքերին և հոսանքներին, այլ փորձեց հաղորդիչների էլեկտրականացումը և նյութերի մագնիսացումը բացատրել որպես տարածության կետից կետ հաղորդվող պրոցես և, քանի որ այդ պրոցեսը կարող էր իրականացվել նաև վակուումում, ուրեմն այնտեղ նույնպես պետք է առկա լինեին նյութական միջնորդ: Այդ միջնորդն, ըստ Ֆարադեյի, էլեկտրամագնիսական դաշտն էր: Մաքսվելը զարգացրեց Ֆարադեյի պատկերացումները՝ հասցնելով հստակ մաթեմատիկական հավասարումների: Առաջացավ աշխարհի էլեկտրամագնիսական պատկերը, որի համաձայն մատերիան ոչ միայն դիսկրետ ատոմներն էին, այլ նաև տարածության մեջ անընդհատ և որոշակի սահմաններ չունեցող դաշտերը: Շարժումը հասկացվում էր ոչ միայն որպես նյութական մասնիկների տեղաշարժ, այլ նաև էլեկտրամագնիսական խտտորման տարածում, այսինքն՝ էլեկտրամագնիսական ալիք: Այսպիսով, առաջացավ դաշտի միջոցով փոխազդեցության հաղորդման պատկերացումը, որն ամբողջությամբ տեղավորվում էր մերձազդեցության պատկերացումների սահմաններում: Համառոտ կարելի է այդ մեխանիզմը ներկայացնել հետևյալ կերպ: Փոխազդեցությանը մասնակցող մարմինն իր շուրջն ստեղծում է դաշտ, որն զբաղեցնում է մերձակա տարածքը: Այլ մարմինները փոխազդում են ոչ թե անմիջականորեն առաջին մարմնի, այլ նրա ստեղծած դաշտի հետ: Փոխազդեցությանը մասնակցող մարմիններից մեկի վիճակի փոփոխությունը առաջացնում է նրա ստեղծած դաշտի փոփոխություն, որը տարածվում է միջավայրում ալիքի տեսքով: Երբ դաշտի այդ փոփոխությունը հասնում է մյուս մարմիններին՝ նոր միայն նրանց վիճակում առաջանում է փոփոխություն: Այսպիսով, հեռազդեցության կոնցեպցիան վերջնականորեն դուրս մղվեց գիտությունից:

Ալիքամասնիկային երկվությունը հանգեցրեց փոխազդեցության դաշտային մեխանիզմի ճշգրտմանը, ինչի արդյունքում ստեղծվեց դաշտի քվանտային պատկերացումը: Քանի որ դաշտի խտտորումը ալիք է, իսկ ալիքը, ըստ նոր պատկերացումների, կարող է դիտարկվել նաև որ-

պես մասնիկների՝ դաշտի քվանտների հոսք, ապա փոխազդեցությունը կարելի է մեկնաբանել որպես փոխազդող մարմինների միջև քվանտների փոխանակում: Քվանտները, որոնք փոխանակվում են փոխազդեցության ժամանակ, սովորական չեն: Դրանք, այսպես կոչված, *վիրտուալ* մասնիկներ են, որոնց հայտնաբերել իրենց գոյության ընթացքում հնարավոր չէ: Նրանց գոյության ու հատկությունների մասին կարելի է դատել փոխազդեցության ուժի միջոցով: «Դաշտ» հասկացությունը արդի մշակույթում լայնորեն գործածվում է: Տարբեր տիպի բիոդաշտեր, տիեզերական ինֆորմացիոն կամ էներգաինֆորմացիոն և այլ դաշտեր: Բոլոր դաշտերի կարևոր առանձնահատկությունը պետք է լինի նրանց օբյեկտիվ գրանցման հնարավորությունը: Այդպիսի չափանիշով ներկայիս ֆիզիկայում գրանցված են չորս տիպի փոխազդեցություններ կամ դաշտեր

- *գրավիտացիոն,*
- *էլեկտրամագնիսական,*
- *ուժեղ,*
- *թույլ:*

Այս ֆունդամենտալ փոխազդեցությունները տարբերվում են մի շարք բնութագրերով (Աղյուսակ *II.2*-ում ներկայացված են այդ փոխազդեցությունների մի քանի բնութագրերը).

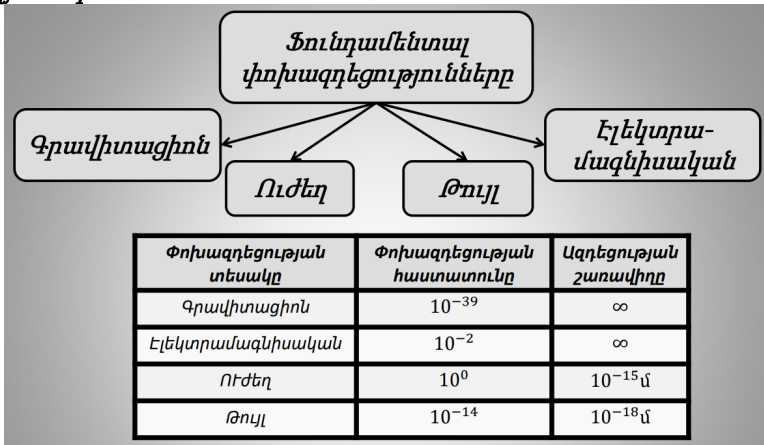
Լիցք – տվյալ մարմնի այլ մարմնի հետ փոխազդեցության մեջ մտնելու ունակության քանակական չափն է: Գրավիտացիոն փոխազդեցության դեպքում այդ մեծությունը զանգվածն է, էլեկտրամագնիսականում՝ էլեկտրական լիցքը և այլն:

Դաշտի քվանտ - էլեկտրամագնիսական դաշտի քվանտը ֆոտոնն է, գրավիտացիոն դաշտինը՝ գրավիտոնը, որը դեռևս գրանցված չէ փորձնականորեն, իսկ ուժեղ փոխազդեցությանը՝ գլյուոնը: Դրանց ընդհանրությունն այն է, որ հանգստի զանգված չունեն: Թույլ փոխազդեցության կրող քվանտները բոզոններն են, որոնց զանգվածը շատ անգամ մեծ է ջրածնի ատոմի զանգվածից:

Իրոք, բացի իմպուլսի և կոորդինատի միջև գոյություն ունեցող անորոշությունների առնչությունից՝ գոյություն ունի նմանատիպ առնչություն նաև E էներգիայի և t ժամանակի միջև.

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h:$$

Աղյուսակ II.2



Փոխազդեցության շառավիղ - Էներգիայի պահպանման օրենքը (ԷՊՕ) չխախտելու համար վիրտուալ մասնիկը, երբ ծնվում է, պետք է անհետանա այնքան արագ, որքան մեծ է նրա էներգիան:

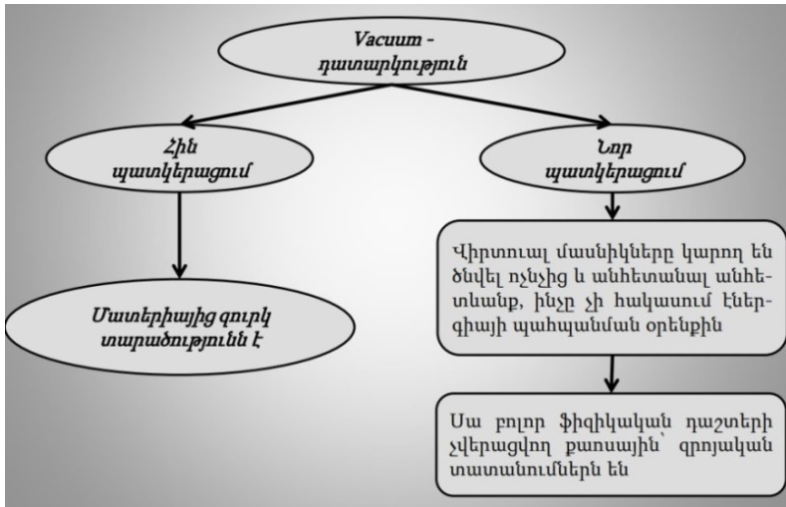
Այստեղ ΔE -ն էներգիայի անորոշությունն է, իսկ Δt -ն՝ էներգիայի չափման տևողությունը: Սա նշանակում է, որ էներգիայի բացարձակ ճիշտ՝ $\Delta E = 0$ որոշումը պահանջում է անվերջ մեծ ժամանակ: Եթե չափման ժամանակը սահմանափակ է, ապա էներգիայի չափման ΔE անորոշությունը մնում է վերջավոր: Այդ սահմաններում հնարավոր չէ հսկել էներգիայի պահպանման օրենքի տեղի ունենալը: Թվում է, թե $E \neq 0$ էներգիայով մասնիկի ծնումը «ոչնչից» խախտում է էներգիայի պահպանման օրենքը: Սակայն, եթե մասնիկը գոյատևում է $\hbar/E$ ժամանակից ավելի քիչ, ապա էներգիայի պահպանման օրենքի խախտումը հնարավոր չէ ստուգել, հետևաբար անիմաստ է խոսել ԷՊՕ -ի խախտման մասին: Դա էլ հենց հնարավոր է դարձնում վիրտուալ մասնիկների գոյությունը:

4.7. ԴԱՏԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆ ԳՈՅՈՒԹՅՈՒՆ ՉՈՒՆԻ

Վակուումը, համաձայն սահմանման, մատերիայից զուրկ տարածությունն է, դատարկությունը: Սակայն, ըստ ներկայիս պատկերացումների, նման վակուումը հեռու է իրականությունից: Ինչպես նշվեց փոխազդեցության քվանտ-էլեկտրադինամիկական քննարկման ժամանակ, վիրտուալ մասնիկները կարող են ծնվել ոչնչից և անհետանալ անհե-

տւանք, ինչը չի հակասում էներգիայի պահպանման օրենքին: Ասվածն ամփոփ ներկայացված է Նկար II.27-ում:

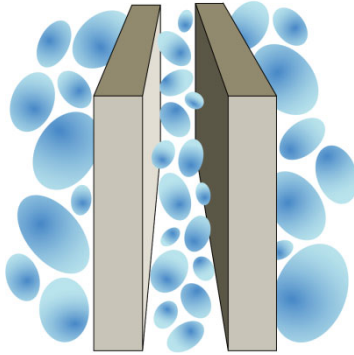
Այսպիսով, եթե տարածության որոշակի տիրույթից հեռացնենք բոլոր իրական մասնիկները, ապա, միևնույնն է, այնտեղ կընթանան վիրտուալ մասնիկների ծնման և ոչնչացման պրոցեսներ: Այս պատկերը համապատասխանում է դատարկությունում բոլոր ֆիզիկական դաշտերի չվերացող քառսային տատանումներին-գրոյական տատանումներին:



Նկ. II.27. Վակուումի մասին պատկերացումների զարգացումը:

Զրոյական տատանումները (կամ այլ կերպ վիրտուալ մասնիկների ծնման և ոչնչացման պրոցեսները) ունեն նաև դիտվող հետևանքներ: Դիտարկենք դրանցից միայն մեկը: Դա, այսպես կոչված, **Կազիմիրի** էֆեկտն է:

Երկու մոտիկ դասավորված թիթեղների միջև առաջանում է թույլ, սակայն չափվող ձգողության ուժ: Դա բացատրվում է նրանով, որ սահմանափակ տիրույթում վիրտուալ մասնիկներն առաջանում են ավելի սակավ, ուստի վիրտուալ մասնիկների գազի ճնշումը թիթեղի վրա արտաքինից ավելի մեծ է, քան ներսից և որպես հետևանք միմյանց չեն համակշռում:



Նկ. II.28. Կազիմիրի էֆեկտի սխեմատիկ ցուցադրումը:

Այս երևույթը 1948 թ. կանխատեսել է հոլանդացի ֆիզիկոս Հենդրիկ Կազիմիրը: Ավելի ուշ այն հաստատվել է փորձնականորեն, իսկ մեծությունը՝ չափվել: Այսպիսով՝ վակուումն իրականում «անկենդան» դատարկություն չէ: Այն ունի բարդ ու դինամիկ կառուցվածք և փոխազդում է նյութի հետ: Ուրեմն վակուումը նույնպես մատերիայի գոյության ձևերից մեկն է:

ԹԵՄԱ 5. ՄԱԿՐՈՍԿՈՊԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱ

*«Երևակայությունը գիտելիքից կարևոր է: Գիտելիքը
սահմանափակ է, իսկ երևակայությունը ընդգրկում է
ամբողջ աշխարհը՝ խթանելով առաջընթացը»:
Ալբերտ Այնշտայն*

5.1. ՄԱԿՐՈՍԿՈՊԱԿԱՆ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐ

Շրջակա աշխարհում հանդիպող երևույթներից իրենց կիրառությամբ ոչ պակաս կարևոր են մակրոսկոպական մարմիններում ընթացող ջերմային երևույթները՝ պայմանավորված ջերմաստիճանի փոփոխությամբ: Մարդկության տեխնիկական առաջընթացը, մասնավորապես, զգալիորեն պայմանավորված է հենց այդ երևույթների բացահայտմամբ:

Ջերմային երևույթների ուսումնասիրությունը ընթացել է երկու՝ որակապես տարբեր, բայց փոխլրացնող ուղղություններով՝ ջերմադինամիկական ու վիճակագրական (մոլեկուլային-կինետիկ տեսություն): Հաջորդիվ մի փոքր ավելի մանրամասն կդիտարկենք այս մեթոդները: Տվյալ պահին անդրադառնանք ուսումնասիրման օբյեկտին:

Ֆիզիկայում մակրոսկոպական կոչվում են բոլոր այն մարմինները, որոնք բաղկացած են մեծ թվով մասնիկներից (անկախ իրենց ագրեգատային վիճակից): Նման պարագայում, չնայած յուրաքանչյուր մասնիկ ենթարկվում է Նյուտոնի օրենքներին, անիմաստ ու նույնիսկ անհնար է դառնում նրանց առանձին բնութագրերի ուսումնասիրությունը:

Ի սկզբանե մոլեկուլային կինետիկ տեսությունը նպատակամղված էր գազի բոլոր մոլեկուլների շարժման դիտարկմամբ ջերմադինամիկայի օրենքները ստանալուն: Հիմնական դժվարությունն այստեղ մասնիկների հսկայական քանակությունն էր՝ Ավոգադրոյի թվին համեմատական $\sim N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ մոլ}^{-1}$: Միանգամայն անհնար էր գրի առնել յուրաքանչյուր մասնիկի շարժման հավասարումները, սկզբնական պայմանները, առավել ևս լուծել այդ հավակարգը: Ուստի անհրաժեշտ էր նոր մոտեցում:

Մաքսվելի կողմից առաջարկվեց ներմուծել մոլեկուլների՝ ըստ արագությունների բաշխման հավանականության գաղափարը. ինչպիսի՞ն է գազի մոլեկուլի արագության մեծության այս կամ այլ Δv միջակայքում գտնվելու հավանականությունը: Թվում էր, թե դա ընդամենը տեխնիկական դժվարությամբ պայմանավորված հնարք էր, սակայն հե-

տագա քննարկումները հանգեցրին այն մտքին, որ մեծ թվով մասնիկներ ունեցող համակարգերում առկա է պատահականության տարր, ինչը սկզբունքորեն անհնար է հաշվի առնել մեխանիկական, դետերմինացված սխեմայում:

Մեկ այլ ֆիզիկոս՝ Լյուդվիգ Բոլցմանը, նպատակ ունենալով ստանալ թերմոդինամիկայի օրենքները նյութային մեխանիկայից, բացահայտեց, որ մեծ թվով մասնիկների համակարգը դեկավարվում է ավելի բարդ՝ հավանականային օրենքներով:

Դիտարկենք Բոլցմանի բերած օրինակը, որը ցուցադրում է, թե ինչու է անիմաստ խոսել մոլեկուլների հետագծերի դետերմինացվածության մասին: 30լ անոթում նորմալ պայմաններում պարունակվում է օդի 10^{24} մոլեկուլ: Ենթադրենք, թե գերիզոտ համակարգչի օգնությամբ հնարավոր է հաշվել յուրաքանչյուր մոլեկուլի շարժման հետագիծը: Ինչպե՞ս կփոխվի համակարգի մոլեկուլների վարքը, եթե հեռացնենք ընդամենը մեկ մոլեկուլ: Առաջին հայացքից թվում է թե ոչինչ էական տեղի չի ունենա: Ջերմային շարժման ընթացքում մոլեկուլները բախվում են միմյանց՝ փոխելով արագության թե՛ մեծությունը, թե՛ ուղղությունը: Մեկ վայրկյանի ընթացքում յուրաքանչյուր մոլեկուլ ունենում է մոտ միլիարդ բախում: Ուստի վայրկյանի մեկ միլիարդերորդ մաս անց կհայտնվի մեկ մոլեկուլ, որի հետագիծը էապես պետք է փոխվի մեկ մոլեկուլի հեռացման հետևանքով: Եվս երկու միլիարդերորդ վայրկյան անց նման մոլեկուլների քանակը կդառնա չորսը՝

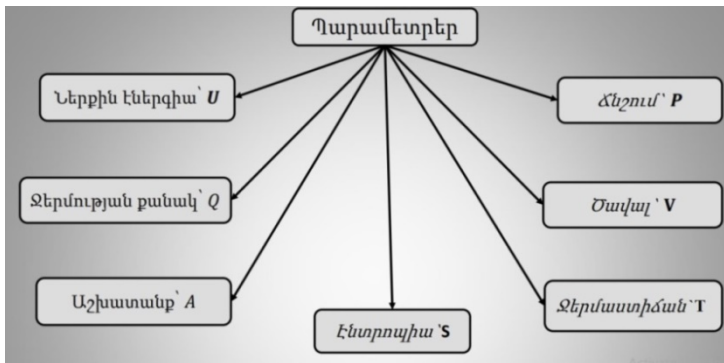
- այն, որին պետք է բախվեր հեռացվածը,
- այն, որն արդեն փոխել էր իր հետագիծը,
- այն, որին չի բախվել իր հետագիծը փոխած մոլեկուլը,
- այն, որին բախվել է:

Դժվար չէ գնահատել, որ արդեն 50 բախումից հետո իրենց հետագիծը փոխած մոլեկուլների քանակը կհավասարվի հենց մոլեկուլների թվին: Եթե անգամ մոլեկուլը չհեռացնենք, այլ մի փոքր սխալվենք մոլեկուլի դիրքի կամ արագության չափման ժամանակ, ապա հաշված հետագծերը ակնթարթորեն կտարբերվեն մեր հաշվածից: Մաթեմատիկոս Բորելի հաշվարկներով կոորդինատի կամ արագության որոշման ժամանակ 10^{-200} մեծության կարգի սխալը մեկ վայրկյան անց կհանգեցնի նրան, որ մասնիկների իրական հետագծերը ոչ մի ընդհանրություն չեն ունենա հաշվարկայինի հետ: Սակայն նման սխալ կարող է առաջանալ՝ պայմանավորված Երկրից 9 լուսատարի հեռավորության վրա գտնվող Միրիուս աստղում 1գ նյութի 1սմ տեղափոխությամբ:

Բերված օրինակը լիակատար հիմնավորում է մակրոսկոպական մարմինների նկարագրման նոր մեթոդների անհրաժեշտությունը:

5.2. ՋԵՐՄԱԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ

Ֆիզիկայի այն բաժինը, որն ուսումնասիրում է մակրոսկոպական համակարգերի ընդհանուր հատկությունները, ինչպես նաև էներգիայի հաղորդման և փոխակերպման մեթոդներն այդպիսի համակարգերում, կոչվում է ջերմադինամիկա (հունարեն՝ $\theta\acute{\epsilon}\rho\mu\eta$ – ջերմություն, $\delta\acute{\nu}\nu\alpha\mu\iota\varsigma$ – ուժ):



Նկ. II.29. Ջերմադինամիկայում օգտագործվող մակրոսկոպական պարամետրերը

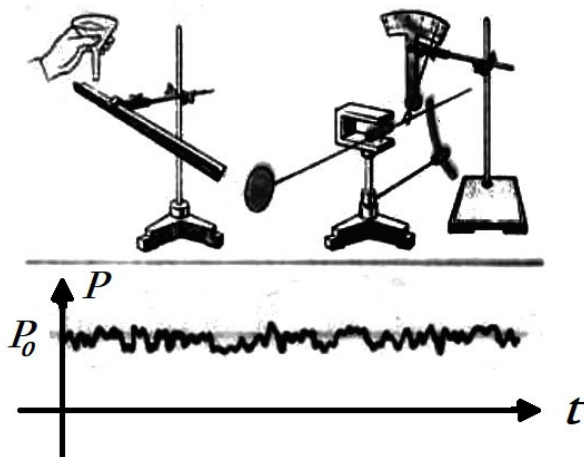
Ի տարբերություն նյութական կետի մեխանիկայի՝ նման համակարգերի վարքի նկարագրության ժամանակ հայտնվում են այլ տիպի՝ մակրոսկոպական պարամետրեր (ծավալ՝ V , ճնշում՝ P , ջերմաստիճան՝ T և այլն), որոնք նկարագրում են համակարգը (տե՛ս Նկ. II.29): Այսպես, օրինակ, հավասարակշիռ վիճակում ջերմաստիճանը համեմատական է մեկ մասնիկին բաժին ընկնող միջին կինետիկ էներգիային՝

$$T \sim \varepsilon = \frac{mv^2}{2}:$$

Ներքին էներգիան (U) առանձին մասնիկների կինետիկ և փոխադրեցության պոտենցիալ էներգիաների գումարն է (հաշվի չեն առնվում որպես ամբողջություն շարժման կինետիկ ու արտաքին ուժային դաշտերով պայմանավորված պոտենցիալ էներգիաները): Ջերմության քանակը (Q) մասնիկների քառասային շարժամբ պայմանավորված կինետիկ էներգիան է, որը տրվել է մարմնին ջերմահաղորդման պրոցեսի ընթաց-

քում, իսկ A -ն՝ աշխատանքը, այսինքն՝ ուժի տարածական ազդեցության քանակական չափը: Դրանց կարևորագույն առանձնահատկությունն առանձին մոլեկուլների ազդեցությանը չարձագանքելն է:

Ասվածը, մասնավորապես, կարելի է ցուցադրել Նկար II.30-ում պատկերված պարզ սարքավորման օգնությամբ: Թեկուզև սիսեռահատիկների ճնշումը՝ P -ն, ենթարկվում է աննշան ֆլուկտուացիաների, գոյություն ունի, սակայն, ճնշման ամրագրված արժեք՝ P_0 -ն, որը հենց գրանցվում է սարքի օգնությամբ:



Նկ. II.30. Փափի ճնշման մոդելային ներկայացումը:

Ինչպես նշվել է §2.4-ում, ժամանակի համասեռությունը դրսևորվում է էներգիայի պահպանման օրենքի տեսքով: Բոլոր ֆիզիկական պրոցեսների համար համընդհանուր է էներգիայի պահպանման օրենքը՝ ԷՊՕ: Հունարեն «էներգիա» նշանակում է գործողություն, ուժ, եռանդ, ավելի ստույգ՝ ուժը («երգ») գործողության մեջ («են») և ոչ պատահականորեն: «Էրգ»-ն այսօր աշխատանքի և էներգիայի միավորն է, իսկ հնդեվրոպական «երգ-արգ» արմատն առնչվում է կենսաուժի ակունք արև-արեգին:

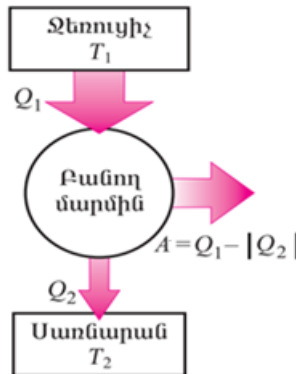
ԷՊՕ-ն դրսևորվում է տարբեր ձևերով: Օրինակ՝ դեպի վեր նետված գնդակը, կինետիկ էներգիան փոխակերպվում է պոտենցիալի ու հակառակը: Քանի որ ներքին էներգիան նույնպես մեխանիկական էներգիա է (մակրոսկոպական մարմինը կազմող մասնիկների քառասային շարժման ու փոխազդեցության), ուրեմն բոլոր փոխակերպումների ժամանակ պետք է գործի էներգիայի պահպանման օրենքը ոչ միայն արտաքին, այլ

նաև ներքին շարժումների հաշվառմամբ: Ուրեմն ԷՊՕ-ն ոչ պակաս կարևոր է նաև ջերմադինամիկական համակարգերի համար, որն ընդունված է անվանել ջերմադինամիկայի առաջին օրենք (կամ սկզբունք):

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A: \quad (\text{II.22})$$

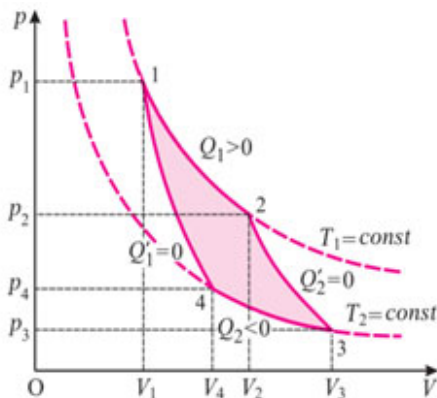
Այստեղ ΔA -ն համակարգի կատարած աշխատանքն է, ընդ որում՝ $\Delta A = -\Delta A_{\text{արտ}}$: Այն պնդում է՝ ջերմադինամիկ համակարգին հաղորդված ջերմաքանակը ծախսվում է նրա ներքին էներգիան ΔU -ն մեծացնելու և ΔA աշխատանք կատարելու վրա: Հարկ է նշել, որ կատարված աշխատանքի, ներքին էներգիայի և ջերմության քանակի փոփոխությունները տարբեր ջերմադինամիկական պրոցեսներում տարբեր կերպ են դրսևորվում, սակայն հարցի այդ նրբերանգներին այստեղ չենք անդրադառնա:

Ջերմադինամիկայի օրենքների լավագույն և կարևորագույն դրսևորումներից է ջերմային շարժիչը: Նկար II.31-ում պատկերված է այդպիսի շարժիչի սկզբունքային սխեման: Նման շարժիչների նկարագրության համար օգտագործվում է օգտակար գործողության գործակից հասկացությունը՝ $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$:



Նկ. II.31. Ջերմաշարժիչի սխեմատիկ կառուցվածքը [6]:

Անդրադառնանք մի հետաքրքիր մեծության ևս:



Նկ. II.32. Կարնոյի ցիկլի (երկու իզոթերմից և երկու ադիաբատից բաղկացած փակ ցիկլ) զրաֆիկական պատկերումը [6]

Իդեալական ջերմային շարժիչի դեպքում (Կարնոյի ցիկլ, տե՛ս Նկ. II.32)

$$\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{կամ} \quad \frac{Q_1}{T_1} = \frac{|Q_2|}{T_2} = S: \quad (\text{II.23})$$

S մեծության ընդունված է անվանել էնտրոպիա: «Էնտրոպիա» բառը հունարենից թարգմանած նշանակում է «փոխակերպում»: Ըստ էության էնտրոպիան նկարագրում է կորցրած էներգիայի չափը: Որքան շատ է էներգիայի կորուստը, այնքան մեծ է էնտրոպիան:

Ներմուծված «էնտրոպիա» հասկացության խորքային մեկնաբանությունը տալիս է վիճակագրական ֆիզիկան:

5.3. ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԻՆԵՏԻԿ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԴՐՈՒՅԹՆԵՐԸ

Մակրոսկոպական մարմինների վարքն առավել հետևողական կարելի է նկարագրել մոլեկուլային-կինետիկ տեսության (կամ վիճակագրական ֆիզիկայի) օգնությամբ: Մոլեկուլային կինետիկ տեսությունը հստակորեն ապացուցեց մի կողմից մեխանիկական դետերմինիզմի սնանկությունը բազմամասնիկ համակարգերում, մյուս կողմից՝ բազմամասնիկ համակարգերի հավանականային նկարագրության արդյունավետությունը:

Նյութի կառուցվածքի մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմքում ընկած են երեք դրույթներ.

- նյութը կազմված է մասնիկներից՝ ատոմներից ու մոլեկուլներից,

- ատոմներն ու մոլեկուլները անընդհատ, քառսային (ջերմային) շարժման մեջ են,
- նյութի մասնիկները փոխազդում են իրար հետ:

Մոլեկուլային-կինետիկ տեսության այս հիմնադրույթները բազմիցս հիմնավորվել են փորձով (տե՛ս, օրինակ, § 2.3):

Այս դրույթների քանակական մարմնավորումը իդեալական գազերի համար ճնշման հաշվարկն էր մեխանիկայի մեթոդների կիրառմամբ.

$$PV = \frac{1}{3} Nm\overline{v^2} : \quad (\text{II.24})$$

Այստեղ p -ն իդեալական գազի ճնշումն էր, V -ն՝ ծավալը, N -ը՝ մասնիկների թիվը ծավալում, m -ը՝ մասնիկի զանգվածը, իսկ $\overline{v^2}$ -ին՝ միջին քառակուսային արագությունը:

Ներմուծենք մեկ մոլեկուլին բաժին ընկնող միջին «կինետիկ էներգիա» հասկացությունը $\bar{\varepsilon} = m\overline{v^2}/2$:

Վերջնականորեն ստանում ենք.

$$PV = \frac{2}{3} N\bar{\varepsilon} \quad (\text{II.24ա})$$

Սա մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմնական հավասարումն է:

Սևեռենք ուշադրությունը հետևյալ կարևոր հարցի վրա: Եթե ջերմադինամիկական և մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը մինևույն խնդրի որակապես տարբեր, բայց փոխլրացնող մոտեցումներ են, ապա ո՞րն է նրանց միավորող գաղափարը: (II.24ա) հավասարումը հենց այդ հարցի պատասխանն է: Այն մակրոսկոպական (p, V, N) և միկրոսկոպական ($\bar{\varepsilon}$) մեծությունների կապն է՝ կամրջակը:

(II.23) հիմնական հավասարումից կարելի էր ստանալ ջերմադինամիկայում լավ հայտնի գազային բոլոր օրենքները (Բոյլ-Մարիոտի, Գեյ-Լյուսակի, Շառլի, Ավոգադրոյի, Դալտոնի): Ավելին, կարելի էր ստանալ նաև ջերմադինամիկայի հիմնական՝ Կլապեյրոնի հավասարումը, սակայն դրա համար անհրաժեշտ էր կամրջակ նետել ջերմային և մեխանիկական մեծությունների միջև:

Ներմուծենք

$$\theta = \frac{2 m\overline{v^2}}{3} = \frac{2}{3} \bar{\varepsilon} = \frac{PV}{N}$$

մեծությունը: Ընդունված է այն անվանել էներգիական ջերմաստիճան:

Փորձերը ցույց են տալիս, որ նույն ջերմաստիճանում գտնվող տարբեր հավասարակշռված գազերի համար θ -ի արժեքը նույնն է: Բարձրացնենք ջերմաստիճանը: Կնկատենք, որ θ -ն աճում է, բայց ոչ թե ուղիղ համեմատական, այլ գծային օրենքով: Ուստի կարելի է ներմուծել նոր

բացարձակ ջերմաստիճան՝ T , որի համար $\theta \sim T$: Հետևաբար, $\theta = kT$, որտեղ k -ն Բոլցմանի հաստատունն է: Այն որոշվում է փորձով և

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ջ}}{\text{Կ}}:$$

Նկ. II.*-ում պատկերված սարքի օգնությամբ կարելի է բացահայտել այդ երկու մոտեցումները կապող հանգուցային մեծությունը: Հայտնի քանակ և ծավալ ունեցող երեք գազեր՝ ջրածինը, թթվածինն ու հելիումը (H_2, O_2, He), բերվում են ջերմային հավասարակշռության երկու տարբեր ջերմաստիճաններում՝ հալվող սառույցի և ջրի եռման: Չափելով ճնշումները՝ որոշվում է մեկ մոլեկուլին բաժին ընկնող միջին կինետիկ էներգիան: Փորձը հանգեցնում է հետևյալ արդյունքներին:

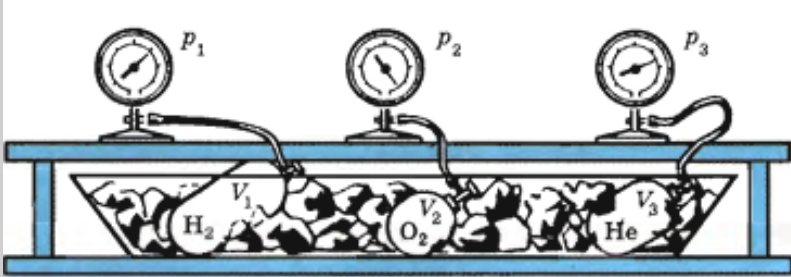
Հալվող սառույցի ջերմաստիճանում ($t = 0^\circ C$)

$$\frac{P_{H_2} V_{H_2}}{N_{H_2}} = \frac{P_{He} V_{He}}{N_{He}} = \frac{P_{O_2} V_{O_2}}{N_{O_2}} = \theta_0 = \frac{2}{3} \frac{m \overline{v_0^2}}{2} = 3.76 \cdot 10^{-21} \text{Ջ},$$

եռացող ջրի ջերմաստիճանում ($t = 100^\circ C$)՝

$$\frac{P_{H_2} V_{H_2}}{N_{H_2}} = \frac{P_{He} V_{He}}{N_{He}} = \frac{P_{O_2} V_{O_2}}{N_{O_2}} = \theta_{100} = \frac{2}{3} \frac{m \overline{v_{100}^2}}{2} = 5.14 \cdot 10^{-21} \text{Ջ}:$$

Ակնհայտ երևում է ջերմաստիճանի և մեկ մոլեկուլին բաժին ընկնող միջին կինետիկ էներգիայի վարքի նույնականությունը: Ունենալով θ_0 և θ_{100} մեծությունները՝ դժվար չէ որոշել k



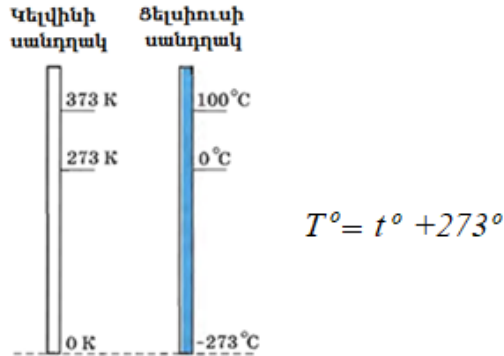
Նկ. II*. Ջերմաստիճանի և միջին կինետիկ էներգիայի համարժեքությունը [6]:

հաստատունը $\theta_{100} - \theta_0 = k(T_{100} - T_0) \Rightarrow k = \frac{\theta_{100} - \theta_0}{T_{100} - T_0}$: Ընդունելով, որ $T_{100} - T_0 = \Delta T(^\circ C) = \Delta T(K) = 100$, կստանանք.

$$k = \frac{\theta_{100} - \theta_0}{T_{100} - T_0} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ջ}}{\text{Կ}}:$$

Համանման ձևով կստանանք, որ $T_0 = \theta_0 / k = 273 K$:

Եզրակացությունը միակն է. այդ երկու մեծությունները նույնն են: Այսպիսով՝ կարող ենք ասել, որ բացարձակ ջերմաստիճանը մասնիկների միջին կինետիկ էներգիայի չափն է:



Նկ. II.33. Կելվինի և Ցելսիուսի սանդղակների կապը [6]

Դժվար չէ մեկնաբանել ստացված արդյունքը:

- Նոր (ընդունված է անվանել Կելվինի) սանդղակում ջերմաստճանը ոչ բացասական թիվ է (քանի որ համեմատական է մեկ մոլեկուլին բաժին ընկնող միջին կինետիկ էներգիային):
- Գոյություն ունի ամենացածր ջերմաստիճան՝ բացարձակ զրո ($T = 0\text{K}$): Բացարձակ զրո ջերմաստիճանը համապատասխանում է բոլոր շարժումների դադարելուն (դասական իմաստով):

Ակնառության նպատակով Նկար II.33-ում պատկերված են այդ սանդղակները:

5.4. ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍԵՐԻ ԱՆԴԱՐՁԵԼԻՈՒԹՅՈՒՆԸ: ԷՆՏՐՈՊԻԱ

Ջերմադինամիկայի առաջին սկզբունքը ձևակերպվում է նաև որպես առաջին սեռի հավերժական շարժիչի (այսինքն՝ շարժիչ, որն անվերջ աշխատանք կկատարի առանց էներգիա ստանալու) ստեղծման անհնարինության սկզբունք: Պարզագույն օրինակը տաք մարմնից ջերմության անցումն է սառը մարմիններին: Տաք մարմինը սառչելիս Q ջերմաքանակ տալիս է սառը մարմնին, և համակարգը գալիս է ջերմային հավասարակշռության: Ջերմադինամիկայի առաջին օրենքը չի խախտվում անգամ, եթե Q' ջերմաքանակ սառը մարմնից անցնում է տաք մարմնին: Ըստ Ռոբերտ Կլաուզիուսի՝ **«ձնաքավոր չէ պրոցես, որի միակ արդյունքը ներքին էներգիայի հաղորդումն է սառը մարմնից տաք մարմնին»:**

Մարմնին որոշակի ջերմության քանակ (ΔQ) հաղորդելիս այն տաքանում է, և առաջանում է անհավասարակշիռ վիճակ. նրա ջերմաս-

տիճանը դառնում է շրջապատի ջերմաստիճանից մեծ: Համակարգն այդ դեպքում անհավասարակշիռ վիճակից անցում է կատարում հավասարակշիռ վիճակի: Ակներն անհավասարակշիռ վիճակից հավասարակշռին ինքնակամ անցումը անդարձելի է և միշտ ընթանում է մի ուղղությամբ: Այդ անցման ուղղորդվածությունը հենց նկարագրվում է էնտրոպիայի, աճով, այսինքն՝ համակարգը ձգտում է առավելագույն էնտրոպիայով վիճակին

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \geq 0:$$

Անհավասարակշռից հավասարակշիռ վիճակի անցնելիս՝ $\Delta S > 0$, իսկ հավասարակշիռ վիճակում՝ $\Delta S = 0$: Սա ջերմադինամիկայի II օրենքն է:

Այս պնդումը, անկախ այն բանից, որ «էնտրոպիա» հասկացությունը դեռևս ոչ թե մեկնաբանված է, այլ սահմանված (II.23) արտահայտությամբ, բավական է, որ անցյալն ու ապագան ֆիզիկապես տարբերվեն: Մասնավորապես, ջերմադինամիկայի II օրենքը կարելի է դիտարկել որպես ժամանակի ուղղորդվածության պնդում:

5.5. ԷՆՏՐՈՊԻԱՅԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ԻՄԱՍՏՆԸ

Առավել ամբողջական մակրոսկոպական համակարգերի վարքն ուսումնասիրում է վիճակագրական ֆիզիկան, որտեղ էլ բացահայտվում է ներմուծվող մակրոսկոպական պարամետրերի իմաստը:

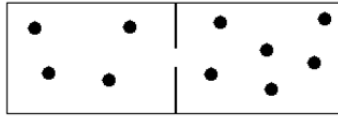
Անդրադառնալով էնտրոպիա մեծությանն այդ տեսանկյունից: Էնտրոպիան համեմատական է այն միկրովիճակների թվի լոգարիթմին, որոնք իրականացնում են տվյալ մակրովիճակը.

$$S = k \ln W: \quad (II.25)$$

S -ը համակարգի էնտրոպիան է, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, W -ն՝ տվյալ մակրովիճակի վիճակագրական կշիռը: Ըստ սահմանման՝ վիճակագրական կշիռն այն միկրոսկոպական վիճակների թիվն է, որոնցով կարող է իրականացվել տվյալ մակրոսկոպական վիճակը:

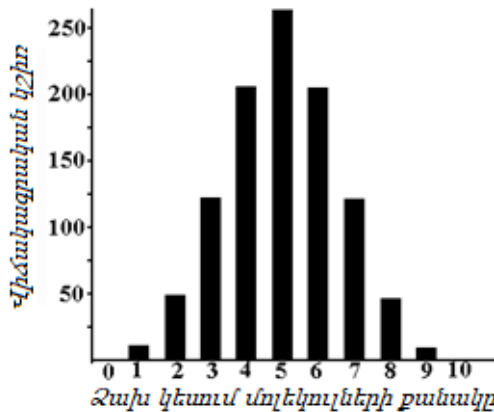
Պարզենք ասվածը օրինակով: Դիտարկենք փոքրիկ անցքով կապված երկու միատեսակ արկղեր: Այնուհետև արկղը լցնենք մոլեկուլներով՝ ընդունելով, որ ունենք ընդամենը $n = 10$ մոլեկուլ: Համարակալենք այդ մասնիկները: Համակարգի մակրոսկոպական վիճակը տրվում է յուրաքանչյուր մասում մոլեկուլների թվով՝ $k/(n - k)$: Այստեղ k -ն մասնիկների թիվն է ձախ արկղում: Այդ դեպքում n տարրերից բաղկացած համակարգից k - ական զուգորդությունների թիվը (դասավորման կարգը հաշվի չի առնվում) հաշվվում է հետևյալ բանաձևով.

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (\text{II.25ա})$$



Նկ. II.34. Մոլեկուլային համակարգի պարզ օրինակ:

Նկար II.34-ում պատկերված վիճակը կարելի է ներկայացնել որպես 4/6: Հնարավոր միկրոսկոպական վիճակները, որոնցով կարող է իրականացվել այդ մակրոսկոպական վիճակները, տարբերվում են իրարից նրանով, թե որ մասնիկներն են հայտնվել I և II կեսերում: Այսպես, եթե համարակալենք այդ 10 մասնիկները, ապա 4/6 վիճակը կարելի է ստանալ՝ տեղակայելով ձախ մասում կամ 1, 2, 3, 4, կամ 5, 6, 7, 8 մասնիկները (և այսպես շարունակ): Ամենափոքր վիճակագրական կշիռն ունեն (0/10) և (10/0) վիճակները ($W = 1$). 1/9 վիճակի $W = 10$, քանի որ ձախ մասում մեկ մոլեկուլային վիճակ կարելի է իրականացնել 10 հնարավոր կոմբինացիայով: Երկու մոլեկուլների դեպքում 2/8 կամ 8/2 վիճակի համար $W = 45$: Համանման ձևով կարելի է հաշվել նաև մնացած տարբերակները: Այս հաշվարկներն ամբողջացված են Նկար II.35-ում:



Նկ. II.35. Համակարգի վիճակագրական կշիռները [12]

Էնտրոպիայի աճման օրենքը կարելի է մեկնաբանել հետևյալ կերպ. դա համակարգի անցումն է ավելի մեծ հավանականությամբ վիճակի,

որին բնորոշ է անկարգավորվածության առավելագույն աստիճանը: Քիչ հավանական է, որ տաք և սառը մարմինները հպման դեպքում պահպանեն իրենց վիճակները: Ավելի հավանական է, որ նրանց ջերմաստիճանները հավասարվեն:

Որպես եզրափակում անդրադառնանք ևս մի կարևոր հարցի: Ջերմադինամիկայում համակարգի զարգացումն ուղղված է առավել կարգավորվածությունից դեպի անկարգավորվածություն: Ի տարբերություն ֆիզիկայի՝ կենսաբանական համակարգերի զարգացումը, համաձայն Դարվինի տեսության, ուղղորդված է պարզից դեպի ավելի կատարյալ կազմավորումների: Այս հակասությունը համառոտ կարելի է հիմնավորել հետևյալ դատողությունների օգնությամբ: Կենսաբանական համակարգերը բաց համակարգեր են, որտեղ համակարգի և շրջակա միջավայրի միջև ընթանում են էներգիայի, նյութի և տեղեկության փոխանակման բարդ պրոցեսներ: Դրանք նյութի բարդ և ոչ միարժեք ինքնակազմակերպման պրոցեսներ են՝ օբյեկտների ինքնահամաձայնեցված փոխազդեցությունների հաշվառմամբ:

Ելնելով թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքից՝ Կլաուդիուսը (1865) հանգեց Տիեզերքի «ջերմային մահվան» անխուսափելիությանը. էներգիայի բոլոր տեսակները կվերածվեն ջերմայինի ու հավասարաչափ կբաշխվեն տիեզերքում: Այս եզրահանգման սխալ լինելուն կանդրադառնանք «Տիեզերագիտական կոնցեպցիաներ» բաժնում:

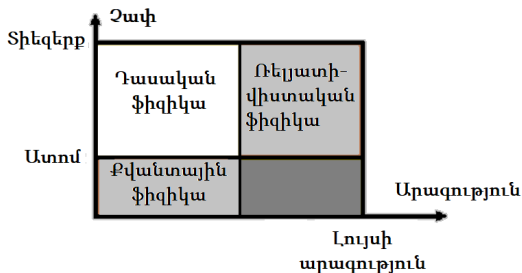
ԹԵՄԱ 6. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ: ՔԱՈՄԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ: ՖՐԱԿՏԱԼՆԵՐ

*«Մարդկությունն անդադար որոնում և գտնում է նորանոր օրենքներ միասնական, բնության մեջ ընթացող բոլոր պրոցեսների համար»:
Հերման Հակեն*

6.1. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ ԿԱՄ ՆՈՐ ՀԵՂԱՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆ ՖԻԶԻԿԱՅՈՒՄ

Մեկ անգամ ևս հետադարձ հայացք նետենք անցածին: Աշխարհի մեխանիստական աշխարհայացքին փոխարինելու եկավ էլեկտրամագնիսականը: XX դարը քվանտային ֆիզիկայի և հարաբերականության տեսության դարն էր: Դրանք, իրապես, գնահատվում էին որպես հեղափոխություն, որոնք հանգեցնում են դասական ֆիզիկայի տիրույթից դուրս նոր և անսպասելի հայեցակարգերի:

Նման մի խաղաղ հեղափոխություն իրականացվեց ֆիզիկայում (ավելի ստույգ՝ գիտությունում) XX դարավերջին ու XXI դարասկզբին: Խոսքն այստեղ վերաբերում է ոչ գծային դինամիկային կամ, ինչպես ընդունված է անվանել, սիներգետիկային (գործածվում է նաև «քաոսի տեսություն» ձևակերպումը): Այստեղ խոսքը ոչ այնքան նոր գիտության, որքան նոր աշխարհայացքի մասին է, որը թույլ է տալիս միավորել աշխարհի բնագիտական և սոցիալական պատկերները (ոմանք նույնիսկ հակված են համարելու, որ այն կարող է ընդգրկել նաև կրոնական պատկերացումները): Ստորև բերված դիագրամը պատկերացում է տալիս նրանց կիրառելիության տիրույթների մասին:



Նկ. II.36. Քվանտային մեխանիկայի և հարաբերականության տեսության կիրառելիության տիրույթները պատկերող դիագրամը: Ի տարբերություն սրանց՝ ոչ գծային ֆիզիկան կիրառելի է պատկերված ողջ տիրույթի նկատմամբ:

«Միներգետիկա» եզրույթն առաջարկվել է Հակենի կողմից XX դարի 70-ական թվականների սկզբին (հունարեն՝ Synergetikos – համատեղ, համագործակցված): Միներգետիկան ինքնակազմակերպման օրենքներն ուսումնասիրող գիտություն է: Ինքնակազմակերպում ասելով՝ հասկանում ենք բարդ կարգավորված կառուցվածքների առաջացումը բնության և հասարակության օբյեկտիվ օրենքների գործողության հետևանքով: Այն դիտարկում է բազմաբնույթ համակարգեր՝ ֆիզիկական, քիմիական, կենսաբանական, սոցիալական և այլն, որոնցում, ինչպես պարզվում է, ինքնակազմակերպման պրոցեսները նկարագրվում են նույն մոդելներով, հետևաբար ենթարկվում նույն օրինաչափություններին:

Այսպիսով՝ կարելի է պնդել, որ XX դարը գիտության պատմության մեջ մտավ երեք ֆունդամենտալ (հիմնարար) հայտնագործություններով, որոնք արմատապես փոխեցին մեր պատկերացումներն աշխարհի մասին.

ա) հարաբերականության տեսություն,

բ) քվանտային մեխանիկա,

գ) սիներգետիկա կամ քառսի տեսություն:

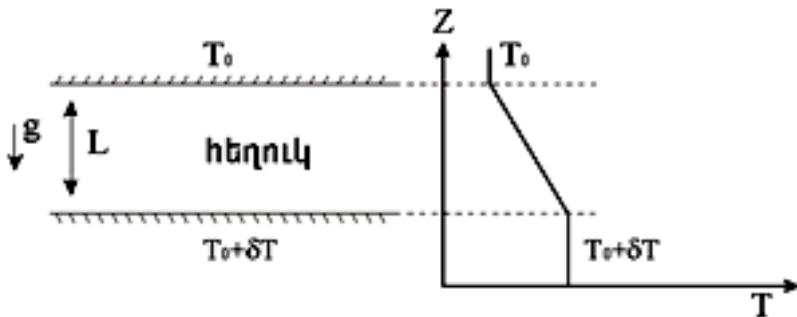
Հարաբերականության տեսությունը վերջ տվեց բացարձակ տարածության և ժամանակի մասին նյութոնյան պատկերացումներին, քվանտային մեխանիկան՝ ֆիզիկական պատահարների դետերմինիզմին, իսկ քառսի տեսությունը՝ համակարգի զարգացման կանխորոշվածության Լապլասյան երազանքին:

Միներգետիկայի համար կարևոր դիմամիկ համակարգի գաղափարն ինքնըստինքյան առաջացավ որպես Նյուտոնի դիֆերենցիալ հավասարումներով նկարագրվող մեխանիկական համակարգի ընդհանրացում: Ներկայումս այն ընդգրկում է ցանկացած բնույթի համակարգ՝ ֆիզիկական, քիմիական, կենսաբանական, էկոլոգիական, տնտեսագիտական, սոցիոլոգիական և այլն:

6.2. ՏԱՐՈՐԻՆԱԿ ԱՏՐԱԿՏՈՐ ԴԵՏԵՐՄԻՆԱՑՎԱԾ ՔԱՈՍ

Ներքևից տաքացվող մածուցիկ հեղուկի հորիզոնական շերտում ջերմահաղորդման երևույթն ուսումնասիրելիս (տե՛ս Նկ. II.37.1) 1900 թ. ֆրանսիացի ֆիզիկոս Բենարը դիտեց մի երևույթ [14-16]: Ջերմաստիճանների փոքր տարբերության դեպքում հեղուկն անշարժ էր և դիտվում էր միայն ջերմահաղորդման երևույթը: Ջերմաստիճանի ΔT տարբերության մեծացմանը զուգընթաց ավելի ու ավելի մեծ դեր է խաղում կոնվեկ-

ցիան. տաք հեղուկն ընդարձակվելով դառնում է ավելի թեթև և ձգտում վեր բարձրանալ, իսկ ավելի սառը և խիտ շերտերը՝ իջնել ներքև: Մակայն այդ պրոցեսը սպորադիկ է (հունարեն՝ σποραδικός – ցրված, առանձնացված), առաջանում է մեկ այս, մեկ այլ տեղում: Կոնվեկցիան ընթանում է քառասային ռեժիմում: Երբ ΔT -ն հասնում է որոշակի կրիտիկական մեծության, պատկերն արմատապես փոխվում է: Հեղուկի ամբողջ ծավալը տրոհվում է միատեսակ բջիջների, որոնցից յուրաքանչյուրում տեղի են ունենում չմարող կոնվեկտիվ շարժումներ (տե՛ս Նկ. II.38): Ինչպես ցույց տվեց Ռելեյը 1916 թ., այս կարգավորված կառուցվածքների առաջացումը հետևանք է հիդրոդինամիկայի հավասարումների:



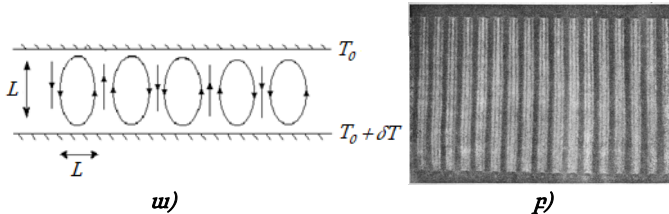
Նկ. II.37. Ռելեյ-Բենարի փորձի սխեման: Երկու ջերմահաղորդիչ թիթեղների միջև գտնվող հեղուկում (կոնվեկցիայի բացակայության պայմաններում) գոյություն ունի հաստատուն ջերմաստիճանի գրադիենտ (ինչպես ցույց է տրված նկարում աջից): Ջերմաստիճանը փոխվում է ներքևի թիթեղի վրա $T_0 + \delta T$ արժեքից մինչև վերևի թիթեղի վրա T_0 արժեքը [16]:

Ջերմաստիճանի հետագա աճին զուգընթաց Ռելեյ-Բենարի բջիջների տարածական սպեկտրը հարստանում է նոր հաճախություններով, իսկ $\Delta T = \Delta T_\infty$ որոշակի տարբերության դեպքում հաճախությունների թիվը դառնում է անվերջ, և շարժումը դառնում է քառասային, այսինքն՝ տուրբուլենտ: Քառսայ անցման այս սցենարը բավականաչափ ունիվերսալ է և դիտվում է բազմաթիվ համակարգերում:

Նկատենք, որ ինքնակազմակերպումն առաջանում է որոշակի պայմանների առկայությամբ: Ընդ որում՝ նրանցից նույնիսկ մեկի բացակայության դեպքում ինքնակազմակերպում չի դիտվում: Որո՞նք են այդ անհրաժեշտ պայմանները.

ա) Համակարգը պետք է լինի անհավասարակշիռ:

Սա նշանակում է, որ համակարգում պետք է լինեն նյութի և էներգիայի հոսքեր՝ պայմանավորված ջերմաստիճանի, քիմիական և այլ գրադիենտների առկայությամբ (գրադիենտը՝ այս կամ այն ֆիզիկական մեծության բաշխման անհամասեռության չափն է): Այսպես, օրինակ, խոհանոցը, որտեղ կա նոր եռացած թեյնիկ, անհավասարակշիռ համակարգ է, քանի որ կա ջերմաստիճանների տարբերություն: Դրա շնորհիվ առաջանում է ջերմային էներգիայի հոսք, և թեյնիկը սառչում է: Սակայն համակարգը հավասարակշիռ վիճակում չէ անգամ այն բանից հետո, երբ ջերմաստիճանները հավասարվում են: Երբ մի քանի օր անց ջուրն ամբողջությամբ գոլորշիանա, համակարգն այդ դեպքում կհայտնվի հավասարակշիռ վիճակում:



Նկ. II.37.2. Հեղուկի շարժման կոնվեկտիվ գլանների կազմավորման սխեման. ա) պատկերված է գլանների լայնական կտրվածքը, բ) փորձում ստացված պատկերը [16]:

Երկար ժամանակ համարվում էր, որ անհավասարակշիռ վիճակում ընթացող բոլոր պրոցեսները կարող են հանգեցնել միայն կառուցվածքների քայքայմանը կամ այլ կերպ՝ անհամասեռությունների հարթեցմանը: Ինչպես ցույց տվեց հետագա զարգացումը, ուժեղ անհավասարակշիռ միջավայրերում հավասարակշռության վիճակից մեծ շեղումների դեպքում նշված անհամասեռությունները կարող են և առաջանալ: Այսպես, օրինակ, Բենարի բջիջներն առաջանում են միայն ջերմաստիճանային որոշակի տարբերության դեպքում:

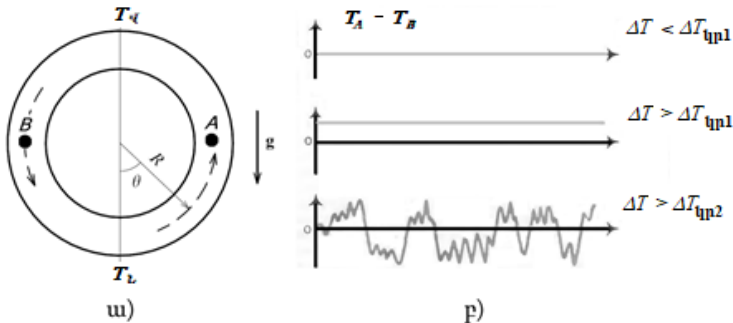
բ) Համակարգը պետք է լինի ոչ գծային:

Ոչ գծային կոչվում է այն համակարգը, որի վարքը նկարագրվում է մաթեմատիկական ոչ գծային հավասարումներով.

Գծային	Ոչ գծային
$x + y = 1$	$x^2 + y^2 = 1$
$\frac{dx}{dt} + x = 0$	$\frac{dx}{dt} + \sin x = 0$

Գծային հավասարման մեջ անհայտները մտնում են միայն առաջին աստիճանով: Ավելի բարձր աստիճաններ կամ այլ տիպի ֆունկցիաներ հայտնվելու դեպքում համակարգը դառնում է ոչ գծային: Ինչո՞ւ է տարբերվում գծային ու ոչ գծային համակարգերը: Ոչ գծային համակարգերն ընդունակ են որակապես փոխել իրենց վարքը ազդեցության քանակական փոփոխության պայմաններում:

Այս և մի շարք այլ խնդիրների դիտարկումը կարելի է հանգեցնել, ինչպես ներկայումս ընդունված է անվանել, Լորենցի համակարգին, որն առաջարկվել էր Էդվարդ Լորենցի կողմից 1963 թ. մթնոլորտային հոսքերի ուսումնասիրման նպատակով: Անդրադառնա՞նք այդ պարզեցված մոդելին (տե՛ս Նկ. II.38ա): Քննենք հեղուկի հեկոնվեկցիան բարակ, օղակաձև խողովակում (կոնվեկտիվ օղակ): Օղակի լայնական հատույթով հոսքերն այնքան փոքր են, որ կարելի է անտեսել: Վերևում դիտարկվածին համանման՝ օղակում հեղուկը կարող է պտտվել, եթե օղակի վերևի և ներքևի մասերի ջերմաստիճանների տարբերությունը գերազանցում է որոշակի շեմային արժեքը:



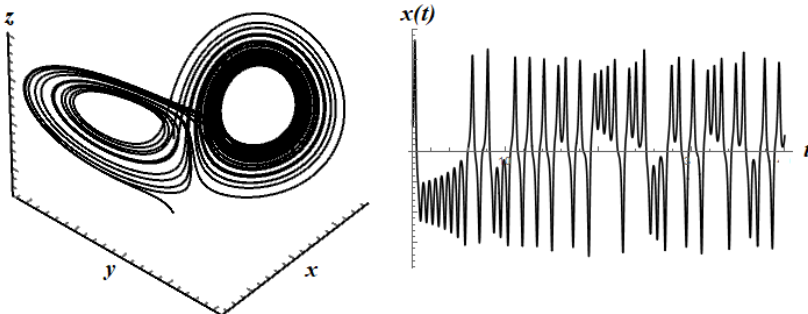
Նկ. II.38. Հեղուկ ճոճանակի քառսային տատանումները. ա) Լորենցի մոդելը, բ) A և B կետերի ջերմաստիճանների տարբերության ժամանակային կախվածությունը $\Delta T = T_u - T_l$ երեք տարբեր արժեքների դեպքում: $\Delta T < \Delta T_{cr1}$ դեպքում $T_A - T_B = 0$ (համընկնում է առանցքին) [15]:

Փորձերը ցույց են տալիս, որ ջերմաստիճանների տարբերության մեծացմանը զուգընթաց համակարգի վարքը կարող է կրել նաև քառսային բնույթ (տե՛ս Նկ. II.38բ): Ինչպես ցույց է տվել Լորենցը, խնդրի տվյալ դրվածքի պայմաններում հիդրոդինամիկայի և ջերմահաղորդականության հավասարումներից կարելի է ստանալ պարամետրերի վարքը նկարագրող հետևյալ պարզ համակարգը.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} &= \sigma \cdot (y - x) \\ \frac{dy}{d\tau} &= x \cdot (r - z) - y \\ \frac{dz}{d\tau} &= x \cdot y - bz \end{aligned} \right\} : \quad (\text{II.26})$$

Այստեղ x -ը հոսքի արագությանը համեմատական մեծություն է, y -ը՝ միջին արժեքից ջերմաստիճանի շեղումը $\theta = 90^\circ$ -ին համապատասխանող A կետում, z -ը՝ նույնը $\theta = 0^\circ$ կետում: σ, b -ն միջավայրի հատկությունները նկարագրող հաստատուններ են, իսկ $r \sim \Delta T = T_c - T_a$ -ը դեկավարող պարամետրն է: Սակայն զարմանալիորեն, հավասարումների այս պարզ համակարգը տարօրինակ վարք էր դրսևորում (տե՛ս Նկ. II.39): Մասնավորապես, ինչպես ցույց էր տալիս համակարգչային վերլուծությունը, պարամետրերի որոշ արժեքների դեպքում քառսային վարք էր դրսևորում: Նման քառսային վարքի դրսևորման համար անհրաժեշտ էր երկու կարևոր գործոնների միաժամանակյա առկայություն:

- զգայունություն սկզբնական պայմանների տրման նկատմամբ (այսինքն՝ սկզբնական պայմանների աննշան փոփոխությունն անգամ հանգեցնում էր անկանխատեսելի փոփոխությունների): Այս պնդումը հենց կազմում էր «թիթեռնիկի էֆեկտի» հիմքը,
- տոպոլոգիական կառուցվածքի խճճում (նման է հացթուխի կողմից խմորը հունցելուն):



Նկ. II.39. Լորենցի (II.26) համակարգի համակարգչային լուծումը, երբ $\sigma = 10, b = 8/3, r = 28$: Կից նկարում ներկայացված է $x(t)$ կախվածությունը:

Վերլուծության արդյունքները.

1. $\Delta T < \Delta T_{\text{կր1}}$ դեպքում (տե՛ս Նկ. II.38) գլանում հեղուկը գտնվում է անշարժ վիճակում (տե՛ս նաև Նկ. II.38):
2. $\Delta T_{\text{կր1}} < \Delta T < \Delta T_{\text{կր2}}$ դեպքում գլանի հեղուկը պտտվում է հաստատուն արագությամբ (ժամսլաքի կամ հակառակ ուղղությամբ) (տե՛ս նաև Նկ. II.38):
3. $\Delta T > \Delta T_{\text{կր2}}$ գլանի հեղուկը քառասային վարք է դրսևորում (տե՛ս նաև Նկ. II.38):

Ինչպե՞ս մեկնաբանել նման «հեղուկ ճոճանակի» քառասային վարքը: Ենթադրենք՝ ժամանակի տվյալ պահին հեղուկը շարժվում է ժամացույցի սլաքի ուղղությամբ: Մեծ r -երի (այսինքն՝ ջերմաստիճանների մեծ տարբերության) դեպքում Արքիմեդի ուժը դառնում է այնքան մեծ, որ օղակի վերևի մասում հեղուկը մեծ արագացման պատճառով արագ անցնում է տաք հիմքի մոտով՝ չհասցնելով տաքանալ: Հեղուկի այդ ծավալն այլևս չի կարող մինչև վերև բարձրանալ: Վերևից ներքև իջնող հեղուկն ավելի տաք է, ուստի ավելի թեթև: Արգելակման հետևանքով հիմքի մոտ այն տաքանում է և սկսում վեր բարձրանալ հակառակ ուղղությամբ, քանի որ ճնշումն աջից ավելի փոքր է, քան՝ ձախից: Արդյունքում հեղուկ օղակը սկսում է պտտվել հակառակ ուղղությամբ (ժամսլաքին հակառակ): Այնուհետև ամեն ինչ կրկնվում է: Քանի որ հեղուկի միավոր ծավալի տաքացման մեծությունը, օղակի պտտման արագությունը զգալուն են սկզբնական շարժման պարամետրերի նկատմամբ, ուստի վերևի և ներքևի ջերմաստիճանների մեծ տարբերության դեպքում պտտման ուղղությունը դառնում է քառասային:

Նշենք նաև, որ Լորենցի համակարգին են հանգում բազմաթիվ այլ համակարգեր ֆիզիկայից և հարակից այլ բնագավառներից: Սակայն այս հայտնագործության կարևորությունն ոչ միայն այն էր, որ ցույց տրվեց քառուի գոյությունը պարզ համակարգերում, այլ նաև այն, որ ըստ Լորենցի՝ գոյություն ունի որոշակի կարգ, որն իրեն դրսևորում էր որպես պատահականություն: Ամենագարմանալին նաև այն էր, որ նման վարք դրսևորվում էր նաև տուրբուլենտության խնդրում, կենդանիների բնակեցվածության թվի թռիչքային փոփոխություններում, բորսային գների վարքում և նույնիսկ սրտամկանի քառասային կծկումներում:

Նման պարզ համակարգերում առաջացող քառուս ընդունված է անվանել դետերմինացված: Ինչպե՞ս ընկալել երկու՝ իրարամերժ, գաղափարների այս համադրումը: Պարզ մեկնաբանությունը հետևյալն է: Դետերմինացված քառու է կոչվում այն երևույթը, որի դեպքում համակարգի

վարքը պատահական է (քառասյին է)՝ անկախ այն բանից, որ նկարագրվում է դետերմինացված օրենքներով:

6.3. ՖՐԱԿՏԱԼՆԵՐ

Շատ համառոտ անդրադառնանք ֆրակտալ օբյեկտներին: Ֆրակտալ եզրույթը (լատիներեն՝ fractus – բեկյալ, կոտորակային) ներմուծել է 1975 թ. ամերիկացի մաթեմատիկոս Բենուա Մանդելբրոտը: Ֆրակտալներն այն կառուցվածքներն են, որոնք ունեն երկու կարևոր առանձնահատկություն՝

ա) անկանոն են ձևով,

բ) ինքնանման են (կառուցվածքի յուրաքանչյուր փոքր մասը նման է ամբողջին):

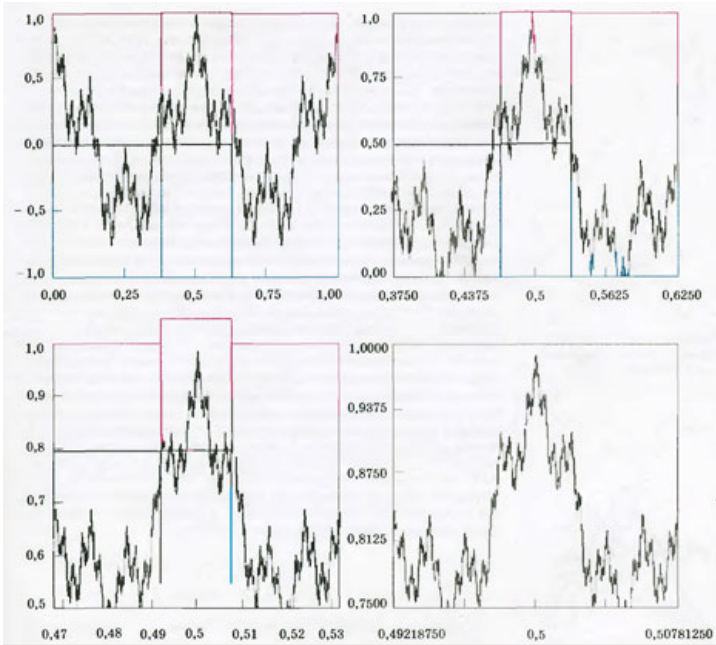
Նման կառուցվածքները մաթեմատիկորեն նկարագրվում են ֆունկցիաներով, որոնք լինելով անընդհատ, բեկման կետերում չունեն ածանցյալներ: Այդպիսի ֆունկցիայի պարզագույն օրինակ է Վայերշտրասի ֆունկցիան.

$$W(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a^n \cos(b^n \cdot \pi \cdot x) \quad (\text{II.27})$$

ընդ որում՝ $a < 1$, $b > 1$, $ab > 1$: Այն բարդ բեկյալ կառույց է, որը նաև ինքնանման է: Այս ֆունկցիայի ձևը մնում է անփոփոխ աբսցիսների առանցքով b , իսկ օրդինատների առանցքով՝ $1/a$ անգամ ձգելիս:

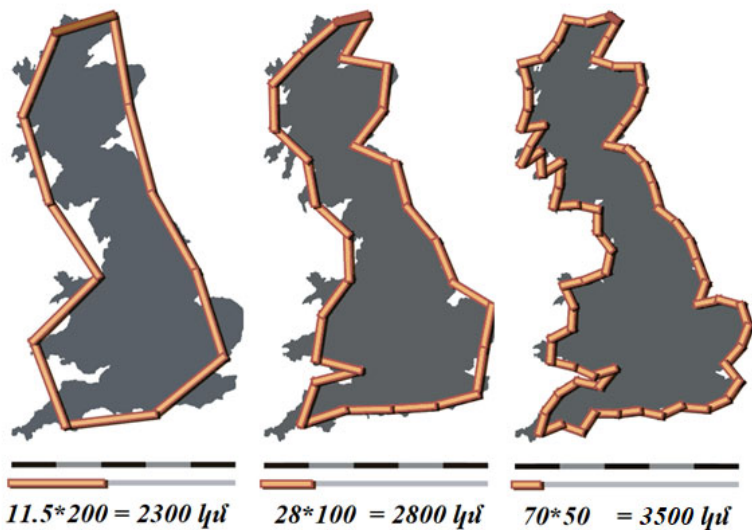
Նկար II.40ա-ում բերված են Վայերշտրասի ֆունկցիան $a = 0,5$ և $b = 4$ դեպքում և նրա կենտրոնական մասի երեք խոշորացված հատվածները: Նկար II.40բ-ն համապատասխանում է աբսցիսների առանցքի չորս անգամ և օրդինատների առանցքի կրկնակի խոշորացմանը (նախորդ նկարի ուղղանկյունով ընդգծված հատվածը): Նմանակերպ և հաջորդ նկարները: Ինչպես երևում է, ուղղանկյան մեջ վերցված հատվածները ոչ միայն նման են, այլ ամբողջի ճիշտ կրկնօրինակն են: Ֆունկցիայի անվերջ փոքր մասը վերարտադրում է ամբողջի տեսքը:

Նկատենք, որ նման իրավիճակ է նաև մարդկային գենի պարագայում, որտեղ նույնպես մեկ գենը ամբողջի մասին լրիվ տեղեկություն է պարունակում, ինչպես նաև հոլոգրամի փոքրիկ կտորը ամբողջ տեղեկությունը պարունակում է: Սակայն, եթե Վայերշտրասի ֆունկցիայի ցանկացած փոքր մասը կրկնում է ամբողջը, ապա ինչի՞ է հավասար նրա երկարությունը: Ակնհայտորեն անվերջի:



Նկ. II.40. Վայերշտրասի ինքնավերարտադրվող ֆունկցիան. յուրաքանչյուր հաջորդ գրաֆիկը նախորդի ընդգծված հատվածի խոշորացված կրկնօրինակն է: Բոլոր չորս գրաֆիկները համընկնում են՝ չնայած նրանց մասշտաբները տարբեր են [4]:

Նմանատիպ խնդրի լուծման անհրաժեշտությանն առաջին անգամ 1951 թ. հանդիպել է Լյուիս Ֆրայ Ռիչարդսոնը (1881-1953 թթ.)՝ Անգլիայի ծովային սահմանի որոշման հետ կապված: Մեթոդը հետևյալն էր: Կարկինի օգնությամբ քարտեզի վրա տեղադրվում էին N նույն երկարության հատվածներ: Ուսումնասիրելով արդյունքների տարամիտումը՝ նա բացահայտում է օրինաչափությունը: Որքան փոքր է քանոնի երկարությունը, այնքան երկար է չափվող սահմանը (Ռիչարդսոնի էֆեկտ): Ամենագարմանալին այդ սահմանի անվերջի ձգտելն էր, երբ օգտագործվող քանոնի երկարությունը ձգտում էր զրոյի:



Նկ. II.41. Անգլիայի ծովային սահմանի որոշումը [4]:

Այնժամ Ռիչարդսոնն առաջարկում է նման իրավիճակում սահմանները նկարագրել ոչ թե երկարությամբ, այլ ընդհանուր երկարությունն անվերջի ձգտելու արագությամբ

$$L = C\delta^{1-D}; \quad (\text{II.28})$$

Այստեղ C -ն հաստատուն է, իսկ δ -ն՝ օգտագործվող քանոնի մեծությունը: Անգլիայի սահմանի համար $D \approx 1.24$, Ավստրալիայի՝ $D \approx 1.13$, իսկ Աֆրիկայի՝ $D \approx 1.02$: Մոտ 10 տարի անց Մանդելբրոտը ստեղծեց նմանատիպ օբյեկտները բնութագրող երկրաչափությունը՝ ֆրակտալ երկրաչափությունը: Նմանատիպ օբյեկտների չափողականությունը նկարագրելու համար Ֆելիքս Հաուսդորֆը (1868-1942 թթ.) և Աբրամ Բեզիկովիչը (1891-1970 թթ.) սահմանեցին ֆրակտալ չափողականությունը:

Նկատենք, որոշակի ձևափոխությունների օգնությամբ կարելի է համոզվել (II.28)-ի և Հաուսդորֆ-Բեզիկովիչի՝ նոր ներմուծված չափողականության համարժեքությանը: Հարկ է ընդգծել այս նոր չափողականության կոտորակային լինելու հանգամանքը:

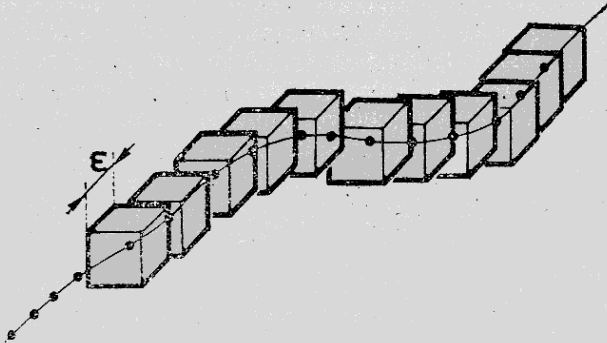
Տեսնենք, թե ինչպիսի պարամետր կարելի է օգտագործել ֆրակտալ օբյեկտի նկարագրության համար: Դիտարկենք կետերի բազմություն P -չափանի տարածությունում: Ծածկենք կետերի այդ բազմությունը ε կոդով (հիպեր) խորանարդներով: Նշանակենք $N(\varepsilon)$ -ով խորանարդների

այն նվազագույն քանակը, որով կարելի է ծածկել այդ բազմությունը (Նկ. II.*): Հաուսդորֆյան D չափողականություն է կոչվում $\ln N(\varepsilon)/\ln(1/\varepsilon)$ արտահայտության սահմանը, երբ $\varepsilon \rightarrow 0$ (եթե այն գոյություն ունի).

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}$$

Դիտարկենք մասնավոր դեպքեր:

1. Եթե բազմությունը բաղկացած է մեկ կետից, ապա՝ $N(\varepsilon) = \text{const} = 1$: Հետևաբար կետի հաուսդորֆյան չափողականությունը հավասար է զրոյի (հիշեցնենք կետի էվկլիդեսյան կամ տոպոլոգիական չափողականությունը նույնպես հավասար է զրոյի):



Նկ. II.*. Կետերի բազմության ծածկումը ε կողով հիպերխորանարդներով [16]:

2. Եթե բազմությունը միավոր երկարությամբ հատված է, ապա $N(\varepsilon) = 1/\varepsilon$, այստեղից էլ՝ $D=1$:
3. Եթե բազմությունը միավոր մակերեսով մակերևույթ է $N(\varepsilon) = 1/\varepsilon^2$, որտեղից էլ ստանում ենք $D=2$:
4. Եթե բազմությունը միավոր ծավալով մարմին է, $N(\varepsilon) = 1/\varepsilon^3$, համապատասխանաբար՝ $D=3$:

Այսպիսով՝ սովորական իրավիճակներում հաուսդորֆյան չափողականությունը ոչ մի նոր բան չի ավելացնում էվկլիդեսյանին:

Անդրադառնալով մի փոքր այլ բնույթի օբյեկտների: Դիտարկենք Կանտորի բազմությունը, որը ստացվում է հետևյալ իտերացիոն պրոցեսի արդյունքում (Նկ. II.**): Միավոր երկարության հատվածի միջնամասից հեռացնենք $1/3$ -ին հավասար միջնահատվածը: Նման քայլ կատարենք մնացած երկու հատվածների հետ: Այդ պրոցեսն անվերջ շարունա-

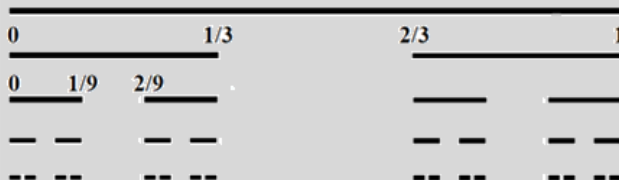
կելու դեպքում կստանանք, այսպես կոչված, Կանտորի բազմությունը (ավելին, քան կետ, բայց ոչ գիծ): Այս հաշվենք այս բազմության հաու-դորֆյան չափողականությունը: $\varepsilon = 1/3$ դեպքում բազմությունը ծածկե-լու համար անհրաժեշտ տարրերի թիվը (հիպերխորանարդներն այս դեպքում այլասերվում են հատվածի) $N(1/3) = 2$: Նմանակերպ $\varepsilon = 1/3^2$ դեպքում $N(\varepsilon) = 4 = 2^2$: Շարունակելով դատողությունները՝ կարելի է գրել $\varepsilon = 1/3^m$ և $N(\varepsilon) = 2^m$:

Ինչպես ցույց է տալիս այս օրինակը, Հաուսդորֆի չափողականու-թյունը սովորական տոպոլոգիական ընդհանրացումն է, որը թույլ է տա-լիս նկարագրել ֆրակտալ օբյեկտները: Նկատենք, որ Կանտորի բազմու-թյունը ինվարիանտ է մասշտաբի փոփոխության նկատմամբ (մասշտա-բային ինվարիանտություն):

Համաձայն սահմանման՝

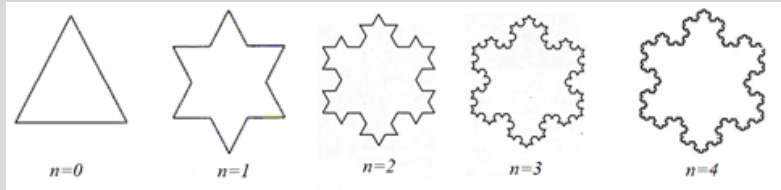
$$D = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\ln 2^m}{\ln 3^m} \approx 0,63 :$$

«Հեռվից» այդ բազմությունը նման է միջնամասի $1/3$ մասը հեռաց-ված հատվածի: Մոտիկից նման պատկեր կոեսնենք ցանկացած խոշո-րացման դեպքում:



Նկ. II.. Կանտորի բազմության կառուցման սկզբնական փուլերը [16]:**

Նման մասշտաբային ինվարիանտությունը պահպանվում է նաև տար-օրինակ ատրակտորների կառուցվածքներում (նրանց տրոհումը թերթե-րի):



Նկ. II.. Չյան փաթիլի տեսքով ֆրակտալ օբյեկտի կառուցման առաջին չորս փուլերը [16]:**

Դիտարկենք ևս մեկ օրինակ: Անդրադառնանք ձյան փաթիլանման կառուցվածքին (Հելգա ֆոն-Կոշի կոր, Նկ. II. ***): Այն ունի անվերջ պարագիծ, չնայած եզրագծում է հարթության սահմանափակ տիրույթ (այս հատկությունը բնորոշ է նաև տարօրինակ ատրակտորներին): Վերցնենք միավոր երկարության կողմ ունեցող հավասարակողմ եռանկյուն և յուրաքանչյուր կողմից դեն նետենք միջնամասի $1/3$ մասը, որից հետո յուրաքանչյուրի կենտրոնական մասի արտաքին կողմում կառուցենք հավասարակողմ եռանկյուն: Կրկնելով բազմաթիվ անգամներ ստանում ենք ֆրակտալ օբյեկտ, որը կոչվում է Կոշու կոր:

Դժվար չէ գտնել այս օբյեկտի հաուսդորֆյան չափողականությունը: Նախորդ օրինակի նման $\varepsilon = 1$ դեպքում բազմությունը ծածկելու համար անհրաժեշտ տարրերի թիվը՝ $N(1) = 3$, $\varepsilon = 1/3$ դեպքում՝ $N(1/3) = 3 \cdot 4$; $\varepsilon = 1/3^2$ դեպքում՝ $\varepsilon = 1/3^2$ $N(1/3^2) = 3 \cdot 4^2$ և այդպես շարունակ, $\varepsilon = (1/3)^n$ դեպքում՝ $N(1/3^n) = 3 \cdot 4^n$:

Համաձայն սահմանման՝

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln(3 \cdot 4^n)}{\ln(3^n)}$$

Հետևաբար ստանում ենք.

$$D = \frac{\ln 4}{\ln 3} \approx 1,26$$

Երրորդ օրինակը նույնպես լավ հայտնի է և կոչվում է Սերպինսկու գորգ: Նկարում պատկերված են դրա առաջացման մի քանի հաջորդական փուլերը: Միավոր քառակուսին բաժանվում է 9 հավասար քառակուսիների, և մեջտեղինը դեն է նետվում (Նկ. II. ****: Այնուհետև այդ գործողությունը կրկնվում է մյուս 8 քառակուսիների նկատմամբ: Այդ պրոցեսը շարունակվում է մինչև անվերջություն: Երբ $\varepsilon = 1$ (ε -քառակուսի տարրի կողմն է), ունենք $N(\varepsilon)=1$, երբ $\varepsilon = 1/3$, $N(\varepsilon)=8$ և այլն: Ի վերջո, երբ $\varepsilon = 1/3^n$, $N(\varepsilon) = 8^n$, որտեղից էլ $D = \ln 8 / \ln 3 \approx 1.89$:



Նկ. II. **. Սերպինսկու գորգի առաջացման հաջորդական փուլերը: Նշված մասերը դեն են նետվում [16]:**

Օգտվելով (II.28)-ից (կամ հաուսդորֆյան չափողականությունից)՝ կարելի է բերել ֆրակտալի ավելի հստակ սահմանում: Ֆրակտալ է կոչվում այն բազմությունը, որի հաուսդորֆյան չափողականությունը մեծ է նրա երկրաչափական (տոպոլոգիական) չափողականությունից: Բոլոր վերը դիտարկված օրինակները ֆրակտալներ են: Այսպիսով՝ ֆրակտալ գծի չափողականությունը $D > 1$, ֆրակտալ մակերևույթի դեպքում՝ $D > 2$ և այլն:

Ասվածին կարելի է տալ հետևյալ հետաքրքիր մեկնաբանությունը: Բերված անհավասարությունը նկարագրում է տրված բազմության բարդացումը: Եթե զիծ է ($D = 1$), ապա այն կարելի է բարդացնել բազմակի բեկումների միջոցով այնքան, մինչև նրա ֆրակտալ չափողականությունը հասնի երկուսի (երբ այն ամբողջությամբ կծածկի որոշակի վերջավոր մակերես), կամ երեք, երբ կորը կծածկի խորանարդ:

Դետերմինացված քառսի մասին քննարկումը եզրափակենք Ֆ. Նիցշեի հայտնի խոսքերով. «Ով իր մեջ չի կրում քառսի տարրեր, երբեք աստղ չի ծնի»:

6.4. ԴԻՑԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՈՉ ԳՕՍՑԻՆ ՖԻԶԻԿԱ

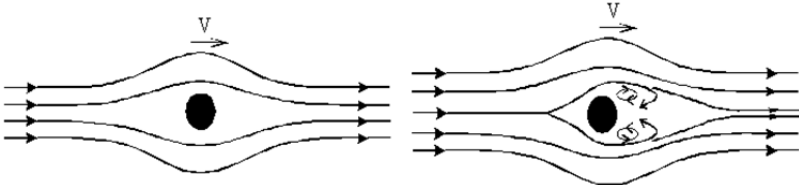
Արդյո՞ք կարելի է մարդկային բանականության այս երկու ոլորտները համադրել, զուգահեռներ անցկացնել մշակույթի, գիտության և կրոնի օրբան դիցաբանության և մաթեմատիկական մեթոդներով բարդ համակարգերի վարքը մոդելավորող արդի գիտության միջև: Այս հարցում սիներգետիկայի մեթոդների կիրառման ոլորտների ընդլայնումն արմատներից (ֆիզիկա, քիմիա) մինչև մարդուն և հասարակությանը վերաբերող բնագավառները (կենսաբանություն, սոստեսություն, կրթություն, հասարակագիտություն և այլն) հուսադրող է: Նման հետազոտությունները, սակայն, սաղմնային վիճակում են, ուստիև կսահմանափակվենք միայն որոշ զուգահեռներով:

1. Ֆիզիկայում ներառված «քառսը» հունական դիցաբանության աստվածներից է (հունարեն $\chi\acute{\alpha}\omicron\varsigma$ – դատարկություն, անդունդ): Ըստ հունական դիցաբանության՝ ամենից առաջ գոյություն է ունեցել միայն հավիտենական, անսահման մթին Քառսը: Նրա մեջ էր ամփոփված աշխարհի կյանքի աղբյուրը: Ամեն ինչ առաջացել է Քառսից:

Ֆիզիկայում այն օգտագործվում է երկու կտրվածքով.

- *Բրունկյան քառս* (տե՛ս §2.3) – քառսը մեծ թվով ազատության աստիճան ունեցող համակարգերում,

- **Դետերմինացված քառս** (տե՛ս §6.2) – քառսը սահմանափակ թվով ազատության աստիճան ունեցող համակարգերում:
3. Դիտարկենք ևս մի դիպուկ օրինակ: Ենթադրենք հեղուկը, հոսելով v արագությամբ, շրջանցում է իր մակերևույթին ուղղահայաց տեղադրված d տրամագծով գլանը (տե՛ս Նկ. II.42): Շատ փոքր և միջին արագությունների (Նկ. II.42ա) դեպքում հոսքի գծերը ստացիոնար են, այսինքն՝ մնում են անփոփոխ ժամանակի ընթացքում: Այն բանից հետո, երբ արագությունը գերազանցում է որոշակի շեմային արժեքը (Նկ. II.42բ), գլանի ետևում առաջացող ռեցիրկուլյացիոն մրրիկները դառնում են անկայուն: Ստացիոնար ռեժիմը կորչում է՝ իր տեղը զիջելով մրրիկների շղթային, որոնք պտտվում են մերթ մի կողմ, մերթ մյուս և հեղուկի հետ հոսելով՝ հեռանում են գլանից: Այսպիսի երևույթի հետևանքներից մեկը անմիջական ականջով լսվող ձայնն է:



Նկ. II.42. Նկարի հարթությանն ուղղահայաց առանցք ունեցող գլանը շրջանցող հեղուկի հոսքի գծերի սխեմատիկ պատկերը (հեղուկի արագության $\vec{v}$ վեկտորը գտնվում է նկարի հարթության մեջ) [16]:

Նման պատկեր դիտվում է նաև, երբ պինդ մարմնի (ասենք, օրինակ, կամրջի սյան) ետևում քամու ազդեցության տակ առաջացած մրրիկները սկսում են անջատվել մարմնից և հեռանալ: Այդ դեպքում մարմնի վրա փոփոխական ուժ է ազդում, որի ազդեցությամբ մարմինը սկսում է տատանվել մրրիկների անջատման հաճախականությամբ (ռեզոնանսի երևույթի հաշվին): Այդ դեպքում մարմինն արձակում է բնութագրական ձայն, որի հաճախականությունն աճում է քամու արագության աճմանը զուգընթաց: Այս երևույթը կոչվում է «Էոլայի քնար»՝ հունական դիցաբանության հողմերի աստված Էոլայի անունով: Հանգամանքներից կախված՝ «Էոլայի քնարի» հնչողությունը կարող է լինել հաճելի կամ, ընդհակառակը, կտրուկ գրգռող:

4. Ֆիզիկայում իրարամերժ հասկացությունների համատեղումը բավականաչափ հաճախ է հանդիպում: Այսպես, օրինակ, հեղուկ-մետաղ, հեղուկ-բյուրեղ: Այս զուգորդումները հաճախ ան-

վանում են բնության կենտավորոսներ (տե՛ս Նկ. II.43): Նման մի «Կենտավորոսի» օրինակ է նաև նախորդ պարագրաֆում դիտարկված Լոդենցի ատրակտորը: Լապլասը համոզված էր, որ Նյուտոնի օրենքներով նկարագրվող համակարգը պետք է լինի կանխատեսելի (լապլասյան դետերմինիզմ): Սակայն ժամանակակից ոչ գծային դինամիկան ապացուցեց, որ դինամիկ համակարգը կարող է ունենալ քաոսային վարք անգամ այն դեպքում, երբ ենթարկվում է Նյուտոնի օրենքներին, այսինքն՝ այնպիսի համակարգերում, որոնք նկարագրվում են դիֆերենցիալ հավասարումներով, և հնարավոր է ապագայի կանխատեսումը:



Նկ. II.43. Կենտավորոս (ըստ հունական դիցաբանության կիսամարդկիսաձիերի տեսքով լեռնային կամ անտառային դևեր)

Դետերմինիզմի և կանխատեսելիության նույնացումն իրականում պայմանավորված էր համակարգի գծային լինելու հանգամանքով: Ամեն ինչ խառնվում է համակարգի ոչ գծայնության հաշվառմամբ: Դետերմինացված քաոսն առաջանում է խիստ որոշյալ օրենքներով, սակայն հիմնարար սահմանափակումներ է դնում կանխատեսման հնարավորությունների վրա: Սկզբնական պայմանների ամենափոքր անճշտությունն անգամ (ինչը իրական կյանքում միշտ հնարավոր է, քանի որ գործ ունենք կլորացված արժեքների հետ) դինամիկ հավասարումներով արված կանխատեսումների պարագայում այդ սխալն աճում է (էքսպոնենտային օրենքով): Ասվածը կարելի է հիմնավորել հետևյալ դատողությամբ: Եթե երկու նույնական համակարգերում մուտքագրել նույն ազդանշանը, ապա ելքայինը կլինի թեկուզև նույնը, բայց անկանխատեսելի: Այդ ձևով մենք անկանխատեսելիությունը ընդունում ենք որպես այն որակը, որը բնութագրում է քաոսը: «Անկանխատեսելիությունը» այստեղ գործած-

վում է այն իմաստով, որ անցյալում որքան էլ երկար ժամանակային հատվածում իմանանք համակարգի էվոյուցիան, դա չի օգնի կանխատեսել նրա էվոյուցիան որոշ վերջավոր ինտերվալից դուրս: Քառսի այդպիսի սահմանումը մաքուր պրագմատիկ է: Այն զուրկ է ճշգրտությունից և պարունակում է ոչ միարժեքություն:

Ահա թե ինչու անկարգավորվածության նման տիպն ընդունված է անվանել դետերմինացված քառս: Որոշակի պայմաններում դիսիպատիվ համակարգերում հնարավոր է նաև հակառակ անցումը՝ կարգավորված կառուցվածքի առաջացումը քառսային վիճակից: Եվ ամենակարևորն այն է, որ այսպիսի համակարգերի վարքի նկարագրության ժամանակ առաջանում են նոր տիպի տարօրինակ օբյեկտներ՝ ատրակտորներ (attract-ձգել բառից), որոնց ընդունված է անվանել ֆրակտալ: Ֆրակտալ կառուցվածքները հենց համակարգի ներքին անհավասարակշիռ վիճակի արտաքին դրսևորումներն են, որոնք հավասարակշիռ են կարգավորվածության և քառսի միջև: Ֆրակտալները նկարագրվում են նոր տիպի՝ ֆրակտալ երկրաչափությամբ: Դա նաև քառսի երկրաչափությունն է, որը ծնում է կարգավորվածություն և կարգավորվածության երկրաչափությունն է, որը ծնում է քառս:

6.5. ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻՆԹԵԶԸ

Միներգետիկայի համար հետաքրքրություն ներկայացնող համակարգերը կարող են տարբեր բնույթ ունենալ և ուսումնասիրվել գիտության տարբեր ճյուղերում, օրինակ՝ ֆիզիկա, քիմիա, կենսաբանություն, տնտեսագիտություն, լեզվաբանություն, սոցիոլոգիա և այլն: Ի տարբերություն այլ՝ դասական, բնագավառների՝ սիներգետիկան վերացարկվում է համակարգի բնույթից և ընդհանրացված նկարագրում համակարգի էվոյուցիան անկախ բնույթից՝ կարևորելով երկու տարբեր գիտություններում ուսումնասիրվող երևույթների իզոմորֆիզմը (հունարեն *ισος* – հավասար, նման և *μορφή* – ձև):

Միներգետիկական մոդելի ընդհանրությունը գիտության մի ճյուղի նվաճումները հասանելի է դարձնում գիտության մեկ այլ բնագավառի համար: Կարելի է ասել, ըստ Հակենի, որ *սիներգետիկան հավակնում է մետագիտության դերին, որն ուսումնասիրում է այն օրինաչափությունների ընդհանրական բնույթը, որոնք այլ մասնավոր գիտությունների մեջ նշանակում են:*

Սիներգետիկական մեթոդները, վստահաբար կարելի է ասել, լայնորեն ներդրվել են էկոլոգիայի, քիմիայի, կենսաբանության, սոցիոլոգիայի, տնտեսագիտության բնագավառներում:

Վերջին տասնամյակներում սիներգետիկայի մեթոդների ներթափանցումից զերծ չեն մնացել նույնիսկ հումանիտար հետազոտությունները: Սիներգետիկան, ինչպես արդեն նշվել է, բարդ համակարգ կազմող ենթահամակարգերի համատեղ գործակցությունն ուսումնասիրող գիտություն է: Եվ ինչպես նշում է սիներգետիկայի հիմնադիրներից մեկը՝ Հերման Հակենը, այդ համագործակցության արդյունքը մակրոսկոպական մակարդակում նոր կառուցվածքի առաջացումն է: Նույնիսկ սիներգետիկայի հանգուցային գաղափարներից մեկը՝ բիֆուրկացիան, կարելի է ասել, ներառվել է նաև պատմությունից:

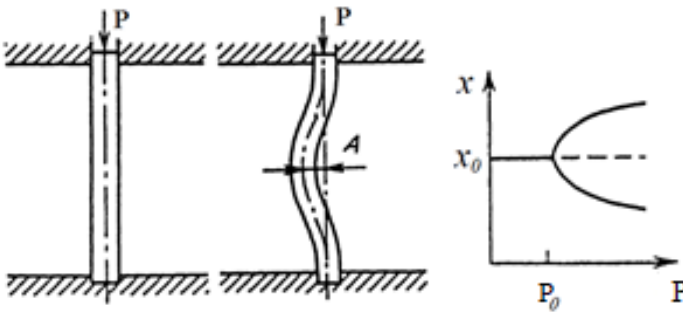
Ինչպե՞ս է վարվում պատմաբանը այս կամ այն իրադարձությունը հասկանալու համար:

- Նա վերլուծում է նախորդող իրադարձությունները և համեմատում, թե ինչ արդյունքի դրանք հանգեցրին:
- Համեմատում է, թե ինչ համանման պատմական անցքեր են եղել հարևան երկրներում և այլ ժամանակաշրջաններում:
- Հատուկ ուշադրություն է դարձնում բեկումնային ժամանակաշրջաններին:

Համանման մոտեցում է նաև ոչ գծային ֆիզիկայի (սիներգետիկայի) բաժիններից մեկի՝ բիֆուրկացիաների տեսության խնդիրների սահմաններում (լատիներեն՝ *bifurcutus* – երկփեղկված): Բիֆուրկացիայի պարզագույն օրինակը հեծանի ճկումն է (Նկ. II.44): Երբ ուղղանկյուն հատույթով հեծանի բեռնվածությունը մեծանում է, այն սեղմվում է, բայց շարունակում է մնալ ուղիղ: Բեռի որոշակի՝ կրիտիկական կշռից հետո այն ճկվում է: Ճկվել կարող է կամ աջ, կամ ձախ, ընդ որում՝ ճկման ուղղությունը պայմանավորված է պատահական գործոնների ազդեցությամբ: Ասվածը նույնպես ներկայացված է Նկար I.44-ի աջ մասում: Ընդունված է նման դիագրամներին անվանել բիֆուրկացիոն: Համապատասխանաբար, P_0 արժեքը կոչվում է ճյուղավորման կամ բիֆուրկացիայի կետ:

Բիֆուրկացիաների գոյություն ունեցող տեսակները բազմաթիվ են և տարաբնույթ: Բարդ համակարգերը շատ հաճախ ենթակա են նույն տիպի բիֆուրկացիաների, թռիչքների կամ մետամորֆոզների, ինչպիսիք առկա են պարզ համակարգերում: Վերը քննարկված Լորենցի մոդելը, միջատների ընտանիքի պոպուլյացիայի վարքը (տե՛ս §5.4) կամ նույնիսկ լազերային գեներացիա առաջացնող ատոմների համախմբված ճառա-

գայթույնը, նկարագրվում են համանման օրենքներով, որոնք հանգեցնում են ինքնակազմակերպման:



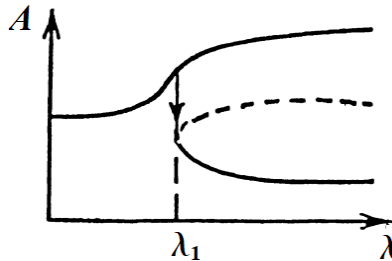
Նկ. II.44 Բիֆուրկացիայի օրինակ. հեծանի ճկումը [17]:

Հասկանալի է, որ նման ունիվերսալ մեթոդների կիրառումը չի կարող շրջանցել նաև պատմական իրադարձությունների վերլուծությունը: Որպես պարզ օրինակ անդրադառնանք հին հունական պատմության մի անցքի:

Նիկոլո Մաքիավելին «Տիրակալը» գրքում անդրադառնում է այսպիսի մի օրինակի: Միցիլիացի Ագաթոկլեսը (Αγαθοκλής) դարձավ Միցիլիայի թագավորը՝ սերված լինելով ոչ միայն հասարակ, այլ նույնիսկ արգահատելի դասից: Զինվորագրվելով բանակային ծառայության՝ նա հասավ Սիրակուզայի պրետորի աստիճանի (Հին Հռոմի բարձրագույն դատական իշխանության ներկայացուցիչ): Ամրապնդվելով այդ պաշտոնում՝ նա որոշում է դառնալ Սիրակուզայի տիրակալ: Մի առավոտ նա հավաքում է Սիրակուզայի ժողովրդին ու Սենատին՝ հանրապետության խնդիրները լուծելու պատրվակով: Երբ բոլորը հավաքվել էին, զինվորականները, պայմանավորված նշանի համաձայն, կոտորում են սենատորներին ու հարուստներին: Նման հաշվեհարդարից հետո Ագաթոկլեսը դառնում է տիրակալ՝ չհանդիպելով ժողովրդի, անգամ աննշան, դիմադրության:

Նման գործողությանը ընդունված է անվանել «կայացած փաստերի ռազմավարություն»: Համակարգը արագ անցում է կատարում բիֆուրկացիոն դիագրամի մի ճյուղից մյուսը, ինչպես պատկերված է Նկար II.45-ում: Որպես բիֆուրկացիոն պարամետր այստեղ ընտրված է դանդաղ փոփոխությունը նկարագրող ժամանակային փոփոխականը: Որպես համակարգի վիճակը նկարագրող պարամետր (հեծանի ճկման համարժեքը) կարելի է ընդունել, օրինակ, բնակչության սոցիալական

պաշտպանվածության աստիճանը (A): Ներկայացված մոդելը բնութագրական է պատմական այն ժամանակաշրջաններին, երբ հասարակությունը գործում էր որպես մեկ մարդ, երբ անհատը կարող էր հայտարարել՝ «պետությունը (կազմակերպությունը, խումբը) ես եմ»: Նման իրավիճակները առաջանում են բոլոր այն դեպքերում, երբ պետության պատմությունը նույնացվում է թագավորների պատմությանը:



Նկ. II.45 Մաքիավելու օրինակին համապատասխանող բիֆուրկացիոն դիագրամը [17]:

Այս օրինակը առաջիններից է «տեսական պատմագիտության», այսինքն՝ սիներգետիկայի տեսական մեթոդների կիրառմամբ պատմության ստեղծման ճանապարհին: Որքանով այն հեռանկարային կլինի և ինչ կիրառություններ կունենա՝ ցույց կտա ժամանակը:

Օգտագործված գրականություն

1. Мадрид К., Бабочка и ураган. Теория хаоса и глобальное потепление, М.: «Де Агостини», 2014.
2. Дорфман Я. Г., Всемирная история физики, Изд-во «КомКнига», 2007.
3. Մարտիրոսյան Հ. Ա., Իսրայելյան Հ. Ռ., Գեղամա լեռների ժայռապատկերները, ՀՍՍՀ ԳԱ հրատ., Երևան, 1971:
4. Волошинов А. В., Математика и искусство, М.: «Просвещение», 2000.
5. Спасский Б. И., История физики, М.: «Наука», 1977.
6. Ղազարյան Է. Ս., Կիրակոսյան Ա. Ա., Մելիքյան Գ, Մամյան Ա., Մախիյան Ս., Ֆիզիկա-10, 11, 12, Երևան, «Էդիթ պրինտ», 2010:
7. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М., Механика, БКФ, т. I, М.: «Лань», 2005.
8. Свиридов В. В., Свиридова Е. И., Концепции современного естествознания, М., 2021.
9. Ասլանյան Լ. Ս., Կարայան Հ. Ս., Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը, ԵՊՀ հրատ., Երևան, 2011:
10. Савельев И. В., Курс общей физики, т. 5, М.: Изд-во «Лань», 2021.
11. Борн М., Атомная физика, М.: «Мир», 1970.
12. Канке В. А., Концепции современного естествознания, М.: «Юрайт», 2014.
13. Кот Шредингера, Наука и жизнь. N11, 2012.
14. Ասլանյան Լ. Ս., Պախալով Վ. Բ., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն. Լաբորատոր աշխատանքների ուսումնական ձեռնարկ, ԵՊՀ հրատ., Երևան, 2016:
15. Трубецков Д. И., Введение в синергетику, М., 2003.
16. Ասլանյան Լ., Հակոբյան Ռ., Չիլինգարյան Յու., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն, ԵՊՀ, 2006:
17. Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Синергетика и прогнозы будущего. М.: УРСС, 2003.

Լրացուցիչ գրականություն

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Механика, М.: «Физматлит», 2021.
2. Crundell M., Goodwin G., Mee Ch., Physics. LoodonNWI 3BH, 2018.

3. Урманцев Ю. А., Симметрия природы и природа симметрии, М.: «Либроком», 2017.
4. Хазен А. М., О возможном и невозможном в науке, или где границы моделирования интеллекта, М.: «Наука», 1988.
5. Фейнман Р., Характер физических законов, М.: «Наука», 1987.
6. Льюис М., История физики, М.: «Мир», 1970.
7. Вигнер Е., Этюды о симметрии, М.: «Мир», 1971.
8. Вейль. Симметрия, М.: «Мир», 1968.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., Фейнмановские лекции по физике, М., 2024.
10. Пономарев Л. И., Под знаком кванта, М.: «Наука», 1989.
11. Кратчфилд Дж. П., Фармер Дж. Д., Паккард Н. К., Шоу Р. С., Хаос. «В мире науки», *N 2, 16-28, 1987.*
12. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И., Хаотическая динамика простых систем. «Природа», *N 2, 54-64, 1981.*

ՄԱՍ III. ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՅԼ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ ԵՎ
ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐԻ ՆԵՐԹԱՓԱՆՑՈՒՄ
ԹԵՄԱ 1. ՏԻԵԶԵՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ

*«Միայն գաղափարներն են փորձարարին դարձնում ֆիզի-
կոս, մատենագրին՝ պատմաբան, մատենագրեր ուսումնա-
սիրողին՝ բանասեր»:
Մ. Պլանկ*

1.1. ԱՍՏՂԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵՐԵՎՈՒՑԹՆԵՐ

Աշխարհի ստեղծման հարցը հետաքրքրել է մարդկությանը դեռևս անտիկ ժամանակներից, սակայն միայն XX դարում հնարավորություն ստեղծվեց այդ խնդրի գիտական ձևակերպման համար [1-4]:

Անդրադառնալով աստղագիտական երևույթներին: Այն ներառում է Տիեզերական մարմինների և Տիեզերքի կառուցվածքի ու զարգացման օրինաչափությունների ուսումնասիրումը: Աստղագիտական երևույթների մեկնաբանման ժամանակ հարկ է լինում հաճախ անդրադառնալ ֆիզիկական տեսություններին, սակայն չպետք է նույնացնել աստղագիտությունը ֆիզիկայի հետ: Ի՞նչ հիմնական փաստեր են հայտնի:

Տիեզերքի ընդարձակում: Առաջինը Նյուտոնը հայտնագործեց տիեզերական նշանակություն ունեցող ուժը: Նա հասկանում էր, քանի որ մարմինները ձգտում են իրար, ապա նրանց կուտակումներում կնկատվեն գրավիտացիոն անկայունություններ: Ուստի, եթե անգամ ենթադրվի, որ տիեզերանյութը նախապես համասեռ է բաշխված եղել, ապա նրա տարբեր մասերը պետք է խտանային՝ առաջացնելով Արևը, աստղերը, մոլորակները: Աստղերի լուսարձակումը բացատրելու համար նա վկայում էր Արարչին: Լագրանժը համարում էր Նյուտոնին գիտնականներից երջանկագույնը, որովհետև Տիեզերքը միակն է, իսկ նրա մաթեմատիկական օրենքները հայտնագործել է հենց նա:

Հարաբերականության տեսությունը ստեղծելուց հետո Այնշտայնը նույնպես անդրադարձավ տիեզերագիտությանը՝ մնալով ստատիկ Տիեզերքի մոդելի սահմաններում (այսինքն՝ աստղերը մեկը մյուսի նկատմամբ գտնվում էին անփոփոխ դիրքերում): Միայն գրավիտացիոն ձգողական ուժերով, սակայն, բացատրել դա հնարավոր չէր: Ուստի Այնշտայնը ՀՀՏ-ի մեջ ներմուծեց նոր՝ **λ** գումարելի: Ըստ էության, այդ գումարելին գուտ մաթեմատիկորեն հաշվի էր առնում անհայտ բնույթի վանողական ուժերի գոյությունը: Սակայն այս քայլը արհեստական էր

(այն ընդունված է անվանել *ad hoc*, թարգմանաբար՝ «տվյալ դեպքի համար»): Հետագայում (1922-1924 թթ.) Ֆրիդմանը ցույց տվեց, որ Այնշտայնի ՀՀՏ հավասարումները հանգեցնում են Տիեզերքի գրավիտացիոն անկայունության: Խտությունից կախված՝ այն կա՛մ ընդարձակվում է, կա՛մ սեղմվում:

Իհարկե, այս եզրակացությունը դեռ անհրաժեշտ էր հիմնավորել փորձարարական փաստերով: Այս առումով հիմնարար էր Հաբբլի հայտնագործությունը (1929 թ.): Ըստ այդ հայտնագործության՝ որքան մեզնից հեռու է համաստեղությունը, այնքան նրա ճառագայթումն ավելի է շեղված դեպի կարմիր տիրույթ: Դոպլերի երևույթի համաձայն՝ եթե ճառագայթող աղբյուրը հեռանում է մեզնից, հաճախությունը փոքրանում է (համապատասխանաբար՝ ալիքի երկարությունը մեծանում), հակառակ պայմանում՝ մեծանում: Համաստեղությունից եկած «կարմիր շեղված» ճառագայթները վկայում են Երկրից նրանց հեռանալու մասին: Հաբբլը ստացել է նաև հետևյալ առնչությունը.

$$v = H \cdot L, \quad (\text{III.1})$$

որտեղ V -ն համաստեղության հեռանալու արագությունն է, L -ը՝ մինչև համաստեղություն եղած հեռավորությունը (սովորաբար չափվում է պարսեկներով, $1 \text{ պկ} = 3.1 \cdot 10^{16} \text{ մ}$), H -ը՝ Հաբբլի հաստատունը, որը վերջին չափումների համաձայն $H \approx 75 (\text{կմ/վ}) \text{Մպկ}^{-1} \approx 25 \cdot 10^{-19} \text{վ}^{-1}$: Այս դեպքում մեր Տիեզերքի տարիքը կգնահատվի.

$$t = \frac{1}{H} = 13 \text{ միլիարդ տարի},$$

իսկ Տիեզերքի շառավիղը ($V \sim C$)՝

$$\frac{C}{H} = 10^{28} \text{ սմ}:$$

Այստեղ արժե նշել, որ իրարից հեռանում են բոլոր համաստեղությունները: Որ համաստեղությունից էլ նայես, պատկերը կլինի նույնը: Տիեզերքի ընդարձակումն առաջին պլան մղեց նրա մեխանիկայի հիմնախնդիրները:

Տիեզերքի մեծամասշտաբ համասեռություն և իզոտրոպություն: Դիտումների համաձայն՝ Տիեզերքն անհամասեռ է փոքր մասշտաբներում, սակայն համասեռ է մեծում: Դա նշանակում է, եթե մտովի պատկերացնենք $3 \cdot 10^8 \text{ պկ}$ կողով խորանարդ, ապա նրանցից յուրաքանչյուրում կլինի մոտավորապես 1000 համաստեղություն: Դա, իր հերթին, նշանակում է, որ Տիեզերքի ցանկացած անկյունում գործում են նույն օրինաչափությունները: Հետևաբար ուսումնասիրելով մերձակա տիեզերական շրջա-

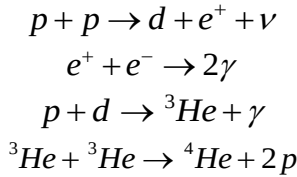
պատը՝ կարելի է դատել ամենահեռավոր անկյուններում ընթացող պրոցեսների մասին: Հարկ է նշել նաև իզոտրոպության մասին, այսինքն՝ Տիեզերքում բոլոր ուղղությունները համարժեք են:

1.2. ՏԻԵԶԵՐՔԻ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՆ ԵՎ ՄԵԾ ՊԱՅԹՅՈՒՆԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ

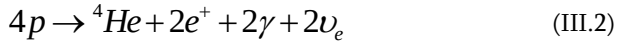
1948 թ. Գամովը առաջարկում է Մեծ պայթյունի տեսությունը, համաձայն որի՝ Տիեզերքն սկսել է ընդարձակվել սինգուլյարությունից (singularity – եզակիություն): Պայթյունը ցիրուցան է արել Տիեզերքի նախնական բաղադրիչները: Արագ ընդարձակմամբ պայմանավորված Տիեզերքը սկսել է սառել: Ըստ հաշվարկների՝ որպես Մեծ պայթյունի հետևանք, պետք է դիտվեր ցածր էներգիաների տիրույթի (միկրոալիքային) ճառագայթում: 1965 թ. ամերիկացիներ Պենզիասն ու Վիլսոնը, որոնք ուսումնասիրում էին համաստեղությունների «ռադիոաղմուկները», հայտնաբերում են բոլոր կողմերից եկող և 2.7 Գ համապատասխանող ֆոնային ճառագայթում: Այսինքն՝ այս հայտնագործությամբ հիմնավորվում է Մեծ պայթյունի կամ Տաք տիեզերքի գաղափարը: Շկլովսկու առաջարկով ընդունված է այդ ճառագայթումն անվանել Ռելիկտային՝ մնացորդային: Քանի որ նշված ճառագայթումը գալիս է բոլոր կողմերից, ուստի դա վկայությունն է առ այն, որ պայթյունը բնորոշ է ողջ Տիեզերքին, այլ ոչ թե նրա ինչ-որ մի առանձին մասին:

1.3. ԶԵՐՄԱՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՆ

Նախաաստղային ամպի գրավիտացիոն սեղմումը, որի արագությունը կազմում է մի քանի կիլոմետր վայրկյանում, հանգեցնում է աստղի միջուկի առաջացմանը [5]: Մեծ զանգված ունեցող աստղերի մոտ այդ պրոցեսի տևողությունը կազմում է 300-400 հազար տարի: Ճառագայթային ճնշմամբ պայմանավորված՝ այդ պրոցեսն ընդհատվում է: Մեծ կիներտիկ էներգիա ունեցող մասնիկները՝ հիմնականում ջրածնի ատոմները, տաքացնում են աստղի միջուկը, որի հետևանքով սկսում է ընթանալ ջերմամիջուկային սինթեզի ռեակցիա, որն էլ հենց աստղի ճառագայթման էներգիայի հիմնական աղբյուրն է: Աստղերի մեծամասնության համար սկզբնական, ընդ որում՝ երկարատև (միլիոնավոր տարիներ) էտապ է 4 պրոտոնների (P ՝ ջրածնի ատոմի միջուկ) փոխարկումը հելիումի (${}^4\text{He}$) ատոմի միջուկի, երկու պոզիտրոնի (e^+) և երկու նեյտրինոյի (ν):



Արդյունքում.



Այստեղ օգտագործված են հետևյալ նշանակումները՝ p – պրոտոն, d – դեյտրոն՝ դեյտերիում ատոմի միջուկը, e^+ – պոզիտրոն, e^- – էլեկտրոն, ν_e – նեյտրինո, γ – գամմա քվանտ, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ – հելիումի ատոմի իզոտոպները: Առաջին երեք ռեակցիաները ջրածնային կամ pp ցիկլի են և իրականացվում են կրկնակի: Նման ցիկլը բնորոշ է Արեգակին և նրան նման աստղերին: Ավելի պայծառ աստղերում գերակշռում է ածխածնաազոտային ցիկլը և այլն:

Սինթեզի ռեակցիան իրականացնելու համար անհրաժեշտ է թեթև տարրերի միջուկները մոտեցնել միմյանց մինչև 10^{-15}մ ՝ դրա համար հաղթահարելով էլեկտրաստատիկ վանողության ահռելի ուժերը: Դրան կարելի է հասնել մոտ 10^8 Գ ջերմաստիճանում, երբ միջուկների կինետիկ էներգիան բավարար է էլեկտրաստատիկ վանողությամբ պայմանավորված էներգիական արգելքը հաղթահարելու ու միջուկներն ընդիույ իրար մոտեցնելու համար: Թեթև տարրերի դեպքում անջատվում է 26 ՄԷՎ էներգիա կամ մեկ նուկլոնի հաշվով $26/4 = 6,5$ ՄԷՎ:

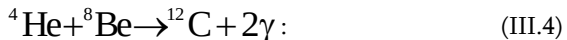
Հետաքրքիր է այն փաստը, որ 1 Գ նյութի էներգաանջատման ինտենսիվությունը աստղերում ավելի փոքր է, քան կենդանի օրգանիզմներում ընթացող որոշ պրոցեսների դեպքում: Սակայն կենդանի օրգանիզմներն իրենց զանգվածով ու չափերով զգալիորեն փոքր են աստղերից: Նրանց հսկայական զանգվածն է պատճառը, որ տիեզերական մասշտաբներում հենց նրանք են էներգիայի հիմնական աղբյուրը: Այսպես, օրինակ, հայտնի է, որ Արևը յուրաքանչյուր վայրկյանում կորցնում է 4 մլն տոննա զանգված:

Հարկ է նշել, որ միայն այս երկու ցիկլով չեն ավարտվում աստղերի ընդերքում ընթացող պրոցեսները: Ավելի բարձր՝ 200 մլն Գ կարգի ջերմաստիճանում իրականացվում են մնացած տարրերի սինթեզի համար անհրաժեշտ ջերմամիջուկային ռեակցիաներ: Այս պնդումը հենց կազմում է նուկլեոսինթեզի էությունը:

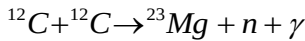
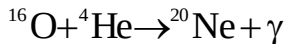
Ինչպես ցույց են տալիս հաշվարկները, Մեծ պայթյունից առաջացած աստղային հրե գնդում չկան He-ից ավելի ծանր ատոմների սինթեզի համար բարենպաստ պայմաններ: Այսպես, օրինակ, He-ի երկու ատոմների միավորումը



հանգեցնում է ${}^8\text{Be}$ -ի առաջացմանը, որը անկայունության հետևանքով շատ արագ տրոհվում է նախնական բաղադրիչների: Սակայն աստղերում ${}^4\text{He}$ -ի խտությունն այնքան մեծ է, որ ${}^8\text{Be}$ -ը, չհասցնելով տրոհվել, զավթում է α մասնիկ և առաջացնում է ածխածին.



Այնուհետև հնարավոր են նաև այլ ռեակցիաներ.



և այլն: Այսպիսով՝ բոլոր քիմիական տարրերը սինթեզվում են աստղերի ընդերքում:

1.4. ՏԻԵՁԵՐՔԻ «ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՄԱՀՎԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ»

Ջերմադինամիկայի (ՋԴ) երկրորդ օրենքի հայտնագործումը հանգեցրեց աշխարհայացքային նոր պրոբլեմի՝ Տիեզերքի ջերմային մահվան (ՏՋՄ) տեսությանը [5,6]:

ՏՋՄ-ն առաջանում է, երբ փորձում են ՋԴ II օրենքը կիրառել ողջ տիեզերքի նկատմամբ: Առաջին անգամ այն ձևակերպվել է Գելվինի փոքրիկ հոդվածում: Ուշադրություն էր դարձվում այն հանգամանքին, որ «որակյալ» մեխանիկական էներգիայի անցումը «անորակ», հետևաբար անպետք ջերմային էներգիայի, անդարձելի է: Որպես հետևանք այդ պրոցեսները պետք է դարձնեն անհնար աշխարհում այնպիսի կառուցվածքների գոյությունը, որոնց անհրաժեշտ է մեխանիկական էներգիա: Նման օբյեկտ է, օրինակ՝ մարդը: Կլաուզիուսը 1865 թ. ձևակերպեց հետևյալ սկզբունքը. «Աշխարհի էնտրոպիան ձգտում է առավելագույնի»: Այս պնդումը ենթադրում էր.

1. Տիեզերքն ունի վերջավոր վիճակ (ջերմային մահվան),
2. այդ վիճակում Տիեզերքի էնտրոպիան մաքսիմում է,
3. այդ վիճակն անխուսափելի է:

Այդ պնդումը լավ ընդունվեց կղերականության կողմից: Այսպես, Հռոմի Պապը (Պիոս XII) հայտարարել է. «Կլաուզիուսի կողմից հայտնաբերված էնտրոպիայի օրենքը տվեց մեզ վստահություն, որ փակ նյութական համակարգում մակրոսկոպական մասշտաբով պրոցեսները վաղ, թե ուշ կդադարեն: Այս տխուր իրողությունը վկայում է Անհրաժեշտ էակի գոյության մասին»:

Այս հարցի վերաբերյալ, սակայն, կարելի է բերել հետևյալ դատողությունները: Ի տարբերություն լաբորատոր հետազոտությունների՝ Տիեզերական մասշտաբներում գերակշռում է գրավիտացիոն փոխազդեցությունը, որն ունի այնպիսի առանձնահատկություններ, որոնք թույլ չեն տալիս ՋԴ II օրենքը կիրառել: Մասնավորապես, լաբորատոր պայմաններում հաստատված ՋԴ II օրենքի էքստրապոլյացիան ամբողջ Տիեզերքի վրա անհիմն է: Տիեզերքը սովորական փակ մեկուսացված համակարգ չէ, որի համար ձևակերպվում է ջերմադինամիկայի II օրենքը:

Տիեզերքի էվոլյուցիայի (մասնավորապես, ջերմային) դիտարկման համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել փոփոխական գրավիտացիոն դաշտի գոյությունը: Ինչպես ցույց է տվել Ա. Ա. Ֆրիդմանը, ձգվող նյութով լցված Տիեզերքը չի կարող ստացիոնար լինել, այլ պետք է ընդարձակվի կամ սեղմվի: Այդ դեպքում էնտրոպիայի աճից չի հետևում ջերմադինամիկ հավասարակշռության ձգտելը, և Տիեզերքի ջերմային մահվան պարադոքսը վերանում է:

Ասվածը հիմք է պնդելու, որ Տիեզերքն ունի անսովոր հատկություններ, որոնք բնորոշ չեն փակ համակարգերին:

Հետևաբար ՋԴ II օրենքի կիրառումն արդարացված չէ:

ԹԵՄԱ 2. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՅԵՑԱԿԱՐԳԵՐ

*«Ամեն մի գիտության բանալին
հարցական նշանն է»:
Օ. Բալզակ*

2.1. ԱԼՔԻՄԻԱՑԻՑ ՄԻՆՉԵՎ ՔԻՄԻԱ

Բնագիտությունը՝ որպես բնության օրենքների և երևույթների մասին գիտություն, ներառում է նաև քիմիան, որը գիտություն է նյութերի, նրանց հատկությունների և փոխարկումների մասին [6]:

Մարդկային բանականության ձգտումը՝ բացատրելու բնությունը հնարավոր պարզագույն քանակական կառուցվածքային ձևերի միջոցով, դեռևս անտիկ ժամանակներում հանգեցրել էր ատոմների մասին ուսմունքի զարգացմանը: Անտիկ շրջանի ատոմական ուսմունքն առավել զարգացման էր հասել հին հույների մոտ: Կարելի է ասել, որ քիմիայի զարգացման պատմությունն էլ հենց սկսում է անտիկ շրջանից և կապվում է Լևկիպոսի ու Դեմոկրիտոսի անվան հետ, որոնք V դարում առաջարկեցին նյութի ատոմական կառուցվածքի հիպոթեզը (տե՛ս Թեմա 1.4):

Ավելի ուշ (մ.թ. III դար) բնափիլիսոփայական ատոմական ուսմունքին հակադրվում է ալքիմիան, որն Արևմտյան Եվրոպայում զարգացում է ապրել XI-XVI դարերում: Ալքիմիկոսների համար հիմնական տարրը հողն էր (Terra), որի վրա ազդելով կրակի, ջրի ու օդի միջոցով կարելի էր ստանալ նյութական աշխարհի ողջ բազմազանությունը: Ալքիմիայի գերիսնդիկները «Փիլիսոփայական քարի» (ոչ ազնիվ մետաղները ոսկու և արծաթի փոխարկելու համար) և երկարակեցության էլիքսիրի հայտնաբերումն էր՝ հիմնված քիմիական փորձարարության պարզ, մակերեսային պատկերացումների վրա: Վերածննդի շրջանում քիմիական հետազոտությունների ձեռքբերումներն ավելի հաճախ են կիրառվում մետաղագործության, ապակեգործության, կերամիկայի ու ներկանյութերի արտադրության մեջ և այլն:

1920-1930-ական թթ. քիմիական նյութերի ու պրոցեսների ուսումնասիրման ասպարեզում հեղափոխությունը պայմանավորված էր քվանտային մեխանիկայի ստեղծմամբ: Սակայն նույնացնել քիմիան քվանտային մեխանիկային չի կարելի, քանի որ նյութերի հատկություններն ու նրանց փոխարկումները միմյանց հենց քիմիայի ուսումնասիրման առարկան են:

Նյութերի հատկությունները պայմանավորող քիմիական տարրի առաջին գիտական սահմանումը տրվել է փորձարարական քիմիական անալիզի հիմնադիր, անգլիացի քիմիկոս ու ֆիզիկոս Բոյլի կողմից 1661 թ.: Արդի պատկերացումների համաձայն քիմիական տարրը միջուկի միևնույն լիցք ունեցող ատոմների խումբն է:

XIX դարի սկզբին անգլիացի մեկ այլ քիմիկոս ու ֆիզիկոս Ջ. Դալտոնը, կարելի է ասել, հիմնադրեց քիմիական ատոմիստիկան: Նա է ներմուծել «ատոմական կշիռ» հասկացությունը, որոշել մի շարք տարրերի ատոմական կշիռները և հայտնագործել հաստատուն հարաբերությունների օրենքը, որի համաձայն՝ ցանկացած քիմիական նյութ առաջանում է նրա բաղադրամասերի զանգվածների խիստ որոշակի և երբեք չփոփոխվող հարաբերակցության դեպքում: Օրինակ՝ ջրածնից ու թթվածնից ջուր առաջանալիս ռեակցիայի մեջ մտած ջրածնի ու թթվածնի զանգվածները հարաբերում են, ինչպես 1:8:

1811 թ. իտալացի ֆիզիկոս ու քիմիկոս Ա. Ավոգադրոն ներմուծում է «մոլեկուլ» հասկացությունը, իսկ 1869 թ. ռուս քիմիկոս Դ. Մենդելևն առաջարկում է քիմիական տարրերի պարբերական աղյուսակը: Համաձայն ներկայիս պատկերացումների՝ քիմիական տարրերի հատկությունները նրանց ատոմի միջուկի լիցքից կախված են պարբերական օրենքով: Միջուկի լիցքը հավասար է պարբերական համակարգում նրանց ունեցած ատոմական համարին կամ կարգաթվին:

XIX դարի վերջից քիմիայի կարևորագույն խնդիրներից են դառնում քիմիական ռեակցիաների կառավարման մեթոդների մշակումը և նոր հատկություններով քիմիական միացությունների սինթեզը:

Քիմիայի զարգացմանը զուգընթաց ձևավորվում են բազմաթիվ նոր ճյուղեր՝ օրգանական քիմիա, ֆիզիկական քիմիա, անալիտիկ քիմիա և այլն: Քիմիական և այլ ճյուղերի սահմանակցումից ներկայումս առաջացել են նաև ռադիոքիմիան, կենսաքիմիան, ագրոքիմիան և այլն:

Քիմիական արդյունաբերության ներկայիս թափն ու կիրառությունները պատկերացնելու առումով հետաքրքրություն են ներկայացնում ստորև բերվող թվերը: XX դարի երկրորդ կեսին քաղաքացին իր առօրյա կյանքում օգտագործում էր միջինում 300-500 քիմիական տարրեր արտադրանք, որոնցից 60-ը տեքստիլ ապրանքների տեսքով, մոտ 200-ը՝ կենցաղում, աշխատավայրում ու հանգստի ժամանակ, մոտ 50-ը՝ դեղորայքի տեսքով և այդքան էլ սննդում և կերակրի պատրաստման պրոցեսում:

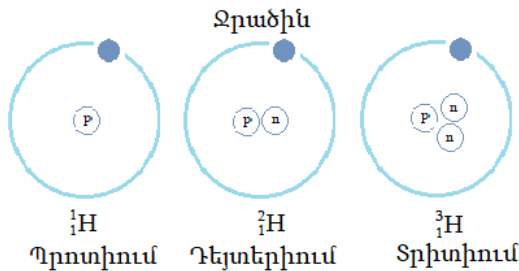
15 տարի առաջ հաշվվում էր 1 միլիոն տեսակի արտադրանք: Այդ ժամանակահատվածում հայտնի քիմիական միացությունների թիվը գե-

րազանցում էր 8 միլիոնը, իսկ ներկայումս հայտնի է 18 միլիոն միացություն:

2.2. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐ ԵՎ ԻԶՈՏՈՊՆԵՐ

Ինչպես նշվեց §2.1-ում, քիմիական տարրը սահմանվում է որպես միջուկի միևնույն լիցք (քիմիական տարրերի պարբերական համակարգում միևնույն կարգաթիվ) ունեցող ատոմների համախումբ: Ատոմի միջուկը բաղկացած է ինչպես պրոտոններից, որոնց թիվը որոշում է նրա դրական լիցքը, այնպես էլ նեյտրոններից, որոնց թիվը կարող է տարբերվել: Որպես հետևանք բնության մեջ քիմիական տարրը կարող է ունենալ իզոտոպներ: Իզոտոպներն այն ատոմներն են, որոնց միջուկում պրոտոնների քանակը նույնն է (այսինքն՝ նույնն է նրանց լիցքը), իսկ նեյտրոնների քանակը (կամ որ նույնն է միջուկի զանգվածը)՝ տարբեր (տե՛ս Նկ. III.1): Այս փաստն արտացոլվում է պարբերական աղյուսակում, որտեղ նշվում են երկու թվեր. վերևի թիվը ցույց է տալիս ատոմական համարը (պրոտոնների թիվը), իսկ ներքևինը՝ տարրի կարգաթիվը: Պարբերական աղյուսակում հորիզոնական համարի մեծացմանը զուգընթաց ուժեղանում են ոչ մետաղական հատկությունները, ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ մետաղականը և միաժամանակ մեծանում է տարրի անկայունությունը:

Մարդու օրգանիզմում, բնությունում և Տիեզերքում քիմիական տարրերի տարածվածությունն էապես տարբեր է: Մարդու մարմնում հիմնականում կա ածխածին, ջրածին ու թթվածին: Երկրակեղևում առավել շատ տարածված են թթվածինը, սիլիցիումը, ալյումինիումն ու երկաթը: Տիեզերական տարածությունում գերակշռում են ջրածինն ու հելիումը:



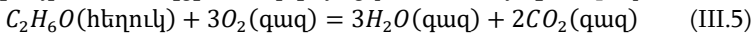
Նկ. III.1 Ջրածնի ատոմի իզոտոպները:

Քիմիական նյութերը բնության մեջ հանդիպում են ինչպես պարզ նյութերի, օրինակ՝ O_2 , այնպես էլ միացությունների տեսքով: Պարզ նյութերի թիվը գերազանցում է 500-ը, իսկ միացություններինը միլիոններ է կազմում:

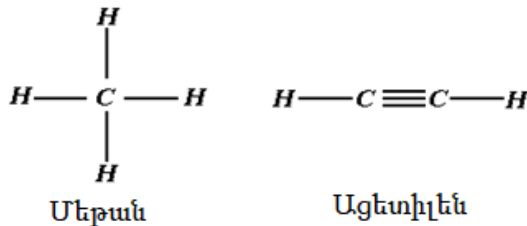
Ընդգծենք հետևյալ կարևոր հանգամանքները.

1. քիմիական ռեակցիաների ընթացքում տարրերը մնում են անփոփոխ,
2. ռադիոակտիվ ռեակցիաների ընթացքում տարրերը կարող են փոխարկվել մեկը մյուսին:

Բերենք ասվածը ցուցադրող մեկական օրինակ: Այսպես, օդում սպիրտի այրման ռեակցիան ներկայացվում է հետևյալ տեսքով.

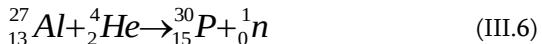


Ինչպես տեսնում ենք, աջ ու ձախ մասերում մասնակցում են նույն քիմիական տարրերը: Բերված օրինակը հաստատում է քիմիական ռեակցիաների վերաբերյալ վերևում ասվածը: Այս ռեակցիայի ընթացքում անջատվում է նաև ջերմություն՝ 1280 կիլոջոուլ 1 մոլ (46 գ) սպիրտի այրման ժամանակ:



**Նկ. III.2. Մեթան (CH_4) և ացետիլեն (C_2H_2) մոլեկուլների
կառուցվածքային ֆորմուլաների օրինակներ:**

Որպես երկրորդ պնդման օրինակ կարելի է բերել այլումինիումի՝ ֆոսֆորի վերածման ռեակցիան α մասնիկներով ռմբակոծման ժամանակ.



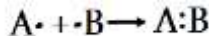
Ռեակցիաների հավասարումներին զուգընթաց քիմիայում լայնորեն կիրառվում են նաև ատոմների վալենտականությունը քիմիական միացություններում ցուցադրող կառուցվածքային ֆորմուլները: Վալենտականություն է կոչվում ատոմների՝ որոշակի քանակի այլ ատոմների միանալով երկատոմ ու բազմատոմ կայուն միացություններ ստեղծելու ունակությունը:

Մեթանի ու ացետիլենի բերված կառուցվածքային ֆորմուլները վկայում են ջրածնի միավալենտության և ածխածնի ատոմի քառավալենտության մասին: Դա նշանակում է, որ ի տարբերություն ջրածնի՝ ածխածինը մասնակցում է չորս քիմիական կապերում (տե՛ս Նկ. III. 2):

2.3. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱՊԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԱՌԱՋԱՑՈՒՄԸ

Քիմիական տարրերի ատոմների միջև փոխազդեցությունը, որով պայմանավորված է նրանց միավորումը մոլեկուլների ու բյուրեղների, կոչվում է ***քիմիական կապեր***: Այդ կապերը հիմնականում էլեկտրական ծագում ունեն (փոքրության պատճառով գրավիտացիոն ու մնացած այլ հնարավոր տիպի փոխազդեցությունները կարելի է հաշվի չառնել) և հանգում են ատոմում մեծ էներգիա ունեցող էլեկտրոնների փոխազդեցությանը՝ պայմանավորված կապվող ատոմների էլեկտրոնային թաղանթների վերակառուցմամբ: Քիմիական կապերի տեսությունը XX դարի 30-ական թթ. ստեղծել է ամերիկացի քիմիկոս Լայնուս Կարլ Փոլինգը: Նա կարողացել է հաշվել կապերն առաջացնելու համար անհրաժեշտ էներգիան, միջատոմական հեռավորությունները և նրանց կազմած անկյունները: Տարբերում են քիմիական կապերի չորս տեսակներ՝ կովալենտ, իոնային, ջրածնային և մետաղական:

Կովալենտ կապ: Այս կապը բնութագրական է *IV* խմբի տարրերի համար՝ ածխածին, սիլիցիում, գերմանիում և այլն: Այս կապի համար բնորոշ է այն, որ կապող էլեկտրոնները պատկանում են մոլեկուլի կառուցվածքում առկա բոլոր ատոմներին միաժամանակ (տե՛ս Նկ. III.3):

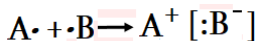


Նկ. III.3. Կովալենտ կապի սխեմատիկ պատկերը:

Եթե կովալենտ կապ ստեղծում են միատեսակ ատոմների միջուկները, ապա կովալենտ էլեկտրոնները պատկանում են երկու միջուկներին հավասարապես: Այսպիսին է իրավիճակը ցանկացած երկատոմ մոլեկուլում (H_2 , F_2 , Cl_2 և այլն): Այս դեպքում կովալենտ կապը ոչ բևեռային է, այսինքն՝ դրական ու բացասական լիցքերի համաչափությունների կենտրոնները համընկնում են: Սակայն, քանի որ ատոմների էլեկտրամագնիսական բնութագրերը տարբեր են, որպես հետևանք առաջացող կովալենտ կապը լինում է բևեռային: Կովալենտ կապի դեպքում մոլեկուլները միմյանց մոտ պահվում են թույլ՝ Վանդերվալսյան ուժերով (կդիտարկվի ստորև), նրանք անկայուն են և գոյություն ունեն հեղուկնե-

րի ու գազերի տեսքով: Կովալենտ կապի օրինակներ են թթվածնի մոլեկուլը (O_2) և բնական գազը՝ բութանը (C_4H_{10}):

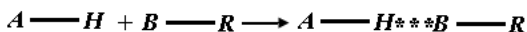
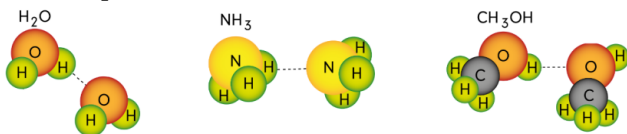
Իոնային կապ: Երբ էլեկտրոններից մեկն ամբողջությամբ տեղափոխվում է մի ատոմից մյուսին, ապա առաջացող կապը կոչվում է իոնական (տե՛ս Նկ. III. 4):



Նկ. III.4. Ջրածնային կապի սխեմատիկ պատկերը

Նման կապը բնորոշ է պինդ մարմիններին, օրինակ՝ կերակրի աղը՝ $Na^+ Cl^-$: Այստեղ քլորի ատոմի կողմից էլեկտրոնի վրա ազդող ձգողական ուժն այնքան մեծ է, որ այն լքում է նատրիումի ատոմը: Հակառակ լիցքավորված իոնները ձգվում են իրար էլեկտրաստատիկ ուժով՝ առաջացնելով ամուր իոնական կապ:

Ջրածնային կապ: Այս տիպի կապը պայմանավորված է կովալենտ կապերի բևեռացմամբ, որի դեպքում միացյալ էլեկտրոններն ավելի երկար ժամանակահատված անցկացնում են ջրածնի ատոմի հետ կապված տարրի ատոմի մոտ (տե՛ս Նկ. III.5): Սխեմատիկորեն այս կապը պատկերվում է հետևյալ կերպ. $A-H$ մոլեկուլի դրական լիցքավորված ջրածինը փոխազդում է $B-R$ մոլեկուլի էլեկտրաբացասական լիցքավորված B ատոմի հետ:

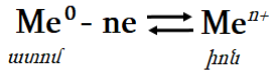


Նկ. III.5. Ջրածնային կապի սխեմատիկ պատկերը:

Այստեղ *** նշանով պատկերված է ջրածնային կապը: Ջրածնի դրական լիցքավորված ատոմը ի վիճակի է խորը ներթափանցել հարևան բացասական լիցքավորված ատոմի էլեկտրոնային թաղանթի մեջ: Այս հանգամանքը հենց բացատրում է ջրածնային կապի լայն տարածվածությունը բնությունում, այդ թվում՝ նաև կյանքի հիմքը կազմող նուկլեինաթթուների պարույրներում ու սպիտակուցներում:

Մետաղական կապ: Մետաղում դրական լիցքավորված իոնները կարծես թաղված լինեն ամբողջ մետաղին պատկանող էլեկտրոնային գազում: Այդ էլեկտրոնային գազն առաջանում է ատոմի արտաքին թաղանթի թույլ կապված էլեկտրոնների հեռանալու հաշվին: Դրանով հենց

պայմանավորված է մետաղների լավ էլեկտրահաղորդականությունը (տե՛ս Նկ. III.6):

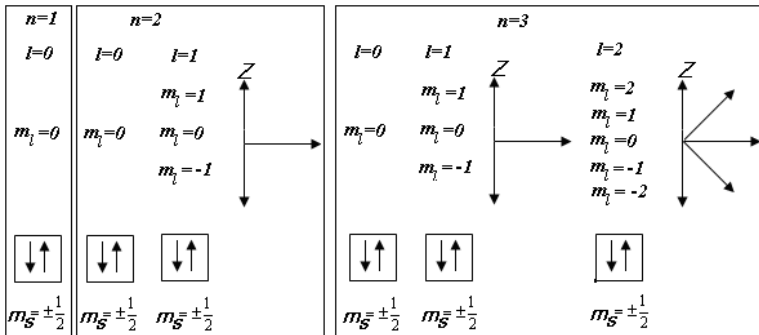


Նկ. III.6. Մետաղական կապի սխեմատիկ պատկերը:

Նշենք, որ գազերում գերակշռում է կովալենտ կապը, հեղուկներում՝ կովալենտը և իոնականը, իսկ պինդ մարմիններում՝ կովալենտը, իոնականն ու մետաղականը:

2.4. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԸ ԵՎ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ

Քվանտային տեսության համաձայն՝ ատոմի միջուկը բաղկացած է դրական լիցք ունեցող պրոտոններից ու չեզոք նեյտրոններից: Պրոտոնների թիվը հավասար է պարբերական աղյուսակում քիմիական տարրի համարին: Էլեկտրոնները գտնվում են միջուկից դուրս: Չեզոք ատոմում էլեկտրոնների և պրոտոնների քանակները հավասար են:



Նկ. III.7. Էլեկտրոնի հնարավոր վիճակներն ատոմում:

$n = 1$ դեպքում վիճակների թիվը 2-է, $n = 2$ -ում՝ 6, $n = 3$ -ում՝ 18 [7]:

Պարբերական համակարգում տարրերի դասավորվածությունը բացատրվում է քվանտային քիմիայի միջոցով: Համառոտ անդրադառնա՛նք այս հարցին (տե՛ս Նկ. III.7): Քվանտային քիմիայի պարզագույն օբյեկտը ջրածնի ատոմն է: Այն բաղկացած է միջուկում գտնվող մեկ պրոտոնից և միջուկի հետ կապված մեկ էլեկտրոնից: Քանի որ պրոտոնի զանգվածը 1836 անգամ մեծ է էլեկտրոնի զանգվածից, քվանտային քիմիական պրոցեսների ընթացքն առավելապես պայմանավորված է էլեկտրոնների

վարքով: Ջրածնի ատոմում էլեկտրոնը գտնվում է կապված վիճակում, ուստիև նրա մի շարք բնութագրական պարամետրեր՝ էներգիան, ուղեծրային մոմենտը, մագնիսական մոմենտը և սպինը, ընդունում են միայն որոշակի դիսկրետ արժեքներ: Այս հարցին անդրադարձ եղել է §4.4-ում:

Ատոմում էլեկտրոնի վիճակը նկարագրվում է չորս պարամետրերի միջոցով.

$$E_n = -\frac{2\pi\hbar c R}{n^2}; \quad M_l^2 = l(l+1)\hbar^2; \quad M_{l_z} = m_l\hbar; \quad M_{s_z} = m_s \hbar; \quad (\text{III.7})$$

E_n ; M_l ; M_{l_z} ; M_{s_z} -ով նշանակված են էլեկտրոնի էներգիան, ուղեծրային, մագնիսական և սպինային մոմենտները և այդ մոմենտների պրոյեկցիաները, C -ն՝ լույսի արագությունը վակուումում, $\hbar = h/2\pi$ -ը Պլանկի հաստատունն է, R -ը՝ Ռիդբերգի, n ; l ; m_l ; m_s -ը՝ քվանտային թվերը: Ինչպես տեսնում ենք, բոլոր պարամետրերը համեմատական են Պլանկի հաստատունին: Քվանտային թվերի թույլատրելի արժեքների մասին կարելի է պատկերացում կազմել Նկար III.7-ի օգնությամբ:

Գլխավոր քվանտային թիվը կարող է ընդունել $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ արժեքները: Տրված n -ի դեպքում ուղեծրային մոմենտի քվանտային թիվն ընդունում է $l = 0(s), 1(p), 2(d), \dots, n-1$ արժեքները: Տրված l -ի դեպքում մագնիսական քվանտային թիվն ընդունում է $m_l = l, l-1, \dots, -l$ արժեքները, իսկ սպինային քվանտային թիվը՝ $m_s = \pm 1/2$: Տրված n -ի դեպքում թույլատրելի վիճակների թիվը Պաուլիի սկզբունքի (տես ստորև) հաշվառմամբ կարելի է որոշել հետևյալ առնչությամբ.

$$\sum_{l=0}^{l=n-1} 2(2l+1) = 2n^2 \quad (\text{III.8})$$

Այսպես, օրինակ, $n = 3$ արժեքին համապատասխանում է 18 հնարավոր վիճակ: Այսպիսով՝ էլեկտրոնն ատոմի միջուկի դաշտում իրեն պահում է որպես քվանտային օբյեկտ, որի վիճակը նկարագրվում է (n, l, m_l, m_s) քվանտային թվերով: էլեկտրոնի տարածական բաշխվածությունն ակնառու պատկերել դժվար է, սակայն կարելի է ասել, որ այդ թվերից կախված ալիքային ֆունկցիայի մոդուլի քառակուսին որոշում է էլեկտրոնի հայտնաբերման հավանականությունը տարածության տվյալ տիրույթում (տես մաս II, §4.4): Այսպիսով՝ քվանտային քիմիայի հասկացությունների հիմքում ալիքային ֆունկցիաներն են այնպես, ինչպես քվանտային մեխանիկայում:

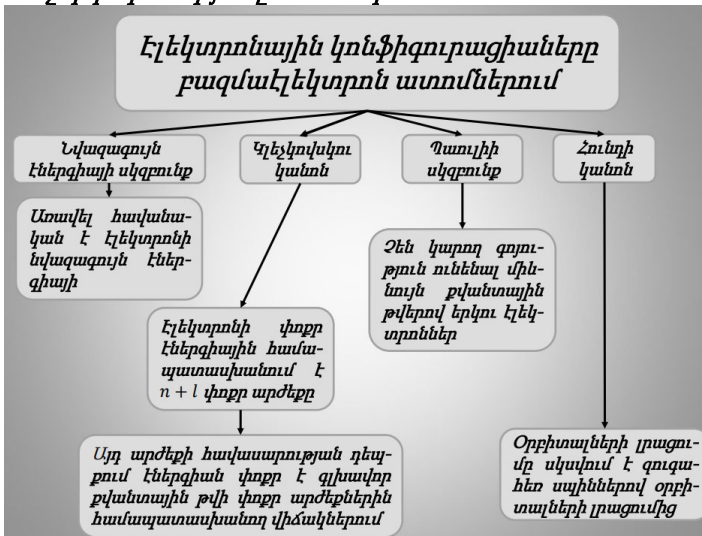
Բազմաէլեկտրոն ատոմներում դատողությունները կորցնում են իրենց պարզությունը, և լուծել Շրյոդինգերի հավասարումը ճշգրիտ հնարավոր չէ: Սակայն, ինչպես և նախորդ դեպքում, յուրաքանչյուր էլեկտ-

րոնի քվանտային վիճակը նկարագրվում է (n, l, m_l, m_s) քվանտային թվերով: Այս հանգամանքը թույլ է տալիս մեկնաբանել բազմաէլեկտրոն ատոմներում էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիաները: Այստեղ անհրաժեշտ է լինում օգտագործել հետևյալ սկզբունքներն ու կանոնները.

- **Նվազագույն էներգիայի սկզբունք,**
- **Կլեյնովսկու կանոն,**
- **Պաուլիի սկզբունք,**
- **Հունդի կանոն:**

Համաձայն առաջին սկզբունքի՝ առավել հավանական է էլեկտրոնի այն վիճակը (օրբիտալը), որն ունի նվազագույն էներգիա: Համաձայն երկրորդի՝ էլեկտրոնի փոքր էներգիային համապատասխանում է $n + l$ -ի փոքր արժեքը. այդ արժեքի հավասարության դեպքում էներգիան փոքր է գլխավոր քվանտային թվի փոքր արժեքներին համապատասխանող վիճակներում: Պաուլիի սկզբունքի համաձայն՝ չեն կարող գոյություն ունենալ միևնույն քվանտային թվերով երկու էլեկտրոններ: Յուրաքանչյուր օրբիտալի վրա կարող են գտնվել միայն երկու էլեկտրոններ՝ հակազուգահեռ սպիններով: Վերջապես, համաձայն Հունդի կանոնի, օրբիտալների լրացումը սկսվում է զուգահեռ սպիններով օրբիտալների լրացումից: Ասվածներն ամբողջացնում է Ադյուսակ III.1-ը:

Ադյուսակ III.1. Էլեկտրոնային վիճակների լրացման հաջորդականությունը ատոմներում



Միայն այն բանից հետո, երբ այդ վիճակները լրացված են, լրացվում են հակագուգահեռ սպիններով օրբիտալները: Կիրառելով վերը շարադրվածը՝ կարելի է հասկանալ քիմիական տարրերի պարբերական աղյուսակի կառուցվածքը, որի հետ կապված՝ կարելի է քննել էլեկտրոնների բաշխումն ըստ թաղանթների ու ենթաթաղանթների (Նկ. III.8):

<i>n</i>	1	2	3	4
	<i>Թաղանթներ (էներգիական մակարդակ)</i>			
<i>l</i>	0	0 1	0 1 2	0 1 2 3
	<i>Ենթաթաղանթներ (էներգիական ենթամակարդակ)</i>			
	1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f

Նկ. III.8. Էլեկտրոնային թաղանթները, ենթաթաղանթները և նրանց պայմանական նշանակումները

Օրինակ՝ նեոնի ատոմի էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիան կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ՝ $1s^2 2s^2 2p^6$: Դա նշանակում է, որ 1s և 2s մակարդակներում գտնվում են երկուական էլեկտրոններ, իսկ 2p թաղանթի ($n=2, l=1$) էլեկտրոնների թիվը վեցն է (էլեկտրոնների թիվը ենթաթաղանթում նշված է վերնի աջ անկյունում): Օգտվելով վերևում բերված բանաձևից՝ կարելի է համոզվել, որ $n=1,2,3,4$ մակարդակներին համապատասխանում են 2, 8, 18 և 32 էլեկտրոնային վիճակներ:

Իրական ատոմներում էլեկտրոնային թաղանթների կոնֆիգուրացիան որոշվում է Կլեյնգվսկու կանոնի օգնությամբ, որը ամրագրում է էլեկտրոնային վիճակների հաջորդականությունը՝ ըստ էներգիայի արժեքի աճման.

$1s < 2s < 2p \approx 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 5d \approx 4f < 6p$
և այլն:

Կարելի է նկատել, որ 3d վիճակում էներգիայի արժեքը 4s և 4p վիճակների միջև է ընկած: Դա նշանակում է, որ բազմաէլեկտրոն ատոմում 4s ենթամակարդակը կլրացվի ավելի շուտ, քան 3d ենթամակարդակը: Ելնելով ենթաթաղանթների խմբավորման առանձնահատկությունից՝ ներմուծվում է «պարբերություն» հասկացությունը (աղյուսակ): Այն, ըստ սահմանման, սկսվում է ns և ավարտվում է np էլեկտրոններով: Ինչպես հետևում է Կլեյնգվսկու կանոնից, սկսած չորրորդ պարբերու-

թյունից՝ S և p էլեկտրոնների միջև հայտնվում են d և f էլեկտրոնները: Նկատենք նաև, որ մի շարք դեպքերում դիտվում են բացառություններ նաև Կլեյվովսկու կանոնից: Առավել ամբողջական պարբերական աղյուսակի կառուցվածքը բացատրում է քվանտային մեխանիկան:

Աղյուսակ III.2. Քիմիական տարրերի պարբերությունները

Պարբերություն	Էլեկտրոնային կոնֆիգուրացիաներ (բերված է լրացված տեսքը)	Պարբերության տարրերի թիվը	Առաջին և վերջին տարրերը
1	$1s^2$	2	H, He
2	$2s^2 2p^6$	8	$Li, \dots Ne$
3	$3s^2 3p^6$	8	$Na, \dots Ar$
4	$4s^2 3d^{10} 4p^6$	18	$K, \dots Kr$
5	$5s^2 4d^{10} 5p^6$	18	$Rb, \dots Xe$
6	$6s^2 5d^{10} 4f^{14} 6p^6$	32	$Cs, \dots Rn$
7	$7s^2 6d^3 5f^{14}$	19	$Fr, \dots Ns$

Հայ մեծատաղանդ ֆիզիկոս Յու. Յ. Հովհաննիսյանի ղեկավարությամբ կատարվել են գերծանր քիմիական տարրերի սինթեզման բազմաթիվ փորձեր, մշակվել են այդ տարրերի հատկությունների հետազոտման փորձարարական ինքնատիպ կայանքներ: Նա դարձել է 104-118 ատոմային կարգահամարով քիմիական նոր տարրերի արհեստական սինթեզի բնագավառում կատարված երկու տասնյակից ավելի հայտնագործությունների հեղինակ ու համահեղինակ: Դեկլավարել է ծանր միջուկների արագացուցիչների ստեղծման աշխատանքները և հետազոտել այդ միջուկների ռեակցիաների մեխանիզմը, տրոհման շարժառիթները, էկզոտիկ միջուկների հատկությունները: 2016 թ. մեծանուն հայ գիտնականի պատվին Մեդելեևի պարբերական աղյուսակը համալրող 118-րդ տարրն անվանվել է Oganesson (Og):

2.5. ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ՓՈԽԱԿԵՐՊՈՒՄԸ

Նյութերի փոխազդեցությունը քիմիական ռեակցիաների ընթացքում հանգեցնում է քիմիական տրանսֆորմացիաների (ձևափոխություն, կերպափոխություն), այլ կերպ ասած՝ նյութի բաղադրության փոփոխության: Այդ փոփոխությունն ընթանում է նախ ատոմների նախնական

կումբինացիայի տրոհմամբ (որի համար պետք է ծախսել որոշակի քանակի ջերմային, լուսային, էլեկտրական կամ մեկ այլ տիպի էներգիա): Նոր տիպի կառուցվածքի առաջացումը, որպես կանոն, ուղեկցվում է էներգիայի անջատմամբ: Բոլոր այդ տիպի քիմիական փոխարկումները նկարագրվում են նյութի քանակի պահպանման օրենքի վրա հիմնված հավասարումներով, որի համաձայն՝ ռեակցիայի մեջ մտած նյութերի քանակը պետք է ճշգրիտ հավասար լինի առաջացած նյութերի զանգվածին:

Ռեակցիայի արագությունը կախված է արտաքին պայմաններից, որոնց թվում են՝ ջերմաստիճանը, ճնշումը, լուսավորվածությունը, կատալիզատորների (ռեակցիան արագացնող նյութերի) և ինհիբիտորների (ռեակցիան դանդաղեցնող նյութերի) առկայությունը, կոնցենտրացիան, նյութերի հպման մակերեսը: Քիմիական տարրերի փոխակերպումների վերաբերյալ ներկայումս ձեռք բերված գիտելիքները թույլ են տալիս ոչ միայն վերլուծել բնության մեջ ընթացող ռեակցիաները, այլ նաև սինթեզել նոր նյութեր: Նոր սինթեզված նյութերի մոլեկուլային ճարտարապետությունը շատ բազմազան է: Ներկայումս ստացված են ռոմբոդիալ մոլեկուլներ, տորոնդալ մոլեկուլներ, դենդրաչափական (ճյուղավորված կամ աստղաձև) կառուցվածքներ: Սինթեզված են մետաղաօրգանական պոլիմերներ, գերհաղորդիչ կերամիկաներ, լայնորեն ուսումնասիրվում են մետաղաօրգանական ֆերոմագնետիկները:

Վերջին շրջանի մեծագույն նվաճումներից են ֆուլերենները: 1990 թ. հայտնաբերվել է, որ բացի ալմաստից և գրաֆիտից՝ գոյություն ունի նաև ածխածնի երրորդ կառուցվածքային ձևը, որի մոլեկուլային ստրուկտուրան հիշեցնում է ֆուտբոլի գնդակը (կրում է ամերիկացի ինժեներ Բ. Ֆուլերենի անունը): Սպասվում է, որ.

- ֆուլերենի պոլիմերման արդյունքները կունենան մեծ էլեկտրոնային «ունակություն» և կարող են լայնորեն օգտագործվել հոսանքի աղբյուրներում,
- նրանց կարծրությունը կգերազանցի ալմաստի կարծրությունը,
- ֆուլերենի ածանցյալները կիրառելի կլինեն միկրոէլեկտրոնիկայում (ինտեգրալ սխեմաների կառուցման հեշտություն, նանոտեխնոլոգիաների պարզություն ու մաքրություն և այլ առավելություններ),
- կկիրառվեն որպես գերհաղորդիչներ օգտագործվող մետաղաօրգանական և օրգանական միացությունների սինթեզման համար:

Վերջին շրջանի խոշորագույն նվաճումներից է նաև գլանաձև նանոխողովակները (տրամագիծը $\sim 100\text{\AA}$), բրգաձև և այլ կառուցվածքներ: Ստացված են բազմաշերտ նանոխողովակներ, որոնք իրար մեջ տեղադրված մոլեկուլային գլաններ են:

Նոր տարրերի սինթեզը հսկայական հեռանկարներ է բացում բոլոր տեխնիկական գիտությունների ու տնտեսության առջև:

Չի կարելի, սակայն, անտեսել նաև այդ հայտնագործությունների քաղաքակրթությանը սպառնալիք լինելու հանգամանքը անկառավարելի կիրառման պայմաններում:

Վտանգավորության աստիճանն արդեն անմիջականորեն առնչվում է էթիկայի ոլորտին: Այդ հարցերին կանոնադաշտնաբ. IV մասի թեմա 2-ում:

ԹԵՄԱ 3. ԷԿՈԼՈԳԻԱ (ԲՆԱՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ) ԵՎ ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

*«Այն, ինչն ամբողջությամբ կառավարելի է, ամբողջությամբ
իրական երբեք չի լինում. այն, ինչն իրական է, ամբողջու-
թյամբ կառավարելի երբեք չի լինում»:
Վ. Նաբոկով*

3.1. ԷԿՈԼՈԳԻԱՅԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱՌՈՏ ԱԿՆԱՐԿ

Կենսոլորտն ու Կոսմոսը Տիեզերքի կազմակերպվածության երկու տարբեր մեզամակարդակներն են, որոնց միջև կա մերձավորագույն միասնություն: Կենդանի օրգանիզմի յուրաքանչյուր ատոմ ռեզոնանսի մեջ է մտնում բնության որևէ տատանման հետ: Մյուս կողմից, դառնալով ինքնուրույն ուժ՝ կենսոլորտն ինքն էլ մասնակից է դառնում Երկրի երկրաբանական դեմքի ձևավորման գործին: Վերջին տասնամյակներում առաջին պլան է մղվում հատկապես մարդկային գործոնը:

Նախորդ 300 տարիների ընթացքում բնագիտական ուղղություններում գիտական արտադրանքն աճում է տարեկան 5-7 %-ով կամ յուրաքանչյուր 15 տարում (դա կազմում է ծնողների և զավակների միջին տարիքային տարբերության կեսը) մոտ $e \approx 2.72$ անգամ: Նման աճն ընդունված է անվանել գիտության էքսպոնենցիալ զարգացման օրինաչափություն: Ակնհայտ է, որ նման էքսպոնենցիալ աճը չի կարող անհետևանք լինել թե՛ լավ, թե՛ վատ առումներով:

Կենսոլորտի ու Կոսմոսի միասնության քննությունը թույլ է տալիս վերագնահատել Տիեզերակառուցման ասպարեզում իր դերի մասին մարդկության ունեցած պատկերացումները: Մինչկոպեռնիկոսյան ժամանակաշրջանում գերիշխող էր Երկրակենտրոնությունը: Տիեզերքի կենտրոն ընդունվում էր Երկիրը: Նրան փոխարինած Արևակենտրոն համակարգում Տիեզերքի կենտրոնը կապվում էր Արեգակի հետ: Գիտության նվաճումները ստիպում են հրաժարվել նաև այս պատկերացումից, քանի որ Արեգակը շարժային աստղ է: Արևակենտրոնությանը փոխարինելու է գալիս Տիեզերակենտրոնությունը: Խնդիր է առաջանում գնահատելու մարդու տիեզերական ճակատագիրը:

Այսինքն՝ մարդկային մտքի էվոլյուցիան հանգեցրել է նոր պատկերացման՝ կենսոլորտը փոխարինվել է նոոսֆերայով (noos-բանականություն): Նոոսֆերայում մարդն արդեն դառնում է երկրաբանական հզոր ուժ: Նա կարող է իր աշխատանքով և բանականությամբ արմատապես փոխել կենսական տիրույթները: Այս հնարավորությունն էլ առաջ է բերում բազում խնդիրներ, որոնք էլ հենց էկոլոգիայի քննության առարկան են:

Էկոլոգիան՝ բնապահպանությունը, գիտություն է միմյանց և անօրգանական միջավայրի հետ կենդանի օրգանիզմների փոխազդեցությունների, նրանց միավորող համակարգերում կապերի ու այդ համակարգերի կենսագործունեության մասին: Էկոլոգիա եզրույթն առաջացել է հունարեն *Oikos* – տուն, *kygawpaw* և *logos* – գիտություն բառերի միավորումից: Այն ներմուծվել է 1869 թ. գերմանացի կենսաբան Էռնստ Հեկելի (1834-1919 թթ.) կողմից՝ որպես գիտություն կենդանի օրգանիզմների կենցաղի կամ, այսպես կոչված, «բնության խնայողության» մասին: Էկոլոգիայի զարգացման պատմությունն անմիջականորեն առնչվում է մարդկային հասարակության զարգացմանը: Այն առաջին հերթին առնչվում է երկրի ընդերքի շահագործման ծավալների աճին ու մեթոդների կատարելագործմանը: Այս առումով, սակայն, ուշադրությունից դուրս էր մնում մարդկային հարաբերությունները: Հարցերի այդ խմբին անդրադառնում էր բարոյականությունը: Որպես հետևանք մարդ-բնություն փոխհարաբերությունը մեկնաբանվում էր միակողմանի, այսինքն՝ անտեսվում էին բնության, թեկուզև հսկայական, բայց, այնուամենայնիվ, սահմանափակ հնարավորությունները: Մարդկային գործունեության երկրաբանական մասշտաբների և դրանով պայմանավորված տեխնածին աղետների աճը հանգեցրին հակադարձ ազդեցության գիտակցմանը: Այդ հիմքի վրա հենց ձևավորվեցին Էկոլոգիայի նորագույն խնդիրները.

1. մարդու, այդ թվում՝ նաև ակադեմիկոս Դ. Ս. Լիխաչովի բնությանգրմամբ «հոգևոր Էկոլոգիայի» պահպանում,
2. հասարակության պահպանումը բնությունից (բնական աղետներից),
3. բնության պահպանությունը նրա կենսագործունեությանը մարդկային հասարակության բարբարոս միջամտությունից:

Էկոլոգիայի խնդիրների շրջանակը ընդարձակվում է գիտական հետաքրքրությունների շրջանակի ընդարձակմամբ: Այսպես, օրինակ, մարդկային գործունեության ոլորտներում տիեզերական հետազոտությունների ներառումը, գենային ինժեներիան, ժառանգականության մեխանիզմների կառավարումը, կլոնավորումը ընդարձակում են նաև Էկոլոգիայի՝ որպես գիտության սահմանները:

Ֆիզիկայի՝ որպես բնագիտության առանցքային բաղադրիչի դերն առավել ընդգծելու նպատակով հետագա շարադրանքում համառոտ կանդրադառնանք Էկոլոգիայի բազմաթիվ խնդիրներից մեկին՝ կլիմայի գլոբալ փոփոխությանը: Մա խնդիր է, որը, զուտ գիտական հետաքրքրությունից բացի, ներառում է թե՛ տնտեսական, թե՛ քաղաքական ասպեկտներ:

3.2. ԿԼԻՄԱ ԵՎ ԵՂԱՆԱԿ

Էկոլոգիան ի սկզբանե դիտարկվել է որպես կենսաբանության ու բժշկության ածանցյալ գիտություն, որի հիմնական խնդիրը մարդու և շրջապատող աշխարհի փոխհարաբերության ուսումնասիրությունն էր [8]:

Էկոլոգիայի հետագա թռիչքածն զարգացումն անմիջականորեն պայմանավորված էր մաթեմատիկական մեթոդների ու մոդելների ներգրավմամբ: Այդ փորձերը թվագրվում են դեռևս XIX դարից սկսած [10,11]:

- Առաջինը Թոմաս Մալթուսի (1766-1834 թթ.) ուսմունքն էր բնակչության թվաքանակի աճի վերաբերյալ: Համաձայն այդ ուսմունքի՝ երկրագնդի վրա բնակչության թվաքանակն աճում է շատ արագ՝ երկրաչափական, իսկ սննդի պաշարները՝ թվաբանական պրոգրեսիաների օրինաչափությամբ (տե՛ս մաս II, §5.4.1):
- Հաջորդը Պիեռ Ֆրանսուա Ֆերիյուլսոն էր (1804-1849 թթ.), որն անդրադարձավ կերի սահմանափակության պայմաններում որոշակի տեսակի պոպուլյացիայի աճը նկարագրող լոգիստական հավասարմանը:
- Այս աշխատանքների տրամաբանական շարունակությունը Վիտո Վոլտերրայի (1860-1940 թթ.) կողմից առաջարկված գոյության կռվի մաթեմատիկական տեսությունն էր (տե՛ս մաս II, §5.4.1): Հետագայում այդ տեսությունն ընդհանրացվեց տեսակների քանակի ընդլայնմամբ ու դարձավ էկոլոգիայի հիմքը:

Հատուկ ընդգծենք, որ մաթեմատիկական մեթոդների կիրառումն արդյունավետ էր ոչ միայն գոյության կռվի մաթեմատիկական մոդելավորման ժամանակ: Արդեն իսկ XX դարում այն լիակատար դրսևորվեց նաև կլիմայի և եղանակի ուսումնասիրման հետ կապված խնդիրներում: Այդ խնդիրները ներկայումս մեծ հնչեղություն ունեն, քանի որ առնչվում են ոչ միայն էկոլոգիային, այլ նաև տնտեսական և նույնիսկ քաղաքական խնդիրներին: Ասվածը նշանակում է, որ երրորդ հազարամյակի հրատապ խնդիրների շարքում է նաև կլիմայի գլոբալ փոփոխությունների ուսումնասիրությունը: Եվ պատահական չէ, որ ֆիզիկայի բնագավառում 2021 թ. Նոբելյան մրցանակը հանձնվեց Ս. Մանաբեին (Պրինստոնի համալսարան) և Կ. Հասսելմանին (Համբուրգի մետեորոլոգիայի ինստիտուտ) Երկրի կլիմայի ֆիզիկական մոդելավորման, փոփոխությունների քննական վերլուծության և գլոբալ տաքացման հուսալի կանխատեսմանը նվիրված աշխատանքների շարքի համար [9]:

Համառոտ անդրադառնանք «կլիմա» և «եղանակ» հասկացությունների մեկնաբանությանը: Եղանակը նկարագրում է մթնոլորտի վիճակը որոշակի աշխարհագրական տեղանքում և ժամանակի որոշակի պահին: Կլիման աշխարհագրական տվյալ տարածքում մթնոլորտի վիճակն է, որը դիտվում է մի շարք տարիների ընթացքում: Այլ կերպ ասած՝ կլիման մթնոլորտի միջինացված եղանակն է ոչ պակաս, քան 30 տարիների ընթացքում: Պետք է նկատել, սակայն, որ նույնիսկ այնպիսի միջինացված բնութագիրը, ինչպիսին կլիման է, միևնույնն է, փոխվում է: Պատճառն այն է, որ մթնոլորտը դինամիկ համակարգ է՝ ենթակա բազմաթիվ կանխատեսելի ու անկանխատեսելի ազդեցությունների: Դրանց թվում կարող են դիտարկվել արևային ակտիվությունն ու դրանց ցիկլերը, հրաբուխների ժայթքումը, օվկիանոսային հոսքերը, մարդկային գործունեությունը և այլն: Ուստիև զարմանալի չէ գաղափարների արագ փոփոխությունը: Այսպես, օրինակ, անցյալ դարի 90-ական թվականներին դիտվող գլոբալ սառեցումը և սառցե շրջանի անխուսափելիության մասին ենթադրությունը մեկնաբանվում էին որպես ածխաթթու գազի (CO_2) խտության աճի հետևանք՝ պայմանավորված մարդու գործունեությամբ: Ածխաթթու գազը սահմանափակում է տաքացած Երկրի ճառագայթած էներգիայի արտահոսքը և, փաստորեն, վերաբաշխում է այն երևույթը, որը դիտվում է ջերմոցներում: XXI դարի սկզբում արդեն դիտվում են գլոբալ տաքացման հետ կապված խնդիրներ, ինչը նույնպես կապվում է մարդկային գործունեությամբ:

Կարելի է նշել ներկայումս կլիմայի գլոբալ փոփոխությունների երեք հիմնասյուները՝

- երկրի գլոբալ տաքացումը,
- գլոբալ տաքացման պատճառը՝ ջերմոցային էֆեկտը,
- ջերմոցային էֆեկտի հիմնական պատճառը ածխաթթու գազի արտանետումները մթնոլորտ՝ պայմանավորված մարդկային գործունեությամբ:

3.3. ԿԼԻՄԱՑԻ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ ԵՎ ՄԻՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

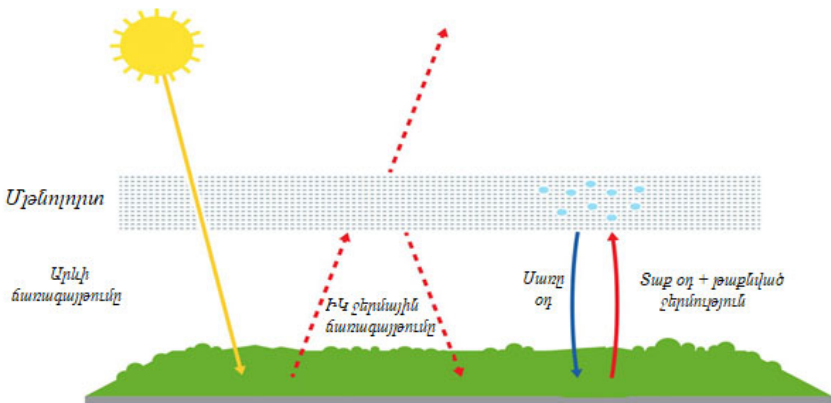
Օդերևութաբանությունում մաթեմատիկական մեթոդների կիրառման արդյունավետությունը ցուցադրելու նպատակով դիտարկենք Էդվարդ Լորենցի մոդելը, որին արդեն անդրադարձ կատարվել է (մաս II, §6.2): Նա մթնոլորտի վիճակը նկարագրող պարամետրերի համար գտավ երեք հավասարումներից բաղկացած համակարգ և բացահայտեց,

որ լուծումը քառասային վարք է դրսևորում: Որպես հետևանք նման համակարգի վարքը կանխատեսելը դառնում էր անհնար:

1960-ական թթ. Սակուրա Մանաբեն ուսումնասիրում էր մթնոլորտային գանգվածների շարժման նման մոդելներ, ներառյալ մթնոլորտում գազերի կոնցենտրացիան և ջերմային ճառագայթումը կլանելու նրանց ունակությունը: Նա առաջիններից էր, որ ուշադրություն դարձրեց արեգակնային ճառագայթման, մթնոլորտային գազերի կողմից նրա կլանման ու օդային գանգվածների ուղղահայաց տեղաշարժի՝ կոնվեկցիայի, միջև հաշվեկշռի գոյությանը: Այդ հաշվեկշռի գոյության գիտակցումը հնարավորություն ընձեռեց բացահայտելու մի հանգուցային եզրակացություն. մթնոլորտում CO_2 գազի խտության մեծացումը հանգեցնում է Երկրի միջին մակերևութային ջերմաստիճանի աճին մոտ 2° -ով: Ընդ որում՝ մթնոլորտի վերին շերտերի ջերմաստիճանը նվազում է: Նկատենք, միայն արեգակնային ջերմաստիճանի փոփոխությունը կհանգեցնե՞ր օդի սյան ամբողջ երկայնքով տաքացմանը:

Ակնառության համար Նկար III.8-ում պատկերված են կլիմայի մոդելը՝ ըստ Մանաբեի և մթնոլորտային պրոցեսները.

- Երկրի մակերևույթին ընկնող արեգակնային ճառագայթում,
- Երկրի ինֆրակարմիր (ԻԿ) ճառագայթում: Մասամբ այն կլանվում է մթնոլորտի կողմից՝ տաքացնելով այն, իսկ մի մասը հեռանում է Տիեզերք,

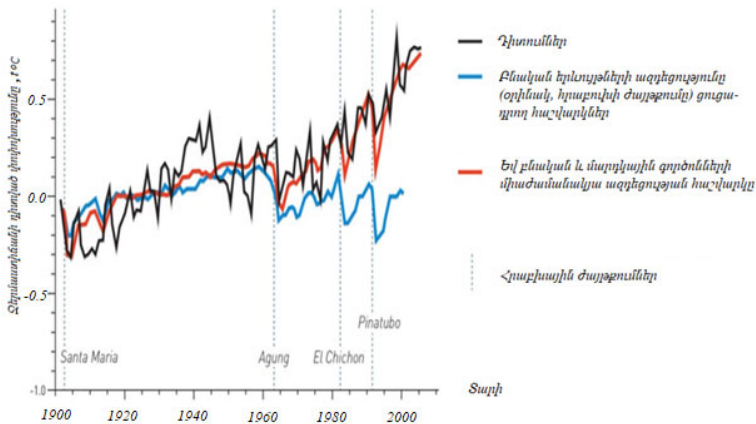


Նկ. III.8. Կլիմայի մոդելը՝ ըստ Մանաբեի [9]:

- թեթև տաք օդը կոնվեկցիայի շնորհիվ բարձրանում է վերև՝ տեղը զիջելով սառնին: Տաք օդն իր հետ բարձրացնում է նաև ջրային

գոլորշիներ: Ինչքան տաք է օդը, այնքան մեծ է ջրային գոլորշիների խտությունը: Այնտեղ, որտեղ մթնոլորտը սառն է, ամպը վեր է ածվում ջրային կաթիլների՝ անջատելով գոլորշի-հեղուկ անցման «թաքնված» ջերմությունը:

Գերմանացի ֆիզիկոս Կլաուս Հասելմանին հաջողվեց հիմնավորել, որ քառսային դինամիկայի պարզեցված հավասարումների համակարգը (Լորենցի հավասարումների (II.26) համակարգի նման) կարելի է օգտագործել նաև որպես իրական մոդել: Կարևորագույն խնդիրը, որն անհրաժեշտ էր լուծել, հավասարումների այդ համակարգի երկարաժամկետ միջինացման խնդիրն էր, որը թույլ կտար առանձնացնել կլիմայական տենդենցները տասնյակ տարիներ տևողությամբ բնութագրական ժամանակներով:



Նկ. III.9. Կլիման ու եղանակը միավորող Հասսելմանի մոդելը [9]:

Կլիմայի մշակված ստորաստիկ մոդելում եղանակի անկանխատեսելի փոփոխությունները հաշվի էին առնվում որպես պատահական աղմուկների ներդրում (բրոունյան շարժման նման): Ստացված համակարգը հնարավորություն ընձեռեց բացահայտելու կլիմայի փոփոխությունները և այդ փոփոխությունների վրա տարբեր գործոնների, այդ թվում՝ նաև մարդու գործունեության ազդեցությունը: Արդյունքները պատկերված են Նկար III.9-ում:

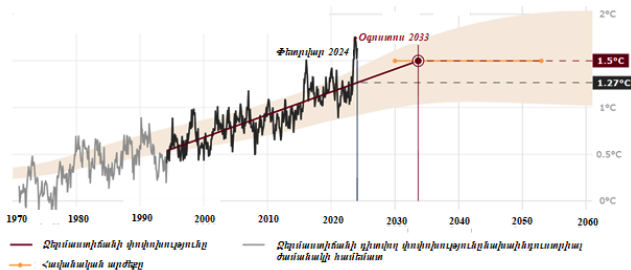
3.4. ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ-ՔԱՂԱՔԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Իրականում եղանակն ու կլիման նկարագրող հավասարումների համակարգը ներառում է ավելի քան 5 միլիոն փոփոխական [8]: Այդ համակարգում ի մի են բերված երեք հիմնական բաղադրիչներ.

- հիմնական ֆիզիկական օրենքները (էներգիայի, զանգվածի և այլ պահպանման օրենքները),
- համապատասխան մաթեմատիկական հավասարումները (անալիտիկ չլուծվող ոչ գծային դիֆերենցիալ հավասարումներ, օրինակ՝ մածուցիկ հեղուկի շարժումը նկարագրող Նավյե-Ստոքսի հավասարումը),
- փորձարարական ճանապարհով ստացված մի շարք բանաձևեր (օրինակ՝ հեղուկի գոլորշացման բանաձևը՝ կախված խոնավությունից և քամու արագությունից):

Պարզ մոդելների քննարկումը, ինչպիսին Լորենցի համակարգն է, թույլ է տալիս միայն մեկնաբանել քառսային դինամիկայի գոյությունը: Կարելի է ակնկալել, որ մթնոլորտի ցանկացած ճշգրիտ մոդել նույնպես զգայուն կլինի սկզբնական պայմանների տրման նկատմամբ, և արդյունքում «թիթեռնիկի թևերի շարժումը կարող է տոռնադո առաջացնել»:

Կլիմայի մաթեմատիկական մոդելները պետք է նկարագրեն կլիման անցյալում և հնարավորություն ընձեռեն կանխատեսելու ապագայում: Սակայն նույնիսկ կլիմայի ամենաբարդ մոդելները ներառում են բազմաթիվ պարզեցումներ, որոնք ի գործու չեն կանխատեսել կլիմայի լուրջ փոփոխությունները: Հաշվողական տեխնիկայի սահմանափակ հնարավորությունները դժվարացնում են երկրների ու ռեգիոնների սահմաններում կլիմայական փոփոխությունները նկարագրելու հնարավորությունը:



Նկ. III.10. Գլոբալ տաքացումը՝ ըստ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) տվյալների:

Կլիմայի գլոբալ փոփոխության հիմնական խնդիրը հետևանքների ճակատագրական լինելն է թե՛ մարդաբանական, թե՛ տնտեսական առումներով: Անգամ, եթե անհնար է կանխատեսել գլոբալ փոփոխությունների ուղղությունը, չի կարելի ձեռքերը ծալել և սպասողական կեցվածք ընդունել: Հետևանքները բոլոր առումներով կարող են ծանր լինել:

Տնտեսական խնդիրները, որպես հետևանք, առնչվում են նաև քաղաքական խնդիրներին: Եվ այստեղ կարևորագույն խնդիրն այն է, որ միջազգային հանրությունը պատրաստ չէ ենթարկվել ձեռք բերված քաղաքական պայմանավորվածություններին: 1997 թվականին ընդունված Կիոտոյի համաձայնագիրը, ըստ որի՝ պետությունները պարտավորվում էին 2008-2012 թվականների ընթացքում 5.2 %-ով նվազեցնել ջերմոցային էֆեկտ առաջացնող գազերի արտանետումները մթնոլորտ բազային 1990 թվականի համեմատ:

Կիոտոյի համաձայնագրի փոխարեն 2015 թ. դեկտեմբերի 12-ին ընդունվել է Փարիզի համաձայնագիրը: Այդ համաձայնագրով սահմանված գլոբալ տաքացման 1.5°C առավելագույն ջերմաստիճանի թույլատրելի շեմը կարող է հեռավոր իրականություն թվալ, սակայն դա կարող է սպասվածից շատ ավելի վաղ իրականանալ, եթե տաքացումը շարունակվի այսօրվա տեմպերով: Նկար III.10-ում ներկայացված է տվյալ ժամանակի և նախաարդյունաբերական ժամանակահատվածի ջերմաստիճանների տարբերության ժամանակային կախվածությունը: Ինչպես երևում է նկարից, գլոբալ տաքացման սահմանային 1.5°C արժեքը ակնկալվում է 2033 թ. օգոստոսին:

Հպանցիկ անդրադառնանք կլիմայի տաքացման միտումներին Հայաստանում: Օդի ջերմաստիճանի աճի տեմպերը Հայաստանում գերազանցում են գլոբալ տաքացման միջին տեմպերը: Այսպես, 1935-2023 թթ. ժամանակահատվածում օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանը Հայաստանում բարձրացել է 1.6°C-ով, իսկ աշխարհում՝ 1.0°C-ով: Օդի ջերմաստիճանի աճման միտումները զգալիորեն ինտենսիվացել են Հայաստանում՝ սկսած 2000-ական թթ. սկզբից՝ կազմելով ավելի քան 0.6°C/10 տարի: Վերջին երկու տասնամյակում արձանագրվել են ամենատաք չորս տարիները՝ 2010 թ., 2018 թ., 2021 թ. և 2023 թ.:

Օդի ջերմաստիճանի ամենաինտենսիվ աճը Հայաստանում տեղի է ունենում ամռան սեզոնին՝ հասնելով 2. 0°C-ի: Դրա հետևանքով վերջին 3 տասնամյակներում Հայաստանում աճել է երաշտային օրերի թիվը՝ միջինը 8-10 օրով: Երկարատև շոգ օրերի՝ ջերմային ալիքների տևողությունը Երևանում աճել է 5-7 օրով: Մասսիվ շոգ եղանակներով օրերը վեր-

ջին տասնամյակում դարձել են 2 անգամ ավելի հաճախակի ամբողջ հանրապետությունում:

Ասվածը նշանակում է մի բան: Երկրի հետագա ճակատագիրն արմատապես կախված է ընդունված քաղաքական որոշումներից: Քաղաքական լուրջ որոշումների կայացմանը պետք է նախորդի առկա տեղեկության համակողմանի վերլուծությունը, այսինքն՝ քաղաքագետները պարտավոր են համագործակցել գիտնականների հետ: Կլիմայի գլոբալ փոփոխության խնդրի քննարկումը պետք է ներառի կլիմայագետների, օդերևութաբանների, ֆիզիկոսների, մաթեմատիկոսների, տնտեսագետների, կենսաբանների, անգամ շարքային քաղաքացիների համակարգված աշխատանքը:

Օգտագործված գրականություն

1. Новиков И. Д., Эволюция Вселенной, М.: «Мир», 1990.
2. Карпенков С. Н., Концепции современного естествознания, М.: «Директмедиа Паблишинг», 2018.
3. Свиридов В. В., Свиридова Е. И., Концепции современного естествознания, М., 2021.
4. Дорфман Я. Г., Всемирная история физики, Изд-во КомКнига, 2007.
5. Канке В. А., Концепции современного естествознания: М.: «Юрайт», 2014.
6. Тепловая смерть Вселенной // Физическая энциклопедия. В пяти томах, М.: «Советская энциклопедия», 1988.
7. Read J. From Alchemy to Chemistry, Dover Publ., N.Y., 1995.
8. Мадрид К., Бабочка и ураган. Теория хаоса и глобальное потепление, М.: «Де Агостини», 2014.
9. Понятов А., Нобелевские премии 2021 г. Награда за новые подходы в физике сложных систем, «Наука и жизнь», N 11, 2021, <https://www.nkj.ru/archive/articles/42399/>.
10. Ասլանյան Լ. Ս., Պախալով Վ. Բ., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն. Լաբորատոր աշխատանքների ուսումնական ձեռնարկ, ԵՊՀ հրատ., Երևան, 2016:
11. Ասլանյան Լ., Հակոբյան Ռ., Չիլինգարյան Յու., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն, ԵՊՀ, 2006:

Լրացուցիչ գրականություն

1. Вайнберг С., Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной, М.: «Электромиздат», 1981.
2. Гуревич Л. Э., Чернин А. Д., Происхождение галактик и звезд, М.: «Наука», 1987.
3. Фигуровский Н. А., Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX века, М.: «Наука», 1969, 455 с.
4. Борн М., Атомная физика, М.: «Мир», 1970.
5. Enns R. H., It's a Nonlinear World. Springer. 2011.

ՄԱՍ IV. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷՍԹԵՏԻԿԱՆ, ԷԹԻԿԱՆ
ԵՎ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԹԵՄԱ 1. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷՍԹԵՏԻԿԱՆ

*«Կոմպոզիտորը, դիմելով լսողությանը, երաժշտական հնչյունների ազդեցությամբ կարող է այնպիսի զգացումների մասին պատկերացումներ առաջացնել, որոնք հաստի են միայն այլ զգայարանների միջոցով»:
Հեկտոր Բեռլիոզ*

1.1. ՏՐԱՄԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳԵՂԵՑԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԳԵՂԵՑԻԿԻ
ՏՐԱՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Առաջին մասի §1.1-ում հպանցիկ անդրադարձել էինք շրջապատող աշխարհի հետ էմոցիոնալ՝ զգայական կոնտակտի անհրաժեշտությանը: Այստեղ մանրամասնենք ռացիոնալ-տրամաբանականի ու զգայականի դերը հումանիտար ու բնագիտական մշակույթներում:

Արվեստը ելնում է արտաքին աշխարհի զգայական ընկալումից: Ռացիոնալ տրամաբանական մտածողությունը երկրորդական դեր է կատարում, և հենց դա է արվեստի սուբյեկտիվիզմի պատճառը: Նմանապես կարելի է պնդել, որ գիտական գործունեության ընթացքում զգայական (էմոցիոնալ) կողմը ոչ փոքր, բայց, այնուամենայնիվ, երկրորդական դեր է խաղում: Առավել հստակ գիտական գործունեությունում էմոցիաների դերի մասին արտահայտվել է XX դարի աշխարհահռչակ ֆիզիկոս, նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Պ. Ա. Մ. Դիրակը.

«Եթե խորամուխ լինենք խնդրի էության մեջ՝ ղեկավարվելով հավասարումների գեղեցկության չափանիշով, կարելի է վստահ լինել ճիշտ ճանապարհի ընտրության հարցում: Բսկ եթե չկա տեսության և փորձի ճշգրիտ համապատասխանություն, ապա չպետք է խորապես հիասթափվել, քանզի այն կարող է պայմանավորված լինել երկրորդական գործոններով, որոնց հաշվառման անհրաժեշտությունը կարող է պարզ դառնալ տեսության հետագա զարգացման ընթացքում»:

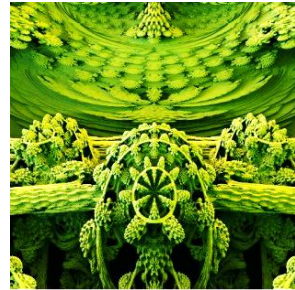
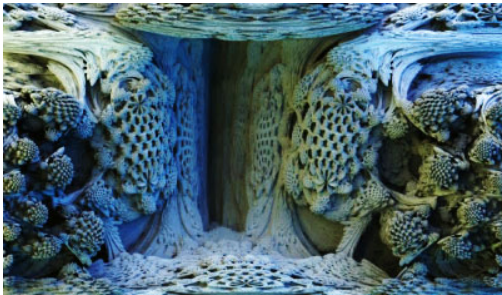
Գիտության զարգացման պատմությունը բազմաթիվ օրինակներով հաստատում է այս խոսքերի ճշմարտացիությունը: Յոհան Կեպլերին նվիրված հոդվածում Ալբերտ Էյնշտեյնը խորին զարմանք էր արտահայտում այն փաստի առթիվ, որ հին հույները հայտնագործել էին կոնական հատույթի կոորդինատները, որոնք իրենց պրակտիկայում պետք չէին, բայց հենց այն կոորդինատներն էին, որոնցով շարժվում էին մոլորակներն ու արբանյակներն-

րը: Ն. Ի. Լոբաչևսկու և Ռիմանի աբստրակտ երկրաչափությունները, որոնք ստեղծվել էին՝ գեղեցկության ու հարմոնիայի գաղափարներից ելնելով, իրենց կիրառությունը գտան ֆիզիկայում: Հասկանալի է, որ գիտության պարագայում խոսքը ռացիոնալ տրամաբանական կառուցվածքի գեղեցկության մասին է:

Եզրափակենք՝ անդրադառնալով «գեղեցիկ» բառի մեկնաբանությանը՝ ըստ ֆրանսիական հայտնի Լառոս հանրագիտարանային բառարանի.

«Գեղեցիկն այն է, ինչն ուրախացնում է աչքն ու բանականությունը»:

«Գեղեցիկ» բառի բազմաթիվ հնարավոր ձևակերպումներից այս մեկն առանձնանում է պնդման երկրորդ մասով: Եվ այդ մասը գիտության պարագայում առաջնահերթ վերաբերում է ռացիոնալ տրամաբանական կառուցվածքի գեղեցկությանը:



Նկ. IV.1. Ֆրակտալ օբյեկտների օրինակներ [1]:

Որպես օրինակ Նկար IV.1-ում պատկերված են ֆրակտալ օբյեկտների օրինակներ, որոնք ստացվում են իտերացիայի (լատիներեն՝ *iteratio* – կրկնություն) միջոցով:

1.2. ԳԵՂԵՑԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱՆ

Ժամանակին Պլատոնը մի այսպիսի միտք էր արտահայտել.

«Ինչքան հեշտ է գտնել գեղեցիկի օրինակ, և որքան դժվար բացատրել, թե ինչու է այն գեղեցիկ...»:

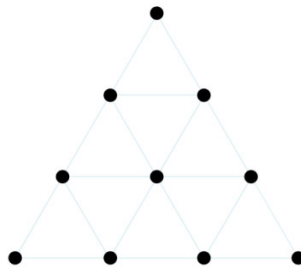
Իսկապես, դժվար է կապ գտնել գեղեցկության և գեղեցիկի սուբյեկտիվ ընկալման միջև: Կա տարբերություն «գեղեցկություն» ու «կատարելություն» հասկացությունների միջև: Ինչպես պնդում է մշակույթի փի-

լիստփայության մասնագետ Մ. Կոզանը, «իրականի ու կատարյալի համապատասխանությունը գեղեցկության համընդհանուր օրենքն է»:

«Համապատասխանություն» եզրույթի կիրառմամբ կարծես թե կամրջակ է նետվում սուրբեկտիվ՝ գեղեցիկի ընկալման ու մաթեմատիկայի միջև: Առավել ընդգրկուն այդ կապն արտահայտված է Բերտրան Ռասսելի հետևյալ ձևակերպմամբ.

«Մաթեմատիկան ոչ միայն տիրապետում է ճշմարտությանը, այլ նաև օժտված է բարձրագույն գեղեցկությամբ՝ հղկված ու խիստ, վսեմ մաքրության և իրական կատարելության ձգտմամբ, ինչը բնորոշ է արվեստի մեծագույն նմուշներին»:

Գեղեցկությունը բնութագրող մի շարք պարամետր են ներդաշնակությունը, սիմետրիան, համամասնությունն ու ռիթմը: Անդրադառնանք միայն սիմետրիային և համամասնությանը: Սիմետրիային ու դրանից բխող պահպանվող մեծություններին արդեն անդրադարձել ենք մաս II-ի §2.1-ում: Ընդգծել ենք, որ սիմետրիան ամփոփում է ձևի ամբողջությունը, այսինքն՝ սիմետրիան ձևի, վիճակի անփոփոխությունն է: Ի տարբերություն սիմետրիայի՝ համամասնությունը նկարագրում է փոփոխության անփոփոխությունը: Այսինքն՝ սիմետրիան նկարագրում է բնության ստատիկան, իսկ համամասնությունը՝ դինամիկան: Երբեմն համամասնության փոխարեն օգտագործվում է նաև դինամիկական համաչափություն (սիմետրիա) կամ նմանության համաչափություն:



Նկ. IV.2. Մրբազան տետրապիս:

Երկու մասնավոր օրինակով անդրադառնանք «համամասնություն» հասկացությանը:

Մրբազան տետրակտիս (հուն. Τετρακτύς) – բրգաձև դասավորված տասը կետերից կազմված եռանկյուն (Նկ. IV.1), որը խորհրդանշում էր տիեզերական ներդաշնակությունը.

Տետրակտիսի թվերը կառավարում են ամեն ինչ, նույնիսկ երաժշտությունը:

Այսպես, օրինակ, երաժշտության մեջ գործածվում է «կոնսոնանս» (համահնչություն) հասկացությունը, որն ամփոփված է տետրաքսիսում: L_1 և L_2 երկարությամբ երկու լարեր հնչում են կոնսոնանս, եթե այդ երկարությունների հարաբերությունը ենթարկվում է որոշակի օրինաչափությունների.

$$\frac{L_2}{L_1} = \begin{cases} 2 : 1 \text{ օկտավա} \\ 3 : 2 \text{ կվինտա} \\ 4 : 3 \text{ կվարտա} \end{cases}$$

Պյութագորաս-Արիստասի այս օրենքը, ըստ Զոմերֆելդի, կարելի է համարել մաթեմատիկական ֆիզիկայի սկիզբը: Ընդգծենք ևս մի նրբերանգ: 1, 2, 3 և 4 թվերի գումարը 10 է: Ըստ Պյութագորասցիների՝ այն իդեալական էր և սրբացվում էր:

Ֆիբոնաչիի (1170-1250 թթ.) ճազարները – Ուն ֆերմեր արգելանոցում պահում էր մեկ գույգ ճազար.

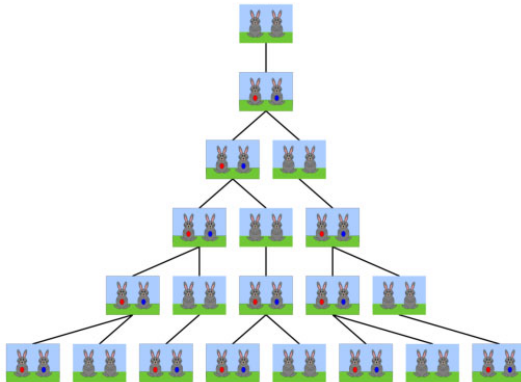
1. գույգը յուրաքանչյուր ամիս տալիս էր մեկ գույգ ճազար,
2. յուրաքանչյուր նոր ծնված գույգը երկրորդ ամսում էր սերունդ տալիս:

Այս պայմաններում որքա՞ն ճազար կունենա ֆերմերը մեկ տարի հետո (Նկ. IV.3):

Այս խնդիրը դարձավ համամասնության քանակական նկարագրի մաթեմատիկական ձևակերպումը: Ֆիբոնաչիի շարքի առաջին անդամներն ունեն հետևյալ տեսքը՝

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, 10946, ... կամ ընդհանրական տեսքով.

$$F_0 = 0; F_1 = 1; F_n = F_{n-1} + F_{n-2}; n \geq 2:$$

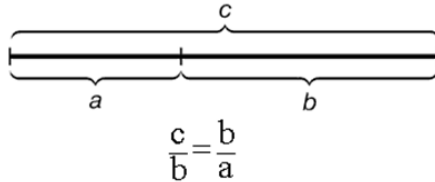


Նկ. IV.3. Ֆիբոնաչիի ճազարները [2]:

Կարելի է ապացուցել, որ.

$$\varphi = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n}{F_{n-1}} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1.618:$$

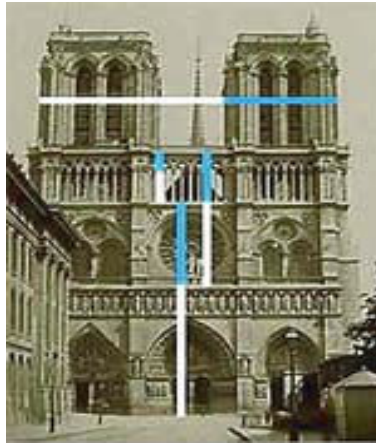
φ թիվն ընդունված է անվանել նաև «ոսկե հատույթ»: Այն սահմանվում է հետևյալ կերպ (Նկ. IV.4).



Նկ. IV.4. Ոսկե հատույթի սահմանումը:

Օգտվելով Նկար IV.4-ից՝ դժվար չէ իրականացնել ոսկե հատույթի հաշվարկը.

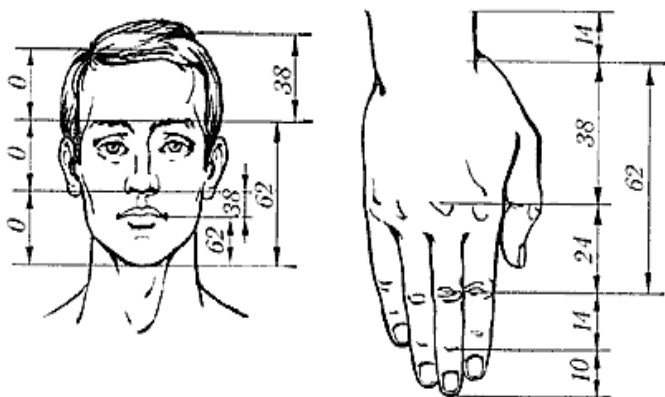
$$\frac{c}{b} = \frac{b}{a} \Rightarrow \frac{a+b}{b} = \frac{b}{a} \Rightarrow \left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{b}{a} - 1 = 0 \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{1+\sqrt{5}}{2}:$$



Նկ. IV.5. Ոսկե հատույթը Փարիզի Աստվածամոր տաճարում [2]:

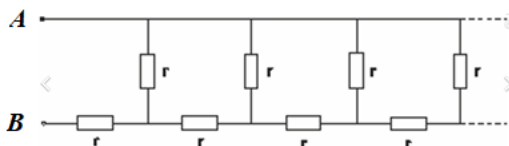
Այսպես, օրինակ, եթե $c = 1$ միավոր, ապա $a = 0.38$ և $b = 0.62$: Դժվար է գերազնահատել ոսկե հատույթի դերը բնության մեջ, արվեստում ու գիտության մեջ:

Սահմանափակվենք մի քանի պարզ օրինակներով:



Նկ. IV.6. Ոսկե հատույթը մարդու կազմվածքում [2]:

Նկար IV.5-ում ներկայացված են Փարիզի Աստվածամոր տաճարը և ոսկե հատույթի առկայությունը ճարտարապետական այդ կոթողի տարբեր հատվածներում: Ոսկե հատույթի համաչափություն կարելի է գտնել մարդու դեմքի ու ձեռքի ափի կազմվածքում (տե՛ս Նկ. IV.6): Վերջապես, կարելի է բերել մեկ օրինակ նաև ֆիզիկայից (տե՛ս Նկ. IV.7): Դժվար չէ համոզվել, որ անվերջ շղթայի ընդհանուր դիմադրությունն ու մեկ առանձին դիմադրության մեծությունը կապված են հենց ոսկե հատույթի օրինաչափությամբ:



Նկ. IV.7. Ոսկե հատույթը նույն դիմադրություններից կազմված անվերջ շղթայում՝ $R_{AB} = \varphi r$:

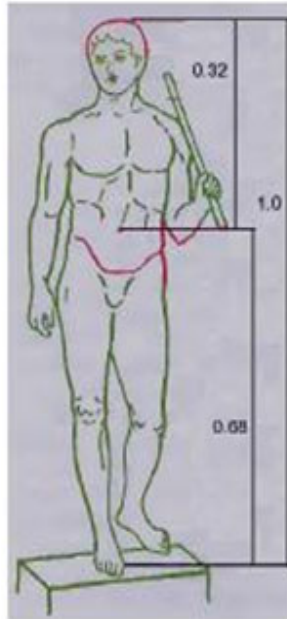
Եզրափակենք՝ անդրադառնալով ևս մի հարցի: Ոսկե հատույթի քանակական նկարագրության մասին առաջին հիշատակումները վերաբերում են XII դարին: Բայց, ամենայն հավանականությամբ, այն հայտնի է եղել ավելի վաղուց: Ասվածը հիմնավորելու համար Նկար IV.8-ում պատկերված է Պոլիկլետի «Նիզակակիր» արձանը, իսկ կից նկարում՝ համաչափությունը ըստ ոսկե հատույթի:

1.3. ՍՈՒԲՅԵՏԻՎ ԳՈՐԾՈՆԻ ԴԵՐՈ

Գոյություն ունի նոր ֆիզիկական տեսության ընտրության երկու չափանիշ.

- արտաքին հիմնավորում, այսինքն՝ տեսության ու փորձի համապատասխանություն,
- տեսության ներքին կատարելություն, այն է՝ հիմքերի տրամաբանական պարզություն, հետևությունների ու պնդումների որոշակիություն:

Երկրորդ պնդումն ակնհայտորեն էսթետիկական ուղղվածություն ունի, ինչը, բնականաբար, զերծ չէ սուբյեկտիվիզմից:



Նկ. IV.8. Պոլիկլետ. Նիզակակիր (մ.թ.ա. 450-440 թթ.) [15]:

Բնականաբար, գոյություն ունեն այս պնդումը հիմնավորող բազմաթիվ օրինակներ: Նշենք միայն մեկը: Մաս I-ի §3.4-ում արդեն անդրադարձել էինք Մայքելսոն-Մորլիի փորձին (1887 թ.) և նրա բացասական արդյունքին: Այս արդյունքի մեկնաբանման համար զարգացվեց երեք մոտեցում.

- Լորենց-Ֆիտցջերալդի կոնտրակցիոն հիպոթեզը (1892 թ.),
- Պուանկարեի ՀՀՏ մաթեմատիկական հիմքերը (1904-1905 թ.),
- Այնշտայնը վերանայեց աշխարհի պատկերը՝ հրաժարվելով տարածության ու ժամանակի ընդունված պատկերացումներից (1905 թ.):

Մոտեցումներից յուրաքանչյուրը մեկնաբանում էր Մայքելսոն-Մորլիի փորձի բացասական արդյունքը: ՀՀՏ հետագա զարգացումը հիմնավորեց Այնշտայնի մոտեցման նպատակահարմարությունը: Այս սուբյեկտիվ մոտեցման արդյունավետության պատճառով ՀՀՏ-ն կոչվում է նրա անունով:

ԹԵՄԱ 2. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱՆ: ԲԻՈԷԹԻԿԱՅԻ ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

*«Օ՛ր աստված, տուր ինձ հոգեկան հանգստություն, որ
ընդունեն այն, ինչ չեմ կարող փոխել, արիություն՝ փոխելու այն, ինչ կա-
րող եմ, և իմաստություն՝ մեկը մյուսից տարբերելու համար»:
Թոմաս Ակվինացի
(կամ Յիցերոն)*

2.1. ԳԻՏԱԿԱՆ ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱՆ

Գլոբալ էվոլյուցիայի խնդիրների բազմակողմանի քննարկման ժա-
մանակ շատ հաճախ են առաջանում էթիկային առնչվող խնդիրներ:
«Էթիկա» եզրույթը ներմուծել է Արիստոտելը (*ethos* թարգմանաբար նշա-
նակում է *սովորույթ, բնույթ*): Էթիկան գիտություն է ոչ թե այն մասին, թե
ինչ կա, այլ այն մասին, թե ինչ պետք է լինի: Բնագիտությունում ուսում-
նասիրվում է այն, ինչ կա: Սակայն դրանով չի սահմանափակվում: Էվոլ-
յուցիոն օրինաչափությունների բացահայտումը հնարավորություն է ըն-
ձեռում նաև որոշ հարցերում կանխատեսելու ապագան: Եվ ապագայի
այս կամ այն սցենարի ընտրությունն անմիջականորեն առնչվում է էթի-
կայի սկզբունքներին:

Ժամանակին բնագիտությունն էթիկական առումով համարվում էր
բացարձակապես չեզոք: Էթիկան համարվում էր միայն մարդու սոցիա-
լական կյանքի, միմյանց հետ փոխհարաբերվելու մենաշնորհը:

Որպես օրինակ կարելի է բերել Ալեքսանդր Մակեդոնացուն: Դա-
րեհ Երրորդի հետ մենամարտից առաջ նրան զգուշացրել էին, որ իրավի-
ճակը լուրջ է, և հույներին կփրկի միայն գիշերային մարտը, այն է՝ հար-
ձակումը քնած թշնամու վրա, որն իր թվով շուրջ տասն անգամ գերա-
զանցում էր հույներին: Վերջինս մերժեց այդօրինակ առաջարկները՝
պատասխանելով. «Ես հաղթանակ չեմ գողանում»:

Նա անբարոյական էր համարում նույնիսկ այդ միտքը՝ հարվածել
քնած հակառակորդին և դրանով իսկ հեշտացնել սեփական դրությունը:
Նա սպասեց լուսաբացին և բաց դաշտում փառավոր հաղթանակ տա-
րավ, որից հետո մահամերձ Դարեհը ճանաչեց նրան իբրև Ասիայի տի-
րակալ: Եթե Ալեքսանդրը հետևեր իր զորավարների խորհրդին և քնած
թշնամուն գիշերային ճակատամարտ պարտադրեր, ապա, իհարկե,
հաղթանակը նորից նրանը կլիներ, սակայն դա կառաջացներ կասկած-
ներ, իսկ փառքի մասին խոսք անգամ չէր լինի: Այսպիսով՝ հակառակոր-

դին պարտության մատնելը դեռ բավարար հիմք չէ՝ այն լիարժեք հաղթանակ կոչելու համար, քանզի «հաղթանակ» հասկացությունը ենթադրում է նրա ազնվության ու իսկության անհրաժեշտություն, իսկ դա արդեն նշանակում է, որ հաղթանակ տանելն ու այն գողանալը տարբեր բաներ են, չնայած երկուսն էլ արդյունքում ունեն հակառակորդին պարտության հասցնելը:

Մարդկային բանականության աճին զուգընթաց, երբ մարդը սկսում է փոխել նաև Երկրի դեմքը՝ հաճախ չմտածված ավերելով իր գործունեության բնական հիմքերը (հիշենք թեկուզ Սևանի մակարդակի իջեցման որոշումը), անհրաժեշտություն է առաջանում կառավարելու նրա գործունեությունը: Այստեղ է, որ առաջանում է բնագիտության ու էթիկայի միավորման անհրաժեշտությունը: Էթիկան մարդկային պատմության մեջ միշտ ունեցել է սահմանափակող դեր (գալաշապիկ), որն արգելակել է մարդու կողմից իր նմաններին ճնշելու ու ոչնչացնելու տեխնիկական առաջընթացով պայմանավորված, արագ աճող հնարավորությունները:

Շարքային մահկանացուի տեսանկյունից ասես բացվել է Պանդորայի արկղը (ըստ հունական դիցաբանության դժբախտությունների արկղ, որն ըստ առասպելի փակվել է, երբ պարունակվող դժբախտությունները թափվել են մարդկության գլխին, և մնացել է միայն հույսը)՝ ատոմային ռումբեր, միջմայրցամաքային բալիստիկ հրթիռներ, անհոգի, բայց ամենակարող արհեստական բանականություն, գենային մոդիֆիկացված գյուղատնտեսական կուլտուրաներ, կլոնավորված կենդանիներ և այլն:

Պատմական որոշակի ժամանակահատվածի բնորոշ գիտական կերպար էր հանճարեղ, բայց բարոյական բոլոր չափանիշներից զուրկ պրոֆեսորի կերպարը (օրինակ՝ ինժեներ Գարինը), որի ցնցող հայտնագործությունների միակ նպատակը աշխարհի գրավումն էր կամ նույնիսկ նրա ոչնչացումը: Այն տպավորությունն էր, որ անցյալ դարի 60-ական թվականներին մարդկությունը ճիշտ չի կողմնորոշվել բիֆուրկացիայի կետում: Նա ժամանակին չի փոխել զարգացման հրամայականը: Ընդհանուր նպատակներ ու կայուն ապագայի հեռանկարը զոհաբերվել է պատեհապաշտական քաղաքական շահերին և անցյալ դարի նախապաշարմունքներին:

Ընդգծվում է բարոյական հրամայականների հետընթացը տեխնոլոգիաների զարգացման մակարդակից: Այսպես, օրինակ, առաջին սուզանավերի ստեղծողները համոզված էին, որ պատերազմները կդադարեն պայմանավորված ստեղծված զենքի սարսափով: Նրանք, սակայն, սխալ-

վում էին նույնքան, որքան հետագա սարսափազդու զենքեր ստեղծողները: Հրամայականները չէին փոխվում:

Հասկանալի է, որպես պատասխան պետք է զարգանային նաև գիտական հետազոտությունների կիրառությունների էթիկական նորմերը:

2.2. ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԷԹԻԿԱ

Ժամանակակից էթիկայի առանցք են կազմում մի շարք հասկացություններ, որոնցից ամենակարևորներն են՝

- ա) «առաքինության էթիկան»,
- բ) «պարտքի էթիկան»,
- գ) «արժեքների էթիկան»:

Առաքինությունների էթիկան մշակվել է դեռևս Արիստոտելի կողմից [3]: Առաքինությունը անձի այն հատկությունների հանրագումարն է, որոնց շնորհիվ մարդը ղեկավարում է իր կրքերը: Չարիքը կապված է առաքինության աղքատության հետ: Ըստ Արիստոտելի՝ առաքինության հիմնական տարրերն են՝

- ա) իմաստությունը
- բ) խոհեմությունը
- գ) արիությունը
- դ) արդարամտությունը:

Նման կերպ են մտածում նաև նեոարիստոտելիցիները: Սակայն հասկանալի չէ, թե ինչպես կարելի է կիրառել առաքինության էթիկան բնագիտության նկատմամբ: Որքանով էին բարոյական այն իմաստունները, որոնք պայթեցրին ատոմային ու ջրածնային ռումբերը կամ կտրեցին ծառերը ասֆալտապատման նպատակով:

Հնարավոր է, որ պարտքի էթիկան մեզ մոտեցնի բնագիտությանը: Այն ներկայումս հայտնի է երկու հիմնական տարբերակով՝ աստվածաբանական ու կանտական: Առաջինի համաձայն՝ պետք է առաջնորդվել աստծո պատվիրաններով (մի՛ սպանիր, մի՛ զոդանա, մի՛ շնանա և այլն): Երկրորդի համաձայն՝ պետք է ենթարկվել Գանտի բացարձակ բարոյական իմպերատիվին (բառացիորեն՝ հրամայականին)։ Վարվի՛ր այնպես, որ ոչ ոքի վնաս չպատճառես, երբեք մի՛ վերաբերվիր մարդուն որպես միջոցի [4]:

Բնագիտության տեսանկյունից պարտքի էթիկան այնքան էլ համոզիչ չէ: Այն արտաքինից պարտադրված է և ղեկավարտիվ բնույթ ունի: Ինչ է նշանակում չվնասելը: Արդյո՞ք վնասում են մկների հետ փորձեր իրականացնող կենսաբանները կամ հիվանդի չարորակ ուռուցքը ճառագայթող բժիշկները՝ վստահ չլինելով ելքի վերաբերյալ:

Վերջապես, անդրադառնանք արժեքների էթիկային: Արժեքների համակարգի միջոցով գնահատվում են (և այդ առումով՝ քանակապես գնահատում) մարդկային արարքները: Ենթադրենք մեկը, որը ղեկավարվում է «արդարության» արժեքով, տեսնում է, որ նախապատրաստվում է օրենք, որի համաձայն՝ հարուստները դառնում են ավելի հարուստ, իսկ աղքատները՝ ավելի աղքատ: Իհարկե, այդպիսի օրենքը չի կարող համարվել արդար: Ցանկացած արարք կարող է գնահատվել լեզվաբանական փոփոխականներով՝ «վատ», «լավ», «արդար», կամ թվային ֆունկցիաների միջոցով:

2.3. ՊԱՏԱՄԽԱՆԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԷԹԻԿԱ

Պարտքի էթիկայի նորագույն տարբերակ է պատասխանատվության էթիկան, որն առավել նպատակահարմար հասկացություն է բնագիտության ու էթիկայի միավորման ճանապարհին: Մարդկությունը պատասխանատու է ինքն իր առջև այն ամենի համար, ինչից կախված է նրա ապագան (այդ թվում՝ նաև անկենդան և կենդանի բնության համար):

Բնագիտությունն էթիկական առումով չեզոք է, քանի դեռ չի առճակատվում հումանիտար գիտությանը: Դեռևս 1922 թ. Վ. Ի. Վերնադսկին գրել է. «Գիտնականները չպետք է աչք փակեն իրենց գիտական հետազոտությունների հնարավոր հետևանքների վրա: Նրանք պետք է պատասխանատու լինեն իրենց հայտնագործությունների բոլոր հետևանքների համար»: Հետևենք այն ֆիզիկոսների դատողություններին, որոնք անցյալ դարի 40-ական թվականներին հայտնագործեցին ատոմային ռումբի ստեղծման հնարավորությունը: Ոմանք հրաժարվեցին այն ստեղծելուց, մյուսներն այդ գործին լծվեցին ոգևորությամբ, իսկ երրորդները գործում էին զգուշավորությամբ: Պայմանականորեն բաժանված այս երեք խմբերը ղեկավարվում էին տարբեր բնույթի արժեքներով՝ քաղաքական ու նույնիսկ էսթետիկական [5, 6]:

Այսպիսով, գոյատևելով ու ապահովելով իրենց ապագան, մարդիկ ղեկավարվում են արժեքներով (նաև՝ գիտական), այլ ոչ թե նրանց շինծու փոխարինողներով: Արժեքները և նրանց ուղեկցող նպատակային ուղենիշները մարդկության երկարատև էվոլյուցիայի արդյունք են: Արդյունքում արժեքներով չղեկավարվելու դեպքում մարդն արժեզրկում է իր կյանքը: Հենց արժեքներով ղեկավարվելու անհրաժեշտությունն առաջին պլան է մղում պատասխանատվության էթիկան: Այստեղ կարևոր են մի շարք հանգամանքներ.

1. իրականացվում է արժեքների գատում. այսպես, օրինակ, ներկայումս շատ ավելի են դեմոկրատիային, քան տոտալիտարիզմին գերապատվություն տվողները,
2. մարդիկ փորձում են ավելի երկարատև ապահովել իրենց կյանքը. պահի թելադրանքով գործող մարդիկ համարվում են անհեռատես,
3. ողջունելի են բարձր արժեքներով հարուստ ապագայի տարբերակները,
4. անհրաժեշտություն է առաջանում համադրելու տարբեր գիտություններից ստացված արժեքները և արդյունքում ձևավորել նոր՝ ինտեգրալ արժեք (որն էլ հենց կարելի է անվանել պատասխանատվություն),
5. օգտագործելով մաթեմատիկայի զինանոցը՝ անհրաժեշտ է պատասխանատվությունը դարձնել առավելագույն:

Ձևակերպենք պատասխանատվության էթիկայի դրույթները:

Պատասխանատվության սկզբունքը՝ որպես ինտեգրալ արժեք, պատասխանատվության մաքսիմալացումն է բոլոր հնարավոր հեռանկարների նկատմամբ՝ և՛ ժամանակային (մտածի՛ր ոչ միայն այսօրվա մասին), և՛ համամարդկային (մտածի՛ր ոչ միայն քո ու քո մերձավորների մասին): Պատասխանատվության հրամայականը (իմպերատիվը) պահանջում է հետևյալը. վարվի՛ր այնպես, որ ապահովես բարեկեցիկ ապագա այն ինտեգրալ ամբողջությանը, որին դու պատկանում ես:

2.4. ԲԻՈԷԹԻԿԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Բնագիտական առարկաներից ներկայումս առավել բուռն զարգացում են ապրում կենսաբանությունն ու բժշկությունը: Այս ասպարեզներում կատարված հայտնագործությունները շատ արագ են ներգրավվում կիրառական պրոբլեմների լուծման բնագավառում: Վերջիններս էլ հենց առաջացնում են բարոյական խնդիրների լայն սպեկտր՝ հանդիսանալով բիոէթիկայի (բիոբժշկական էթիկայի) ուսումնասիրման առարկան: Բիոէթիկան գիտական ու հումանիտար մշակույթների բեղուն համագործակցության օրինակ է: Այն գիտություն չէ (քանի որ, այնուամենայնիվ, էթիկա է), բայց և ընդհանուր փիլիսոփայական ուսմունք չէ, քանի որ նախ պահանջում է տարբեր ասպարեզների վերաբերող կոնկրետ ու խորը գիտելիքներ, բացի դրանից՝ լուծում է խիստ որոշակի խնդիրներ [5-8]:

Դիտարկենք մի քանի օրինակներ:

1. Բիռեթիկական պրոբլեմի վառ օրինակներից մեկը եվգենիկան՝ գիտություն մարդու ֆիզիկական ու մտավոր ունակությունների վրա ժառանգական գործոնների ազդեցության մասին: Այն ստեղծվել է XX դարի սկզբին՝ գենետիկայի հաջողություններով պայմանավորված: Հիմնադիրն անգլիացի հոգեբան ու մարդաբան Ֆրենսիս Գալտոնն էր (1822-1911): Նրա խնդիրն էր պարզել տաղանդի, մտավոր օժտվածության, ֆիզիկական կատարելության ժառանգման օրինաչափությունները: Եվ ահա գիտության այս բնագավառում առանձնացավ մի ճյուղ՝ պոզիտիվ եվգենիկան, որի նպատակն էր մարդկային տեսակի բարելավումը արհեստական ընտրության ճանապարհով: Օրինակ՝ բացահայտվեց, որ մտավոր տկարությունը գենետիկական արմատ ունեցող արատ է: Եվգենիստները ակտիվ գործունեություն են ծավալել մարդկությանն այս արատից ազատելու ուղղությամբ՝ ստերիլիզացնելով մտավոր թուլությամբ անձանց ու արգելելով երեխա ունենալ: 1930-ական թվականներին ստերիլիզացումը նույնիսկ օրինականացված էր Գերմանիայում, Կանադայում, Սկանդինավյան երկրներում: Կային նաև առարկություններ՝ հիմնված, մասնավորապես, այն պատճառաբանությունների վրա, որ այդ քայլերի արդյունավետությունը փոքր է, քանի որ մեծ թիվ են կազմում այն մարդիկ, որոնք, լինելով առողջ, հիվանդ գեների կրող են: Կարևոր է, որ այդ ժամանակահատվածում ոչ ոք չէր գնահատում առաջարկվող քայլերը բարոյական նորմերի տեսանկյունից: Չէ՞ որ յուրաքանչյուր կատարելագործում այս կամ այն կերպ հանգում է լավի ու վատի, կենսունակի ու թույլի, տաղանդավորի ու անընդունակի բաժանման: Նման բաժանումն ու ջոկումը մարդկային հարաբերություններում հանգեցնում են դիսկրիմինացիայի: Կարելի է բերել այլ առարկություն ևս: Նացիստական Գերմանիայում ժամանակին ոչնչացվել են բազմաթիվ հոգեկան հիվանդներ: Որոշ ժամանակ շեղումով երեխաների ծննդի տոկոսը նվազել էր: Սակայն 40-50 տարի անց այն վերադարձել է իր նախնական արժեքին: Եվ, ի վերջո, տաղանդի ու ինտելեկտի զարգացման գործում մեծ է նաև դաստիարակությունը, որը պայմանավորված է հարազատների ու ուսուցիչների հետ շփմամբ:

Մեր ժամանակներում նման քայլ հնարավոր չէր լինի, չնայած ներկայումս գեների վերծանումն ավելի բարձր մակարդակի է, քանի որ դրան անմիջապես կհետևեր գիտական հասարակության բացասական ռեակցիան:

2. Հղիության վաղ շրջանում պտղի սեռի որոշման հնարավորությունը հանգեցրեց Հնդկաստանի ու Չինաստանի որոշ շրջաններում աղջիկների թվի մի քանի անգամ նվազմանը: Պատճառաբանությունը շատ պարզ էր. աղջիկների համար պետք էր տալ մեծ օժիտ:

3. 1997 թ. հրատարակվեց շոտլանդացի Վիլմարի հադորդագրությունը բարձրակարգ կաթնասունի՝ ոչխարի (Դոլի ոչխարը), կլոնավորման մասին: Կլոնավորման տեխնիկան ներկայումս կատարյալ չէ, բայց ամեն ինչ վկայում է այն մասին, որ նույնիսկ մարդու կլոնավորման սկզբունքային արգելքներ չկան: Կլոնավորման հնարավորությունը նույնպես առնչվում է բիոէթիկային և բուռն արձագանք առաջացրեց հասարակության մեջ: Բհարկե, կլոնավորման վերաբերյալ վախը որոշակիորեն չափազանցված է: Օրինակ, եթե նույնիսկ ստեղծեք Ադոլֆ Շիկլ-գրուբերի ճշգրիտ գենետիկ կրկնօրինակը, միննույն է, չեք ունենա երկրորդ Ադոլֆ Շիկլերը, քանի որ հնարավոր չի լինի կրկնել այն մթնոլորտը, որում մեծացել էր նա: Ինչպես ցույց են տալիս բազմաթիվ հետազոտություններ, ժառանգական տվյալներն ու դաստիարակությունը հավասարապես են ազդում անհատի ձևավորման վրա: Այնուամենայնիվ, անհրաժեշտ է ընդգծել, որ մարդու կլոնավորման հնարավորությունը առաջ կբերի բարոյական ու իրավական բազմաթիվ խնդիրներ:

4. Եվ վերջում դիտարկենք բիոէթիկայի ևս մեկ օրինակ՝ անդրադառնալով էֆթանազիայի խնդրին (հունարեն՝ eu – «լավ» և «thanatos» – «մահ», կարելի է թարգմանել որպես «լավ մահ»): Հիմնադիրը Միչիգանի նահանգի բժիշկ Ջեկ Գևորգյանն է: Ըստ նրա՝ ԱՄՆ ամբողջ տարածքը պետք է բաժանվի տեղամասերի, որոնք սպասարկվում են տեղամասային «բժիշկ-տերմինատորների» կողմից: Այսպես, օրինակ, Միչիգանը բաժանվում է 11 գոտիների: Յուրաքանչյուրում պետք է աշխատի հինգ այդպիսի բժիշկ: Նրանցից երեքը որոշում են, թե յուրաքանչյուր կոնկրետ դեպքում որքանով է արդարացված իրենց միջամտությունը: Դրական եզրակացության դեպքում մյուս երկու բժիշկներն իրականացնում են վճիռը: Ահա Ջեկ Գևորգյանի պլանը: 1992 թվականից օրենսդրորեն արգելվել է այդ գործընթացը:

Գոյություն ունի դեոնտոլոգիա գիտությունը (deontos – անհրաժեշտ, logos – բառ, միտք): Հիմնադիրը Հիպոկրատն է իր «մի՛ վնասիր» սկզբունքով, որը վերաբերում է բուժող բժշկի բարոյական նորմերին: Ցանկացած բուժող բժիշկ առնչվում է դրամատիկ իրավիճակի, երբ մահը հիվանդի համար լավագույն ելք կարող է թվալ, ***ընդգծենք՝ կարող է թվալ***: Այստեղ անառարկելի պնդումները տեղին չեն: Կարելի է բերել միայն վիճակագրական տվյալներ: Ամերիկայի հիվանդանոցներում օրական վախճանվում է 6 հազար մարդ: Նրանցից 70 %-ը կյանքից հեռանում է հոժարակամ՝ խնդրելով բուժող բժշկին անջատել կենսապահովման համակարգերը կամ տալ դեղի մահացու չափաքանակ, և բժիշկները կատարում են նրանց խնդրանքը:

2.5. ՓՄԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Գիտության էքսպոնենցիալ զարգացման օրինաչափությունը խիստ ուղղորդված է: Այն ապահովում է

անգիտություն  գիտություն

անցումը: Այս անցման միջակայքում էլ տեղավորվում է փսևոգիտությունը (հունարեն՝ փսևոհ - «կեղծ»): Հանդիպում են նաև այլ անվանումներ՝ *պարագիտություն, քվազիգիտություն, ալտերնատիվ գիտություն, ոչ ակադեմիական գիտություն*: Գրականությունում այդ եզրույթը հանդիպում է XVIII դարի վերջերից և վերագրվում է ալքիմիային: Հետաքրքիր մեկնաբանություն է բերված «Northern Journal of Medicine» [Թ. I, c. 387, 1844] ամսագրում. «Փսևոգիտությունը հիմնված է բացառապես, այսպես կոչված, փաստերի վրա, որոնք սկզբունքների փոխարեն միավորված են թյուրիմացություններով»:

Անդրադառնանք փսևոգիտության մի քանի տարատեսակներին:

Ալքիմիա

Մետաղների (նաև մարդու մարմնի և հոգու) «ազնվացման» ուղղություն՝

- տետրասոմատա՝ կապարից ոսկի,
- անմահության էլիքսիր,
- պանացեա՝ ցանկացած հիվանդության դեղ,
- փիլիսոփայական քար՝ այդ բոլորի միավորումը:

Բիոտեզոնանս

Հիմնված է «կենդանի օրգանիզմներում» որոշակի «հաճախությունների սանդղակի գոյության վրա: Թերապևտիկ ազդեցությունը պայմանավորված է հայտնի ու անհայտ դաշտերի (օրինակ՝ տորսիոնային-հիպոթետիկ դաշտ՝ պայմանավորված տարածության կորացմամբ) ռեզոնանսային ազդեցությամբ:

Իրիդոլիազնոստիկա

Աչքի ծիածանաթաղանթի նախշերը, գույների և այլ բնութագրերն ու դրանց փոփոխությունները տեղեկություն են պարունակում պացիենտի (բուժառուի) առողջության մասին: Լուրջ հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ախտորոշումն ունի պատահական համընկնումների բնույթ:

Հավերժական շարժիչ

Այս շարժիչը կարող է աշխատել անվերջ՝ առանց արտաքին էներգիայի աղբյուրի: 1775 թվականից Ֆրանսիայի գիտությունների ակադեմիան դադարել է քննարկել նման նախագծերը:

2.5.1. ՓՄԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆՊԱՏԱԿՆԵՐԸ

Փսևդոգիտության ու կիրառական գիտության նպատակները շատ հաճախ համընկնում են: Դրանք կարելի է ձևակերպել հետևյալ կերպ՝ անմիջապես օգտակար արդյունքների ստացում, բայց փսևդոգիտությունը երբեք որպես առանցքային խնդիր ու նպատակ չի դնում իրականության ճշմարիտ ճանաչումը:

1. Պետությունից պատիվ ու եկամուտ ստանալը,

օրինակ՝ «գերիզոր» զենքերի ստեղծում՝

- հրթիռների ոչնչացումը «պլազմային թանձրուկների» (cryctok) միջոցով,
- մթնոլորտում պատուհանների ստեղծում, որով տիեզերական մահաբեր ճառագայթները կոչնչացնեն երկրի վրա «ամեն կենդանի բան» և այլն:
Նման գաղափարները մերժվում են անկախ փորձաքննության միջոցով:

2. Մեկական փառասիրության բավարարում, որը ներառում է հիմնարար ու գլոբալ խնդիրների լուծումը՝

- գրավիտացիայի բնույթի բացահայտում,
- հավերժական շարժիչ,
- Տիեզերքի կառուցվածք,
- արագ և մեծ եկամուտ ստանալու ճանապարհները և այլն...:

3. Մարդու առողջության հետ կապված կոմերցիոն հաջողություններ՝

- նոր, արդյունավետ և բացարձակապես անվտանգ մեթոդներով բուժում,
- ծանր և անբուժելի հիվանդությունների բուժում (չարորակ ուռուցքներ, թմրամոլություն),
- առողջ ու երիտասարդ մնալը և այլն:

2.5.2. ՓՄԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԾՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ԱՐՄԱՏՆԵՐԸ

Գիտությունը օբյեկտիվ ու ճշմարտացի գիտելիքներ է ընդհանուրի մասին: Հաճախ կարևոր են անհատական, մասնավոր հանգամանքների վերաբերյալ գիտելիքները, որի մասին իրական գիտությունը ոչինչ ասել չի կարող, դեռ ավելին՝ պնդում է դրա անհնարինությունը:

Աստղաբանները, օրինակ, հանձն են առնում պատասխանել նման հարցերին, ուստի մարդիկ խորապես չեն անդրադառնում նրանց կիրառած մեթոդներին ու ստացված արդյունքներին:

Բնության ամենահիմնարար օրենքները ձևակերպվում են որպես բացարձակ արգելքներ.

- հնարավոր չէ շարժվել լույսի արագությունից մեծ արագությամբ,
- անհնար է ունենալ եղանակի երկարաժամկետ ճշգրիտ կանխատեսում և այլն:

Փսևդոգիտության պարագայում նման արգելքներ չկան: Նման արգելքների բացակայությունը հատկապես վտանգավոր է համակարգչային տեխնիկայի զարգացմամբ, նաև պայմանավորված է համացանցի օրավոր ընդլայնմամբ:

2.5.3. ՓՍԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Փսևդոգիտության նվիրյալներին զուտ պայմանականորեն կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ անկեղծորեն հավատացող մոլեռանդների ու բարոյական նորմերի խեղված պատկերացում ունեցող գիտակից գեղձարարների: Երկուսն էլ վտանգավոր են հասարակության համար: Նրանց դեմ պայքարի արդյունավետ միջոց է փսևդոգիտության մեթոդաբանական անհետևողականության բացահայտումը: Նշենք մեթոդական մի քանի անհեթեթություններ.

- սկզբնական տվյալների ոչ քննադատական վերլուծություն, այսինքն՝ որպես հավաստի փաստ ընդունվում են լեզենդները, առասպելները և այլն,
- հաճախակի հակասող փաստերի անտեսում: Ի գիտություն ընդունվում են միայն այն փաստերը, որոնք կարող են նպաստել ապացուցվող հայեցակարգի հիմնավորմանը: Մնացածներն ուղղակիորեն չեն քննարկվում: Դասական օրինակը Թուոմանյանի «Նեսոյի քարաբաղնիսը» պատմվածքն է.

«Նեսո բիձեն սկսեց պատմել, թե քանի հոգի են ազատվել քարաբաղնիսով. Մատնանց Դանելը, Մաթոսանց Մինասը, Ծատուրանց Ստեփանը, Մաշկավորանց Միկոն, մինչև որ ջուրն եփ եկավ, քարերն էլ կարմրեցին...»

Ու մինչդեռ ներքև Կիրակոսի կինը սուգ էր անում, կտերը արևում նստոտած տղեքը պատմում էին, թե քանի-քանի հոգի են խեղդվել քարաբաղնիսից. Հանքսանց Հարոնը, Մելիքանց Վանեսը, Հախվերդոնց Ադեն, Շիմալյանց Շամիրը... ո՞ր մինն ասես:

– *Տո՛, դե ճակատի գիր ա, էլի, հո նրանց էլ Նեսոն չի խեղդել:*

Նեսոն լուռ, գլուխը կախ արած լսում էր ու չիբուխ էր քաշում...»

- դժվարությունների շրջանցումը տարաբնույթ անստուգելի ապացույցների կիրառմամբ,
- հայացքների անփոփոխությունը՝ անկախ գոյություն ունեցող առարկություններից:

Վերջին կետի առումով արժի հիշատակել, որ իսկական գիտնականները երբեք չեն խուսափում իրենց սխալներն ընդունելուց: Որպես օրինակ կարելի է հիշել Այնշտայնի ու Ֆրիդմանի հայտնի պատմությունը, որին անդրադարձել ենք մաս III-ի §1.1-ում:

2.5.4. ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՄԻԱԼԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԸ ՍԵՐՔՈՒՄ ՓՄԵՎԴՆԳԻՏԱԿԱՆՆԵՐԻ

Գիտության պատմական զարգացման ընթացքում հին տեսությունները բազմիցս փոխարինվել են նորերով: Դիտարկենք օրինակներ:

- Ջերմածնի տեսությունը փոխարինվել է մոլեկուլար-կինետիկ տեսությամբ:
- Էլեկտրական երևույթների դրական ու բացասական լիցքավորված հեղուկներով բացատրությունը փոխարինվել է տարրական լիցքավորված մասնիկների գոյությամբ:
- Նյուտոնյան մեխանիկական փոխարինվել է Այնշտայնի հարաբերականության տեսությամբ:

Առարկություններն ակնհայտ են: Հիշենք թեկուզ հետևյալ օրինակները.

- ՀՀՏ-ն ոչ թե փոխարինեց նյուտոնյան մեխանիկային, այլ ընդլայնեց նրա կիրառության սահմանները՝ ընդհանրացնելով նյուտոնյան հայեցակարգը:
- Ալիքային օպտիկական փոխարինեց երկրաչափականին՝ ներառելով այնտեղ հայտնի բոլոր օրենքները ու լրացնելով դրանք նորերով:

Իրականում հարցի դրվածքը մի փոքր այլ է: Գիտությունը շրջապատող իրականության աքսիոմատիկ արտացոլումն է: Ընդհանրապես աքսիոմներն ունեն իրավասության սահմանափակ ոլորտ: Ուստի սխալականությունը՝ որպես անավարտության դրսևորում, զարգացող գիտության մշտական ուղեկիցն է: Առանց դրանց գիտության զարգացումն անհնար է, և երբեք դրանց առկայությունը չի կարող վերածել գիտությունը փսևողգիտության:

Կարևորագույն խնդիր է հենց հաջորդական մոտավորությունների մեթոդով զարգացող գիտության աքսիոմատիկական փսևողգիտության սխալ կամ նույնիսկ անգրագետ մոդելներից սահմանազատելը:

2.5.5. ՓՄԵՎԴՈԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՎՆԱՄՆԵՐԸ

Փսևդոգիտությունն ունի մի շարք բացահայտ ու քողարկված վտանգներ: Այն աղավաղում է աշխարհայացքը երբեմն նույնիսկ առողջության և կյանքի գնով, կարող է նյութական և բարոյական մեծ վնասներ հասցնել մարդկային հասարակությանը: Շատ դեպքերում, անտեղյակությամբ պայմանավորված, հասարակության որոշ հատված դառնում է «թռչող ափսեների», «պարահոգեբանության», «էներգահինֆորմացիոն փոխանակման» զոհ և, որ շատ ավելի վտանգավոր է, քարոզիչ:

Անկասկած, չի կարելի թերագնահատել փսևդոգիտության ավերիչ ուժը: Փսևդոգիտության հանրային սպառնալիքն այն է, որ դրանք կարող են որոշ դեպքերում անդառնալիորեն արգելափակել գիտության կարևորագույն զարգացման ուղղությունները, ընդհուպ մինչև պետության ղեկավարումն ու մարդկային հարաբերությունները: Այսպես, օրինակ, արտերկյա քաղաքակրթությունների որոնման կարևորագույն գաղափարը վարկաբեկում են «թռչող ափսեների» սիրահարները:

Հնագույն փսևդոգիտության օրինակներից է աստղաբանությունը (կամ աստղագուշակությունը), ըստ որի՝ աստղերի մոլորակների շարժումները, նրանց փոխադարձ դիրքը կարող են ազդել ոչ միայն անհատի ճակատագրի, այլ նույնիսկ պատմության ընթացքի վրա: Այն օժտված է փսևդոգիտության հիմնական հայտանիշով. հենված է առասպելաբանության վրա: Այսպես, օրինակ, Վեներա մոլորակի երկնային դիրքը աստղաբանները կապում են ռոմանտիկ հարաբերությունների առկայության հետ, քանի որ, ըստ հունական դիցաբանության, Վեներան սիրո աստվածուհին էր:

Աստղաբանության՝ որպես մոլորության տարածմանը էապես նպաստում են նաև համացանցի աճող հնարավորությունները: Աղյուսակ IV.1-ում ներկայացված է համացանցում առկա հրապարակումների թիվը 2011 ու 2014 թթ.՝ ըստ երկու թեմաների՝ աստղագիտության ու աստղաբանության:

Աղյուսակ IV.1. Համացանցային հրապարակումներ

		2011	2014
1.	<i>Աստղագիտություն</i>	<i>66.600.000</i>	<i>225.600.000</i>
2.	<i>Աստղաբանություն</i>	<i>65.500.000</i>	<i>126.500.000</i>

Համաձայն աղյուսակի՝ երեք տարիների ընթացքում հրապարակումների քանակը աստղագիտության բնագավառում աճել է երեք, իսկ աստղաբանության ոլորտում՝ երկու անգամ: Այլ պատկեր է որոնումների վերլուծությունը: Աստղաբանության հոդվածների որոնումների թիվը 3-4 անգամ գերազանցում է աստղագիտությանը:

Կարելի է անդրադառնալ փսնդոգիտության մեկ այլ հետևանքի և՛ պայմանավորված հասարակական գործընթացներով: Ներկայիս գիտական նեղ մասնագիտացումների արմատները սկիզբ են առնում XIX դարից: Այդ բնագավառներում ձեռք բերված գիտելիքները բազմիցս ճշգրտվել են: Հասարակական գիտություններում, քաղաքական նկատառումներից ելնելով, նման մոտեցումներն արգելված էին: Որպես հետևանք կոմունիստական գաղափարախոսությունը վեր ածվեց փսնդոգիտության:

Սահմանափակվենք այսքանով ու ամփոփենք:

Փսնդոգիտության դեմ պայքարը ներկայիս կարևորագույն խնդիրներից է: Անհրաժեշտ է բացահայտել ցանկացած ապագիտական դրսևորում գիտության ասպարեզում՝ վերացնելով դրանց իրական արմատներն ու աղբյուրները: Ակնհայտ է մի բան. նույնիսկ օրենսդրական արգելանքներով փսնդոգիտության դեմ պայքարի ճանապարհն անարդյունավետ է: Ուրեմն մեկ անգամ ևս ընդգծենք, որ նման խնդրի արդյունավետ լուծման ճանապարհներից կարևորագույնը հանրության կրթվածության միջին մակարդակը բարձրացնելն է:

Գիտության ու փսնդոգիտության սահմանազատման խնդիրներում անհրաժեշտ է, սակայն, որոշակի զգուշություն, քանի որ մի շարք դեպքերում նման դասակարգման համար բավականաչափ լուրջ հետազոտություններ ու հիմնավորումներ են պահանջվում:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Այսպիսով՝ XXI դարի հեռանկարային զարգացումը ներկայումս անմիջականորեն առնչվում է նոր պարադիգմին (հունարեն՝ *paradeigma* – նմուշ, կերպար): Այն կարելի է պայմանականորեն անվանել գիտական աշխարհայացքային հեղափոխություն: Ի տարբերություն նախորդ դարերում գիտության դիֆերենցվածության՝ ներկայումս առաջին պլան է մղվում Տիեզերքի կազմակերպվածության երկու տարբեր մեզամակարդակների՝ Կենսոլորտի ու Կոսմոսի միասնական նկարագրության անհրաժեշտությունը:

Բնագիտության (որպես բնության մասին գիտության) ու բարոյախոսության (որպես բարոյականության կանոնների) փոխկապվածությունն ու զուգորդումը չափազանց բարդ են և ներկայումս հեռու են կատարյալ լինելուց: Ուստի այդ ասպարեզում դեռևս հսկայական անելիքներ կան: Մասնավորապես, մաթեմատիկական մոդելները ոչ միայն և ոչ այնքան երևույթների քանակական նկարագրության միջոց են, որքան պատկերների ու անալոգիաների աղբյուր, որը ընդարձակում է այնպիսի գիտությունների պատկերացումները, որոնցում ճշգրիտ գիտությունների հստակ հասկացությունները ամբողջությամբ չեն կարող ֆորմալացվել: Հասկացությունների շրջանի ընդարձակում, նոր անալոգային մոդելների բացահայտում. ահա այն ակնկալիքները, որոնք կարող են ունենալ բնական ու ճշգրիտ գիտություններն ու մարդը հասարակությունն ուսումնասիրող գիտությունների միջառարկայական փոխազդեցությունից: Այս առումով հատկապես կարևորվում է սիներգետիկայի՝ համակարգերի փոխազդեցությունն ուսումնասիրող գիտության դերը: Այս պնդման կարևորությունը հիմնավորվում է, օրինակ, «գլոբալ կլիմայական աղետների» հասկացության ներմուծմամբ ու նկարագրմանն ու կանխատեսմանը նվիրված հետազոտություններով: Խոստումնալից են նաև այլ հետազոտություններ: Օրինակ՝ փորձեր են արվում կլիմիկական հոգեբանության ու հոգեբուժության ասպարեզում սիներգետիկայի մեթոդների ներդրման ուղղությամբ:

Ասվածներն առհավատյան են առ այն, թե որքան ճկուն կարող են լինել սիներգետիկայի մեթոդները, որոնք կարող են կարևոր կապեր բացահայտել նույնիսկ արտաքուստ անկախ թվացող բնագավառների միջև: Նաև ակնհայտ է, որ նման մոտեցումը պետք է վերաձևակերպի իսկական գիտնականի բարոյական բարձրագույն իդեալի պատկերացումը, որի մասին հրաշալի է արտահայտվել Ա. Պուանկարեն իր «Վերջին մտքեր» գրքում: Գիտությունը մեզ մշտական առնչության մեջ է դնում մի

բանի հետ, որը գերազանցում է մեզ. այն միշտ տրամադրում է տեսիլքներ՝ նորացվող ու միշտ ավելի խորը: Այդ տեսիլքը հիացնում է մեզ և ստիպում մոռանալ նույնիսկ սեփական անձը: Նա, ով գեթ մեկ անգամ առնչվել, ով գոնե հեռվից տեսել է բնության օրենքների շքեղ ներդաշնակությունը, ավելի է հակված անտեսելու սեփական եսասիրական փոքր հետաքրքրությունները, քան մեկ այլ անձ: Նա ձեռք կբերի իդեալ, որը կսիրի սեփական անձից ավելի, և դա այն միակ հենքն է, որի վրա կարող է կառուցվել բարոյախոսությունը: Հանուն այդ իդեալի նա կաշխատի առանց վաճառելու այն՝ չսպասելով ոչ մի կոպիտ վարձատրության, որը ամեն ինչ է շատերի համար: Եվ երբ անշահախնդրությունը կդառնա նրա սովորությունը, այն կհետևի նրան ամենուր: Նրա ողջ կյանքը կդառնա գունագեղ: Առավել ևս, որ նրան ոգեշնչող կիրքը սերն է առ ճշմարտություն: Մի թե այդ սերը հենց բարոյախոսություն չէ:

Իսկ XXI դարի երկրորդ կեսի մարդը հենց այդպիսին է լինելու: Իրոք, բնագիտության, հատկապես ֆիզիկայի և նրա մակաժամաբ ու ներդրմամբ նաև մյուս գիտությունների բուռն զարգացումը XX դարում արմատապես փոխեց XXI դարի մարդու էությունը, նրա մտածելակերպն ու մարդկային քաղաքակրթությունը: Փոխվել են անհատի աշխարհայացքը, մարդու ու մարդկության նպատակները, խնդիրները, գործելակերպը, կենսակերպը և այլն: Արդեն մեր օրերում իսկ փորձարարական ուսումնասիրության են ենթարկվում «մութ» էներգիայի և Տիեզերքի առաջացման վարկածներն ու նրանց վիճակը ստեղծումից մեկ միկրովայրկյան հետո, իսկ նանովայրկյանի իրավիճակները տեսական քննարկման են դրված: 100 տարի առաջ օդանավը նոր էր ուստպիայից իրականություն գալիս, իսկ ներկայումս տիեզերանավով արտերկրյա զբոսանքը օրախնդիր է դարձել, «Վոյաջերն» էլ Արեգակնային համակարգից արդեն դուրս է եկել: Այլևս խնդիր չէ նաև մարդուն կրկնօրինակելը (կլոնավորում): Ներկայումս մտահոգ ենք դարձել մարդկային քաղաքակրթության ու մտավոր-մշակութային արժեքների պահպանմամբ: Այդ նպատակով Տիեզերքում որոնվում են կյանքի համար հարմար երկնային մարմիններ՝ ապագայում այնտեղ տեղափոխվելու նպատակով: 20 լուսատարի հեռավորության վրա արդեն գտնվել է մի այդպիսի «երկրագունդ», մնում է պարզել նրա կյանքի տևողությունը Երկիր մոլորակի բնական, առավել ևս արհեստական «վախճանից» հետո: Այդ նորը շատ ավելի հեռու է, քան մեզ ամենամոտիկ աստղը՝ Կենտավրոս համաստեղության Ալֆա աստղը, որը երկրից 9 լուսատարի հեռավորության վրա է: Իսկ մարդկության առաջնահերթ խնդիրն է մինչ այդ «Մեծ տիեզերագաղթը» փրկել Երկիր մոլորակը կամ էլ կյանքը նրա վրա մարդու լավ

չկշռադատված կամ անխոհեմ գործունեությամբ պայմանավորված արհեստական ոչնչացումից: Այդ հանգամանքն արդեն յուրացված է մարդկության կողմից նույնպես բնական ու ճշգրիտ գիտությունների շնորհիվ, և հիմա էլ նրա հոգեբանության մեջ սաղմնավորվում է նոր՝ անխռով ու անխուճապ կանխատեսելու, նախապատրաստվելու ու բնության օրենքներով օրհասին դիմակայելու գաղափար՝ կապված իր կյանքի կեսն արդեն ապրած Արեգակ աստղի ու մեր Գալակտիկայի ապագայի հետ: Այո՛, բնական ու ճշգրիտ, գլխավորապես ֆիզիկական գիտություններն արդ սաղմնավորել և կերտում են նոր մարդու կերպար՝ բեթոնվեյան, որն ի գործու է պայքարել ինքն իր ու բնության հետ՝ ինքնամաքրվելու ու հաղթելու իր մտավոր, հոգևոր ու զգացմունքային որակներով՝ կարծես հավաստելու համար, թե ինքը բնության կերտած գլուխգործոցն է համայն Տիեզերքում: Նոր մարդու արվեստն ու մշակույթը, գործունեության նպատակները, կարգը, ձևն ու մակարդակը դյուրըմբռնելի ու դյուրահաս չեն լինի XXI դարի մարդու համար այնպես, ինչպես մերը՝ նախամարդու համար: Նորամարդը կտեսնի ու կզգա, որ երևույթները դրսևորվում են մեր գործող դասական տրամաբանությամբ, բայց ընթանում են բոլորովին այլ, այսինքն՝ ավելի ընդհանուր տրամաբանությամբ, և նա կմտածի հենց այդպես: Դիտարկենք երկու օրինակ:

- Բնության կառուցվածքային ձևերն այնքան անկանոն ու ֆրագմենտացված են, որ ի տարբերություն էվկլիդեսյան մարմինների՝ դրսևորում են կազմավորման այլ՝ ավելի բարդ մակարդակ: Նման անկանոն ու ֆրագմենտացված կառուցվածքները (անվանում են ֆրակտալներ) նկարագրելու համար ստեղծվում է նոր՝ ֆրակտալ երկրաչափություն: Այս նոր երկրաչափությունը գիտության ու արվեստի միջև նոր կամրջակ է:
- Ռելյատիվիստական քվանտային ֆիզիկայի հայեցակարգն իր հիմքում ունի բազմաթեք անորոշականացված (ինդետերմինացված) տրամաբանություն, որն արմատապես տարբերվում է մեր առօրեական տրամաբանությունից: Դասական տրամաբանությամբ ասույթն ու իր ժխտումը իրարամերժ են. չեն կարող միաժամանակ երկուսն էլ ճիշտ լինել, և դրանցով ներկայացվող երևույթներն էլ չեն կարող միաժամանակ ընթանալ: Քվանտային դեպքում ասույթը կարող է միաժամանակ և՛ ճիշտ, և՛ սխալ լինել, իսկ համապատասխան իրարամերժ երևույթներն էլ անհրաժեշտաբար զուգահեռ կընթանան (օրինակ՝ Շրյոդինգերի կատուն): Այդօրինակ երևույթները մեր դասական պատկերացումներով են լույս իրարամերժ: Դասական դեպքում ենթադրված

պայմանը, եթե հանգեցնում է հակասության, ապա այդտեղից բխում է պայմանի սխալ լինելը, ուստի այն, ըստ բացասման բացասման կանխադրության, տեղի չունի: Դրա հիման վրա է գործում մաթեմատիկական ապացուցման հիմնական եղանակներից մեկը՝ հակասող ենթադրության մեթոդը, որը, սակայն, տեղի չունի քվանտային տրամաբանությամբ: Այն, հիրավի, կխթանի նաև նոր մաթեմատիկայի ստեղծումը: Չէ՞ որ մեր Տիեզերքը չէր կարող առաջանալ, եթե բնության մեջ գործեր միայն դասական տրամաբանությունը: Ապագայի մարդն այլ որակ ու մտածելակերպ է ունենալու:

Այս դասընթացի բովանդակությունն ու էությունը, անտարակույս, արդեն իսկ սկսել ու շարունակում են գրավել արդի մարդու միտքը, ուստի դրա ներառումն ուսումնական պլաններում ու համապատասխան դասագրքերի ստեղծումը դեռևս փորձեր են՝ այդ գործընթացը համակարգելու ու արդյունավետությունը բարձրացնելու:

РЕЗЮМЕ

Современное естествознание и основополагающие законы физики

Левон Суренович Асланян

В предлагаемом учебном пособии осуществлен синтез античной цивилизации и последних достижений естественных и гуманитарных наук с целью ознакомления представителей естественных, гуманитарных и социально-экономических специальностей с междисциплинарными связями, особенностью и общностью закономерностей развития современного естествознания. Для достижения этой цели физика включена не как один из разделов, а как основополагающее звено, формирующее новую логику, образ мышления и мировоззрения, и как механизм, связующий эти разделы.

Несомненно, учебное пособие будет полезно не только студентам естественных, гуманитарных и социально-экономических специальностей, но и тем, кто интересуется концепциями современного естествознания, вопросами методологической общности и особенностями естественных и гуманитарных наук.

SUMMARY

Modern Natural Science and Fundamental Laws of Physics

Levon Suren Aslanyan

The proposed textbook synthesizes ancient civilization with the latest natural and humanities sciences advancements to familiarize students in natural, humanities, and socio-economic fields with interdisciplinary connections, characteristics, and common developmental patterns in modern natural science. To accomplish this, physics is not merely included as one of the sections but serves as a foundational element that establishes a new logic, mode of thinking, and worldview, acting as a bridge connecting the various sections.

This textbook will undoubtedly be valuable not only for students in natural, humanities, and socio-economic fields but also for anyone interested in the concepts of modern natural science, issues of methodological community and features of both the natural and humanities sciences.

Օգտագործված գրականություն

1. Ասլանյան Լ. Ս., Կարայան Հ. Ս., Ժամանակակից բնագիտության հայեցակարգերը, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 2011:
2. Ասլանյան Լ. Ս., Պախալով Վ. Բ., Ոչ գծային ֆիզիկայի ներածություն, Լաբորատոր աշխատանքների ուսումնական ձեռնարկ, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 2016:
3. Волошинов А. В., Математика и искусство, М.: «Просвещение», 2000.
4. Аристотель, Этика, М.: АСТ, 2023.
5. Кант Иммануил, Основы метафизики нравственности // Сочинения в шести томах, М.: «Мысль», т. 4., ч. I.
6. Канке В. А., Концепции современного естествознания, М.: «Юрайт», 2014.
7. Theory and Bioethics, Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2020.
8. Летов О. В., Проблемы и принципы биоэтики. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-printsipy-bioetiki>.

Լրացուցիչ գրականություն

1. Свиридов В. В., Свиридова Е. И., Концепции современного естествознания, М., 2021.
2. Спиноза Б., Этика, М.: «Академический проект», 2018.
3. Горбачев М. М., Концепции современного естествознания, М.: «Оникс» XXI век, 2005.
4. Блохинцев Д. И., Две ветви познания мира. Техника молодежи, 1982, N 3, 18-23.
5. Хакен Г., Тайны природы Синергетика: учение о взаимодействии, Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003.
6. Мандельброт Б., Фрактальная геометрия природы, Москва, Институт компьютерных исследований, 2002.
7. Semenov V., Basic principles and rules of bioethics theory. Scientific Journal of Sy. Petersburgs State Institute of Psikhology and Social Work, 2013, V. 20, N 2, pp. 62-68.

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԼԵՎՈՆ ՍՈՒՐԵՆԻ ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ
ԲՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԵՎ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՀԻՄՆԱՐԱՐ
ՕՐԵՆՔՆԵՐԸ

Համակարգչային ձևավորումը՝ Կ. Չալաբյանի
Կազմի ձևավորումը՝ Ա. Պատվականյանի
Խմբագիր՝ Մ. Հովհաննիսյան

Հեղինակները հաստատում են, որ ծանոթ են «ԵՊՀ գրահրատարակչական քաղաքականությանը», և գրքում առկա փաստերը, դիրքորոշումները, կարծիքները շարադրված են հեղինակային իրավունքի և էթիկայի միջազգայնորեն ընդունված սկզբունքների պահպանմամբ:

Տպագրված է «ՄՌԱՎ ՊՐԻՆՏ» ՍՊԸ-ում:
Կոտայքի մարզ, Ջրվեժ, գ. Ձորաղբյուր, 99 թաղ, 41

Ստորագրված է տպագրության՝ 13.11.2024:
Չափսը՝ 60x84 1/16: Տպ. մամուլը՝ 13.375:
Տպաքանակը՝ 100:

ԵՊՀ հրատարակչություն
ք. Երևան, 0025, Ալեք Մանուկյան 1
www.publishing.ysu.am