

ՄՏԱՅԻՆ ԷՔՍԱԿԵՐԻՄԵՆՏԻ ԺԱՆԱԶՈՂԱԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ

Լ.ՐԱ ԳՐԻԴՈՐՅԱՆ

Մտային էքսպերիմենտը մարդու տեսական գործունեության ձևերից է, նրա մտածողության ստեղծագործական ակտիվության արտահայտությունը։ Մտային էքսպերիմենտի հստակ և միասնական սահմանում փիլիսոփայական, մեթոդոլոգիական և հոգևորական գրականության մեջ չկա. այն դիտում են որպես «իմացության մեթոդ», «էքսպերիմենտի արտաքին ձև ընդունող սովորական առարկան խորհրդածություն», «իրականության պատկերավոր կերպարների հետ գործառնելու միջոց», «մաթեմատիկական նշանների հետ գործառնելու միջոց» և այլն։ Այս բնորոշումները կարելի է դիտել որպես մտային էքսպերիմենտի առանձին բնութագրումներ, բայց ոչ երբեք նրա վերջնական սահմանում։

Քննենք մտային էքսպերիմենտի մի շարք կարևոր բնութագրումներ, որոնք բխում են նրա տարբեր բնորոշումներից։ Վ. Ա. Շտոֆը մտային էքսպերիմենտը վերլուծում է մոդելավորման պրոբլեմի կապակցությամբ և գտնում, որ «մտային էքսպերիմենտի բոլոր հատկություններից ամենաէականը մոգելն է՝ նրա կառուցումը, հետազոտումը, փոփոխումը և նրա հետ կատարվող մյուս մտավոր գործողությունները»¹։ Մտային էքսպերիմենտի միայն այսպիսի բնութագրումով սահմանափակվելը, սակայն, ճիշտ չէ, որովհետև այն իր բնույթով և կառուցվածքով շատ ավելի խորը և հարուստ է, քան մոդելավորումը։ Այսուհանդերձ՝ անկասկած է, որ մտային էքսպերիմենտի մեջ վերացական մոդելների կառուցումը և փորձարկումը արգասավոր է տեսական մտածողության համար. դա հնարավորություն է ընձեռում ականառու ներկայացնելու մասնավորապես ֆիզիկայի ընդհանրական բնույթի մի շարք օրենքներ և սկզբունքներ։ Խոսքն առաջին հերթին վերաբերում է ֆիզիկայի տեսական բնագավառներում լայնորեն գործածվող այն «վերացական էությունների» վերարտադրությանը, որոնք անմիջականորեն տրված չեն զգայական հայեցողությանը. ավելին՝ սկզբունքորեն անմատչելի են անմիջական դիտմանը։ Մյուս կողմից, մտային էքսպերիմենտի մեջ առավել լիակատար ձևով են դրսևորվում տեսական մտածողության՝ վերացարկման, իդեալականացման, կոնստրուկտիվացման ունակությունները, որոնց շնորհիվ հետազոտվող երևույթները ներկայանում են մաքուր տեսքով՝ զերծ տվյալ տեսակետից կողմնակի, խաթարիչ գործոններից, որոնց հետ նրանք միահյուսված են նյութական էքսպերիմենտի մեջ։ Ուստի, կարելի է ասել, որ այս առումով մտային էքսպերիմենտն իրականացնում է երևույթի և էության կապը։

Մտային էքսպերիմենտի այլ կողմերի վերհանման համար դիմենք Վ. Ն. Մոլոդշիի տված սահմանմանը։ Քննելով մաթեմատիկայի փիլիսոփայական հարցերը և նրանց հիմնավորումը, Վ. Ն. Մոլոդշին նշում է այն մեծ դերը, որ

¹ В. А. Штоф, Моделирование и философия, М.—Л., 1966, стр. 212.

մաթեմատիկական գիտելիքի զարգացման և հիմնավորման գործում խաղացել է մաթեմատիկական սիմվոլիկան: Նրա կարծիքով՝ նշանի և նշանների սիստեմի խաղացած դերը մաթեմատիկայում նման է մարդկային պրակտիկ գործունեությունում խոսակցական լեզվի կատարած դերին, քանի որ մաթեմատիկական նշանների լեզուն թույլ է տալիս մաթեմատիկական ձևարտությունների փոխանակել և հնարավոր դարձնում համատեղ գիտական աշխատանքում գիտնականների հաղորդակցումը: Ինչպես Վ. Ն. Մոլոդչին է գրում, նշանների լեզվի օգտագործման հնարավորությունը մաթեմատիկայում պայմանավորված է նրա առարկայի առանձնահատկություններով, նրանով, որ մաթեմատիկական ուսումնասիրում է ռեալ աշխարհի օբյեկտների ձևերն ու հարաբերություններն անփոփոխ սահմաններում՝ անտարբեր մնալով նրանց նյութական բովանդակության նկատմամբ²: Ահա այս հանգամանքն էլ թույլ է տալիս մոդելներ կառուցել քանակական այն հիմնական հարաբերություններն առանձնացնելու և «մաքուր ձևով» ներկայացնելու համար, որոնց մեջ կարող են մըտնել տարբեր օբյեկտներ, ինչպես նաև ստեղծել հաշվումների ապարատներ և ալգորիթմներ՝ տարբեր խնդիրների լուծման համար: «Մաթեմատիկական նշաններով գործառնելը, — գրում է Մոլոդչին, — իդեալականացված էքսպերիմենտ է, որը «մաքուր ձևով» նկարագրում է այն, ինչ տեղի ունի կամ կարող է (մոտավոր կամ ձգգրիտ) ռեալիզացվել իրականության մեջ: Միայն դրա շնորհիվ է, որ մաթեմատիկական նշաններով գործառնելը ընդունակ է ծառայելու մաթեմատիկական ձևարտությունների հայտնագործմանը³: Այսպիսի սահմանումը բավականին լայն է, սակայն տրամաբանա-մաթեմատիկական գործողությունների մեջ իդեալականացված էքսպերիմենտի մոդել տեսնելը կարևոր քայլ է ինչպես մտային էքսպերիմենտի բնույթի, այնպես էլ մաթեմատիկայի հիմունքների ըմբռնման համար:

Գրականության մեջ կարելի է հանդիպել մտային էքսպերիմենտի այնպիսի բնորոշման, ըստ որի այն հանդիսանում է հետադոտորի գիտակցության մեջ նյութական էքսպերիմենտի «իդեալական նախատիպ», նյութական էքսպերիմենտին նախորդող փուլ կամ նրա իդեալական վերարտադրություն: Այսպես, Ա. Վ. Սլավինն առանձնացնում է մտային էքսպերիմենտի երկու տեսակ. «ա) մտային էքսպերիմենտ, որը ծառայում է իբրև հետագա ռեալ էքսպերիմենտի անցկացմանը նախորդող աշխատանքի մի մաս, բ) այնպիսի իդեալականացված էքսպերիմենտ, որը իդեալականացված օբյեկտներով գործառնելու պատճառով պրակտիկայում նույնիսկ սկզբունքորեն հնարավոր չէ իրականացնել⁴, Իհարկե, մինչև նյութական էքսպերիմենտի անցկացումը հետադոտոր կատարում է որոշակի տեսական նախապատրաստություն՝ տվյալ պրոբլեմի հնարավոր լուծումների լավագույն ընտրության, էքսպերիմենտի ընթացքի և արդյունքների կանխատեսման իմաստով: Նյութական էքսպերիմենտին նախորդող այս մտային գործողությունների մեջ մտային էքսպերիմենտ որոնելը ճիշտ չէ, քանի որ դրանք մարդկային ցանկացած ճանաչողական գործունեության

² В. Н. Молодший, Очерки по философским вопросам математики, М., 1969, стр. 123—133.

³ Նույն տեղում, էջ 123—125:

⁴ Նույն տեղում, էջ 127:

⁵ А. В. Славин, Роль мысленного эксперимента в возникновении нового знания («Очерки истории и теории развития науки», М., 1969, стр. 203).

անխզելի մասն են: Այս իմաստով պետք է համաձայնել Ն. Օ. Վալտի հետ, որի կարծիքով՝ մտային էքսպերիմենտը չի կարելի հանգեցնել սոսկ «պլանավորվող ունալ էքսպերիմենտը նախապատրաստող խորհրդածությունների»⁶: Հակառակ դեպքում՝ մտային էքսպերիմենտը ներկայանում է որպես նյութական էքսպերիմենտի նախնական պարզ սխեմա, իսկ դա շատ է նեղացնում և աղբատույնում մտային էքսպերիմենտի ըմբռնումը: Այս դիտողություններն, իհարկե, չեն վերաբերում այն դեպքին, երբ մտային էքսպերիմենտն իր արդյունքներով դիտականին դրդում է դնելու նոր նյութական էքսպերիմենտներ, որոնք կամ հաստատում են այն, կամ էլ բացահայտում նրա լրիվ կամ մասնակիորեն սխալ լինելը: Այս առումով մտային էքսպերիմենտը հանդես է գալիս իբրև նյութական էքսպերիմենտին նախորդող փուլ:

Մտային էքսպերիմենտը կարող է ոչ միայն նախորդել նյութականին, այլև լինել նրա «շարունակությունը»: «Շարունակություն» ասելով հասկանանք հետևյալ իրավիճակը: Նյութական էքսպերիմենտում անհնար է ռեալ պրոցեսները (օբյեկտները) մեկուսացնել արտաքին ազդեցություններից: Այդ պատճառով էլ ընդլայն շատ օրենքներ անհնար է անմիջականորեն բխեցնել նյութական էքսպերիմենտներից: Այս դեպքում հետազոտողն անցնում է մտային էքսպերիմենտի: Տեսականորեն ստեղծվում է այնպիսի իրավիճակ, որը, գործնական իրականացման հավակնություն չունենալով, հնարավորություն է տալիս ուսումնասիրվող օբյեկտի հատկությունների և հարաբերությունների հարստությունից առանձնացնել և ավելի խորը ուսումնասիրել հետաքրքրող երևույթի որոշակի կողմերը և հատկությունները:

Մտային էքսպերիմենտների այս հատկության մեջ է նրանց հսկայական առավելությունը նյութական էքսպերիմենտների համեմատությամբ: Բնության մի շարք օրենքներ հայտնաբերվել են հենց այս ուղիով՝ նյութական օբյեկտներից և պայմաններից իդեալական օբյեկտներին և պայմաններին սահմանաչին անցում կատարելու ուղիով: Այս առումով էլ, որպես նյութական էքսպերիմենտի շարունակություն, պետք է հասկանալ մտային էքսպերիմենտը: Դրա ցայտուն օրինակն է Գալիլեյի կողմից իներցիայի սկզբունքի արտածումը: Սկզբում Գալիլեյն ուսումնասիրում էր մարմինների շարժումը թեք հարթության վրա: Նա դիտում էր արագության փոփոխության կախումը հարթության թեքությունից և արտաքին ներգործությունից: Այնուհետև նրան հետաքրքրեց այն դեպքը, երբ հարթությունը հորիզոնական վիճակում է: Դրա համար Գալիլեյը նյութական էքսպերիմենտից սահմանաչին անցում կատարեց մտային էքսպերիմենտ, քննարկելով իդեալականորեն պինդ և հարթ մարմնի շարժումը իդեալականորեն հարթ հորիզոնական հարթության վրա: Այս մտային էքսպերիմենտի արդյունքը հանդիսացավ նրա հայտնի եզրակացությունը, որը հետագայում նյութաբանական հետազոտության հիմք դարձավ:

Մեկ այլ ոչ պակաս հայտնի էքսպերիմենտ, որը Գալիլեյին հանգեցրեց մարմինների ազատ անկման օրենքի ձևակերպմանը, տեղի է ունեցել մի փոքր առաջ պարագաներում: Սկսած Արիստոտելից՝ կարծում էին, թե մարմինների անկման արագությունը համեմատական է նրանց կշռին, որ մարմնի շարժումը միջավայրում պայմանավորված է արտաքին ազդեցությամբ: Հստ Արիստո-

⁶ Л. О. В а л ь т, Мысленный эксперимент («Уч. зап. Тартусского ун-та, вып 124, стр. 39).

տելի, եթե երկու քարերը դնենք միմյանց վրա, ապա նրանց արագութիւնը երկու անգամ մեծ պետք է լինի, քան առանձին-առանձին ընկնելիս: Այս դրույթը ստուգելու համար Գալիլեյը կատարեց հետևյալ փորձը. միևնույն շառավիղ ունեցող երկու գնդեր՝ պատրաստված տարբեր նյութերից (փայտից և արճճից), զգվում են մեծ բարձրութիւնից: Չնայած կշռի մեծ տարբերութեանը, նրանք ընկնում են գրեթե միաժամանակ: Այս փորձերից և անմիջական գիտումներից Գալիլեյը եզրակացրեց՝ եթե ունենք միմյանց վրա դրված երկու ծանրութիւններ, ապա վերևի ծանրութիւնը մեծացնում է նրանց ընդհանուր կշիռն այն դեպքում, երբ նրանք երկուսն էլ գտնվում են հանգստի վիճակում (կշեռքի վրա), սակայն եթե նրանք ազատ անկում են կատարում, ապա վերևի ծանրութիւնը ոչ մի ձևում չի գործադրում ներքևի ծանրութեան վրա, և ոչ անկման տարբեր արագութիւնները պայմանավորված են ոչ թե կշիռների տարբերությամբ, այլ արտաքին պատճառներով, հիմնականում՝ միջավայրի դիմադրությամբ:

Փորձնական տվյալների հիման վրա Գալիլեյը ենթադրեց, որ բոլոր մարմինները, անկախ կշռից, շարժվում են նույն արագացմամբ, ընդ որում արագութեան աճը համեմատական է ժամանակին: Այս ենթադրութիւնն ապացուցելու համար Գալիլեյը դիմեց մտային էքսպերիմենտի և զուտ երկրաչափական եղանակով բխեցրեց հայտնի օրենքն այն մասին, որ անցած ճանապարհը համեմատական է ժամանակի քառակուսուն: Այնուհետև տեսականորեն (մտային էքսպերիմենտի միջոցով) Գալիլեյն ապացուցեց, որ հավասար հաջորդական ժամանակահատվածներում անցած ուղիները համեմատական են կենտրոնների շառքին: Այս օրենքն իր փորձնական ապացույցը գտավ թեք հարթակով գլորվող բրոնզե գնդիկի Գալիլեյի հայտնի փորձում: Վերը ասվածից պարզ է դառնում, թե իմացութեան պրոցեսում ինչպես է փոխվում մտային էքսպերիմենտի դերը: Եթե մի դեպքում Գալիլեյն այն օգտագործեց որպես նյութական էքսպերիմենտի սահմանային շարունակութիւն, ապա մյուս դեպքերում՝ որպես միջոց նոր հիպոթեզի առաջադրման կամ նոր օրինաչափութիւններ ստանալու համար:

Ֆիզիկայի զարգացումը և նոր օրինաչափութիւնների հայտնաբերումը մեծ ազդեցութիւն են թողնում մտային էքսպերիմենտի բնույթի և բովանդակութեան վրա: Փոխվում են ոչ միայն հետազոտման օբյեկտները, այլև մտային էքսպերիմենտի տրամաբանական դրվածքը: Ինչպես մի քանի օրինակներ, որոնք ցույց են տալիս ֆիզիկայի զարգացման տարբեր փուլերում մտային էքսպերիմենտների տարբերութիւնները:

Քննենք Ս. Կառնոյի հայտնի մտային էքսպերիմենտը իդեալական գազի և իդեալական շոգեմեքենայի հետ: Ս. Կառնոն, որն ուսումնասիրում էր երկու իզոթերմից և երկու ադիաբատից բաղկացած շրջելի պրոցեսը, մտային էքսպերիմենտի արդյունքներին տալով մաթեմատիկական ձևակերպում, եկավ այն եզրակացութեան, որ անհնարին է խուսափել ջեռուցիչից դեպի սառնարանը ջերմութեան հոսքից, եթե սառնարանի ջերմաստիճանը բացարձակ զրոյից բարձր է:

Եթե Կառնոյի շրջելի ցիկլն իրականացնենք ցանկացած նյութով, ապա նրա օգտակար գործողութեան գործակիցը հավասար կլինի իդեալական գազի ցիկլի գործակիցին: Կառնոյի շահասարակշռված (ոչ շրջելի) ցիկլի դեպքում ստացվող գործակիցն իդեալական ջերմային մեքենայի գործակիցից բարձր լինել չի

կարող, իսկ սահմանային դեպքում՝ կարող է միայն հավասար լինել նրան։ Այսպիսով, Կառնոյի մտային էքսպերիմենտը թույլ տվեց գտնել ցանկացած ջերմային մեքենայի օգտակար գործողության գործակցի վերին սահմանը։ Սա նշանակում է, որ ամենամեծ հնարավոր գործակցով օժտված է Կառնոյի շրջևիցի ցիկլը, որը դործնականորեն անհնար է իրականացնել։ Հետագայում այս եզրակացություններն ընդհանրացրին Կլաուզիուսը և Բոմսոնը, այն ձևակերպելով իրեն թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքը։

Թերմոդինամիկայի հետագա զարգացումը ցույց տվեց, որ նրա երկրորդ օրենքն ունի վիճակագրական բնույթ, ուստի և բացարձակ չէ։ Այս օրենքից լինում են շեղումներ, որոնց պատճառն են ֆլուկտուացիոն պրոցեսները, մասնիկների բրոունյան շարժումը, ջերմաստիճանի ու ճնշման տատանումները և այլն։

Թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքի ըմբռնմանը շատ բանով օգնեց «Մաքսվելի դեմոնի» մտային էքսպերիմենտը։ Պատկերացնենք, որ գոյություն ունի մի մտածող էակ՝ «Մաքսվելի դեմոնը», որն ընդունակ է դիտել առանձին մոլեկուլների շարժումը։ Մենք չենք կարող գազին առանց լրացուցիչ էներգիա հաղորդելու տաքացնել նրա ծավալի մի մասը և սառեցնել մյուս մասը։ Սակայն «դեմոնի» համար դա սկզբունքորեն հնարավոր է։ Դիցուք, ունենք պինդ ջերմամեկուսիչ պատերով մի անոթ, որում պարփակված է գազը։ Ցանկացած ջերմաստիճանի դեպքում նրա մեջ կլինեն մեծ արագությամբ օժտված «տաք» մոլեկուլներ և այդ ջերմաստիճանի համար ամենահավանական միջին արագությունից ցածր արագությամբ «սառը» մոլեկուլներ։ «Դեմոնը» անոթում դնում է մի ջերմամեկուսիչ միջնորմ՝ անցքով և փականով և դիտում մոլեկուլների շարժումը։ Եթե անոթի վերջին մասից դեպի անցքն է թռչում մեծ արագությամբ ունեցող մոլեկուլ, «դեմոնը» փակում է անցքը. մոլեկուլը հետ է թռչում և մնում անոթի վերին մասում։ Իսկ երբ դեպի անցքը փոքր արագությամբ ունեցող մոլեկուլ է թռչում, «դեմոնը» այն բաց է թողնում դեպի անոթի ներքին մասը։ Այսպիսով, անոթի վերին մասում հավաքվում են մեծ արագությամբ, իսկ ներքին մասում՝ փոքր արագությամբ ունեցող մոլեկուլներ։ Սա նշանակում է, որ անոթի վերին մասում ջերմաստիճանը բարձրանում է, իսկ ներքևի մասում՝ ընկնում, չնայած անոթում ամփոփված գազի ընդհանուր ջեյմոթյան քանակը չի փոխվել։ Այստեղ առկա է թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքի խախտում, որն ինչքան ավելի մեծ է, այնքան ավելի քիչ հավանական։ Այս գաղափարը հետագայում դարձավ վիճակագրական ֆիզիկայի հիմնադրույթներից մեկը։ 1887 թ. Բոլցմանը տվեց թերմոդինամիկայի երկրորդ օրենքի վիճակագրական մեկնաբանությունը, ըստ որի ամեն մի մեկուսացված սիստեմում տեղի են ունենում այնպիսի փոփոխություններ, որոնք այն բերում են նրա ամենահավանական վիճակին։

Այս մտային էքսպերիմենտը վերը շարադրվածներից տարբերվում է նրանով, որ այստեղ գործառնում ենք իրականության մեջ իր նմանը չունեցող իդեալական օբյեկտով։ Ամբողջ էքսպերիմենտն աչքևս նյութական էքսպերիմենտի սահմանային շարունակությունը չէ, ինչպես Գալիլեյի և Կառնոյի մոտ էր։ Մտային էքսպերիմենտի բնույթի այսպիսի փոփոխությունը բացատրվում է այն օրինաչափությունների, հատկությունների ու հարաբերությունների բնույթի փոփոխությամբ, որոնց հետազոտման համար կիրառվում է մտային էքսպերիմենտը։ Հիրավի, օգտվելով «Մաքսվելի դեմոն» մտային էքսպերիմենտից,

ոչ միայն ցուցադրում ենք թերմոդինամիկայի երկրորդ սկզբունքի վիճակագրական բնույթը, այլև ֆիզիկական պրոցեսների ըմբռնման մեջ մտցնում Գալիլեյի և Նյուտոնի մեխանիկայում բացակայող հավանականություններ:

Կարելի է ասել, որ ֆիզիկայի զարգացման տվյալ փուլում փոխվում են մտային էքսպերիմենտի դրվածքը, իրականության իդեալականացման և կոնստրուկտիվացման տեսակները: Մտային էքսպերիմենտի տրամաբանական ստատուսի տեսակետից ավելի շատ փոփոխություն նկատվում է էլեկտրոդինամիկայում և Մաքսվելի մտային էքսպերիմենտներում: Դրանց հիման վրա տրվեցին էլեկտրական դաշտի կառուցվածքը և բնույթը՝ արտահայտված Մաքսվելի հայտնի հավասարումներով:

Հայտնի է, որ Մաքսվելի հավասարումների համար հիմք են ծառայել էրստեդի և Ֆարադեյի փորձերը, և որ նա դաշտի էլեկտրամագնիսական տեսության բնագավառում գրեթե ոչ մի փորձ չի կատարել: Այդ դեպքում նրան ինչպե՞ս հաջողվեց ստանալ իր հայտնի հավասարումները: Այս հարցին էյնշտեյնը և Ինֆելդը պատասխանում են, որ «Մաքսվելի հավասարումներին տանող սկզբունքային քայլերից» մեկը իդեալականացված (մտային) փորձն է, որը հետևյալն է. Մաքսվելը երևակայության մեջ կրկնեց Ֆարադեյի փորձը, որի մեջ պարույրը բեռնանում է կետում⁷: Սահմանային դեպքում չքանում են պարույրի մեծությունն ու ձևը, և ստացվում են օրենքներ, որոնք իրար հետ կապում են մագնիսական և էլեկտրական դաշտերի փոփոխությունները, դաշտի ցանկացած կետի և ցանկացած պահի համար: Սակայն սա դեռևս Մաքսվելի հավասարումներին հանգեցնող ամբողջ քայլ չէ, այլ, ինչպես նշում են էյնշտեյնը և Ինֆելդը, «կիսաքայլ» է⁸: Հաջորդ «կիսաքայլը» էրստեդի փորձի վրա հիմնվող մտային էքսպերիմենտն է: Այստեղ հոսանքը շրջափակող մագնիսական ուժագծերը ևս ձգվում են դեպի երկրաչափական կետ, և ստացվում են մագնիսական ու էլեկտրական դաշտերի փոփոխությունների կանխման օրինաչափություններ՝ տարածության ցանկացած կետի և ժամանակի ցանկացած պահի համար:

Այնուհետև Մաքսվելը կատարում է փորձնական փաստերից շատ հետո գնացող քայլ, գտնելով, որ էլեկտրամագնիսական դաշտը ռեալություն է, էլեկտրական դաշտը ստեղծվում է փոփոխվող մագնիսական դաշտով, անկախ այն ի հայտ բերող հաղորդչի առկայությունից: Եվ հակառակը՝ մագնիսական դաշտը ստեղծվում է փոփոխվող էլեկտրական դաշտով՝ անկախ այն ի հայտ բերող մագնիսական սլաքի առկայությունից: Այսպիսով, Մաքսվելը դաշտը ըմբռնում է որպես իր հավասարումներին ենթարկվող ռեալություն: Այնուհետև էյնշտեյնը և Ինֆելդը նկարագրում են մի մտային էքսպերիմենտ էլեկտրականության միջավայրում լիցքավորված սֆերայի հետ, որը արտաքին ուժերի ազդեցության տակ տատանվում է ձոճանակի նման: Կիրառելով Մաքսվելի հավասարումները, ստացվում է տատանվող լիցքը շրջապատող դաշտի բնութագիրը: Արդյունքում ստացվում է պատկերացում էլեկտրամագնիսական ալիքի մասին: Այնուհետև տեսականորեն տրվում է էլեկտրամագնիսական ալիքի լայնական բնույթի գաղափարը: Ստացվում է անակնկալ եզրակացություն. էլեկտրամագնիսական ալիքը տարածվում է դատարկ տարածության մեջ: Ուրեմն, շանելով համարյա ոչ մի փորձ, Մաքսվելը փորձնական տվյալների ընդհանրացման մի-

⁷ А. Эйнштейн, Л. Инфельд, Эволюция физики, М., 1965, стр. 119.

⁸ Նույն տեղում:

ընդո՞վ տվեց էլեկտրամագնիսական դաշտի տեսությունը, որն իր փայլուն առաջույցը ստացավ գործնականում:

Կարադևյը և էրստեդը իրենց ժամանակի փորձարարների մեջ փայլուն տեղ են դրավում, սակայն անմիջական փորձնական տվյալների ետևում հարկավոր էր տեսնել ուսումնասիրվող երևույթների ավելի խորը կապեր և օրինաչափություններ: Հենց դա էլ արեց Մաքսվելը, որը տեսական մտածողության ակտիվություն շնորհիվ կարողացավ այդ փորձերի տվյալների «իդեալականացման», «պարզեցման» միջոցով բացահայտել ուսումնասիրվող երևույթների հիմքում ընկած օրինաչափությունները:

Ի՞նչ նոր բան է պարունակում Մաքսվելի մտային էքսպերիմենտը: Ի՞նչ է, թե մի մտածողության մեջ ոչ մի նոր բան տեղի չունեցավ: Մտածողության հին ձևը (ֆիզիկական մտային էքսպերիմենտը) մնաց նույնը: Մինչև Մաքսվելը մտային էքսպերիմենտի համար հիմք էր ծառայում փորձնական նյութը, որը վերացարկման և իդեալականացման միջոցով ընդհանրացվում և իր տեսական հաստատումն էր գտնում մտային էքսպերիմենտի ձևում: Մաքսվելի մտային էքսպերիմենտի համար ևս հիմք են ծառայում փորձնական տվյալները, որոնց ընդհանրացման ձևը նույնպես մտային էքսպերիմենտն է: Սակայն այս էքսպերիմենտներում Մաքսվելի մտածողությունն ընդունում է բոլորովին այլ մասինմատիկական մոդելավորման բնույթ, որի շնորհիվ Մաքսվելին հաջողվեց տալ էլեկտրամագնիսական դաշտի փր հայտնի հավասարումները: Մաքսվելի մտային էքսպերիմենտներում առկա է կետի և վակուումի, ընդհատության և անընդհատության փոխհարաբերության բոլորովին այլ ըմբռնում, որը և նրան թույլ տվեց զուտ տեսականորեն հանգելու էլեկտրամագնիսական դաշտի ռևոլյուցիային: Այս առթիվ Վ. Ս. Բիբլերը իրավացիորեն գրում է, որ «սա մտածողության նոր եղանակ էր, մտքի բովանդակությունը այստեղ այնպես է փոխվել, որ այն միաժամանակ մտքի փոփոխություն է: Մաքսվելից հետո այսպիսի մտածելակերպը անհրաժեշտ է դառնում ամեն մի գործում, ավելի ճիշտ, այսպիսի մտածելակերպը գործունեության նոր եղանակի, առարկաների կառուցման նոր եղանակի ընդորոշ կողմերից մեկն է»⁹:

Մտային էքսպերիմենտի բնույթի մեջ ավելի նշանակալից տրամաբանական տեղաշարժ կատարվեց հարաբերականության տեսության ստեղծումով: Հայտնի է, որ հարաբերականության տեսությունը առաջացավ դաշտի պրոբլեմի քննարկումից: Նրա զարգացման առաջին փուլում ստեղծվում է հարաբերականության հատուկ տեսությունը, որը հիմնված է երկու հիմնարար սկզբունքի վրա. ա) միմյանց նկատմամբ հավասարաչափ և ուղղագիծ շարժվող բոլոր կոորդինատային սիստեմներում ֆիզիկայի օրենքները նույնական են, բ) լույսի արագությունը միշտ նույնն է: Այս տեսությունից հետևում է մասսայի և էներգիայի կապը, որը տրվեց $E=mc^2$ հարաբերությունն ապացուցող էյնշտեյնի մտային էքսպերիմենտի միջոցով: Հարց է առաջանում՝ հնարավոր չէ՞ հարաբերականության սկզբունքը ընդհանրացնել հաշվարկման բոլոր սիստեմների վրա: Այս հարցին պատասխանելու համար էյնշտեյնը քննարկում է ազատ անկում կատարող վերելակը նկարագրող հետևյալ մտային էքսպերիմենտը: Որպես տշ իներցիալ հաշվարկման սիստեմ դիտարկվում է Նրկրի ձգողական դաշտում ընկնող վերելակը (էյնշտեյնի վերելակ): Վերե-

⁹ В. С. Библер, Творческое мышление как предмет логики («Научное творчество», М., 1969, стр. 202—203).

լակի անկման ժամանակ նրա ներսում դիտորդները փորձեր են կատարում (ձեռքից գցում են ժամացույց և թաշկինակ): Արտաքին դիտորդների համար ժամացույցը և թաշկինակը երկրի նկատմամբ միևնույն արագացմամբ են ընկնում: Նույնն է նաև ամբողջ վերելակի՝ նրա պատերի, հատակի, առաստաղի արագացումը: Դրա համար էլ ժամացույցի, թաշկինակի և վերելակի հատակի միջև եղած տարածությունը չի փոխվի: Վերելակի ներսում գտնվող դիտորդների համար ժամացույցի և թաշկինակի վրա ոչ մի ուժ չի ազդում, նրանք կմնան հանգստի վիճակում՝ այնպես, ինչպես եթե նրանք գտնվեն ինքնցիալ սիստեմում: Ներքին դիտորդները բոլորովին հաշվի չեն առնում ձգողական դաշտը, քանի որ նրա աղբյուրը (Երկիրը) նրանց կոորդինատների սիստեմից դուրս է: Ստացվում է, որ արտաքին դիտորդների համար գոյություն ունի վերելակի արագացող շարժում ձգողական դաշտում, իսկ ներքին դիտորդների համար վերելակը հանգստի վիճակում է և ձգողական դաշտ չկա:

Այնուհետև էյնշտեյնը քննարկում է նույն մտային էքսպերիմենտի մեկ այլ տարբերակ: Պատկերացնենք, որ մեկը գրսից վերելակից պարան է կապում և այն վեր ձգում հաստատուն ուժով, որի ազդեցության տակ վերելակը շարժվում է հավասար արագացումով: Արտաքին դիտորդների համար վերելակը շարժվում է հաստատուն արագացումով, քանի որ ենթակա է հաստատուն ազդեցության: Վերելակի ներսում դիտորդը նախկին վորձն է կատարում: Եթե մարմինները ձեռքից բաց են թողնվում, ապա նրանք բախվում են վերելակի հատակին, որովհետև հատակը շարժվում է մարմինների ուղղությամբ: Ներքին դիտորդը համաձայն է, որ կոորդինատների իր սիստեմը (վերելակը) ոչ-ինքնցիալ է, բայց դա ոչ մի կապ չունի բացարձակ շարժման հետ: Բոլոր մարմիններն ազատ անկում են կատարում, որովհետև գտնվում են ձգողական դաշտում:

Թե՛ ներքին և թե՛ արտաքին դիտորդների նկարագրությունները խիստ հետևողական են, սակայն ինչպե՞ս որոշել, թե նրանցից ով է իրավացի: Ստեղծվում է այնպիսի իրադրություն, երբ ներքին դիտորդը ոչ մի կերպ չի կարող որոշել, թե ի՞նչ է կատարվում վերելակի հետ. ձգողական դաշտ կա և վերելակը հանգստի վիճակում է, թե՛ ձգողական դաշտ չկա, այլ վերելակն է շարժվում արագացումով:

Եյնշտեյնը այս մտային էքսպերիմենտներից և կլասիկ ֆիզիկայից հայտնի իններոս և ծանր մասսաների հավասարությունից, էյնշտեյնը ձևակերպում է ձգողական դաշտի և արագացող շարժմամբ ստեղծվող դաշտի համարժեքությունը: Նա այդ մասին շատ պատկերավոր է դրում. «Հնարավոր չէ սկզբունքային տարբերություն անցկացնել ներքին և արտաքին դիտորդների միջև: Նրանցից ամեն մեկը կարող է բոլոր պատահարները կոորդինատների իր սիստեմին վերագրելու հավակնություն ունենալ: Պատահարների երկու նկարագրությունն էլ կարելի է դարձնել հավասար հետևողական... Սակայն այսպիսի նկարագրության համար մենք պետք է հաշվի առնենք ձգողականությունը, որը ասես մի «կամուրջ» լինի, որով կարելի է անցնել կոորդինատների մի սիստեմից մյուսը: Զգողական դաշտը գոյություն ունի արտաքին դիտորդի համար, հանգիստ և ձգողական դաշտի բացակայություն՝ ներքին դիտորդի համար: Սակայն «կամուրջը», այսինքն ձգողական դաշտը, որը հնարավոր է դարձնում նկարագրությունը կոորդինատների երկու սիստեմում էլ, հենված է մի շարք կարևոր հիմքի՝ ծանր և իներտ մասսաների համարժեքության վրա: Առանց կլասիկ

մեխանիկայում աննկատելի մնացած այս ղեկավար գաղափարի՝ մեր այս բոլոր կշռադատություններն անհնար կլինեին»¹⁰։

Համարժեքության սկզբունքը էյնշտեյնին թույլ տվեց ձևակերպել հարաբերականության ընդհանուր սկզբունքը, ըստ որի բնության բոլոր օրենքները հաշվարկման բոլոր սխտեմներում՝ թե՛ իներցիալ և թե՛ ոչ-իններցիալ, կովսորիանտ են։ Սա իր հերթին բերեց տարածաժամանակային պատկերացումների հետագա փոփոխություններ։ Խոսքը տարածության երկրաչափության՝ էվկլիդեսյան տարածությունից շեղվելու մասին է։ Տարածության ոչ էվկլիդեսյան լինելը բխում է համարժեքության սկզբունքից։

Մտային էքսպերիմենտների այս հարուստ շարքում շատ կարևոր է նշել այն տեղաշարժը, որը կատարվեց փորձի և տեսության փոխհարաբերության մեջ։

Ֆիզիկայի պատմության ընթացքում ձգտում էին ելնել փորձի տվյալներից, փաստերից և ապա դրանք ընդհանրացնելով կառուցել համապատասխան տեսություն։ Փոխվում էին միայն փորձի տվյալների ընդհանրացման ձևերը։ Հարաբերականության տեսության առաջացման ողջ պատմությունը ցույց է տալիս, որ նրա կառուցման ելակետ են հանդիսացել ոչ թե փորձնական տվյալները, այլ մաքուր տեսական՝ մտային էքսպերիմենտի ձևով իրականացվող մտածողությունը։ Ընդ որում, հարաբերականության տեսության կառուցման մեջ որոշիչ դեր խաղաց ոչ թե մի որոշակի մտային էքսպերիմենտ, այլ միմյանց հետ կապված և կարծես միմյանց հետևանք հանդիսացող մի ամբողջ շարք մտային էքսպերիմենտներ։ Այս իմաստով նրանք բոլորը հանդիսանում են նոր տեսության հիմք կազմող փոխկապակցված մտային էքսպերիմենտի մի ամբողջ շարք։ Հարաբերականության տեսության ստեղծումից հետո միայն անցան նրա փորձնական ստուգմանը։ Եթե մինչև հարաբերականության տեսությունը մտային էքսպերիմենտը՝ լինելով փորձնական տվյալների ընդհանրացման ձև, «կամուրջ» էր փորձից տեսության անցնելու համար, ապա հարաբերականության տեսության ստեղծումով փորձ-տեսություն փոխհարաբերության մեջ տեղի ունեցավ հակառակ տեղաշարժ։

ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ МЫСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

ЛИРА ГРИГОРЯН

Резюме

В логико-методологическом и гносеологическом анализе научного знания важное место занимает мысленный эксперимент в силу особенностей современного научного знания. Из философской и логико-методологической литературы известны многочисленные подходы к данной проблеме, рассматривающие мысленный эксперимент как «вид моделирования», как «обычное теоретическое рассуждение, принимающее внешнюю форму эксперимента»; как «средство оперирования наглядными образами действительности»; как «средство оперирования математическими знаками» и т. п. Каждый из этих подходов схватывает и описывает только одну из сторон, свойств, черт мысленного эксперимента. Определения

¹⁰ А. Эйнштейн, Л. Инфельд, указ. соч., стр. 180—181.

эти можно рассматривать в качестве отдельных характеристик мысленного эксперимента, но отнюдь не как окончательные его дефиниции.

Природа мысленного эксперимента сложна и многопланова: историческое рассмотрение эволюции физики дает возможность выявить изменение характеристик мысленного эксперимента, а также изменение его методологических и эвристических функций в зависимости от природы изучаемых объектов. Выявлен также сдвиг в соотношении «опыт—теория» и, соответственно, показано основание этого сдвига.