



ՀԵՐԹԱԿԱՆ ԱՏԵՍԱՎՈՐՄԱՆ ԵՆԹԱԿԱ ՈՒՍՈՒՑԻՉՆԵՐԻ
ՎԵՐԱՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ԴԱՍԸՆԹԱՑՆԵՐ

ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ

Մասնագիտություն

ՖԻԶԻԿԱ

Թեմա ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻԶԻԿՈՍՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

(Ինֆորմացիայի տեսություն. դասականից՝ քվանտայինին:
Քվանտային հաշվումներ: Քվանտային կոմունիկացիա և կրիպտոգրաֆիա:
Ինֆորմացիայի քվանտային տեսությունը և մաթեմատիկան)

Կատարող

Պողոսյան Անահիտ Վազգենի

Ազգանուն, անուն, հայրանուն

Ղեկավար

Հովհաննիսյան Քնարիկ, մանկ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Ազգանուն, անուն, գիտական աստիճան, կոչում

Բովանդակություն

Ներածություն

Դասական մեխանիկայից քվանտային մեխանիկա -----	3-11
Ինֆորմատիկայի տեսությունը ֆիզիկոսների համար-----	12
Էնտրոպիան և ինֆորմացիայի տեսությունը-----	13
Շենոնի մեթոդի առանձնահատկությունները-----	13-14
Էնտրոպիայի տեսության զարգացման էտապները-----	15-17
Ինֆորմացիան և էներգիան-----	18-20
Եզրակացություն-----	21
Օգտագործված գրականություն-----	22

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Դասական մեխանիկայից քվանտային մեխանիկա (Ֆիզիկայից այն կողմ)

Պատմականորեն առաջինը մշակվել է դասական մեխանիկան, մինչդեռ քվանտային մեխանիկան համեմատաբար վերջերս է հայտնագործվել: Դասական մեխանիկան սկիզբ է առել Նյուտոնի շարժման օրենքներից, որոնք ձևակերպվել են նրա «Բնափիլիսոփայության մաթեմատիկական հիմունքները» աշխատությունում: Քվանտային մեխանիկան հայտնաբերվել է 20-րդ դարի սկզբին: Երկուսն էլ ներկայացնում են ֆիզիկայի բնույթի մասին գոյություն ունեցող ամենահավաստի գիտելիքը: Հատկապես դասական մեխանիկան հաճախ դիտարկվում է որպես այսպես կոչված ճշգրիտ գիտությունների մոդել: Այս տեսակետից էականը մաթեմատիկայի մշտական կիրառությունն է տեսություններում, ինչպես նաև փորձի վճռական դերը՝ տեսությունները կազմավորելու և ստուգելու համար:

Քվանտային մեխանիկան ավելի լայն ընդգրկում ունի, քանի որ այն ներառում է դասական մեխանիկան որպես ենթագիտակարգ, որը կիրառվում է որաշակի սահմանափակող պայմանների դեպքում: Համաձայն համապատասխանության սկզբունքի՝ այս երկուսի միջև հակասություն չկա. պարզապես նրանցից յուրաքանչյուրը վերաբերվում է հատուկ իրավիճակի: Ըստ համապատասխանության սկզբունքի՝ քվանտային տեսություններով նկարագրվող համակարգի վարքը մեծ քվանտային թվերի սահմաններում տրվում է դասական մեխանիկայով: Քվանտային մեխանիկան դուրս է մղել դասական մեխանիկան հիմնական մակարդակից և պարտադիր է մոլեկուլային, ատոմական և ներատոմական մակարդակներում ընթացքող պրոցեսների բացատրության համար: Սակայն մակրոսկոպիկ պրոցեսների դեպքում դասական մեխանիկան ի վիճակի է լուծել այնպիսի խնդիրներ, որոնք անպատկերացելի դժվար են քվանտային մեխանիկայով և այսպիսով մնում է օգտակործելու ու լավ կիրառվող:

Այսպիսի վարքի արդի նկարագրությունները սկսվում են այնպիսի մեծությունների ստույգ սահմանումներով, ինչպիսիք են տեղափոխությունը, ժամանակը, արագությունը, արագացումը, զանգվածը, ուժը: 400 տարի առաջ, սակայն,

շարժումը բացատրվում էր շատ տարբեր տեսանկյունից: Օրինակ՝ հետևելով հույն փիլիսոփա և գիտնական արիստոտելի գաղափարներին՝ գիտնականները եզրակացնում էին, որ գունքը ներքև է ընկնում, քանի որ դրա բնական դիրքը Երկրի վրա է. արևը, լուսինը և աստղերը շրջանագծերով պտտվում են Երկրի շուրջը, քանի որ երկնային մարմինների բնույթն է շարժվել կատարյալ շրջաններով:

Գալիլեյը, որը հաճախ համարվում է արդի գիտության հայրը, միավորեց իր ժամանակի մյուս մեծ մտածողների գաղափարները և սկսեց շարժումը վերլուծել որոշակի սկզբնական դիրքից անցած հեռավորության և դրա համար ծախսված ժամանակի տերմիններով: Առաջին մարդը, որը երկինք նայեց խոշորացնող օպտիկական խողովակով՝ աստղադիտակով, իտալացի նշանավոր գիտնական Գալիլեո Գալիլեյն էր: 1608 թվ. Գալիլեյն իմացավ, որ Հոլանդիայում դիտակ է ստեղծվել, այն ժամանակների համար խիզախ մի միտք հղացավ՝ այդպիսի դիտակով դիտել գիշերային երկինքը: Եվ Գալիլիյն ինքը պատրաստեց գիտության պատմության մեջ առաջին երկու աստղադիտակները: Նրանք դեռևս անկատար էին, փոքրը խոշորացնում էր ընդամենը 3, իսկ մեծը՝ 32 անգամ: 1609 թ աշնանը նա առաջին անգամ աստղադիտակն ուղղեց դեպի լուսին ու պարզորոշ տեսավ նրա մակերևույթի անհարթությունները՝ «լեռներն» ու «հովիտները»: Աստղադիտակով նա տեսավ, որ Վեներա մոլորակը, Լուսնի նման, փոխում է իր տեսանելի ձևը, կամ ինչպես ասում են փուլերը: Դա կարելի էր բացատրել միայն նրանով, որ Վեներան պտտվում է ոչ թե Երկրի, այլ Արեգակի շուրջը, ինչպես և պնդում էր Նիկոլայ Կոպեռնիկոսը: Արեգակի վրա Գալիլեյը նշմարեց մութ բծեր: Դրանց տեղափոխությունից ելնելով՝ գիտնականն ապացուցեց, որ Արեգակը պտտվում է իր առանցքի շուրջը: Համաձայն Գալիլեյի աշակերտ Վինչենզո Վիվիանիի կողմից գրված Գալիլեյի կենսագրության, Գալիլեոն Պիզայի թեք աշտարակից տարբեր զանգվածների գնդակներ է բաց թողել, որպեսզի ցույց տա, որ նրանց անկման ժամանակը անկախ է նրանց զանգվածներից: Դա հակասում էր Արիստոտելի ուսմունքին, ըստ որի ծանր մարմինները ավելի արագ են ընկնում ներքև, քան թեթև մարմինները: Փորձի արդյունքը ցույց տվեց, որ Գալիլեյի հիպոթեզն էր ճիշտ: Նա ցույց տվեց, որ ընկնող մարմինների արագությունը կայուն աճում է ընկնելու ժամանակահատվածում: Այս արագացումը նույնն է թե՛ ծանր, թե՛ թեթև մարմինների համար, պայմանով որ հաշվի չի առնվում շփումը օդի հետ (օդի դիմադրությունը): Մաթեմատիկոս և ֆիզիկոս Իսահակ

Նյուտոնը բարելավեց այս վերլուծությունը՝ սահմանելով ուժը, զանգվածը և դրանց առնչվող արագացումը: Լույսի արագությանը մոտ արագությամբ շարժվող մարմինների համար Նյուտոնի օրենքները փոխարինվեցին Ալբերտ Այնշտայնի հարաբերականության տեսությամբ:

Հարաբերականության տեսություն, տարածաժամանակի ֆիզիկական տեսությունը, այսինքն՝ ֆիզիկական պրոցեսների ունիվերսալ տարածաժամանակային հասկությունները նկարագրող տեսությունը^[1]: Տերմինը 1906 թվականին ներմուծել է Մաքս Պլանկը՝ ընդգծելու համար հարաբերականության սկզբունքի հատուկ դերը հարաբերականության հատուկ տեսությունում (և, ավելի ուշ, հարաբերականության ընդհանուր տեսությունում): Երբեմն կիրառվում է որպես «ռելյատիվիստական ֆիզիկա» տերմինի համարժեքը^[2]:

Լայն իմաստով հարաբերականության տեսությունը ներառում է հարաբերականության հատուկ և ընդհանուր տեսությունները: Հարաբերականության հատուկ տեսությունը ուսումնասիրում է պրոցեսներ, որոնց հետազոտությունների ժամանակ կարելի է անտեսել ձգողական դաշտերը, հարաբերականության ընդհանուր տեսությունը՝ նյուտոնյան ձգողական տեսությունը ընդհանրացնող տեսությունն է^[1]: Նեղ իմաստով հարաբերականության տեսություն են անվանում հարաբերականության հատուկ տեսությունը: Ֆիզիկայի պատմությունում *հարաբերականության տեսություն* լուսակիր եթերի հասկացությունը ժխտող Այնշտայնին, Մինկովսկուն և նրանց հաջորդներին Լորենցից և Պուանկարեից տարբերակելու համար:

Հարաբերականության տեսությունը կիրառվում է ֆիզիկայում և աստղագիտությունում 20-րդ դարից սկսած: Առաջին անգամ ստեղծվեց նոր տեսություն, որը նեղ վիճակի մեջ էր դնում նյուտոնյան 200-ամյա մեխանիկան: Այն արմատապես փոխեց աշխարհի ընկալումը: Նյուտոնի դասական մեխանիկան, պարզվեց, ճիշտ էր միայն երկրային և դրան մոտ սահմաններում. լույսի արագությունից շատ անգամ փոքր արագությունների և ատոմներից և մոլեկուլներից շատ անգամ մեծ չափերի դեպքում, և այնպիսի հեռավորությունների համար, որոնց դեպքում կարելի է գրավիտացիայի տարածման արագությունն անվերջ համարել:

Շարժման մասին նյուտոնյան հասկացությունները արմատապես ճշգրտվեցին նոր՝ շարժման հարաբերականության սկզբունքի խորունկ կիրառման միջոցով:

Ժամանակն արդեն բացարձակ չէր (իսկ հարաբերականության ընդհանուր տեսությունից սկսած արդեն հավասարաչափ էլ չէր):

Ավելին Այնշտայնը փոխեց տարածության և ժամանակի մասին հիմնարար հայացքները: Հարաբերականության տեսության համաձայն, ժամանակը պետք է ընկալել որպես տարածաժամանակի գրեթե համահավասար բաղադրիչ (կոորդինատ), որը հաշվարկման համակարգը փոխելիս սովորական տարածական կոորդինատների հետ միասին կարող է մասնակցել կոորդինատային ձևափոխություններին, ճիշտ ինչպես երեք տարածական կոորդինատները ձևափոխվում են սովորական եռաչափ կոորդինատական համակարգի առանցքները պտտելու ժամանակ:

Հարաբերականության տեսությունը էապես ընդարձակեց ֆիզիկա հասկացությունն ամբողջությամբ, ինչպես նաև խորացրեց տարրական մասնիկների ֆիզիկայի գիտելիքները՝ հզոր իմպուլս հաղորդելով և նոր տեսական գործիքներ տրամադրելով ֆիզիկայի զարգացմանը:

Այս տեսության օգնությամբ տիեզերագիտությունը և աստղաֆիզիկան կարողացան կանխատեսել այնպիսի անսովոր երևույթներ, ինչպիսիք են նեյտրոնային աստղերը, սև խոռոչները և գրավիտացիոն ալիքները:

Տեսական տարրական մասնիկների ֆիզիկան կառուցում է տեսական մոդելներ, որոնք բացատրում են փորձերի արդյունքում ստացված տվյալները, կանխատեսումներ է անում ապագա փորձերի վերաբերյալ և մշակում է հետազոտությունների համար անհրաժեշտ մաթեմատիկական ապարատը: Ներկայումս տարրական մասնիկների ֆիզիկայի հիմնական տեսական գործիքը դաշտի քվանտային տեսությունն է: Այդ տեսական սխեմայի շրջանակներում յուրաքանչյուր տարրական մասնիկ համարվում է որոշակի քվանտային դաշտի գրգռման քվանտ: Մասնիկների յուրաքանչյուր տիպի համար ներմուծվում է համապատասխան դաշտը: Քվանտային դաշտերը փոխազդում են, ինչի արդյունքում նրանց քվանտները կարող են փոխակերպվել մեկը մյուսին:

Ատոմային և ներատոմային համար Նյուտոնի օրենքները փոխարինվեցին քվանտային տեսությամբ: Առօրյա իրավիճակներում, սակայն, Նյուտոնի շարժման երեք օրենքները մնում են շարժման պատճառները ուսումնասիրով դինամիկայի անկյունաքարը:

Քվանտային և դասական մեխանիկաների համանմանությամբ Այնշտայնի հարաբերականության ընդհանուր և հատուկ տեսությունները ընդլայնում են Նյուտոնի և Գալիլեյի մեխանիկաները: Ռեյաստիվիստական և նյուտոնյան մեխանիկաների միջև տարբերությունները էական և նույնիսկ գերիշխող են դառնում, երբ զանգված ունեցող մարմնի արագությունը մոտենում է լույսի արագությանը: Օրինակ, Նյուտոնյան մեխանիկայում Նյուտոնի շարժման օրենքներով սահմանվում է, որ $F = ma$, մինչդեռ ռեյաստիվիստական մեխանիկայում և Լորենցի ձևափոխություններով, որոնք առաջին անգամ հայտնաբերել է Հենդրիկ Լորենցը, $F = \gamma ma$ (որտեղ γ - ն Լորենց ֆակտորն է, որը փոքր արագությունների դեպքում հավասար է գրեթե 1-ի):

Տարրական մասնիկների ֆիզիկայի նոր մոդելների կառուցման հիմնական գործիքը լագրանժյաններն են: Լագրանժյանը կազմված է դինամիկ մասից, որը նկարագրում է ազատ քվանտային դաշտի (այլ դաշտերի հետ չփոխազդող) դինամիկան, և դաշտի ինքնափոխազդեցությունը կամ այլ դաշտերի հետ փոխազդեցությունը նկարագրող մասին: Եթե հայտնի է դինամիկական համակարգի լրիվ լագրանժյանը, ապա համաձայն դաշտի քվանտային տեսության լագրանժյան ֆորմալիզմի, կարելի է նկարագրել դաշտերի համակարգի շարժման հավասարումների համակարգը և փորձել լուծել այն:

Տեսական տարրական մասնիկների ֆիզիկայի գլխավոր արդյունքը տարրական մասնիկների ֆիզիկայի ստանդարտ մոդելի կառուցումն է: Այս մոդելը հիմնվում է դաշտերի տրամաչափային փոխազդեցությունների և տրամաչափային սիմետրիայի ինքնակամ խախտման մեխանիզմի (Հիգսի մեխանիզմ) գաղափարների վրա: Վերջին մի քանի տասնյակ տարիներին նրա կանխատեսումները բազմիցս ստուգվել են փորձերում և ներկայումս այն միակ ֆիզիկական տեսությունն է, որն աշխարհի կառուցվածքը նույնականորեն նկարագրում է մինչև 10^{-18} մ կարգի հեռավորությունների համար: Ստանդարտ մոդելում նկարագրվում են 61 մասնիկ^[1]:

Տեսական տարրական մասնիկների ֆիզիկայի բնագավառում աշխատող ֆիզիկոսները երկու հիմնական խնդիր ունեն. նոր մոդելներ կառուցել փորձերի նկարագրման համար և փորձնականորեն ստուգել այդ մոդելների (այդ թվում ստանդարտ մոդելի) կանխատեսումները: Երկրորդ խնդրով զբաղվում է տարրական մասնիկների ֆենոմենոլոգիան:

Տարրական մասնիկների ֆիզիկայում *փոխազդեցությունը* սկզբունքորեն տարբերվում է ֆիզիկայի այլ բնագավառներում օբյեկտների փոխազդեցությունից: Դասական մեխանիկան ուսումնասիրում է մարմինների շարժումը, որոնք գործնականում կարող են փոխազդել միմյանց հետ: Սակայն այս փոխազդեցության մեխանիզմները դասական մեխանիկայում չեն ճշգրտվում: Ի հակառակ դրան, տարրական մասնիկների ֆիզիկան հավասարապես ուշադրություն է դարձնում ինչպես հենց մասնիկներին, այնպես էլ նրանց փոխազդեցություններին: Դա կապված է այն բանի հետ, որ տարրական մասնիկների ֆիզիկան կարողանում է նկարագրել էլեկտրամագնիսական, ուժեղ և թույլ փոխազդեցությունները որպես վիրտուալ մասնիկներով փոխանակություն: Այս նկարագրության համար կարևոր պոստուլատ է տրամաչափային ձևափոխությունների նկատմամբ մեր աշխարհի սիմետրիկության պահանջը:

Մասնիկների և նրանց փոխազդեցությունների իրավահավասարությունը գեղեցիկ կերպով ի հայտ է գալիս սուպերսիմետրիայի տեսություններում, որոնցում կանխադրվում է մեր աշխարհի ևս մեկ թաքնված սիմետրիայի՝ սուպերսիմետրիայի առկայությունը: Կարելի է ասել, որ սուպերսիմետրիայի ձևափոխության ժամանակ մասնիկները փոխակերպվում են փոխազդեցությունների, իսկ փոխազդեցությունները՝ մասնիկների:

Այստեղից երևում է տարրական մասնիկների ֆիզիկայի բացառիկ *հիմնարարությունը*՝ նրանում փորձ է արվում հասկանալու աշխարհի այնպիսի հատկություններ, որոնք մինչ այդ (ֆիզիկայի մյուս բաժիններում) ընդամենը որպես տվյալներ էին ընդունվում:

Տարրական մասնիկների փորձարարական ֆիզիկան բաժանվում է երկու մեծ մասի՝ արագացուցիչային և ոչ արագացուցիչային:

Արագացուցիչային տարրական մասնիկների ֆիզիկայում երկարակյաց տարրական մասնիկներին հաղորդվում են բարձր էներգիաներ, (արագացուցիչներում), և դիտարկվում է նրանց բախումը միմյանց կամ անշարժ թիրախի հետ: Այսպիսի բախումների պրոցեսներում հաջողվում է միկրոսկոպիկ ծավալում ստանալ էներգիայի շատ բարձր կոնցենտրացիա, ինչը հանգեցնում է նոր, սովորաբար անկայուն մասնիկների առաջացմանը: Ուսումնասիրելով այդպիսի ռեակցիաների բնութագրերը

(առաջացած այս կամ այն տիպի մասնիկների քանակը, քանակի կախումը սկզբնական մասնիկների տիպից, բևեռացումից, էներգիայից, թռչելու անկյունից և այլն), կարելի է վերականգնել սկզբնական մասնիկների ներքին կառուցվածքը, հատկությունները, փոխազդեցությունների բնույթը:

Ոչ արագացուցիչային տարրական մասնիկների ֆիզիկան աշխարհի պասիվ դիտարկումն է: Այդպիսի փորձերում հետազոտվում են բնական ծագումով տարրական մասնիկները: Տիպիկ ոչ արագացուցիչային փորձերից են նեյտրինոյի դիտարկումը այսպես կոչված նեյտրինային աստղադիտակներով, պրոտոնի տրոհման որոնումները, ոչ նեյտրինային կրկնակի բետա-տրոհումը և նյութի մեծ ծավալում դիտարկվող այլ խիստ հազվադեպ իրադարձություններ, տիեզերական ճառագայթներով փորձեր և այլն:

Ժամանակակից տարրական մասնիկների ֆիզիկայում առանձնացվում են մի շարք չլուծված խնդիրներ^[2]:

Փորձնականորեն սահմանված նեյտրինային տատանումների երևույթը ցուցանշում է ստանդարտ մոդելի անկատարությունը: Բացի այդ, կան առանձին փորձարարական վկայություններ, որ նեյտրինոյի և հականեյտրինոյի տատանումների լայնությունները տարբերվում են:

Աստղաֆիզիկական և տիեզերագիտական հետազոտությունները վկայում են ստանդարտ մոդելի սահմաններից դուրս ֆիզիկայի մասին: Այսպես, տիեզերքի բարիոնային ասիմետրիան դիտարկվող փաստ է, մինչդեռ ստանդարտ մոդելում բարիոնային թիվը հաստատուն է: Այլ փաստ է տիեզերքում այսպես կոչված թաքնված զանգվածի գոյությունը, որը սովորաբար բացատրվում է ժամանակակից ֆիզիկային անձանոթ բնույթով մութ նյութի գոյությամբ: Վերջապես, ժամանակակից ֆիզիկայի շրջանակներում անբացատրելի փաստ է տիեզերքի արագացված ընդհարձակումը, որը սովորաբար կապում են այսպես կոչված մութ էներգիայի հետ:

Առանձին խնդիր է տրամաշափային աստիճանակարգության խնդիրը, որի էությունն ն այն է, որ ուժեղ և էլեկտրաթույլ փոխազդեցությունների բնութագրական էներգիական մասշտաբները (200 ՄԷՎ և 256 ՄԷՎ համապատասխանաբար) մի քանի կարգով փոքր են գրավիտացիոն փոխազդեցության մասշտաբից (10^{19} ԳԷՎ), ինչպես նաև մեծ միավորման փոխազդեցության ենթադրվող մասշտաբից (10^{16} ԳԷՎ) և ուժեղ փոխազդեցություններում CP-պահպանման հետ կապված մասշտաբից (10^{14} ԳԷՎ):

Այդպիսի աստիճանակարգության բնույթի, կայունության և մասշտաբների երկու խմբերի միջև մեծ «անապատի» առկայության հարցերն այժմեական են:

Եվս մեկ աստիճանակարգության խնդիր կապված է ֆերմիոնների զանգվածների հետ: Ստանդարտ մոդելի շրջանակներում բոլոր ֆերմիոնային դաշտերը (լեպտոններ և քվարկներ) երեք սերունդ են կազմում: Ընդ որում սերունդների զանգվածները բազմապատիկ տարբերվում են միմյանցից, չնայած տարբեր սերունդների մասնիկները մյուս հատկություններով չեն տարբերվում: Այս աստիճանակարգության բացատրությունը ժամանակակից ֆիզիկայի խնդիրներից մեկն է:

Հաղորդները նկարագրելու տեսական դժվարություններ նույնպես կան: Մասնավորապես գունային լիցքի արգելափակումը քվանտային քրոմոդինամիկայի ոչ խոտորումային եղանակների ներգրավվածություն է պահանջում:

Ստանդարտ մոդելից անդին ֆիզիկան (այլ կերպ կոչվում է *նոր ֆիզիկա*) վերաբերում է տեսական մշակումներին, որոնք անհրաժեշտ են ստանդարտ մոդելի թերությունները բացատրելու համար, զանգվածների առաջացումը, ուժեղ CP-խնդիրը, նեյտրինային տատանումները, նյութի և հականյութի ասիմետրիան, մութ նյութի և մութ էներգիայի առաջացումը^[3]: Այլ խնդիր է ստանդարտ մոդելի մաթեմատիկական հիմքերը. ստանդարտ մոդելը չի համաձայնում հարաբերականության ընդհանուր տեսության հետ այն իմաստով, որ որոշակի պայմանների դեպքում տեսությունները խզվում են (օրինակ, տարածաժամանակի հայտնի սինգուլյարությունների դեպքում, ինչպիսիք են Մեծ պայթյունը և սև խոռոչի իրադարձությունների հորիզոնը):

Ստանդարտ մոդելից սահմաններից անդին տեսությունները ներառում են ստանդարտ մոդելի տարբեր ընդլայնումներ սուպերսիմետրիայի միջոցով, ինչպիսիք են նվազագույն սուպերսիմետրիկ ստանդարտ մոդելը և նվազագույն սուպերսիմետրիկ ստանդարտ մոդելին հաջորդողը, կամ տալիս են բացառապես նոր բացատրություններ, ինչպես օրինակ լարերի տեսությունը, M-տեսությունը, լրացուցիչ չափումները: Քանի որ այս տեսությունները որպես կանոն ամբողջովին համաձայնվում են ընթացիկ դիտվող երևույթների հետ կամ դեռ որոշակի կանխատեսումներ անելու ընդունակ չեն, հարցը, թե դրանցից որն է ճիշտը (կամ որն է ավելի լավ քայլ դեպի ամեն ինչի տեսությունը),

կարելի է լուծել միայն փորձնականորեն: Ներկայումս դա հետազոտությունների ամենագործուն տիրույթներից մեկն է ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական ֆիզիկայում:

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԻԶԻԿՈՍՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

20-րդ դարի երկրորդ կեսին տեղի ունեցան այնպիսի գիտաճանաչողական կարևոր իրադարձություններ, որոնք նշանակալի կերպով ուղղորդեցին գիտության զարգացումը և, հետևաբար, գիտատեխնիկական մտքի հետագա ընթացքը: Խոսքը գնում է ինֆորմացիայի տեսության և էնտրոպային (հակաէնտրոպային) պրոցեսների փոխադարձ համադրման մեխանիզմներին վերաբերող հետազոտություններին:

Դրանք կատարվեցին սիներգետիկա գիտության շրջանակներում՝ ներառած նաև անհավասարակշռական թերմոդինամիկայի ինֆորմացիայի տեսությունը և համակարգերի ընդհանուր տեսությունը:

Այստեղ անհավասարակշիռ թերմոդինամիկայի դերը կայանում է նրանում, որ բացահայտվեցին հակաէնտրոպային պրոցեսների մեխանիզմները չէին հակասում ջերմադինամիկայի 2-րդ սկզբունքին: Դրա պատճառն այն դրույթն է, որ ինքնակազմակերպվող համակարգի ներսում էնտրոպիայի տեղային նվազումը միշտ փոխհատուցվում է արտաքին միջավայրում էնտրոպիայի բացարձակ աճով: Ինֆորմացիայի տեսության ներառմամբ ամենակարևոր քայլը դա ինֆորմացիայի քանակական չափի ներմուծումն է, որը սկզբնական էտապում նախատեսված էր միայն կիրառական խնդիրների համար՝ կապի ոլորտում:

Բայց հետագայում ֆիզիկայի և կենսաբանության զարգացումը թույլ տվեցին բացահայտել համընդհանուր քանակական չափեր, որոնք հաստատում էին ինֆորմացիայի քանակի և ֆիզիկական էնտրոպիայի փոխադարձ կապը: Դա կատարվել է Կ. Շենոնի կողմից: Միչև այս միասնականացումը բնական երևույթների նկարագրությունը հենված էր էներգիայի և նյութի հասկացության վրա: Այժմ դրանց միացավ նաև աշխարհում ընթացող պրոցեսներին վերաբերող ինֆորմացիան սկսած միկրոմասնիկներից միչև բարդ կենսաբանական և սոցիալական համակարգեր:

Այսպիսով, ինֆորմացիայի քանակի չափի օգտագործումը թույլ է տալիս հետազոտել, վերլուծել ինֆորմացիոն էնտրոպայնային փոխազդեցությունների մեխանիզմները, որոնք ընկած են ինքնակազմակերպվող համակարգերի աշխատանքի գործունեության հիմքում:

ԷՆՏՐՈՊԻԱՆ և ԻՆՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ

Շենոնի մեթոդի առանձնահատկությունները

Ինֆորմացիայի տեսության հիմքում դրված է Շենոնի կողմից առաջարկված մեթոդը, որը վերաբերվում է նոր (անկանխատեսելի) և ավելցուկային (կանխատեսելի) ինֆորմացիայի քանակական հաշվումներին : Այդ քանակները պարունակում են տարբեր տիպի հաղորդագրություններում՝ տեխնիկական կապի տարբեր կապուղիներում հաղորդվող:

Շենոնի առաջարկած մեթոդը համընդհանուր է և նրա կիրառությունը չի սահմանափակվում միայն տեխնիկական խնդիրների շրջանակներում և լայնորեն կիրառվում է ն՝ ֆիզիկական, ն՝ սոցիալական, և՛ կենսաբանական համակարգերում:

Նոր մեթոդի, այսինքն ինֆորմացիայի և ինֆորմացիոն պրոցեսների մեխանիզմների էության հասկացման գործում հիմնական դեր է խաղացել Բրիլիուենի կողմից հաստատված ինֆորմացիայի և ֆիզիկական էնտրոպիայի փոխադարձ կապը:

Չնայած Շենոնը և որոշ այլ գիտնականներ այդ կապը դիտում էին, որպես զուտ ձևական հնարք, այնուամենայնիվ Բրիլիուենը ցույց տվեց, որ Շենոնի առաջարկված ինֆորմացիայի քանակության չափի և ֆիզիկական էնտրոպիայի միջև կապը բովանդակային է:

Վիճակագրային ֆիզիկայում ներմուծվում է էնտրոպիայի հավանականային ֆունկցիա, որի միջոցով նկարագրվում են դեպի ջերմադինամիկական հավասարակշռություն ընթացող պրոցեսները, նրանց դեպքում էնտրոպիայի ձգտում է առավելագույն արժեքի:

Իր հերթին, ինֆորմացիայի տեսության շրջանակում հաստատվեց, որ վերը նշված ֆունկցիայի միջոցով կարելի է հետազոտել այնպիսի անհավանական թվացող բնույթով վերացական համակարգեր, ինչպիսին է, օրինակ՝ գրավոր տեքստը, որը առաջին հայացքից ընդհանրապես կապ չունի էնտրոպիայի առավելագույն դառնալու միտման հետ: Հաջորդ կիրառությունը, նշված ֆունկցիայի, կայանում է նրանում, որ այդ ֆունկցիայի միջոցով կարելի է հետևել համակարգի վարքին լրիվ քառասային վիճակից

ծայրահեղ կարգավորված վիճակ: Այն կարելի է տարածել գազերի, բյուրեղների վրա, այլ նաև գրավոր տեքստերի, կենսաբանական օրգանիզմների համախմբերի վրա:

Այստեղ համակարգի կառուցվածքում պահպանվող ինֆորմացիայի քանակը ընդունվում է համեմատական հավասարակշռության վիճակից համակարգի շեղման աստիճանին:

Սկզբնական էտապում Շենոնը անգամ չէր կանխատեսել այդ չափի՝ համընդհանուր չափի, ներմուծման նշանակությունը և նրա դերը աշխարհում ընթացող պրոցեսների կազմակերպման կարգավորման գործում: Այդ չափը կարելի է վերագրել նաև շարժման կարգավորմանը և հաստատել ինֆորմացիայի և էներգիայի փոխադարձ կապը՝ համարելով էներգիան շաժման ինտենսիվության չափ: Այդ դեպքում համակարգում պահպանվող ինֆորմացիայի քանակը կլինի համեմատական համակարգի ներսում գործող ներքին կապերը նկարագրող էներգիայի քանակին: Շենոնի մեթոդի առանձնահատկությունը այն է, որ հնարավոր եղավ որոշել տեսության զարգացման սկզբնական էտապում ինֆորմացիոն էնտրոպայնային մեթոդի կիրառելի գործողության սահմանները, մասնավորապես, գրավոր տեքստերի վերաբերյալ այս մեթոդի շրջանակներում հայտնի է, որ այստեղ անտեսվում են վերջինիս այնպիսի անքակտելի հատկություններ, ինչպիսիք են տեքստի իմաստը և կարևորությունը: Մյուս կողմից դրա անտեսումը պայմանավորում է հենց մեթոդի ավելի կատարիալ ու գործուն լինելը շատ ու շատ կիրառական խնդիրներում:

Շենոնի հիմնարար աշխատանքից հետո հիմք դրվեցին արդեն իմաստային (սեմանտիկ) և արժեքային (պրագմատիկ) ինֆորմացիոն տեսություններին:

Էնտրոպիայի տեսության զարգացման էտապները

Էնտրոպիայի ֆունկցիան ջերմադինամիկայի մեջ ներմուծել է Կլաուդիսը , որը առաջարկել է հաշվարկել, էնտրոպիայի փոփոխությունը, ըստ հետևյալ բանաձևի

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (1)$$

Որտեղ T -ն բացարձակ ջերմաստիճանն է, Q - ջերմաքանակը, S - էնտրոպիան: Ավելի տաքացված մարմնից, որը ունի T_1 ջերմաստիճան , որոշակի ΔQ ջերմաքանակի հաղորդումը ավելի պակաս տաքացած T_2 ջերմաստիճանով մարմնին բերում է ΔS էնտրոպիայի փոփոխության, համաձայն հետևյալ բանաձևի`

$$\Delta S = \frac{-\Delta Q}{T_1} + \frac{\Delta Q}{T_2}$$

Որտեղից $T_1 > T_2$ պայմանի հաշվի առմամբ կհետևի, որ էնտրոպիայի ΔS փոփոխությունը դրական է: Այսինքն, այդ դեպքում էնտրոպիան աճում է, քանի որ բոլոր ֆիզիկական պրոցեսներում ջերմությունը փոխանցվում է ինքնաբերաբար` ավելի տաքացած մարմիններից դեպի պակաս տաքացած մարմիններ:

Այստեղ $\Delta S > 0$ պայմանը ձեռք է բերում ֆիզիկական օրենքի ուժ, որը անվանում են նաև ջերմադինամիկայի 2 օրենք: Այնպես որ, քանի դեռ գոյություն ունի մարմինների միջև ΔT ջերմաստիճանների տարբերություն, ապա ջերմային հոսքի որոշ մասը կարող է փոխակերպվել օգտակար (հակաէնտրոպայնային) էներգիայի կամ բնական պրոցեսներին, օրինակ կենսաբանական օբյեկտների կողմից, կամ էլ արհեստականորեն ջերմային մեքենաների միջոցով:

Իր հերթին, $T_1 = T_2$ պայմանի դեպքում էներգիան ամբողջովին կորցնում է իր հակաէնտրոպայնային հատկությունները: Այս եզրակացությունը ընկած է տիեզերքի ջերմային մահվան տեսության հիմքում:

Կլազիուսի առաջարկած էնտրոպիայի սկզբնական բանաձևը ամբողջովին չէր արտահայտում պրոցեսների ներքին մեխանիզմը, որը բերում է էնտրոպիայի աճին: Այդ խնդիրը լուծվել է Բոլցմանի կողմից, որը առաջարկել է իդեալական գազի դեպքում էնտրոպիայի վիճակագրական բանաձևը:

$$S = k_B H \quad (2)$$

որտեղ $K = 1,38 \times 10^{-23}$ Ջ/ Կ, H -ը մաթեմատիկական էնտրոպիան է:

Ըստ Բոլցմանի H - մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$H = \ln \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_k}$$

որտեղ $I = 1, 2, \dots$: Այստեղ N -ը քննարկվող ծավալում գազի մոլեկուլների լրիվ թիվն է, N_i -այն մոլեկուլների թիվն է, որոնք շարժվում են V_i արագությունների որոշակի արժեքի մոտ արագություններով: Ըստ H -ի բանաձևի որոշակի N_i ենթախմբին պատկանող մոլեկուլի տեղափոխությունները մի ենթախմբից մյուսը, չպետք է ազդեն H -ի արտահայտության վրա: Որտեղից էլ հետևում է, որ H մեծությունը համապատասխանում է իդեալական համակարգի հնարավոր վիճակների թվին, որոնց դեպքում համակարգի մակրովիճակը մնում է նույնը:

Իր հերթին Պլանկը ձևափոխվել է Բոլցմանի բանաձևը, օգտագործելով Ստրիլինգի մաթեմատիկական բանաձևը, որը ճիշտ է շատ մասնիկների N -ի դեպքում:

$$\ln(N!) = N \ln N - N$$

որտեղ $\sum N_i = N$:

Արդյունքում $\sum N_i = N$ պայմանի հաշվարկումներով, N -ը ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$H = N \ln N - \sum N_i \ln N_i:$$

Ներմուծելով մոլեկուլների տարբեր վիճակների իրականացման հավանականության համար բանաձև

$$P_i = \frac{N_i}{N}:$$

Իր հերթին, Պլանկը ստացավ H -ի համար հետևյալ արտահայտությունը՝

$$H = - \sum P_i \ln P_i:$$

Այս բանաձևը ոչ միայն էնտրոպիայի հաշվման այլընտրաքային բանաձև է, այլ նաև օգնում է նրա իմաստի բացահայտման հարցում: Որտեղից էլ կատարվեցին 2 եզրակացություններ:

1. Էնտրոպիայի բանաձևում վիճակների հավանականությունների ներմուծումը թույլ է տալիս այս բանաձևը կիրառել ոչ միայն ջերմոդինամիկական մոլեկուլային համակարգերի համար, այլ ցանկացած մակրոհամակարգերի դեպքում, օրինակ գրավոր տեքստերի մեջ տարրերի ի հայտ գալու հավանականության, կամ տեղեկությունների հաղորդման դեպքում, այս կամ այն ինֆորմացիայի ի հայտ գալու հավանականության դեպքում:
2. Նշված բանաձևը համապատասխանում է համակարգի լրիվ էնտրոպիայի , որը բաժանելով N_i մեծության վրա կարելի է ստանալ էնտրոպիայի միջինացված բանաձևը, որը վերաբերում է որոշակի ենթախմբի մակրոհամակարգում: Հենց այս տեսքով էլ Շենոնը կիրառել է էնտրոպիայի ֆունկցիան գրավոր տեքստում 1 տառի ի հայտ գալու հավանականության , կամ այդ պրոցեսի էնտրոպիայի որոշման դեպքում: Ըստ Շենոնի գրավոր տեքստի 1 տառի ի հայտ գալու հավանականությունը կամ պրոցեսի էնտրոպիան որոշվում է՝

$$H = - \sum_{i=1}^{i=k} P_i \ln P_i = - (P_0 \log P_1 + P_0 \log P_2 + \dots P_0 \log P_k)$$

բանաձևով:

Վերջում նշենք , որ տեղեկությունների էնտրոպիայի հաշվման դեպքում, երբ այն կատարվում է 2-ական կողով Շենոնը բանաձևում , բնական Log-ը փոխարինել է 2 հիմքով լոգարիթմով:

Ինֆորմացիան և էներգիան

Կառուցվածքային ինֆորմացիայի և համակարգի ներքին էներգիայի փոխադարձ կապի բացահայտման համար օգտվում են Հելմհոլցի բանաձևից՝

$$U = F + ST$$

որտեղ՝ U -ն ներքին էներգիան է, F -ը ներքին էներգիայի ազատ մասն է (էնտրոպիայից ազատ), ST -ն ներքին էներգիայի կապված (էնտրոպայնային) մասն է, S -ը ֆիզիկական էնտրոպիան է, T -ն բացարձակ ջերմաստիճանը:

Ջերմադինամիկական հավասարակշռության վիճակում ամբողջ ներքին էներգիան դառնում է էնտրոպայնային բնույթի, իսկ էնտրոպիան ընդունում է առավելագույն արժեք: Դա բանաձևվում է հետևյալ կերպ՝

$$F = 0:$$

Օգտվելով ներքին էներգիայի $U = F + ST$ բանաձևից, կստանանք՝

$$U = S_{\max} T$$

կամ

$$S_{\max} = \frac{U}{T}$$

Իր հերթին, ձևափոխենք ներքին էներգիայի բանաձևը՝ բաժանելով նրա աջ և ձախ մասերը բացարձակ ջերմաստիճանի վրա՝

$$\frac{U}{T} = \frac{F}{T} + S :$$

Ձախ մասում տեղադրելով S_{\max} -ի արտահայտությունը և S -ը աջ մասից տեղափոխելով ձախ մաս, կունենանք

$$S_{\max} - S = \frac{F}{T} :$$

Այժմ հետագա դիտարկման համար, ստացված բանաձևում ընդունենք, որ S -ը այն իրական էնտրոպիան է, որին համապատասխան ներքին էներգիան որոշվում է Հելմհոլցի բանաձևով:

Եթե այժմ հաշվի առնենք նախորդ բաժնում ներմուծված էնտրոպիայի վիճակագրական բանաձևը, ապա F/T հարաբերության համար կունենանք՝

$$\frac{F}{T} = K(H_{\max} - H_r)$$

որտեղ S -ը փոխարինվեց իր վիճակագրական բնույթի բանաձևով: Այստեղ՝ H_{\max} -ը առավելագույն ինֆորմացիոն էնտրոպիան է, H_r -ը իրական ինֆորմացիոն էնտրոպիան: Եթե այժմ ներմուծենք համակարգի մեջ պահպանվող կառուցվածքային ինֆորմացիայի քանակության գաղափարը, որը համապատասխանում է ֆիզիկական էնտրոպիային ֆիզիկական համակարգում, ապա այդ մեծության համար կունենանք՝

$$\Delta I_s = H_{\max} - H_r ,$$

որտեղից ազատ էներգիայի համար կհանգենք հետևյալ բանաձևին՝

$$\frac{F}{T} = K \Delta I_s \quad (3)$$

Ստացված արտահայտությունը վկայում է այն մասին, որ բացարձակ ջերմաստիճանների անփոփոխության դեպքում ներքին էներգիայի ազատ մասը՝ F -ը, կախված է միայն համակարգում պահպանվող կառուցվածքային ինֆորմացիաների քանակությունից:

Այլ խոսքով, ազատ էներգիան ներքին էներգիայի այն մասն է, որը ծախսվում է համակարգում միջտարրային կապերի կառուցվածքային կազմակերպման վրա: Ներքին էներգիայի այդ մասը Հելմհոլցը անվանել է ազատ էներգիա, նկատի ունենալով, որ ի տարբերություն կապված ST մասի, այն կարելի է օգտագործել այս կամ այն օգտակար աշխատանքը կատարելիս:

Այդպիսի կիրառումը իրականացվում է համակարգում ներքին կապերի խզման շնորհիվ: Այդ կապերը որոշում են համակարգի մեջ մաս կազմող տարրերի

կազմավորման կառուցվածքը: Մասնավորապես, օրգանական միացությունների այրման ժամանակ կամ ատոմների ու ատոմական միջուկների քանդման ժամանակ:

Հիշենք այդ դեպքում օգտակար և լրիվ աշխատանքների կապը արտահայտող գործակիցը՝ օգտակար գործողության գործակիցը՝

$$\eta = \frac{F}{U}$$

Եթե անցնենք էնտրոպայնային նկարագրության, ապա այն կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$\eta = \frac{\Delta I_s}{H_{\max}}$$

Երբ $\Delta I_s=0$, որը տեղի ունի ջերմոդինամիկական հավասարակշռության դեպքում, ապա $\eta=0$: Դա համապատասխանում է այն վիճակին, երբ ամբողջ ներքին էներգիան չի արտահայտվում իր բնութագրական ազատ մասով, այլ բնութագրվում է կապված մասով:

Հակառակ դեպքում՝ երբ $\Delta I_s=H_{\max}$, $\eta=1$: Դա նշանակում է, որ ներքին էներգիան ծախսում է միայն համակարգի միջտարրային կառուցվածքային կապերի պահպանման վրա: Դրա հետևանքով այդպիսի համակարգերի կառուցվածքը մնում է անփոփոխ: Այն տևում է մինչև այն վիճակը, քանի դեռ նրա միջտարրային կապերը չեն խզվում արտաքին ազդեցությունների պատճառով:

Երբ վերջիններս անփոփոխ են և $\eta=1$, ապա իրականանում է այսպես կոչված “հավերժական շարժում”, որի օրինակը կարող է ծառայել երկնային օբյեկտների խիստ որոշակիացված շարժումը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Այսպիսով, ինֆորմացիայի տեսության հիմքում դրված է Շենոնի կոդմից առաջարկված մեթոդը, որը վերաբերվում է նոր (անկանխատեսելի) և ավելցուկային (կանխատեսելի) ինֆորմացիայի քանակական հաշվումներին : Այդ քանակները պարունակում են տարբեր տիպի հաղորդագրություններում՝ տեխնիկական կապի տարբեր կապուղիներում հաղորդվող:Շենոնի մեթոդի առանձնահատկությունը այն է, որ հնարավոր եղավ որոշել տեսության զարգացման սկզբնական էտապում ինֆորմացիոն էնտրոպայնային մեթոդի կիրառելի գործողության սահմանները, մասնավորապես, գրավոր տեքստերի վերաբերյալ այս մեթոդի շրջանակներում հայտնի է, որ այստեղ անտեսվում են վերջինիս այնպիսի անքակտելի հատկություններ, ինչպիսիք են տեքստի իմաստը և կարևորությունը:

Իմացանք,որ էնտրոպիայի ֆունկցիան ջերմադինամիկայի մեջ ներմուծել է Կլաուդիսը,սակայն,առաջարկած էնտրոպիայի սկզբնական բանաձևը ամբողջովին չէր արտահայտում պրոցեսների ներքին մեխանիզմը, որը բերում է էնտրոպիայի աճին:

Պարզեցինք,որ ազատ էներգիան ներքին էներգիայի այն մասն է, որը ծախսվում է համակարգում միջտարրային կապերի կառուցվածքային կազմակերպման վրա: Ներքին էներգիայի այդ մասը Հելմհոլցը անվանել է ազատ էներգիա, նկատի ունենալով, որ ի տարբերություն կապված ST մասի, այն կարելի է օգտագործել այս կամ այն օգտակար աշխատանքը կատարելիս:

Նշենք նաև,որ գրավոր տեքստերի փոխանցման ժամանակ տառերի հավանականությունների իրական արժեքները հաշվի առնումը թույլ է տալիս նվազեցնել կապի միջոցներով փոխանցվող հաղորդագրությունների հավելյալ քանակությունը:Տառերի իրական հավանականությունների հաշվի առնելուց բացի, հաղորդագրությունների ավելցուկները նվազեցնելու համար հարկավոր է հաշվի առնել նաև նրանց համակցությունների հավանականությունները:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Половинка от магнита Владислав Кобычев, Сергей Попов «Популярная механика» № 2, 2015 Архив
2. ↑ *С. В. Троицкий* Нерешённые проблемы физики элементарных частиц // *УФН*. — 2012. — Т. 182. — С. 77—103.
3. ↑ J. Womersley. «Beyond the Standard Model».
4. 1. “Компьютерное Моделирование в Физике”: части 1, 2 (2004). Х. Гулд, Я. Тобочник.
5. 2. “Физика Квантовой Информации”, Д. Боумейстер, А. Экерт, (2002).