

Е. ДОСЫМОВ¹, Д. МАХМУДОВ²

¹*PhD, Қожжа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық
қазақ-түрік университетінің аға оқытушысы*

(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: dossymov.elmurat@ayu.edu.kz

²*Қожжа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің магистранты
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: Dastan240797@mail.ru*

СТАТИСТИКАЛЫҚ ФИЗИКАНЫҢ АКСИОМАТИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІНІҢ НЕГІЗГІЛІГІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада ғылыми еңбектер мен зерттеулерді талдай келе, бүгінгі күні, заман талабына сәйкес жоғары оқу орындарында статистикалық физиканы оқытудың әдістемелік ерекшеліктері, білім алушылардың қызығушылығын қалыптастыратын оқу іс-әрекеттерін ұйымдастыру әдістері мен тәсілдері әлі де болса шешімін табу қажеттігіне көз жеткіздік.

Жоғары оқу орындарында статистикалық физиканың мүмкіндіктерін жоғары дәреже жүзеге асыру үшін оны оқу пәні ретінде оқытудың мақсаты, әдістері мен мазмұны білім алушының арнайы пәндерден алған білімі мен біліктігіне сәйкес пәнаралық байланыста болуы тиіс. Сондықтан, жоғары білім беру ұйымдарында статистикалық физиканы кәсіби бағытта оқытудың әдістемелік жүйесін құруда арнайы пәндермен пәнаралық байланысын жүзеге асыра отырып, көрнекілік интуитивті негіздері мен практикалық бағыттылығын дамытуға, білім алушының болашақ мамандығымен байланысқан ұғымдарды, тұжырымдарды және есептерді ойлау тәсілдерімен қабылдауға мүмкіндіктер жасау маңызды мәнге ие болып табылады.

Осылайша, жоғары оқу орындарында статистикалық физиканы кәсіби бағытта оқытудың қажеттілігімен және оның тәжірибеде қанағаттанғысыз шешім табуындағы қарама-қайшылық, зерттеу тақырыбының өзектілігіне себеп болды. Болашақ кәсіби мамандарды даярлау үшін статистикалық физика курсының мазмұнын таңдауда білім алушылардың болашақ кәсіби қызметіне қажетті әдістемелік біліктерін қалыптастыруға бағыттап жасау керек. Жоғарыда айтылғандардың барлығы зерттеу тақырыбын «Статистикалық физика курсы оқытуда инновациялық әдіс тәсілдерді қолдану арқылы студенттердің қызығушылығын қалыптастыру» деп таңдауымызға және оның көкейкестілігін айқындауға негіз болды. Жұмыстың мақсаты: Сабақтың әртүрлі кезеңдерінде оқытуды басқару жүйесін жетілдіру, оқуға деген ынтасын күшейту, білім мен тәрбие сапасын арттыру, статистикалық физика пәні бойынша студенттердің дайындық деңгейін арттыру.

Кілт сөздер: Зерттеулер, модель, модельдеу, компьютерлік модельдеу, статистикалық физика, аксиома.

Ye. Dossymov¹, D. Makhmudov²

¹*PhD, Senior lecturer of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: dossymov.elmurat@ayu.edu.kz*

²*Master student of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Kazakhstan,
Turkistan), e-mail: Dastan240797@mail.ru*

Analysis of the feasibility of the axiomatic principles of statistical physics

Abstract. Analyzing scientific works and researches in this article, we were convinced that today, in accordance with modern requirements, there is still a need to find a solution to the methodological features of teaching statistical physics in higher educational institutions, the methods and ways of organizing educational activities that form the interest of students.

In order to realize the possibilities of statistical physics in higher educational institutions, the purpose, methods and content of teaching it as a subject should be interdisciplinary in accordance with the knowledge and skills of the student in special subjects. Therefore, in the creation of a methodological system of teaching statistical physics in a professional direction in higher education organizations, it is important to create opportunities for the development of visual intuitive foundations and practical orientation, to accept concepts, conclusions and problems related to the future profession of the learner with ways of thinking, while implementing interdisciplinary communication with special subjects.

Thus, the contradiction between the need to teach statistical physics in a professional direction and its unsatisfactory solution in practice has become the reason for the relevance of the research topic. In order to train future professionals, the content of the statistical physics course should be selected in the direction of forming the methodological skills necessary for the future professional activities of the students. All of the above was the basis for choosing the research topic "Creating the interest of students by using innovative methods in the teaching of the statistical physics course" and determining its importance. The purpose of the work: to improve the teaching management system at different stages of the lesson, to strengthen the motivation to study, to increase the quality of education and training, to increase the level of preparation of students in the subject of statistical physics.

Keywords: Research, model, simulation, computer simulation, statistical physics, axiom.

Е. Досымов¹, Д. Махмудов²

¹PhD, старший преподаватель

*Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясауи
(Казахстан, г. Туркестан), e-mail: dossymov.elmurat@ayu.edu.kz*

*²магистрант Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясауи*

(Казахстан, г. Туркестан), e-mail: Dastan240797@mail.ru

Анализ выполнимости аксиоматических принципов статистической физики

Аннотация. В данной статье представлены анализ научных работ и исследования аксиоматических принципов статистической физики, мы убедились, что и сегодня, в соответствии с современными требованиями, по-прежнему существует необходимость решения методических особенностей преподавания статистической физики в высших учебных заведениях, методов и способов организации учебного процесса. мероприятия, формирующие интерес учащихся.

Для реализации возможностей статистической физики в высших учебных заведениях цель, методы и содержание преподавания ее как предмета должны быть междисциплинарными в соответствии со знаниями и умениями студента по специальным предметам. Поэтому при создании методической системы преподавания статистической физики по профессиональному направлению в организациях высшего образования важно создать возможности для развития наглядно-интуитивных основ и практической направленности, принять концепции, выводы и проблемы, связанные с перспективой. профессия учащегося со способами мышления, при этом реализуя межпредметные связи со специальными предметами.

Таким образом, противоречие между необходимостью преподавания статистической физики в профессиональном направлении и неудовлетворительным ее решением на практике стало причиной актуальности темы исследования. Для подготовки будущих специалистов содержание курса статистической физики следует выбирать в направлении формирования методических умений, необходимых для будущей профессиональной деятельности студентов. Все вышеизложенное послужило основанием для выбора темы исследования «Формирование интереса учащихся путем использования инновационных методов в преподавании курса статистической физики» и определения ее актуальности. Цель работы: усовершенствовать систему управления обучением на разных этапах урока, усилить мотивацию к учебе, повысить качество воспитания и обучения, повысить уровень подготовки студентов по предмету статистической физики.

Ключевые слова: Исследование, модель, имитационное моделирование, компьютерное моделирование, статистическая физика, аксиома.

Кіріспе

Өздеріңіз білетіндей, кез келген нақты жаратылыстану ғылымының (мысалы, физиканың кез келген саласының) негізгі мақсаттарының бірі бұрын жинақталған эмпирикалық (эксперименттік) тәжірибені жалпылау болып табылады. Әдетте математикалық тәуелділіктер түрінде көрсетілген мұндай жалпылаулар сәйкес ғылымның қарастыратын пәні болып табылатын белгілі бір объектілердің әрекетін болжауға мүмкіндік береді. Осылайша, бұл математикалық тәуелділіктер, сайып келгенде, зерттелетін табиғат құбылыстарының нақты сипаттамаларын азды-көпті сәтті жақындататын эмпирикалық регрессия тендеулерінен басқа ештеңе емес.

Алайда, қарабайыр эмпиризмнің шегінен шығатын өте күрделі математикалық модельдерді құру үшін эксперименттік мәліметтерді регрессиялық талдау нәтижелері ғана жеткіліксіз болып шығады. Көбінесе зерттелетін объектілерді терең және егжей-тегжейлі сипаттай отырып, кейбір қосымша іргелі ұғымдарды (негізгі принциптерді) тарту қажет болады. Бұл ұғымдарды қолданудың дұрыстығын оларға негізделген ғылыми пән шеңберінде дәлелдеу мүмкін емес. Демек, сәйкес қағидалар өзінен-өзі түсінікті деп болжанған априорлы кейбір болжамды болжамдар сипатына ие. Бұл постулаттар оларға негізделген ғылымның аксиоматикасын құрайды [1].

Жоғарыда айтылғандардан белгілі бір нақты құбылыстарды модельдеу нәтижелерінің сенімділігі сәйкес «эмпирикалық регрессия тендеулерін» құру шеңберіндегі жуықтау сапасымен де, белгілі бір нәрсені зерттеу үшін табылған тәуелділіктерді пайдаланудың негізділігімен де анықталады. пәндік аймақ. Жақындаудың сапасы бұрын жинақталған эмпирикалық материалдың көлеміне және оны өңдеуге қатысатын регрессиялық талдау әдісінің мүмкіндіктеріне байланысты. Алынған математикалық тәуелділіктерді қолданудың негізділігі нақты анықталған табиғи құбылысты модельдеу үшін ғылыми аппараттың аксиоматикасын қолданудың дұрыстығымен сипатталады.

Аксиоматиканың дұрыстығының мәні қолда бар эксперименттік деректер көлемінің өзі олардың негізінде алынған математикалық модельдердің қолданылу шегін әлі анықтамауымен түсіндіріледі: бұл немесе басқа регрессия жуықтауының қаншалықты сенімді табылғаны маңызды емес. кейбір бұрын зерттелген пәндік облыс үшін, егер қазіргі уақытта қарастырылатын құбылыс болса, бұл салаға, әрине, жатпайды. Осылайша, ғылыми теорияларды құрудың бар тәжірибесі былай дейді: эмпирикалық ақпараттың ерікті үлкен көлемі оларға негізделген тұжырымдардың әдістемелік сапасына көшуге кепілдік бермейді.

Кейбір ғылыми пәндердің негізгі постулаттарының қолданылу мүмкіндігінің шектеулі сипатын көрсететін өте айқын мысалдардың бірі Ньютонның қасиеттері туралы өте орынды және көрнекі болжамдарына негізделген классикалық механиканың дамуының салтанатты

(екі ғасырдан астам) тарихы болып табылады. кеңістік пен уақыт. Дегенмен, кез келген физикалық теория сияқты, Ньютон физикасы да оның негізгі гипотезаларының қолдану мүмкіндігі шеңберінде ғана шындыққа адекватты болып шықты. Релятивистік физиканың (Мишельсон тәжірибесі) және кванттық механиканың («ультрақұлгін апат») одан әрі пайда болуы осы жағдайдың тағы бір дәлелі болды: ешқандай теория белгілі эмпирикалық деректердің көпшілігімен тамаша үйлесетін болса да, абсолютті ақиқат рөлін талап ете алмайды.

Осы түрдегі тағы бір мысал ретінде сәйкес пәндік саладағы адамзаттың орасан зор тәжірибесіне негізделген атомдардың іргелі бөлінбейтіндігі туралы гипотезаны келтіруге болады. Бұл тәжірибе үш мың жылдан астам уақыт бойы жинақталған эмпирикалық білімді қорытындылады. Алхимиктердің «трансмутация» деп аталатын әрекетін (кейбір химиялық элементтердің басқаларына түрленуі) жүзеге асыруға деген көптеген ғасырлар бойғы әрекеттері толығымен сәтсіз аяқталды, өйткені бұл әрекеттер химиялық реакциялардың көмегімен, яғни, атомистік ілімнің қолданылуы. Оның үстіне, ұзақ уақыт бойы жұмсалған күш-жігердің айқын пайдасыздығы тіпті осы мақсатқа жетудің шындық идеясын да жаманатты. Тек ядролық реакциялар деп аталатындардың ашылуы ғана бірнеше ондаған ғасырлар бойы мүмкін емес деп саналған нәрсені жүзеге асыруға мүмкіндік берді.

Осы мақалада жоғарыда айтылғандардың бәрі өте тривиальды және белгілі. Дегенмен, тәжірибе көрсеткендей, адамдар өз тәжірибесін абсолютті етуге бейім.

Ғылыми білімді қабылдаудың осындай субъективті сипатына байланысты бұл жерде мынадай маңызды жағдайға ерекше тоқталуды жөн көрді: кез келген ғылыми пәннің қорытындылары, тіпті егер олар «табиғаттың негізгі заңдары» ретінде аянышты түрде жарияланған болса да, Чешир мысықтың күлкісі сияқты ауада өздігінен ілінбеңіз. Бұл тұжырымдар әрқашан толығымен белгілі аксиоматикаға және эмпирикалық ақпараттың жеткілікті шектеулі (бірақ, мүмкін, өте үлкен) санына негізделген. Бұл жағдайлар белгілі бір ғылыми талдау нәтижелерін қолдану шегін түбегейлі шектейді. Мұндай шектеулердің болу фактісінің өзі танымның ғылыми әдістемесінің ажырамас қасиеті болып табылады [2].

Бұл мақалада статистикалық физиканың формализмі құрылатын сол аксиоматикалық принциптердің қолданылу шегін нақтылауға талпыныс жасалған. Алынған қорытындылар, әрине, термодинамиканың дұрыс қолдану шегіне де қатысты.

Белгілі бір нақты жағдайларда осы аксиоматиканы қолданудың негізділігі мәселесі принципті маңызды мәселе болып табылады және статистикалық физиканың пайда болуынан (XIX ғасырдың ортасынан) бастап бүгінгі күнге дейін ең жақын қарастырылатын және көптеген талқылаулардың нысаны болды. Жоғарыда аталған мәселеге қызығушылық келесі екі себепке байланысты:

1. Статистикалық физика аксиоматикасы шынында да көптеген жағдайларда сапалық сипатта болатын елеулі қайшылықтардан бос емес. Бұл қайшылықтардың көпшілігі нақты физикалық процестердің қайтымсыздығын негіздеу әрекеттерімен, Больцманның H-теоремасының посттериорлық дәлелі (термодинамиканың екінші заңының статистикалық аналогы) және т.б., ол өзінің «Статистикалық механика» кітабында [3 б.] деп жазады: «Статистикалық механиканың негіздемесі. Физика нақты ғылымдар арасында жетекші орын алады, ал статистикалық механика оның негізгі тарауларының бірі болып табылады. Егер қазір статистикалық механиканы негіздеуде көптеген түсініксіз жағдайлар бар десек, бұл оқырманның танданысын тудыруы мүмкін. Осы салада жұмыс істей отырып, бұл кітаптың авторы өзін аздап ыңғайсыз сезінеді, бірақ жағдай шынымен солай.

2. Табиғатта мұндай макроскопиялық құбылыстардың даусыз болуы анық, олардың бар болуының өзі, мысалы, жоғарыда айтылған Больцманның H-теоремасымен анық қайшы келеді. Әрине, біз галактикалық және метагалактикалық масштабта астрономдар бақылайтын динамикалық процестердің табиғаты туралы айтып отырмыз. Әрбір дерлік физика оқулығында Ғаламның жылу өлімі теориясын сынауға арналған тарауды табуға болады. Бұл

сынның өзі Әлемнің физикалық жүйе ретіндегі ашықтығы туралы декларативті мәлімдемеден бастап (Больцманның Н-теоремасы мұндай объектілерге қолданылмайды), статистикалық физика заңдары шеңберінде іс жүзінде байқалған құбылыстарды қандай да бір жолмен түсіндірудің күрделі әрекеттеріне дейін. термодинамика: бұл бағытта өте ұзақ жол өтті - Больцманның қарапайым флуктуациялық гипотезасынан (бір ғасырдан астам бұрын) Әлемнің ең күрделі заманауи үлгілеріне дейін. Төменде «Термодинамика және статистикалық физика» [4] оқулығынан типтік дәйексөз келтірілген: «XIX ғасырдың екінші жартысындағы термодинамиктердің жұмысының дүниежүзілік тарихи нәтижесі термодинамиканың екінші заңының ашылуы, оқшауланған термодинамикалық жүйенің тепе-теңдігі мен орнықтылығының шарттары.

Термодинамиканың екінші заңын жасау мен тұжырымдаудағы ең маңызды нәтижелер Клаузиуска тиесілі. 1865 жылы ол термодинамиканың екінші заңын, энтропияның өсу заңын ғаламға таратып, «Дүниенің энергиясы тұрақты. Әлемнің энтропиясы максимумға ұмтылады.

Термодинамиканың екінші заңын негізсіз кеңейтіп, оны ғаламға қолдану арқылы Клаузий қате философиялық тұжырымдар жасады. Бұл ғаламның жылу өлімі теориясына негіз болды. Клаузиус пен Томсон Әлемде жылулық тепе-теңдікке қол жеткізілген кезде термиялық өлім пайда болады, барлық өздігінен жүретін процестер тоқтайды және Әлем жансыз тыныштықта қатып қалады деп дәлелдеді.

Больцман ықтималдық және статистикалық көріністерге сүйене отырып, Әлемнің жылу өлімінің теориясымен күресті. Оған қарсы қарсылық білдірді, ол Әлем тепе-теңдік күйге жақын болғанымен, оның жеке бөлімдерінде қоршаған адам мен дүниенің өлшемдерімен салыстырғанда өлшемдері үлкен болатын орасан ауытқулар болады. ол бақылайды және оның өмірінің ұзақтығымен салыстыруға келмейтін ұзақ. Бірақ сонымен бірге бұл флуктуациялық түзілімдер шексіз үлкен және мәңгілік бар Әлеммен салыстырғанда шексіз аз.

Дегенмен, бұл тұжырымдарды дұрыс деп тануға болмайды, өйткені бізді қоршаған әлем тұрғысынан Ғаламдағы осындай үлкен ауытқулардың ықтималдығы туралы идея ықтималдықсыздық идеясына тең.

Больцман гипотезасының көзқарасы бойынша, Әлемнің көрінетін бөлігінде байқалатын жаңа жұлдыз түзілімдері өте екіталай. Қазіргі кезде қалыптасқан қайшылықты нақтылау үшін түрлі көзқарастар алға тартылуда.

Дегенмен, бұл мәселе бойынша келіспеушіліктерді егжей-тегжейлі қарастырмай, біз келесі ескертулермен шектелеміз. Біріншіден, қазіргі уақытта бар эксперименттік деректер Ғаламның жылу өлімі теориясының дұрыс емес екенін көрсетеді; бүкіл адамзат тәжірибесі бізді қоршаған әлемде үздіксіз даму бар екенін растайды және процестер тоқтау бағытында әлсіреумен жүреді деп сенуге ешқандай негіздер немесе тіпті кеңестер жоқ. Ғылым материяның үздіксіз айналымы мен қозғалысын, қозғалыс формаларының дамуы мен өзгеруін, материяның кейбір түрлерінің басқаларға үздіксіз айналуын, олардың шексіз көп түрлілігін көрсетеді. Астрономдар мен астрофизиктердің сіңірген еңбегі – Ғаламда жұлдыздар мен жұлдыз аралық материя арасында үздіксіз күрделі, алуан түрлі байланыстар болып, жұлдызды құрылымдардың, галактикалардың, дүниелердің үздіксіз пайда болуына, дамуына және жойылуына әкелетінінің дәлелі» [5].

Осылайша, Больцманның Н-теоремасына қатысты, мысалы, Ферма теоремасымен ұқсастықты келтіру мүмкін емес: олар қатаң дәлел әлі табылмағанын айтады, алайда, қарастырылып жатқан ережелерден ерекшеліктер жоқ. Мұндай жағдай бұл дәлелдемелердің пайда болуы тек уақыт мәселесі деп санауға негіз береді. Керісінше, астрофизикалық бақылаулар деректері Ғаламның масштабында статистикалық физиканың талқыланған тұжырымдары орындалған жағдайларды ерекшелік деп санау керек екенін көрсетеді.

Бұл жерде, өкінішке орай, қозғалған қызықты тақырыптағы шығармаларға егжей-тегжейлі шолу жасау мүмкін емес. Сондықтан, біз өзімізді әлемдегі статистикалық физика

мен термодинамиканың қазіргі модельдік концепцияларына сүйене отырып елестетуден әлдеқайда күрделірек болатын әлемде өмір сүріп жатқандығымыздың айқын фактісін айтумен шектелеміз. Автор жоғарыда аталған ғылыми пәндердің аксиоматикасының қолданылу шегінде адекватты түрде сипатталуы мүмкін емес, әмбебаптан гөрі ауқымды емес масштабта да физикалық жүйелердің кейбір түрлері бар деген теориялық негізделген болжам жасады. Қазіргі жұмыс [6] «Эйлер» іздестіру жобасы аясында жүргізілген осы жүйелерді зерттеудің бастапқы кезеңіне арналған.

Зерттеу әдістері

Тепе-теңдіксіз процестер теориясының аксиоматикасы мағыналары бойынша бірдей әр түрлі постулаттардың бірқатар тұжырымдарын қамтиды, олардың ішінде ең әйгілісі молекулалық хаос гипотезасы (Stoßzahlansatz) деп аталады. Бұл гипотезаны Л. Больцман И. Лошмидтке (қайтымдылық парадоксы – Умкехрейнвард, 1876) және Э. Зермелоға (Пуанкаре қайталану теоремасы негізіндегі қайталану парадоксы – Видеркерейнванд, 1896 ж.) қарсылық ретінде алға тартты. Больцман статистикалық физика аппаратына термодинамиканың екінші заңының функционалдық аналогы ретінде енгізген Н-теоремасы [7].

Тепе-теңдіксіз процестер теориясының аксиоматикасын егжей-тегжейлі талдау бұл жұмыстың тақырыбы болып табылмайды. Дегенмен, молекулалық хаос гипотезасы, басқа мәселелерде, сол Больцманның эргодикалық гипотезасы сияқты, жиынтық теориясына қайшы келетінін атап өткен жөн. Классикалық молекулалық-кинетикалық теорияда (кванттық теориядан айырмашылығы) бөлшектердің динамикасы қатаң түрде анықталады. Физикалық жүйені сипаттаудың қатаң Лаплас формализмі бөлшектер қозғалысының параметрлерінде, мысалы, осы бөлшектердің бір-бірімен соқтығысуы нәтижесінде өзін көрсете алатын (және жинақталуы мүмкін) кез келген «кері серпіліс» мүмкіндігін түбегейлі жоққа шығарады. Бұл тұжырымдар жүйедегі бөлшектердің санына және оны бақылау уақытына байланысты емес. Жеке шашырау оқиғаларының нәтижесінде бөлшектердің импульсінің және (немесе) энергиясының релаксациясындағы кез келген интерминизм анықтама бойынша жоқ, яғни ол нөлдік өлшем жиынтығы болып табылады. Кез келген нөлдер санының қосындысы әрқашан нөл болып қалады, өйткені «жоқтан бірдеңе алуға болмайды». Осылайша, классикалық жүйенің күйі әрқашан қатаң түрде анықталады [8].

Асимптотикалық комбинаторикада әртүрлі Марков процестері үшін Янг кестелерінің мінез-құлқына байланысты мәселелерді зерттеудің әртүрлі әдістері бар. Бұл әдістерге, атап айтқанда, Робинсон-Шоенстед-Кнут (RSK) алгоритмін және Шутценбергер түрлендіруін қолдану жатады [9].

Бұл жұмыста келесі Марков процестерінің реттілік генераторлары іске асырылды:

- 2D және 3D Янг және Шур графиктеріндегі Ричардсон процесі;
- Екі өлшемді Янг және Шур графиктеріндегі Планшерель процесі;
- үш өлшемді Янг графындағы псевдо-Планшерель процесі болып табылады.

Янг диаграммаларының өлшемдері экспоненциалды түрде өсетіндіктен, олардың асимптотикалық қасиеттерін зерттеу үшін оларды белгілі бір жолмен нормалау керек. Екі өлшемді стандартты Янг диаграммалары үшін нормалау әдісі [10] енгізілген. Осы диссертацияның шеңберінде Schur графигі [11] және үш өлшемді Янг графы [12] бойынша нормаланған өлшемдер үшін формулалар ұсынылды [13].

Plancherel үлестірімі бар Янг диаграммаларының кездейсоқ тізбектерін модельдеудің әртүрлі әдістері бар. Атап айтқанда, [14], мұндай тізбектер Робинсон-Шенстед-Кнут алгоритмі арқылы жасалды. Осы диссертациялық зерттеуде бұл мәселе Марков тізбегін Янг графында енгізу арқылы шешілді, бұл әлдеқайда үлкен ұзындықтағы Янг диаграммаларының тізбегін құруға мүмкіндік берді.

Үшөлшемді Янг графында орталық стохастикалық процестің котрансляциялық ықтималдықтарын есептеу үшін Шутценбергер түрлендіруін қолдануға негізделген әдіс қолданылды. Диссертацияда оның рандомизацияланған модификациясы ұсынылды, оны қолдану біркелкі кездейсоқ үлестіріммен берілген пішіндегі кездейсоқ Young кестелерін құруға мүмкіндік берді [15].

Талдау мен нәтижелер

Максималды өлшемдері бар Янг диаграммаларының нормаланған өлшемдерінің асимптотикалық мінез-құлқын зерттеу асимптотикалық бейнелеу теориясындағы қызықты мәселе болып табылады. Бұл асимптотика симметриялы топтың максималды азайтылмайтын көріністерінің салмақтарының өсуін сипаттайды.

[11] стандартты Янг диаграммаларының нормаланған өлшемі туралы түсінік енгізілді және Планчерель өлшеміне тән диаграммалардың нормаланған өлшемдері үшін және максималды өлшем диаграммалары үшін екі жақты бағалаулар алынды. Сонымен қатар, сол мақалада қалыпты Планчерель диаграммалары үшін де, максималды өлшемдері бар диаграммалар үшін де нормаланған өлшемдердің жақындасуы туралы болжам (әлі толық дәлелденбеген) ұсынылды. Бұл гипотезалардың орындалуын компьютерлік тәжірибелер көмегімен тексеру [12]. Осы мақалаларда сипатталған эксперименттердің нәтижелері Вершик-Керов гипотезасын дұрыс деп санауға негіз береді. Нормаланған өлшемдер шектерінің шамамен бағалары [13] де келтірілген.

Мақалада [14] қазіргі әдебиетте TASEP (Total Asymmetric Simple Exclusion Process) деген атпен белгілі көпбөлшектік процестің моделі зерттелді. TASEP Ричардсон статистикасы бойынша Younggas диаграммаларының өсуі арқылы модельденген (1.7.2 қараңыз). Осы процеске сәйкес келетін ықтималдықтың таралу тығыздығы зерттеліп, Ричардсон бойынша бөлінген Янг диаграммаларының шекті формасы үшін формула алынды. Осы жұмыста компьютерлік тәжірибелер көмегімен нормаланған өлшемдердің өсу асимптотикасын зерттейміз.

Янг диаграммаларының нақты өлшемдері олардың өлшемімен экспоненциалды түрде өсетіндіктен, Янг диаграммаларының өлшемдерінің асимптотикалық тәртібін зерттеу үшін олардың нормалануын пайдалану ыңғайлы. [11]-де ұсынылған стандартты λ диаграммасының нормаланған өлшемі c_{sta} мына формуламен анықталады:

$$c_{sta}(\lambda) = \frac{-2}{\sqrt{n}} \ln \frac{\dim \lambda}{\sqrt{n!}}, \quad 1$$

мұндағы n – диаграмманың өлшемі, $\dim \lambda$ – диаграмманың өлшемі.

Нормаланған өлшемнің мәндері $[c_0, c_1]$ аралығымен шектелетіні [11] дәлелденді:

$$c_0 = \frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi^2} \approx 0.2313, c_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{6}} \approx 2.5651. \quad 2$$

Сондай-ақ, максималды өлшемдері бар диаграммалардың нормаланған өлшемдері белгілі бір шекке жақындау ұсынылды. Бұл болжам дәлелденген жоқ, бірақ көптеген компьютерлік тәжірибелер оның ақиқатына біршама сенімділік береді [15]. Қатаң диаграмманың өлшемі үшін [16] келесі нормалау қолданылды:

$$c_{str}(\lambda) = -\frac{\ln \dim(\lambda) - \ln \sqrt{n!} + \frac{\ln 2}{2} \cdot n}{\sqrt{n}}. \quad 3$$

Бекітілген n үшін нормаланған өлшемдердің екеуі үшін де (1), (2) диаграмманың өлшемі неғұрлым үлкен болса, оның нормаланған өлшемі соғұрлым аз болатынын ескеріңіз.

1-кестеде нормаланған өлшемдерді пайдалану ыңғайлылығын көрсететін мысалдар келтірілген.

1-кесте – $n = 45$ өлшемді екі стандартты жас диаграммалар үшін қарапайым және нормаланған өлшемдердің мәндері

	Өлшем	Нормаланған өлшем
Бірінші диаграмма	500283928761422348434320000	0.459847
Екінші диаграмма	492955458105064380984558000	0.462047
Айырмашылық	7328470656357967449762000	-0.0022

Компьютерлік тәжірибелер (1) және (2) нормаланған өлшемдердің қасиеттері өте жақын екенін көрсетті. Атап айтқанда, екі функцияның мәндері белгілі бір интервалмен шектеледі.

Қорытынды

Егер қандай да бір тұйық жүйе өзінің ең ықтимал макроскопиялық күйінде болса, онда статистикалық физиканың аксиоматикалық принципі осы жүйені оған қол жетімді микрокүйлердің кез келгенінде табудың тең ықтималдылығын постулатады. Бұл, өз кезегінде, көрсетілген жүйенің фазалық кеңістігінде анықталған аймақтардың әрбір жұбы арасында динамикалық тепе-теңдіктің болуын білдіреді: жүйенің бір аймақтан екінші аймаққа ауысуының уақыт бойынша орташа ықтималдығы тура және кері үшін бірдей болуы керек, осы ауысулардың бағыттары.

Микрокүйлер арасындағы элементар ауысулардың индукциялық (мәжбүрлі) сипатымен жүйенің фазалық кеңістіктің бір аймағынан екіншісіне ауысу ықтималдығы тек осы жүйе үшін бақылау уақытының ұзақтығымен ғана емес, сонымен қатар жеке әрекеттер санымен анықталады. Берілген уақыт аралығында жүзеге асырылатын сәйкес кванттық ауысулардың

– Тиісті түрде ұйымдастырылған жабық физикалық жүйелердің болуы болжанады, олардың әрқайсысы үшін ең ықтимал (тепе-теңдік) макроскопиялық күй әртүрлі қол жетімді микрокүйлерде болу уақытының тең емес ықтималдығымен жүзеге асырылады. Бұл, мысалы, мұндай жүйеде қамтылған кванттық газ бөлшектерінің қозғалыс бұрыштық бағыты мен жүйенің микрокүйлерінің бір таңдалған тобынан екінші топқа кванттық ауысулардың жеке оқиғаларын индукциялау ықтималдылығы арасындағы белгілі бір қатынасқа байланысты болуы мүмкін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Heisenberg W. Zur Theorie des Ferromagnetismus // Zeitschrift fur Physik. – 1928. – Sept. – Vol. 49, no. 9/10. – P. 619–636.
2. Baxter R.J. Partition function of the Eight-Vertex lattice model // Annals of Physics. – 1972. – Т. 70, № 1. – P. 193–228.
3. Baxter R.J. One-dimensional anisotropic Heisenberg chain // Annals of Physics. – 1972. – Т. 70, № 2. – P. 323–337.
4. Тахтаджян Л.А., Фаддеев Л.Д. Квантовый метод обратной задачи и XYZ модель Гейзенберга // УМН. – 1979. – Т. 34, 5(209). – С. 13–63.
5. Изюмов Ю.А., Скрыбин Ю.Н. Статистическая механика магнитоупорядоченных систем. – М.: Наука, 1987. – 264 с.
6. Tsilevich N.V. Spectral properties of the periodic Coxeter Laplacian in the two-row ferromagnetic case // Зап. научн. сем. ПОМИ. – 2010. – Vol. 378. – P. 111–132.

7. Tsilevich N.V. On the behavior of the periodic Coxeter Laplacian in some representations related to the antiferromagnetic asymptotic mode and continual limits // Зап. научн. сем. ПОМИ.– 2011. – Vol. 390. – P. 286–298.
8. Vershik A.M. Statistical mechanics of combinatorial partitions, and their limit shapes. // Funct. Anal. Appl. – 1996. – Vol. 30. – P. 90–105.
9. Вершик А.М., Павлов Д.А. Численные эксперименты в задачах асимптотической теории представлений // Зап. научн. сем. ПОМИ. – 2009. – Т. 373. – С. 77–93.
10. Rost H. Non-equilibrium behaviour of a many particle process: Density profile and local equilibria // Probability Theory and Related Fields. – 1981. – Vol. 58, no. 1. – P. 41–53.
11. Вершик А.М., Керов С.В. Асимптотика максимальной и типичной размерностей неприводимых представлений симметрической группы // Функциональный анализ и его приложения. – 1985. – Т. 19, № 1. – С. 25–36.
12. Cerf R., Kenyon R. The Low-Temperature Expansion of the Wulff Crystal in the 3D Ising Model // Communications in Mathematical Physics. – 2001. – Vol. 222, no. 1. – P. 147–179.100
13. Боголюбов Н.М. Перечисление плоских разбиений и алгебраический анзац Бете // ТМФ. – 2007. – Т. 150, № 2. – С. 193–203.
14. Feynman R.P., Hibbs A.R. Quantum Mechanics and PathIntegrals. – McGraw–Hill College, 1965. – 365 p.
15. Hoyle F., Narlikar J.V. Cosmological Models in a Conformally Invariant Gravitational Theory–II: A New Model // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1972. – Vol. 155, no. 3. – P. 323–335.
16. Gersch H.A. Feynman’s relativistic chessboard as an Ising model // Int. J. Theor. Phys. – 1981. – Vol. 20, no. 7. – P. 491–501.

REFERENCES

1. Heisenberg W. Zur Theorie des Ferromagnetismus // Zeitschrift fur Physik. – 1928. – Sept. – Vol. 49, no. 9/10. – P. 619–636.
2. Baxter R.J. Partition function of the Eight-Vertex lattice model // Annals of Physics. – 1972. – Т. 70, № 1. – P. 193–228.
3. Baxter R.J. One-dimensional anisotropic Heisenberg chain // Annals of Physics. – 1972. – Т. 70, № 2. – P. 323–337.
4. Tahtadzhyan L.A., Faddeev L.D., Kvantovyy metod obratnoj zadachi i XYZ model' Gejzenberga [The quantum method of the inverse problem and the XYZ Heisenberg model]. // UMN. – 1979. – Т. 34, 5 (209). – S. 13–63. [in Russian].
5. Izyumov YU.A., Skryabin YU.N. Statisticheskaya mekhanika magnitouporyadochen nyh sistem [Statistical mechanics of magnetically ordered systems]. – М.: Nauka, 1987. – 264 s. [in Russian].
6. Tsilevich N.V. Spectral properties of the periodic Coxeter Laplacian in the two-row ferromagnetic case // Zap. научн. сем. ПОМИ. – 2010. – Vol. 378. – P. 111–132.
7. Tsilevich N.V. On the behavior of the periodic Coxeter Laplacian in some representations related to the antiferromagnetic asymptotic mode and continual limits // Zap. научн. сем. ПОМИ. – 2011. – Vol. 390. – P. 286–298.
8. Vershik A.M. Statistical mechanics of combinatorial partitions, and their limit shapes. // Funct. Anal. Appl. – 1996. – Vol. 30. – P. 90–105.
9. Vershik A.M., Pavlov D.A. Chislennyye eksperimenty v zadachah asimptoti cheskoj teorii predstavlenij [Numerical experiments in problems of asymptotic representation theory]. // Zap. научн. сем. ПОМИ. – 2009. – Т. 373. – S. 77–93. [in Russian].

10. Rost H. Non-equilibrium behaviour of a many particle process: Density profile and local equilibria // Probability Theory and Related Fields. – 1981. – Vol. 58, no. 1. – P. 41–53.
11. Vershik A.M., Kerov S.V. Asimptotika maksimal'noj i tipichnoj razmerno stej neprivodimyh predstavlenij simmetricheskoj gruppy [Asymptotics of maximal and typical dimensions of irreducible representations of a symmetric group]. // Funkcional' nyj analiz i ego prilozheniya. – 1985. – T. 19, № 1. – S. 25–36. [in Russian].
12. Cerf R., Kenyon R. The Low-Temperature Expansion of the Wulff Crystal in the 3D Ising Model // Communications in Mathematical Physics. – 2001. – Vol. 222, no. 1. – P. 147–179.100
13. Bogolyubov N.M. Perechislenie ploskih razbienij i algebraicheskij anzac Bete [Enumeration of plane partitions and the algebraic Bethe ansatz]. // TMF. – 2007. – T. 150, № 2. – S. 193–203. [in Russian].
14. Feynman R.P., Hibbs A.R. Quantum Mechanics and PathIntegrals. – McGraw-Hill College, 1965. – 365 P.
15. Hoyle F., Narlikar J.V. Cosmological Models in a Conformally Invariant Gravitational Theory–II: A New Model // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1972. – Vol. 155, no. 3. – P. 323–335.
16. Gersch H.A. Feynman's relativistic chessboard as an Ising model // Int. J. Theor. Phys. – 1981. – Vol. 20, no. 7. – P. 491–501.