

Г.Ш. Яр-Мұхамедова¹ , Қ.М. Мұқашев^{1*} ,
Л.А. Габдрахманова² , Ф.Ф. Умаров³ 

¹Әл Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Башкортостан мемлекеттік ғылым-технология университеті, Уфа, Ресей

³Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: mukashev.kms@gmail.com

ЯДРОЛЫҚ БӨЛШЕК ПЕН АНТИБӨЛШЕКТІҢ ФИЗИКАСЫ МЕН МЕТАФИЗИКАСЫ

Мақала позитрон мен электронды негізгі зерттеу нысандары ретінде қолдану арқылы бөлшек пен антибөлшектің кристалдық тор ішінде өзара әрекеттесу механизмі позитронның метафизикалық күйден физикалық күйге, физикалық күйден техникалық физика күйіне түрлену мүмкіндігінің моделін құрып, эксперимент нәтижелерін талдауға арналған. Лептондар тобына жататын аталмыш екі бөлшектің арасында әлсіз немесе электромагниттік әсерлесу орын алуы ықтимал. Әлсіз әсерлесу жақын аралықта байқалса, электромагниттік әсерлесу алыс қашықтықта орын алатын құбылысқа жатады. Егер табиғаты әртүрлі, зарядтарының таңбасы қарама-қарсы осындай бөлшектер кристал денелерде бір мезгілде туындайтын болса, олардың арасында тартылыс орнау үшін осы екі әсерлесудің де қатар орын алуы заңды процес. Солай бола тұра, бұл әсерлесулердің механизмі мен табиғаты осы уақытқа дейін толық ашылды деуге ешбір негіз жоқ. Соған байланысты, электрондар мен позитрондарды ұялы құрылымға топтастырылған, өзінің физикалық күйін өзгерту нәтижесінде біреуі қарсы жақтың шығаратын толқынды өрісін сезу арқылы қабылдайтын фемто- немесе актоөлшемді «позитрониттер» мен «электрониттерден» тұратын бөлшектерге жіктелетін гипотетикалық моделі ұсынылады. Осы модель негізінде қатты денелердің құрылымдық қасиеттерін зерттеуге мүмкіншілік беретін ақаулардың позитрондарды қармау моделі талданады.

Түйін сөздер: физика, метафизика, бөлшек, антибөлшек, аннигиляция, әрекеттесу моделі, қармау моделі, металдар, құрылымдық ақаулар.

G.Sh. Yar-Mukhamedova¹, K.M. Mukashev^{1*}, L.A. Gabdrakhmanova², F.F. Umarov³

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Bashkortostan State University of Science and Technology, Ufa, Russia

³Kazakhstan-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: mukashev.kms@gmail.com

Physics and metaphysics of nuclear particles and antiparticles

The paper describes a hypothetical model of the interaction of particles and antiparticles using the example of a positron and an electron by assuming a change in their state of physical without involving theoretical calculations, which most often represent fitting data to the desired results. Since these two particles belong to the class of leptons, both weak and electromagnetic interactions are possible between them. Weak interactions by the nature of the manifestation are short-range, and electromagnetic interactions are long-range. In a solid between differently charged particles, both of these interactions can exist simultaneously to ensure their mutual attraction. But the nature and mechanism of these interactions has still not been clarified to the end. In this regard, a hypothetical model of the honeycomb structure of the positron and electron is woven from even smaller - femto- or atto-sized particles in the form of «positronites» and «electronities» that perceive radiation from the opposite side by changing their state of aggregation. Subsequently, this model develops into a model of the capture of positrons by defects in the crystal structure of solids.

Keywords: physics, metaphysics, particle, antiparticle, annihilation, hypothesis of interaction, capture model, structural behavior.

Г.Ш. Яр-Мухамедова¹, К.М. Мукашев^{1*}, Л.А. Габдрахманова², Ф.Ф. Умаров³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Башкортостанский государственный научно-технический университет, Уфа, Россия

³Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: mukashev.kms@gmail.com

Физика и метафизика ядерных частиц и античастиц

В работе описывается гипотетическая модель взаимодействия частиц и античастиц на примере позитрона и электрона посредством допущения изменения их физического состояния без привлечения теоретических расчетов, которые чаще всего представляют собой подгонку данных под желаемые результаты. Поскольку эти две частицы относятся к классу лептонов, между ними возможны как слабые, так и электромагнитные взаимодействия. Слабые взаимодействия по характеру проявления являются близкодействующими, а электромагнитные – дальнедействующими. В твердом теле между разнородно заряженными частицами могут существовать оба эти взаимодействия одновременно, чтобы обеспечить их взаимное притяжение. Но природа и механизм этих взаимодействий до сих пор оставалась не выясненной до конца. В связи с этим предлагается гипотетическая модель сотовой структуры позитрона и электрона, сотканными из еще более мелких – фемто- или акторазмерных частиц в виде «позитронитов» и «электронитов», которые воспринимают излучения противоположной стороны посредством изменения своего агрегатного состояния. В дальнейшем данная модель развивается в модель захвата позитронов дефектами кристаллической структуры твердых тел применительно к изучению радиационной повреждаемости конструкционных металлов.

Ключевые слова: частицы, античастицы, аннигиляция, модель взаимодействия, модель захвата, металлы, структурные нарушения

Кіріспе

Ұғым мағынасының жоғалуы (өзгеруі). Элементар электр заряды – табиғатта кездесетін, ұзақ мерзімді еркін электр зарядының мейлінше кіші үлесін анықтаушы іргелі физикалық тұрақты шама. Негізгі өлшем бірліктер жүйесінің (СИ) анықтауы бойынша элементар заряд $e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ Кл [1]. «Заряд» сөзінің ішкі мағынасы пайдалану контексіне байланысты өзгеріп отыруы жиі кездеседі. Физика ғылымына жаңа атау ретінде қосылған ағылшын тіліндегі charge сөзінің алғашқы мағынасы заң ғылымы саласында «айыптау» мағынасында қолданылатын. Ақиқатына келсек, шын мәнінде электр заряды материяның өрістік табиғатының

айыпкері саналады. Зарядтың алғашқы мағынасының жоғалуы электронның өлшенетін көрсеткіштерін сипаттаған кезде заряд атауының мағынасын - зарядталған бөлшек атауынан, бөлшек атауының толқыннан айырмашылығын ажырата алмауда болып отыр. Осы тұста белгілі ғалым Брэггтың жарық сәулесі туралы айтқан мысқылын келтіру артық болмас: жарық сәулесі дүйсенбі, сәрсенбі және жұма күндері өзін толқын түрінде танытса, сейсенбі, бейсенбі және сенбі күндері бөлшек түрінде көрінеді, ал жексенбі күндері ешнәрсеге ұқсамас болар. Бұның сыртында «h» символымен белгіленген, мағынасы осы күнге дейін белгііз шаманы қайда қоясың? [2].

Электр зарядының квантталуы

Эксперимент кезінде өлшенетін электр заряды әрқашан бірлік элементар зарядынан бүтін

санды есе артық болып келеді. Тұңғыш рет элементар зарядтың шамасын 1910 ж.

эксперимент арқылы Милликен өлшеген еді. Табиғатта кездесетін электр зарядының элементар зарядтың бүтін санымен анықталуын *электр зарядының квантталуы* деп атауға болады. Заряд динамикалық айнымалы көрсеткіш емес, сыртқы көрсеткіш болғандықтан, классикалық электр динамикада зарядтың квантталу себебін анықтауға арналған ешбір талдау жүргізілмейді. Зарядтың міндетті түрде не себебті квантталуға тиісті екенін анықтауға арналған қанағаттанарлық жауап әзірге табылмағанмен, бір шама көңіл аударарлық мағлұматтар туындауда. Соның бірі – элементар бөлшектердің қазіргі заман физикасы шеңберінде шешуі табылып отырған жаңа моделдердің ашылуы және соған сәйкес бүгінгі күнге дейін белгілі болып келген іргелі бөлшектердің өзі олардан да іргелі жаңа бөлшектерден құралған құрама туынды болуы ықтимал деген көзқарастың қалыптасуы. Ендеше мұндай жағдайда зарядтың квантталу процесі бөлшектің екінші реттік іргелі бөлшектерден құралуы нәтижесінде қалыптасатын туынды болғандықтан, ерекше танданарлық құбылыс санала бермейді. Бірақ бір ойланатын мәселе – екінші реттік іргелі бөлшектердің заряды қалай қалыптасады? – деген сұрақ.

Соңғы мәселе туралы әзірге ойға қонатын бір ғана жаңа пікірдің болуы – кварк-глюондардың ашылуы. Нәтижесінде атомдық элементар бөлшектер бүтін бірліктен кем, ондық бөлшек

шамасындағы электр зарядына, мысалы, элементар зарядтың $\pm\frac{1}{3}$, немесе $\pm\frac{2}{3}$ бөлігіне ие болуы мүмкіндігін дәлелдейді. Осы бағыттағы зерттеу нәтижелері ондық бөлшек шамасындағы зарядты *конфайнменттер* деп аталатын, өзара байланысқан құрама бөлшектер иеленуі мүмкін деген көзқарасты құптайды. Еркін қозғалыстағы күйде болуы мүмкін сондай атомдық бөлшектер екі кварктан (мезондар), үш кварктан (бозондар), төрт кварктан (тетракварк) және бес кварктан (пентакварк) тұруы ықтимал. Яғни, бүгінгі күнге белгілі барлық еркін, тұрақты және орнықты атомдық бөлшектердің заряды элементар бірлік зарядтан бірнеше есе артық болуы мүмкін. Осы тұжырымнан тысқары тұратын бір ғана бөлшек бар – t-кварк. Тікелей өлшеулер нәтижесінде анықталған t-кварктың заряды $+\frac{2}{3}e$ [3]. Электр заряды ондық бөлшек шамасындағы еркін атомдық бөлшектер әзірге нақты табыла қойған жоқ, бірақ іздеу жұмыстары да тоқтамақ емес. Өйткені атомдық квази- бөлшектердің зарядының ондық бөлшек шамасында болуы туралы ғылыми көзқарас өзінің тағынан тайған жоқ. Оған нақты дәлел ретінде бөлшек түріндегі кванттық Холл эффектін тудырушы агентке атомдық квазибөлшектердің жауапты екені күмәнсыз анықталғандығын айтуға болады. Осындай кеңінен берілген түсініктерден кейін мақалаға арқау болған мәселеге ауысуға болады.

Ядролық бөлшектердің физикасы мен метафизикасы

Әрине, бұл жерде физика мен метафизика саласының әдістемелік тұрғыдан немен айналысатынын баяндау арқылы олардың арасындағы ерекшеліктер туралы мәселе қарастырылады. Сол арқылы атомдық бөлшек пен атомдық антибөлшекке ауысуға жол ашылады. Физика ғылымы әдістемелерінің қағидалары табиғатта кездесетін немесе адамзаттың араласуы нәтижесінде құрылған, көзге көрінетін немесе сезінетін құбылыстарды саралауға арналады. Мысалы, көзге көрінетін оптикалық диапазондағы жарық сәулесі, көзге көрінбейтін, бірақ сезінетін инфра қызыл және ультракүлгін толқындар, дыбыс толқындары және т.б.

Метафизика саласының әдістемелік қағидалары қоршаған орта туралы мағлұматты ақылға салып, оймен болжау арқылы пайымдауға болатын құбылыстарды саралауға арналады. Бұрын – сонды орын алмаған құбылысты түсініп танығанша, немесе эксперимент нәтижесімен саралау арқылы дәлелденгенше, процес қабылдаудың метафизикалық категориясына

жатады, яғни метафизика табиғаты белгісіз, танып білуі әзірге мүмкін емес құбылыстар мен процестерді зерттеумен шұғылданады. Құбылыстың, физикалық эффектін қасиеттері мен қағидалары толық анықталып, немесе эксперимент арқылы дәлелденіп, табиғаты белгілі болғаннан кейін метафизикалық категория физикалық категорияға, артынан техникалық физикаға айналып, өмірге жолдама алады. Ұзаққа созылған сондай құбылысқа атомдық бөлшек – электрон мен атомдық антибөлшек-позитрон арасындағы процестерді жатқызуға болады.

Электронның ашылуы катодтық сәулелерді зерттеумен шұғылданған Джозеф Томсонның еңбектерінің нәтижесі саналады (1897 ж.). Сол үшін Дж. Томсонға Нобель сыйлығы тапсырылады. Егер Томас Альва Эдисонға табиғатынан шыдамдылық пен төзімділік және абстракты түрде ойлау қабілеті молырақ берілгенде, электронның ашылуы 1897 ж. орын алар еді. Позитрон, атомдық бөлшектердің бірі бола тұрып, оның құрамына кірмейді. Сондықтан

позитронның алдымен 1928 ж. Поль Дирақтың теориялық еңбектерінің нәтижесі ретінде, электронның антибөлшегі аталып болжануы заңды процес.

Позитронның табиғатта кездесуі толық мүмкін екендігін 1932 ж. Вильсон камерасын пайдаланып, ғарыш сәулелерімен эксперимент жүргізген Карл Андерсон дәлелдеп береді. Бірақ атомдық бөлшек пен атомдық антибөлшек заңды түрде ашылғанға дейін де, және ашылғаннан кейін де, ұзақ жылдар метафизика категориясына қарасты материалдық субстанция болып қала берді. Физика категориясына өту үшін екі атомдық бөлшектерді сипаттаушы негізгі физикалық көрсеткіштері толық зерделеніп, бөлшек пен антибөлшек арасында орын алуы мүмкін екеуара (өзара) әсерлесудің салдары белгілі болуы керек еді. Бөлшектерді даралап өндіру әдістері шешілгеннен кейін, олардың өзара әрекеттесуін эксперимент жүзінде тексеру және конденсірлі күйдегі материалдардың құрылымын зерттеу мүмкіндігі анықталғаннан кейін, XX – ғасырдың екінші жартынан бастап позитронға метафизика категориясынан шығып, техникалық физика категориясына ауысуға мүмкіндік туды.

Мәселе заряд пен зарядталған атомдық бөлшектер жайында болғандықтан, олардың өзара әрекеттесуі туралы қазіргі кезеңдегі ғылыми көзқарастың пікірін айтпай кетуге

Шетсіз-шексіз әлем

Өрістің қазіргі кезеңдегі кванттық теориясы Ньютон механикасын, кванттық механиканы және салыстырмалылықтың арнайы теориясын қамтиды. Осы теорияның әдістемелері негізінде материалдық денелердің әрекеттесуінің барлық түрлерін сипаттаушы теңдеулер құрылған. Солай десе де, бұл теңдеулердің күрделілігі соншалықты, олардың нақты және дәл шешімдерін іс жүзінде табу мүмкін емес. Қайта құру секілді көптеген амалдарға жүгіну арқылы күрделі теңдеулердің жуық шешімдерін пайдалануға болады. Бірақ бұл амалдар теориялық шешімдерді керекті нәтижелерге амалдап жеткізудің бір жолы саналады және Планктың дискреттілік заңдарына мүлдем қайшы келеді.

Әлем туралы қазіргі кезеңдегі көзқарастың қалыптасуы Галилео Галилейдің (1564-1642) еңбектерінің нәтижесі саналады. Галилейдің пікірінше ғылымның басты мақсаты - әрбір құбылыстың орын алу себебін анықтау, табиғатты танудың алғы шарты – бақылау, ғылымның негізгі тірегі - тәжірибеге сүйену, ал әлем – шексіз, материя-мәңгілік дүние [4]. Бүгінгі

болмас. Субатомдық бөлшектерде немесе еркін кеңістікте болсын, зарядтардың өзара әсерлесуінің түрі мен энергиясы оларды бір құрылымға біріктіруші өрістің метрикасына тікелей тәуелді. Ешбір зарядтың массасы, ішкі құрылымы және белгілі мөлшердегі өлшемдері болмайды. Себебі заряд өріспен бірге біткен, одан ажыратуға келмейтін құрылым түзуші субстанция саналады. Зарядты қашықтан әрекеттесуші, жеке-дара түріндегі еркін бөлшек деп те қарастыруға болмайды. Заряды бар бөлшектер өздері біте байланысқан өрістер желісінің қатысуымен жақын аралықта әрекеттесуге қатыса алады.

Кванттық физиканың постулаттарына сәйкес, фотон жарықтың таралу жылдамдығымен қозғалыста болатын бөлшек емес, өріс пен бөлшек арасында энергия алмасуын бағалаушы квант саналады. Сол секілді нейтрино да бөлшек емес, өрістік құрылымның кванты. Ал атомдық бөлшек - айналу энергиясы, магниттік моменты және тыныштық күйдегі массасы бар дербес өріс. Бөлшектің тыныштық күйдегі массасы - зарядтардың әрекеттесуі барысында туындайтын ішкі күштердің салдары. Бейтарап дененің оқшауланбаған сыртқы өріс кеңістігіндегі қозғалысын негізге алу нәтижесінде галактикалық гравитациялық тұрақты мен инерттілік табылды.

күнге дейін қалыптасқан көзқарасқа сәйкес, элементар бөлшектер – нүкте тектес, ішкі құрылымға жіктелмейтін материя саналады. Солай бола тұра, осы нүкте тектес қарапайым бөлшектің массасының, зарядының, спины мен магниттік моментының болуы атомды қалай шектеусіз дүние деп танысақ, электронды да сондай шектеусіз-шеттеусіз әлем деп тануды қажет етеді. Осы бөлшектер арасындағы байқалатын «*күшті*» және «*әлсіз*» әсерлесулер, немесе «*ядролық*» күштер туралы мәселелер көтерілгенде, олардың механикалық күштерге қатынасының бар-жоғы, болмаса табиғаты бізге беймәлім күштер болуы мүмкін бе?-деген, тіпті микроәлем мен макроәлем кеңістігінде табиғаты бір текті заңдылықтар орын алама? - деген жауабы жоқ сұрақтардың туындауы заңды процес. Деседе, табиғат - ана өзі туғызған, өзі дамытқан, өзі жетілдірген және бір-бірімен байланысқан, бірі екіншісіне тәуелді процестер мен құбылыстарды бір-бірінен ажыратып, өзгеше жаратуы ешбір мүмкін емес секілді. Мысалы, атомдық бөлшектерге тән, макроәлемде аналогы болуы мүмкін емес көрсеткіш – *спин* тек кванттық

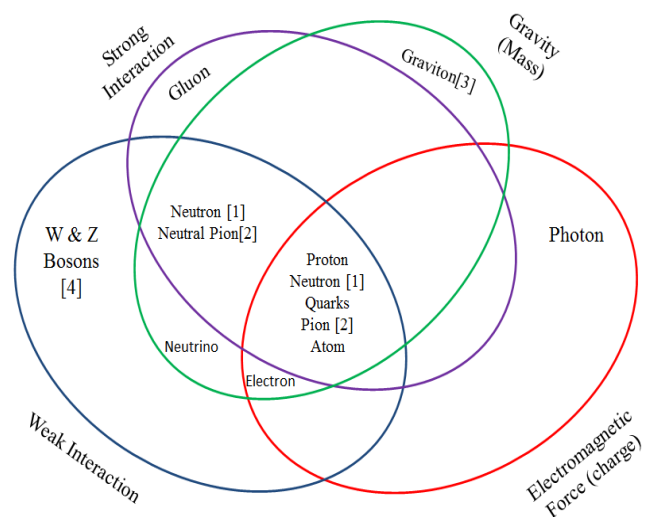
құбылыс саналады. Солай десек те, Жердің және басқа планеталардың меншікті остерінде айналуы нәтижесінде меншікті моментінің пайда болуын, соған байланысты тәуліктік уақыт аралығының туындауын қайда қоюға болады?

Табиғат заңдары энергияның, немесе нысандардың геометриялық кесінділеріне байланысты өзгеріске ұшырай бермейді. Айырмашылығы - көзге көрінген нысандардың кейбір қасиеттері немесе жеке параметрлері сол кесінділер мен үзілістер аралығында басқа аралықтар арасындағы аталмыш көрсеткіштерге қарағанда айқынырақ байқалуы мүмкін. Әзірге физика ғылымында микроәлемнің барлық тұстарын бірдей анық сипаттаушы модел жоқ десе болады. Мысалы, *масса, гравитация, микробөлшектің заряды, электр және магнит өрістері, микробөлшектің ішкі құрылымы мен олардың өзара әсерлесуі* секілді қарапайым физикалық ұғымдар туралы сұрақтарға жауап беру ерекше қиындық туғызары сөзсіз. Сондықтан табиғат – бірегей, табиғаттың сақталу заңдары микроәлем мен макроәлем үшін ортақ деп саналады. Мысалы, энергияның сақталу заңы - материяның мәңгі сақталуын, импульстың сақталу заңы - материяның мәңгі қозғалысын, ал импульс моментінің сақталу заңы материяның ішкі құрылымының мәңгі өзгеріссіз сақталуын дәлелдейді. Осы жұмысты жазу барысында авторлар жоғарыда аталған мәселелердің кейбіреуіне өзіндік моделді құру арқылы жауап беруге тырысты. Соның бірі - ядролық микро бөлшек - электрон мен антибөлшек - позитрон арасындағы әсерлесу процесін олардың ішкі құрылымдары туралы жаңа көзқарасты қалыптастыру арқылы бейнелеу.

Материалдық денелердің маңызы ерекше субстанцияларының қатарынан табылатын электрон мен позитронның өзара әсерлесуі туралы алғашқы мағлұматты алу үшін ядролық физика курсынан белгілі қағидаларға жүгінуге болады. Яғни, лептондар тобына жататын электрон мен позитрон өзара әлсіз әсерлесу арқылы қатынас жасай алады. Мұндай жағдайда зарядталған екі микро бөлшек арасындағы байланыс Кулон заңын негізге алу нәтижесінде сипатталады. Соған сәйкес, электрон мен позитрон арасындағы тартылыс күші олардың ара қашықтығының квадратына кері пропорционал, яғни зарядталған бөлшектер неғұрлым жақын орналасса, сол ғұрлым олар өзара үлкен күшпен әсерлесуге мәжбүр болады. Басқаша айтқанда, әлсіз әсерлесу процесінің заңдылықтары жақын аралықта орын алатын әсерлесу құбылысын сипаттаушылардың категориясына жатады. Сонымен қатар, зарядталған микро бөлшектер

арасында қашықтан әрекеттесу категориясына жататын электр магниттік әсерлесу заңдылықтарының орын алуын ешкім теріске жатқыза алмайды. Ендеше, табиғатта байқалатын әсерлесу процестерін сипаттаушы төрт іргелі заңдылықтардың екеуі аталмыш бөлшек пен антибөлшек арасында орын алатын барлық күйлерді сипаттауға толығымен жеткілікті (1-сурет).

Бірақ зарядталған бөлшектер арасында электр магниттік әсерлесудің бір ғана жолы бар – зарядталған бөлшек өзі айнаымалы электр магниттік толқын туғызуға тиісті. Тек осы толқын электрмагниттік әсерлесудің көзі бола алады. Әрине, қозғалыссыз, статикалық күйдегі зарядталған бөлшек толқын туғыза алмақ емес, электр өрісі орын алуы ықтимал, бірақ ол толқын бола алмайды. Мұндай жағдайда бөлшектер арасында ешқандай электрмагниттік әсерлесу де орын алмайды. Ендеше зарядталған бөлшектер арасында төрт әсерлесудің бір түрі – тек жақын аралықта байқалатын әлсіз әсерлесу ғана орын алатын болады. Бұлайша тұжырымдау сырт көзге Н. Бордың 1 - Постулатына қайшы келетіні сөзсіз: атомның тұйық кеңістігіндегі электрондық қабықшадағы үздіксіз қозғалыстағы электрон ешбір сәуле шығармайды, сондықтан ол ядроға құламайды.



1 - сурет. Төрт түрлі әсерлесуге мысал

Ал зарядталған бөлшектер арасындағы әсерлесуге байланысты физика мен метафизика қатты дене кристалдық торы кеңістігіндегі еркін электрондар мен позитрондарға байланысты туындап отыр. Олардың арасындағы әлсіз байланыс кристал ішінде жақын қашықтықта орындалуы мүмкін болғанымен, әсерлесудің

екінші түрі - электр магниттік байланыстың механизмі беймәлім болып қала беруде. Осындай себептерге байланысты, зарядтары қарама-қарсы ядролық бөлшектер бейтарап ортада, әртүрлі қашықтықта, кез-келген уақытта бірін-бірі «*қалай танып, әсерлесуге қатысады?*» - деген сұрақтың туындауы заңды процес. Бір ойланатын жағдай, Кулон осы құбылыс туралы «қандай пікірде болды екен?» деген мәселе априори ешқашан туындамаған секілді.

Нүктелік заряд өзінің айналасында электр статикалық өріс туғызатыны бұрыннан белгілі. Бірақ осы өрістің пайда болу механизмі, табиғаты туралы ешбір малұмат арнайы басылымдарда берілмейді. Мүмкін бұл өріс нүктелік зарядтан шығатын сәуле тектес толқынба? Егер толқын екені анық болса, оның табиғаты неде және неге бұл процес таусылмайды? Өйткені тоқын бар жерде энергияның шығыны бар екені ақиқат $\varepsilon = h\nu$? Мүмкін бұл процес зарядтардың өзіне ғана тән, күмәнсыз қабылдауды талап ететін құбылыс шығар? Мүмкін нүктелік зарядтың айналасындағы өріс оың физикалық қасиетінің немесе физикалық күйінің өзгеруінің салдары емеспе екен? Қандай жағдай орын алмасын, зарядталған бөлшек энергия шығынын үздіксіз толықтырып отыруға тиіс, бірақ ненің есебінен? Мүмкін қоршаған ортадан туындайтын энергия ағысын түрлендіру арқылы қабылдап қозуы мүмкінбе? Мүмкін болған жағдайда позитрон электронды (немесе электрон - позитронды) өзіне тарту арқылы байланысқан күйге көшу үшін олар әртүрлі физикалық күйде болуы қажетпе және ол қандай күйлер? Атомдық элементар бөлшектерге тек екі режим ғана тән процес: қозу режимі және орнықты күй. Егер позитрон қозу режимінде болса, электрон орнықты күйде қалуға тиіс және керісінше, электрон қозу режиміне көшсе, позитрон орнықты күйде қала тұруы міндет.

Қозу режиміндегі атомдық бөлшек орнықты күйге көшу үшін артық энергияны электр магнит толқын түрінде сыртқа шығаруға тиісті. Осы айнымалы өріс жарық жылдамдығымен тарау арқылы орнықты күйдегі атомдық бөлшекті қозу режиміне көшіреді. Бұл процес $dt = dr/c$, уақыт ішінде өтіп үлгереді. Мұндағы c – *жарық жылдамдығы*; dr – *екі атомдық бөлшектің ара қашықтығы*. Санаулы уақыт өтісімен атомдық бөлшектер бірін-бірі «*танып*», арадағы әрекеттесу амалы басталады. Егер бұған дейін бірі екіншісі туралы ешқандай «хабардар» болмаса, физикалық күйлері өзгеріске ұшырағаннан кейін позитрон да қоршаған ортасына бойындағы артық энергияны сыртқа шығаруға мәжбүр болады. Бұл процес позитрон тарапынан электронға көрсетілген реакция

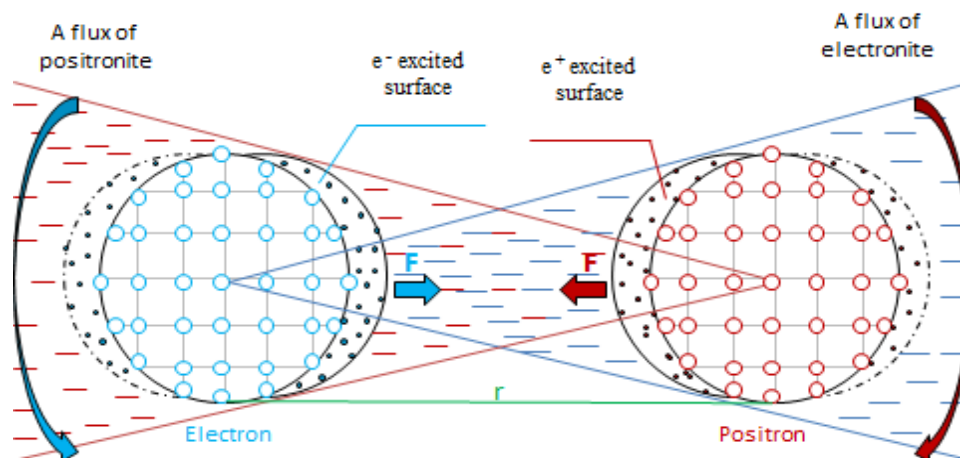
саналады. Бірақ позитрон электрон таратқан ағынды, электрон позитрон таратқан ағынды қабылдау үшін, олардың әрқайсысы қарсыласы таратқан энергетикалық ағынды ішкі құрылымы арқылы бойына сіңіріп, қарапайым тілмен айтқанда, бір шешімге келулері керек.

Сол үшін әрбір атомдық бөлшектің әсер етуші энергия ағынын қабылдайтындай элементтерінің болуы қажет, мысалы, ұялы құрылымдардың нысандары тектес. Энергия ағыны атомдық бөлшектің қай тұсына әсер етсе, сол тұсының кеңістігі қозу амалына қатысып, қарсы жағы бұрынғы күйін сақтауы тиіс (2-сурет). Егер осы шартты ұғымды уақытша болса да қабылдайтын болсақ, зарядталған элементар бөлшек туралы бұрыннан қалыптасқан түсінік бойынша оны центріне заряды бар шар тәрізді құрылым деп қабылдау теріске шығары анық. Іс жүзінде шексіз шағын көлемде бір нәрсенің шексіз жоғары концентрациясының орналасуы ешбір мүмкін емес. Заряд атомдық бөлшектің кеңістігінде тұрақты тығыздықпен таралуы тиіс. Мұндай жағдайда сол зарядты атомдық бөлшектің ішкі құрылымында қандай элемент тұрақты концентрациямен таратуға қабылетті, зарядталған атомдық бөлшектің өзіндік ішкі құрылымының болуы және заряд атомдық бөлшектен тыс жерде орналасуы мүмкінбе? – деген сұрақтардың туындауы заңды нәрсе.

Мұндай сұрақтардың жауабын табу үшін атомдық бөлшектер ұялы құрылымдарға жіктеледі және оларды түзу үшін акто немесе фемто өлшемді, бөлшектеуге келмейтін электрондарда *электрониттер*, позитрондарда – *позитрониттер* деп атауға тұрарлық квазібөлшектердің болуы ықтимал деген болжам кіргізуге болады. Егер осы болжамды мақұл деп қабылдасақ, атомдық бөлшектердің физикалық күйінің өзгерісіне, яғни электрон мен позитронның қозуына жауапты элементтер ретінде қарсы жақтың әсер етуші ағынын қабылдаушы аталмыш квазібөлшектер деген тұжырымға тоқтау қажет. Бұл процестің салдары оң зарядты позитронның теріс зарядты электронмен әсерлесуі нәтижесінде өмір сүру мерзімі шектеулі, байланысқан *электрон-позитрон жұбы* деп аталатын үшінші квазібөлшек пайда болады. Бірінің сыртында екінші атомдық бөлшек үздіксіз айналуға болатын және орындаары кезекпен ауысып отыратын осы құрылым сутек атомы құрылымымен толық үйлесімдік танытады. Бірақ өмір сүру мерзімі аяқталысымен, атомдық бөлшектер электр магниттік толқындарға түрленіп, аннигиляциялық гамма-кванттарға айналады [5]. Электрон-позитрон жұбының өмір

сүру мерзімінің, аннигиляциялық фотондардың бұрыштық корреляциясының материалдың қасиеттеріне байланысты өзгерісін зерттеу

арқылы маңызы ерекше көптеген жаңа физикалық мағлұматтарды өндіруге мүмкіндік жетерлік.



2 - сурет. Электрон мен позитронның әсерлесу моделі

Реалды кристалдық құрылымдағы позитрондар

Конденсірлі күйдегі материалдарды электрон-позитрон аннигиляция әдісімен зерттеу кезінде позитрон ерекше талғамдық танытады. Кристалдық тордың кеңістігі түрлі ақаулардан және ақаулар түспеген аймақтарға бөлінеді. Осы екі түрлі кеңістіктердің маңайына шоғырланған электрондардың күйлері екі түрлі болуы заңды процес. Ақаулардың басым көпшілігі сыртқы факторлардың әсерімен иондарынан айырылған, есесіне босаған иондардың орынына электрондар шоғырланған кеңістік саналады. Сондықтан ақауларға жинақталған электрондардың импульстық - энергетикалық көрсеткіштері ақаусыз, иондары кристалдық тордағы меншікті орындарынан айырылмаған еркін электрондардың сәйкес көрсеткіштерінен көп төмен және тығыздығы жоғары болып қалыптасады. Сондықтан кристалдық тордың ақаулары позитрондар үшін қармау қабылеті жоғары, «терең» потенциалдық шұңқыр саналады. Материалға кірген позитрондар бастапқы энергетикалық көрсеткіштерінен айырылып, ортаның, яғни материалдың температурасына сәйкес келеетін көрсеткішті қабылдайды: $\varepsilon = kT$. Мұндай жағдайда аталмыш күйдегі позитрондар, әрине, ақауларға шоғырланған электрондармен еркін ұстасып, өзара байланысқан электрон-позитрон жұбын түзеді. Осы құбылыстарды ескере отырып, позитрондардың кристалдық денелердің ақауларымен әрекеттесуінің математикалық моделін құруға болады.

Өткен ғасырдың 60-жылдарынан бері көптеген авторлар позитронның кристалдық тордың ақауларымен әсерлесуін феноменологиялық түрде әртүрлі шашамадағы дәлдікпен сипаттаудың түрлі шешімдерін іздеумен айналысып келді [5,6]. Кейін Трифтехойзер осы бағыттағы зерттеу жұмыстарының нәтижелерін жан-жақты жүйелі түрде саралап, бір тоқтамға келді: алдағы уақытта позитрондардың материалдардың ақауларымен әсерлесу процесі «қармау моделі» деп аталды [7]. Әрине, модельдің аты модель. Модель позитрондардың кристалдық тордың ақауларымен әрекеттесіп, спектроскопияның міндетін атқаратындай дәрежеге жетуі үшін көптеген дайындықтар жүргізіледі. Зерттеуден өткізілетін материалдың үлгісі термиялық өңдеу арқылы құрылымдық ақауларының үлесі минимум дәрежеге жеткізіліп, позитрондық спектроскопияның аннигиляциялық гамма-кванттарының бұрыштық, немесе мерзімдік таралу спектрі негізінде зерттеуден өткізіліп, материалдың негізгі құрылымдық параметрлері табылады. Бұдан кейін материалдың ақаулармен қаныққан сол үлгісі тағы да зерттеуден өткізіліп, тиісті құрылымдық көрсеткіштері анықталып, олар калибровкалық көрсеткітер түрінде қабылданады. Зерттеу жұмыстарының негізгі үшінші кезеңінде әртүрлі физикалық факторлармен өңдеуден өткізілген материалдардың құрылымдық өзгерістері зерделенеді [8, 9].

Мысалы, позитрондық спектроскопияны пайдаланып, реактордың белсенді аймағындағы материалдардың кристалдық торының өзгерісін, радиациялық ақаулардың концентрациялық және конфигурациялық сипаттарын анықтау ешбір қиындық туғызбайды. Сол үшін зерттелетін нысанды жоғары энергиялы үдеткіштермен өндірілген зарядталған бөлшектермен атқылау нәтижесінде туындайтын процестерді имитациялаушы зерттеу жұмыстарын орындауға болады. Зарядталған бөлшектің материал ішіндегі

жүру жолы радиациялық ақаулармен өрнектеледі. Материалды атқылаушы бөлшектердің энергиясы тормен әрекеттесу нәтижесінде бірте-бірте төмендейді. Онымен бірге радиациялық ақаулардың концентрациясы мен конфигурациясы қоса өзгеріске ұшырап отырады. Нәтижесінде имитациялау процесі радиациялық ақаулардың материалда таралу профилінің атқылаушы бөлшектің энергиясына тәуелділігін зерттеумен ұштасады [10-12].

Эксперименттің әдістемелік тәсілдері

Бұл проблеманы әртүрлі түрлі жолмен шешуге болады: а) материалдың қалыңдығын атқылаушы зарядталған бөлшектердің энергиясын толық шектейтіндей шамада тағайындау; ә) сәулелендірілген зерттеу нысанының қалыңдығын химиялық жолмен бірте-бірте Δx — қа жұқарту; б) нысанды материалдың есептелген қалыңдығына артығымен сәйкес келетін фольгалардан жинақтау. Электрон мен позитронның әрекеттесу моделін эксперимент жүзінде тексеру үшін бастапқы энергиясы 30 МэВ дейін үдетілген протондармен сәулелендірілген екі материал — тантал мен молибден қолданылды. Материалдардың бастапқы күйі 10^{-5} Па вакуумда, $T=1200^\circ\text{C}$ температурада, 1,5 сағ. аралығында жасыту нәтижесінде тағайындалады. Әрбір фольганың қалыңдығы Δdi сәулелендіруші протонның материал арқылы өту жолының

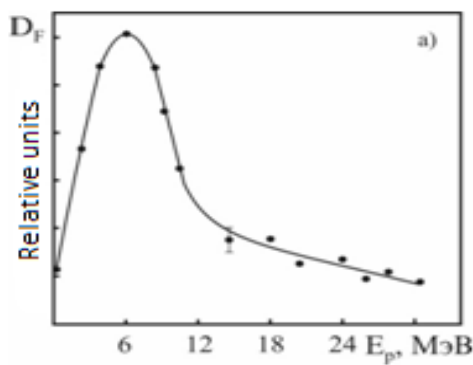
өзгерісін анықтайды: $\Delta x_i = \Delta di \cdot \rho$. Осы қалыңдықта протондардың энергиясы $\Delta E_i = s_i \Delta x_i$ шамасына төмендейді. Нәтижесінде, әрбір фольганың қарсы беті арқылы өткен протон энергиясының орта мәні $E_{xi} = E_i - \Delta E_i$ құрайды. Соған байланысты әрбір фольганың радиациялық ақаулану дәрежесі сәулелендіруші протондардың энергиясына тәуелді болып қалыптасады. Нысандар $75-80^\circ\text{C}$ температурада, қарқындылығы $1.2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$, бастапқы энергиясы 30 МэВ протондармен $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенске дейін сәулелендірілді. Соған байланысты, позитрондардың метафазалық күйден физикалық күйге ауысуына сәйкес келетін, қармау моделіне жүгіну нәтижесінде, бұрыштық корреляция спектрін өңдеу барысында анықталатын, материалдардың құрылымдық өзгеру дәрежесін бағалау үшін оған сезімтал аннигиляциялық көрсеткіштер қолданылады.

Зерттеу нәтижелерін зерделеу

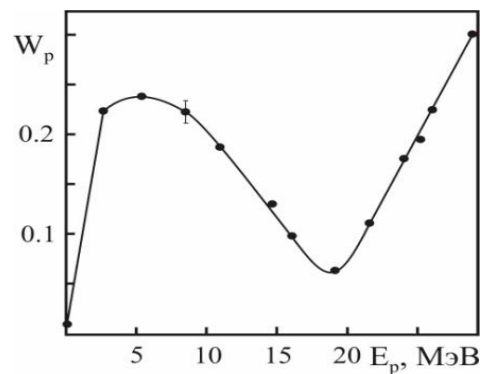
Жоғары энергетикалық протондармен материалдарды сәулелендірудің алғашқы нәтижесі бұрыштық корреляция спектрінің өзгерістерінен анық байқалады: спектрдің максималды интенсивтілігі өсіп, жартылай биіктіктегі ендігі тарылып, позитрондардың радиациялық ақаулардың төңірегіне шоғырланып, еркін электрондармен байланысуымен позитрон-электрон жұбының құрылуының арқасында аннигиляциялық кванттардың туындауына байланысты метафизикалық күйдің өзгеруінің дәлелі болады (3-сурет).

Спектрдің жартылай ендігінің максималды тарылуы, соның нәтижесінде аннигиляциялық параметрдің максималды өсіуі тантал үшін төменгі энергетикалық аралықта $\sim (5 - 8)$ МэВ орын алады (3,а - сурет). Протондардың энергиясының артуы аннигиляциялық параметрдің монотонды түрде төмендеуімен жалғасады. Бұрыштық корреляция спектрінің пішінін сипаттаушы параметрдің осылай өзгерісі

метафизикалық түрленудің, соған сәйкес радиациялық ақаулардың позитрондарды қармау мүмкіндігінің бағытты өзгерісінің толық дәлелі болады және процестің төменгі энергетикалық аймақта орын алуы танталдың кристалдық торының құрылымында туындайтын ақаулар протондардың тантал атомдарымен *серпінді* әрекеттесуінің нәтижесі саналады. Соған байланысты кристалдық тордың позитрондарды қармау центрлері негізінен кең ауқымды, атомдардың реттік тәртібі мейлінше үлкен өзгеріске ұшыраған кеңістік екендігі белгілі болады. Кристалдық тордың құрылымдық түрленуін сипаттаушы аннигиляциялық параметрдің жоғары энергетикалық протондардың металға әсерінің шамалы дәрежеде орын алуын дәлелдеуі, бұл тұста *серпінсіз* әсерлесуге байланысты туындайтын ядролық реакциялардың радиациялық ақауларды өндірудегі үлесі *серпінді* процестерге қарағанда, айтарлықтай төмен екендігі анық байқалады.



а)



ә)

3-сурет. Протонмен сәулелендірілген танталмен (а) молибденнің (ә) аннигиляциялық құрылымдық параметрлерінің энергетикалық тәуелділігі

Поликристал молибденмен орындалған дәл осындай эксперимент энергетикалық протондармен сәулелендіру салдарынан материалда пайда болатын радиациялық ақаулардың профилі екі түрлі фактордың әсерімен туындайтынын айқын көрсетті. Соған байланысты Мо үшін аннигиляциялық параметрдің энергетикалық тәуелділігі күрделі болып қалыптасады (3,б-сурет). Бастапқы энергетикалық 5-7 МэВ аралықта энергетикалық тәуелділік тұрақтылық танытады. Кейін, 18-20 МэВ аралығына дейін параметр күрт төмендеу нәтижесінде минимум арқылы өтіп, 30 МэВ жеткенше жоғары өсімталдық танытады. Кристалдағы құрылымдық өзгерістерге сезімтал аннигиляциялық параметрдің төтенше өзгерісі зарядталған бөлшектердің кристал ішінде өту траекториясының бойындағы құрылымдық туындылардың үлестірілу сипатының басты көрінісі саналады. Бұл процестің негізгі себебін бір жағынан энергиясы материалды атқылаушы $E_p < 18$ МэВ төмен, екінші жағынан энергиясы $E_p > 20$ МэВ жоғары протондардың кристалмен әрекеттесу механизмінде айтарлықтай айырмашылықтың бар екендігінен іздеу қажет. Әдетте, энергиясы төмен зарядталған

бөлшектердің материалмен әрекеттесуі серпімді процестермен ғана шектеледі. Протондардың энергиясы өскен сайын, кристал торының түйіндерінде орналасқан матрица атомдары алдымен орындарынан тайдырылады. Бұл атомдар бірінші кезекте *тайдырылған атомдар* деп аталады. Егер олардың энергиясы жеткілікті болса, екінші кезектегі атомдарды қозғалысқа келтіреді. Процес осылай, қозғалыстағы атомдардың энергиясы кезекті атомды тайдыруға жеткіліксіз болғанша жалғаса береді. Протондардың энергиясы $E_p > 20$ МэВ жоғары көтерілгенде, ядролық реакциялардың нәтижесінде туындайтын процестердің қатысуымен орын алатын радиациялық ақаулардың жаңа тобы пайда болады. Протонның металдың меншікті атомдарымен екі түрлі жолмен әрекеттесуі нәтижесінде кристалдық торда туындайтын ақаулардың концентрациясы мейлінше жоғары деңгейге көтеріледі. Осындай ақаулар кеңістігінде диффузиялық қозғалыстағы позитрондар өзінің соңғы әрекетін метафизикалық көзқарастан техникалық физикаға ауысу арқылы аяқтап, материалтану саласын зерттеу техникасының арасында жетекші орынды иемденеді.

Қорытынды

Позитрондармен орындалған эксперименттер нәтижесін тұжырымдау үшін метафизикалық күйдегі позитронды физикалық күйге тасымалдау нәтижесінде техникалық физикаға дейін дамытуға мүмкіндік бар екеніне көз жеткізіп, соған лайықты, материалдардың құрылымдық өзгерістеріне сезімтал және зерттеуге мүмкіндік беретін модел құрудың механизмі ұсынылды. Бірақ моделдің қай түрін

қолдансақта, моделдің аты модел екенін ұмытпау қажет және «қармау» деген ұғымды кез-келген жерде қолдана беру өрескел қателікке ұрындыруы әбден мүмкін. Бұлай тұжырымдаудың негізгі себебі модел кристалдық тор ақауларының позитрондарды тікелей қармауын анықтаумен шұғылданбайды және позитронның потенциалдық шұңқырға тап болып, аннигиляциялану нәтижесінде электр магниттік

гамма-квантқа түрленуіне дейінгі аралықта қандай күйде болғанын бағалай алмайды. Солай бола тұра, кейбір жағдайда моделге сүйену арқылы өндірілген нәтижелердің эксперимент нәтижелерімен толық сәйкес келмеуін негізге алып, моделді мүлдем жарамсыз деп жоққа шығаруға да болмайды.

Мысал ретінде материалтану саласының мамандарын осындай теріс пікірлерден сақтандыру мақсатымен мақала авторларының өзіндік көзқарасы тарапынан дайындалған, ядролық бөлшек пен антибөлшектің физикасы мен метафизикасына талдау жүргізу арқылы күрделі эксперимент нәтижелерін сын көзбен

саралаудың бір әдістемесі баяндалады. Соған байланысты зерттеушінің әрқашан есінде болатын маңызды мағлұмат: позитрондық зерттеу әдістемесінің құрылымдық ақауларға сезімталдығы 10^{-7} - 10^{-6} вакансия/атом шамасынан басталып, 10^{-4} - 10^{-3} вакансия/атом шамасында қанығу режиміне ауысады. Позитрондық спектроскопия тәсілдерінің көмегімен қармау моделіне сүйеніп вакансиялық ақаулар мен кластерлердің салыстырмалы концентрациясын анықтау дәлдігі оншақты пайыздан аспайды. Ал әзірге метал материалдардағы ақаулар концентрациясының абсолют мәнін 50 % дәлдікпен анықтау фактысы нақты дәлелденген.

Әдебиеттер References

- 1 Elementary charge (англ.). The NIST Reference on Constants, Units and Uncertainty. US National Institute of Standards and Technology. Accessed May 20, 2020. Archived April 24, 2025.
- 2 В.Н. Пакулин, Структура материалов. Вихревая модель микромира, (Санкт-Петербург: НПО «Стратегия будущего», 2011), 120 с. [*V.N. Pakulin, Structure of Materials. Vortex Model of the Microworld, (St. Petersburg: NPO "Strategy of the Future", 2011), 120 p. (in Russ.)*]
- 3 К.А. Томилин, Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах, (Москва, Физматлит. 2006.), 96-105. ISBN 5-9221-0728-3 [*K.A. Tomilin, Fundamental physical constants in historical and methodological aspects, (Moscow, Fizmatlit. 2006.), 96-105. (in Russ.)*]
- 4 Галилей (Galilei) Галилео, Философский энциклопедический словарь, Дата обращения: 5 сентября 2025. [*Galileo (Galilei) Galileo, Philosophical Encyclopedic Dictionary, Accessed on September 5, 2025. (in Russ)*]
- 5 R.M. Nieminen, M.J. Manninen, Positrons in Imperfect Solids: Theory. In: Hautojärvi, P. (eds) Positrons in Solids. Topics in Current Physics, vol 12. Springer, Berlin, Heidelberg. (1979). https://doi.org/10.1007/978-3-642-81316-0_4
- 6 W. Brandt, Positron dynamics in solids, Appl. Phys. A. **5**(1) 1-28 (1974). <https://doi.org/10.1007/BF01193389>
- 7 W.Triftshauser, Positron trapping in solid and liquid metals, Phys. Rev. B **12**(11), 4634 (1975). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.12.4634>
- 8 К.М. Mukashev, F.F. Umarov, A.K. Shokanov Radiation – stimulated Bulk and Surface Effects in materials (USA. Middletown, DE, 2018), 233 p.
- 9 К.М. Mukashev, F.F. Umarov, The chapter 6 in the Book: «Titanium Alloys – Advances in Properties Control». (INTECH Open Access Publisher. University Campus, 51000 Rijeka, Croatia, 2013), pp. 115-147. (Edited by: Jan Sieniawski and Waldemar Ziaja).
- 10 Н.Н. Пучеров, С.В. Романовский, Т.Д. Чеснокова, Таблицы массовой тормозной способности и пробега заряженных частиц с энергией 1-100 МэВ, (Киев: Наукова Думка, 1975), 294 с. [*N.N. Pucherov, S.V. Romanovsky, T.D. Chesnokova, Tables of mass stopping power and ranges of charged particles with energy of 1-100 MeV, (Kyiv: Naukova Dumka, 1975), 294 p. (in Russ)*]
- 11 М. Жусупов, А. Жусупов, Р. Кабатаева, & К. Жаксыбекова, Использование математических методик в теоретической физике, Вестник КазНУ, серия физическая **2**, 90–98 (2018). [*Zhusupov M., Zhusupov A., Kabatayeva, R., & Zhaksybekova K. Use of mathematical methodologies in theoretical physics, Recent Contributions to Physics* **2**, 90–98 (2018). (in Russ)] <https://bph.kaznu.kz/index.php/zhuzhu/article/view/652>
- 12 К.М. Мукашев, Физика медленных позитронов и позитронная спектроскопия, (Алматы, Казак университеті, 2007), 507 с. [*K.M. Mukashev, Physics of slow positrons and positron spectroscopy, (Almaty, Kazakh university, 2007), 507 p. (in Russ)*]

Мақала тарихы:

Түсті – 16.09.2025

Түзетілген түрде түсті – 10.12.2025

Қабылданды – 15.12.2025

Article history:

Received 16 September 2025

Received in revised form 10 December 2025

Accepted 15 December 2025

Авторлар туралы мәлімет:

1. **Гүлмира Яр-Мұхамедова** – физ. мат. ғыл. докт., профессор, физика-техникалық факультет, әл-Фараби ат. Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан. e-mail: gulmira-alma-ata@mail.ru

2. **Қанат Мұқашев** (автор-корреспондент) – физ.мат.ғыл.докт., профессор, физика-техникалық факультет, әл-Фараби ат. Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан. e-mail: mukashev.kms@gmail.com

3. **Лилия Габдрахманова** - физ.мат.ғыл.докт., профессор, Башкортостан мемлекеттік ғылым-технология университеті, Уфа, Ресей. e-mail: a-gabdrahmanova@mail.ru

4. **Фарид Умаров** - физ.мат.ғыл.докт., профессор, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан. e-mail: farid1945@yahoo.com

Information about authors:

1. **Gulmira Yar-Mukhamedova** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. e-mail: gulmira-alma-ata@mail.ru

2. **Kanat Mukashev** (corresponding author) Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. e-mail: mukashev.kms@gmail.com

3. **Liliya Gabdrakhmanova** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Bashkortostan State University of Science and Technology, Ufa, Russia. e-mail: a-gabdrahmanova@mail.ru

4. **Farid Umarov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan. e-mail: farid1945@yahoo.com