

Мұқашев Қ.М.¹, Алиева М.Е.²

¹ЭТФҒЗИ, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы қ., Қазақстан, e-mail: mukash_kanat@mail.ru

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

АТОМДЫҚ МИКРОБӨЛШЕКТЕРДІҢ ТОЛҚЫНДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ОҚЫТУ ДИДАКТИКАСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Физиканы оқыту дидактикасының міндеті – баяндалатын әрбір физикалық құбылыстың мағынасын оқушыға мейлінше түсінікті тілде жеткізу. Құбылысты эксперимент арқылы дәлеледеу немесе тәжірибе жүзінде көрсете білу және тәжірибені білім алушының өзінің орындауы – білім беру дидактикасының негізгі көрсеткіші – көрнекілікті жүзеге асырғаны. Мақаланың міндеті – дидактиканың осы басты қағидасының орындалуын атомдық микробөлшектердің корпускулалық – толқындық қасиеттерін көрнекі түрде бейнелеу арқылы көрсету. Сол үшін электролитте үдемелі қозғалыста болатын мыс иондары өлшемі мейлінше кіші саңлау арқылы өткізіледі. Иондардың толқындық қасиеттері де Бройль теориясына сәйкес, олардың дифракцияға ұшырауы нәтижесінде экранда туындайтын ионография арқылы бейнеленеді. Ионографиялық көріністі талдау нәтижесінде микробөлшектер үшін де Бройль толқын ұзындығы табылады. Зерттеу жұмыстары арнайы жасалған баламасы жоқ үлгідегі зертханалық қондырғымен жүргізіледі.

Түйін сөздер: оқыту дидактикасы, көрнекілік, атомдық бөлшектер, де Бройль толқыны, зертханалық қондырғы.

Mukashev K.M.¹, Aliyeva M.Ye.²

¹ИЕТР, Kazakh National University named Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, e-mail: mukash_kanat@mail.ru

²Kazakh National Pedagogical University named Abay, Almaty, Kazakhstan

Improvement of didactics of training wave properties of micro particles of atom origin

The main objective of didactics of training in physics is a support of the maximum accessibility of an entity of any explained physical phenomenon. The proof of this physical phenomenon by means of carrying out an experiment, and also direct participation in statement of an experiment of the trainee is also implementation of the basic principle of training – ensuring presentation of a statement of material. The purpose of the real work is demonstration of the principle of implementation of this provision of didactics of training by means of identification korpuskulyarno – the wave properties inherent in microparticles of an atomic origin. The laboratory stand which doesn't have an analog in which in an expedited manner the ions of metal moving in electrolyte are passed through a narrow crack has been for this purpose developed. Passing through a crack, they take part in diffraction process. Wave properties of ions are shown in the form of the ionografiya received on the screen which role carries out one of the accelerating electrodes. By the analysis of the received ionografiya pattern, it isn't difficult to find wavelength of de Broil of microparticles.

Key words: teaching didactics, visibility, atomic particles, de Broile waves, laboratory installation

Мукашев К.М.¹, Алиева М.Е.²

¹НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан, e-mail: mukash_kanat@mail.ru

²Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан

Совершенствование дидактики обучения волновых свойств микрочастиц атомного происхождения

Основной задачей дидактики обучения физике – это обеспечение максимальной доступности сущности любого излагаемого физического явления. Доказательство данного физического явления посредством проведения эксперимента, а также непосредственное участие в постановке эксперимента самого обучаемого и есть осуществление основного принципа обучения – обеспечение наглядности изложения материала. Целью настоящей работы является демонстрация принципа выполнения данного положения дидактики обучения посредством выявления корпускулярно – волновых свойств, присущих микрочастицам атомного происхождения. С этой целью был разработан не имеющий аналога лабораторный стенд, в котором ускоренно движущие в электролите ионы металла пропускаются через узкую щель. Проходя через щель, они принимают участие в процессе дифракции. Волновые свойства ионов проявляются в виде ионографии, получаемой на экране, роль которого выполняет один из ускоряющих электродов. Путем анализа полученной картины ионографии, не трудно найти длину волны де Бройля микрочастиц.

Ключевые слова: дидактика обучения, наглядность, атомные частицы, волны де Бройля, лабораторная установка.

Кіріспе

Н. Бордың теориясы сутек атомының спектрін түсіндіре алғанымен, ішкі қайшылықтарына байланысты көп электронды атомдардың спектрін сипаттауға жарамсыз болып шықты. 1927 ж. Луи де Бройль толқындық қасиет тек электрмагниттік процестерге ғана емес, тыныштық күйдегі массасы $m \neq 0$ қозғалыстағы жылдамдығы v болатын барлық бөлшектерге де корпускулалық – толқындық дуализм қасиеті ортақ болуы ықтимал деген пікір білдірді. Атом құрылымын зерттеу барысындағы ізденістердің нәтижесінде оның құрамындағы электрондардың және атом шығаратын фотондардың физикалық сипаты макроөлшемдік шамадағы денелерді сипаттауға арналған классикалық физиканың дәстүрлі заңдылықтарына қайшы келетіндігі белгілі болды. Атом электрондық қабықшасының дискретті энергетикалық деңгейлерінің болуын, деңгейлер арасындағы тасымалданудың және деңгейлердің толтырылу заңдылықтарын классикалық механикадан белгілі ұғымдарға және электромагнетизм заңдарына сүйене отырып түсіндіру мүмкін емес еді. Сондықтан атомдық деңгейдегі микробөлшектердің толқындық қасиеттерінің ашылуы кванттық механиканың ғылым болып қалыптасуының нәтижесі деп санауға толық негіз бар. Бұған дейін физикада жарық сәулесінің тек электрмагниттік толқын түріндегі табиғаты үстем болып келгені белгілі. Кейін М. Планк, А. Эйн-

штейн және басқалардың еңбектерінің арқасында жарық сәулесінің корпускулалық – фотондық қасиеттері ашылды (*Анықтама: фотон – тек жарық жылдамдығымен қозғалыста ғана өмір сүре алатын, массасы мен электр заряды жоқ, шығу табиғаты әртүрлі электрмагниттік сәулелердің (соның ішінде – жарық сәулесінің) кванты ретінде белгілі бөлшек. Кванттық бөлшек болғандықтан, фотонға корпускулалық-толқындық дуализм тән қасиет. Фотон – ғалам кеңістігінде аса көп тараған бөлшек және сол кеңістікте кездесетін әрбір нуклонға $2 \cdot 10^{10}$ фотон сәйкес келеді екен*).

Атомдық микробөлшектердің толқындық қасиеттері туралы алғашқы ұғымды француз физигі Луи де Бройль бастапқыда гипотеза түрінде ұсынды. Бұған дейін электрон классикалық динамиканың заңдарына бағынатын, қарапайым электр заряды бар материалдық нүкте түрінде сипатталып келген еді. Жарық сәулесінің денелермен әсерлесуі нәтижесінде орын алатын дифракциялық немесе интерференциялық құбылыстарға ұқсас электронның қасиеттері ешқашан байқалған емес. Ендеше, электронға толқындық қасиеттердің тән болуы да мүмкін емес деп саналатын. Тек кванттық механиканың дамуының нәтижесінде қозғалыстағы атомдық микробөлшектердің барлығына толқындық қасиеттің тиесілі болу мүмкіндігі туралы ұғым гипотеза дәрежесінен іс жүзінде дәлелденетін деңгейге көтерілді.

Қысқаша теориялық талдау

Толқындық процесті сипаттау үшін координаталар мен уақытқа тәуелді толқындық функция $\Psi(x, y, z, t)$ пайдалануға кіргізілді. Егер микробөлшекке әсер етуші өріс күші уақытқа тәуелсіз болса, толқындық функцияны екі құраушыға, бірі – тек уақытқа $f(t)$, екіншісі тек координаталарға тәуелді $\psi(x, y, z)$ функциялардың көбейтіндісі түрінде бейнелеуге болады [1]:

$$\Psi(x, y, z, t) = f(t) \cdot \psi(x, y, z), \quad (1)$$

мұндағы $\psi(x, y, z)$ – стационар күйдегі атомдық бөлшекті сипаттаушы ықтималдық параметр. Осы тұжырымдауды түсіндіру үшін сол стационар кеңістіктен шағын көлемді $dv = dx dy dz$ аумақ бөлініп алынсын. Микробөлшектің сол аумақтың ішінде болу ықтималдығы аумақтың көлеміне және толқындық функцияның модулінің квадратына тәуелді [2]:

$$dw = |\psi|^2 dv \quad (2)$$

Ендеше, атомдық бөлшектің шағын көлемді кеңістікте орналасу ықтималдығы толқындық функцияның физикалық мағынасын сипаттайды және оны *ықтималдық тығыздығы* деп атау келісілген [3].

Жарық сәулесінің фотондарына қарапайым микробөлшек тектес корпускулалық қасиеттің берілуі олардың толқындық қасиеттерін толықтыра түседі. Сондай толқындық қасиет микроэлемент бөлшектерінің баршасына, яғни электрондар мен протондарға, нейтрондар мен иондарға да тән қасиет деп санауға толық негіз бар. Егер

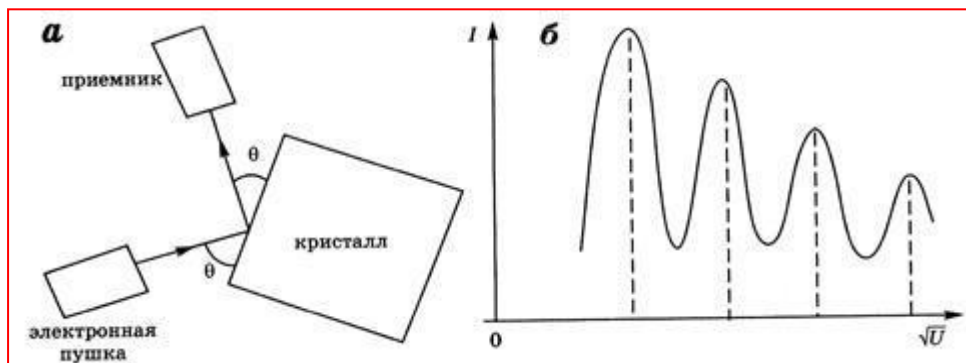
сондай микробөлшектің массасы m , қозғалу жылдамдығы v болса, оған тиесілі импульс

$$p = mv = h/\lambda,$$

немесе толқын ұзындығы

$$\lambda = h/(mv), \quad (3)$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы. Яғни, қозғалыстағы кез-келген микробөлшекке тән өзіндік толқындық процес сәйкес келеді. Басқаша айтқанда, микробөлшектің қозғалысы толқын ұзындығы $\lambda = h/(mv)$ арқылы анықталатын толқындық процеспен сипатталады [4]. Бастапқы кезде бұл құбылыстың мағынасы көпшілікке түсініксіз болғандықтан, сол кезеңдегі белгілі ғалымдар дер кезінде оған жеткілікті түрде мән бере қоймаған еді [5]. Себебі массасы үлкен денелер ешбір толқындық сипат танытпайтын. Кейін Луи де Бройль пікірінің дұрыстығын К. Дэвиссон мен А. Джермер рентген сәулесінің кристалдардағы дифракциясына сүйене отырып, электрондардың никель монокристалымен әсерлесуі нәтижесінде орын алатын дифракциялық процесті байқаған және оған 1а-суретте көрсетілген құрылғыны жинап көз жеткізеді [6]. Үдеткіштен шыққан электрондар шоғыры θ бұрышпен кристалдың беттік қабатына бағытталады. Кристалдан шағылған электрондар қабылдағышпен тіркеледі. Электрондар шоғырының түсу бұрышы тұрақты $\theta = Const$ болған жағдайда, шағылған электрондардың қарқындылығы үдетуші кернеудің U квадрат түбір асты мәніне тәуелді екендігі белгілі болды [7].



1-сурет – К. Дэвиссон – А. Джермер тәжірибесі [6]

Себебі электронның кинетикалық энергиясы стационар электр өрісін туғызушы үдеткіш кернеуге пропорционал:

$$\frac{mv^2}{2} = eU.$$

Мұндағы v – қозғалыстағы электронның жылдамдығы. Осы теңдеуден:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}};$$

Бөлшектің жылдамдығының осы мәнін (3) теңдеуге қою арқылы қозғалыстағы бөлшектің толқын ұзындығын табу қиын емес [8]:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU}} \sim \frac{h}{\sqrt{U}}; \quad (4)$$

Үдетуші кернеуді үздіксіз өзгерту арқылы шағылған электрондардың қарқындылығының кернеуге тәуелділігі өндірілген. Кернеуге байланысты бір бағытта өзгерудің орнына, қарқындылық максимумы мен минимумы тұрақты шамаға ығысқан және үздіксіз төмендейтін қисықпен сипатталды (16-сурет). Басқаша айтқанда, рентген сәулесі секілді, электрондар қарқындылығының экстремалдық нүктелерінің графиктегі орындары бөлшектердің толқын ұзындығына тәуелді болатындығы толық дәлелденді [9]. Кейін осы экспериментті Томсон мен Тартаковский жылдамдығы тұрақты электрондар шоғырын үш өлшемді дифракциялық тор ретінде қабылдауға болатын жұқа метал фольгасы арқылы өткізіп, экраннан дифракциялық электронограмманы өндіріп алады. Осындай тәжірибелер басқа микробөлшектермен де (протондар, иондар, нейтрондар, атомдар, молекулалар) орындалып, олардың барлығына корпускулалық қасиеттермен бірге, толқындық қасиеттер де ортақ екендігі нақты тәжірибелермен дәлелденеді [10]. Нәтижесінде осындай процестерді *де Бойль толқындары* деп атау келісілген. Бірақ тәжірибе қаншалықты шебер орындалғанымен, бөлшектің толқын ұзындығы түбір асты үдетуші кернеуге $1/\sqrt{U}$ кері пропорционал екендігі байқалмады.

Мысалы, электрон үшін $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$; $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ кг}$; $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ және

$U = 10^3 \text{ В}$ болған жағдайда (4) теңдеуден $\lambda = 4 \times 10^{-11} \text{ м}$ [11]. Бұл шама рентген сәулесінің толқын ұзындығына парапар және оны пайдалану арқылы өндірілген дифракциялық электронограмма да рентгенограммаға толық ұқсастық танытады (2-сурет).



2-сурет – Электрондардың дифракциялық электронограммасы [12]

Эксперимент нәтижесі

Жарық фотондарының толқындық қасиеттері интерференция немесе дифракция құбылыстарының негізінде дәлелденсе, Рентген сәулесі үшін дифракциялық құбылысты туғызатын, қажетті мөлшердегі санлауды жасау мүмкін емес. Сондықтан Рентген сәулесінің толқындық келбеті оның қатты дененің ақаусыз кристаллынан өту барысында шашырауын пайдалану арқылы өндіріледі [12]. Осы әдісті пайдаланып, электрондардың толқындық қасиеттеріне көз жеткізілді, нәтижесінде Луи де Бройль жорамалының дұрыстығы, яғни толқындық қасиет фотондармен қатар элементар бөлшектерге де тән құбылыс екендігі белгілі болды [13].

Кейін дифракция құбылысы атомдар мен молекулалар және нейтрондар үшін де байқалды. Басқаша айтқанда, материяның өте ұсақ бөлшектері кейбір құбылыстарды бақылау кезінде өзін толқын түрінде бейнелейтіндігі анықталды [14]. Осы тәжірибелер қарапайым бөлшектердің қатысуымен туындайтын дифракциялық процестерді сипаттау үшін қажетті және тиесілі толқын ұзындығын анықтауға негіз болды. Толқынның ұзындығы бөлшектің массасы мен жылдамдығының көбейтіндісіне кері

пропорционал екендігі, яғни Луи де Бройль өрнегімен толық сәйкестігі табылып, ал пропорционалдық коэффициент Планк тұрақтысы екендігі дәлелденді [15].

Әдетте, Планк тұрақтысы өте кішкене шама $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$, сондықтан, массасы үлкен бөлшектер үшін Луи де Бройль толқыны да өте қысқа болып келеді. Мысалы, массасы $m = 6.62 \times 10^{-10} \text{ кг}$, $\mathcal{G} = 1 \text{ м/с}$ жылдамдықпен қозғалыстағы тозақ бөлшегі үшін (3) теңдеуден

$$\lambda = \frac{h}{m\mathcal{G}} = \frac{6.62 \times 10^{-34}}{6.62 \times 10^{-10}} = 10^{-24} \text{ м}$$

толқын ұзындығы сәйкес келеді. Бұл шама атом ядросының өлшемінен миллиондаған есе төмен. Сондықтан де Бройль толқындарын классикалық механика тұрғысынан байқау ешбір мүмкін емес [16]. Керісінше, массасы тозаңның массасынан әлдеқайда төмен болатын электрон үшін, немесе кез-келген атом үшін *де Бройль* толқыны да бір талай көрнекі мәнге көтеріледі. Мысалы, жылдамдығы $\mathcal{G} = 10^5 \text{ м/с}$, массасы $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ кг}$ электрон үшін ұзындығы

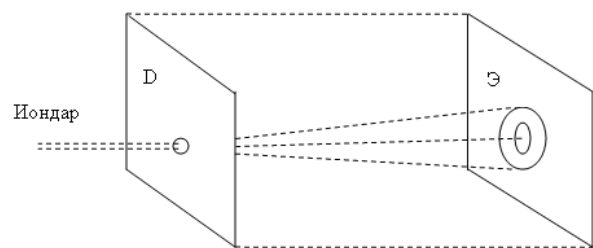
$$\lambda = \frac{6.62 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 10^5} = 7.3 \times 10^{-9} \text{ м}$$

де Бройль толқыны сәйкес келеді. Бұл мысалдардан бөлшектердің толқындық қасиеті Луи де Бройль толқыны әсерлесетін нысанның өлшеміне жақын болған жағдайда ғана байқалатындығын көру қиын емес және (3), (4) теңдеулердің барлық жағдайда әділетті екендігі тағы бір дәлелденді [17].

Физика курсынан белгілі болғандай, дифракциялық көрініс өзара кезектесіп келетін үлкенді-кішілі сақина тәріздес, ақ-қара түсті шеңберлі жолақтардан құралады (3-сурет). Әрбір көрініс оның центріндегі жарық немесе кара көлеңкелі дөңгелектен басталады. Осы дөңгелектің жарық немесе кара көлеңкелі болып келуі сәуле өтетін диафрагма саңлауының ішкі өлшеміне Френель зонасының нешеуі орналасатындығына байланысты. Егер саңлаудың өлшемі екі Френель зонасы ғана сиятындай шамада болса, дифракциялық көріністің центрінде кара көлеңкелі домалақ шеңбер пайда болады. Өйткені көршілес екі зонадан шыққан сәулелер экранға жеткенше қарама-қарсы фазада кезде-

сіп, бірін-бірі әлсіретеді, тіпті жойып та жібереді [18]. Сондықтан осы маңда көлеңкелі көрініс туындайды. Керісінше, диафрагма саңлауына Френель зонасының үшеуі орналасатын болса, екінші және үшінші зоналардан өткен сәулелер экранда қарама-қарсы фазада кездесіп бірін-бірі жояды, нәтижесінде көріністің центріне бірінші жолақтан өткен сәуле ғана әлсірмей жетіп, оны жарықтандырады. Әлбетте, қараңғы дөңгелекті қоршай жарық сақина, жарық дөңгелекті қоршай қараңғы сақина орналасады. Осылай толқынның дифракциялық бейнесі қалыптасады.

Қорыта келгенде, саңлаудың өлшеміне сыйып орналасатын Френель зоналарының саны жұп болып келсе, дифракциялық көрініс көлеңкелі (қараңғы) дөңгелектен басталады. Басқа жағдайлардың барлығында көріністің центрінде жарық дөңгелек орналасады. Сыртқы сақиналардың өзара кезектесіп келуі осы жағдайға байланысты. Дифракциялық сақиналардың негізгі өлшемдерінің мәні сәуле өтетін саңлаудың өлшеміне тікелей тәуелді. Саңлаудың өлшемі неғұрлым үлкен шамада болса, солғұрлым сақиналардың өлшемдерінің кіші болғаны. Саңлаудың диаметрі жеткілікті шамаға ұлғайған жағдайда, сақина жолақтарының жіңішкеріп, жиі орналасуына байланысты, дифракциялық көрініс бірдей дәрежедегі көрініске ауысып, оларды өзара ажырату мүмкін болмайды. Дифракциялық көрініс жарықтануы орташа дәрежедегі сақинасыз көрініспен алмасады.



3-сурет – Дифракциялық көріністі байқау схемасы.

Табиғи жарық сәулесін пайдаланып дифракциялық көріністі өндіру бүгінгі күні ешбір қиындық туғызбайды. Рентген немесе гамма-сәулелерінің дифракциялық көріністерін өндіру – бұған қарағанда бір шама қиын процесс. Дегенмен, оны да орындауға болады. Электрондар мен зарядталған бөлшектерді пайдалану үшін қуатты үдеткіштер қажет [19].

Кез-келген бөлшек бөгет түріндегі бір нысанмен (кристал немесе молекула, т.б. болсын)

соқтыққан жағдайда оның энергиясы өзгеріске ұшырайды. Соқтығу нәтижесінде бөлшекке осы әрекеттесудің потенциалдық энергиясы беріледі. Соған сәйкес бөлшектің қозғалу сипаты өзгеріске ұшырайды. Мұндай жағдайда бөлшекпен байланыста болатын толқынның таралу сипаты қоса өзгеруге мәжбүр болады. Бұл құбылыс барлық толқындық процестерге тән принциптерге сәйкес орындалады. Сондықтан атомдық бөлшектердің дифракцияға ұшырауының геометриялық заңдылықтары толқындардың табиғаты басқа түрлерінің дифракцияға қатысу заңдылықтарынан айырмашылығы болмауы тиіс және барлығына ортақ бір шарт бар: әсерлесуші толқынның ұзындығы шашыратушы центрдің өлшеміне шамалас болуы тиіс $\lambda \leq d$ [20].

Бұл жұмыстың мақсаты – сұйық ерітінді арқылы жылдам қозғалыстағы иондардың дифракциялық көрінісін зертхана жағдайында өндірудің жаңа әдісін және соған сәйкес оқытудың дидактикасын ұсыну. Егер басқа да элементар бөлшектер секілді, толқындық сипат иондар үшін де ортақ қасиет екендігі күмән туғызбайтын болса, оларды өлшемі қозғалыстағы иондардың толқын ұзындығына сәйкес келетін диафрагмалық саңлаудан өткізу арқылы экраннан тиісті дифракциялық көріністі байқауға болады. Бірақ иондар үшін Луи де Бройль толқын ұзындығын жоғарыдағы өрнек арқылы анықтау біршама қиындық туғызады, өйткені олардың ерітіндідегі жылдамдығы белгісіз шама. Мұндай жағдайда жазық толқын үшін оның ұзындығымен (λ) диафрагмалық саңлауға сыйып орналасатын Френель зоналарының саны n арасындағы қатынасты пайдалану қолайлы:

$$\lambda = \frac{d^2}{4nL}$$

мұндағы d – диафрагмалық саңлаудың диаметрі; L – диафрагма мен экранның ара қашықтығы. Френель зоналарының саны n аса көп болмаса, экрандағы (Э) қара және жарық сақиналардың саны Френель зоналарының санына тең болады. Әрине, сақиналар бүтін сан арқылы табылғанмен, Френель зоналарының бүтін болмауы ықтимал. Бүтін санды бөлшек санға теңестіру әдістің негізгі қателігі ретінде саналады [21].

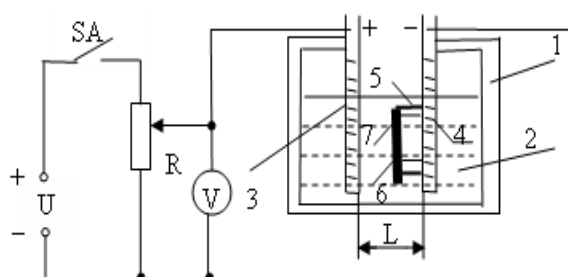
Тәжірибені ерітіндідегі мыс иондарын пайдаланып орындауға болады. Мыс иондарының

массасы $m = 1,05 \times 10^{-25}$ кг және электронның массасымен салыстырғанда 10^5 есе, протонның массасымен салыстырғанда 10^2 есе ауыр. Сондықтан олар ерітіндіде электр өрісінің әсерімен баяу қозғалады. Осы жағдай иондардың толқындық қасиетін тәжірибе жүзінде бақылауға мүмкіндік туғызады. Егер ерітіндідегі иондардың қозғалғыштығы (v) (подвижность) белгілі болса, олардың орта жылдамдығын

$$v = v \frac{U}{L}$$

өрнегі арқылы анықтап, жылдамдықтың жоғарыдағы теңдеуі арқылы табылған шамасымен салыстыруға болады. Мұндағы: U – электродтар арасындағы потенциалдар айырымы; L – электродтардың ара қашықтығы; $v = 4,8 \cdot 10^{-8}$ (м/с) / (В/м) [мыс иондары үшін] [21].

Иондардың толқындық қасиетін бақылау үшін 4-суретте көрсетілген қондырғы жиналады. Қондырғы шыны ыдыс түрінде жасалған ваннадан (1), оған құйылған мыс купоросының ерітіндісінен (2) және электродтардан (3, 4) тұрады. Электродтардың біреуі (3) – мыстан, екіншісі (4) – көмірден жасалады. Мыс электрод – анодтың, көмір электрод катодтың міндетін атқарады. Катодқа резинадан жасалған екі сақина (5) арқылы дөңгелек саңлаулары (6) бар диафрагма (7) бекітіледі.



4-сурет – Зертханалық қондырғының үлгісі

Катод пен диафрагма өзара қосымша изоляциялық материалмен ажыратылады. Айырғыш SA арқылы сыртқы ток көзі электролиттік ваннаның электродтарына қосылса, анодтан катодқа бағытталған электр өрісі пайда болады. Өрістің әсерімен оң зарядты мыс иондары үдемелі қозғала отырып, диафрагманың саңлауынан өте бере дифракцияға ұшырайды. Нәтижесінде катодқа жеткен иондар жеке-жеке, шеңбер тәрізді сақиналар туғыза орналасады. Олардың

пішіні жарық сәулесінің дөңгелек тесік саңлау арқылы өткен кезде туғызатын дифракциялық көріністің пішінін толық қайталайды. Қондырғыны жасау ешбір қиындық туғызбайды, сондықтан осы тәжірибені физика курсының электрдинамика және оптика бөлімдерін өту барысында зертханалық жұмыс түрінде қолдану физиканың эксперименталдық базасын нығайту арқылы оны оқыту дидактикасын жетілдірудің баламасыз тәсілі деп санауға болады.

Қорытынды

Атомдық мөлшердегі микробөлшектердің толқындық қасиеттерінің ашылуы нәтижесінде оларды сипаттау үшін классикалық механика тәсілдерінің мүлдем жарамсыз екендігі белгілі болды. Өйткені микробөлшектердің толқындық қасиеттері басым болған жағдайда бөлшек үшін траектория туралы ұғым да өзінің мағынасын жоғалтады. Траектория жоқ жерде жылдамдық та жоқ, жылдамдық жоқ жерде үдеу туралы сөз қозғау да орынсыз, ал үдеу жоқ жерде динамиканың екінші заңын қолдануға болатын материалдық дене де жоқ. Мұндай жағдайда классикалық механиканың басты схемасы мен қағидаларын қолдану мүмкіншілігінің шектеулі болуы, керісінше, микроәлем кеңістігіндегі тол-

қындық құбылыстар физикасын оқыту дидактикасын жетілдіру мүмкіндігін кеңейте түседі [22].

Қорыта келе, ешбір бөлшек өзі туғызатын өрістен ажырамайды және әрбір өріс бөлшектің қасиеттерін анықтаушы құрылымның туындауына өзінің ықпалын тигізеді. Бөлшек пен өрістің осындай ажырамас байланысын материяның құрылымындағы, маңызы айтарлықтай ерекше, дара бола тұрып үзіліссіз қалуының көрінісі деп санауға болады [23]. Материялық нысандардың корпускулалық және толқындық қасиеттерінің ажырамас бірлігі замануи физиканың іргелі қайшылықтарының қатарына жатады және микроәлем кеңістігін тереңірек талдау барысында ғана даралық пен үзілісдіктің өзара байланысқан бір процес екендігіне көз жеткізуге болады. Микро өлшемді нысандардың бөлшекке немесе толқынға тасымалдану арқылы түрленуі, соған сәйкес тиісті қасиетке бейімделуі макроәлемге алдын-ала қойылатын шарттарға байланысты. Нәтижесінде, электрондар, атомдар, молекулалар, иондар мен зарядталған бөлшектер ағыны жолындағы өлшемдері жақын тосқауылдан өту үшін дифракция, интерференция, шағылу, сыну секілді толқындық заңдылықтарға бағынуға міндетті болады.

Әдебиеттер

- 1 Бояркин О. М. Введение в физику элементарных частиц. – М.: КомКнига. 2010. – 264 с.
- 2 Гааз А. Волны материи и квантовая механика. – М.: КД Либроком, 2014. – 168 с.
- 3 Ландау Л.Д. Теорет. физика в 10 томах Квантовая механика (нерелятивная теория) т.3. – М.: Физматлит, 2012. – 800 с.
- 4 Анов Р.А. Физическая реальность и познание. – М.: Красанд. 2014. – 528 с.
- 5 Артеха С.Н. Основания физики (критический взгляд): – М.: Ленанд, 2015. – 208 с.
- 6 Feynman R. QED the Strange Theory of Light and matter, Penguin 1990 Edition, page 84.
- 7 Thomson G. P. (1927). Diffraction of Cathode Rays by a Thin Film (PDF). Nature. 119 (3007).
- 8 Einstein A. Zur Quantentheorie der Strahlung, *Physicalische Zeitschrift*. 18: 121–128. Translated in ter Haar, D. (1967). *The Old Quantum Theory*. Pergamon Press. pp. 167–183. LCCN 66029628.
- 9 McEvoy J. P., Oscar Zarate *Introducing Quantum Theory*. (2004). Totem Books. pp. 110–114. ISBN 1-84046-577-8.
- 10 Louis de Broglie *The Reinterpretation of Wave Mechanics*. Foundations of Physics, 1970. Vol. 1 No. 1
- 11 Doak R.B., Grisenti R.E., Rehbein S., Schmahl G., Toennies J.P. and Ch. Wöll (1999). Towards Realization of an Atomic de Broglie Microscope: Helium Atom Focusing Using Fresnel Zone Plates. *Physical Review Letters*. 83 (21): 4229–4232.
- 12 Shimizu. F. (2000). Specular Reflection of Very Slow Metastable Neon Atoms from a Solid Surface. *Physical Review Letters*. 86 (6): 987–990.
- 13 Григорьев Ю. М., Кычкин И. С. Физика атома и атомных явлений. М.: Физматлит. 2015. – 368 с.
- 14 Shimizu F. (2000). Specular Reflection of Very Slow Metastable Neon Atoms from a Solid Surface. *Physical Review Letters*. 86 (6): 987–990.
- 15 Kouznetsov D. and Oberst H. (2005). Reflection of Waves from a Ridged Surface and the Zeno Effect. *Optical Review*. 12 (5): 1605–1623.
- 16 Friedrich H., Jacoby C. and Meister G. (2002). Quantum reflection by Casimir–van der Waals potential tails. *Physical Review A*. 65 (3): 032902.
- 17 Cladé P., Ryu Ch., Ramanathan A., Helmerson K. and William D. Phillips (2008). Observation of a 2D Bose Gas: From thermal to quasi-condensate to superfluid. *Physical Review Letters*. 102 (17).

- 18 Kouznetsov D., Oberst H., Shimizu K., Neumann A., Kuznetsova Y., Bisson J.-F., Ueda K. and Brueck S. R. J. (2006). Ridged atomic mirrors and atomic nanoscope . *Journal of Physics B*. 39 (7): 1605–1623.
- 19 Arndt M., Nairz O., Voss-Andreae J., Keller C., van der Zouw G., and Zeilinger A. (1999). Wave-particle duality of C. 60. *Nature*. 401 (6754): 680–682.
- 20 Eibenberger Sandra, Gerlich Stefan, Arndt Markus, Mayor Marcel and Tüxen Jens (2013-08-14). Matter–wave interference of particles selected from a molecular library with masses exceeding 10 000 amu. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 15 (35): 14696.
- 21 Resnick R. and Eisberg R. (1985). *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons. ISBN 0-471-87373-X.
- 22 Wang Z.Y. (2016). Generalized momentum equation of quantum mechanics . *Optical and Quantum Electronics*. 48 (2). doi:10.1007/s11082-015-0261-8.
- 23 Holden Alan (1971). *Stationary states*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-501497-9.

References

- 1 Bojarkin O. M. *Vvedenie v fiziku `elementarnyh chastits* (M.: KomKniga, 2010). 264 p. (in russ).
- 2 Gaaz A. *Volny materii i kvantovaja mehanika*. (M.: KD Librokom, 2014). 168 p. (in russ).
- 3 Landau L.D. *Teoret.fizika v 10 tomah Kvantovaja mehanika (nereljativnaja teorija) t.3*. (M.: Fizmatlit, 2012), 800 p. (in russ).
- 4 Anov R.A. *Fizicheskaja real'nost' i poznanie* (M.: Krasand, 2014), 528 p. (in russ).
- 5 Arteha S.N. *Osnovaniya fiziki*. (M.: Lenand., 2015), 208p. (in russ).
- 6 Feynman R. *QED the Strange Theory of Light and matter*, (Penguin Edition, 1990), 84p.
- 7 Thomson G. P. *Nature*. 119 (3007). (1927).
- 8 A.Einstein *Zur Quantentheorie der Strahlung*, *Physicalische Zeitschrift*. 18: 121–128. Translated in ter Haar, D. *The Old Quantum Theory*. (Pergamon Press, 1967) pp. 167–183.
- 9 J.P.McEvoy and Oscar Zarate *Introducing Quantum Theory*. Totem Books. pp. 110–114. (2004).
- 10 Louis de Broglie *Foundations of Physics*. 1 No.1. (1970).
- 11 R.B.Doak, R.E.Grisenti, S. Rehbein, G.Schmahl, J.P. Toennies and Ch. Wöll. *Physical Review Letters*. 83 (21): 4229–4232. (1999).
- 12 F. Shimizu. *Physical Review Letters*. 86 (6). 987–990. (2000).
- 13 Grigor'ev Ju. M., Kychkin I. S. *Fizika atoma i atomnyh javlenij*. (M.: Fizmatlit, 2015). 368 c. (in russ).
- 14 F. Shimizu, *Physical Review Letters*. 86 (6). 987–990. (2000).
- 15 D.Kouznetsov and H.Oberst, *Optical Review*. 12 (5). 1605–1623. (2005).
- 16 H. Friedrich, C.Jacoby and G.Meister, *Physical Review A*. 65 (3). 032902. (2002).
- 17 P.Cladé, Ch.Ryu, A.Ramanathan, K.Helmerson and William D.. *Physical Review Letters*. 102 (17). (2008).
- 18 D.Kouznetsov, H.Oberst, K.Shimizu, A.Neumann, Y.Kuznetsova, J.-F.Bisson, K.Ueda and S. R. J. Brueck, *Journal of Physics B*. 39 (7).1605–1623. (2006).
- 19 M.Arndt, O.Nairz, J.Voss-Andreae, C.Keller, G.van der Zouw and A.Zeilinger, *Nature*. 401 (6754): 680–682. (1999).
- 20 Sandra Eibenberger, Stefan Gerlich, Markus Arndt, MarceMayor I and Jens Tüxen, *Physical Chemistry Chemical Physics*. 15 (35): 14696. (2013).
- 21 R.Resnick and R.Eisberg *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles* (2nd ed.). (New York: John Wiley & Sons., 1985).
- 22 Wang Z.Y. *Optical and Quantum Electronics*. 48 (2) (2016). doi:10.1007/s11082-015-0261-8.
- 23 Alan Holden *Stationary states*. (New York: Oxford University Press, 1971).