

## ФИЗИКА ҒЫЛЫМЫНДАҒЫ ІРГЕЛІ ТҰРАҚТЫСЫ ЖАРЫҚ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ҒЫЛЫМДАҒЫ РӨЛІ

Қайрау Н.Д., Қобан А.Б.

[kairaunurika@gmail.com](mailto:kairaunurika@gmail.com), [koban\\_akkumis@icloud.com](mailto:koban_akkumis@icloud.com)

6B01505 – «Физика-информатика» білім беру бағдарламасының 3 курс студенттері  
М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал қ., Қазақстан Республикасы  
Ғылыми жетекшісі: **Иманғалиева Б.С.**  
аға оқытушы

Денелердің жылдамдығы механикалық қозғалыстың кеңінен танымал физикалық сипаттамасы болып табылады. Сондықтан, жарық жылдамдығы неге тұрақты болып шықты деген сұрақ туындауы мүмкін. Бұл сұрақтың жауабын физика ғылымының бүкіл дамуы барысында жарық тудырған мәселені қарастыру арқылы түсінуге болады. Бұл мәселені шешудің бір кезеңі электромагниттік құбылыстардың біртұтас теориясы болып табылатын Максвеллдің теориялық электродинамикасы болды. Оған электродинамикалық тұрақты, электромагниттік өріс теңдеулеріндегі пропорционалдық коэффициенті ретінде, вакуумдағы жарық жылдамдығына тең болды. Жарық жылдамдығы Максвеллдің электродинамикалық теңдеулеріндегі пропорционалдық коэффициенті болып шықты.

Барлық негізгі тұрақтылар физика мазмұнында бірдей маңызды. Бірақ олардың рөлі әртүрлі мәселелерді талдауда, материяның әртүрлі деңгейлерінде әртүрлі.

Жарық жылдамдығы негізгі тұрақты, сипаттамалық параметр ретінде қазіргі уақытта қолжетімді кез келген зат деңгейінде бірдей маңызды. Ол классикалық және кванттық, релятивистік және релятивистік емес механиканың құрамына кіреді. Жарықтың электромагниттік табиғаты оның жылдамдығын электродинамиканың негізгі сипаттамаларының біріне айналдырады. Жарық жылдамдығы электромагниттік толқындардың элементар бөлшектермен өзара әрекеттесуін сипаттау және өрістер мен бөлшектердің өзара түрлену процестерін сипаттаудағы кванттық өріс теориясының негізгі параметрлерінің бірі болып табылады. Жарық жылдамдығы бүкіл ғаламның масштабында жүретін процестерді сипаттайтын теңдеулерге енеді: галактикалардың тууы мен эволюциясы және жарық жылдамдығымен салыстырылатын жылдамдықпен жүретін процестер.

Жылдамдық қозғалыстың сипаттамасы екені белгілі. Барлық белгілі қозғалатын нысандарда жылдамдық - соңғы шама. Бір қызығы, физика дамуының бастапқы кезеңдерінде жарықтың таралуына қатысты мұндай мәлімдеме жарыққа қатысты ма деген сұрақ туындады. Физика тарихында жарық жылдамдығының шамасы туралы екі түсінік белгілі: біріншісі - жарық жылдамдығы шексіз, екіншісі - шекті. Бірінші түсінік көзден бақылаушыға дейін жарық бірден жетеді деп болжайды. Екінші түсінікте жарықтың таралуы белгілі бір жылдамдықпен қалыпты механикалық қозғалыс ретінде қарастырылады. Физика тарихынан бұл мәселеге ежелгі гректер қызығушылық танытқаны

белгілі. Ежелгі ғалымдар, сирек жағдайларды қоспағанда, жарық жылдамдығын шексіз деп санады. Қазіргі уақытта бұл мәселе пікірталас тақырыбына айналды. XI ғасырда араб ғалымы Альхазен жарықтың таралу жылдамдығының шекті болуы туралы болжам жасады. Галилео мен Гук өте үлкен болса да, оның шекті екенін мойындады, ал Кеплер, Декарт және Ферма әлі де жарық жылдамдығының шексіз жақтаушысы болды.

Жарық жылдамдығының шекті немесе шексіздігі мәселесі жарықтың табиғаты мәселесімен, яғни жарық көзден таралатын бөлшектер (корпускулалар) ағыны ма, әлде бұл толқындық процесс пе деген сұраққа тікелей қатысты болып шықты. Осыған байланысты бір ортадан екіншісіне ауысқан кезде жарықтың сынуын зерттеу үлкен маңызға ие болды.  $\alpha$  түсу және  $\beta$  сыну бұрыштары эксперименталды түрде оңай өлшенеді. Теориялық тұрғыдан олар жарықтың таралу жылдамдығымен байланысты. Бірақ бұл толқындық және корпускулалық көріністермен байланыс қайшылық тудырды. Корпускулалық теорияға сәйкес, егер  $\alpha > \beta$  болса, онда ауадағы жарық жылдамдығы судағы жарық жылдамдығынан аз болуы керек; толқындық теорияға сәйкес - керісінше. Бұл қарама-қайшылық жарық жылдамдығының шамасын анықтау бойынша эксперименттерді ынталандырды [1].

Жарық жылдамдығының шамасын және жарық сәулелерінің таралу үлгісін өлшеу ғылым үшін үлкен маңызға ие. Олар физика тарихында ғылымның одан әрі дамуына байланысты маңызды жаңалықтарға әкелді. Француз физигі Фуконың мөлдір заттардағы жарық жылдамдығының төмендеуін анықтауы жарықтың толқындық теориясының маңызды дәлелі болды. Жарық жылдамдығының шамасының санақ жүйенің қозғалысынан тәуелсіздігін дәлелдейтін тәжірибелер мен бақылаулар Эйнштейннің салыстырмалылық теориясының эксперименттік негіздемелерінің бірі болып табылады. Егер қандай да бір формулада  $c$  әрпі болса - жарық жылдамдығы, онда бұл әрдайым формуланың салыстырмалылықпен байланысты екендігін білдіреді.

Классикалық физика заңдарының бірі - жылдамдықты қосу заңы. Ол жылдамдықтың салыстырмалылық қасиеттерін, яғни оның санақ жүйесіне тәуелділігін көрсетеді. Дененің қандай санақ жүйеге қатысты өзгертініне байланысты әр түрлі жылдамдыққа ие екендігі белгілі. Эйнштейннің салыстырмалылық теориясы классикалықтан өзгеше, бірақ жылдамдықтың салыстырмалылық қасиеті сақталады. Зерттеулер көрсеткендей, вакуумдағы жарық жылдамдығы, дене жылдамдығынан айырмашылығы, абсолютті, инвариантты, барлық санақ жүйелерге қатысты бірдей. Жарық жылдамдығының бұл қасиеті салыстырмалылықтағы жылдамдықты қосу заңына сәйкес келеді.  $u' - K'$  санақ жүйесіндегі дененің жылдамдығы болсын, бұл жүйе  $K$  санақ жүйесіне қатысты  $\mathcal{G}$  жылдамдықпен қозғалады;  $u - K$  санақ жүйесіне қатысты жылдамдық. Жылдамдықтарды қосу заңы:

$$u = \frac{u' + \mathcal{G}}{1 + \frac{\mathcal{G}}{c^2} u'}$$

Егер қозғалыстағы нысан жарық болса, онда  $u' = c$ , жылдамдықтарды қосу заңы бойынша:

$$u = \frac{c + \mathcal{G}}{1 + \frac{\mathcal{G}}{c^2} c} = c.$$

Яғни,  $K$  санақ жүйесіне қатысты жарық жылдамдығы  $K'$  санақ жүйесіне қатысты жарық жылдамдығымен бірдей. Вакуумдағы жарық жылдамдығы барлық бағытта бірдей болатындығы кеңістіктің изотроптығын көрсетеді [2].

Вакуумдағы жарық жылдамдығының шамасы, басқа іргелі тұрақтылар сияқты, уақыт бойынша тұрақты ма, жоқ па деген сұрақ қойылады. Бұл кезде ғалымдар кез келген физикалық шаманы өлшеу оны эталонмен (негізгі өлшем - тұрақты) салыстыру арқылы жүзеге асырылатындығына назар аударады. Жылдамдықтың эталоны ретінде жарық жылдамдығы қызмет ете алады. Дегенмен, эталонның шамасы тұрақты ма деген сұрақ туындайды. Сондықтан, жарық жылдамдығын салыстыруға болатын тәуелсіз жылдамдық эталоны қажет. Мұндай эталон ретінде Бор теориясы бойынша сутек атомының бірінші орбитасындағы электронның жылдамдығы қабылданады. Бұл жылдамдықты электронның ядро айналасында шеңбер бойымен қозғалатындығын және электрон мен ядро арасындағы Кулондық өзара әрекеттесу күшінің әсерінен қозғалатындығын ескере отырып есептеуге болады. Жартылай классикалық жуықтауда Ньютонның екінші заңын қолданамыз:

$$F = ma, \quad a = \frac{g^2}{r}, \quad F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

$$\frac{m g^2}{r} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad m g^2 r = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0}, \quad m g r = n \hbar, \text{ осыдан}$$

$$g = \frac{1}{n} \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \hbar}, \quad \text{егер } n = 1 \text{ болса,} \quad g_0 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar}.$$

$$\frac{g_0}{c} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{\alpha},$$

Онда қатынасы:

Мұнда  $\alpha$  шамасы физикада жұқа құрылым тұрақтысы (постоянная тонкой структуры) ретінде белгілі.

$$\alpha = \frac{c}{g_0} = 4\pi\epsilon_0 \frac{\hbar c}{e^2} \approx \frac{1}{137}.$$

Осылайша, жарық жылдамдығының тұрақтылығы туралы сұрақ жұқа құрылым тұрақтысының уақыт өтуімен өзгере ме деген сұраққа келіп тіреледі. Қазіргі уақытта мұндай өзгерістердің эксперименттік дәлелдері жоқ. Уақыт өтуімен  $\alpha$  мүмкін болатын өзгерістері атомдардың спектрлеріндегі жақын сызықтар арасындағы қашықтықтың өзгеруінде көрінуі керек. Мұндай әсер өте алыс галактикалардың спектрлерінде байқалуы мүмкін.

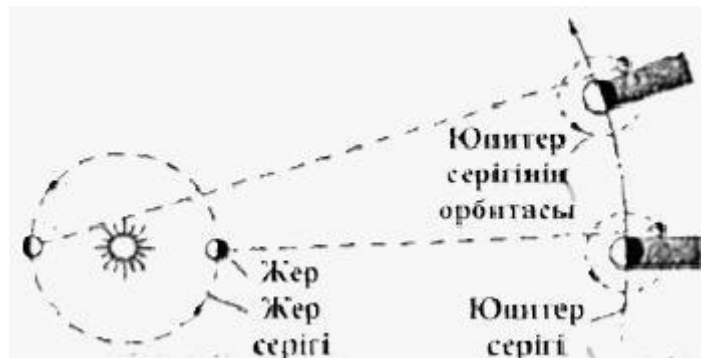
Ортадағы жарық жылдамдығы толқын ұзындығына байланысты екендігі белгілі. Бұл дисперсия құбылысы. Бірақ вакуумдағы жарық жылдамдығының мүмкін болатын дисперсиясы туралы сұрақ туындайды. САТ вакуумдағы жарық жылдамдығы толқын ұзындығына қарамастан  $c$  - ға тең деп мәлімдей отырып, вакуумда дисперсия жоқ екенін жоққа шығарады. Бұл қорытындыны жұлдыздардың периодты түрде өзгертін сәулеленуін қолдану арқылы тексеруге болатын еді. Мұндай өзгерістердің периодтары жоғары дәлдікпен анықталады. Егер вакуумда жарық дисперсиясы болса, онда спектрдің екі бөлігінің қарқындылығының максимумдары уақыт бойынша бір-біріне қатысты ығысуы керек еді. Байқаулар мұндай айырмашылықты анықтамайды. Сондықтан вакуумда жарық дисперсиясы жоқ деп есептеуге болады. Вакуумдағы жарық дисперсиясының болмауы фотонның тыныштық массасының болмауымен тығыз байланысты. Фотонның тыныштық массасы  $m_0$  деп болжайық және ол  $g$  жылдамдықпен қозғалады. Онда салыстырмалылық теориясы бойынша

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

деп жазуға болады [2, 141-142 б ; 3].

Жарық жылдамдығының шамасын анықтауға басқа іргелі тұрақтылар сияқты, физика тарихындағы барлық кезеңдерде үлкен көңіл бөлінді. Жарық жылдамдығын өлшеуге бағытталған алғашқы белгілі әрекеттер Г. Галилейдің тәжірибелері болды. Олар сәтсіз болды, себебі Галилей кезінде жарық жылдамдығының шамасы туралы түсінік болмады. Жарық жылдамдығы өте жоғары болуы мүмкін деген болжамдар да болған жоқ. Тәжірибелер кішігірім қашықтықта жүргізілді, сондықтан қозғалыстың ұзақтығын дұрыс тіркеу мүмкін болмады. Жарық жылдамдығын тәжірибе жүзінде анықтау үшін астрономиялық масштабтағы қашықтықтар немесе өте аз уақыт аралықтарын өлшеуге мүмкіндік беретін құрылғылар қажет. Бұл Галилейдің өз уақытында жарық жылдамдығын өлшей алмауының себебі болды. Дегенмен, жарық жылдамдығын өлшеуге тырысудың өзі Галилейдің жарықтың таралу жылдамдығының шекті екендігі туралы дұрыс түсініктерге ие болғанын көрсетті. Жарық жылдамдығын анықтаудың әдістері астрономиялық және лабораториялық әдістер болып бөлінеді. Бұл әдістер жоғары оқу орындары мен мектептер үшін оптика және САТ бойынша оқулықтарда толығымен қарастырылған [4;5]. Осы әдістерді толық сипаттамай, олардың кейбір ерекшеліктері мен нәтижелерін атап өтейік.

Астрономиялық әдістер жарық жылдамдығын өлшеудегі алғашқы әдістер болды. Кез келген астрономиялық бақылаулар кезінде жарық сигналы Жерден неғұрлым алыс болса, соғұрлым кешірек жетеді. Бақыланған құбылыс жарықтың жұлдыздан Жерге дейінгі жолды басып өту уақытына тең кешігумен байқалады. Астрономиялық әдістерге Ремер әдісі мен жарықтың жылдық аберрациясын анықтау жатады. 1676 жылы О.Ремер физика тарихында алғаш рет Юпитердің Ио серігінің тұтылуын байқау негізінде жарық жылдамдығын өлшеді. Тәжірибенің идеясы 1-суреттен түсінікті.



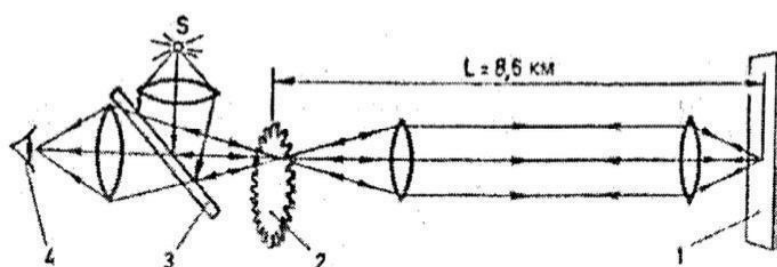
Сурет 1 – Ремердің жарық жылдамдығын өлшеу тәжірибесі

Ремер Жер орбитасы мен Юпитер орбитасы Күннің қарама-қарсы жағында орналасқан кезде Юпитердің Ио серігінің тұтылуы есептеулерге қарағанда кешігіп басталатындығын байқады. Ол тұтылудың кешігу уақыты бойынша жарық жылдамдығын 215 000 км/с деп есептеді. Бұл шама кейінірек нақтыланған 300 000 км/с шамасынан ерекшеленеді [4, 191-192 б]. Ремердің нәтижесінің дәлсіздігі тұтылудың кешігу уақытын өлшеудегі қателікпен байланысты. Дегенмен, Ремер тәжірибесінің нәтижелері туралы айта отырып, оның нәтижесі шындықтан дерлік үштен бір бөлікке айырмашылық жасайтындығына назар аудармау керек. Оның негізгі еңбегі – жарық жылдамдығының шамасын алғаш рет дұрыс бағалауы (10<sup>8</sup> м/с). Бұл білім ғалымдарға жарық жылдамдығын тек астрономиялық әдістермен ғана емес, сонымен қатар лабораториялық жағдайда да анықтайтын әдістерді іздеуге мүмкіндік берді.

Жылдық аберрация бойынша жарық жылдамдығын анықтауға келсек, Жердің Күнді айнала қозғалысы салдарынан Жердегі бақылаушыға қатысты жұлдыздар аспанда өз орнын сақтамайды, олар жыл бойында эллипстік траекториялар бойынша қозғалады. Бұл құбылыс жылдық аберрация деп аталады. Ол Жердің орбитада қозғалысы кезінде жұлдызға бағыттың өзгеруі және жарық жылдамдығының шекті болуы салдарынан пайда болады. Ремердің өлшеулерінен жарты ғасыр өткен соң, 1728 жылы Дж.Брэдли аберрация құбылысын пайдаланып, жарық жылдамдығының шекті екендігін растап, оның бағалануын нақтылады: Брэдлидің алған мәні 308 000 км/с құрады.

Жарық жылдамдығын анықтаудың лабораториялық әдістері тәжірибенің дәлдігін арттыру арқылы мүмкін болды. Бұл әдістерді Физо, Майкельсон және т.б. қолданды [4, 192-194 б].

Физо әдісі жарық жылдамдығын өлшеудің алғашқы әдісі болды. Ол жарықтың жер бетіндегі жағдайда дәл өлшенген қашықтықты басып өту уақытын анықтауға негізделді. Өлшеулерді 1849 жылы Л.Физо жүргізді. Өз тәжірибелерінде ол өзі жасаған «тісті дөңгелек әдісін» қолданды. Тәжірибенің сұлбасы 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2 – Физоның жарық жылдамдығын өлшеу тәжірибесінің сұлбасы

Жарық тісті дөңгелектегі саңылау арқылы өтеді, содан кейін айнадан шағылысып, қайтадан дөңгелектің тістеріне түседі. Мұнда S жарық көзінен шыққан жарық шоғының біразы мөлдірлеу (3) пластинкадан шағылып, (2) тістері бар дөңгелектің екі тісінің аралығындағы саңылаудан және (1) жазық айна арасындағы линзалардан өтіп, айнадан шағылысып кері қайтады. Тісті дөңгелек (2) тыныш тұрған жағдайда жарық шоғы сол тістің арасынан өтіп, (3) пластинадан өтіп окулярға түседі де адам жарықты көреді. Егер тісті дөңгелекті белгілі бір жиелікпен айналдырсақ, онда жазық айнадан шағылып қайтып келе жатқан жарық шоғы көршілес тіске келіп қалса, онда бақылаушыға жарық шоғы жетпейді де қараңғы болады. Бұл үшін жарық тісті дөңгелектен (1) жазық айнаға барып қайта оралу уақыты  $\tau$  уақыт ішінде тісті дөңгелек жарық өткен саңылау центрінен оған көршілес тістің

центрінен оған көршілес тістің центрі аралығындағы бұрышқа, яғни  $\frac{2\pi}{n}$  бұрышқа бұрылуы шарт, мұндағы  $n$  - дөңгелектегі тістердің саны. Егер дөңгелектің айналу жиілігі  $\nu$  болса,

сонда  $\tau = \frac{2\pi}{2n} \div 2\pi\nu = \frac{1}{2n\nu}$ . Осыдан кейін тісті дөңгелектен жазық айнаға дейінгі аралықты

екі еселеп алып  $\tau$  бөлетін болсақ, онда жарықтың жылдамдығы шығады:  $c = \frac{2l}{\tau} = 4l\nu$

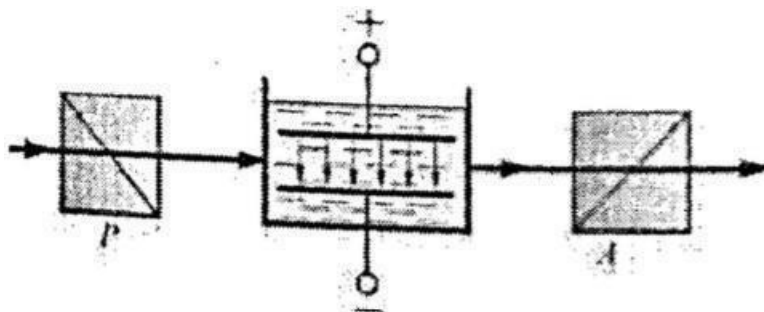
. Физо өзінің тәжірибесінде арақашықтықты 8,63 км, ал тістердің санын 720 етіп алды. Жүргізілген өлшеулер нәтижесінде алынған мән 313 000 км/с болды [3, 129-130 б].

Тағы бір лабораториялық әдіс – «айналмалы айна әдісі». Әдістің идеясын 1838 жылы Ф.Араго айтқан, 1862 жылы Л. Фуко жүзеге асырған. Жоғары жылдамдықпен (512 айн/с) айналатын айнаны қолдану арқылы аз уақыт аралықтарын өлшей отырып, ол жарық жылдамдығы үшін 298 000 км/с мәнін 500 км/с қателікпен алды. Жарық жылдамдығы ауада және суда өлшенді. Жарық жылдамдығының суда ауадағы жылдамдығынан аз екендігі

алғаш рет көрсетілді, бұл жарықтың толқындық теориясымен сәйкес келеді. Кейіннен тәжірибе техникасын жетілдіру, қолданылатын базаны ұлғайту және оның ұзындығын дәлірек анықтау арқылы айналмалы айна әдісінің көмегімен өлшеулердің дәлдігі айтарлықтай артты. Сонымен, С. Ньюком 1891 жылы 299 810 км/с мәнін 50 км/с қателікпен алды.

XX ғасырда, 1926 жылы жарық жылдамдығын анықтау бойынша тәжірибелерді А.Майкельсон жүргізді. Ол А.Физо мен Л.Фуко әдістерінің комбинациясы болып табылатын сегіз қырлы айналмалы айна әдісін қолданды. Майкельсон қателікті 4 км/с-қа дейін төмендетіп, жарық жылдамдығы үшін 299 796 км/с шамасын алды [4, 192-194 б].

Қазіргі уақытта жарық ағынының механикалық бөлгіштерінің орнына оптоэлектронды Керр ұяшығы қолданылады – бұл электр кернеуінің шамасына байланысты оптикалық мөлдірлігі өзгертін кристалл. Керр ұяшығы – жарық ағынының қарқындылығын басқару үшін ең жылдам әрекет ететін құрылғы. Ол Керр эффектісі байқалатын сұйықтықпен толтырылған, мөлдір терезелері бар ыдыстан тұрады. Сұйықтыққа жазық конденсатор құрайтын екі электрод батырылған. Электродтар арасынан жарық сәулесі өтеді. Ыдыс сәулеленудің поляризатор мен анализаторының арасына орналастырылады, олар бір-біріне перпендикуляр орналасқан (3-сурет).



Сурет 3 – Сұйықтықтардағы Керр эффектісін байқау схемасы

Конденсатордағы электр өрісінің бағыты  $E$  поляризацияланған жарық тербелістерінің электр өрісінің бағытына қатысты  $45^\circ$  бұрыш жасайды. Электр өрісі болмаған кезде анализатор жарықты өткізбейді. Электр өрісі қосылған кезде сұйықтықта қос сәуле сындыру пайда болып, нәтижесінде Керр ұяшығы өтетін жарық үшін мөлдір болады. Толтыратын сұйықтыққа байланысты (Керр тұрақтысы үлкен сұйықтықтар қолданылады, мысалы, нитробензол) және ұяшықтың өлшемдеріне байланысты максималды мөлдірлік электродтардағы кернеу  $U$  3-тен 30 кВ-қа дейін болғанда ғана қол жеткізіледі.

Керр ұяшығының жылдам әрекет етуі оны лабораториялық жағдайда жарық жылдамдығын өлшеу үшін қолдануға мүмкіндік береді: жарық Керр ұяшығынан өтіп, айнадан шағылысады және қайтадан ұяшықтан кері бағытта ұяшықтан айнаға дейінгі және кері жолдың ұзындығына байланысты кешігумен өтеді.

Жарық жылдамдығын қазіргі заманғы өлшеу әдістерімен анықтауға да қол жеткізілді. Тәуелсіз толқын ұзындығы мен жиілігін өлшеу негізінде жарық жылдамдығының мәні 1972 жылы анықталды. Көз ретінде 3,39 мкм толқын ұзындығындағы сәуле шығаратын гелий-неонды лазер таңдалды. Бұл сәуленің толқын ұзындығы криптонның қызыл сәулесінің толқын ұзындығымен салыстыра отырып, интерферометриялық салыстыру арқылы өлшенді. Сызықты емес оптика әдістерімен (қосынды және айырмашылық гармоникалары бар сәуле шығаруды генерациялау) лазер сәулесінің жиілігін уақыт эталонымен салыстыру мүмкін болды. Осылайша, бұрын белгілі барлық мәндерден екі ретке жоғары дәлдікпен жарық жылдамдығының мәні алынды:  $c=299\,792\,456.2 \pm 1.1$  м/с.

Жарық жылдамдығын анықтау бойынша әртүрлі тәжірибелердің нәтижелерін салыстыру үшін олардың кейбірін 1-кестеде келтірейік.

Кесте 1 – Әртүрлі әдістермен өлшенген жарық жылдамдығының мәні

Айналатын айна әдісі	$c = 299\,796 \pm 4$ км/с (Майкельсон, 1926 г.)
Тоқтату әдісі (жетілдірілген)	$c = 299\,793,1 \pm 0,25$ км/с (Бергштранд, 1950 г.)
Радиогеодезия	$c = 299\,792 \pm 2,4$ км/с (Акларсон, 1949 ж.)
Қуыс резонатор	$c = 299\,792,5$ км/с (Эссен, 1950 ж.)
Микротолқындық интерферометрия	$c = 299\,792,2 \pm 0,2$ км/с (Фрум, 1958 ж.)
Жиілік пен толқын ұзындығын өлшеу	$c = 299\,792,4562 \pm 0,0011$ км/с (Ивенсон, 1972 ж.)

Кестеден әртүрлі деректердің жақсы сәйкестігі байқалады. Сонымен қатар, жарық жылдамдығы радиотолқындардың өлшенген жылдамдығымен сәйкес келетіндігіне қайтадан назар аудару керек. Бұл жарықтың электромагниттік теориясының дұрыстығын, электромагниттік толқындардың таралу жылдамдығын анықтайтын электродинамикалық тұрақтының жарық жылдамдығына тең екендігін анықтағаннан кейін Максвелл ұсынған гипотезаны растайды. Дегенмен, жарық қазіргі заманғы көзқарас бойынша корпускулалық-толқындық екі жақты табиғатқа ие екенін білеміз.

Баллистикалық гипотезаны қолдана отырып, жарықты бөлшектер ағыны ретінде қарастыра отырып, А.М. Бонч-Бруевич (1956 ж.) Күннің он және сол шеттерінен, яғни біреуі бізге жақындап, екіншісі бізден 2,3 км/с жылдамдықпен кетіп бара жатқан көздерден келетін жарық жылдамдықтарын салыстырды. Тәжірибелер жеткілікті дәлдікпен баллистикалық гипотеза бойынша да жарық жылдамдығының көзге байланыстылығы байқалмайтындығын көрсетті.

Қорыта келе, жарық жылдамдығы – электромагниттік өзара әрекеттесулердің іргелі сипаттамасы болып табылатын физикалық тұрақты. Ол вакуумдағы электромагниттік толқындардың таралу жылдамдығын білдіреді. Жарық жылдамдығы салыстырмалылық теориясында маңызды рөл атқарады, ол массасыз бөлшектер үшін шекті жылдамдық болып табылады. Жарық жылдамдығын дәл өлшеу ғылым мен техниканың дамуына ықпал етіп, өзінің іргелі тұрақты ретіндегі мәнін еш жойған жоқ.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Елецкий А.В. Скорость света. - Серия «Физика». Новое в жизни, науке, технике. М.: Знание, 1975. - 64 с.
2. Филонович С.Р. Самая большая скорость. Библиотечка Квант. Выпуск 27. М.: Наука, 1983. - 176 с.
3. Полатпеков П. Оптика: педагогикалық институттардың физика-математика факультеттеріне арналған оқулық. Алматы: «Мектеп», 1967. - 139 б.
4. С. Туякбаев. Физика: учебник 11 для кл. Естественно - математического направления. Часть 1./Алматы: «Мектеп», 2019. - 246 с.
5. Матвеев А.Н. Оптика: учеб. пособие для физ. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1985. - 351 с.