

Б.С. Арымбеков^{1*}, К.М. Туреханова², К. Федус³

^{1, 2} Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

³ Николай Коперник университеті, Торунь, Польша

(*Хат-хабарларға арналған автор. E-mail: beckenm@mail.ru)

Web of science Researcher ID: N-3576-2017¹, GWM-2417-2022², GBN-9134-2022³

Scopus Author ID: 55440914200¹, 9038543000², 24471130100³

ORCID: 0000-0002-9670-2407¹, 0000-0003-4662-7290², 0000-0001-5392-5718³

Физиканы оқытуда толықтырылған шынайылық арқылы интерактивті визуализацияны қолдану әдістемесі

Толықтырылған шынайылыққа (AR) негізделген оқу ортасы мұғалімдерге оқу материалдарын ұсыну-дың жаңа тәсілдерін ғана емес, сонымен қатар оқушыларға материалмен өздігінен жұмыс істеуге мүмкіндігін береді. Алдыңғы зерттеулер AR білім беруде көптеген артықшылықтарға ие екенін көрсетті; дегенмен, зерттеу ынтасындағы жайттарға, мысалы, AR-дың оқушылардың өзіндік тиімділігіне және оқу тұжырымдамасының әсеріне назар аударатындар аз. Бұл зерттеу AR технологиясының оқушылардың өзіндік тиімділігі мен физиканы оқу концепциясына әсерін зерттеу үшін AR негізіндегі термодинамиканы оқыту қолданбасы «GeoGebra AR» арқылы әзірленді. Зерттеудің мақсаты толықтырылған шынайылықтың қолдау көрсететін оқыту әрекеттерінің оқушылардың академиялық үлгерімі мен физиканы оқу ынтасына және олардың AR қолданбаларына деген көзқарасына әсерін зерттеу. Зерттеу орта мектеп физикасы курстарындағы «Термодинамика» бөліміне назар аударды және ішкі және сыртқы жарамдылығын бақылау үшін квазиэксперименттік зерттеу әдісі қолданылды. Зерттеуге екі мектептен 375 оқушы қатысты, оларда екі эксперименталды және екі бақылау тобы кездейсоқ түрде тағайындалды. Бірінші эксперименттік топ және бірінші бақылау топтарына алдын ала тестілеу және одан кейін бағалау жүргізілді; ал екінші эксперименттік топ және екінші бақылау топтары тек кейінгі сынақты тапсырды. Тоғыз апталық кезеңде эксперименттік топтар мобильді AR қосымшалары арқылы оқытылды, ал бақылау топтары оқу жоспарындағы жоспарланған әрекеттерді орындады. Деректерді жинау құралдарына «Физикадан үлгерім сынағы» және «Оқушылардың физиканы оқуға деген мотивациясы» шкаласы кірді. Зерттеудің жаңалығы дәстүрлі зертханалық оқыту орталарын толықтырылған шынайылық оқу орталарымен салыстыру және сабақтастыру. Зерттеу нәтижелері AR қолданбаларымен оқыту оқушылардың физиканы оқудағы академиялық жетістіктеріне айтарлықтай әсер еткенін көрсетті. Бұл AR қолданбаларымен оқыту 11-сынып оқушыларының физикадан білімін арттырудың тиімді білім беру тәсілі екенін көрсетеді. Толықтырылған шынайылық зертханалардың оқу тәжірибесін жақсартуға әлеуеті бар инновациялық технологиялар екеніне қарамастан, эксперименттік зерттеулер орта мектептегі физика сабақтарында оқушылардың сыни ойлау қабілеттерін дамытуда дәстүрлі зертханаларға қарағанда толықтырылған шынайылық тиімдірек екенін байқатады.

Кілт сөздер: білім беру, физика, толықтырылған шынайылық, зертханалық тәжірибе, оқу үлгерімі, оқу дағдысы, когнитивті жүктеме, оқытуды ұйымдастыру, оқыту формалары, білім беру үрдісі.

Kipicne

Орта мектепте зертханалық тәжірибелер бірегей оқытуды қамтамасыз ететіні белгілі, бірақ оқытудың нәтижелері өздігінен әрқашан оң әсерін ғана беретініне ешкім кепілдік бере алмайды. Біздің байқағанымыздай, көп жағдайда оқушылар физиканың зертханалық тәжірибелеріндегі әрекеттерді оның теориялық тұжырымнамасымен байланыстыра алмай қиналады. Сәйкесінше, біздің зерттеу ұсынысымыз бойынша тәжірибе кезінде оқушыларға қолдау көрсету мақсатымен тәжірибені визуализациялап, дер кезінде көрсетілуді бақылау басты назарға алынды [1]. Бұдан басқа, зерттеу тәжірибесінің параметрлерін өзгертіп, оқушылар өз мезгілінде тәжірибенің өлшеу үрдісін жүзеге асыруды назарға ала отырып, бақылаудан бастап бастапқы құбылыстарды тыңғылықты зерттеді. Зертхананың өлшеуіш құралдары мен қондырғылары арқылы өлшеу жұмыстары жиілегендіктен, сәйкесінше деректердегі сыни бақылау барысында кідірістер көп орын алады. Сондықтан керекті жиналған деректер визуализациясы физикалық процестерді түсіндіру үшін қажетті тәжірибелік мақсаттарға бейімделуге және тұжырымдаманы дамытуға мүмкіндік береді. Тағы бір айта кететін жағдай, зертханада қолданылатын технологиялық құрылғылардың көпшілігінің жасалынатын тәжірибеге мүлдем қатысы жоқ. Осы оқыту мақсатын орындауға арналған зертханалардың негізгі міндеті оқушыларға кемел білім беру болып

табылады [2]. Бұл мақалада біз орта мектептегі зертханалық жұмыстар арқылы жылу өткізгіштікті анықтау үшін физикалық зерттеу тәжірибесіне тоқталамыз (1-кесте).

1 - к е с т е

Толықтырылған шынайылыққа қатысты негізгі компоненттер мен тұжырымдамалардың түсіндірмесі

№	Қолдану бойынша индикатор	Сипаттамасы
1	Нақты әлемдегі өзара әрекеттесу	AR пайдаланушының физикалық ортасына кескіндер, мәтіндер, бейнелер немесе 3D модельдер сияқты сандық элементтерді қосу арқылы нақты әлемді жақсартады. Бұл өзара әрекеттесу нақты уақытта орын алады және көбінесе смартфондар, планшеттер, AR көзілдіріктері немесе арнайы гарнитуралар сияқты құрылғылар арқылы жүзеге асады.
2	Компьютермен жасалған мазмұн	AR-дағы сандық мазмұн компьютерде жасалған және пайдаланушының айналасына контекстік тұрғыдан сәйкес болуы мүмкін. Бұл мазмұн әдетте физикалық нысандармен немесе өзара әрекеттесетін орындармен сәйкестендіріліп, нақты және виртуалды арасында біркелкі араласады.
3	Маркерге негізделген және маркерсіз AR	Маркерге негізделген AR сандық мазмұнды көрсетуді іске қосу үшін QR кодтары немесе кескінді тану сияқты алдын ала анықталған маркерлерге сүйенеді. Екінші жағынан, маркерсіз AR құрылғының сенсорларын (мысалы, GPS, акселерометр және камера) арнайы маркерлерсіз қоршаған ортаны анықтау және кеңейту үшін пайдаланады.
4	Барлық салалардағы қолданбалар	AR білім, денсаулық сақтау, өндіріс, бөлшек сауда, ойын және т.б. қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолданбаларды табады. Оны білім беру мақсаттары, медициналық модельдеу, техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша нұсқаулық, интерактивті жарнама және иммерсивті ойын тәжірибесі үшін пайдалануға болады.
5	Иммерсивті тәжірибелер	AR пайдаланушыларға қоршаған ортаның физикалық және сандық аспектілерімен өзара әрекеттесуге мүмкіндік беру арқылы иммерсивті тәжірибелерді құруға бағытталған. Бұл интерактивтілік қарапайым ақпаратты қабаттасудан күрделі модельдеу мен ойындарға дейін болуы мүмкін.
6	Кеңістіктік есептеулер	AR жиі кеңістіктік есептеулермен байланысты, мұнда сандық мазмұн кеңістікте хабардар және пайдаланушының орны мен қозғалысына жауап береді. Бұл қатысу сезімін тудырады және табиғи және интуитивті өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді.
7	Тағатын құрылғылар	AR көзілдіріктері немесе смарт дулығалар сияқты киілетін құрылғылар қолсыз AR тәжірибесін қамтамасыз етеді. Бұл құрылғылар пайдаланушыларға экранға қарамай-ақ ақпаратқа қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл сандық мазмұнды олардың көру өрісіне біркелкі біріктіруді ұсынады.
8	Даму платформалары	Әртүрлі әзірлеу платформалары мен бағдарламалық құралдар AR қосымшаларын жасауға мүмкіндік береді. Бұл құралдар көбінесе кескінді тану, 3D модельдеу, қозғалысты бақылау және кеңістіктік картаға түсіру мүмкіндіктерін қамтиды.

Дәстүрлі оқыту бойынша, оқушылар зерттеу үшін қыздырылған металл ядроны қолданып термиялық визуализация камерасы арқылы жылу температурасының өзгеруін бақылайды. Дегенмен, бұл өлшем құрылғысы тәжірибе барысында жылу деректерін дәл емес тек көзбен ғана бақылап, нақты деректер тек тәжірибе аяқталғаннан кейін ғана басқа оқу бөлмесінде талданады. Сонымен қатар, нақты деректер басқа компьютер экраны арқылы көрсетілсе де барлық алынған өлшемдері тәжірибелік жағдайдағы күйге сәйкес болуы шарт [3].

Сонымен қатар, уақытша сабақтастық қағидасы ақпаратты ұзақ уақыт бойы есте сақтау қажеттілігін тудырмау үшін осыған байланысты ақпаратты ұзақ уақыт бойы ұсынуды талап етеді. Демек, біз визуализация құралы ретінде толықтырылған шынайылық технологиясын пайдалана отырып, мазмұнға қатысты ақпараттың біріктірілген пішіміне қол жеткізу үшін өлшеу деректерін виртуалды элементтер ретінде ұсынуды және оларды нақты уақытқа сәйкес физикалық нысандардың жанында орналастыруын қадағаладық. Толықтырылған шынайылықты қолданудың негізгі идеясы сандық технологиялық құрылғылар арқылы виртуалды компоненттерді сәйкесінше нақты әлем ортасына енгізу арқылы оқушылардың оқу материалдарын меңгеруді жақсарту [4]. Біздің зертханалық жағдайда ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбалы компьютерде жасалған графиктер, кестелер, анимациялар, бейнелер және де мәтіндер сияқты үш өлшемді бейнеленген нысандарының әртүрлі түрлерімен дәстүрлі оқу орталарында оқытуды жақсарту үшін толықтырылған шынайылықты қамтамасыз

ететін құрылғылар ретінде пайдаланылды. Ұялы телефонның мөлдір дисплейлерінің арқасында оқушылар деректерді бұрмаламай қабылдайды және виртуалды нысандарды 3D қабаттасуы ретінде бақылады [5]. Зерттеудің нәтижесінде оқушы мен мұғалім арасында көп бағытты өзара әрекеттер орын алды. Саралай келе, біз дәстүрлі оқыту тәсілмен физика пәнінен зертханалық тәжірибенің оқу сценарийіне қосылған толықтырылған шынайылық негізіндегі визуализациялар физикалық тәжірибемен байланысты ғылыми теорияны оқушылардың тұжырымдамалы білімін және сәйкес емес когнитивтік жүктемені шешу үшін қалай байланыстыра алатынын қарастырдық [6]. Бұл процесте біз оқушылардың мультимедиялық мазмұнды когнитивтік дағдыларының өңдеуін, сонымен қатар бір уақытта ұсынылған бейнеленген формаларының білім беру өзектілігін әсерін қарастырдық (2-кесте).

2 - к е с т е

Физиканы оқытуда AR қолданудың кейбір жолдары

№	Қолдану жолдары	Сипаттамасы
1	Физикалық процестерді визуализациялау	AR оқушыларға олардың санасында елестету қиын болуы мүмкін күрделі физикалық процестер мен құбылыстарды елестетуге мүмкіндік береді. Мысалы, олар үш өлшемді кеңістікте атом құрылымдарын, электромагниттік өрістерді немесе толқындық құбылыстарды бақылай алады
2	Интерактивті эксперименттер	AR оқушылар виртуалды кеңістікте физика эксперименттерін жүргізе алатын виртуалды зертханаларды құру үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл нақты әлемде қымбат немесе қиын болуы мүмкін ресурстарға қауіпсіздік пен қол жеткізуді қамтамасыз етеді
3	Физикалық заңдарды оқыту	Интерактивті AR модельдері оқушыларға Ньютон заңдары немесе термодинамика заңдары сияқты физикалық заңдарды жақсырақ түсінуге көмектеседі. Олар үлгілермен әрекеттесе алады және нәтижелерге әсерін көру үшін параметрлерді өзгерте алады
4	Қосымша оқу материалдары	Оқулықтар мен плакаттар сияқты оқу материалдарын AR арқылы интерактивті элементтермен жақсартуға болады. Оқушылар суреттерді сканерлеп, физика ұғымдарын қамтитын қосымша ақпаратты, анимацияларды немесе бейнелерді ала алады
5	Нақты уақыттағы жаттығулар	AR нақты уақыттағы оқытуды қолдай алады, мысалы, оқушыларға AR қолдайтын құрылғыларды пайдаланып, нақты уақытта болып жатқан физикалық жүйелердегі немесе процестердегі өзгерістерді байқауға мүмкіндік беру арқылы
6	Виртуалды турлар мен экспедициялар	Оқушылар әртүрлі орталардағы физикалық құбылыстарды зерттеу үшін виртуалды турларға немесе экспедицияларға бара алады. Мысалы, физиканы нөлдік гравитацияда немесе басқа планеталарда оқу
7	Жеке үлгілерді жасау	Оқушылар AR құралдарын физикалық нысандардың немесе құбылыстардың өздерінің виртуалды үлгілерін жасау үшін пайдалана алады, бұл тереңірек оқытуға ықпал етеді
8	Жарыстар мен сынақтар	AR оқушылар физикалық жұмбақтарды шешетін немесе виртуалды жарыстарға қатысатын интерактивті жарыстар мен тапсырмаларды құру арқылы оқытуға қосылуы мүмкін

Физиканы оқытуда AR қолдану шығармашылық, визуализация және оқушылардың оқу процесіне тереңірек қатысуына мүмкіндіктер жасайды. Сондай-ақ мұндай әдістер есептер шығару дағдыларын дамытуға және теориялық білімді практикада қолдануға ықпал ете алады.

Соңғы жылдары білім беру үрдісінде толықтырылған шынайылық технологиясының ғылыми зерттеу және әзірлеу бастамалары тез арада өсуде. Осы салада жүргізілген зерттеулер негізінен әртүрлі оқыту және білім беру параметрлеріндегі нақты және виртуалды элементтердің үйлесуі нәтижесінде туындайтын мүмкіндіктер мен қиындықтарды қарастырды [7]. Толықтырылған шынайылықты білім беру барысында қолданған кезде қол жеткізуге мүмкін келесі мақсаттар айқындалды:

- а) кеңістік пен уақыт ұғымдарын бейнелеу;
- ә) нақты және виртуалды объектілер арасындағы контекстік қатынастарды талдау;
- б) интуитивті өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету;
- в) 3D форматында визуализациялау және өзара әрекеттесу;
- г) өзара ынтымақтастықты жеңілдету.

Қазіргі кезде толықтырылған шынайылық технологиясының қабылдануының, пайдаланудың және қолжетімділігінің біртіндеп артуына байланысты бұл әрекетке бағытталған мақсаттар қазірдің өзінде көпшілікке қол жетімді.

Төрт шабангер деп аталатын төрт алпауыт компанияның, яғни Әпл, Гугл, Майкрософт, Мета (бұрынғы Фейсбук) компанияларының барлығында VR/AR дулығаларын шығарады және өз қызметкерлерін осы дулығаларды шығаруға қолданады (3-кесте).

3 - кесте

Физиканы оқытуда AR қолдануда алпауыт компаниялардан ұсынылған дулығалар тізімі

№	Компания атауы	Ағылшынша жазбаша түрі	Дулығаның аты	Шығарылған жылы	Бағасы (АҚШ доллары)
1	Әпл	Apple	Vision Pro	2024	3499
2	Гугл	Google	Google Glass	2013	1500
3	Майкрософт	Microsoft	MetaLens	2019	3500
4	Мета (Фейсбук)	Meta (Facebook)	Meta Quest	2015	499

Біз орта мектепте білім беру орындарында арнайы толықтырылған шынайылық енгізулеріне қатысты зерттеулерді қарастырдық және орта мектепте толықтырылған шынайылық артықшылықтары мен қиындықтарын зерттедік. Оқыту өнімділігі мен ынтаның жоғарылауы басқа зерттеулерге сәйкес келетін ең көп таралған нәтижелер ретінде аталды. Оқытудағы жетістіктерге қатысты зерттеулер арасындағы айтарлықтай өзгермелілікке назар аударылды. Толықтырылған шынайылық физика пәнінен білім беруге және оның оқыту әдістеріне, сондай-ақ толықтырылған шынайылық енгізілген әдістеріне аса назар аударылды [8]. Осылайша толықтырылған шынайылықтың физиканы оқытуда кеңінен қолданылуға болатынын атап өтуге болады. Дегенмен, олар нақты зертханалық жағдайларда сұрау әрекеттерін зерттейтін екі зерттеуді ғана хабарлады. Біріншісінде, тәжірибені орнату және өткізу жолын түсіндіретін қосымша виртуалды мазмұнмен дәстүрлі қағаз бен қалам негізіндегі зертханалық нұсқаулықтарды толықтыру үшін мобильді толықтырылған шынайылық қолданбасы енгізілді [9]. Нәтижесінде толықтырылған шынайылық нұсқаулығын пайдаланған оқушылар дәстүрлі жолды таңдаған оқушыларға қарағанда қорытынды тестен жоғары ұпайлар жинады (3-кесте). Екіншісінде динамикалық жүйелер концепциясын зерттеуге арналған дәстүрлі зертханалық моторлы сынақ алаңы жетілдірілді. Қатысушы оқушылар мобильді құрылғыны сынақ алаңына бағыттап, қосымша визуализацияларды ала алды. Сонымен қатар мобильді құрылғы арқылы сынақ құрылғысымен манипуляциялау әрекеттерін басқара алды. Алдын ала жүргізілген зертханалық тәжірибеге дайындық шаралары осы жақсартылған ортаны пайдаланатын оқушылар оқуда айтарлықтай жетістіктер көрсетті, алайда осы нақты тәжірибе үшін дәстүрлі жұмыс процесімен салыстыру болған жоқ [10].

Біз толықтырылған шынайылық жүйелері оқу процестерін ынталандыру және когнитивті жүктемені басқару үшін уақыт пен кеңістіктің сабақтастық қағидаларына сәйкес виртуалды және нақты объектілерді біріктіруіне мүмкіндік беретінін дәлелдедік. Сонымен қатар, когнитивті жүктемені шешу үшін толықтырылған шынайылықтың жалпы әлеуетін болжадық. Дегенмен, осы зерттеуге сәйкес әлі де нақты эмпирикалық дәлелдер жетіспейді. Осы зерттеу бұл аспектіні егжей-тегжейлі зерттеді, бірақ алынған біртекті нәтижелерді талдауға уақыт жетіспеді. Біз барынша зертханалық тәжірибеде оқушылардың негізгі электр тізбектері бойынша үйрену әрекеттерін зерттедік. Олар сәйкес электрлік компоненттердің жанында өлшеу деректерін ұсынатын толықтырылған шынайылық негізіндегі біріктірілген пішімді дәстүрлі біріктірілмеген пішіммен салыстырды [11]. Екі жағдайда салыстырмалы когнитивтік жүктемені алдық, бірақ тек толықтырылған шынайылық жағдайы ғана оқытудың айтарлықтай жетістіктерін көрсетті. Толықтырылған шынайылық жүйелерімен жұмыс істеудің күрделілігі әлі де негізгі шектеуші фактор болып табылады. Когнитивті жүктеме теориясы оқытуға жаңа ақпаратты өңдеу үшін оқушылардың жұмыс жадысына ресурстар қажет екенін айтады. Дегенмен, жұмыс жады бір уақытта өңделетін ақпарат көлеміне, сондай-ақ ақпаратты сақтауға болатын уақытқа қатысты оның сыйымдылығымен шектелген деп есептеледі. Бұл шектеулерден асып кету когнитивті шамадан тыс жүктеме жағдайларына әкеледі. Оқу тапсырмасын орындау үшін қажетті психикалық ресурстардың көлемін когнитивтік жүктемелерді ішкі, сыртқы және қазақша когнитивті жүктемелер деп үш категорияға бөлуге болады [12]. Ішкі танымдық жүктеме оқу тапсырмасының өзіне тән күрделілігін өңдеуге арналған барлық психикалық күш-жігерді білдіреді. Бұл оқу тапсырмасының ішкі құрылымына және оқушылардың тапсырмаға қатысты алдыңғы білімдеріне байланысты. Алдыңғы білім деңгейінің жоғары болуы оқушылардың бұрынғы әзірленген құрылымдарды жаңа ақпаратқа қолдана алатынын білдіреді, нәтижесінде когнитивтік жүктеме төмендейді. Сыртқы когнитивтік жүктеме оқу материалын беру тәсілін өңдеу үшін қажет ақыл-ой күш-жігерін білдіреді. Сондықтан ол негізгі оқытудың бөлігі емес. Жалпы

когнитивтік жүктеме жаңа білім құрылымдарын құру үшін ақпаратты негізгі өңдеуге жатады. Соңғы жылдары ол ішкі когнитивтік жүктеме және сыртқы когнитивтік жүктеме бойынша қайта бөлу функциясына ие және сондықтан жүктеменің тәуелсіз түрі болмайды деп болжанады. Дегенмен, жүктеме жеке оқу үрдістерінің көрсеткіші болып табылады. Бұл когнитивтік жүктемені екі факторлы ішкі когнитивтік жүктеме және сыртқы когнитивтік жүктеме үлгісіне қарай қайта жіктеуге әкеледі [13].

Зейіннің бөліну әсері оқушылар қосымша психикалық интеграциялық процестерді орындауы қажет болғанда пайда болады, өйткені байланысты артық емес оқыту компоненттері кеңістікте немесе уақытта бөлінеді. Демек, олар біртұтас психикалық модель құру үшін өз назарын жеке құрамдас бөліктерге бөлуі керек. Бұл сыртқы когнитивтік жүктемені арттырады және маңызды оқу үрдістері үшін енді қолжетімсіз болатын психикалық ресурстарды тұтынады. Мультимедиялық оқытудың когнитивті теориясы сонымен қатар осы сияқты шектеулі жұмыс жадысы бар оқушылардың когнитивті архитектурасын сипаттайды [14]. Одан әрі оқыту жұмыс жады екі бөлек арнада дауыстандырылған және көрнекі бейнелік ақпаратты өңдейді деп болжайды. Бұл екі арнаның мүмкіндігі шектеулі болғандықтан, оқыту нұсқауын маңызды оқыту үшін қол жетімді психикалық ресурстардың көлемін барынша арттыру мақсатында екеуін де қамтуы керек. Зерттеуге сәйкес, мультимедиялық нұсқаулар визуалды және есту ақпаратынан тұрады және керексіз өңдеуді азайтуға, маңызды өңдеуді басқаруға және өңдеуді ынталандыруға бағытталған. Мультимедиялық оқыту нұсқауларын белсенді өңдеу және үйлесімді психикалық бейнені құру үшін маңызды болып табылатын оқушылардың жұмыс жадысында орын алатын іріктеу, ұйымдастыру және біріктіру деп аталатын үш негізгі процесс бар [15]. Мультимедиялық оқыту контекстінде керексіз өңдеуді азайту және когнитивті шамадан тыс жүктеме жағдайларын болдырмау үшін бес оқыту әдістемесін қарастырдық. Осы зерттеуде біз зейіннің бөліну әсерін болдырмау арқылы керексіз когнитивтік жүктемені шешетін кеңістік пен уақыттың сабақтастық принциптеріне назар аударамыз. Кеңістіктік бөлуді шешу үшін тиісті ақпарат көздері арасындағы физикалық қашықтықты оларды жергілікті жақын жерде көрсету арқылы азайту керек. Әйтпесе, көрсетілім пішімі ішкі өңдеуге ықпал етпейтін, бірақ сыртқы когнитивтік жүктемені арттыратын визуалды іздеу процестерін тудырады [16]. Оның уақытша бөлінуі, яғни сәйкес ақпаратты қабылдау арасындағы уақытты қысқарту, маңызды интеграция процесі басталғанға дейін оқу компоненттерін психикалық көрініс ретінде сақтау арқылы тұтынылатын ресурстарды азайтады. Кеңістік пен уақыттың сабақтастықты үйренуге оң әсер ететін эмпирикалық дәлелдер зерттеу нәтижесі ретінде жинақталған. Бұл тұжырымдар біздің мультимедиялық нұсқаулық сценарийлерінде біріктірілген пішімдердің әсерін нақтылайды. Сан алуан сыртқы көріністер түсінігі графиктер, өрнектер, суреттер, диаграммалар сияқты белгілі бір ғылыми ұғымды білдіретін, көрсететін, бейнелейтін және хабарлайтын көптеген әртүрлі нысандарды білдіреді. Ғылыми оқудағы сан алуан сыртқы көріністердің маңызды рөлі жалпы физика пәні үшін және атап айтқанда физикалық зертханалар үшін әлі де болса жақсы зерттелінбеген. Олар физикалық тұжырымдамаларды түсінуде үлкен маңызға ие және физикалық құбылыстарды тереңірек түсінудің қажетті шарты ретінде талқыланды. Ол күрделі оқу үрдісі кезінде сан алуан сыртқы көріністер құрылымы мен қызметін сипаттауды қамтамасыз етті. Бернелер (функциялар) мен тапсырмалар таксономиясына сүйене отырып, сан алуан сыртқы көріністер оқу кезінде бір уақытта қолданылуы керек сыртқы көріністердің кез келген комбинациясын қамтиды. Бұл мультимедиялық мазмұнның жалпы идеяларын қамтиды, яғни мәтіндер мен суреттерді біріктіреді [17]. Біз оны таксономияның бір бөлігі ретінде қолдану үшін сан алуан сыртқы көріністер функцияларын ұсындық. AR негізіндегі оқыту ортасы жаңадан пайда болған идея болғанымен, оның көптеген ерекшеліктері білім берудің классикалық принциптері мен оқытудың психологиялық теорияларында терең тамыр жайған. Мысалы, классикалық бихевиоризм оқытуды ынталандыру-жауап байланыстыратын формула деп санайды, онда ынталандырулар аяқталған және ішкі меңгерілген оқытуға жауап береді. AR виртуалды оқыту ортасында оқушы алдымен қоршаған ортамен өзара әрекеттеседі, тез кері байланыс алады, содан кейін кері байланыс негізінде өзінің келесі қадамдарын шешеді, сондықтан әсер етуші ынталандырулар мен жауап арасында байланыс орнатады; AR виртуалды оқу ортасы құрастыруға арналған бай құралдар жинақтарын, орындау орындарының көптігін қамтиды және оқушының өзін-өзі бақылауына жақсырақ мән береді. Бұл Пиаженің «зертхананы сыныпқа жылжыту» көзқарасы мен тәжірибесіне сәйкес келеді және сонымен қатар Джонассеннің «Оқу — бұл оқу нақты әлемдік тәжірибе» конструктивті оқыту теориясы [18]. Сондықтан AR-ның классикалық білім беру салаларында және оны қолдануда жақсы орналасқан. Гарсон мен Акаведо оқушылардың өзіндік тиімділігі мен оқу концепциясына қатысты соңғы және өзекті зерттеулер білім беруде AR технологиясын қолдану білім беру тиімділігін айтарлықтай арттыра алатынын көрсетеді деп мәлімдеді. AR технологиясы сонымен қатар микроскопиялық әлемді елестете алады, Цайдың

тұжырымдауы бойынша: «Осылайша оқушылар әртүрлі заттардың құрамын жанды бақылай алады» [19], яғни ол тіпті оқушыларға нақты тарихи ақпаратты тиімдірек есте сақтауға көмектеседі деді. Визуализацияның артықшылықтарына сүйене отырып, AR жалпы академиялық тәжірибеде және оқытудың өзгертілген үлгілерінде де күшті. Мысалы, «AR технологиясы оқушылардың оқу мотивациясын, академиялық үлгерімін, зерттеу қабілетін арттырады және тұжырымдамалық қателерді болдырмауға көмектеседі» деп Янг Чианг және Хван өз еңбектерінде көрсетті. Құрбыларының өзара әрекеттестігі тұрғысынан AR технологиясы оқушылардың бірлескен ізденіс оқуын қолдайды және оқушыларға сұрау процесіне тереңірек енуге мүмкіндік беретінін Ван Дух анықтады [20]. AR білім беру технологиясындағы қуатты және дамып келе жатқан құрал екенін дәлелдеді, инерция және технология интеграциясы ретінде есептелетін барлық пәндердің сыныптары болып табылатын нәрсеге қарсы тұруда революциялық болуы мүмкін. Физика біліміндегі AR, атап айтқанда, ізашарлары жоқ емес, өйткені көптеген ғалымдар жалпы AR пайда болғаннан бері оның әсерін Ечевериа зерттеді. Бастапқыда — олар эксперименталды топты планшетте жұмыс істейтін AR ойынымен және стандартты компьютерлерде жұмыс істейтін «бірнеше тышқанды компьютерлік ойыны» бар бақылау тобымен қосымша «басқа орнатылған» дисплейлермен салыстырды. Нәтижелер екі технологияның да оқу өнімділігіне айтарлықтай әсер еткенін көрсетті, бірақ меңгеру бойынша топтар арасында статистикалық маңызды айырмашылық жоқ. Ал Ибанез бен Вилариан 64 орта мектеп оқушыларымен мобильді AR қолданбасы немесе ұқсас веб-бағдарлама физика білімін меңгеруді қолдауда тиімдірек екенін тексеру үшін сыныпта эксперимент жүргізді [21]. Нәтижелер AR тобындағы оқушылар ағын тәжірибесінің жоғары деңгейлерін қабылдағанын және сонымен қатар айтарлықтай көбірек білім алғанын көрсетті. Ақчайр мен Пектас бакалавриат деңгейіндегі оқушылардың физикалық зертханалық дағдыларында AR қолданудың әсерін зерттеді және нәтиже AR технологиясы бакалавриат оқушыларының физиканың зертханалық дағдыларының дамуын айтарлықтай жақсартатынын көрсетті [22]. Жақында Фидан мен Тунсел AR интеграцияланған проблемалық оқыту оқушылардың оқу жетістіктерін арттыратынын және физика пәніне деген оң көзқарастарын арттыратынын анықтады, бұл оқушылардың физика материалдарын ұзақ уақыт есте сақтауына ықпал етті. Бұл орта және жоғары мектептердегі негізгі сынып ретінде физиканың осы салада назар аударып, AR негізіндегі физиканың қасиеттері туралы әдебиеттер құрастырылып жатқанын көрсетеді. Динтер мен Дочи зерттеуі оқушыларға практикалық тәжірибені қамтамасыз ететін позитивті бағдарланған оқу тәжірибесі өзін-өзі тиімді сезінуге әкелетінін көрсетеді [23]. Лию аз жүретін жолды таңдады және AR интеграцияланған теңізді үйренудің инновациялық бағдарламасын жасады және AR технологиясы оқушылардың оқу сенімін арттыра алады, сондықтан физиканы оқытудың өзіндік тиімділігіне кейбір әсер етуі мүмкін деген қорытындыға келді деп жариялады [24]. Цай мен Лию оның әсерін тексеру үшін планшет негізіндегі AR көмегімен ықтималдық және статистикалық сабақтар сериясын құрастыру және енгізу арқылы өзіндік тиімділіктің басқа қырын зерттеді. Олар мұны әр түрлі деңгейдегі өзіндік тиімділігі бар орта мектеп оқушыларының оқу тұжырымдамалары мен тәсілдерін салыстыру арқылы жасады және олар өзін-өзі тиімділігі жоғары оқушылар жоғары деңгейдегі тұжырымдамаларға көбірек көңіл бөлетінін және оқу кезінде неғұрлым озық стратегияларды қолданатынын анықтады [25]. AR-шабытталған сыныптағы ықтималдық пен статистика. AR негізіндегі физиканың өзіндік тиімділігіне қатысты көптеген зерттеулер жүргізілмесе де, AR және өзіндік тиімділік бағыт ретінде сараптамаларды бастады. Отандық ғалымдардан Арымбеков пен Мұратқызы ғана AR қолданып, мектептегі оқушылардың үлгерімі туралы зерттеулер жүргізді [26].

Зерттеу әдістері мен материалдары

Физика пәнінің зертханалық тәжірибесіндегі дәстүрлі тобының баптауын бақылау мен тәжірибе үрдісін толықтырылған шынайылық көмегімен бейімделумен салыстыру үшін тәжірибенің алдын ала алынған тестер мен одан кейінгі сынақ бақылау тестерін сараптадық. Оқытудың сыни зерттеуі 2022 жылдың екінші тоқсанынан 2023 жылдың үшінші тоқсанына дейінгі деректер жинаудың екі семестрінде орта мектепте өтті. Зерттеуге физика пәнін оқитын 10-сынып оқушылары қатысты. Олар зертханалық тәжірибе басталғанға дейін дәстүрлі және сынақ тобы деп екі топқа кездейсоқ тағайындалды. Барлық оқушылар зерттеу тәжірибесі алдында бірдей физика сабақтарына қатысқан (1-сурет).



1-сурет. Дәстүрлі әдістемемен зерттеу және де толықтырылған шынайылық қоданбасымен арқылы зерттеу схемасы

Тәжірибе орта мектептің 10-сынып оқушыларына арналған физикадан зертханалық жұмыс орта мектептің физика кабинетінде өтті. Сабақ термодинамика сияқты есептеуге негізделген тәжірибелік физика сабағының тақырыптарын үйретуге бағытталған. Он екі оқушыдан тұратын топтар төрт апта ішінде әр тәжірибеге елу минуттан қатысу барысында екі түрлі тәжірибе жүргізіп, талдады. Оқушылар алдын ала мәтінге негізделген зертханалық нұсқаулықты алды, онда теориялық мәліметтер, тәжірибелік қондырғының қысқаша сипаттамасы, тәжірибелік тапсырмалар және әрбір тәжірибе үшін деректерді талдауға арналған тапсырмалар берілген. Зерттеуде физика пәнінің барлық тәжірибелері жалпы үш кезеңнен тұрады. Біріншіден, оқушылар тәжірибені алдын ала өз бетінше дайындайды. Екіншіден, олар сабаққа қатысу уақытында зертханада тәжірибе тапсырмалар жинағын орындайды. Қажетті зертханалық құралдарды және схемалық иллюстрациялары бар мәтіндік нұсқаулықты қолдана отырып, оқушылар құрылғыларды орнатады және өлшеу процесін жүргізеді. Үшіншіден, олар бір топтың құрамында тәжірибелік кезеңнен кейін өз деректеріне тереңірек талдау жасайды. Біздің араласуымыз екінші кезеңнен бастап орын алады және барлық зерттеу айнымалыларын өткізу кезеңіне дейін және одан кейін көп ұзамай жиналды, өйткені бірінші және үшінші кезең бақылаусыз болады. Екінші суретте әрбір қатысушы үшін дәстүрлі түрдегі зертханалық физика сабағының оқу барысы суретте түрінде берілген (2-сурет).



2-сурет. Толықтырылған шынайылық қолданбасы оқушыларға таныстырылуда

Осылайша, сынау шарттары әр топқа тән өлшеу құрылғыларының жазбаша сипаттамаларында ғана ерекшеленді, яғни дәстүрлі топ үшін қол камерасын қолданды. Ал зерттеу тобы үшін толықтырылған шынайылық қамтамасыз ететін ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасымен біріктірілген стационарлық камера және толықтырылған шынайылық жабдығын өңдеу бойынша қысқаша жаттығу өткізілді (3-сурет). Жаттығу ретінде біз құрылғыны өндірушісі ұсынған стандартты калибрлеу процедурасын қолдандық, оның зертханалық тапсырмалардың мазмұнымен ешқандай байланысы жоқ. Қажет болса жағдайда, жаттығуды қайталауға болады және жаттығу шамамен бес минутты алады. Сонымен қатар, барлық оқушыларға жетекшілік ететін мұғалімдерден көмек сұрауға рұқсат етілді. Зерттелетін тәжірибе барысында оқушылар металдағы жылу өткізгіштігін зерттеді. Оқушыларға қойылған негізгі міндет алюминий мен мыс масақтарының сәйкесінше оқшауланған жағдайда және оқшауланбаған жағдайда жылу өткізгіштігін анықтау болып табылады. Оқушыларға таратылған барлық төрт шыбықтар бір жағында қыздыру қондырғысымен, ал екінші жағында салқындатқыш желдеткішпен бекітілген.



3-сурет. Толықтырылған шынайылық қолданбасымен сынау барысы

Сабаққа қатысу уақытында оқушылар тәжірибені орнатып, әрбір қыздырылған таяқша бойындағы температураны дәйекті түрде зерттеді. Бір-екі минут қыздырудан кейін шыбық бойымен тұрақты температураның таралуына қол жеткізілді. Оны кейіннен меншікті жылу өткізгіштігін сипаттайтын шамаларды есептеу үшін талдауға болады. Өлшеу деректерін алу үшін оқушыларға белгілі бір уақытта инфракызыл камераның көмегімен әр таяқша бойындағы температураның таралуын өлшеу тапсырылды. Өлшеудің оңтайлы уақытын тәжірибе барысында оқушылардың өздері анықтауға тура келді. Қосымша материал ретінде тәжірибелік жабдықтың егжей-тегжейлі сипаттамасы бар толықтырылған шынайылық қолданбасының жаңа нұсқасының бейнесі берілген ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасы арқылы қарауға рұқсат берілді.

Тәжірибенің дәстүрлі жұмыс барысында оқушылар тікелей алдын ала қарау ретінде өзекшенің жалған түсті кескінін көрсететін қолмен термобейнелеу камерасымен металл шыбықты бақылады. Оқушылар өздерінің қалаған уақытында температураның таралуының қозғалыссыз суреттерін түсірді. Кейін олар суреттегі температура деректерін сызықтық графикке түрлендірді. Сондай-ақ, дәстүрлі топ өзекшедегі температураның таралуын қолайлы уақытта өлшеу керек болды. Бұл жағдайда тепловизор камерасы штативке стационарлық күйде орнатылды. Нұсқау орнына толықтырылған шынайылық қолданбасын пайдалана отырып, деректерді нақты уақытта камерадан сымсыз қабылдады. Деректерді бір уақытта сандық мәндер, жалған түсті кескін және сызықтық график ретінде көрсетуге болады. Барлық осы бейнелер оптикалық маркерді тану арқылы нақты металл шыбықтарға іс жүзінде бекітілген. Сызықтық графикті және сандық мәндерді қосуға немесе өшіруге рұқсат етілмеген.

Өлшеу уақытын анықтау үшін оқушылар кез келген немесе барлық көріністерді бақылай алады. Ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасы ұсынған стандартталған қимылдар мен қарау нүктесінің бағыты арқылы басқарылды. Дербес мобильді есептеуіш құрылғы ретінде зерттеу барысында қосымша қуат көзі қажет болмады. Бұл оқушылардың нақты тәжірибелік жабдықпен өзара әрекеттесуіне мүмкіндік берді. Телефондағы бағдарламалық жасақтама қолданбасы Unity3D бағдарламасы мен маркерді тану үшін Vuforia бағдарламасын пайдаланып әзірленген. Сонымен қатар, зерттеу тобының әрбір мүшесі өзінің жеке бақылау құрылғысымен жабдықталған. Екі құрылғы да визуализация үшін бірдей деректер ағынымен қамтамасыз етілді, сондықтан оқушылар ортақ сеанста ешқандай сәйкессіздіктерсіз температураның таралуын бақылап, талқылай алды. Зерттеуден кейін оқушылардың алған тұжырымдама білімдерін тексердік (4-сурет).



4-сурет. Толықтырылған шынайылық дулығасын оқушылар физика пәнінде қолдануы

Біз әзірлеген жылу және температура тұжырымдамасының тестері орта мектеп оқушыларының термодинамика туралы тұжырымдамалық түсінігін зерттеу үшін алдын ала және тәжірибеден кейінгі сынақтар кезінде тест ретінде пайдаланылды. Тәжірибені дұрыс жүргізу және талдау үшін оқушылар қыздыру және салқындату процестерін, сонымен қатар өлшенетін шама ретінде температураның рөлін және оның жылу мен энергияға қатынасын білуі керек. Тиісінше, сынақ жылу және температура, салқындату жылдамдығы, жылу беру жылдамдығы, меншікті жылу сыйымдылығы сияқты әртүрлі нақты ұғымдарды қамтиды. Демек, осы зерттеуде қолданылған бес шкаланың әрқайсысы жалпы қыздырылған денелердің немесе материалдардың ерекше тапсырмаға қатысты аспектісіне және олардың уақыт бойынша сипаттамасына бағытталған. Біз нақты жылу сыйымдылығын зерттейтін мысал элементін көрсетеміз. Оқушылардың когнитивті жүктемесі кейінгі тестілеу кезінде когнитивті жүктеме шкаласының бейімделген нұсқасы арқылы өлшенді. Бұл сыни тұрғыдан бағалау шкаласы тәжірибе жүргізу кезеңінде оқушылардың ішкі, сыртқы өңдеуін салыстыруға қабілетті болып саналады. Демек, біз ішкі когнитивтік жүктеме, сыртқы когнитивтік жүктеме өлшемдеріне сілтеме жасай отырып, когнитивтік жүктеменің факторлы интерпретациясын ұстандық. Оны әрі қарай басқа нұсқау сценарийлеріне қолдануға болады. Біз шкаланы қазақ тіліне аударып, бастапқы элементтердің құрылымына сәйкес физика пәнінің зертханалық құрылғысының контекстін он балдық шкаласы ретінде бейімдедік. Зертханалық жұмыстың қосымша аспектілерін қамту үшін тәжірибелік қондырғымен өлшеу процестерін жүргізілді. Қолдану аяқталғаннан кейін бейімделген құралдың ішкі құрылымын ашу үшін эксплоративті факторлық талдау жүргізілді. Оны зерттеу нәтижелерімен салыстыруға болады. Атап айтқанда, осы өлшем үшін барабар дерлік тамаша сенімділікке қол жеткізілді. Технологиялық жүйені өңдеу мен пайдалылыққа қатысты мәлімдемеден тұратын жүйенің ыңғайлылығы әзірленген шкаласы арқылы пайдалану мүмкіндігі зерттелді. Оқушылар осы мәлімдемелерді он балдық шкаласы бойынша бағалауы керек болды. Біз тәжірибеде сәйкес бағдарламалық құрал қолданбасы және тәжірибелік жабдық арасындағы өзара әрекеттесуді бақыладық. Біз сондай-ақ жинақталған тармақ ұпайларын бірден онға дейін мән диапазонына әкелетін стандартталған балл қою әдісін сипаттадық. Барлық сауалнамалар қағазға бастырылып оқушыларға таратылды және негізіндегі қағаз парағы сауалнама ретінде ұсынылды (4-кесте).

4 - кесте

Толықтырылған шынайылықтың оқушылардың оқу дағдыларына әсерлерін өлшеу

№	Айнымалылар	Дәстүрлі әдістеме нәтижесі (μ)	Толықтырылған шынайылық қолданған нәтижесі (μ)
1	Когнитивті жүктеме теориясы	0.01505	0.0002527
2	Тұжырымдама білім тексеру	0.04955	0.0002823
3	Ішкі когнитивтік жүктеме	0.0306	0.000259
4	Сыртқы когнитивтік жүктеме	0.01662	0.0002793
5	Сан алуан сыртқы көріністер	0.05403	0.0003086
6	Жүйенің қолайлылығы	0.03625	0.00030765
Ұпайлардың жалпы саны		0.03625	0.00030765

Нәтижелер мен талқылау

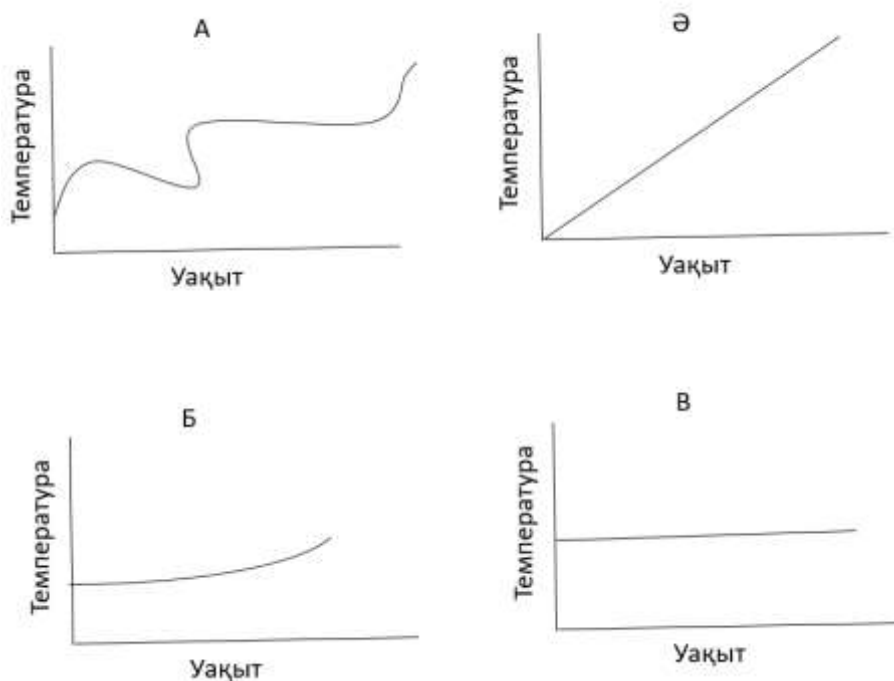
Бірінші кестеде көрсетілген құралдар мен стандартты ауытқуларға негізделі отырып, келесі бөлімдер тұжырымдамалық білімге, өздігінен есептелген когнитивтік жүктемеге және жүйенің қолайлылығына қатысты талдаулар сипатталды. Екінші кестеде интервенцияға дейін және одан кейінгі тұжырымдамалыны білім сынағы ұпайларының салыстырмалы топқа тәуелді құралдары мен стандартты ауытқуларға көрсеткіштері көрсетілген. Алдын ала және кейінгі тестілеу нәтижелері арасындағы қарапайым топ ішілік салыстыру тұжырымдамалық білімнің айтарлықтай артқанын көрсетті, бірақ бұл айнымалы мәнде айтарлықтай айырмашылық бар. Дегенмен, тәуелсіз үлгілер сынағы арқылы анықталған алдын ала тестілеу кезінде екі топ өздерінің тұжырымдамалық білімдерінде айтарлықтай айырмашылықты көрсетті. Бұл мәселені қарастыру үшін біз пәнаралық фактор ретінде топ және ковариат ретінде алдын ала тестілеу ұпайларымен кейінгі тесттің құралдары үшін ковариантты талдауды статистикалық саралау жүргізу арқылы ережелерді ұсындық. Алдын ала және кейінгі тестілеу ұпайлары арасындағы корреляция маңызды, бірақ статистикалық саралау тесттен кейінгі ұпайлардың топ арасындағы маңызды әсерін көрсетті. Қолдану алдында статистикалық саралау жүргізуге арналған болжамдардың орындалғаны, үлгілердің тәуелсіздігі, қалдықтардың қалыпты таралуы және қалдық дисперсияларының біртектілігі тексерілді. Жүктеменің әрбір түрі үшін маңызды топтық айырмашылықтарды анықтау үшін әрбір ішкі шкалаға тәуелсіз үлгілер сынағы қолданылды. Ішкі когнитивтік жүктеме бойынша оқушыларда айтарлықтай айырмашылықтар байқалды. Дегенмен, толықтырылған шынайылық жағдайы үшін айтарлықтай оқушыларда жоғарғы сыртқы когнитивтік жүктеме байқалды. Екінші кестеде балл қою процедурасына сәйкес қолайлылық шкаласы бойынша топқа тәуелді ұпайлар көрсетілген. Тәуелсіз үлгілер тесті екі топ арасындағы айырмашылықтың маңыздылығын анықтады. Уақытша сабақтастығына байланысты сан алуан сыртқы көріністер өңдеудің өзіне тән күрделілігі әлі қарастырылмады. Бұдан басқа, сан алуан сыртқы көріністер контекстік қабаттасуын артықшылық принциптерінен ажырату керек болды. Мультимедиялық зерттеулер көбінесе 2D визуализацияларына назар аударады, неғұрлым күрделі бейнелеу формаларын және жоғарырақ ретті визуалды дисплейлерді елемейді. Біздің нәтижелерімізден бұрынғы алынған нәтижелерді 3D мазмұнына жалпылауға болатыны анық. Мультимедиялық оқу материалдары ретінде 3D визуализациясының сипаттамалары қосымша зерттеулерді қажет етеді. Сонымен қатар, теориялық болжамдар жалпы нәтижеге емес, оқу процесінің егжей-тегжейлеріне көбірек назар аударуы керек. Әсіресе, ғылыми зертханалық тәжірибелер сияқты көп деңгейлі оқыту үдерісі жағдайында теорияға негізделген жобалау үрдісін неғұрлым егжей-тегжейлі пайдалану оқу өзгерістерінің әсерін дәлірек болжауға көмектеседі (5-кесте).

5 - кесте

Зерттеуден кейінгі сауалнама сұрақтарының нәтижесі

№	Сауалнама сұрағы	Дәстүрлі тобының нәтижесі	AR топтың нәтижесі
1	Зертханалық тәжірибеде қарастырылған тақырып өте күрделі болды	5	9
2	Зертханалық тәжірибеде қарастырылған тәжірибелік әрекеттер өте күрделі деп саналатын формулаларды қамтыды	3	8
3	Зертханалық тәжірибеде қарастырылған әрекеттер өте күрделі деп қабылдаған ұғымдар мен анықтамаларды қамтыды	4	9
4	Зертханалық тәжірибе барысында нұсқаулықтар мен түсініктемелер түсініксіздеу болды	5	9
5	Зертханалық тәжірибеде нұсқаулықтар мен түсініктемелер оқу тұрғысынан тиімсіз болды	6	9
6	Зертханалық тәжірибеде нұсқаулықтар мен түсініктемелер түсініксіз тілде жазылған болып шықты	5	7
7	Зертханалық тәжірибе менің өтілген тақырыпты түсінуімді шынымен жақсартты	4	9
8	Зертханалық тәжірибе менің статистика туралы білімім мен түсінігімді шыңдады	3	8
9	Зертханалық тәжірибедегі әрекет менің қарастырылған формулалар туралы түсінігімді шынымен жақсартты	3	9
10	Зертханалық тәжірибедегі іс-шара менің ұғымдар мен анықтамалар туралы түсінігімді шын мәнінде жақсартты	5	9
	Жалпы ұпай саны	43	86

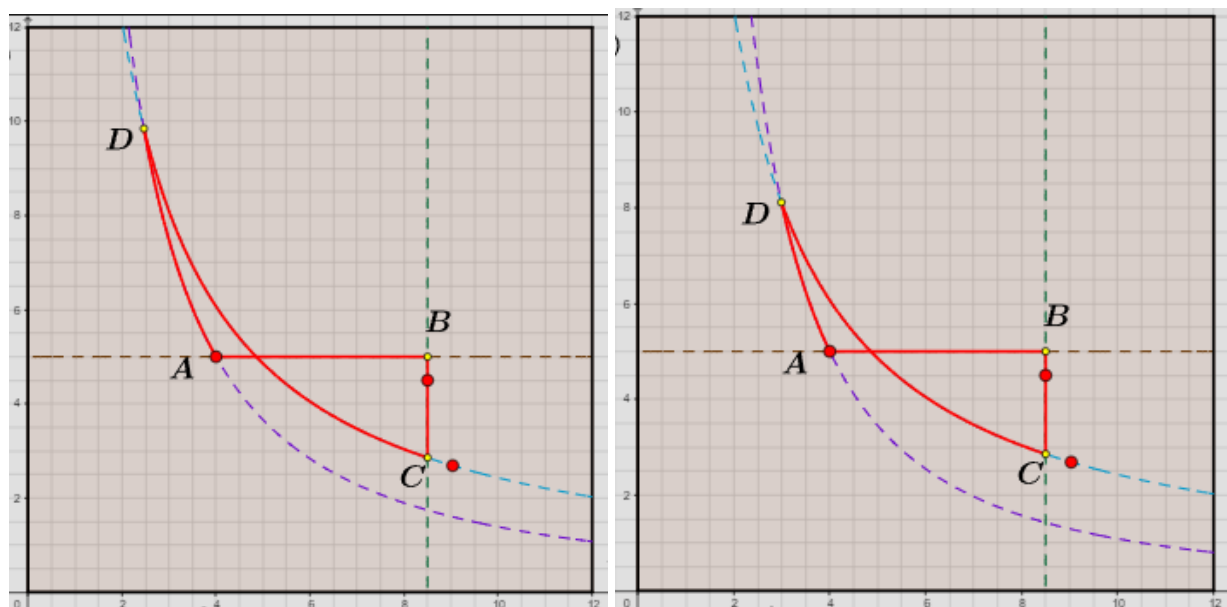
Біздің толықтырылған шынайылыққа байланысты зерттеуімізді іске асыру үшін өлшеу деректерін ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасына жіберу үшін деректер ағыны блогын орнатуды қоспағанда, физика пәніндегі дәстүрлі әдіспен жасалатын тәжірибені айтарлықтай өзгерту қажет болды. Бұл өзгерісті орнату арқылы зертханалық жұмыстың жұмыс үрдісіне оңай біріктірілетін және ешбір зақымсыз және бір сағаттан астам уақытқа шыдайтын батареямен жұмыс уақытымен бірнеше оқу тоқсанына белсенді пайдалануға шыдайтын сенімді оқу сценарийі жасалды. Оқушылар бірдей виртуалды мазмұнды көре алды және орнатуды басқару немесе хаттамалары үшін жазбалар алып отырды. Сонымен қатар, оқушылар ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасының астына көрнекі құралдарды пайдаланды. Оқушылардың көру аймағына сәйкес келетіндей кеңірек болуы мүмкін ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасының көру ауқымы және толықтырылған шынайылық құрылғыларының жоғары сапалы бейне болу маңызды [27]. Тәжірибелік жобаға байланысты толық кездейсоқтыққа қол жеткізу мүмкін болды, ал іріктеу алдын ала сынақ ұпайларына қатысты теңгерімді болды. Нұсқау алдында және одан кейін тұжырымдамалық білімді тексеруде зерттеу тобы жоғары балл жинады. Әсіресе, алдын ала тестілеудің жоғары ұпайлары мен топтар арасындағы айырмашылық қолданбалы тест құралының тұжырымдамалық білімдегі шағын өзгерістерді өлшеуге сезімталдығын шектеген болуы мүмкін. Сонымен қатар, жалпы білім сынағы оқу үдерісіндегі егжей-тегжейлі оқушыларға әсер етуді анықтауға мүмкіндік берді. Орындау кезеңіне шектеу сынақ құралдарының ауқымынан ұзақ мерзімді оқыту әсерлерін алып тастауы мүмкін. Демек, бейімделген визуализациялардың өлшем деректерін түсіндіруге әсерін жоққа шығаруға болмайды. Біз оқушылардың сан алуан сыртқы көріністермен өзара әрекеттесуін егжей-тегжейлі бағаладық. Олар өкілдіктерді көрсете немесе жасыра алғандықтан, оларды декодтау мүмкін. Сондықтан оқушылардың оқуға әсері шектеулі болуы мүмкін. Осыған байланысты болашақ осындай жұмыстарды жалғастырып зерттеу керек [28]. Бүкіл бес апталық зертханалық тәжірибе барысында оқушылар оқу әсерлері ұсынылған нәтижелермен қалай әрекеттесуді анықтауда толықтырылған шынайылық көмегімен бір ғана тәжірибелік жұмыс жасады. Зерттеулерге сәйкес, мұндай жаңалық әсерлері ең жоғары әсер мөлшеріне ие болып саналады (5-сурет).



5-сурет. Оқушыларға тәжірибе барысында алынған білімдерін тексеру барысында ұсынылған жылудың өзгеру барысы тестісі

Зерттеудің мақсаты оқушылардың оқу өнімділігі мен когнитивті жүктемесіне қатысты толықтырылған шынайылық көмегімен бейімделумен орта мектептегі зертханалық тәжірибенің жұмыс процесін дәстүрлі әдіспен салыстыру болды. Екі жағдайда да өлшем деректерінің бірдей бейнелеу

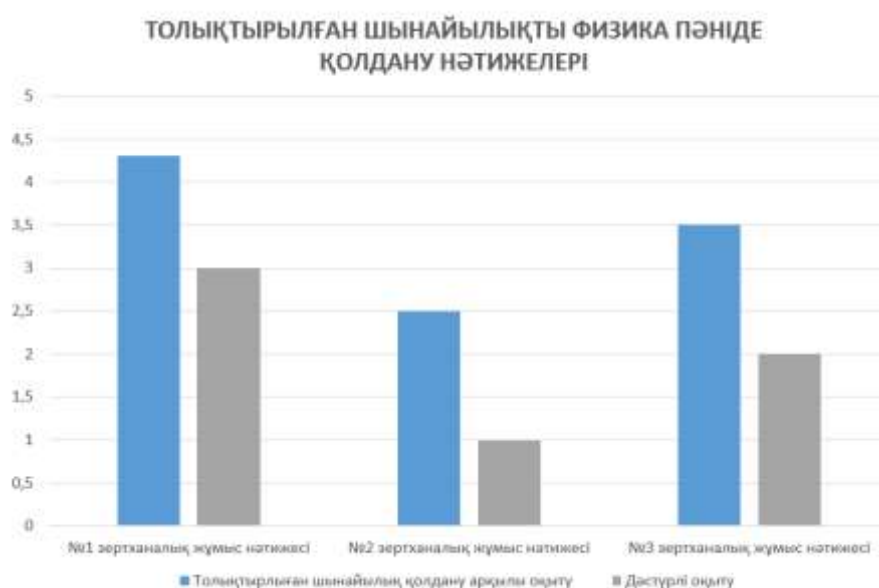
нысандары болды, бірақ дәстүрлі әдіс қолданған топ үшін олар сабақтастық принциптеріне және сан алуан сыртқы көріністерге қойылатын талаптарға сәйкес қайта реттелді. Екінші кестеде біздің алған эмпирикалық тұжырымдарды қорытындылайды. Оқушылардың бұрынғы білімін бақылаған соң, дәстүрлі әдіспен оқу тобына қарап шартпен салыстырғанда тұжырымдамалық білім бойынша айтарлықтай жоғары оқу табысы анықталды. Бұл тұжырымдар біздің гипотезамызға және алдын ала нәтижелерге, сондай-ақ толықтырылған шынайылық емес оқытуға қарағанда толықтырылған шынайылық оқытудың артықшылықтарын және кеңістіктік интеграцияланған дизайнның артықшылығын дәлелдеп, зерттеуге тура келді (6-сурет).



6-сурет. Оқушыларға тәжірибе барысында жасалған жылудың өзгеру барысы

Зерттеуді жүргізу кезеңінде екі топ үшін де елеулі топ ішілік табыстар оқушылардың жаңа білім құрылымдарын өлшеу деректерін терең талдағаннан кейін ғана игеретіндігінің белгісі болуы мүмкін. Олар визуализациялар ұсынылғанымен, ғылыми теориялық негіз бен интерпретация арасындағы өзара әрекеттестік талдаулар кезіндегі бақылаулар осы контексте тұжырымдамалық білімді меңгеру үшін шешуші нүкте болуы мүмкін. Бұған қоса, алдын ала тестілеу ұпайларындағы топтар арасындағы үлкен айырмашылық ұтыс ұпайларын түсіндіруді қиындатқанын есте ұстаған жөн. Ішкі когнитивтік жүктемеге қатысты топтарда айтарлықтай айырмашылықтар байқалды. Шындығында, екі жағдайда да оқушылар үш бейнелеу формасының күрделілігін бірдей ақыл-ой күшімен өңдей алды. Атап айтқанда, олардың толықтырылған шынайылықты сан алуан сыртқы көріністер ретінде пайдалану ұсынылған мазмұнның жоғары күрделілігіне әкелді. Субъективті рейтингке сүйене отырып, біз мұны визуализациялардың өзара тәуелділігін өңдеу үшін оқушылардың бұрынғы білімдерін тексеру үшін нақты тест тағайындай алдық. Әрбір өкілдік пішінді көрсету және жасыру мүмкіндігі оқушыларды шамадан тыс жүктеме жағдайларын болдырмау үшін жүктемені азайтатын, өзін-өзі басқаратын сегменттеу процедураларына тартуы мүмкін. Субъективті жүктеме рейтингінің нәтижелері бойынша толықтырылған шынайылық жағдайы үшін сыртқы өңдеу айтарлықтай төмендеді. Зерттеулерге сәйкес, ішкі когнитивтік жүктемелердегі айтарлықтай өзгерістер екі топтың оқуға тән талапқа қатысты салыстырмалы болып қалатынын көрсетеді, бұл субъективті жүктеме рейтингтері контекстінде сыртқы когнитивтік жүктеме үшін әртүрлі нәтижелерді салыстырудың қажетгі шарты болып табылады. Сонымен қатар, тәжірибенің қолайлылығы үшін тең рейтинг технологияны өңдеуге байланысты қандай да бір топқа тән проблемаларды көрсетпейді. Демек, біздің қорытындыларымызға жұмыс процесіндегі бейімделулер немесе сан алуан сыртқы көріністер ретінде сәйкес визуализациялар арасындағы өзара тәуелділікке байланысты ықтимал қосымша ішкі когнитивтік жүктеме әсер еткен жоқ. Екі топтың да зертхана қолайлылығын үздік деп сипаттауға болады, бұл рейтинг деңгейінің ең жақсы классификациясы. Бұл тең рейтингтер хабарланғандай, екі топ арасындағы қолайлылық айырмашылықтарын қарастырады. Атап айтқанда, біздің нәтижелеріміз әзірлеген толықтырылған шынайылық жағдайының рейтингтеріне ұқсас және нәтижелерінен жоғары болды. Екеуі де толықтырылған шынайылық оқыту ортасы туралы

кері байланыс алу үшін бірдей қолайлылық шкаласын қолданды, бірақ зертханалық оқыту сценарийлері кезінде оқушылар әртүрлі физика пәнінің тақырыптарын өздігінен зерттеді. Біздің зерттеуіміздің нәтижелері орта мектептегі контекстінде біріктірілген нұсқаулықты жобалау принциптерін эмпирикалық зерттеуге ықпал етеді. Орындалған бейнелеу нысандары бірдей өлшенетін шаманы визуалды түрде көрсетті, бірақ әртүрлі функцияларды қарастырады. Біріншіден, графикте температураның таралуы және тәжірибенің ағымдағы жағдайы туралы толық ақпарат бар және кейінгі талдаулар үшін негіз болды. Күрделілігіне байланысты ол қиын декодтау процестерін талап еткен болуы мүмкін. Екіншіден, жалған түсті кескіндерді пайдалану мақсатты сандық өзгерістерді жылдам және қарапайым сапалы бақылауға мүмкіндік берді және орнату калибрлеуі үшін қолдау көрсетілетін ақауларды жою процесстері тез орындалды. Үшіншіден, сандық мәндер, барлық қол жетімді деректер нүктелерінің арнайы таңдауы ретінде, температура мәндерінің максималды диапазонын көрсету арқылы бұл бақылау процесін толықтырды (7-сурет).



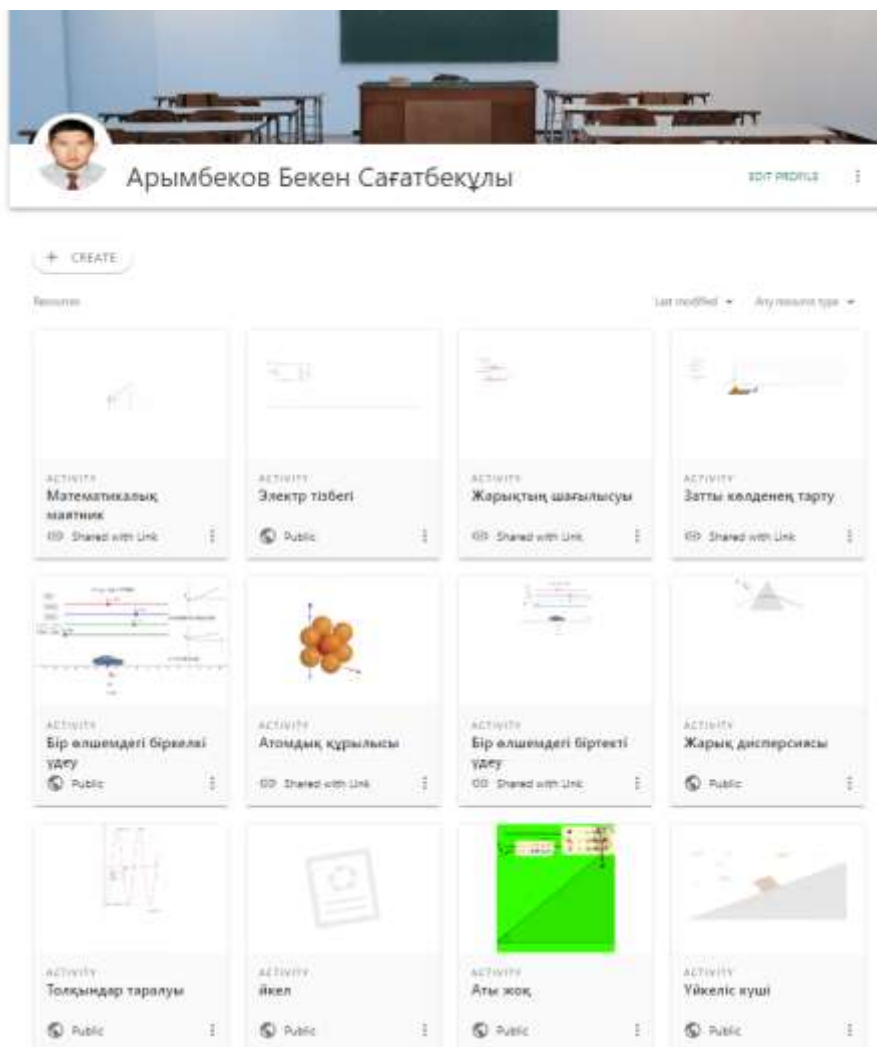
7-сурет. Оқушыларға тәжірибе барысында жасалған жылудың өзгеру барысы

Демек, бұл сан алуан сыртқы көріністер оқыту таксономиясының функцияларын толықтыратын тәсілдер ұсына отырып, әртүрлі дәлдік деңгейлерін қамтамасыз ету және ғылыми жүргізудің әртүрлі аспектілерін қарастырып, сапалы бақылау мен сандық визуализацияны салыстыру мүмкіндігін беру арқылы ресми түрде орындады. Сонымен қатар, уақытша сабақтастық принципі мен сан алуан сыртқы көріністердің талаптары өзара байланысты болатыны байқалды. Ақпарат көздеріне сәйкес бір уақытта тәжірибе барысында оқушыларға ұсыну олардың өзара тәуелділіктерін тануға және өңдеуге мүмкіндік берді (8-сурет).



8-сурет. Оқушылардың тәжірибе барысында алынған білімдерін тексеру нәтижелері

Қазақстан толықтырылған шынайылық технологиясы бар мектеп оқулықтарын шығарудан артта қалып қояуда. Тіпті көрші Ресейде де физика пәнінен толықтырылған шынайылық технологиясы кірістірілген физика оқулықтары бар болып шықты. Бүкіл жүргізілген әдістемелер <https://www.geogebra.org/u/beckemn> парақшасында тегін қолжетімді. Парақшада барлық зертханалық жұмыстар толықтырылған шынайылықпен жүргізіледі (9-сурет).



9-сурет. Авторлардың тәжірибе барысында жасаған әдістемелерінің сұлбасы

Қорытынды

Қорытындылай келе, жылу өткізгіштік тәжірибесін жүргізу мен нақты температуралық режимді бақылау екі бөлек бөлмеде болғандықтан арасында уақыт кідірісі пайда болады. Сондай-ақ, деректерді визуализациялау мен зертхана тәжірибесі екі бөлмеде орын алуына байланысты оқушылар өте ыңғайсыз жағдайға тап келді. Біз бұл арақашықтық пен уақыт бойынша алшақтықты толықтырылған шынайылық көмегімен жоюға болатынын тексереміз. Зертханалық жұмысты кеңістіктік пен уақытқа сәйкес өлшейтін жылу деректерін ұсыну бойынша зертханалық тәжірибені өткізу қағидаларын анықтаймыз. Бұл анықталған зертхана қағидалары оқыту компоненттерін тәжірибе барысында көрсету арқылы жаңа білімді түсіну үшін біріктірілген. Кеңістіктегі іргелестік қағидасына байланысты тәжірибенің барлық құрамдас бөліктері кеңістікте бірге ұсынылуын талап ете отырып, оқушылардың зейінін іздену процестеріне бағыттау үшін бір-бірінің қасында мағыналы оқуға өзара ықпал етеді.

Телефон қосымшасындағы қолданба негізіндегі толықтырылған шынайылық жүйесін қолдана отырып, біз дәстүрлі әдіспен зертханадағы білім беру тәсілінде біріктірілген презентация бейнесін визуализациялау арқылы дер кезінде көрсетуді бір уақытта іске асырдық. Толықтырылған шынайылық жүйелер артықшылықтары мектептегі физика сабағындағы зертханалық білім беру тәсіліне қатысты

эртүрлі зерттеулерде көрсетілгендей оқу әсерін күшейтетіндігі толығымен расталды. Біз зертхана барысында уақыт үнемдеуден үлкен жетістікке қол жеткіздік. Жалпы айтқанда, толықтырылған шынайылықты қолдану оқу процестерінің ең маңызды сәттерінде пайдалы екенін түсіндік. Біздің зерттеу барысында алған нәтижелерімізді нақтылау үшін осындай зертханалық жұмыстарды басқа да зерттеушілер көптеп орындағаны жөн болар еді. Физиканың барлық тақырыптарын оқу жағдайларына байланысты орта мектептегі білім беру үрдісі толығымен зерттелді. Бұл үдерісте біз тұжырымдаманы толықтыру үшін дәстүрлі тәсіл арқылы тәжірибе алды тестімен білім сынағын алдық. Зерттеу топтар арасында жоғары сезімталдық деңгейінің айырмашылықтарын көрсетті. Оны ары қарай зерттеп тың ақпарат алуға қол жеткізу үшін осы тәжірибелерді жалғастыруды көздеп отырмыз. Оқушылардың өзара әрекеттесуін зерттеу үшін мобильді телефон арқылы көзқарасты бақылауды қосуға болар еді. Көбірек зерттеу нәтижелерін алу мақсатында толықтырылған шынайылық қолдану барысында оқушылардың ынта әсерлерін қосымша тексеру үшін көзқарашығын бақылағыш құрылғысын қолданса да болар еді. Демек, біз оқушылардың ынта сияқты әсерлі айнымалыларын қарастырып, білім берудегі когнитивті әсер теориясының болжамдар зерттеуінде сынадық. Сонымен қатар, оқушылар арасындағы ынтымақтастық ортақ зерттеуде сеанстарға қосылған оқушылар әсер етуі мүмкін айнымалыны әлі де болса көбірек егжей-тегжейлі зерттеу жұмыстарын қажет етеді.

Бұл зерттеу теориялық мазмұнды қамтитын зертхана нұсқаулығын, тапсырма сипаттамасын, деректер парақшаларын, өлшеу құралдарынан арнайы қауіпсіздік ережелерін қолданды. Зерттеу барысында оқушыларға белгі беруді немесе әдейі кенеттен шақыруды бақылау оқушылардың қалауы бойынша оқушылар әрекеттерін немесе белгілі бір күйді танумен оқушылардың назарын негізгі білім нүктелеріне аудару тәжірибе арқылы бақыланды. Осы зерттеу әдістерінің бұрынғы зерттеулерден айырмашылығы білім беруде қоршаған ортаның әсерлерін біріктірілген түрде қарастырады. Бұл сайып келгенде, қатысушылардың жалпы кеңістіктік қабілеттерін, сондай-ақ олардың 3D визуализациясын қабылдауы мен когнитивті өңдеуін ескере отырып зерттеуге әкеледі. Бірнеше бейнелеу формаларын оқу үрдісінің қолжетімділігін арттыру үшін оқуға арналған әмбебап идеяларын біріктіруге болатынын анықтадық. Біз пайдаланған ұялы телефондағы толықтырылған шынайылық қолданбасы қолжетімді дауыспен басқару арқылы қолданды. Визуализацияның жетіспеушілігі және оқушылардың жеке қажеттіліктерін құрметтеу сияқты көрнекі мәселелерді шешу үшін оқушыларға тестілеу схемасын өзгертуге мүмкіндік беретін ашылмалы мәзірді біріктіруді қарастырдық.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Bandura A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change / A. Bandura // *Advances in Behavior Research & Therapy*. — 1977. — Vol. 1. — No. 4. — P. 139–161. [https://doi.org/10.1016/0146-6402\(78\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0146-6402(78)90002-4).
- 2 Akçayır M. Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories / M. Akçayır, G. Akçayır, H.M. Pektaş, M.A. Ocak // *Computers in Human Behavior*. — 2016. — Vol. 57. — P. 334–342. <https://doi.org/10.30935/cet.444119>.
- 3 Cai S. Tablet-based AR technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy / S. Cai, E. Liu, Y. Yang, & J.-C. Liang // *British Journal of Educational Technology*. — 2019. — Vol. 50. — No. 1. — P. 248–263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12718>.
- 4 Uluyol Ç. Examining pre-service teachers' opinions regarding to augmented reality / Ç. Uluyol, & S. Eryılmaz // *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty*. — 2014. — Vol. 34. — No. 3. — P. 403–413. <https://doi.org/10.17152/gefad.88379>.
- 5 Garzón J. Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains / J. Garzón, & J. Acevedo // *Educational Research Review*. — 2019. — Vol. 27. — No. 5. — P. 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>.
- 6 Garzón J. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings / J. Garzón, J. Pavón, S. Baldiris // *Virtual Reality*. — 2019. — Vol. 23. — No. 1. — P. 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.
- 7 Lim K.Y.T. Semiotics, memory and augmented reality: History education with learner-generated augmentation / K.Y.T. Lim, R. Lim // *British Journal of Educational Technology*. — 2020. — Vol. 37 — P. 31–49. <https://doi.org/10.1111/bjet.12904>.
- 8 Sobrino S.S. RoboTIC: A serious game based on augmented reality for learning programming / S.S. Sobrino, D. Vallejo, C.G. Morcillo, M.A. Redondo, J.C. Schez // *Multimedia Tools and Applications*. — 2020. — Vol. 79. — No. 5. — P. 34079–34099. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09202-z>.
- 9 Wojciechowski R. Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments / R. Wojciechowski, W. Cellary // *Computers & Education*. — 2013. — Vol. 68. — No. 1. — P. 570–585. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>.

- 10 Bower M. Augmented reality in education – cases, places and potentials / M. Bower, C. Howe, N. McCredie, A. Robinson, D. Grover // *Educational Media International*. — 2014. — Vol. 51. — No. 1. — P. 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- 11 Dunleavy M. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning / M. Dunleavy, C. Dede, R. Mitchell // *Journal of Science Education and Technology*. — 2008. — Vol. 18. — No. 1. — P. 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- 12 Kaufmann H. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality / H. Kaufmann, D. Schmalstieg // *Computers & Graphics*. — 2003. — Vol. 27. — No. 3. — P. 339–345. [https://doi.org/10.1016/s0097-8493\(03\)00028-13](https://doi.org/10.1016/s0097-8493(03)00028-13)
- 13 Klopfer E. Environmental detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations / E. Klopfer, K. Squire // *Educational Technology Research and Development*. — 2007. — Vol. 56. — No. 2. — P. 203–228. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>
- 14 Abdüsselam M.S. Teachers' and students' views on using augmented reality environments in physics education: 11th grade magnetism topic example / M.S. Abdüsselam // *Pegem Journal of Education and Instruction*. — 2014. — Vol. 4. — No. 1. — P. 59–74. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2014.004>
- 15 Abdul-Rahman S. Learning programming via worked-examples: relation of learning styles to cognitive load / S. Abdul-Rahman, B. Boulay // *Computers in Human Behavior*. — 2014. — Vol. 91. — No. 9. — P. 286–298. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.007>
- 16 Azuma R.T. A survey of augmented reality / R.T. Azuma // *Presence: teleoperators and virtual environments*. — 1997. — Vol. 6. — No. 4. — P. 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- 17 Lin T. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system / T. Lin, H.B. Duh, N. Li, H. Wang, C. Tsai // *Computers & Education*. — 2013. — Vol. 68. — No. 1. — P. 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>
- 18 Küçük S. Augmented reality applications attitude scale in secondary schools: validity and reliability study / S. Küçük, R.M. Yılmaz, Ö. Baydaş, Y. Gökteş // *Education and Science*. — 2014. — Vol. 39. — No. 176. — P. 383–392. <https://doi.org/10.15390/eb.2014.3590>
- 19 Hodhod R. Adaptive augmented reality serious game to foster problem solving skills / R. Hodhod, H. Fleenor, S. Nabi // *Workshop Proceedings of the 10Th International Conference on Intelligent Environments*. — 2014. — Vol. 15. — No. 5. — P. 273–284. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-411-4-273>
- 20 Ibáñez M.B. Experimenting with electromagnetism using augmented reality: impact on flow students experience and educational effectiveness / M.B. Ibáñez, Á. Serio, D. Villarán, C.D. Kloos // *Computers & Education*. — 2014. — Vol. 71. — No. 7. — P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>
- 21 Kirner T.G. Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes / T.G. Kirner, F.V. Reis, C. Kirner // *Information Systems and Technologies*. — 2012. — Vol. 17. — No. 3. — P. 1–6. <https://doi.org/10.2190/ec.46.2.d>
- 22 Küçük S. Augmented reality for learning english: achievement, attitude and cognitive load levels of students / S. Küçük, R.M. Yılmaz, Y. Gökteş // *Education and Science*. — 2014. — Vol. 39. — No. 176. — P. 393–404. <https://doi.org/10.15390/eb.2014.3595>
- 23 Арымбеков Б. Физика пәнін оқытуда толықтырылған шынайылықты интеллектуалды оқыту құралы ретінде қарастыру / Б. Арымбеков, К. Туреханова // *Қазақ ұлттық университетінің хабаршысы. «Педагогикалық ғылымдар» сериясы*. — 2022. — Т. 73, № 4. — Б. 128–141, ISSN 2520-2650. doi: <https://doi.org/10.26577/JES.2022.v73.i4.12>
- 24 Arymbekov B.S., Turekhanova K.M., Alipbayev D.D., Tursanova Y.R. Development of augmented reality application for physics and geophysics laboratory, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-5/W2-2023. — 2023. — P. 19–24. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W2-2023-19-2023>
- 25 Arymbekov B. Augmented Reality Application to Support Visualization of Physics Experiments / B. Arymbekov // *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. Astana, Kazakhstan, 2023. — P. 52–55, doi: 10.1109/SIST58284.2023.10223534
- 26 Arymbekov B.S. Study of the progress of using augmented reality application for teaching physics in high school / B.S. Arymbekov, K.M. Turekhanova // *Journal of Educational Sciences*. — 2023. — [S.l.]. — Vol. 76. — No. 3. ISSN 2520-2650. doi: <https://doi.org/10.26577/JES.2023.v76.i3.01>
- 27 Арымбеков Б.С. Толықтырылған шынайылықты физика пәнінің зертханалық жұмыстарында ұтымды қолдану әдістемесі / Б.С. Арымбеков, К.М. Туреханова // *Торайғыров университетінің хабаршысы. Педагогикалық сериясы*. — 2023. — № 3. — Б. 9–21. <https://doi.org/10.48081/POLK7321>
- 28 Mukhtarkyzy K. The Use of Augmented Reality for Teaching Kazakhstani Students Physics Lessons / K. Mukhtarkyzy, G. Abildinova, O. Sayakov // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. — 2022. — 17(12). — P. 215–235. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i12.29501>

Б.С. Арымбеков, К.М. Туреханова, К. Федус

Методика использования интерактивной визуализации через дополненную реальность в обучении физике

Среда обучения, основанная на дополненной реальности (AR), не только дает преподавателям новые способы представления учебных материалов, но и позволяет учащимся самостоятельно взаимодействовать с материалом. Предыдущие исследования показали, что AR имеет много преимуществ в образовании, однако мало кто уделял внимание механизмам исследовательской мотивации, таким как влияние AR на самооффективность студентов и концепции обучения. В рамках этого исследования было разработано приложение для обучения термодинамике на основе AR «GeoGebra AR» для изучения влияния технологии AR на самооффективность учащихся и концепцию обучения физике. Цель исследования состояла в том, чтобы изучить влияние учебной деятельности с поддержкой дополненной реальности на академическую успеваемость и мотивацию студентов к изучению физики, а также их отношение к приложениям AR. Исследование было сосредоточено на разделе «Термодинамика» школьных курсов физики и использовало квазиэкспериментальный метод исследования для контроля внутренней и внешней достоверности. В исследовании приняли участие 375 учащихся двух разных школ, случайным образом были сформированы две экспериментальные и две контрольные группы. Первая экспериментальная группа и первая контрольная группа завершили предварительный тест и посттестовую оценку, тогда как вторая экспериментальная группа и вторая контрольная группа завершили только посттест. В течение девяти недель экспериментальные группы обучались с использованием мобильных AR-приложений, а контрольные группы выполняли запланированные действия в учебной программе. Инструменты сбора данных включали шкалу «Тест успеваемости по физике» и шкалу «Мотивация студентов к изучению физики». Новизна исследования заключается в сравнении и сопоставлении виртуальной лабораторной среды обучения со средой обучения дополненной реальности. Результаты исследования показали, что обучение с использованием AR-приложений оказало значительное влияние на академические достижения учащихся в изучении физики. Это показывает, что обучение с использованием AR-приложений является эффективным образовательным подходом для повышения знаний по физике учащихся 11 классов. Хотя дополненная реальность и виртуальные лаборатории являются инновационными технологиями, которые могут улучшить качество обучения, экспериментальные исследования показывают, что дополненная реальность более эффективна, чем виртуальные лаборатории, в развитии навыков критического мышления учащихся на уроках физики в средней школе.

Ключевые слова: образование, физика, дополненная реальность, лабораторный опыт, успеваемость, навык обучения, познавательная нагрузка, организация обучения, формы обучения, образовательный процесс.

B.S. Arymbekov, K.M. Turekhanova, K. Fedus

Methodology of using interactive visualization through augmented reality in teaching physics

A learning environment based on augmented reality (AR) not only gives teachers new ways to present learning materials, but also allows students to interact with the material on their own. Previous studies have shown that AR has many benefits in education; however, few have focused on the mechanisms behind research motivation, such as the effects of AR on students' self-efficacy and learning concepts. This study developed an AR-based thermodynamics teaching application "GeoGebra AR" to investigate the effect of AR technology on students' self-efficacy and physics learning concept. The aim of the study was to investigate the effects of augmented reality-supported learning activities on students' academic performance and motivation to learn physics and their attitudes toward AR applications. The study focused on the "Thermodynamics" section of high school physics courses and used a quasi-experimental research method to control for internal and external validity. 375 students from two different schools participated in the study, two experimental and two control groups were randomly assigned. The first experimental group and the first control group completed the pre-test and the post-test assessment, while the second experimental group and the second control group completed only the post-test. During a nine-week period, the experimental groups were trained using mobile AR applications, while the control groups performed the planned activities in the curriculum. The data collection tools included the "Physics Achievement Test" and the "Students' Motivation to Study Physics" scale. The novelty of the study is to compare and contrast virtual laboratory learning environments with augmented reality learning environments. The results of the study showed that teaching with AR applications had a significant effect on students' academic achievement in learning physics. This shows that teaching with AR applications is an effective educational approach to increase the physics knowledge of 11th grade students. Although augmented reality and virtual labs are innovative technologies that have the potential to enhance the learning experience, experimental research shows that augmented reality is more effective than virtual labs in developing students' critical thinking skills in high school physics classes.

Keywords: education, physics, augmented reality, laboratory experience, learning progress, learning skill, cognitive load, learning organization, learning forms, educational process.

References

- 1 Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behavior Research & Therapy*, 1(4), 139–161. [https://doi.org/10.1016/0146-6402\(78\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0146-6402(78)90002-4).
- 2 Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H.M., & Ocak, M.A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334–342. <https://doi.org/10.30935/cet.444119>.
- 3 Cai, S., Liu, E., Yang, Y., & Liang, J.-C. (2019). Tablet-based AR technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 248–263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12718>.
- 4 Uluyol, Ç. & Eryılmaz, S. (2014). Examining pre-service teachers' opinions regarding to augmented reality. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty*, 34(3), 403–413. <https://doi.org/10.17152/gefad.88379>.
- 5 Garzón, J. & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27(5), 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>.
- 6 Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(1), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.
- 7 Lim, K.Y.T. & Lim, R. (2020). Semiotics, memory and augmented reality: History education with learn- er-generated augmentation. *British Journal of Educational Technology*, 37, 31–49. <https://doi.org/10.1111/bjet.12904>.
- 8 Sobrino, S.S., Vallejo, D., Morcillo, C.G., Redondo, M.A., & Schez, J.C. (2020). RoboTIC: A serious game based on augmented reality for learning programming. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5), 34079–34099. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09202-z>.
- 9 Wojciechowski, R. & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68(1), 570–585. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>.
- 10 Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. Augmented reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International* 51(1), 1–15 (jan 2014). <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>.
- 11 Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. Affordances and limitations of im- mersive participatory augmented reality simulations for teaching and learn- ing. *Journal of Science Education and Technology* 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>.
- 12 Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics* 27(3), 339–345 (jun 2003). [https://doi.org/10.1016/s0097-8493\(03\)00028-13](https://doi.org/10.1016/s0097-8493(03)00028-13).
- 13 Klopfer, E. & Squire, K. Environmental detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development* 56(2), 203–228. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>.
- 14 Abdüsselam, M.S. (2014). Teachers' and students' views on using augmented reality environments in physics education: 11th grade magnetism topic example. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 4(1), 59–74. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2014.004>.
- 15 Abdul-Rahman, S. & Boulay, B. (2014). Learning programming via worked-examples: relation of learning styles to cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 91(9), 286–298. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.007>.
- 16 Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- 17 Lin, T., Duh, H.B., Li, N., Wang, H., & Tsai, C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68(1), 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>.
- 18 Küçük, S., Yılmaz, R.M., Baydaş, Ö., & Göktaş, Y. (2014b). Augmented reality applications attitude scale in secondary schools: validity and reliability study. *Education and Science*, 39(176), 383–392. <https://doi.org/10.15390/eb.2014.3590>.
- 19 Hodhod, R., Fleenor, H., & Nabi, S. (2014). Adaptive augmented reality serious game to foster problem solving skills. *Workshop Proceedings of the 10Th International Conference on Intelligent Environments*, 15(5), 273–284. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-411-4-273>.
- 20 Ibáñez, M.B., Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C.D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: impact on flow students experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71(7), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>.
- 21 Kirner, T.G., Reis, F.V., & Kirner, C. (2012). Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. *Information Systems and Technologies*, 17(3), 1–6. <https://doi.org/10.2190/ec.46.2.d>.
- 22 Küçük, S., Yılmaz, R.M., & Göktaş, Y. (2014). Augmented reality for learning english: achievement, attitude and cognitive load levels of students. *Education and Science*, 39(176), 393–404. <https://doi.org/10.15390/eb.2014.3595>.

- 23 Arymbekov, B.S., & Turekhanova, K.M. (2022). Fizika panin sanaly oqytuda tolyqtirilgan shynaiylyqti oqytu quraly retinde qarastyru [Observation of Augmented Reality in Teaching Physics as a tool of Intellectual Teaching]. *Qazaq ulttyq universitetinin khabarshysy. "Pedagogikalyq gylymdar" seriasy — Bulletin of the Kazakh National University. Series "Pedagogical sciences"*, Vol. 73, 4, 128–141. doi: <https://doi.org/10.26577/JES.2022.v73.i4.12> [in Kazakh].
- 24 Arymbekov, B.S., Turekhanova, K.M., Alipbayev, D.D., & Tursanova, Y.R. (2023). Development of augmented reality application for physics and geophysics laboratory, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-5/W2-2023, 19–24. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W2-2023-19-2023>.
- 25 Arymbekov B. (2023). Augmented Reality Application to Support Visualization of Physics Experiments. *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. Astana, Kazakhstan, 52–55. doi: 10.1109/SIST58284.2023.10223534.
- 26 Arymbekov, B.S. & Turekhanova, K.M. (2023). Study of the progress of using augmented reality application for teaching physics in high school. *Journal of Educational Sciences, [S.l.]*, 76(3). ISSN 2520–2650. DOI: <https://doi.org/10.26577/JES.2023.v76.i3.01>.
- 27 Arymbekov, B.S. & Turekhanova, K.M. (2023). Tolyqytyrylgan shynaiylyqty fizika paninin zertkhanalyq zhymystarynda utyvdy qoldanu adistemesi [Methodology of application of augmented reality in physics laboratory experiments]. *Toraigyrov universitetinin khabarshysy. Pedagogikalyq seriasy — Bulletin of the Toraigyrov university. Educational series*, 3, 9–21 <https://doi.org/10.48081/POLK7321> [in Kazakh].
- 28 Mukhtarkyzy, K., Abildinova, G., & Sayakov, O. (2022). The Use of Augmented Reality for Teaching Kazakhstani Students Physics Lessons. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 17(12), 215–235. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i12.29501>

Information about authors

Arymbekov, B.S. — PhD student, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

Turekhanova, K.M. — Candidate of physics and mathematics sciences, Senior lecturer, Faculty of Physics and Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

Fedus, K. — Doctor PhD, Professor, Institute of Physics, Faculty of Physics, Astronomy and Informatics, Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland.