

Б.У. ЭРГАШБАЕВ¹, Н.А. ШЕКТИБАЕВ², Б.А. КУРБАНБЕКОВ³

¹*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің магистранты
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: bekzat.ergashbaev@mail.ru*

²*PhD, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық
қазақ-түрік университетінің аға оқытушысы
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: Nurdaulet.Shektibaev@ayu.edu.kz*

³*PhD, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық
қазақ-түрік университетінің аға оқытушысы
(Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: bakytzhan.kurbanbekov@ayu.edu.kz*

ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада физика сабақтарында ақпараттық технологияларды қолданудың аспектілері, атап айтқанда оқушылардың компьютерлік модельдермен жұмысы келтірілген. Бұл жұмыс оқушылардың пәнді оқуға деген қызығушылығы және ойлау деңгейінің артуына көмектеседі.

Тақырып өзектілігі әр түрлі физикалық процестер мен құбылыстардың компьютерлік модельдерін қолдану оқушыларға физика пәнін оқытудың тиімділігіне ықпал етіп, физикалық құбылыстардың механизмдерін түсінуге мүмкіндік бере отырып, көбінесе адам көзіне көрінбейтін, ал кейбір жағдайларда іс жүзінде және өмірде мүмкін емес құбылыстарды көруге мүмкіндік береді.

Компьютерлік модельдеудің артықшылықтарын айқындау мақсатында 9-сынып оқушыларының екі тобына (бақылау және эксперименттік) зерттеулер жүргізілді, компьютерлік модельдеуді қолдануда олардың жалпы түсінігі зерттелініп, компьютерлік модельдеудің дене қозғалысындағы жылдамдық пен үдеу ұғымдарын түсінудегі рөлі анықталды. Екі топқа бірдей осы тақырып бойынша дәстүрлі оқыту түрі қолданылды, ал ерекшелігі эксперименттік топ компьютерлік модельдеуді қосымша ретінде қолданды.

Зерттеулерде келтірілген нәтижелер бойынша компьютерлік модельдеудің көмегімен жұмыс істейтін оқушылардың тапсырмаларында айтарлықтай жоғары балл жинағандығын көрсетеді. Нәтижелерді талдай келе компьютерлік модельдеу оқушылардың ойлау деңгейлерін арттыруға, және физикадағы құбылыстар туралы жүйелік түсініктерін дамытуға көмектесетін қосымша оқу құралы ретінде қолдануға болатындығын растайды. Зерттеулер барысында модельдеуді қолдану орташа есеппен 10 білімгердің 6-ы жақсы нәтижеге қол жеткізген. Компьютерлік модельдерді қолдана отырып оқыту, оқушының белсенді зерттеу қызметіне қатысу үшін модельмен өзара әрекеттесуін ұйымдастыру маңыздылығы айқындалды. Сонымен қатар компьютерлік модельдерді қашықтықтан оқытуда да, дәстүрлі оқытуда да, соның ішінде желілік қолдаумен де қолдануға болатындығы анықталды.

Зерттеулер нәтижесі физика мұғалімдерін компьютерлік модельдеуге үйрету олардың зияткерлік қабілеттерін арттырып, ақыл-ой операцияларын жасауға және жалпы зияткерлікті дамытуға ықпал етіп, болашақ физика мұғалімдерін даярлау кезінде халықаралық деңгейде қолданылуы мүмкін.

Кілт сөздер: Оқыту әдістемесі, модель, модельдеу, компьютерлік модельдеу, физикадағы оқу-тәжірибелер, жылдамдық, үдеу, еркін түсу үдеуі.

B.U. Ergashbayev¹, N.A. Shektibaev², B.A. Kurbanbekov³

¹*master's student of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: bekzat.ergashbaev@mail.ru*

²*PhD, Senior lecturer of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: Nurdaulet.Shektibaev@ayu.edu.kz*

³*PhD, Senior lecturer of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
(Kazakhstan, Turkistan), e-mail: bakytzhan.kurbanbekov@ayu.edu.kz*

Computer modeling of physical phenomena

Abstract. This article presents aspects of the use of Information Technology in physics lessons, in particular, the work of students with computer models. This work helps to increase students' interest in studying the subject and the level of thinking.

Topic relevance the use of computer models of various physical processes and phenomena contributes to the effectiveness of teaching physics to students, allowing them to understand the mechanisms of physical phenomena, often invisible to the human eye, and in some cases impractical and impossible in life.

In order to identify the advantages of computer modeling, studies were conducted on two groups of 9th grade students (Control and experimental), their general understanding in the use of computer modeling was studied, and the role of computer modeling in understanding the concepts of speed and acceleration in body movement was determined. The two groups were applied the same traditional type of training on this topic, and the peculiarity was that the experimental group used computer simulations as a complement.

Based on the results presented in the studies, it is shown that students working with the help of computer modeling scored significantly higher scores in their tasks. After analyzing the results, it is confirmed that computer modeling can be used as an additional teaching tool that helps to increase the level of thinking of students, as well as to develop systemic ideas about phenomena in physics. In the course of research using modeling, on average, 6 out of 10 students achieved good results. The importance of teaching using computer models, organizing the student's interaction with the model to participate in active research activities is revealed. It was also found that computer models can be used both in distance learning and in traditional learning, including with network support.

The result of the research is that the training of physics teachers in computer modeling can be used internationally in the training of future physics teachers, enhancing their intellectual abilities, contributing to the performance of mental operations and the development of intelligence in general.

Keywords: teaching methods, computer modeling, training experiments in physics, speed, acceleration, free fall acceleration.

Б.У. Эргашбаев¹, Н.А. Шектибаев², Б.А. Курбанбеков³

¹*Магистрант Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясауи*

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

²*PhD, старший преподаватель Международного
казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясауи
(Казахстан, г. Туркестан), e-mail: Nurdaulet.Shektibaev@ayu.edu.kz*

³*PhD, старший преподаватель Международного
казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясауи
(Казахстан, Туркестан), e-mail: bakytzhan.kurbanbekov@ayu.edu.kz*

Компьютерное моделирование физических явлений

Аннотация. В данной статье представлены аспекты применения информационных технологий на уроках физики, в частности работа учащихся с компьютерными моделями. Данная работа способствует повышению интереса учащихся к изучению предмета и уровня мышления.

Актуальность темы заключается в том, что использование компьютерных моделей различных физических процессов и явлений позволяет учащимся видеть явления, которые часто невидимы человеческому глазу, а в некоторых случаях невозможны на практике и в жизни, способствуя эффективности преподавания физики и позволяя им понять механизмы физических явлений.

С целью определения преимуществ компьютерного моделирования были проведены исследования двух групп учащихся 9 класса (контрольных и экспериментальных), изучено их общее понимание при использовании компьютерного моделирования, определена роль компьютерного моделирования в понимании понятий скорости и ускорения в движении тела. К двум группам применялась одна и та же традиционная форма обучения по этой теме, и особенность заключалась в том, что экспериментальная группа использовала компьютерное моделирование в качестве дополнения.

Результаты, приведенные в исследовании, показывают, что учащиеся, работающие с помощью компьютерного моделирования, набрали значительно более высокие баллы в своих заданиях. Анализируя результаты, компьютерное моделирование подтверждает, что его можно использовать в качестве дополнительного учебного пособия, чтобы помочь учащимся повысить свой уровень мышления и развить системное понимание явлений в физике. Использование моделирования в ходе исследований показало, что в среднем 6 из 10 студентов достигли хороших результатов. Определена важность обучения с использованием компьютерных моделей, организации взаимодействия учащегося с моделью для участия в активной исследовательской деятельности. Также было обнаружено, что компьютерные модели можно использовать как в дистанционном обучении, так и в традиционном обучении, включая сетевую поддержку.

Результаты исследований показывают, что обучение учителей физики компьютерному моделированию может повысить их интеллектуальные способности, способствовать умственным операциям и развитию общего интеллекта и может быть использовано на международном уровне при подготовке будущих учителей физики.

Ключевые слова: методика обучения, компьютерное моделирование, учебные эксперименты по физике, скорость, ускорение, ускорение свободного падения.

Кіріспе

Қазіргі таңда компьютер мен компьютерлік технологиялар оқыту, тәрбиелеу, қарым-қатынас, көрнекілік құралы ретінде маңызды бола бастады және оны кем дегенде пайдаланушы деңгейінде игеру қоғам өміріне тиімді қатысу шарттарының біріне айналды. Қазіргі қоғамдағы оқу процесін дамыту, оқушылардың оқу пәніне деген қызығушылығын арттыру, сабақта көрнекілік, уақытты үнемдеу үшін оқытушыларға қосымша білім беру мақсатында компьютер мен компьютерлік технологияларды қолдану қажет. Орта мектептерде ғылым негіздерін оқытуды компьютерлендіру қазіргі заманғы педагогикалық ғылымның басым міндеттерінің бірі болып табылады, өйткені мектеп өмірінің барлық аспектілерінің жетістігі, оқу процесін оңтайландыру оны шешуге тікелей байланысты.

Ресейлік бірнеше авторлардың зерттеулері бойынша компьютерлік модельдеу кәсіптік-педагогикалық қызметі: теория және практикасы жайында өз зерттеулерін жүргізді [1]. Оқу процесінде компьютерлік модельдеуді қолданудың аспектілері С.А. Бешенков, Е.А. Ракитина

еңбектерінде көрсетілген [2]. Ал интерактивті дәрістер көрсетілімдеріне компьютерлік қолдау (CSCL) бірлескен оқыту қызметі ретінде қарауды америкалық зерттеушілер өз еңбектерінде қарастырды [3]. Және де Малайзиялық бірнеше зерттеушілер виртуалды шындықты қолдана отырып электромагнетизмнен тәжірибелер: оқушылардың ағындық тәжірибесіне және оқытудың тиімділігіне әсерін қарастырды [4]. Шығыс авторларына келетін болсақ Модельдеу негізінде физиканы оқытуды қолдаудың әсері туралы өз еңбектерінде қарастырған болатын [5]. Басқа елдерде де бұл бағыт бойынша көптеген ғалымдар зерттеулер жүргізген болатын. Солардың ішінде Абдурахманова З.К. Білім беру жүйесіндегі компьютерлік модельдеу маңыздылығын ашып көрсетті [6].

Еліміздегі зерттеушілерге келетін болсақ, модельдер не үшін қажет деген сұраққа төмендегідей анықтамалар келтірілген: Модель – 1) қасиеттері белгілі бір мағынадағы жүйенің немесе процестің қасиеттеріне ұқсас объектілер немесе процестер жүйесі; 2) сериялы бұйымдарды жаппай өндіруге арналған үлгілері мен эталон; кез-келген бір объект жұмысы, мысалы, процессордың жұмыс істеуін модельдейтін программа немесе құрылғы. Ол материалдық объект түрінде, математикалық байланыстар жүйесі ретінде немесе құрылымды имитациялайтын программа түрінде құрастырылады да, қарастырылатын объектінің жұмыс істеуін зерттеу үшін қолданылады. Модельге қойылатын негізгі талап – оның қасиеттерінің негізгі объектіге сәйкес келуі, яғни парапарлығы.

Модельдеу (Simulation) – кез-келген құбылыстардың, процестердің немесе объект жүйелерінің қасиеттері мен сипаттамаларын зерттеу үшін олардың үлгісін құру (жасау) және талдау; бар немесе жаңадан құрастырылған объектілердің сипатын анықтау немесе айқындау үшін олардың аналогтарында (моделінде) объектілердің әртүрлі табиғатын зерттеу әдісі.

Модель дегеніміз – нақты объектіні, процессті немесе құбылысты ықшам әрі шағын түрде бейнелеп көрсету.

Модельдеу – объектілерді, процестерді немесе құбылыстарды зерттеу мақсатында олардың моделін (макетін) құру [7].

Компьютерлік модельдердің, ақпараттық модельдерден сапалық айырмасы жоқ. Компьютерлік модельдеуді өзіндік ерекшеліктеріне орай ақпараттық модельдеудің ерекше түрі деп айтуға болады. Компьютерлік модель: 1) таңдалынған бағдарламалық ортаға бейімделінген ақпараттық модельді ұсыну формасы; 2) бағдарламалық ортаның құралдарымен жасалынған модель [8].

Компьютерлік модельдеу, есептеу тәжірибесі – басқа зерттеу әдістерімен салыстырғанда өзіне тән ерекшеліктері, артықшылықтары және кемістіктері бар күрделі объектілер мен жүйелерді оқып үйренудің заманауи әдістері [9]. Модельдеудің компьютерлік бағдарламасы студенттерге физикалық механикалық құбылыстарды өз бетімен зерттеуге және сонымен бірге қажетті практикалық дағдыларды қалыптастыруға мүмкіндік беруі өзекті болып табылады.

Қазіргі кезде компьютерлік модель ретінде:

– өзара байланысты компьютерлік суреттердің, кестелердің, схемалардың, диаграммалардың, графиканың, анимациялық фрагменттердің, гипертекстердің көмегімен сипатталған объектінің шартты бейнесі айтылады.

Қазіргі кезде компьютерлік модельдеу мен есептеу тәжірибесі ғылыми танымның жаңа құралы және маңызды әдісіне, сонымен қатар күрделі, сызықты емес жүйелерді зерттеудің қажеттілігінен жаңа технологияға айналып отыр, себебі біздің қоршаған әлем туралы біліміміз сызықты және детерминерленген, ал процестер сызықты және стохастикалық болып табылады [10]. Сонымен қатар, динамикалық компьютерлік модельдерді практикада қолдану мысалдары [11], физиканың компьютерлік әдістері [12], еңбектерінде физикалық маятниктер және математикалық маятниктердің қозғалыстарын зерттеп үйреніп, олардың графигін модельдеуде және есеп шығаруда қолданылатын амалдарды ашып көрсеткен. Математикалық және компьютерлік модельдеу негіздері туралы оқулықта модельдеудің

мысалдары мен түрлері келтірілген [13]. Сонымен қатар физикалық құбылыстарды түсіндіруде динамикалық компьютерлік модельдерді пайдаланып оқытудың да артықшылықтарын көрсеткен [14].

Жалпы зерттеу болжамы – оқушылардың физикалық құбылыстарға қатысты сенімдері мен түйсік жүйесі негізінен олардың күнделікті тәжірибесінен алынған. Мұндай сенім мен түйсік жүйелері әдетте ғылыми теориялар мен білімге сәйкес келмейді, олар дұрыс емес түсініктерге жатады. Ғылыми зерттеулер оқушылардың жердің гравитациялық өрісіндегі қозғалыс туралы идеялары, әдетте, нақты құбылыстардың тікелей тәжірибесінен алынған аристотельдік идеяларға негізделген деп болжайды. Зерттеулер көрсеткендей орта мектеп оқушыларының (және кейде университеттің) білімі нақты әлемнің қарапайым физикалық құбылыстарын түсіндіруде тиімді емес фактілерден тұратынын көрсетті. Зерттеу нәтижелері сонымен қатар дәстүрлі оқыту қате түсініктермен күресуде тиімсіз екенін анықтады. Мысалы, оқушылардың жылдамдық пен үдеу туралы идеяларын дәстүрлі оқыту әдістерімен жүзеге асыру оңай емес деп саналады. Оқушылар көбінесе жылдамдықты қозғалатын заттардың орналасуымен байланыстырады, жылдамдық пен үдеуді шатастырады немесе олардың арасындағы ұқсастықтардан шатасады және қозғалыстардың графикалық көріністерін бейнелеуде үлкен қиындықтарға тап болады.

Бүгінгі таңда білімгерлердің белсенді білім алуын ынталандыруға бағытталған және сыныпта, тіпті физика зертханасында құру өте қиын, қымбат немесе көп уақытты қажет ететін жағдайларда жұмыс істеуге мүмкіндік беретін көптеген ақпараттық коммуникациялық технология қосымшалары бар. Мұндай ақпараттық коммуникациялық технология қосымшаларын қолдану физикалық білім берудің жаңа зерттеу саласын құрды, өйткені ол физиканы оқыту түсінілетін және жүзеге асырылатын шеңберді түбегейлі өзгертті. Әр түрлі ақпараттық коммуникациялық технология қосымшаларының ішінде компьютерлік модельдеу физиканы оқытуда ерекше маңызға ие. Жаттығулар мұғалімдердің оқу мүмкіндіктерін кеңейтуге және оқушылардың белсенді қатысуына ықпал етуге бағытталған жаңа білім беру орталарын ұсынады. Компьютерлік модельдеу тұжырымдамалар мен процестерді модельдеуге көптеген мүмкіндіктер береді. Модельдеу оқушылардың бұрынғы білімі мен жаңа физикалық тұжырымдамаларды зерттеу арасындағы байланысты қамтамасыз етеді, және де білім алушыларға өздерінің қате түсініктерін белсенді түрде қайта дұрыстауға мүмкіндік беру арқылы ғылыми түсінікті дамытуға көмектеседі. Атап айтқанда, бұл білім алушыларға мүмкіндік беретін ашық оқу орталары:

- гипотеза жасау және идеяларды тексеру процесі арқылы олардың құбылыстар мен физикалық заңдылықтар туралы түсініктерін дамыту;
- параметрлерді оқшаулау және басқару, осылайша оларға физикалық ұғымдар, айнымалылар мен құбылыстар арасындағы байланысты түсінуге көмектеседі;
- негізгі ұғымдарды, қатынастарды және процестерді түсіну үшін пайдалы әртүрлі көріністерді (суреттер, анимациялар, графика, векторлар және сандық деректерді көрсету) пайдалану;
- физикалық әлем туралы өз идеялары мен психикалық модельдерін білдіру, және
- сыныпта немесе зертханада түсіну қиын болған құбылыстарды зерттеу, өйткені олар өте күрделі, және техникалық жағынан күрделі немесе қауіпті, көп ақша немесе көп уақытты қажет ететін немесе өте тез жүретін құбылыстар мен процестерді толығымен зерттеу.

Оқушылардың физика туралы идеяларын түрлендіру және білім кемшіліктерін түзету дәстүрлі оқыту тәсілдерінен асып түседі, өйткені олар оқушылардың қабылдауы мұғалімнің қабылдауынан өзгеше болуы мүмкін екенін ескермейді.

Зерттеу жұмысының мақсаты – компьютерлік модельдеудің жоғары сынып оқушыларының жердің гравитациялық өрісіндегі қарапайым қозғалыстарға қатысты негізгі кинематикалық ұғымдарды түсінуіне әсерін зерттеуге бағытталған.

Осы мәселелер бойынша қосымша зерттеулер оқытуды жақсарту үшін, сондай-ақ оқытудың жаңа жағдайларын жобалау мен дамыту үшін өте пайдалы болуы мүмкін. Сондықтан оқыту тәсілдерін жетілдіруге қатысты маңызды міндеттердің бірі

– оқушылардың физиканы оқытуда белсенді қатысуына ықпал ететін компьютерлік құралдардың тиімділігін зерттеу болып табылады.

– оқушылардың танымдық шектеулері және жердің гравитациялық өрісіндегі қарапайым денелердің қозғалысындағы жылдамдық пен үдеу туралы идеялар зерттеледі.

Алынған деректерді талдау көрсеткендей, модельдеу оқушыларға әртүрлі қате түсініктерге байланысты танымдық шектеулерді жеңуге көмектеседі. Бұл зерттеу интерактивті физика көмегімен компьютерлік модельдеуге негізделген баламалы оқу нәтижелерін ұсынады.

Зерттеу әдістері

Компьютерлік модельдер әр түрлі эксперименттер мен құбылыстарды көрнекі динамикалық иллюстрациялауға, нақты эксперименттерде бақылауға болмайтын құбылыстарды көруге мүмкіндік береді. Оқыту процесіне компьютерлік енгізу физикалық процестердің өңделген модельдер, яғни виртуальдық модельдеу негізінде демонстрациялық қана емес, сонымен бірге зерттеушілік-конструкторлық жұмыстарды орындауға болады. Шынында, көлемі күннен-күнге артатын ақпарат пен сапалы және терең білімді қамтамасыз ету арасында, маманды көп кәсіпті даярлауға есептелінген ақпараттық ортаны құру мен әдістемелік қамсыздандудың жоқтылығы арасында, білімнің іргелі және қолданбалы есепке есептелінген мамандардың көп қырлы, кәсіптік қызығушылығы арасында пайда болған қарама-қайшылықтарды жеңу үшін реалды шешу жол болып табылады.

Зерттеу нысаны ретінде 9-сынып оқушыларынан екі топқа бөлініп зерттелді. Біріншісіне бақылау тобы ретінде 20 оқушы және эксперименттік топ ретінде 20 оқушы алынды. Зерттеу Түркістан қаласының № 20 орта мектебінде орындалды. Зерттеуге қатыспас бұрын барлық оқушылар сыныпта осы тақырыптар бойынша дәстүрлі оқудан өткендігі анықталып, физикалық зертханада ешқандай эксперименттік жұмыстар жүргізілген жоқ. Жұмыс барысында бақылау тобына дәстүрлі оқыту түрі қолданылып, ал эксперименттік топқа компьютерлік модель көмегімен сабақтар жүргізілді.

Зерттеулер жүргізу барысында жалпы ғылымдық зерттеу әдістерінің ішінен:

- Бақылау әдісі;
- Салыстыру;
- Эксперимент әдісі;
- Талдау және сараптау әдістері;
- Индукция әдісі.

Дәлірек айтқанда екі топтың бастапқы деңгейлерін анықтауда бақылау әдісі қолданылып топтардың білімдері салыстырылды. Оқушылардың зерттеуге қатысқанға дейінгі қызметі (сыныпта және үйде) математикалық теңдеулер есептерін шешуге және сандық нәтижелерді алуға негізделген дәстүрлі әдістермен шектелгендігі бақыланды. Эксперименттік топтың білімгерлері траекторияның басқа түрлерімен тәжірибе жасау үшін модельдеуді қолданбаған. Кейін эксперименттер нәтижелерін талдай және сараптай келе жалпы қорытындыға келді.

Зерттеу барысында эксперименттік топтың оқушылары тиісті тақырыптар бойынша дәстүрлі аудиториялық білім алғаннан кейін шамамен екі аптадан кейін өтті. Эксперименттік топтың барлық білімгерлеріне компьютерлік сыныпта 1 сағаттық екі сабақ ұсынылды. Бірінші сабақ барысында зерттеушімен бірлесе отырып, қарапайым кинематикалық құбылыстарды бейнелеу және еркін құлау заңдылықтарын талдау үшін интерактивті физика қолданылды. Сонымен қатар, барлық оқушылардың модельдеу ортасымен танысу үшін қысқа тәжірибе кезеңі болды. Екінші сабақ барысында оқушылар интерактивті физикалық

көріністерді қолдануды талап ететін тапсырмаларды орындады. Оқушылардың модельдеуге қатысуы дененің еркін құлауын зерттеумен шектелді. Субъектілерге денелер массасын немесе тұрақты ауырлық күшін өзгерту, болжамдар жасау, түсініктемелер беру және компьютер экранында шешімдерінің нәтижелерін бақылау ұсынылды.

Олар сонымен қатар әр түрлі модельдеу бағдарламалар жасақтамасы ұсынған өлшеуіштерді әртүрлі физикалық шамаларды графикалық түрде бейнелеу, физикалық ұғымдар арасындағы қатынасты түсіну және физикалық заңдарды терең ұғыну үшін қолданды.

Интерактивті физика – бұл Ньютон механикасының негізгі принциптерін модельдейтін екі өлшемді виртуалды физика зертханасы. Модельдеу механизмі бағдарламалауды қажет етпейді. Жүйе шығарған модельдеу сандық талдаудың екі әдісіне негізделген, жылдам және дәл әрі экрандағы объектілер эволюциясының шынайы көрінісімен ерекшеленеді. Модельдеу кезінде бірқатар физикалық шамаларды (жылдамдық, үдеу, импульс, бұрыштық импульс, кинетикалық энергия және т.б.) векторлық, цифрлық, графикалық немесе бағаналы түрде өлшеуге мүмкіндік бар. Интерактивті физика, бірқатар өзара қарым-қатынас объектілері ретінде, қысқаша айтқанда достық интерфейсті ұсынады, мысалы:

– оқушыларға диалогтық терезелерді шақырмай-ақ тікелей жұмыс кеңістігіне командалар қосуға мүмкіндік беретін батырмалар;

– оқушыларға модельдеу алдында және модельдеу кезінде модельдеу параметрлерін реттеуге мүмкіндік беретін басқару элементтері; және

– тиісті физикалық шамаларды сандық, графикалық немесе графикалық түрде өлшеуге мүмкіндік беретін есептегіштер. Кез келген есептегіштен алынған деректерді электрондық кестелер немесе графикалық пакеттер сияқты басқа қолданбаларға экспорттап көшіруге болады.

Интерактивті физика – физиканы оқытуда

– құбылыстар мен процестерді модельдеуге және бейнелеуге арналған виртуалды физикалық зертхана;

– оқушылар өз идеялары мен психикалық үлгілерін көрсете алатын, болжам жасай алатын, физикалық заңдылықтарды шығара алатын және мәселелерді шеше алатын мәнерлі орта ретінде қолдануға болады.

Физикалық зертханаларда траекториялық қозғалыспен тәжірибе жасау қиын, өйткені ол білім алушылардан тиісті эксперименттік дағдыларды, сондай-ақ стробоскоптарды қолдану дағдыларын қажет етеді. Интерактивті физика арқылы модельдеу – бұл керемет оқу және педагогикалық артықшылықтарды ұсынатын балама тәсіл. Кинематикалық құбылыстың стробоскопиялық көрінісі және позициясы мен жылдамдықты бір уақытта көрсету оқушылар тәжірибе жасай алатын, физикалық заңдылықтарды зерттей алатын, жобалау немесе болжам жасай алатын, қорытынды жасай алатын ашық ортаны қалыптастырады. Олар өздерінің эксперименттерін тиісті қозғалыс заңдары мен принциптерін түсіну үшін қажет болғанша қайталай алады.

Талдау мен нәтижелер

Зерттеу әдісі ашық сұрақтарға негізделген сауалнама түрінде болды. Сауалнама екі топтың барлық оқушыларына таратылды. Оқушыларға тапсырмалардағы сұрақтарға жауап беру және жауаптарға қажетті түсініктеме беру тапсырылды. Нақтырақ айтқанда тапсырмалардағы эксперименттік процесстерді сапалы бағалау ұсынылды. Сауалнамада екі бірдей гравитациялық өрісте қозғалатын шарлардың жылдамдығы мен үдеуіне қатысты 3 сұрақ берілді.

1. Бірдей биіктіктен екі еркін құлаған шарларға қатысты.
2. Әр түрлі биіктіктен еркін құлаған екі допқа қатысты.

3. Еркін құлаған доп және көлденең лақтырылған доптың жылдамдығы мен үдеуінің айырмашылықтарына қатысты болды.

Оқушылардан сауалнама арқылы берілген сұрақтарға жауаптар алынып нәтижелерге талдау жасалынды. Нәтижелерді талдау барысында оқушылардың берілген сұрақтарға жауап берулері талданып, дұрыс немесе дұрыс емес жауап берулеріне байланысты 3 санатқа жіктелінді:

А санаты: Дұрыс жауаптар, қойылған сұраққа дұрыс жауап берген және жауаптарға тиісті түсініктемелер келтірілген;

Б санаты: Толық емес жауап берген немесе нақты мысал келтірмеген;

В санаты: Жауап бермеген немесе тақырыпқа мүлдем қатысы жоқ сұрақтарға жауап берген.

Бірінші (1) тапсырма бойынша 1-кестеде көрсетілген мәндерге сәйкес бақылау тобында 38,3%, ал эксперименттік топта 10% оқушы қате жауап берген. Алайда кейбір оқушылар толық жауап бермегендеріде болды. Оның мысалдары төмендегідей:

- Екі доптың жылдамдығы бірдей, өйткені олар бір уақытта құлайды;
- Екі доптың жылдамдығы бірдей, өйткені ауаның қарсылығын елемеген болады;
- Екі доптың жылдамдығы бірдей, өйткені оларға ешқандай күш әсер етпейді.

Оқушылардың жауаптарын талдауда жиі кездесетін қате түсінік Аристотельдің еркін құлау туралы идеяларына негізделген. Бақылау тобының білімгерлерінің елу пайызы доптың жылдамдығы пропорционалды немесе оның салмағына байланысты деп санаған сияқты. Екінші жағынан, эксперимент тобының 30%-ы да осындай сенімге ие.

1-кесте – Бір уақытта бірдей биіктіктен еркін құлаған екі шардың жылдамдығын салыстыру сұрағы бойынша алынған нәтижелер

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	3 оқушы (11,7%)	12 оқушы (60%)
Толық емес жауап	10 оқушы (50%)	6 оқушы (30%)
Қате жауап	7 оқушы (38,3%)	2 оқушы (10%)

Бақылау топ оқушыларының тек 11,7%-ы ғылыми тұрғыдан дұрыс жауап берді, өйткені екі доптың жылдамдығы бірдей, себебі еркін құлау тек тұрақтыға байланысты екенін келтірген.

Ал екінші (2) тапсырма бойынша жауап нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте – Бірдей уақытта бірдей биіктіктен құлаған екі доптың үдеуін салыстыру сұрағы бойынша алынған нәтижелер

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	7 оқушы (38,3%)	9 оқушы (45%)
Толық емес жауап	10 оқушы (50%)	7 оқушы (35%)
Қате жауап	3 оқушы (11,7%)	4 оқушы (20%)

Кестеден бақылағанымыздай дұрыс жауап берген екі топ білімгерлерінің деңгейлері айтарлықтай үлкен еместігіне көз жеткізуге болады. Ал толық жауап бермеген білімгерлерге келсек, жауаптар арасында:

Екі доптың үдеуі бірдей, өйткені олар бір уақытта түседі.

Екі доптың үдеуі бірдей, өйткені олар бірдей биіктіктен құлайды

деген толық емес жауаптарда кездесті. Оқушылардан жиі анықталған қателіктер үдеу доптың салмағына байланысты деп қарастырғанын байқауға болады. Бұл білімгерлердің алдыңғы сұрақтағы жылдамдыққа қатысты бірдей түсінікті қолданған сияқты.

3-кесте – Әр түрлі биіктіктен бірдей уақытта еркін құлаған екі шардың жылдамдығын салыстыру тапсырмасының нәтижелері

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	6 оқушы (30%)	11 білімгер (55%)
Толық емес жауап	9 оқушы (45%)	6 білімгер (30%)
Қате жауап	5 оқушы (25%)	3 білімгер (15%)

Үшінші (3) тапсырма бойынша сұрақтың күрделілігіне байланысты бақылау тобында дұрыс жауап берушілер саны аз екенін аңғаруға болады. 3-кестеде эксперименттік топтан 55%, бақылау тобынан 30% дұрыс жауап берген. Ал кейбір білімгерлер мүлдем жауап бермеген.

Берілген жауаптар арасында:

Екі допта бірдей жылдамдыққа ие, сондықтан екеуіде бірдей гравитациялық үдеумен құлайды.

Екі доп жылдамдығы бірдей, сондықтан үдеу тең болады, бірақ жақын биіктіктен тасталған доп ерте түседі.

Екі доптың жылдамдығы бірдей, өйткені олар еркін түседі.

сияқты жауаптар Б санатына ендірілді. Себебі жауаптар толық әрі нақты берілмеген.

Төртінші (4) берілген сұрақ бойынша алынған жауап нәтижелерінің статистикасы 4-кестеде келтірілген.

4-кесте – Әр түрлі биіктіктен бірдей уақытта еркін құлаған екі доптың үдеуін салыстыру сұрақ жауаптарының статистикасы

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	5 білімгер (25%)	13 білімгер (65%)
Толық емес жауап	8 білімгер (40%)	5 білімгер (25%)
Қате жауап	7 білімгер (35%)	2 білімгер (10%)

Кестеден байқалып тұрғандай бақылау топқа қарағанда екі есе көп эксперименттік топ оқушылары дұрыс жауап берген. Бақылау топтың 40%-ы толық жауап бере алмаған болса, эксперименттік топтың тек 2 оқушысы ғана қате жауап берген. Яғни, эксперименттік топ білімгерлері «үдеу» шамасы бойынша тақырыпты жақсы меңгергендігі байқалады. Ал бақылау тобы көбінесе толық жауап беруге қиналған, өйткені жылдамдық пен үдеу шамаларының өзгешелігіне нақты мән бермеген.

Ал (5) және (6) тапсырмалар бойынша алынған жауаптар статистикасы төменде көрсетілген.

5-кесте – Белгілі бір биіктіктен еркін құлаған доп пен көлденең лақтырылған доптың жылдамдықтарын салыстыру

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	3 білімгер (15%)	7 білімгер (35%)
Толық емес жауап	7 білімгер (35%)	9 білімгер (45%)
Қате жауап	10 білімгер (50%)	4 білімгер (20%)

5-кестеден көріп отырғанымыздай (5) сұрақ бойынша дұрыс жауап берген оқушылар саны азырақ, өйткені 5-ші және 6-сұрақтардың берілгені алдыңғы 4 сұраққа қарағанда күрделі екенін байқауға болады. Алдыңғы төрт сұрақтарда 1 мен 2-сұрақтарда уақытта биіктікте бірде болса, 3 және 4-сұрақтарда тек бірдей уақыт берілгендігін көреміз. Қарапайым физика курсына да оқушылардың есеп шығару барысын қарастыратын болсақ, бір тақырыпқа байланысты есеп берілетін болса, егер екі есептің де шарттары бірдей болып тек қана сан мәндері өзгертін болса онда оқушы ол екі есепті да бір жолмен шығарады, бірақ тек алгебралық есептеулер жүргізгенде сан мәндерін алдыңғы есептегі сан мәндерімен емес, сол есептегі сан мәндерімен есептейді сонда тек жауаптағы сандық өлшемдері ғана өзгеше болады. Сол сияқты 1 мен 2-сұрақтарда тек сан мәндері ғана басқаша ал берілгені бірдей болғандықтан бұл сұрақтар тақырыпты түсінген оқушы үшін онша көп қиындық тудырмайды. 3 пен 4-сұрақта осы сияқты тек онда бірдей шама алдыңғыдай екеу емес тек біреу ғана. Яғни осы берілгендерінен байқайтынымыз сұрақтар деңгейлеп оңайдан қиын сұрақтарға қарай берілгендігін байқауға болады. Ал 5 пен 6-сұрақтарда мүлдем басқаша. Дәлірек айтсақ адыңғы есептерде екі доптардың да бастапқы жылдамдықтары нольге тең болса, соңғы екі сұрақта тек бір доптың ғана еркін түсетіндігін айтып тұр, ал екінші доптың лақтырылғандығын, яғни бастапқы жылдамдығы мен үдеу белгілі бір мәнге ие екендігін соңғы сұрақтардан білуге болады.

Сұрақтардың деңгейлері бойынша соңғы екі сұрақ күрделі деңгей болғандықтан 5-кестеден дұрыс жауап берген білімгерлер санының аз екендігін байқауға болады. Эксперименттік топтан дерлік 50 пайыз оқушылар толық жауап бере алмаған болса бақылау тобынан білім алушылардың жартысы қате жауап берген немесе мүлдем жауап жазбаған.

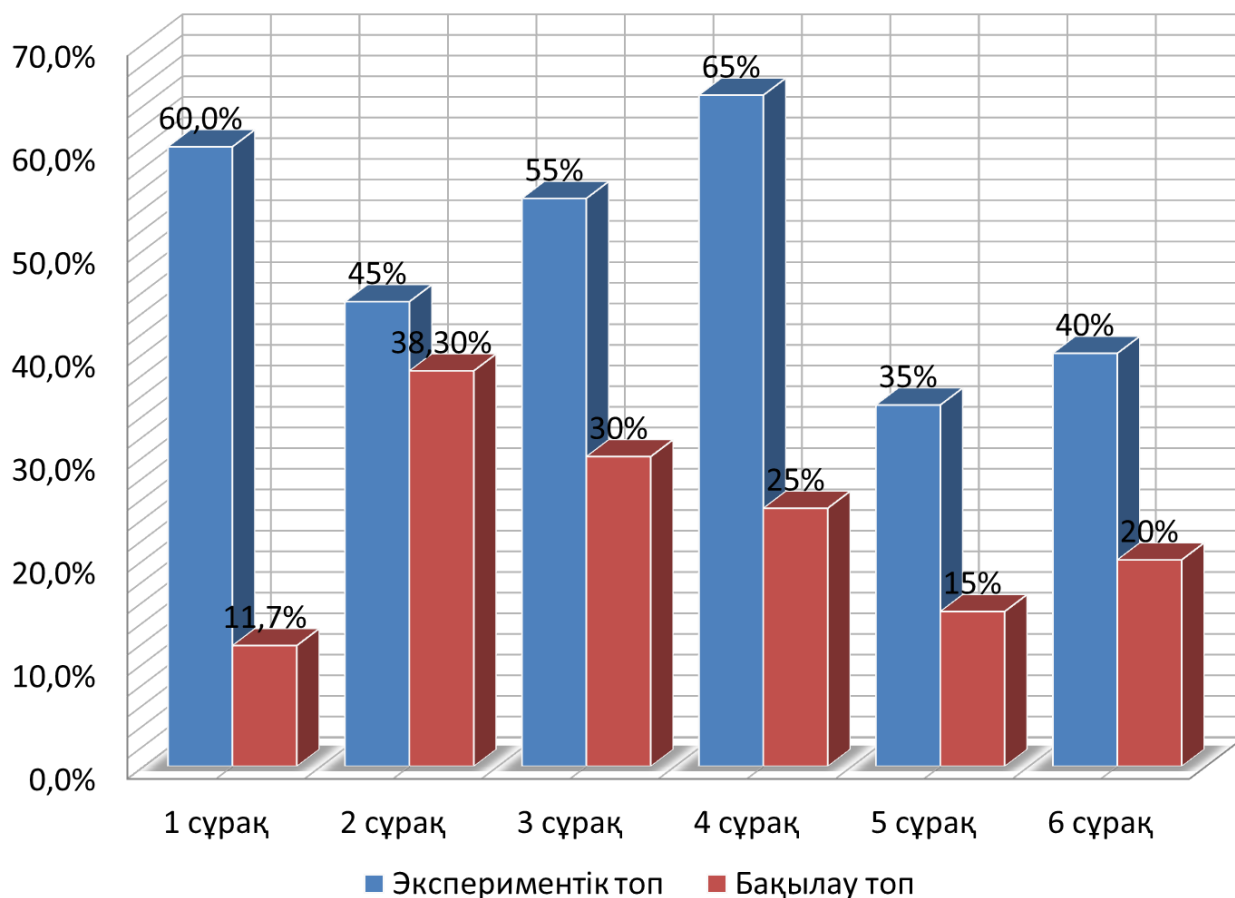
6-кесте – Белгілі бір биіктіктен еркін құлаған доп пен көлденең лақтырылған доптың үдеулерін салыстыру

Санаттар	Бақылау тобы–20 (100%)	Эксперименттік топ–20 (100%)
Жауаптары дұрыс	4 білімгер (20%)	8 оқушы (40%)
Толық емес жауап	7 білімгер (35%)	8 оқушы (40%)
Қате жауап	9 білімгер (45%)	4 оқушы (20%)

Негізінен берілген соңғы екі тапсырманың да (5) және (6) шарты бірдей дерлік, тек қана табылатын мәндерінде ғана өзгешелік бар. Соңғы екі тапсырма қалған сұрақтарға қарағанда күрделі болғандықтан дұрыс жауап берушілер саны аз. Екі тапсырма бойынша да дұрыс жауап беруіне байланысты статистика мәндеріне қарайтын болсақ, бақылау топ оқушылары эксперименттік топ оқушыларына қарағанда екі есе аз екені көрініп тұр. 6-кестеде келтірілген пайыздық мәндерге назар аударатын болсақ, эксперименттік топ оқушылары бақылау топ оқушыларына қарағанда екі есе көп білімгер дұрыс жауап келтірген.

Толық емес жауап берген оқушылардың жауаптарына талдау жасайтын болсақ көбісі жылдамдық пен үдеу ұғымдарының бір-біріне тәуелді екендігін, жылдамдық пен үдеудің

өлшем бірліктерін талдап, бірі екіншісіне тікелей байланысты екендігін келтірген, бірақ нақты түрде еркін құлаған доп пен лақтырылған доп үдеулерінің айырмашылықтарын түсіндіруге қиналғандығы байқалды.



1-сурет – Екі топ жауаптарының статистикасы

1-суретте эксперименттік және бақылау топтарының дұрыс жауаптары бойынша алынған нәтижелері салыстырылған. Екі топтағы оқушылардың едәуір бөлігі үдеу ұғымына байланысты тиісті кинематикалық сипаттамаларды емес, негізгі дәлелдеу элементі қозғалыс түрі болатын негіздерге сүйенді. Бұл оқушылар ауырлық күшіне байланысты үдеу қозғалысқа тәуелсіз әрекет ететінін түсінбеді. Екінші жағынан, эксперименттік топ білімгерлерінің 65%-ы дұрыс жауап берді. Бұл олардың объектінің жердің гравитациялық өрісіне қозғалысы кезінде үдеу ұғымын түсінгендерін көрсетеді. Сипаттамалық статистиканың нәтижелері екі топтың арасында айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетеді. 1-суретте екі топ үшін оқушылардың дұрыс жауаптарының салыстырмалы диаграммасы келтірілген. Жалпы айтқанда, модельдеуге негізделген білім беру ортасы оқушыларға танымдық шектеулерді және траектория бойынша қозғалыс туралы дұрыс емес түсініктерді жеңуге көмектесетіні айқындалды.

Қорытынды

Зерттеулер нәтижелерін талдай келе физика пәнін оқуда және оқытуда компьютерлік модельдеуді қолдану ұсынылады. Оның көмегімен оқушылардың сабақ үлгеріміне және де ойлау мүмкіндіктерін арттыратынына көз жеткізуге болады. Талдаулар көрсеткендей, оқушылардың берген жауаптарында жылдамдық пен үдеу шамаларына қатысты екі топ жауаптары арасында айырмашылықты байқауға болады.

Оқушылардың берген жауаптарын сапалық тұрғыдан алғанда жауап түрлерінің ауқымы бірдей типтегі ұқсас тұжырымдамаларды көрсететін екі топ үшін де бірдей, бірақ өсу жиілігіне байланысты әр түрлі болды.

Компьютерлік модельдеудің физиканы оқытудағы рөлі жайындағы болжам расталды. Модельдеу көмегімен білім беру оқушылардың танымдық деңгейлерін кеңейтуге көмектесетіні байқалды. Нақтырақ, берілген тапсырмалар бойынша оқушылардың үлгерімінің айтарлықтай жақсарғаны көрінеді. Эксперименттік топтағы 10 оқушының шамамен 6-ы траектория бойымен қозғалу кезінде үдеу тұрақты ауырлық күшіне тең екенін және әр қозғалыстың ерекше контекстік сипаттамаларына тәуелді емес екенін түсінгендігі байқалды. Эксперименттік топ оқушыларының таным деңгейі айтарлықтай жақсарды. Компьютерлік модельдеудің көмегімен жұмыс істеу оқушылардың танымдық шектеулерін кеңейтуге және жылдамдық пен үдеу шамаларының айырмашылықтары мен ұқсастықтарын ажырата білуге және тиімді қолдануға көмектеседі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Андалоро Г., Белломонте Л. и Сперандео-Минео Р. М. Компьютерная обучающая среда в области ньютоновской механики. – Лондон: Изд-о Международный журнал научного образования. – 1997. – 19. 660–682 с.
2. Бешенков С.А, Ракитина Е., Миндзаева Э. – Россия: Изд-во Кибер Ленинка. Информационное образование в России. Знание. Понимание. Умение. – 2013. № 3. С. 42–51.
3. Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. – Москва: Издательский центр «Академия». – 2010. – 17 с.
4. Ван Дж., Джоу М., Дунхуэй Г. Исследование влияния основанной на моделях исследовательской педагогики на исследовательские навыки учащихся в виртуальной физической лаборатории. – Нидерланды: Издательство Elsevier Science Publishers BV. Компьютеры в человеческом поведении. – 2015. – 49. 657 – 670 с.
5. Цзиньин В., Яочжун Л., Мин Дж., Цзинбин Ч. Исследование влияния облачной педагогики на творческие таланты: тематическое исследование китайской средней школы. – Нидерланды: Издательство Elsevier Science Publishers BV. Компьютеры в человеческом поведении. – 2016. – 63. 228–240 с.
6. Дьячук П., Лариков В. Применение компьютерных технологий обучения в средней школе. – Красноярск: Изд-во КГПУ. – 1996. – 167 с.
7. Щербаков Н.Р. Математическое и компьютерное моделирование динамического состояния систем передачи движения. Автореф. дис. ... д-ра ф.-м. наук: – Томск: ГОУ ВПО «Томский государственный университет». – 2009. – 30 с.
8. Ильина В.А., Силаев П.К. Численные методы для физиков-теоретиков — Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2004. – 118 с.
9. Бисенгалиева А.М., Бапиев И.М., Касымова А.Х. ЖОО-ның техникалық мамандық студенттеріне арналған физикалық процестерді компьютерлік модельдеу. – Орал. Баспагер: Жәңгір хан атындағы БҚАТУ. – 2014. – 131 б.
10. Физикалық оқу эксперименті арқылы оқушылардың танымдық ізденімпаздығын қалыптастыру. – Алматы: Қазақстан жоғары мектебі. – 2008. – №4. – Б. 52 –54.
11. Абдыкеримова Э.А. Динамикалық компьютерлік модельдерді практикада қолдану мысалдары. – Алматы: Қазақстан жоғары мектебі. – 2004. – №1. 132 – 142 б.
12. Нұрқасымова С.Н., Ашуров Ә.Е. Физиканың оқытудың компьютерлік әдістері. Оқу құралы. Алматы. – 2016. – 173 б.

13. Сұлтанов М.А. Математикалық және компьютерлік модельдеу негіздері. – Алматы: Оқулық. – 2014. – 299 б.
14. Абдыкеримова Э.А. Динамикалық компьютерлік модельдерді практикада қолдану мысалдары. – Алматы: Қазақстан жоғары мектебі. – 2004. №1, –130–142 б.
15. Дрегер Ю.Р. Разработка демонстрационных экспериментов по разделу "электричество и магнетизм" профильного курса физики [Computer learning environment in the field of Newtonian mechanics]. – Саратов: Автореферат. – 2019. – 21 с.
16. Álvaro S., Martín M., Mateo D., Arturo C.M. How far away is infinity? An electromagnetics exercise to develop intuition regarding models. Ukraine: – Physics Education. – 2021. – 5 p.
17. Дорожкин Е., Тарасюк О.В., Федулова К., Федулова А. Компьютерное моделирование в профессионально–педагогической деятельности: теория и практика. – Екатеринбург: Издательство РГППУ. – 2015. – 192 с.
18. Muhammad N., Rizo B.P., Riwayani. An analysis of Instructional Design and Evaluation of Physics Learning Media of Three Dimensional Animation Using Blender Application. – Batam, Indonesia: Publisher: IEEE. – 2018. – 7 p.
19. Hattori T., Masuda R., Moritoh Y, (...), Kawakami Y., Takana T. Utilization of both free 3D software 'Blender' and 3D printing for early STEM education. – Takamatsu, Japan: Publisher: IEEE. – 2020. – 23 p
20. Jelcic K., Planinic M., Planinic G. Analyzing high school students'reasoning about electromagnetic induction. – Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb: Physical Review Physics Education Research. – 2017. – 18 p.
21. Еремин С. Учебное компьютерное моделирование в школьном курсе физики. Шюя: – Научный поиск. – 2012. –№4.4 – С. 62–64.

REFERENCES

1. Andaloro G., Bellomonte L. i Sperandeo–Mineo R. M. Komputernaya obuchayushaya sreda v oblasti Nyutonovski mexaniki [Computer learning environment in the field of Newtonian mechanics]. – London: Izd-vo Mejdunarodniy jurnal nauchnogo obrazovaniia. –1997. – 19. 660 – 682 s. [in Russian].
2. Beshenkov S.A, Rakatina E, Mindzaeva E. –Rossia: Izd–vo CyberLeninka. Informatsionnoe obrazovanie v Rossii [Information education in Russia]. Znanie. Umenie. – 2013. № 3. S. 42 – 51. [in Russian].
3. E.S. Polat., M.Yu. Buxarkina Sovremennye pedagogicheskie i informatsionnie texnologii v sisteme obrazovaniia [Modern pedagogical and information technologies in the education system]. – Moskva: Izdatelskiy sentr «Akademia». –2010. –17 s. [in Russian].
4. Van. Dj., Djou M., Donghui G. Issledovanie vliyaniya osnovannoy na modelyax issledovatel'skoy pedagogiki na issledovatel'skiye navyki uchashixsia v virtualnoy fizicheskoy laboratorii [Investigation of the influence of model-based research pedagogy on students' research skills in a virtual physical laboratory]. – Niderlandy: Izdatelstvo Elsevier Science Publishers B.V. Kompyteri v chelovecheskom povedenii. – 2015. – 49. 657 – 370 s. [in Russian].
5. Jingying W., Yaozhong L., Min J., Jingbin Zh. Issledovanie vliyaniya oblachnoy pedagogiki na tvorcheskije talanti: tamaticheskoe issledovanie kitayskoy sredney shkole [Exploring the Impact of Cloud Pedagogy on Creative Talents: A Case Study of a Chinese High School]. – Niderlandy: Izdatelstvo Elsevier Science Publishers BV. Kompyteri v chelovecheskom povedenii. – 2016. – 63. 228 – 240 s. [in Russian].
6. Dyachuk P., Larikov V. Primenenie komputernix texnologiy obuchniya v sredney shkole [Application of computer technologies of education in secondary school]. Krasnoyarsk: Izd–vo KGPU. – 1996. – 167 s. [in Russian].

7. Sherbakov N. R. Matematicheskoe b komputernoe modelirovane dinamicheskogo sostayaniya sistem peredachi dvijeniya [Mathematical and computer modeling of the dynamic state of motion transmission systems]. Avtoref, dis. ...d-ra f. –m. nauk: – Tosk: GOU VPO “Tomskiy gosudarstvenniy universitet”. – 2009. – 30 s. [in Russian].
8. Ilina V.A., Silaev P.K. Chislennie metoi dlya fizikov–teoritikov [Numerical methods for theoretical physicists]. – Moskva–Ijevsk: Institut komputernix issledovaniy. – 2004. – 118 s. [in Russian].
9. Bisengaliyeva A.M., Bapıev I.M., Qasymova A.H. JOO-ning texnikalik mamandyk studentterine arналған fizikalыk prosessterdi komputerlyk modeldeu [Computer modeling of physical processes for students of technical specialties of universities]. – Oral: Baspager: Jángir han atyndaғы BQATU. – 2014. – 131 b. [in Kazakh].
10. Fizikalыk oqu eksperimenti arkyly oqushylardyng tanymdыk izdenimpazdygyn qalyptastyru [Formation of cognitive curiosity of students through a physical educational experiment]. – Almaty: Qazaqstan jogary mektebi. – 2008. №4, – 52 – 54 b. [in Kazakh].
11. Abdykerimova E.A. Dinamikalyk komputerlik modelderdi praktikada qoldanu mysaldary [Examples of the use of dynamic computer models in practice]. – Almaty: Qazaqstan jogary mektebi. – 2004. – №1. 132–142 b. [in Kazakh].
12. Nurqasymova S.N., Ashýrov Á.E. Fizikanyń oqytýdyń kompúterlik ádisteri [Computer methods of teaching physics]. Oqý quraly. Almaty. – 2016. – 173 b. [in Kazakh].
13. Sultanov M.A. Matematikalыk jane komputerlyk modeldeu negizdrei [Fundamentals of mathematical and computer modeling]. – Almaty: Oqulyk. –2014. – 299 b.
14. Abdykerimova E.A. Dinamikalyq kompúterlik modelderdi praktikada qoldaný mysaldary [Examples of the use of dynamic computer models in practice]. – Almaty: Qazaqstan jogary mektebi, – 2004. №1, –130–142 b. [in Kazakh].
15. Dreger Yu.R. Razrabotka demonstratsionnyx eksperimentov po razdelu “elektrichestvo i magnetizm” profilnogo kursa fiziki [Computer learning environment in the field of Newtonian mechanics]. – Saratov: Avtoreferat. – 2019. – 21 s. [in Russian].
16. Álvaro S., Martín M., Mateo D, Arturo C. M. How far away is infinity? An electromagnetics exercise to develop intuition regarding model. Ukraine: – Physics Education. – 2021. – 5 p.
17. Dorojkin E., Tarasyuk O.V. Fedulova K., Fedulova A. Komputernoe modelirovanie v professionalno-pedagogicheskoi deyatelnosti: teoria i praktika [Computer modeling in professional and pedagogical activity: theory and practice]. – Ekaterinburg: Izdatelstvo RGPPU. – 2015. – 192 s. [in Russian].
18. Muhammad N., Rizo B.P., Riwayani. An analysis of Instructional Design and Evaluation of Physics Learning Media of Three Dimensional Animation Using Blender Application. – Batam, Indonesia: Publisher: IEEE. – 2018. – 7 p.
19. Hattori T., Masuda R. , Moritoh Y. , (...), Kawakami Y., Takana T. Utilization of both free 3D software 'Blender' and 3D printing for early STEM education. –Takamatsu, Japan. – 2020.
20. Jelcic K., Planinic M., Planinic G. – Analyzing high school students'reasoning about electromagnetic induction. – Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb: Physical Review Physics Education Research. – 2017. – 18 p.
21. Eremin S. Uchebnoe komputernoe modelirovanie v shkolnom kurse fiziki. Shuya [Educational computer modeling in a school physics course]. – Nauchnyi poisk. – 2012. – №4.4 – S. 62–64. [in Russian].