

А.Е. Әбілқасымова , Н. Жұмабай* ,

А.Н. Умиралханов 

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: nurman-0906@mail.ru

STEM БІЛІМ БЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Бұл зерттеуде STEM тәсілін математика сабағында цифрлық технологиялармен кіріктіре қолданудың тиімділігі қарастырылды. Эксперимент Алматы қаласындағы жалпы білім беретін мектептердің 10-сынып оқушылары арасында жүргізілді. Эксперименттік топта сабақтар PhET Simulation, GeoGebra, Desmos және Excel сияқты цифрлық құралдарды қолдану арқылы ұйымдастырылды, ал бақылау тобында дәстүрлі әдіс пайдаланылды. Зерттеу барысында оқушыларға пәнаралық тапсырмалар ұсынылды: көлбеу жоғары лақтырылған дененің қозғалысын зерттеу және қозғалыс теңдеулерін графикалық модельдеу. Теориялық модельдеу, тәжірибелік симуляциялар және графикалық талдау нәтижелері толық сәйкестік көрсетіп, STEM тәсілінің тиімділігін дәлелдеді.

Алынған деректер сандық және сапалық әдістермен талданды. Нәтижелер STEM тәсілін цифрлық технологиялармен үйлестіре қолдану оқушылардың академиялық жетістігін орта есеппен 15–16%-ға арттыратынын көрсетті ($p < 0,05$). Сонымен қатар, оқушылардың зерттеушілік қабілеттері, модельдеу және деректерді талдау дағдылары, коммуникативтік құзыреттері айтарлықтай дамыды. Зерттеу нәтижелері STEM тәсілінің дәстүрлі оқытуға қарағанда білім сапасын арттыруда, оқушылардың пәнге қызығушылығын күшейтуде және цифрлық құзыреттілігін дамытуда анағұрлым тиімді екенін растайды.

Түйін сөздер: STEM білім беру, математиканы оқыту, цифрлық технология, виртуалды зертхана, графикалық модельдеу, зерттеушілік дағдылар.

A. Abylkassymova, N. Zhumabay*, A. Umiralkhanov
Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail:nurman-0906@mail.ru

Effectiveness of Using Digital Technologies in Mathematics Lessons within STEM Education

This study examines the effectiveness of integrating the STEM approach with digital technologies in mathematics lessons. The experiment was conducted among 10th-grade students of general education schools in Almaty. In the experimental group, classes were organized using digital tools such as PhET Simulation, GeoGebra, Desmos, and Excel, while the control group was taught using traditional methods. During the study, students were offered interdisciplinary tasks: investigating the motion of a body thrown upward at an angle and graphically modeling motion equations. The results of theoretical modeling, practical simulations, and graphical analysis showed complete consistency, confirming the effectiveness of the STEM approach.

The collected data were analyzed using both quantitative and qualitative methods. Findings demonstrated that the integration of the STEM approach with digital technologies increased students' academic achievement by an average of 15–16% ($p < 0.05$). Furthermore, students' research skills, modeling and data analysis abilities, as well as communication competences significantly improved. The study results confirm that, compared to traditional teaching, the STEM approach is more effective in improving educational quality, enhancing students' interest in the subject, and developing their digital competencies.

Keywords: STEM education, mathematics teaching, digital technology, virtual laboratory, graphical modeling, research skills.

А.Е. Абылқасымова, Н. Жумабай*, А.Н. Умиралханов
Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан
*e-mail: nurman-0906@mail.ru

Эффективность использования цифровых технологий на уроках математики в условиях STEM-образования

В исследовании рассматривается эффективность интеграции STEM-подхода с использованием цифровых технологий на уроках математики. Эксперимент был проведен среди учащихся 10-х классов общеобразовательных школ города Алматы. В экспериментальной группе занятия проводились с применением таких цифровых инструментов, как PhET Simulation, GeoGebra, Desmos и Excel, тогда как в контрольной группе использовались традиционные методы обучения. В ходе исследования учащимся были предложены межпредметные задания: изучение движения тела, брошенного под углом вверх, и графическое моделирование уравнений движения. Теоретическое моделирование, практические симуляции и графический анализ показали полное соответствие, подтвердив эффективность STEM-подхода.

Полученные данные были проанализированы с использованием количественных и качественных методов. Результаты показали, что применение STEM-подхода в сочетании с цифровыми технологиями повышает академическую успеваемость учащихся в среднем на 15–16% ($p < 0,05$). Кроме того, значительно развиваются исследовательские способности школьников, навыки моделирования и анализа данных, а также коммуникативные компетенции. Результаты исследования подтверждают, что STEM-подход по сравнению с традиционным обучением является более эффективным в повышении качества образования, усилении интереса учащихся к предмету и развитии их цифровых компетенций.

Ключевые слова: STEM-образование, обучение математике, цифровая технология, виртуальная лаборатория, графическое моделирование, исследовательские навыки.

Кіріспе

Қазіргі жаһандану дәуірінде білім беру жүйесі қарқынды өзгерістерге ұшырап, заманауи технологияларды тиімді пайдалану арқылы оқыту сапасын арттыру маңызды міндеттердің біріне айналды. Әсіресе, ғылым, технология, инженерия және математика салаларын кіріктіріп оқытуға бағытталған STEM білім беру жағдайында математика сабағында цифрлық технологияларды қолданудың тиімділігі оқушылардың сыни тұрғыдан ойлауын, шығармашылық қабілеттерін және практикалық дағдыларын дамытуда ерекше рөл атқарады (Байби, 2013; Инглиш, 2016). Бұл тәсілдің дәстүрлі оқыту әдістерінен айырмашылығы – нақты өмірлік жағдайларды модельдеуге, пәнаралық байланыстарды нығайтуға және оқушылардың зерттеушілік дағдыларын қалыптастыруға бағытталады.

Математика сабақтарында цифрлық технологияларды қолдану STEM білім берудің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. GeoGebra, Desmos, Mathematica сияқты динамикалық математикалық бағдарламалар, интерактивті тақталар мен симуляциялық платформалар күрделі ұғымдарды көрнекі түрде түсіндіруге, деректерді талдау мен модельдеуге мүмкіндік береді (Козма, 2014). Халықаралық тәжірибелер көрсеткендей, бұл құралдар оқушылардың теориялық білімін

практикамен ұштастырып, зерттеу және болжам жасау қабілеттерін жетілдіреді. Дегенмен, бірқатар зерттеулерде (Аггей&Беннинг, 2023) мұғалімдердің технологияны негізінен есептерді орындау (substitution) және шешімдерді тексеру (augmentation) деңгейінде қолданатыны, ал сабақ мазмұнын түбегейлі өзгерту (modification) немесе қайта анықтау (redefinition) деңгейінде пайдалану сирек кездесетіні анықталған.

Қазақстандық зерттеулер де математиканың STEM-дегі рөлі жеткілікті дәрежеде қолданылмай отырғанын айқындайды. А. Ахатай және т.б.(2023) атап өткендей, математика барлық STEM пәндерінің негізінде жатқанына қарамастан, интеграцияланған жобаларда оның модельдеу және талдау әлеуеті толық ашылмайды. Ал шынайы өмірмен байланысты тапсырмалар мен пәнаралық жобалар оқушылардың пәнге қызығушылығын арттырып, XXI ғасыр дағдыларын қалыптастыруға ықпал етеді.

Соңғы зерттеулерде компьютерлік бағдарламалар мен интерактивті орталарды пайдалану математикалық ұғымдарды терең меңгеруге және оларды инженерлік есептерде қолдануға мүмкіндік беретіні дәлелденген (Р. Кадирбаева, & Н. Жотабай, 2025) . А.Е. Әбілқасымова, Д. Ахмед-Заки және Н. Жұмабай(2024) зерттеуінде Қазақстанның цифрлық білім беру жүйесінде SMART технологиялардың қалыптасуы

мен даму бағыттары талданған. Бұл тәжірибе STEM тәсілін цифрлық трансформация үдерісімен ұштастыруға негіз бола алады.

GeoGebra және Desmos сияқты құралдар оқушылардың ұғымдарды визуализациялау, гипотезаларды тексеру және өз бетінше зерттеу дағдыларын дамытады. Сонымен қатар, заманауи технологиялар арқылы ұйымдастырылған оқу процесі оқушылардың жеке оқу қарқыны мен стилін ескеруге мүмкіндік береді (Чеунг & Славин, 2013).

Қазіргі таңда цифрлық технологиялар білім беруді дамытудың негізгі бағыттарының бірі ретінде қарастырылуда. Бұл үрдіс Қазақстан Республикасының мемлекеттік стратегияларында, атап айтқанда «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасында және Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің цифрландыруға қатысты нормативтік құжаттарында айқын көрініс тапқан. «2029 жылдарға арналған цифрлық трансформация, ақпараттық қауіпсіздік және байланыс салаларын дамыту тұжырымдамасы»: Бұл құжат 2023 жылғы 12 маусымдағы № 269 қаулымен бекітілді. Тұжырымдама цифрлық трансформацияны тереңдету, ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және байланыс салаларын жетілдіруді мақсат етеді (Қазақстан Республикасы Үкіметі № 961 қаулысы, 2021). «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы еліміздегі цифрлық трансформацияның басты тұжырымдамасы ретінде білім беру жүйесін жаңғыртуға бағытталған. Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев та білім беруді цифрландырудың маңыздылығын бірнеше рет атап өтіп, осы бағыттағы жұмысты жеделдетуді тапсырған. Қазақстандағы «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасының басымдықтарымен үйлеседі: білім беруде цифрлық ортаны дамыту, цифрлық құзыреттерді қалыптастыру және оқу сапасын арттыру (Қазақстан Республикасы Үкіметі №827 қаулысы, 2017).

Осыған байланысты, зерттеу жұмысының мақсаты – STEM білім беру жағдайында математика сабақтарында цифрлық технологияларды тиімді қолдану жолдарын анықтау және олардың оқыту сапасына әсерін ғылыми тұрғыдан негіздеу.

STEM білім беру жағдайында математика сабағында цифрлық технологияларды қолдану тәжірибесі олардың толық әлеуетін ашпай отыр. Мұғалімдер көбіне технологияны тек көрнекілік пен есепті тексеру құралы ретінде пайдала-

нып, сабақ мазмұнын өзгерту мен қайта анықтау деңгейінде қолдану сирек кездеседі. Бұл жағдай білім сапасын арттыруға, оқушылардың зерттеушілік, модельдеу және жобалау дағдыларын қалыптастыруға кедергі келтіреді, сондықтан цифрлық технологияларды мақсатты және тиімді интеграциялау жолдарын ғылыми тұрғыдан негіздеу қажеттілігі туындайды.

Әдебиеттерге шолу

STEM білім беру (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – пәнаралық байланыстарға негізделген, заманауи білім беру жүйесінде кеңінен қолданылатын интеграциялық модель. Бұл тәсіл білім алушылардың ғылыми дүниетанымын қалыптастыруға, логикалық және сыни ойлау дағдыларын дамытуға, зерттеушілік және жобалық әрекетке бейімдеуге бағытталған. STEM білім беру моделі дәстүрлі пәндік оқытудан айырмашылығы – білімнің жеке пән аясында ғана емес, өмірлік және практикалық міндеттерді шешуде кешенді қолданылуын көздейді. Отандық ғалымдар STEM құрылымында математиканың маңызын ерекше атап өтеді. Математика – инженерлік, жаратылыстану және технологиялық ғылымдардың іргетасы, сондықтан оның рөлі тек есептеу құралы ретінде шектелмей, модельдеу, талдау және болжам жасау қабілеттерін дамытуға бағытталуы тиіс (А.Е. Әбілқасымова және т.б., 2025). Дегенмен, бірқатар зерттеулерде интеграцияланған STEM жобаларда математика көбіне қосымша құрал ретінде ғана қолданылып, оның аналитикалық және модельдік әлеуеті толық ашылмайтыны көрсетілген. Бұл жағдай STEM аясында математиканы оқытудың әдістемесін қайта қарастыруды талап етеді (А. Ахатай және т.б., 2023).

Математиканы STEM аясында оқытудың ерекшеліктері STEM тәсілінде математикалық білім нақты өмірлік жағдайлармен, инженерлік есептермен және тәжірибелік тапсырмалармен ұштастырылады. Мұндай интеграция оқушылардың білімін механикалық жаттаудан гөрі, мағыналы қолдануға бағыттайды. Зерттеулер көрсеткендей, тәжірибелік және жобалық тапсырмалар пәнаралық байланысты нығайтып, оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырады, сондай-ақ теориялық ұғымдарды нақты контекстте қолдану қабілетін дамытады. Мысалы, математикалық функцияларды үйрету кезінде деректерді талдау, графиктерді тұрғызу және нәтижелерді түсіндіру сияқты тапсырма-

ларды физика, география немесе информатикамен байланыстыра отырып орындау оқушылардың интегративті ойлауын қалыптастырады.

Математика сабағында цифрлық технологияларды пайдалану STEM білім берудің ажырамас бөлігі болып табылады. GeoГebra, Desmos, PhET сияқты интерактивті бағдарламалар мен симуляциялар оқушыларға күрделі ұғымдарды көрнекі және динамикалық түрде түсінуге мүмкіндік береді. Мұндай құралдар деректерді талдау, математикалық модельдеу және абстрактілі ұғымдарды визуализациялау процесін жеңілдетеді (Хиллмайр және т.б., 2020). Сонымен қатар, А.Е. Әбілқасымова, Д. Ахмед-Заки және Н. Жұмабай(2024) Қазақстандағы цифрлық білім беру ортасында SMART технологияларды енгізу оқу процесінің тиімділігін арттыруға ықпал ететінін атап өтеді. Бұл нәтижелер цифрлық технологиялардың білім сапасына оң ықпалын STEM контекстінде де растайды. Жүргізілген зерттеулерде цифрлық технологияларды жүйелі түрде қолдану оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып қана қоймай, білім жетістіктерін де едәуір жақсартатыны дәлелденген (Чеунг & Славин, 2013). технологиялар оқушылардың жеке оқу қарқынын ескеруге мүмкіндік беретінін, бұл әсіресе, дифференциалды оқытуда маңызды екенін атап өтеді. Осы тұрғыда А. Л. Семенов, А. Е. Әбілқасымова, Т.А. Рудченко(2024) жасанды интеллект әдістерінің білім беруді даралап басқаруда тиімді екенін көрсетіп, оқушылардың жеке қажеттіліктеріне бейімделген оқу ортасын құруға болатынын дәлелдейді. Осыған ұқсас ойды А.Е. Әбілқасымова, Н. Жұмабай, А. Умиралханов және Л. Жумалиева (2025) да қолдайды. Зерттеуде «мектеп – педагогикалық ЖОО» кешенінде цифрлық технологияларды қолдану тиімді білім берудің негізгі шарты ретінде қарастырылған. Авторлар мұндай тәсіл білім беру жүйесінің үздіксіздігін қамтамасыз етіп, оқушылар мен болашақ мұғалімдердің кәсіби құзыреттілігін дамытуға ықпал ететінін атап көрсетеді.

STEM білім берудің тиімділігі көбіне мұғалімдердің кәсіби даярлығына байланысты екенін Agyei мен Venning Ганада жүргізген зерттеуінде мұғалімдердің технологияны көбіне есептерді орындау (substitution) және шешімдерді тексеру (augmentation) деңгейінде қолданатынын анықтады (Агйей&Беннинг, 2023). Қазақстандық тәжірибеде де ұқсас жағдай байқалады: материалдық-техникалық базаның жеткіліксіздігі, әдістемелік құралдардың аздығы және мұғалімдердің цифрлық құзыреттілігінің әрқелкілігі

STEM интеграциясының тиімділігін төмендетеді (А.Е. Әбілқасымова, 2024). Сонымен қатар, Н. Жұмабай және әріптестерінің(2024) зерттеуінде мұғалімдерге арналған арнайы STEM курстарының тиімділігі талданған. Авторлар мұндай курстар мұғалімдердің кәсіби сенімін айтарлықтай арттырып, STEM тәсілін қолданудағы педагогикалық тәжірибесін кеңейтетінін көрсетеді. Бұл нәтиже мұғалімдердің тек пәндік білімін ғана емес, сонымен қатар сабақта инновациялық әдістерді қолдану дағдыларын дамытуға ықпал ететінін дәлелдейді. Бірқатар авторлар мұғалімдердің кәсіби дамуын қамтамасыз ету үшін біліктілікті арттыру курстарын, тәжірибелік семинарлар мен әдістемелік нұсқаулықтарды әзірлеуді ұсынады. Сонымен қатар, мектептер мен ЖОО-ы арасындағы тәжірибе алмасу аландарын құру, STEM зертханаларын жабдықтау және заманауи бағдарламалық қамтуды енгізу ұсынылады (К. Құдайбергенова, 2023).

Жалпы алғанда, STEM білім беру қазіргі білім беру жүйесінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын, сыни тұрғыдан ойлауын және практикалық дағдыларын дамытуға бағытталған тиімді тәсіл ретінде қарастырылады. Математика бұл модельдің негізгі діңгегі болып, жаратылыстану және инженерлік пәндермен байланыс орната отырып, білім алушылардың кешенді ойлау қабілетін қалыптастырады. Цифрлық технологиялар осы үрдісті қолдап, оқыту әдістерін заманауи талаптарға сай жетілдіруге мүмкіндік береді. Дегенмен, мұғалімдердің даярлық деңгейі мен материалдық-техникалық базаның жеткіліксіздігі сияқты мәселелер STEM білім берудің толыққанды жүзеге асуына кедергі келтіруде. Сондықтан STEM білім беруді математика сабақтарында тиімді қолдану үшін педагогтардың кәсіби біліктілігін арттыру, әдістемелік қамтамасыз етуді жетілдіру және оқытуда инновациялық технологияларды кешенді енгізу өзекті міндет болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Бұл зерттеу квазиэксперименттік үлгіде (quasi-experimental design) жүргізілді. Эксперимент барысында екі топ алынды: бақылау тобы дәстүрлі әдіспен оқытылды, ал эксперименттік топта цифрлық технологияларды қолдану арқылы STEM білім беру жүзеге асырылды. Эксперимент Алматы қаласындағы №202 мектеп-гимназиясы және №159 Ы.Алтынсарин атындағы гимназиясында 2024-2025 оқу жылының екін-

ші жарты жылдығында өткізілді. Жобаға төрт 10-сынып қатысты ($n = 114$). Екі сынып бақылау тобына, екі сынып эксперименттік топқа бөлінді. Бастапқыда екі топтың деңгейі диагностикалық тест арқылы салыстырылып, олардың білім деңгейі шамалас екені анықталды.

Бақылау тобының сабақтары дәстүрлі әдіс бойынша өткізілді. Мұғалім жаңа тақырыпты түсіндіріп, тақтада негізгі формулаларды шығарып көрсетті. Оқушылар дәстүрлі есептерді қағаз бетінде шығарды, функция графиктерін қолмен салды және экстремумды табу үшін дайын ережелерді пайдаланды. Физикамен кіріктіру есептері теориялық сипатта ғана қарастырылды.

Эксперименттік топтағы сабақтары STEM білім беру қолданылды. Әр сабақ зерттеушілік әдіске негізделіп, келесідей цифрлық технологиялар жүйелі түрде енгізілді:

- PhET Simulation ортасында оқушылар тәжірибені модельдеп, бастапқы параметрлерді өзгертіп, траекторияны бақылап отырды;

- Desmos және GeoGebra бағдарламаларында функция графиктерін тұрғызып, экстремумды визуалды түрде анықтады;

- Excel арқылы мәліметтерді өңдеп, кесте және диаграмма жасады.

Оқушыларға арнайы пәнаралық тапсырмалар берілді:

- Мысал 1 – көлбеу жоғары лақтырылған дененің қозғалысын зерттеу (математика–физика кіріктіру);

- Мысал 2 – велосипедші мен мотоциклшінің қозғалысын салыстыру (қозғалыс теңдеулерін құру, графикалық модель жасау).

Бұл тапсырмалар барысында оқушылар болжам жасады, модель құрды, нәтижелерді талдады және қорытынды шығарып отырды.

Зерттеу барысында деректер үш түрлі құрал арқылы жиналды. Біріншіден, тест тапсырмалары қолданылды. Олар теориялық сұрақтар мен практикалық есептерден құрылып, оқушылардың математикалық білім деңгейін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Екіншіден, сауалнама жүргізілді. Оның көмегімен оқушылардың сабаққа деген қызығушылығы, сондай-ақ, цифрлық технологияларды қабылдау деңгейі анықталды. Үшіншіден, бақылау парақтары пайдаланылды. Мұғалім осы құрал арқылы оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін, модельдеу біліктерін және топтық жұмыс дағдыларын бағалап отырды. Алынған деректер SPSS бағдарламасында өңделді. Бақылау және эксперименттік топтардың қорытынды нәтижелері т-

тест арқылы салыстырылды. Айырмашылықтың статистикалық мәнділігі $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды. Сонымен қатар, сапалық талдау (бақылау, сауалнама қорытындылары) және сандық талдау (баллдық көрсеткіштер, пайыздық өсім) қатар жүргізілді.

Осы әдістемелік тәсіл бақылау және эксперименттік топтардың айырмашылығын анықтауға, цифрлық технологияларды қолданудың білім сапасына әсерін ғылыми негізде көрсетуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер мен талқылау

Экспериментке Алматы қаласындағы мектептерінен төрт сынып қатысты (1-кесте). Эксперимент басталар алдында барлық топтарда оқушылардың бастапқы математикалық дайындық деңгейі анықталды. Ол үшін есеп шығару дағдыларын бағалайтын тапсырмалар берілді. Бағалау жоғары, орташа және төмен деңгейлер бойынша жүргізілді. Нәтижесінде эксперименттік және бақылау топтарының бастапқы білім деңгейлері ұқсас екені анықталды: жоғары деңгейдегі оқушылардың үлесі аз, ал орта және төмен деңгейдегі оқушылардың үлесі басым болды. Бұл қорытынды бастапқыда екі топтың да дайындық деңгейі бірдей екенін және эксперимент нәтижелерін салыстыруға негіз бар екенін көрсетті.

1-кесте

Экспериментке қатысқан мектептер мен сыныптар

Мектеп атауы	Сынып	Оқушы саны	Топ түрі
№202 мектеп-гимназиясы	10 «А»	26	Бақылау
№202 мектеп-гимназиясы	10 «Г»	22	Эксперимент
№159 Ы.Алтынсарин атындағы гимназия	10 «А»	34	Эксперимент
№159 Ы.Алтынсарин атындағы гимназия	10 «Б»	32	Бақылау

Дереккөз/Ескертпе: Берілген кестені материалдарды талдау негізінде авторлар құрастырған.

Эксперименттік топтарда сабақтар STEM білім беру негізінде жүргізілді. Әр сабақта кемінде бір цифрлық технология қолданылды:

- GeoGebra – функциялар графигін тұрғызу және талдау.

- Desmos – теңдеулер жүйесін шешу, статистикалық деректерді визуализациялау.

- PhET симуляторлары – пәнаралық тапсырмаларды модельдеу (математика–физика байланысы).

- Excel – деректерді өңдеу, диаграммалар құру.

Сабақ құрылымы STEM кезеңдеріне негізделді:

1. Мәселені қою.
2. Болжам жасау.

3. Модельдеу (цифрлық құралдар арқылы).

4. Нәтижені талдау.

5. Қорытынды жасау және презентациялау.

Бақылау топтарында дәстүрлі әдістер қолданылды: тақырыпты түсіндіру – мысалдар шешу – үй тапсырмасы.

Нәтижелер

Білім деңгейі мен дағдылардың дамуын бағалау үшін тәжірибе басында және соңында бірдей тест тапсырмалары қолданылды. Тестте теориялық сұрақтар мен практикалық есептер, сондай-ақ, пәнаралық тапсырмалар болды. Нәтижелер төмендегі 2-кестеде көрсетілген:

2-кесте

Эксперименттің алдындағы және кейінгі нәтижелері

	Сынып	Топ түрі	Бастапқы орташа балл (%)	Қорытынды орташа балл (%)	Өсім (%)
№202	10 «А»	Бақылау	74	80	+6
№202	10 «Г»	Эксперимент	73	89	+16
№159	10 «Б»	Бақылау	76	82	+6
№159	10 «А»	Эксперимент	75	90	+15

Дереккөз/Ескертпе: Берілген кестені материалдарды талдау негізінде авторлар құрастырған.

Статистикалық талдау үшін t-тест қолданылды. Эксперименттік және бақылау топтарының қорытынды нәтижелері арасындағы айырмашылық $p < 0,05$ деңгейінде статистикалық тұрғыдан мәнді екені анықталды, бұл STEM білім беру мен цифрлық технологияларды қолдану білім сапасын айтарлықтай арттырғанын дәлелдейді.

Эксперимент нәтижелері көрсеткендей, STEM білім беру және цифрлық технологияларды жүйелі қолданумен өткізілген сабақтар оқушылардың оқу жетістігін орта есеппен 15–16% арттырды. Сонымен қатар, пәнге қызығушылық, өздігінен зерттеу жүргізу, модельдеу және деректерді талдау сияқты маңызды дағдылар айтарлықтай қалыптасты. Бұл әдіс дәстүрлі оқытуға қарағанда оқушылардың белсенділігін, танымдық қызығушылығын және білім сапасын жоғары деңгейге көтеретіні дәлелденді.

Сауалнама және мұғалімдердің бақылауы нәтижесінде эксперименттік топ оқушыларының мына дағдылары айтарлықтай дамығаны анықталды:

1. Зерттеушілік дағдылар – мәселені өздігінен анықтау, болжам жасау және оны тексеру қабілеті.

2. Модельдеу дағдылары – математикалық және пәнаралық модельдерді құру, талдау.

3. Деректермен жұмыс істеу – ақпаратты жинау, өңдеу, визуализациялау.

4. Цифрлық құзыреттілік – GeoGebra, Desmos, PhET және Excel бағдарламаларын өздігінен тиімді пайдалану.

5. Коммуникативтік дағдылар – жобалық жұмыстарды топта орындау, нәтижелерді қорғау.

Біздің зерттеу нәтижелері STEM білім берудің цифрлық технологиялармен үйлестіріп қолданудың оқушылардың академиялық жетістігіне орта есеппен 15-16 % өсу әкелетіні мен t-тест бойынша $p < 0,05$ деңгейінде статистикалық мәнді айырмашылық бар екенін растайды. Сонымен қатар, зерттеушілік дағдылар, модельдеу, деректерді талдау, GeoGebra, Desmos, PhET және Excel сияқты цифрлық құралдарды меңгеру, коммуникативтік қабілеттердің айтарлықтай дамуы байқалды. Бұл нәтиже STEM білім берудің дәстүрлі оқытуға қарағанда білім сапасын, белсенділікті және қызығушылықты арттыратынын көрсетеді.

Бұл тұжырымдар халықаралық зерттеу нәтижелерімен сәйкес келеді. Мысалы, Öztor және

әріптестері жүргізген мета-талдау STEM-ді цифрлық технологиямен қолдау оқушылардың академиялық жетістігіне аса жоғары әсер етеді деп анықтап, Cohen's $d = 2,582$ көрсеткішін ұсынған (Өзтоп, Каракүш & Карамұстафаоғлу, 2023). Сонымен қатар, Ли және әріптестері цифрлық сауаттылық пен оқу жетістігінің арасында орташа деңгейдегі оң корреляция екеніне ($r = 0,240$, $p < 0,001$) назар аударған, әсіресе, жоғары сыныптар мен колледж деңгейінде бұл байланыс күшейетінін көрсеткен (Ли, У, Хуанг & Чжао, 2025).

Қазақстандағы зерттеулер де осы бағытта маңызды нәтижелер ұсынады. Н Жұмабай және әріптестерінің еңбегінде Қазақстандағы STEM білім беру зерттеулерінің 2019-2023 жылдар аралығында артып, оқу үрдісінде интерактивті тәсілдерді енгізу, оқушылардың пәнге қызығушылығын артыратыны келтірілген (Н. Жұмабай және т.б., 2024). А.Е. Әбілқасымова және т.б. (2024) еңбегінде цифрлық білім беру ортасында SMART технологияларды қолдану оқыту сапасын арттырудың тиімді жолдарының бірі ретінде ұсынылған. Сонымен бірге Д. Жантасова (2024) және әріптестері инженерлік жоғары оқу орындарында STEM тілдік сауаттылықты дамыту мақсатында цифрлық технологиялар қолданылған құрылымды рамка әзірлегенін атап өткен. Джанегизова (2024) жоғары білім беру жүйесіндегі цифрлық трансформацияның динамикасына көңіл бөліп, цифрлық технологиялардың енгізілуі мен білім сапасы арасындағы оң байланысқа ($r=0,78$, $p < 0,001$) назар аударған. Бұл қорытынды А.Е. Әбілқасымова және т.б. (2026) еңбегінде жасалған тұжырымдармен сәйкес келеді. Олар цифрлық технологиялардың білім беру жүйесін тиімді ұйымдастырудағы, сондай-ақ, оқушылардың оқу мотивациясы мен болашақ педагогтердің кәсіби даярлығын жетілдірудегі маңызын көрсеткен. Осы халықаралық және отандық зерттеулердің бірлікте қарастырылуы біздің нәтижелеріміздің ғылыми негізділігін нығайтады. Аталған тәсілдердің (STEM + цифрлық технология) ықпалы тек оқушылардың оқу жетістіктерін арттырып қана қоймай, зерттеу, модельдеу, деректерді талдау, цифрлық құзыреттілік және коммуникация сияқты XXI ғасырға тән дағдыларды дамытуда маңызды екенін тағы да дәлелдейді.

Осылайша, зерттеу нәтижелері STEM білім беру мен цифрлық технологияларды қолдану оқушылардың білім сапасына айтарлықтай оң ықпал ететінін көрсетті. Дегенмен, бұл айырмашылықтың қалай қалыптасқанын нақты көрсе-

ту үшін, бақылау және эксперимент топтарына берілген тапсырмалардың мазмұнына тоқталу орынды. Бақылау тобы дәстүрлі әдістермен оқытуды жалғастырды, ал эксперименттік топқа пәнаралық байланыстарды ашуға, өмірлік жағдайларды модельдеуге және цифрлық құралдарды тиімді пайдалануға негізделген арнайы есептер ұсынылды. Бұл есептер оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттыруға, зерттеушілік қабілеттерін дамытуға және математикалық білімді тәжірибеде қолдануға бағытталды.

Зерттеу нәтижелерін нақты көрсету үшін төменде пәнаралық тапсырмалардың үлгісі ұсынылады. Бұл тапсырмалар математика мен физиканы кіріктірумен қатар, PhET Simulation, GeoGebra және Desmos сияқты цифрлық технологияларды қолдану арқылы STEM білім берудің практикалық тиімділігін айқындайды.

1-мысал. 10-сынып математика пәнінің жаңартылған мазмұндағы оқу бағдарламасы бойынша, виртуалды зертхана мен графиктік талдау арқылы лақтырылған дененің қозғалысын (параболалық траекторияны) зерттеу жұмысы мына оқу мақсаттарына сәйкес келеді (А.Е. Әбілқасымова және т.б., 2019):

Алгебра бөлімі

- квадрат функцияның графигін салу және оның коэффициенттерінің графикке әсерін түсіндіру;

- квадрат функцияны түрлендірулер арқылы салу және талдау;

- туындының физикалық және геометриялық мағынасын түсіндіру, жылдамдықты және үдеуді табу;

- функцияның өсу және кему аралықтарын, экстремумдарын анықтау;

Физикамен кіріктірілген бөлім

- дененің бастапқы жылдамдығы және лақтыру бұрышы берілген жағдайда траекториясын есептеу;

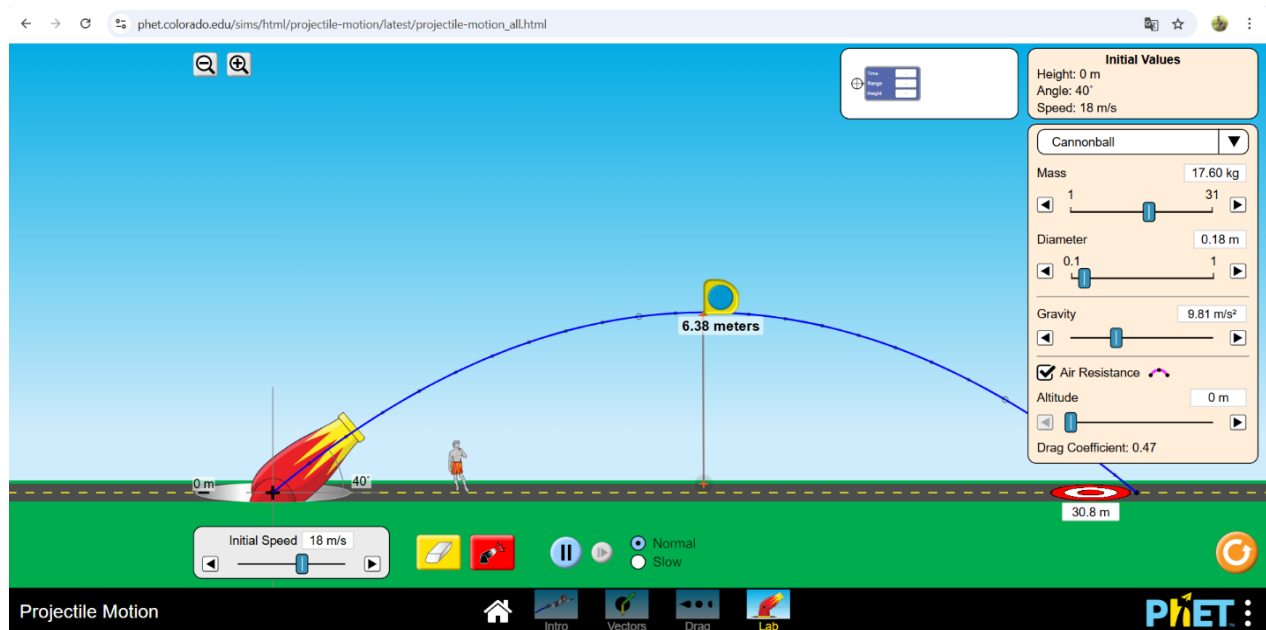
- қозғалыс теңдеулерін графиктік әдіспен талдау.

Эксперименттік және теориялық модельдеу нәтижелері

Оқушылардың математикалық және физикалық білімдерін кіріктіре отырып дамыту мақсатында PhET Simulation ортасында *Projectile Motion* виртуалды зертханасы қолданылды. Эксперимент барысында бастапқы биіктігі $h_0 = 0$ м, бастапқы жылдамдығы $v_0 = 18$ м/с, лақтыру бұрышы $\theta = 40^\circ$ болатын дененің қозғалысы зерттелді. Гравитациялық үдеу $g = 9,81$ м/с² деп алынды (1-сурет).

1-сурет

PhET Simulation ортасында көлбеу жоғары лақтырылған дененің траекториясы (бастапқы жылдамдық 18 м/с, бұрыш 40°, ауа кедергісі есепке алынған)



Дереккөз/Ескертпе: Берілген кестені материалдарды талдау негізінде авторлар құрастырған.

3.1. Теориялық модельдеу

Ауа кедергісін ескермей, көлбеу жоғары лақтырылған дененің қозғалысы келесі параметрлік теңдеулермен сипатталады:

$$x(t) = v_0 \cos\theta \cdot t$$

$$y(t) = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

Уақытты жою арқылы

$$t = \frac{x}{v_0 \cos\theta}$$

өрнегін $y(t)$ -ке қойып, биіктіктің горизонталь қашықтыққа тәуелділігін аламыз:

$$y(x) = x \tan\theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta} x^2$$

Бастапқы деректерді ($v_0=18$ м/с, $\theta=40^\circ$ $g=9.81$ м/с²) қойып, келесі нақты модель алынды:

$$y(x) = 0,8391x - 0,025805x^2$$

Бұл теңдеуде x және y – метрмен өлшенеді.

3.2. Ең үлкен биіктікті анықтау

Туындыны табамыз:

$$y'(x) = 0,8391 - 0,05161x^2$$

Ең үлкен биіктік шартынан $y'(x)=0$:

$$0,8391 - 0,05161x = 0 \Rightarrow x_{\max} \approx 16,26 \text{ м.}$$

Максимум биіктікті табу үшін x_{\max} ты $y(x)$ -ке қоямыз:

$$y_{\max} \approx 0,8391 \cdot 16,26 - 0,025805 \cdot (16,26)^2 \approx 6,38 \text{ м}$$

Бұл теориялық нәтиже PhET Simulation тәжірибесінде алынған 6,38 м мәнімен толық сәйкес келеді, яғни қателік – 0%.

3.3. Горизонталь қашықтық

$$S = \frac{2v_0^2 \sin\theta \cos\theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

$$\cos 40^\circ \approx 0,766044431$$

$$v_0 \cos\theta \approx 18 \times 0,76604 \approx 13,7888$$

$$S \approx \frac{2 \times 11,57018 \times 13,7888}{9,81} \approx 32,53 \text{ м}$$

3.4. Графикалық модельдеу нәтижелері

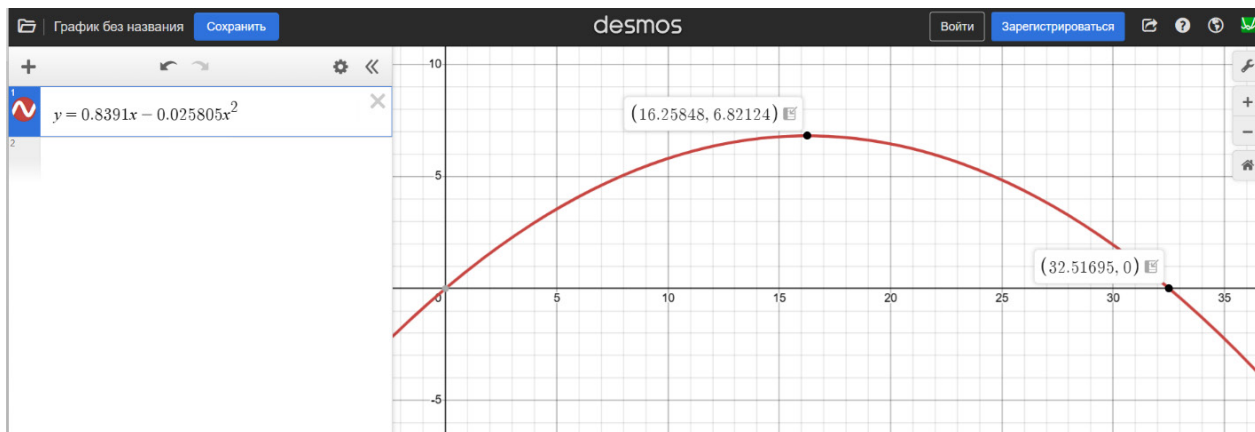
Зерттеудің келесі кезеңінде алынған теориялық квадраттық теңдеу GeoGebra немесе Desmos бағдарламаларына енгізіліп, графикалық модель құрастырылды. Параметрлер:

$$y'(x) = 0,8391 - 0,05161x^2$$

теңдеуі бойынша салынған парабола дененің траекториясын сипаттайды (2-сурет).

2-сурет

Desmos бағдарламасында құрылған көлбеу жоғары лақтырылған дененің траекториясының графигі



Дереккөз/Ескертпе: Берілген кестені материалдарды талдау негізінде авторлар құрастырған.

Графиктік талдау нәтижелері:

- Ең үлкен биіктік параболаның төбесі арқылы анықталды:

$$(x_{\max}, y_{\max}) \approx (16,26 \text{ м}; 6,82 \text{ м})$$

- Дене шамамен $x \approx 32,52$ м қашықтықта жерге қайта түседі.

- Бұл мәндер теориялық есептеулерде табылған нәтижелермен толық сәйкес келеді ($y_{\max} \approx 6,38 \text{ м}$, $x_{\max} \approx 16,26 \text{ м}$).

Графикалық модельдеу оқушыларға қозғалыстың математикалық теңдеуін визуалды түрде көруге мүмкіндік береді. Параболаның төбесі экстремумды (ең биік нүктені) көрсетсе, түбірлері дененің жерге қайтып түсу нүктесін сипаттайды. Осылайша, математикалық есептеу, физикалық түсіндіру және цифрлық технологиялар арқылы алынған нәтижелердің барлығы өзара сәйкес келеді.

Эксперименттік және теориялық деректердің толық сәйкестігі виртуалды зертхана нәтижелерінің физикалық модельге адекватты екенін айқын көрсетеді. Мұндай тәсіл оқушыларға математикалық формулаларды тек абстрактілі емес, нақты өмірлік құбылыстармен байланыстыра отырып түсінуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оқушылар зерттеу дағдыларын дамытып, теориялық білімдерін тәжірибеде қолдана алады. Осы тұжырым STEM курстары оқушылардың кәсіби дамуында да маңызды рөл атқаратынын көрсеткен зерттеулермен сәйкес келеді. Авторлар STEM курстары оқушылар-

дың сенімін арттырып, инновациялық әдістерді қолдану тәжірибесін кеңейтетінін айқындаған (Н. Жұмабай және т.б., 2024).

Бұл тапсырма барысында оқушылар келесі әрекеттерді орындайды:

1. PhET Simulation ортасында тәжірибені модельдеу. Оқушылар бастапқы параметрлерді (жылдамдық, бұрыш, биіктік, гравитация) енгізіп, дененің траекториясын визуалды түрде бақылайды.

2. Эксперименттік деректерді жинау. Экраннан траекторияның негізгі нүктелерін (максималды биіктік, ұшу уақыты, горизонталь қашықтық) өлшеп, оларды кестеге енгізеді.

3. Математикалық модель құру. Қозғалыс теңдеулерін қолданып, дененің қозғалысын сипаттайтын аналитикалық формуланы шығарады.

4. Графикалық талдау. Алынған теңдеулерді GeoGebra немесе Desmos бағдарламасында салып, параболалық траекторияның графигін тұрғызады. Бұл график арқылы ұшу траекториясы көрнекі түрде тексеріледі.

5. Туынды әдісін қолдану. Функцияның туындысын табу арқылы траекторияның экстремум нүктесін анықтап, ең үлкен биіктікті есептейді.

6. Теориялық және эксперименттік деректерді салыстыру. Математикалық есептеулер нәтижесін виртуалды зертханадағы тәжірибемен салыстырып, айырмашылықты (қателік пайызын) анықтайды.

7. Ғылыми қорытынды жасау. Теория мен тәжірибенің сәйкес келуі оқушылардың ғылыми дүниетанымын қалыптастырады және модельдеудің білім берудегі тиімділігін дәлелдейді.

Осы мысал оқушылардың абстрактілі математикалық формулаларды өмірлік құбылыстармен байланыстыра алуына мүмкіндік беріп, пәнаралық ойлау дағдыларын дамытады. Сонымен бірге, цифрлық технологияларды (PhET, GeoGebra, Desmos) пайдалану оқушылардың визуалды қабылдауын күшейтіп, теориялық білімді тәжірибемен ұштастыруға жағдай жасайды. Бұл STEM білім берудің дәстүрлі оқытуға қарағанда анағұрлым тиімді екенін көрсетеді. Зерттеу барысында математикалық модельдеу

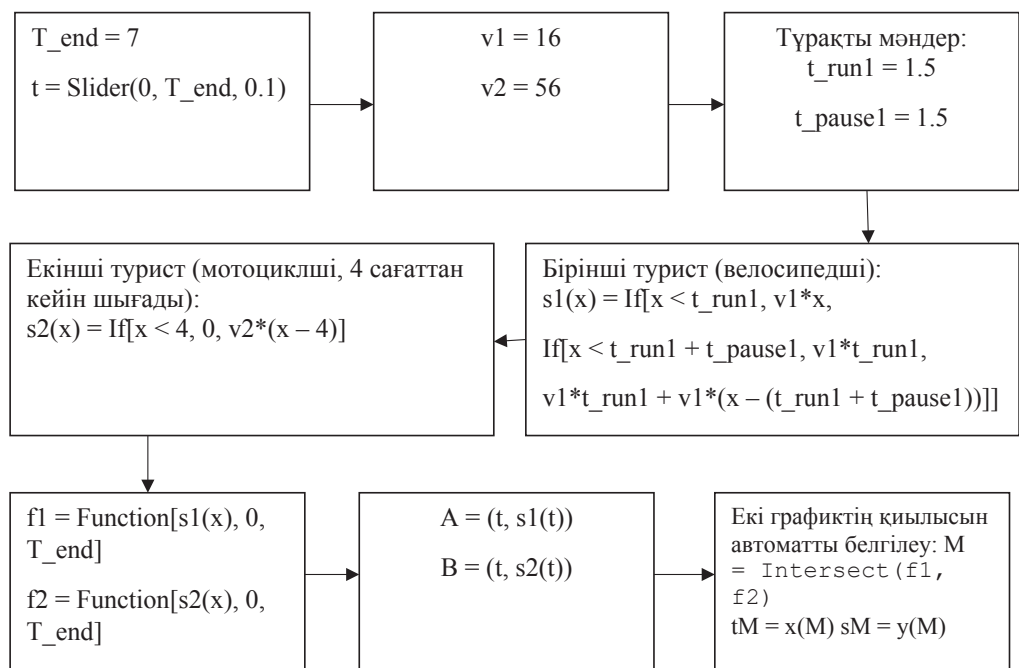
тек физикалық қозғалыс заңдарын түсіндірумен шектелмей, өмірлік жағдаяттарға да қолданылды. Мысалы, қозғалыстың салыстырмалы жылдамдығын сипаттайтын төмендегі есепті (Мысал 2).

2-мысал. Бірінші турист велосипедпен 16 км/сағ жылдамдықпен 1,5 сағат жүрген соң, 1,5 сағатқа тоқтайды, содан кейін бастапқы жылдамдықпен жолын жалғастырады. Бірінші турист жолға шыққаннан 4 сағат өткен соң, оған қарай мотоциклмен екінші турист 56 км/сағ жылдамдықпен жолға шығады. Екінші турист бірінші туристі қуып жеткенге дейін олар қандай қашықтық жүреді?

Берілген есептің GeoGebra көмегімен қозғалыс модельін құрастырайық.

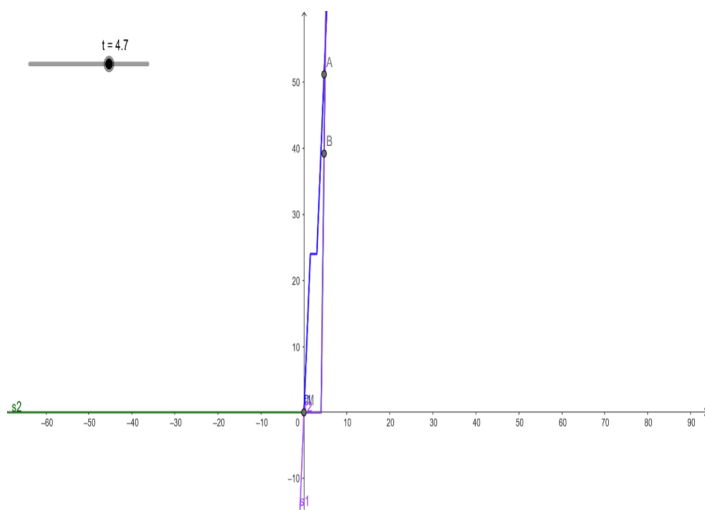
3-сурет

GeoGebra көмегімен қозғалыс моделі



3-кесте

GeoGebra көмегімен қозғалыс модельін құрастыру алгоритмі



QR 1. Мысал 2-нің GeoGebra көмегімен қозғалыс симуляциясы

Дереккөз/Ескертпе: Берілген кестені материалдарды талдау негізінде авторлар құрастырған.

Велосипедшінің жылдамдығы: $v_1 = 16$ км/сағ

Мотоциклдің жылдамдығы: $v_2 = 56$ км/сағ

$$S_1 = 16 \cdot (2.5 + t), S_2 = 56t$$

осыдан $S = 56t = 16 \cdot (2.5 + t)$ екенін аламыз. Жоғарыдағы теңдеуді шешіп $t = 1$ сағ және ізделінді $S = 56$ км екенін табамыз.

Жауабы: $S = 56$ км.

Бұл есеп оқушыларға бір мезгілде бірнеше қозғалыс модельін салыстыруды, уақыт пен қашықтық арасындағы тәуелділікті талдауды үйретеді. Сонымен қатар, GeoGebra арқылы визуализация жасау есептің шешімін айқын көрсетіп, оқушылардың логикалық ойлауын дамытады. Мұндай тапсырмалар STEM білім берудің күнделікті өмірмен байланысын күшейтіп, оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырады.

Қорытынды

Бұл зерттеуде STEM білім беруде математика сабағында цифрлық технологиялармен кіріктіріп қолданудың тиімділігі қарастырылды. Эксперимент нәтижелері PhET Simulation, GeoGebra, Desmos және Excel сияқты құралдарды пайдалану оқушылардың академиялық жетістіктерін арттыруға оң ықпал ететінін көрсетті. Атап айтқанда, эксперименттік топта білім сапасының орта есеппен 15-16 % өскені байқалды және t-тест нәтижелері бойынша $p < 0,05$ деңгейінде статистикалық мәнді айырмашылық анықталды.

Сонымен қатар, оқушылардың зерттеушілік дағдылары, модельдеу қабілеттері, дерек-

терді талдау біліктілігі, математикалық және физикалық заңдылықтарды байланыстыра білуі айтарлықтай дамыды. Цифрлық технологияларды жүйелі қолдану олардың логикалық ойлауын, топта жұмыс істеуін және коммуникативтік дағдыларын нығайтты. Зерттеу нәтижелері STEM тәсілін дәстүрлі оқытуға қарағанда анағұрлым тиімді екенін растайды. Бұл тәсіл тек білім сапасын арттырып қана қоймай, оқушылардың пәнге қызығушылығын күшейтіп, заманауи цифрлық ортада шығармашылықпен жұмыс істеуіне жағдай жасайды. Осылайша, STEM пен цифрлық технологияларды үйлестіре қолдану Қазақстандағы білім беруді жаңғыртудың стратегиялық бағыты ретінде қарастырылуы тиіс.

Қаржыландыру

Бұл зерттеу авторлардың өз қаражатымен жүргізілді.

Алғыс білдіру

Зерттеу эксперименті Алматы қаласындағы №202 мектеп-гимназиясы және №159 Ы. Алтынсарин атындағы гимназиясында жүргізілгеніне орай, аталмыш мекемелерге алғысымызды білдіреміз.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар бұл зерттеуге қатысты ешқандай мүдделер қақтығысы жоқ екенін мәлімдейді.

Авторлардың үлесі

А.Е. Әбілқасымова: Ғылыми жетекшілік, Тұжырымдама жасау, Әдістеме әзірлеу, Жобаны басқару, Нәтижелерді тексеру

Н. Жұмабай: Мәтінді редакциялау және толықтыру, Ресурстармен қамтамасыз ету, Жобаны басқару, Көрнекі материалдар дайындау, Деректерді өңдеу және басқару, Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу.

А.Н. Умиралханов: Деректерді өңдеу және басқару, Ресурстармен қамтамасыз ету Мақаланың бастапқы нұсқасын жазу, Формалды талдау, Мәтінді редакциялау және толықтыру, Көрнекі материалдар дайындау.

Әдебиеттер

Abylkassymova, A. (2024). Use of the lesson study professional development program by both STEM and NON-STEM teachers in the educational process. *Scientific Journal of Pedagogy and Economics*, 407(1), 22–32. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.654>

Abylkassymova, A., Dyussov, M., Tuyakov, Y., & Khabiba, K. (2026). Preparing future mathematics teachers to solve school mathematical problems. *Scientific Culture*, 12(1.1), 2373–2380. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18347228>

Agvei, E., Agvei, D. D., & Benning, I. (2023). Teaching mathematics with digital technologies: A situational analysis of high school teachers' experiences in Ghana. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 28(1), 57–70. <https://doi.org/10.1080/18117295.2023.2265241>

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association. <https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB337Xweb.pdf>

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K–12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.12.001>

Dzhanegizova, A. (2024). Digital transformation of higher education in Kazakhstan: Challenges and solutions. *Economic Annals-XXI*, 209(5–6), 42–55. <https://doi.org/10.21003/ea.V209-05>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), Article 3. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-016-0036-1>

Hillmayr, D., Ziemwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The effectiveness of digital technology in the classroom: A meta-analysis of K–12 education. *Computers & Education*, 157, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>

Jantassova, D., Churchill, D., Tentekbayeva, Z., & Aitbayeva, S. (2024). STEM language literacy learning in engineering education in Kazakhstan. *Education Sciences*, 14(12), Article 1352. <https://doi.org/10.3390/educsci14121352>

Kozma, R. B. (2014). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/15391523.2003.10782399>

Li, F., Cheng, L., Wang, X., et al. (2025). The causal relationship between digital literacy and students' academic achievement: A meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 108. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04399-6>

Öztop, F., Karakuş, F., & Karamustafaoğlu, O. (2023). The effect of STEM education supported by digital technologies on students' academic achievement: A meta-analysis. *Participatory Educational Research*, 10(3), 1–21. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1396033.pdf>

Semenov, A. L., Abylkassymova, A. E., & Rudchenko, T. Y. A. (2024). AI methods in control of personalized general education. *Doklady Mathematics*, 109(3), 191–196. <https://doi.org/10.1134/S1064562424702119>

Zhumabay, N., Varis, S., Abylkassymova, A., Balta, N., Bakytказы, T., & Bowen, G. M. (2024). Mapping the Kazakhstani STEM education landscape: A review of national research. *European Journal of STEM Education*, 9(1), Article 16. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/15576>

Zhumabay, N., Yelemessova, Z., Balta, N., Abylkassymova, A., Bakytказы, T., & Marynowski, R. (2024). Designing effective STEM courses: A mixed-methods study of the impact of a STEM education course on teachers' self-efficacy and course experiences. *Frontiers in Education*, 9, 1276828.

Ахатай, А. А., Сейтмұратов, А. Ж., & Усайнова, Г. М. (2023). Мектептегі пәнаралық STEM білім берудегі математиканың рөлі. *Абай атындағы ҚазҰПУ-нің Хабаршысы. Физика-математика ғылымдары сериясы*, 2(82), 119–126. <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.82.2.013>

Әбілқасымова, А. Е., Ахмед-Заки, Д., & Жұмабай, Н. (2024). Қазақстанның цифрлық білім беру ортасында SMART технологиялардың дамуы. *Journal of Educational Sciences*, 80(3), 4–22. <https://doi.org/10.26577/JES2024v80.i3.01>

Әбілқасымова, А. Е., Жұмабай, Н., Умиралханов, А., & Жұмалиева, Л. (2025). Цифрлық технологиялар «мектеп – педагогикалық жоғары оқу орны» кешенінде тиімді білім берудің негізі ретінде. *Вестник НАН РК*, 415(3), 63–85. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1467.952>

Әбілқасымова, А. Е., Корчевский, В. Е., & Жұмағұлова, З. Ә. (2019). *Алгебра және анализ бастамалары: 10,11-сыныпқа арналған оқулық*. Мектеп.

Кадирбаева, Р. И., & Жотабай, Н. М. (2025). Жоғары сынып оқушыларына математика пәнін оқытуда STEM технологияларын қолданудың мәні мен маңызы. *Абылай хан ат. ҚазХҚжӘТУ Хабаршысы “Педагогика ғылымдары” сериясы*, 2(77), 649–666. <https://doi.org/10.48371/PEDS.2025.77.2.039>

Кудайбергенова, К. (2023). Мектеп мұғалімдерінің STEM-білім беру әдісімен жаратылыстану пәндерін оқытуға дайындығы. *Вестник НАН РК*, 405(5), 7–19. <https://journals.nauka-nanrk.kz/bulletin-science/article/view/4779>

Қазақстан Республикасы Үкіметі. (2021, 6 желтоқсан). *Қазақстан Республикасының 2022–2026 жылдарға арналған әлеуметтік-экономикалық даму болжамын бекіту туралы (№ 961 қаулы)*. Әділет құқықтық актілерінің ақпараттық-құқықтық жүйесі. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000961>

References

Abilkassymova, A. E., Akhmed-Zaki, D., & Zhumabay, N. (2024). Qazaqstannyn cifrlyq bilim beru ortasynda SMART tehnologiyalardyn damuy [Development of SMART technologies in the digital educational environment of Kazakhstan]. *Journal of Educational Sciences*, 80(3), 4–22. <https://doi.org/10.26577/JES2024v80.i3.01> (in Kazakh)

Abilkassymova, A. E., Korchevskii, V. E., & Zhumagulova, Z. A. (2019). Algebra zhane analiz bastamalary: 10,11-synypqa arналған оқулық [Algebra and elements of analysis: Textbook for grades 10–11]. Mektep. (in Kazakh)

Abilkassymova, A. E., Zhumabay, N., Umiralkhanov, A., & Zhumalieva, L. (2025). Cifrlyq tehnologiyalar «mektep – pedagogikalыq zhogary oqu орны» keshininde tiimdi bilim berudin negizi retinde [Digital technologies as the basis of effective education in the “school – pedagogical university” complex]. *Vestnik NAN RK*, 415(3), 63–85. <https://doi.org/10.32014/2025.2518-1467.952> (in Kazakh)

Abylkassymova, A. (2024). Use of the lesson study professional development program by both STEM and NON-STEM teachers in the educational process. *Scientific Journal of Pedagogy and Economics*, 407(1), 22–32. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1467.654>

Abylkassymova, A., Dyussov, M., Tuyakov, Y., & Khabiba, K. (2026). Preparing future mathematics teachers to solve school mathematical problems. *Scientific Culture*, 12(1.1), 2373–2380. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18347228>

Agwei, E., Agwei, D. D., & Benning, I. (2023). Teaching mathematics with digital technologies: A situational analysis of high school teachers’ experiences in Ghana. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 28(1), 57–70. <https://doi.org/10.1080/18117295.2023.2265241>

Akhatay, A. A., Seitmuratov, A. Zh., & Usainova, G. M. (2023). Mekteptegi panaralyq STEM bilim berudegi matematikanyн roli [The role of mathematics in interdisciplinary STEM education at school]. Abai atyndagy QazUPU-nin Khabarshysy. *Fizika-matematika gylymdary seriyasy*, 2(82), 119–126. <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.82.2.013> (in Kazakh)

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association. <https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB337Xweb.pdf>

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K–12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.12.001>

Dzhanegizova, A. (2024). Digital transformation of higher education in Kazakhstan: Challenges and solutions. *Economic Annals-XXI*, 209(5–6), 42–55. <https://doi.org/10.21003/ea.V209-05>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), Article 3. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-016-0036-1>

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The effectiveness of digital technology in the classroom: A meta-analysis of K–12 education. *Computers & Education*, 157, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>

Jantassova, D., Churchill, D., Tentekbayeva, Z., & Aitbayeva, S. (2024). STEM language literacy learning in engineering education in Kazakhstan. *Education Sciences*, 14(12), Article 1352. <https://doi.org/10.3390/educsci14121352>

Kadirbaeva, R. I., & Zhotabai, N. M. (2025). Zhogary synyp oqushylaryna matematika panin oqytuda STEM tehnologiyalaryн qoldanudyn mani men manyzy [The importance and significance of using STEM technologies in teaching mathematics to senior school students]. *Abylai khan at. QazHQzhATU Khabarshysy “Pedagogika gylymdary” seriyasy*, 2(77), 649–666. <https://doi.org/10.48371/PEDS.2025.77.2.039> (in Kazakh)

Kozma, R. B. (2014). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/15391523.2003.10782399>

Kudaibergenova, K. (2023). Mektep mugalimderinin STEM-bilim beru adisimen zharatylystanu panderin oqytuga daiyndygy [Readiness of school teachers to teach natural science subjects using the STEM education approach]. *Vestnik NAN RK*, 405(5), 7–19. <https://journals.nauka-nanrk.kz/bulletin-science/article/view/4779> (in Kazakh)

Li, F., Cheng, L., Wang, X., et al. (2025). The causal relationship between digital literacy and students’ academic achievement: A meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 108. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04399-6>

Öztop, F., Karakuş, F., & Karamustafaoğlu, O. (2023). The effect of STEM education supported by digital technologies on students’ academic achievement: A meta-analysis. *Participatory Educational Research*, 10(3), 1–21. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1396033.pdf>

Qazaqstan Respublikasy Ukimeti. (2021, December 6). Qazaqstan Respublikasynyn 2022–2026 zhyldarga arналған әлеуметтік-ekonomikalыq даму болжамын бекіту туралы (No. 961 қаулы) [On approval of the forecast of socio-economic development of the Republic of Kazakhstan for 2022–2026 (Resolution No. 961)]. *Adilet aqparattyq-quqyqytq zhuyesi*. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2100000961> (in Kazakh)

Semenov, A. L., Abylkassymova, A. E., & Rudchenko, T. Y. A. (2024). AI methods in control of personalized general education. *Doklady Mathematics*, 109(3), 191–196. <https://doi.org/10.1134/S1064562424702119>

Zhumabay, N., Varis, S., Abylkassymova, A., Balta, N., Bakytqazy, T., & Bowen, G. M. (2024). Mapping the Kazakhstani STEM education landscape: A review of national research. *European Journal of STEM Education*, 9(1), Article 16. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/15576>

Zhumabay, N., Yelemessova, Z., Balta, N., Abylkassymova, A., Bakytказы, T., & Marynowski, R. (2024). Designing effective STEM courses: A mixed-methods study of the impact of a STEM education course on teachers' self-efficacy and course experiences. *Frontiers in Education*, 9, 1276828.

Авторлар туралы мәлімет:

А.Е. Әбілқасымова – педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының академигі, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің педагогикалық білім беруді дамыту Орталығының директоры, математика, физика және информатиканы оқыту әдістемесі кафедрасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, e-mail: aabylkassymova@mail.ru).

Н. Жұмабай – Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті математика, физика және информатиканы оқыту кафедрасының оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: nurman-0906@mail.ru).

А.Н. Умиралханов – Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: azik75292@gmail.com).

Information about authors:

A. Abylkassymova – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Director of the Center for the Development of Pedagogical Education, Head of the Department of Methods of Teaching Mathematics, Physics and Informatics Abay Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aabylkassymova@mail.ru)

N. Zhumabay – Lecturer at the Department of Methods of Teaching Mathematics, Physics and Computer Science at the Abay Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurman-0906@mail.ru)

A. Umiralkhanov – Student in the doctor's program at the Abay Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: azik75292@gmail.com)

Сведения об авторах:

А.Е. Абылқасымова – доктор педагогических наук, профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, директор Центра развития педагогического образования, заведующая кафедрой методики преподавания математики, физики и информатики Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: aabylkassymova@mail.ru).

Н. Жумабай – преподаватель кафедры методики преподавания математики, физики и информатики Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: nurman-0906@mail.ru).

А.Н. Умиралханов – докторант Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: azik75292@gmail.com).

Келін түсті: 17.09.2025
Қабылданды: 01.03.2026