

**ЖАРАТЫЛЫСТАНУ-МАТЕМАТИКАЛЫҚ БІЛІМ ЖӘНЕ ОҚЫТУ
ТЕХНОЛОГИЯСЫ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПРЕПОДАВАНИЯ**

МҒТАР 14.25.09

DOI: <https://doi.org/10.59102/pedagogical/2026/iss3pp50-62>

Билялова Ж. Т.¹, *Абыканова Б. Т.², Кокажаева А. Б.³

¹педагогика ғылымдарының кандидаты, Математика және математика оқыту әдістемесі кафедрасы, қауымдастырылған профессор, Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3362-8086>, E-mail: zhupartaren@gmail.com

³Биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор м.а. Математика кафедрасы, Қазақ Ұлттық қыздар педагогика университеті <http://orcid.org/0000-0002-0551-3599>, E-mail: Kokazaeamangul@gmail.com

**МАТЕМАТИКАЛЫҚ АППАРАТТЫ ФИЗИКА САБАҚТАРЫНДА STEM НЕГІЗІНДЕ
ҚОЛДАНУ ЖОЛДАРЫ**

Мақалада математикалық аппаратты физика сабақтарында STEM тәсілі негізінде қолданудың теориялық және практикалық жолдары қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – физикалық құбылыстар мен заңдылықтарды түсіндіру барысында математикалық модельдеу, есептеу, графикалық талдау және цифрлық құралдарды кіріктірудің тиімділігін анықтау. STEM негізіндегі оқыту физика, математика, инженерия және технология арасындағы пәнаралық байланысты күшейтіп, оқушылардың зерттеушілік, логикалық және сыни ойлау дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді. Мақалада физикалық есептерді шешуде теңдеулерді, функцияларды, графиктерді, векторларды және статистикалық әдістерді қолдану ерекшеліктері сипатталады. Сонымен қатар, эксперименттік деректерді математикалық өңдеу, компьютерлік модельдеу, виртуалды зертханалар және жобалық тапсырмалар арқылы білім алушылардың практикалық құзыреттерін қалыптастыру жолдары талданады. Ұсынылған әдістемелік тәсілдер оқушылардың физикалық ұғымдарды терең меңгеруіне, теориялық білімді нақты өмірлік жағдайларда қолдануына және инженерлік ойлау қабілетін дамытуына ықпал етеді. Зерттеу нәтижелері математикалық аппаратты STEM контекстінде жүйелі қолдану физиканы оқытудың сапасын арттырып, оқушылардың пәнге деген қызығушылығы мен оқу мотивациясын күшейтетінін көрсетеді.

Кілт сөздер: STEM-білім беру, физиканы оқыту, математикалық аппарат, математикалық модельдеу, пәнаралық байланыс, цифрлық технологиялар, инженерлік ойлау, физикалық есептер.

НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕР

Қазіргі білім беру жүйесінің негізгі басымдықтарының бірі – білім алушылардың ғылыми дүниетанымын қалыптастырумен қатар, олардың функционалдық сауаттылығын, инженерлік ойлауын және нақты өмірлік мәселелерді кешенді шешу қабілетін дамыту болып табылады. Осы мақсатқа қол жеткізуде STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) білім беру тәсілі ерекше маңызға ие. STEM оқыту моделі жаратылыстану ғылымдары, технология, инженерия және математиканы өзара кіріктіре отырып, теориялық білімді практикалық әрекетпен ұштастыруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін, шығармашылық әлеуетін және аналитикалық ойлауын дамытуға бағытталған

заманауи педагогикалық технологиялардың бірі ретінде халықаралық білім беру тәжірибесінде кеңінен қолданылып келеді. Физика – табиғат құбылыстарының заңдылықтарын зерттейтін іргелі ғылым болғандықтан, оны оқыту үдерісінде математикалық аппарат ерекше орын алады. Физикалық заңдардың басым бөлігі математикалық теңдеулер, функциялар, графиктер, векторлар, дифференциалдық тәуелділіктер және статистикалық әдістер арқылы сипатталады. Сондықтан математикалық аппарат физикалық құбылыстарды сандық тұрғыдан түсіндірудің ғана емес, оларды модельдеудің, болжаудың және тәжірибелік нәтижелерді ғылыми тұрғыдан талдаудың негізгі құралы болып табылады. Дегенмен жалпы білім беретін мектептерде физика мен математиканы оқыту көбіне бір-бірінен оқшау жүргізілетіндіктен, оқушылар математикалық білімді физикалық есептерді шешуде тиімді қолдануда қиындықтарға тап болады. Соңғы жылдары білім беруді цифрландыру, жасанды интеллект элементтерін енгізу, виртуалды зертханаларды пайдалану және компьютерлік модельдеуді кеңінен қолдану STEM тәсілінің мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтті. GeoGebra, PhET Interactive Simulations, MATLAB, Python, Excel, Tracker сияқты цифрлық құралдар физикалық процестерді математикалық тұрғыдан модельдеуге, алынған нәтижелерді визуализациялауға және күрделі заңдылықтарды интерактивті түрде түсіндіруге жағдай жасайды. Мұндай құралдарды пайдалану білім алушылардың деректерді өңдеу, график тұрғызу, эксперимент нәтижелерін талдау және математикалық қорытынды жасау дағдыларын қалыптастырады. Математикалық аппаратты STEM негізінде қолданудың маңызды бағыттарының бірі – физикалық модельдеу болып табылады. Модельдеу барысында нақты физикалық жүйелер математикалық өрнектер арқылы сипатталып, олардың қасиеттері мен мінез-құлқы сандық әдістер арқылы зерттеледі. Бұл тәсіл оқушыларға теориялық заңдардың практикалық қолданылуын түсінуге, эксперимент нәтижелерін салыстыруға және инженерлік есептердің шешімдерін іздеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар модельдеу білім алушылардың алгоритмдік ойлауын, зерттеу мәдениетін және цифрлық сауаттылығын дамытуда тиімді құрал болып саналады. STEM тәсілі бойынша ұйымдастырылған физика сабақтарында математикалық аппарат тек есеп шығару құралы ретінде емес, ғылыми зерттеудің әмбебап тілі ретінде қарастырылады. Бұл жағдайда оқушылар физикалық шамалар арасындағы тәуелділіктерді анықтап қана қоймай, оларды графикалық, аналитикалық және компьютерлік әдістер арқылы дәлелдеуге, болжам жасауға және алынған нәтижелердің дұрыстығын бағалауға үйренеді. Мұндай кіріктірілген оқыту тәсілі оқушылардың пәндік құзыреттіліктерімен қатар ХХІ ғасыр дағдыларын – сыни ойлау, коммуникация, ынтымақтастық, шығармашылық және мәселелерді кешенді шешу қабілеттерін қалыптастырады. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында білім беруді жаңғырту жағдайында STEM технологияларын енгізу мемлекеттік білім беру саясатының маңызды бағыттарының біріне айналды. Осыған байланысты физика сабақтарында математикалық аппаратты тиімді қолданудың ғылыми-әдістемелік негіздерін жетілдіру, оны цифрлық технологиялармен және инженерлік жобалау элементтерімен ұштастыру өзекті ғылыми-педагогикалық мәселе болып табылады. Осы зерттеудің мақсаты – физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде қолданудың ғылыми-әдістемелік ерекшеліктерін айқындау, математикалық модельдеу мен цифрлық технологияларды кіріктірудің тиімділігін талдау және олардың оқушылардың физикалық түсініктерін, есеп шығару дағдыларын, зерттеушілік құзыреттілігін және инженерлік ойлауын дамытуға әсерін негіздеу.

КІРІСПЕ

Физика пәнін оқытуда математикалық аппаратты қолдану мәселесі педагогика, физиканы оқыту әдістемесі және STEM-білім беру салаларындағы маңызды ғылыми бағыттардың бірі болып табылады[1]. Соңғы онжылдықтарда жүргізілген зерттеулер физикалық заңдарды терең түсіну математикалық ұғымдарды дұрыс меңгерумен және оларды нақты ғылыми есептерде қолдану қабілетімен тікелей байланысты екенін көрсетеді.

Сондықтан көптеген ғалымдар физика мен математиканы интеграциялай оқытудың оқушылардың академиялық жетістіктеріне, логикалық ойлауына және зерттеушілік құзыреттеріне оң әсер ететінін атап көрсетеді. Халықаралық ғылыми әдебиеттерде STEM білім беру тұжырымдамасы пәнаралық интеграцияға негізделген оқыту моделі ретінде қарастырылады. Sanders STEM білім беруді жаратылыстану ғылымдары, технология, инженерия және математиканы біртұтас жүйеде оқытудың тиімді моделі ретінде сипаттайды. Bybee STEM тәсілінің негізгі мақсаты оқушылардың теориялық білімін практикалық инженерлік мәселелерді шешуге бағыттау екенін дәлелдейді. Kelley мен Knowles интеграцияланған STEM оқыту оқушылардың шығармашылық қабілеттерін, инженерлік жобалау дағдыларын және ғылыми зерттеу мәдениетін дамытуға мүмкіндік беретінін көрсеткен[2]. Физиканы оқыту әдістемесіне арналған зерттеулерде математикалық модельдеудің маңызы ерекше аталады. Hestenes физикалық модельдеу теориясын дамыта отырып, физиканы оқытудағы негізгі мақсат табиғат құбылыстарының математикалық моделін құрастыру және оны тәжірибелік деректермен салыстыру екенін негіздейді. Redish физикадағы математикалық өрнектердің тек есептеу құралы емес, физикалық мағынаны сипаттайтын ғылыми тіл екенін дәлелдейді. Оның пікірінше, оқушылардың негізгі қиындықтарының бірі математикалық формулаларды физикалық мазмұнмен байланыстыра алмау болып табылады. Математикалық аппаратты қолдану мәселесі физикалық есептерді шығарумен ғана шектелмейді. Docktor және Mestre физикалық есептерді шешудің когнитивтік ерекшеліктерін зерттей отырып, жоғары нәтижеге жететін оқушылардың математикалық модель құру, шамалар арасындағы тәуелділіктерді анықтау және нәтижелерді талдау қабілеттері жақсы дамитынын анықтады. Сонымен қатар физикалық есептерді графикалық интерпретациялау, функцияларды талдау және статистикалық әдістерді пайдалану оқушылардың ғылыми ойлау мәдениетін қалыптастырудың маңызды факторлары ретінде қарастырылады[3]. Соңғы жылдары STEM білім беру аясында компьютерлік модельдеу ерекше ғылыми қызығушылық тудырып отыр. MATLAB, Python, GeoGebra, PhET Interactive Simulations, Algodoo және басқа цифрлық платформаларды пайдалану физикалық процестерді көрнекі модельдеуге мүмкіндік береді. Zacharia және әріптестері виртуалды зертханалар дәстүрлі эксперименттермен қатар қолданылған жағдайда оқушылардың физикалық ұғымдарды түсіну деңгейі едәуір жоғарылайтынын көрсеткен. Wieman әзірлеген интерактивті симуляциялар абстрактілі физикалық заңдарды визуализациялау арқылы оқыту тиімділігін арттыратынын дәлелденген. Инженерлік жобалау элементтерін физика сабақтарына енгізу де көптеген зерттеулерде қарастырылған. Moore және әріптестері инженерлік дизайн үдерісі STEM білім берудің негізгі компоненттерінің бірі екенін дәлелдей отырып, мәселені анықтау, модель құру, эксперимент жүргізу, нәтижелерді талдау және жобаны жетілдіру кезеңдерінің физика сабақтарымен табиғи түрде байланысатынын көрсетеді. Бұл тәсіл математикалық аппаратты нақты инженерлік міндеттерді шешуде қолдануға мүмкіндік береді. Қазақстандық зерттеулерде де STEM технологияларын енгізу мәселесі соңғы жылдары белсенді зерттелуде[4]. Отандық ғалымдардың еңбектерінде жаңартылған білім беру мазмұны жағдайында физика мен математиканы кіріктіріп оқытудың әдістемелік негіздері, жобалық оқыту технологиялары, цифрлық зертханалар және математикалық модельдеу әдістері қарастырылған. Алайда зерттеулердің басым бөлігі STEM технологияларын жалпы сипатта талдаумен шектеліп, математикалық аппаратты физика сабақтарында кешенді қолданудың ғылыми-әдістемелік моделіне жеткілікті көңіл бөлінбеген. Әдебиеттерді салыстырмалы талдау бірнеше маңызды ғылыми қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Біріншіден, барлық зерттеулер математикалық аппараттың физикалық заңдарды түсіндірудегі негізгі құрал екенін мойындайды. Екіншіден, STEM тәсілі математикалық білімді физикалық эксперименттермен және инженерлік жобалаумен тиімді біріктіруге мүмкіндік береді. Үшіншіден, компьютерлік модельдеу мен цифрлық технологиялар физикалық құбылыстарды визуализациялау және математикалық талдау сапасын арттырады[5]. Төртіншіден, қазіргі ғылыми еңбектерде математикалық аппаратты қолданудың кешенді әдістемелік жүйесін қалыптастыру мәселесі толық шешімін

таппаған. Осыған байланысты физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде қолданудың ғылыми-әдістемелік моделін әзірлеу, математикалық модельдеу, инженерлік жобалау және цифрлық технологияларды біртұтас педагогикалық жүйеге біріктіру қазіргі білім беру ғылымының өзекті бағыттарының бірі болып табылады. Бұл бағыт оқушылардың пәндік білім сапасын арттырумен қатар, олардың зерттеушілік құзыреттілігін, аналитикалық ойлауын, инженерлік мәдениетін және ХХІ ғасырдың кәсіби дағдыларын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде қолданудың педагогикалық тиімділігін анықтауға бағытталған аралас (mixed methods) зерттеу дизайны негізінде жүргізілді. Зерттеу барысында сандық және сапалық әдістер кешенді түрде қолданылып, оқушылардың математикалық модельдеу, физикалық есептерді шығару, эксперименттік деректерді өңдеу және инженерлік жобалау дағдыларының даму деңгейі бағаланды. Зерттеу базасы ретінде жалпы білім беретін мектептің 9–10-сыныптары таңдалды. Зерттеуге барлығы 124 оқушы қатысты. Оның ішінде эксперименттік топта – 62 оқушы, бақылау тобында – 62 оқушы болды[6]. Эксперименттік топта физика сабақтары STEM тәсілі негізінде ұйымдастырылып, математикалық аппаратты қолдануға бағытталған арнайы әзірленген әдістемелік жүйе енгізілді. Бақылау тобында физика пәні дәстүрлі оқыту бағдарламасына сәйкес жүргізілді. Зерттеу ұзақтығы бір оқу семестрін (16 апта) қамтыды. Эксперименттік оқыту барысында математикалық аппарат физиканың әртүрлі бөлімдерінде жүйелі түрде қолданылды. Механика бөлімінде қозғалыс теңдеулері, векторлық талдау және кинематикалық графиктер пайдаланылды. Молекулалық физикада статистикалық тәуелділіктер, ықтималдық элементтері және тәжірибелік деректерді өңдеу жүзеге асырылды. Электр және магнетизм бөлімінде функциялар, координаталық әдістер және математикалық модельдер қолданылды. Тербелістер мен толқындар тақырыптарында тригонометриялық функциялар, периодтық тәуелділіктер және компьютерлік графиктер арқылы модельдеу орындалды[7]. STEM негізіндегі сабақтар бірнеше өзара байланысты кезеңдерден тұрды: мәселені анықтау, ғылыми болжам ұсыну, математикалық модель құру, физикалық эксперимент жүргізу, эксперименттік нәтижелерді математикалық өңдеу, компьютерлік модельдеу, инженерлік шешім әзірлеу және алынған нәтижелерді бағалау. Бұл кезеңдер оқушылардың ғылыми-зерттеу қызметін ұйымдастыруға және теориялық білімді практикалық міндеттерді шешуде қолдануына мүмкіндік берді. Зерттеу барысында GeoGebra, PhET Interactive Simulations, Python (NumPy, Matplotlib), Microsoft Excel және Tracker бағдарламалары пайдаланылды. Аталған цифрлық құралдар эксперименттік деректерді өңдеуге, графиктер тұрғызуға, математикалық есептеулер жүргізуге және физикалық процестерді визуалды модельдеуге мүмкіндік берді. Компьютерлік модельдеу нақты эксперимент нәтижелерімен салыстырылып, олардың сәйкестік деңгейі талданды. Деректерді жинау бірнеше құрал арқылы жүзеге асырылды. Білім алушылардың теориялық білім деңгейі пәндік тесттер арқылы бағаланды. Математикалық модельдеу дағдылары практикалық есептер мен жобалық жұмыстар негізінде анықталды. Зерттеушілік және инженерлік құзыреттер бақылау карталары мен сараптамалық бағалау парақтары арқылы бағаланды[8]. Сонымен қатар оқушылардың оқу мотивациясы мен STEM сабақтарына қатысу белсенділігі сауалнама нәтижелері негізінде зерттелді. Бағалау жүйесі бес негізгі көрсеткіш бойынша құрылды: физикалық ұғымдарды түсіну деңгейі, математикалық аппаратты қолдану дәлдігі, математикалық модель құру қабілеті, эксперимент нәтижелерін сандық талдау сапасы және инженерлік жобаларды орындау тиімділігі. Әр көрсеткіш 100 балдық шкала бойынша бағаланып, кейін төмен (0–59), орта (60–74), жеткілікті (75–89) және жоғары (90–100) деңгейлерге жіктелді. Алынған сандық деректер IBM SPSS Statistics 27.0 бағдарламасында өңделді. Сипаттамалық статистика (орташа мән, стандартты ауытқу, пайыздық үлес), тәуелсіз таңдауларға арналған Student t-тесті, Пирсон корреляциялық талдауы және әсер

көлемін анықтайтын Cohen's d коэффициенті есептелді. Айырмашылықтардың статистикалық маңыздылығы $p < 0,05$ деңгейінде қабылданды. Зерттеу құралдарының ішкі сенімділігі Cronbach's Alpha коэффициенті арқылы анықталды және барлық көрсеткіштер бойынша $\alpha = 0,87-0,93$ аралығында болды, бұл өлшеу құралдарының жоғары сенімділігін көрсетті. Зерттеудің ғылыми жаңалығы физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде қолданудың интеграцияланған әдістемелік моделін әзірлеумен, математикалық модельдеу, инженерлік жобалау және цифрлық технологияларды біртұтас оқу үдерісіне біріктірумен сипатталады[9]. Ұсынылған әдістеме оқушылардың пәндік білімін ғана емес, сонымен қатар олардың аналитикалық ойлауын, зерттеушілік мәдениетін, инженерлік құзыреттілігін және ХХІ ғасыр дағдыларын кешенді дамытуға бағытталған.

Кесте 1. STEM негізінде физика сабақтарында математикалық аппаратты қолданудың кешенді әдістемелік моделі

STEM компоненті	Физика бөлімі	Қолданылатын математикалық аппарат	Цифрлық құралдар	Оқыту әрекеті	Қалыптасатын құзыреттер	Күтілетін нәтиже
Science (Ғылым)	Механика	Сызықтық функциялар, кинематикалық теңдеулер, туынды элементтері	PhET Motion, Tracker	Қозғалысты зерттеу, тәжірибе жүргізу	Ғылыми ойлау, бақылау, талдау	Қозғалыс заңдарын сандық түсіндіру
Science + Mathematics	Динамика	Векторлар, күштерді жіктеу, тригонометриялық функциялар	GeoGebra Physics	Күштердің әсерін модельдеу	Аналитикалық ойлау	Күштердің тең әсерлісін анықтау
Mathematics	Электр құбылыстары	Сызықтық теңдеулер, функциялар, пропорциялар	Excel, Python	Ом заңын график арқылы зерттеу	Сандық сауаттылық	Электр тізбектерін математикалық талдау
Engineering	Қарапайым механизмдер	Геометриялық есептеулер, пропорциялар	GeoGebra 3D	Инженерлік құрылғы жобалау	Жобалау құзыреті	Тиімді инженерлік шешім ұсыну
Technology	Тербелістер мен толқындар	Синусоидалық функциялар, периодтық тәуелділік	Python, MATLAB	Толқын графиктерін модельдеу	Ақпараттық құзыреттілік	Тербелістер параметрлерін болжау
Science + Technology	Оптика	Геометриялық модельдеу, бұрыштық тәуелділіктер	PhET Bending Light	Линза мен айна қасиеттерін зерттеу	Зерттеушілік қабілет	Оптикалық заңдарды дәлелдеу
Engineering + Mathematics	Энергияның сақталуы	Интегралдық тәуелділіктер, энергия функциялары	MATLAB, Excel	Энергетикалық жүйені модельдеу	Инженерлік есептеу	Энергия өзгерісін болжау

STEM интеграциясы	Жобалық жұмыс	Көпөлшемді математикалық модельдер, статистика	Python, GeoGebra, Arduino	Командалық STEM-жоба	Коммуникация, көшбасшылық	Нақты инженерлік өнім әзірлеу
STEM интеграциясы	Эксперименттік зерттеу	Регрессиялық талдау, корреляция, қателіктер теориясы	Excel, SPSS	Эксперимент нәтижелерін өңдеу	Зерттеу мәдениеті	Деректердің дәлдігін бағалау
STEM интеграциясы	Қорытынды зерттеу	Кешенді математикалық модельдеу	Python, MATLAB, PhET	Нәтижелерді қорғау және презентациялау	Сыни ойлау, инновациялық құзырет	Физикалық құбылыстарды кешенді модельдеу

Кестеде STEM тәсілі негізінде физика сабақтарында математикалық аппаратты қолданудың кешенді құрылымы көрсетілген. Әрбір STEM компоненті физиканың белгілі бір тарауымен байланыстырылып, сәйкес математикалық аппарат, цифрлық құралдар және оқу әрекеттері ұсынылған. Сонымен қатар әр кезеңде қалыптасатын негізгі құзыреттер мен күтілетін оқу нәтижелері жүйеленген[10]. Мұндай интеграцияланған модель математикалық білімді физикалық құбылыстарды зерттеу, инженерлік жобалау және цифрлық модельдеу арқылы тәжірибеде қолдануға мүмкіндік береді, оқушылардың функционалдық сауаттылығын, зерттеушілік дағдыларын және инженерлік ойлауын кешенді түрде дамытады.

Кесте 2. Физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі арқылы қолданудың тиімділігін бағалау көрсеткіштері

Бағалау критерийі	Бағалау көрсеткіші	Диагностикалық құрал	Өлшем бірлігі	Бастапқы деңгей (%)	Қорытынды деңгей (%)	Өзгеріс (%)	STEM әсері
Физикалық ұғымдарды түсіну	Заңдар мен құбылыстардың ғылыми түсіндіру	Теориялық тест	Балл (100)	58.7	87.4	+28.7	Өте жоғары
Математикалық модельдеу	Физикалық процестердің математикалық моделін құру	Практикалық есеп	Балл (100)	54.1	89.6	+35.5	Өте жоғары
Графиктік талдау	Графиктерді тұрғызу және интерпретациялау	Компьютерлік тапсырма	Балл (100)	61.3	91.5	+30.2	Өте жоғары
Эксперименттік деректерді өңдеу	Өлшеу нәтижелерін математикалық талдау	Зертханалық жұмыс	Балл (100)	56.8	88.9	+32.1	Жоғары
Сандық есептеулерді	Формулалардың дұрыс	Есептер жинағы	%	64.5	93.2	+28.7	Жоғары

н дәлдігі	қолдану						
Компьютерлік модельдеу	Сандық симуляцияларды пайдалану	GeoGebra, Python, PhET жобасы	Балл (100)	47.6	90.8	+43.2	Өте жоғары
Инженерлік жобалау	STEM жобасын әзірлеу сапасы	Сараптамалық бағалау	Балл (100)	52.4	91.1	+38.7	Өте жоғары
Сыни ойлау	Баламалы шешімдерді негіздеу	Кейс тапсырмалар	Балл (100)	60.2	89.3	+29.1	Жоғары
Зерттеушілік құзыреттілік	Болжам жасау, дәлелдеу және қорытынды шығару	Жобалық жұмыс	Балл (100)	55.9	90.1	+34.2	Өте жоғары
Командалық жұмыс	Бірлескен STEM жобаларын орындау	Бақылау картасы	Балл (100)	68.4	94.6	+26.2	Жоғары
Цифрлық сауаттылық	Бағдарламалық құралдарды қолдану	Практикалық тапсырма	Балл (100)	59.7	92.8	+33.1	Өте жоғары
Жалпы STEM құзыреттілігі	Кешенді бағалау нәтижесі	Интегралды индекс	Балл (100)	58.3	90.8	+32.5	Өте жоғары

Кестеде физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі арқылы қолданудың тиімділігін бағалауға арналған кешенді көрсеткіштер жүйесі берілген. Нәтижелер эксперимент соңында барлық көрсеткіштердің айтарлықтай артқанын көрсетеді. Ең жоғары өсім компьютерлік модельдеу (+43,2%), инженерлік жобалау (+38,7%) және математикалық модельдеу (+35,5%) бағыттарында байқалды. Сонымен қатар зерттеушілік құзыреттілік (+34,2%) пен цифрлық сауаттылық (+33,1%) көрсеткіштері де едәуір жоғарылаған[11]. Жалпы STEM құзыреттілігінің интегралды индексі 58,3 балдан 90,8 балға дейін өсіп, математикалық аппаратты физика сабақтарында жүйелі қолданудың оқушылардың ғылыми, инженерлік және аналитикалық ойлау қабілеттерін дамытудағы жоғары тиімділігін дәлелдейді.

НӘТИЖЕЛЕР

Зерттеу нәтижелері физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде жүйелі қолданудың оқушылардың пәндік білім сапасына, математикалық модельдеу дағдыларына және инженерлік ойлау қабілетіне айтарлықтай оң әсер ететінін көрсетті. Эксперименттік оқыту барысында оқушылар теориялық материалды меңгерумен қатар, физикалық құбылыстарды математикалық тұрғыдан сипаттау, компьютерлік модельдер құру, эксперименттік деректерді өңдеу және инженерлік міндеттерді шешу дағдыларын меңгерді. Бақылау тобымен салыстырғанда эксперименттік топ барлық бағалау көрсеткіштері бойынша жоғары нәтижелерге қол жеткізді. Алынған нәтижелерге сәйкес

физикалық ұғымдарды түсіну деңгейі бастапқы кезеңдегі 58,7 балдан эксперимент соңында 87,4 балға дейін өсті[12]. Бұл өсім физикалық заңдардың математикалық модельдер арқылы түсіндірілген кезде оқушылардың құбылыстар арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды тереңірек меңгеретінін көрсетті. Әсіресе қозғалыс заңдары, энергияның сақталуы, электр құбылыстары және тербелістер тақырыптарында математикалық функцияларды қолдану оқушылардың ғылыми пайымдау қабілетін айтарлықтай жақсартты. Математикалық модельдеу нәтижелері ең жоғары оң өзгерістердің бірі болды. Оқушылар физикалық есептерді тек формулаларды қолдану арқылы ғана емес, нақты процестердің математикалық моделін құру арқылы шешуге дағдыланды. Python, GeoGebra және PhET платформаларын пайдалану физикалық заңдарды көрнекі түрде талдауға мүмкіндік беріп, модельдеу нәтижелерінің эксперименттік деректермен сәйкестігін тексеруге жағдай жасады. Бұл оқушылардың алгоритмдік ойлауын, математикалық логикасын және ғылыми зерттеу мәдениетін қалыптастырды. Эксперименттік зертханалық жұмыстар барысында алынған деректердің математикалық өңделуі оқушылардың өлшеу дәлдігін бағалау, қателіктерді есептеу және нәтижелердің сенімділігін анықтау қабілеттерін дамытты. Бұрын тек сапалық сипатта қабылданған көптеген физикалық құбылыстар сандық модельдер арқылы дәлелденіп, олардың математикалық тәуелділіктері графиктер мен функциялар негізінде түсіндірілді[13]. Бұл тәсіл оқушылардың физикалық эксперименттерге деген қызығушылығын арттырып, ғылыми дәлелдемелерді қолдану мәдениетін қалыптастырды. Зерттеу барысында орындалған инженерлік жобалар STEM тәсілінің тиімділігін айқын көрсетті. Эксперименттік топ оқушылары энергияны үнемдеу жүйелері, қозғалысты талдау, электр тізбектерін оңтайландыру және механикалық құрылғылардың жұмыс принциптерін зерттеу бағыттарында жобалар әзірледі. Әрбір жоба математикалық есептеулерге, физикалық модельдеуге және цифрлық симуляцияларға негізделді. Нәтижесінде оқушылардың инженерлік жобалау құзыреттілігі, топтық жұмыс мәдениеті және инновациялық ойлау деңгейі айтарлықтай жоғарылады. Статистикалық талдау эксперименттік және бақылау топтары арасындағы айырмашылықтардың сенімді екенін көрсетті ($p < 0,05$). Cohen's d әсер көлемінің коэффициенті көптеген көрсеткіштер бойынша 0,80-ден жоғары болды, бұл STEM негізінде математикалық аппаратты қолданудың үлкен педагогикалық әсерге ие екенін дәлелдейді. Пирсон корреляциялық талдауы математикалық модельдеу деңгейі мен физикалық есептерді шешу сапасы арасында жоғары оң байланыс ($r = 0,84$), сондай-ақ цифрлық сауаттылық пен инженерлік жобалау нәтижелері арасында күшті корреляция ($r = 0,81$) бар екенін көрсетті[14]. Алынған нәтижелер халықаралық зерттеулермен сәйкес келеді. STEM технологияларын қолдануға арналған еңбектерде математикалық модельдеу оқушылардың зерттеушілік қабілетін, сыни ойлауын және шығармашылық белсенділігін арттыратыны көрсетілген. Осы зерттеудің нәтижелері де физика мен математиканың интеграциясы теориялық білімнің практикалық қолданылуын күшейтіп, пәндер арасындағы өзара байланысты тереңдететінін дәлелдейді. Сонымен қатар компьютерлік модельдеу мен виртуалды зертханаларды қолдану оқушылардың оқу мотивациясын арттырып, күрделі физикалық заңдарды көрнекі түрде меңгеруге мүмкіндік береді. Пікірталас нәтижелері математикалық аппаратты физика сабақтарында STEM контекстінде қолданудың бірнеше педагогикалық артықшылықтарын анықтады. Біріншіден, оқушылар физикалық құбылыстарды тек есте сақтап қана қоймай, олардың математикалық негіздерін түсінуге үйренді[15]. Екіншіден, цифрлық технологиялар эксперименттік жұмыстардың дәлдігін арттырып, алынған нәтижелерді жедел талдауға мүмкіндік берді. Үшіншіден, инженерлік жобалар нақты өмірлік мәселелерді шешуге бағытталғандықтан, оқушылардың кәсіби бағдарлануы мен болашақ инженерлік қызметке қызығушылығы артты. Төртіншіден, математикалық аппаратты жүйелі пайдалану функционалдық сауаттылықтың, зерттеушілік құзыреттіліктің және деректерді ғылыми талдау мәдениетінің қалыптасуына оң ықпал етті. Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері математикалық аппаратты физика сабақтарында STEM тәсілі негізінде қолданудың тиімді педагогикалық технология екенін дәлелдейді. Ұсынылған әдістемелік модель физикалық білімнің сапасын арттырып қана

қоймай, оқушылардың математикалық сауаттылығын, инженерлік ойлауын, цифрлық құзыреттілігін және ғылыми-зерттеу мәдениетін кешенді түрде дамытуға мүмкіндік береді[16]. Бұл нәтижелер STEM білім беру талаптарына сәйкес келетін заманауи физика сабағын ұйымдастырудың ғылыми-әдістемелік негізін қалыптастырады және оны жалпы білім беретін мектептердің оқу үдерісіне кеңінен енгізудің өзектілігін растайды.

Диаграмма 1.Физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM негізінде қолданудың тиімділік көрсеткіштері



Диаграммада STEM тәсілі негізінде математикалық аппаратты физика сабақтарына енгізудің негізгі нәтижелері кешенді түрде көрсетілген. Бағандық диаграмма эксперимент басталғанға дейінгі және аяқталғаннан кейінгі көрсеткіштердің салыстырмалы өзгерісін бейнелейді[17]. Барлық бағалау критерийлері бойынша оң динамика байқалады. Ең жоғары өсім компьютерлік модельдеу (+43,2%), инженерлік жобалау (+38,7%) және математикалық модельдеу (+35,5%) бағыттарында тіркелді. Бұл STEM технологияларының математикалық аппаратты тиімді меңгеруге және оны физикалық есептерді шешуде қолдануға ықпал ететінін дәлелдейді.Радарлық диаграмма эксперименттік топтың қорытынды нәтижелерін кешенді бағалауға мүмкіндік береді. Онда физикалық ұғымдарды түсіну (87,4 балл), математикалық модельдеу (89,6 балл), эксперименттік деректерді өңдеу (88,9 балл), графикалық талдау (91,5 балл), сандық есептеулердің дәлдігі (93,2 балл), компьютерлік модельдеу (90,8 балл), инженерлік жобалау (91,1 балл) және зерттеушілік құзыреттілік (90,1 балл) жоғары деңгейде қалыптасқаны көрінеді. Көрсеткіштердің біркелкі жоғары болуы ұсынылған STEM моделінің барлық құзыреттерді үйлесімді дамытуға мүмкіндік бергенін көрсетеді[18].Сызықтық графикте эксперименттік және бақылау топтарының оқу жетістіктерінің динамикасы салыстырылған. Эксперименттік топтың орташа көрсеткіші 16 апта ішінде 52,3 балдан 90,8 балға дейін тұрақты өссе, бақылау тобында көрсеткіштің өзгерісі айтарлықтай төмен болып қалды. Бұл айырмашылық STEM негізіндегі оқытудың ұзақ мерзімді тиімділігін дәлелдейді.Дөңгелек диаграмма сауалнама нәтижелерін көрсетеді.

Оқушылардың басым көпшілігі STEM сабақтарының пәнге деген қызығушылықты арттырғанын, математикалық есептерді түсінуді жеңілдеткенін және физикалық құбылыстарды тәжірибе арқылы зерттеуге ынталандырғанын атап өтті. Бұл STEM технологияларының оқыту сапасын ғана емес, білім алушылардың оқу мотивациясын да арттыратынын көрсетеді. Жалпы алғанда, диаграмма нәтижелері математикалық аппаратты STEM тәсілі арқылы қолдану физика пәнін оқытудың ғылыми-әдістемелік тиімділігін арттырып, оқушылардың математикалық сауаттылығын, инженерлік ойлауын, цифрлық құзыреттілігін және зерттеушілік мәдениетін кешенді дамытуға мүмкіндік беретінін дәлелдейді[19].

Диаграмма 2. STEM негізінде физика сабақтарында математикалық аппаратты қолданудың интеграцияланған нәтижелілік моделі



Диаграммада физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі арқылы қолданудың құрылымдық моделі мен оның білім алушылардың оқу жетістіктеріне әсері кешенді түрде ұсынылған. Орталық бөлікте STEM интеграциясының негізгі ядросы орналасқан, оның айналасында оқу үдерісінің алты өзара байланысты кезеңі көрсетілген: мәселені анықтау, математикалық модель құру, физикалық эксперимент жүргізу, эксперименттік деректерді өңдеу және талдау, инженерлік шешім әзірлеу, нәтижелерді бағалау және жетілдіру[20]. Бұл кезеңдер оқыту процесінің үздіксіз циклдік сипатын және теориялық білімнің практикалық қызметпен байланысын көрсетеді. Диаграмманың сол жағында негізгі көрсеткіштердің бастапқы және қорытынды нәтижелерінің салыстырмалы динамикасы берілген. Барлық көрсеткіштер бойынша айқын өсім байқалады. Әсіресе компьютерлік модельдеу, инженерлік жобалау, математикалық модельдеу және зерттеушілік құзыреттілік көрсеткіштері жоғары қарқынмен артқан. Бұл STEM технологияларының математикалық аппаратты меңгеру сапасын едәуір жақсартатынын дәлелдейді. Оң жақ бөліктегі секторлық диаграмма STEM технологияларын қолданудың жалпы әсерін сипаттайды. Нәтижелер математикалық және зерттеушілік дағдылардың дамуы, пәнге деген

қызығушылықтың артуы, инженерлік құзыреттердің қалыптасуы, цифрлық сауаттылықтың жоғарылауы және командалық жұмыстың тиімділігінің артқанын көрсетеді. Сонымен қатар корреляциялық матрица барлық негізгі көрсеткіштер арасында жоғары оң өзара байланыс бар екенін айқындайды, бұл құзыреттердің кешенді түрде қалыптасатынын білдіреді. Төменгі бөліктегі динамикалық график эксперименттік және бақылау топтарының оқу жетістіктерінің айырмашылығын көрсетеді. Эксперименттік топтың орташа нәтижесі оқу кезеңі ішінде тұрақты өсіп, бақылау тобынан едәуір жоғары деңгейге жеткен. Құзыреттерді бағалау индикаторлары ғылыми сауаттылықтың, математикалық құзыреттіліктің, инженерлік ойлаудың, цифрлық сауаттылықтың, зерттеушілік мәдениеттің және коммуникативтік дағдылардың жоғары деңгейде қалыптасқанын дәлелдейді. Жалпы алғанда, диаграмма STEM тәсілі арқылы математикалық аппаратты физика сабақтарына енгізу оқушылардың теориялық білімін тереңдетіп қана қоймай, олардың математикалық модельдеу, эксперимент жүргізу, инженерлік жобалау, цифрлық технологияларды пайдалану және ғылыми-зерттеу қызметін ұйымдастыру қабілеттерін кешенді түрде дамытатынын көрсетеді. Ұсынылған интеграцияланған модель заманауи STEM білім беру талаптарына сәйкес физиканы оқытудың тиімді педагогикалық негізі болып табылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу нәтижелері физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілі негізінде жүйелі қолданудың білім беру сапасын арттырудағы жоғары педагогикалық тиімділігін дәлелдеді. Ұсынылған әдістеме физика, математика, инженерия және цифрлық технологиялардың өзара байланысын қамтамасыз етіп, оқушылардың теориялық білімін тәжірибелік әрекетпен ұштастыруға мүмкіндік берді. STEM ортасында ұйымдастырылған оқу үдерісі оқушылардың физикалық құбылыстарды математикалық модельдеу, эксперименттік деректерді талдау, инженерлік шешімдер әзірлеу және цифрлық құралдарды тиімді пайдалану қабілеттерін кешенді түрде қалыптастырды. Эксперименттік зерттеу барысында физикалық ұғымдарды түсіну, математикалық модельдеу, графикалық талдау, компьютерлік модельдеу, инженерлік жобалау және зерттеушілік құзыреттердің барлық көрсеткіштері бойынша статистикалық тұрғыдан мәнді оң өзгерістер анықталды ($p < 0,05$). Әсіресе математикалық модельдеу, компьютерлік симуляцияларды пайдалану және инженерлік жобаларды орындау бағыттарында жоғары нәтижелерге қол жеткізілді. Бұл математикалық аппараттың физика пәнін оқытудағы тек есептеу құралы емес, ғылыми танымның, талдаудың және болжаудың әмбебап тілі екендігін көрсетті. Зерттеу барысында әзірленген интеграцияланған STEM моделі оқыту үдерісінің кезеңдерін – мәселені анықтау, математикалық модель құру, эксперимент жүргізу, деректерді өңдеу, инженерлік шешім әзірлеу және нәтижелерді бағалау – біртұтас жүйеге біріктірді. Мұндай құрылым оқушылардың пәндік білімін тереңдетіп қана қоймай, олардың функционалдық сауаттылығын, сыни ойлауын, зерттеушілік мәдениетін, шығармашылық әлеуетін және ХХІ ғасырдың негізгі құзыреттерін дамытуға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер STEM технологияларының физика сабақтарында математикалық аппаратты қолданудың ғылыми-әдістемелік негіздерін жетілдіруге мүмкіндік беретінін көрсетті. Математикалық модельдеу нақты физикалық процестерді түсіндірудің тиімді құралы ретінде оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, олардың ғылыми-зерттеу әрекетіне белсенді қатысуына ықпал етті. Сонымен қатар цифрлық платформаларды пайдалану күрделі физикалық заңдылықтарды визуализациялауға, эксперимент нәтижелерін дәл өңдеуге және алынған мәліметтердің сенімділігін арттыруға жағдай жасады. Зерттеудің ғылыми жаңалығы физика сабақтарында математикалық аппаратты STEM тәсілімен қолданудың кешенді педагогикалық моделін әзірлеуде, математикалық модельдеу мен инженерлік жобалауды оқу процесіне жүйелі енгізуде және олардың оқушылардың оқу жетістіктеріне ықпалын тәжірибелік тұрғыдан дәлелдеуде көрінеді. Ұсынылған модель жалпы орта білім беру ұйымдарының физика пәнін оқыту тәжірибесінде, педагог кадрларды даярлау

бағдарламаларында және STEM-білім беру мазмұнын жаңғырту бағытындағы ғылыми-әдістемелік жұмыстарда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, математикалық аппаратты STEM негізінде қолдану физика пәнінің мазмұнын жаңғыртып, білім алушылардың ғылыми дүниетанымын, аналитикалық және инженерлік ойлауын, цифрлық құзыреттілігін және практикалық мәселелерді шешу дағдыларын сапалы жаңа деңгейге көтеретін тиімді инновациялық педагогикалық технология болып табылады. Сондықтан аталған әдістемені мектептердің оқу бағдарламасына кезең-кезеңімен енгізу STEM-білім беруді дамыту стратегиясының маңызды бағыттарының бірі ретінде қарастырылуы тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). STEM білім беру саласындағы зерттеулер мен даму үрдістері: ғылыми жарияланымдарға жүйелі шолу. *International Journal of STEM Education*, 7(11). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
2. Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). STEM білімі туралы не айтамыз? Әдебиеттерге шолу. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
3. Buddo, C. (2020). STEM білім беру мен математиканы оқыту және оқып-үйренуге шолу. *Journal of Education and Development in the Caribbean*, 18(2), 166–186. <https://doi.org/10.46425/j618023185>
4. González-Peña, O. I., Morán-Soto, G., Rodríguez-Masegosa, R., & Rodríguez-Lara, B. M. (2021). STEM студенттерінің жылулық инверсия тәжірибесі арқылы оқуы және гармониялық тербелістерді қолдануының тиімділігі. *European Journal of Physics*, 42(5). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/abf4f3>
5. Bergsten, C., & Frejd, P. (2019). Болашақ математика мұғалімдерін STEM біліміне даярлау: сабақ жоспарларын талдау. *ZDM Mathematics Education*, 51, 941–953. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7>
6. Bunyamin, M. A. H., Talib, C. A., Ahmad, N. J., Ibrahim, N. H., & Surif, J. (2020). Физика мұғалімдерінің қазіргі оқыту тәжірибесі және кіріктірілген STEM білімінің маңызы. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5A), 18–28. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081903>
7. Guan, N. H., Bunyamin, M. A. H., & Khamis, N. (2020). Физика мұғалімдерінің көзқарасы бойынша STEM білім беру: сандық зерттеу. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11C), 72–82. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082309>
8. Asrizal, A., Mardian, V., Novitra, F., & Festiyed. (2022). XXI ғасыр дағдыларын дамытуға арналған STEM-мен кіріктірілген физика бойынша электрондық оқу материалы. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(8), 2899–2914. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i8.7357>
9. Asrizal, A., Annisa, N., Festiyed, Ashel, H., & Amnah, R. (2023). Физикадан STEM-мен кіріктірілген цифрлық оқу материалдарының оқушылардың тұжырымдамалық түсінігі мен жаңа сауаттылығын дамытудағы рөлі. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13275>
10. STEM білімінде физика мен математиканы кіріктіру: математикалық модельдеуді қолдану. (2024). *Education Sciences*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>
11. Saripah, S. A., Wibowo, F. C., Astra, I. M., & Budi, E. (2024). Физиканы оқытудағы STEM: артықшылықтары, қиындықтары және болашақ зерттеу бағыттары. *Momentum: Physics Education Journal*, 9(2). <https://doi.org/10.21067/mpej.v9i2.11533>
12. Wulandari, N., & Pujiyanto. (2024). XXI ғасыр дағдыларын дамыту мақсатында физика сабақтарына STEM енгізу: жүйелі әдеби шолу. *Kasuari: Physics Education Journal*, 8(2). <https://doi.org/10.37891/kpej.v8i2.952>

- 13.Kong, S. F., & Mohd Matore, M. E. (2020). Оқыту және оқу үдерісіндегі STEM тәсілдері: жүйелі әдеби шолу. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 10(2), 29–44. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol10.2.4.2020>
- 14.Bray, A., & Tangney, B. (2017). Математиканы оқытудағы технологияларды қолдану: қазіргі үрдістерге жүйелі шолу. *Computers & Education*, 114, 255–273. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.004>
- 15.Borrego, M., Foster, M. J., & Froyd, J. E. (2015). Инженерлік білім беру саласындағы жүйелі әдеби шолу әдістемесі. *Journal of Engineering Education*, 104(2), 212–242. <https://doi.org/10.1002/jee.20069>
- 16.Chimmalee, B., & Anupan, A. (2022). Бұлттық технологиялар негізіндегі модельдеу тапсырмаларының математикалық есептерді шешу қабілетіне әсері. *International Journal of Instruction*, 15(3), 981–996. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15353a>
- 17.Lo, C. K., Huang, X., & Cheung, K. L. (2022). Математикалық модельдеу тапсырмаларын әзірлеудің құрылымдық негіздері. *Sustainability*, 14(15), 9757. <https://doi.org/10.3390/su14159757>
- 18.Chamberlin, S. A., & Parks, K. (2020). Математикалық модельдеу тапсырмаларын орындағаннан кейінгі білім алушылардың оқу мотивациясын салыстырмалы талдау. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(3), 177–189. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i3.1027>
- 19.Gifford, J. D., & Finkelstein, N. D. (2020). Физикада математикалық ойлауды дамытуға арналған оқу бағдарламасын жобалау тұжырымдамасы. *Physics Education Research Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1119/perc.2020.pr.Gifford>
- 20.Жоғары білім беру жүйесінде физиканы модельдеу негізінде оқыту: білім беру стратегиялары мен танымдық дамуға шолу. (2020). *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(1), 33–47. <https://doi.org/10.1108/JARHE-11-2019-0287>

Пути применения математического аппарата на уроках физики на основе STEM-подхода

Билялова Ж. Т.¹, Абыканова Б. Т.², Кокажаева А. Б.³

¹Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, Профессор кафедры математики и методика преподавания математики, кандидат педагогических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3362-8086>, E-mail: zhupartaren@gmail.com

²кандидат педагогических наук, профессор. Кафедра физики и технических дисциплин, Атырауский университет имени Х.Досмухамедова, Атырау, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0095-3533> e-mail: bakitgul@list.ru

³Кандидат биологических наук, и.о. ассоциированного профессора кафедры математики, Казахского национального женского педагогического университета, <http://orcid.org/0000-0002-0551-3599>, E-mail: Kokazaeamanagul@gmail.com

В статье рассматриваются теоретические и практические пути применения математического аппарата на уроках физики на основе STEM-подхода. Цель исследования заключается в определении эффективности интеграции математического моделирования, вычислений, графического анализа и цифровых инструментов при объяснении физических явлений и закономерностей. Обучение на основе STEM усиливает междисциплинарные связи между физикой, математикой, инженерией и технологиями, а также способствует развитию исследовательского, логического и критического мышления учащихся. В статье раскрываются особенности использования уравнений, функций, графиков, векторов и статистических методов при решении физических задач. Особое внимание уделяется математической обработке экспериментальных данных, компьютерному моделированию, виртуальным лабораториям и проектным заданиям как средствам формирования

практических компетенций обучающихся. Предлагаемые методические подходы способствуют более глубокому усвоению физических понятий, применению теоретических знаний в реальных жизненных ситуациях и развитию инженерного мышления. Результаты исследования показывают, что систематическое использование математического аппарата в контексте STEM повышает качество преподавания физики, усиливает познавательный интерес учащихся и способствует росту их учебной мотивации.

Ключевые слова: STEM-образование, обучение физике, математический аппарат, математическое моделирование, междисциплинарные связи, цифровые технологии, инженерное мышление, физические задачи.

Methods of Applying Mathematical Tools in Physics Lessons Based on the STEM Approach

Bilyalova Z.¹, Abykanova B. T.², Kokazhayeva A.³

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Professor Department of Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, 112 Pushkin Street, Atyrau, Kazakhstan ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3362-8086>, E-mail: zhupartaren@gmail.com

²Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Department of Physics and Technical Disciplines, H. Dosmukhamedov, Atyrau University, Atyrau, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0095-3533> e-mail: bakitgul@list.ru,

³Candidate of Biological Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Mathematics, Kazakh National Women's Teacher Training University. Almaty, Kazakhstan 99 Aiteke bi Street ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0551-3599>, E-mail: Kokazaeamangul@gmail.com

The article examines theoretical and practical approaches to applying mathematical tools in physics lessons within a STEM-based framework. The purpose of the study is to determine the effectiveness of integrating mathematical modelling, calculations, graphical analysis, and digital tools into the explanation of physical phenomena and laws. STEM-based learning strengthens interdisciplinary connections among physics, mathematics, engineering, and technology while promoting students' research, logical, and critical thinking skills. The article describes the use of equations, functions, graphs, vectors, and statistical methods in solving physics problems. Particular attention is given to the mathematical processing of experimental data, computer simulations, virtual laboratories, and project-based tasks as effective means of developing students' practical competencies. The proposed methodological approaches support a deeper understanding of physical concepts, the application of theoretical knowledge to real-life situations, and the development of engineering thinking. The findings indicate that the systematic use of mathematical tools in the STEM context improves the quality of physics instruction, increases students' interest in the subject, and enhances their learning motivation.

Keywords: STEM education, physics teaching, mathematical tools, mathematical modelling, interdisciplinary learning, digital technologies, engineering thinking, physics problems