

Я.Ш. КАРИМЖАНОВ¹, Ш.Ж. РАМАНКУЛОВ²✉¹Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті²Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті

✉e-mail: sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz

ОПТИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ ОҚЫТУДА STEM ТЕХНОЛОГИЯСЫ: БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ОҚУ НӘТИЖЕЛЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Ғылым мен технология қарқынды дамып келе жатқан қазіргі дәуірде білім алушылардың ғылымға деген қызығушылығын жүйелі түрде қалыптастырып, дамыту – білім беру саласының өзекті мәселелерінің бірі. Алайда соңғы жылдары көптеген елдерде жастардың ғылымға деген қызығушылығының төмендеуі байқалып отыр. Бұл үрдіс болашақта ғылыми-техникалық мамандардың тапшылығына алып келіп қана қоймай, елдің экономикалық дамуына да кері әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты аталған мәселені шешудің тиімді жолдарының бірі – білім беру үдерісіне STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) технологияларын интеграциялау. Осы зерттеудің негізгі мақсаты – STEM технологиясы негізінде арнайы әзірленген оқу құралдарын пайдалану арқылы оптикалық құбылыстарды оқытудың білім алушылардың оқу нәтижелеріне әсерін анықтау. Зерттеу Қожа Ахмет Ясауи атындағы қазақ-түрік университетінің 2-курс физика мамандығы студенттері арасында жүргізіліп, жалпы саны 47 білім алушы бақылау және эксперименттік топтарға бөлінді. 15 апталық оқыту бағдарламасы барысында эксперименттік топта LightBurn бағдарламасы мен CNC технологиясы арқылы жасалған оптикалық STEM құрылғыларымен практикалық сабақтар ұйымдастырылды. Зерттеу барысында білім алушылардың бастапқы және соңғы деңгейлерін анықтау үшін Pre-test және Post-test жүргізіліп, мәліметтер Jamovi 2.4 бағдарламасы арқылы талданды. Paired t-test және ANCOVA статистикалық әдістерін қолдану нәтижесінде Pre-test кезеңіндегі білім алушылардың орташа балы 12.7 болса, Post-test нәтижесі 14.6-ға дейін артқаны анықталды. Жұпталған t-тест бойынша $t(46) = -10.7$, $p < .001$ мәні тіркеліп, оқыту тиімділігінің статистикалық маңыздылығы дәлелденді. Сонымен қатар, ANCOVA нәтижесінде оқыту әдісінің әсері бойынша $F(1,44) = 85.4$, $p < .001$ көрсеткіштері алынып, STEM технологиясын қолдану оқу жетістіктерін, танымдық белсенділікті және пәнге деген қызығушылықты едәуір арттырғаны байқалды. Бұл нәтижелер STEM жинағын пайдалану студенттердің оптикалық құбылыстарды терең түсінуіне, сабаққа белсенді қатысуына және физика пәніне қызығушылығының артуына оң ықпал еткенін көрсетті. Авторлар әзірлеген бұл STEM жинағы физиканы оқытудың заманауи тәжірибесіне бейімделген әрі қолжетімді үлгі ретінде ұсынылады.

Кілт сөздер: STEM білім беру, STEM жинақ, физиканы оқыту, оптикалық құбылыстар, білім алушылардың қызығушылығы, оқу нәтижелері, эксперимент.

* Бізге дұрыс сілтеме жасаңыз:

Каримжанов Я.Ш., Раманкулов Ш.Ж. Оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясы: білім алушылардың оқу нәтижелеріне әсері // Yassawi Journal of Education Studies. – 2026. – №2 (140). – Б. 211-227. <https://doi.org/10.47526/3107-3123.341>

*Cite us correctly:

Karimzhanov Ia.Sh., Ramankulov Sh.Zh. Optikalıyq qubylystardy oqytuda STEM tehnologiasy: bilim alushylardyn oqu natizhelerine aseri [Using STEM Technologies in Teaching Optical Phenomena: Impact on Students' Learning Outcomes] // Yassawi Journal of Education Studies. – 2026. – №2 (140). – B. 211-227. <https://doi.org/10.47526/3107-3123.341>

Мақаланың редакцияға түскен күні 11.09.2025 / қабылданған күні 30.06.2026

Кіріспе

Ғылым мен технологияның қарқынды дамуы білім беру жүйесін жаңғыртуды және бәсекеге қабілетті мамандар даярлауды талап етеді. Инженерлік-техникалық кадрлардың тапшылығы әлем елдерімен қатар Қазақстанда да өзекті мәселеге айналуға. Соңғы жылдары техникалық мамандықтарға қызығушылықтың төмендеуі байқалып, бұл экономика салалары үшін кадр даярлау жүйесін жетілдіру қажеттілігін туындатуда. Осы мәселені шешу жолдарының бірі ретінде зерттеуде оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясын қолдану ұсынылады.

STEM технологияларын қолдану – оптикалық құбылыстарды оқытудағы тиімді әдіс. Қазіргі білім беру жүйесінде STEM (Ғылым, Технология, Инжиниринг, Математика) технологияларын қолдану білім алушылардың логикалық, аналитикалық ойлау қабілеттерін дамытуға, ғылыми ұғымдарды тереңірек меңгеруге және пәнге деген қызығушылығын арттыруға айтарлықтай ықпал етеді [1; 2]. Бұл тәсіл практикалық дағдыларды жетілдірумен қатар, пәндер арасындағы байланысты нығайту арқылы білім алушылардың ғылыми дүниетанымын кеңейтеді.

STEM негізінде ұйымдастырылған педагогикалық эксперименттер білім алушылардың шығармашылық ойлауын дамытып, инженерлік және жаратылыстану ғылымдары саласында тапқырлық танытуына жағдай жасайды. Осы контексте біздің зерттеуімізде оқыту құралы ретінде арнайы әзірленген STEM жинағы қолданылды, ол CNC (Computer Numerical Control) технологиясы арқылы дайындалды. Бұл жинақ нақты оптикалық құбылыстарды тәжірибелік жолмен зерделеуге мүмкіндік береді. CNC технологиясы жиі целлюлоза нанокристалдары (Cellulose Nanocrystals, CNC) тұрғысынан зерттеледі. Бұл материалдар оптикалық қасиеттеріне байланысты ғылыми зерттеулерде, соның ішінде жарықтың шашырауы, интерференциясы және сынуы сияқты құбылыстарды модельдеуде кеңінен қолданылады [3].

STEM мен CNC-ге негізделген оқыту білім алушылар үшін оқудың практикалық мазмұнын арттырып, олардың зерттеушілік қабілеттерін қалыптастыруға мүмкіндік береді. STEM технологияларын қолдану — тек білім сапасын арттырудың құралы ғана емес, сонымен қатар болашақ инженерлік және ғылыми кадрларды даярлаудың стратегиялық бағыты. Бұл тәсіл азаматтық сауаттылықты арттырып, кәсіби бағдар беріп, білім алушыларды заманауи еңбек нарығына бейімдеуге жағдай жасайды. Зерттеу нәтижелері STEM технологиялары мен практикалық жобаларға негізделген оқытудың физикалық заңдар мен оптикалық құбылыстарды меңгеруге елеулі үлес қосатынын дәлелдейді.

STEM технологияларын оптикалық құбылыстарды оқытуда қолдану білім алушылардың оқу нәтижелеріне оң әсер етеді. Бұл интеграция оқу процесін интерактивті және тәжірибелік әдістермен қамтамасыз етіп, білім алушыларға теориялық білімді практикалық нәтижелермен байланыстыруға мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеулер STEM әдістерін қолданудың білім алушылардың ғылыми-танымдық қабілеттерін дамытуға ықпал ететінін көрсетеді.

Симуляциялық әдістерді, соның ішінде MATLAB бағдарламасындағы моделдеулерді пайдалану интерференция мен дифракция сияқты күрделі оптикалық құбылыстарды визуализациялауға мүмкіндік береді. Бұл әдістер білім алушылардың абстрактілі ұғымдарды нақты тәжірибе арқылы түсінуін жеңілдетіп, оқу мотивациясын арттырады. Компьютерлік симуляциялар STEM оқыту жүйесінде маңызды рөл атқара отырып, нақты эксперименттерді қолдауға және ресурстарды үнемдеуге жағдай жасайды.

Оптикалық құбылыстарды зерттеу барысында атмосфералық оптикаға негізделген мысалдарды қолдану – білім алушылардың қызығушылығын оятатын тиімді тәсілдердің бірі. Табиғи құбылыстар (сәуле шашырауы, мираж, кемпірқосақ) арқылы жүргізілген сабақтар көрнекілік пен практикалық байланысты күшейтеді [4-6]. Цифрлық визуализация мен инфракызыл фотосуреттердің дамуы бұл процесті одан әрі жетілдіреді.

Қазіргі білім беру жүйесінде STEM технологияларын оқу процесіне енгізу — білім алушылардың физика пәніне, соның ішінде оптикалық құбылыстарға қызығушылығын

арттырып, олардың ғылыми және зерттеушілік қабілеттерін дамытуда маңызды рөл атқарады. Бұл тәсіл күрделі физикалық ұғымдарды визуализациялау, тәжірибе арқылы меңгеру және пәндік білімді практикалық дағдылармен ұштастыру мүмкіндігін береді.

Қазақстанда STEM бағытында білім беруді дамытуға арналған мемлекеттік бағдарламалар іске асырылуда. 2023–2029 жылдар аралығында физика және басқа да жаратылыстану пәндері бойынша заманауи зертханалар мен STEM кабинеттерін жабдықтау жоспарланған.

Оптикалық құбылыстарды STEM тәсілдерімен оқыту білім алушылардың танымдық белсенділігін арттырып, логикалық және аналитикалық ойлауын дамытуға мүмкіндік береді. Сондықтан зерттеу мынадай сұрақтарға жауап іздейді:

- STEM технологияларын қолдану арқылы оптикалық құбылыстарды меңгертудің тиімді жолдары қандай?

- Практикалық және зертханалық жұмыстарда STEM құралдарын қолдану пәнді игеруге қалай әсер етеді?

Зерттеудің мақсаты – оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологияларына негізделген оқу-тәжірибелік материалдар мен модельдерді әзірлеп, оларды оқу процесіне енгізу арқылы білім алушылардың қызығушылығын, танымдық белсенділігін және оқу нәтижелерін арттыру.

STEM технологияларын оптикалық құбылыстарды оқыту үдерісіне тиімді интеграциялау мәселесі бойынша бірқатар зерттеушілердің ғылыми еңбектерін атап өтуге болады.

STEM технологиялары оптикалық құбылыстарды оқытуда білім алушылардың оқу нәтижелерін едәуір жақсартуға ықпал етеді. STEM оқыту моделі білім алушыларға ғылым, технология, инженерия және математика салаларының біртұтас байланысын меңгеруге мүмкіндік беріп, теориялық білім мен практикалық дағдылардың арасындағы алшақтықты жоюға септігін тигізеді. Бұл әдіс әсіресе физика және оптика пәндерінде абстрактілі ұғымдарды интуитивті түсінуге жағдай жасайды. Мысалы, MATLAB симуляцияларын қолдану арқылы оптикалық эксперименттерді модельдеу нақты тәжірибе жасау мүмкіндігі шектеулі жағдайларда білім алушыларға күрделі құбылыстарды визуализациялауға мүмкіндік береді [7-8].

Мұндай технологияларды оқу ортасына енгізу білім алушылардың ғылыми шығармашылығын дамытып, инновациялық жобаларға деген қызығушылығын арттырады.

Зерттеу әдістері мен материалдар

Зерттеу жұмысының стратегиясы мен әдістемесі оның ғылыми жаңашылдығы мен тәжірибелік маңыздылығымен ерекшеленеді. Зерттеу мақсаты мен міндеттеріне, алға қойылған ғылыми гипотезаға сәйкес жүйелі, кешенді және көпқырлы әдістер жинағы пайдаланылды. Зерттеуде сандық және сапалық талдау тәсілдері үйлестіріліп, нақты эмпирикалық деректерге сүйене отырып нәтижелер алынды.

Алдымен зерттеу мазмұнын анықтауда және мәселені нақтылауда систематикалық кешенді талдау әдісі қолданылды. Бұл әдіс физиканы оқытуда STEM технологияларын интеграциялауға байланысты ғылыми әдебиеттерді құрылымдап, салыстырмалы сараптама жасауға негізделді. Әдеби шолу «Mendeley.com» базасындағы соңғы бес жылда жарияланған, жоғары импакт-факторлы мақалаларға сүйене отырып орындалды. «STEM білім беру», «STEM жинақ», «физиканы оқыту», «оптикалық құбылыстар», «білім алушылардың қызығушылығы», «оқу нәтижелері», «эксперимент» секілді кілт сөздер бойынша іріктеу алдын ала белгіленген критерийлермен жүзеге асырылды.

Модельдеу және инженерлік дизайн әдістері арқылы білім алушылар оптикалық құбылыстарды оқытуға арналған STEM құрылғыларын (лазер, линза, экран, шкала, т.б.) өздері жобалап, LightBurn бағдарламасы арқылы әзірледі. Бұл әдіс білім алушылардың теориялық

білімдерін практикалық дағдылармен ұштастырып, ғылыми-инженерлік ойлауын дамытуға ықпал етті.

Ковариантты дисперсиялық талдау (ANCOVA) әдісі: Оқыту тиімділігін бағалауда ANCOVA әдісі қолданылды. Бұл тәсіл әр топтың соңғы нәтижелерін (Post-test) бастапқы дайындық деңгейін (Pre-test) ескере отырып салыстыруды көздейді. ANCOVA талдауы оқыту әдісінің (Group факторы) білім нәтижесіне ықпалын статистикалық дәлелдеуге жағдай жасады.

Педагогикалық эксперимент әдісі: Педагогикалық эксперимент зерттеу жұмысының өзегін құрады. Бұл әдіс білім алушыларды екі топқа бөліп (эксперименттік және бақылау топтары), әр топта оқыту тәсілдерін салыстыруды қамтыды. Эксперименттік топқа арнайы дайындалған STEM құрылғыларымен практикалық сабақтар жүргізілді. Ал бақылау тобында дәстүрлі оқыту әдісі қолданылды. Бұл әдіс арқылы STEM құралдарының нақты әсерін эмпирикалық тұрғыда анықтауға мүмкіндік туды. Эксперимент 15 апта бойы жүйелі жоспар бойынша жүргізіліп, әр сабақта тәжірибелік және зертханалық жұмыстар орындалды.

Эксперименттік топта практикалық сабақтар геометриялық оптиканың негізгі мәселелерін, жарықтың түзу сызықты таралуы, шағылу және сыну заңдары, линзалардың оптикалық қасиеттері, кескіннің пайда болуы сияқты құбылыстарды терең талдауға бағытталған STEM-интеграцияланған тапсырмалар негізінде ұйымдастырылды. LightBurn бағдарламасы мен CNC технологиясы арқылы дайындалған оптикалық STEM құрылғыларын пайдалана отырып, студенттер жарық сәулелерінің жүрісін модельдеу, линзалардың фокус арақашықтығын тәжірибелік анықтау, кескіннің түрін салыстырмалы талдау және оптикалық жүйенің параметрлерін есептеу сияқты практикалық жұмыстар орындады. Әр тапсырма теориялық бөлімнен кейін енгізіліп, оқу материалы құрылымында білімді бекіту және қолдану кезеңінде жүзеге асырылды. Практикалық жұмыстар барысында білім алушылар эксперимент жүргізу, өлшеу дәлдігін бағалау, алынған деректерді математикалық өңдеу және нәтижелерді ғылыми тұрғыда негіздеу әрекеттерін орындады. Осылайша, практикалық сабақтардың мазмұны оптика пәнін оқыту мақсатына сәйкес геометриялық оптиканың негізгі заңдылықтарын талдай алу, оптикалық құбылыстардың физикалық мәнін түсіндіру және оларды инженерлік тұрғыда қолдана білу құзыреттерін қалыптастыруға бағытталды.

STEM технологиясы аясында қолданылған оқыту әдістері мен тәсілдері: Эксперименттік топта STEM технологиясы негізінде ұйымдастырылған практикалық сабақтарда білім алушылар арнайы әзірленген лазер көзі, айна, линза, бұрыштық шкала және CNC арқылы дайындалған модульдер сияқты оптикалық құрылғыларды пайдалана отырып зерттеушілік және инженерлік әрекеттер орындады. Практикалық жұмыстар оптика пәнінің оқу мақсаттарына толық сәйкес әзірленіп, білім алушылардың «геометриялық оптиканың қарастыратын негізгі мәселелерін талдай алу» құзыретін қалыптастыруға бағытталды. Оқыту барысында проблемалық оқыту, жобалық жұмыс, топтық зерттеу, тәжірибелік модельдеу және рефлексиялық талдау әдістері қолданылып, STEM компоненттері (Science – физикалық заңдар, Technology – оптикалық құрылғы, Engineering – модельді баптау және жетілдіру, Mathematics – сандық есептеу және талдау) кіріктірілген түрде іске асырылды.

Pre-test және Post-test бақылау әдісі: Зерттеу басында барлық қатысушыларға бастапқы білім деңгейін анықтау мақсатында Pre-test тапсырмалары берілді. Оқу процесі аяқталған соң, білім деңгейінің өзгерісін бағалау үшін Post-test жүргізілді. Бұл әдіс оқу нәтижелеріндегі ілгерілеуді сандық тұрғыда көрсетуге мүмкіндік берді. Pre-test және Post-test сұрақтары білім алушылардың оптикалық құбылыстарды түсінуін, есеп шығару дағдыларын және тәжірибені талдау қабілетін қамтыды. Алынған нәтижелер Jamovi бағдарламасы негізінде талданды.

H01: STEM технологиясын қолдану арқылы жүргізілген оқыту мен дәстүрлі оқыту әдісі арасында білім алушылардың оқу нәтижелерінде мәнді айырмашылық жоқ

H02: STEM технологиясын қолдану арқылы ұйымдастырылған оқыту үдерісі оптикалық құбылыстарды оқытуда білім алушылардың оқу нәтижелеріне оң ықпал етеді және бұл әсер дәстүрлі оқыту әдісіне қарағанда статистикалық тұрғыда мәнді айырмашылық көрсетеді.

Жұпталған t-тест әдісі: Pre-test пен Post-test нәтижелерін салыстыру үшін жұпталған t-тест қолданылды. Бұл әдіс бір топтың (эксперименттік топтың) оқу басындағы және соңындағы білім деңгейінің айырмашылығын анықтауға бағытталды.

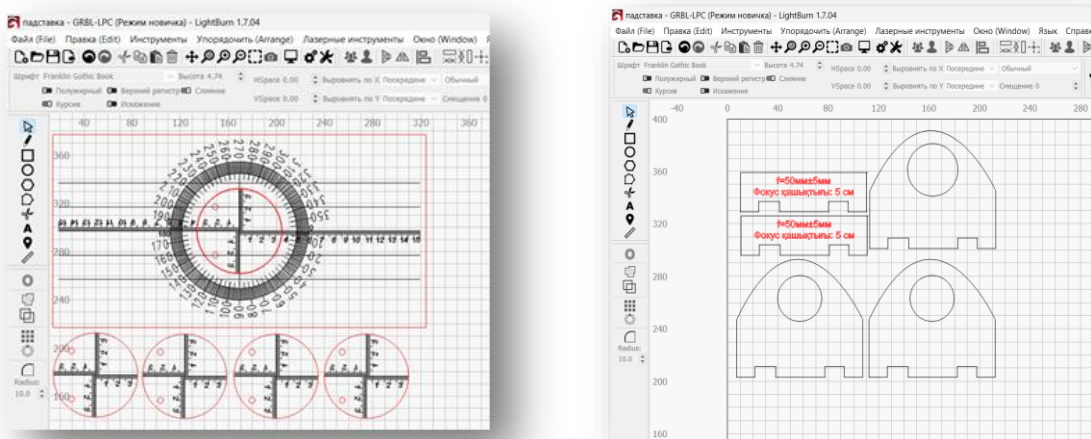
Талдау мен нәтижелер

STEM – бұл ғылым (Science), технология (Technology), инженерия (Engineering) және математика (Mathematics) пәндерін біріктіре отырып, білім алушыларды практикалық дағдылар мен пәнаралық ойлау қабілетіне үйретуге бағытталған оқыту тәсілі. Бұл модель арқылы білім алушылар ғылыми білімді нақты өмірмен байланыстырып, зерттеу мен жобалау дағдыларын меңгереді.

Оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясы теория мен тәжірибені ұштастыру арқылы білім алушылардың пәнді терең меңгеруіне мүмкіндік береді. Бұл әдісте білім алушылар жарықтың шағылуы, сынуы, интерференциясы, дисперсиясы, поляризациясы сияқты күрделі оптикалық құбылыстарды тек оқулықтан оқып қана қоймай, нақты тәжірибе арқылы түсінеді. STEM тәсілінде ғылым (S – Science) арқылы жарық құбылыстарының физикалық негіздері зерттелсе, технология (T – Technology) компоненті арқылы білім алушылар лазер, экран, призмалар сияқты құрылғылармен жұмыс істейді. Инженерлік бағыт (E – Engineering) бойынша олар өз қолымен оптикалық құралдардың макетін жасап, конструкциялауға үйренеді. Математика (M – Mathematics) арқылы білім алушылар бұрыштарды, фокус қашықтығын, сыну коэффициентін есептейді және нақты өлшемдермен жұмыс істейді. Мысалы, лазер сәулесінің призмадан өтуін зерттеу кезінде білім алушылар жарықтың сыну бұрышын өлшеп, Snell заңын қолданып есеп жүргізеді. Сонымен қатар, STEM тәсілі арқылы білім алушылар жарық интенсивтілігін өлшей алады және спектр шығару тәжірибесін жасай отырып, ақ жарықтың түске бөлінуін бақылап, оның физикалық заңдылықтарын түсіндіреді. Бұл процестер білім алушылардың эксперименттік дағдыларын дамытып, оптикаға деген қызығушылығын арттырады. STEM технологиясын қолдану нәтижесінде оқу процесі шынайы өмірмен байланысып, білім алушыларда зерттеушілік қабілет пен логикалық ойлау мәдениеті қалыптасады.

Педагогикалық экспериментті ұйымдастыру және өткізу барысы

Зерттеу жұмысын жүзеге асыру үшін алдымен STEM технологияларын физика пәніне интеграциялау мақсатында арнайы оқу-тәжірибелік құрылғыларды жобалау және дайындау жұмыстары жүргізілді.



1-сурет – LightBurn бағдарламасында дайындалған құрылғы сызбасы

Алғашқы кезеңде оптикалық құбылыстарды тәжірибе жүзінде көрсетуге арналған құралдардың сызбасы LightBurn 1.7.04 бағдарламасында дайындалды (1-сурет). Бұл бағдарлама CNC (Computer Numerical Control) технологиясымен жұмыс істеуге бейімделген, жоғары дәлдікті қамтамасыз ететін сандық жобалау құралы ретінде таңдалды. Бағдарламада құрылғының барлық бөлшектері нақты масштабпен сызылып, қалданылған материалға сәйкес өлшемдер мен кесу контурлары белгіленді. Негізгі элементтерге жарық сәулесінің сыну және шағылу бұрыштарын өлшеуге арналған бұрыштық шкала, дөңгелек платформалар, көлденең және тік өлшеу сызықтары, жарық көзіне арналған орналастыру алаңдары және призма мен линзаларға арналған тірек ойықтары кірді. Сызбаларда барлық құрылымдық бөлшектердің өзара сәйкестігі ескеріліп, құрастыру барысында біріктіруді жеңілдету үшін қосымша бағыттау шеңберлері мен бекіту тесіктері енгізілді.

Дайын сызба LightBurn интерфейсінде оңтайлы түрде орналастырылып, лазерлік кесуге жіберілді. Кесу процесі CREALITY Falcon2 Pro лазерлік құрылғысы арқылы жүзеге асырылды (2-сурет). Жұмыс барысында фанераның қалыңдығына қарай лазердің қуаты мен кесу жылдамдығы таңдалып, әрбір деталь жоғары дәлдікпен кесіліп алынды. Бұл кезеңде кесілген бөлшектердің шеттері тегіс әрі біркелкі болуына мән беріліп, құрылғы элементтері арасындағы сәйкестік жоғары деңгейде қамтамасыз етілді. Құрылғыны құрастыру кезінде бөлшектер бір-біріне оңай біріктіріліп, қосымша бекітусіз тұрақты құрылым алынды. Фанера материалының жеңілдігі мен экологиялық қауіпсіздігі сабақ барысында оны тиімді қолдануға, сонымен қатар құрылғыны бірнеше рет пайдалануға мүмкіндік берді.

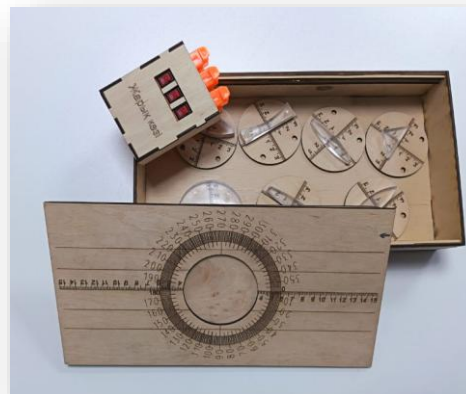


2-сурет – CREALITY Falcon2 Pro құрылғысында лазерлік кесу процесі

Жинақталған STEM оқу құралының құрамына жарық көзі (лазерлік модуль), оптикалық элементтер (жазық, дөңес және ойыс линзалар, үшбұрышты призма), жарық сәулесінің траекториясын бақылауға арналған бұрыштық шкаласы бар платформалар және жарықтың таралу бағытын көрсететін экран элементтері енді. Құралдың әрбір модулі өзара жылжымалы рельске орнатылып, тәжірибе мазмұнына қарай жылжытуға және ауыстыруға ыңғайлы етіп жасалынған.

STEM интеграциялау негізінде жасалынған құралдар тек теориялық мазмұнмен шектемей, оқу процесін көрнекілікке, нақты әрекетке және дәл өлшеуге сүйенетін интерактивті жүйеге айналдырды (3-сурет). Білім алушылар жарық сәулесінің сынуы мен шағылуын, әртүрлі оптикалық элементтерден өткендегі бағыт өзгерісін өз көздерімен бақылап, бұрыштық өзгерістерді шкала арқылы өлшеп, нәтижелерін тіркеу арқылы физикалық

зандылықтарды саналы түрде меңгеруге мүмкіндік алды. Бұл құрылғылар сабақтың әрбір сатысын логикалық тұрғыда құрылымдауға, мысалы: гипотеза ұсыну, тәжірибе жүргізу, мәліметтерді талдау және қорытынды жасау кезеңдерін ретімен орындауға жағдай жасады.



3-сурет – Жарық пен оптикалық элементтер тәжірибесіне арналған STEM жинақ

Оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясы: Білім алушылардың оқу нәтижелеріне әсері

Зерттеу барысында бақылау тобындағы білім алушыларға оқу мазмұны дәстүрлі оқыту әдістемесіне сәйкес ұсынылды. Сабақтар PowerPoint таныстырылымдары мен теориялық түсіндіру арқылы жүргізілді, практикалық бөлік тек әдістемелік нұсқаулармен шектелді. Ал эксперименттік топта оқыту үдерісі STEM қағидаттарына негізделіп ұйымдастырылды. Оптикадан практикалық сабақтарда білім алушыларға берілген тапсырмалардың нақты мазмұны төмендегідей болды:

1-тапсырма. Жарықтың шағылу заңын STEM негізінде зерттеу.

Бұл тапсырмада студенттер арнайы әзірленген оптикалық STEM құрылғысын (лазер көзі, айналмалы шкала, жазық айна) пайдаланып, жарықтың шағылу заңын тәжірибелік тексерді. Олар әртүрлі түсу бұрыштарында шағылу бұрыштарын өлшеп, алынған нәтижелерді кестеге түсіріп, график тұрғызды және өлшеу қателігін есептеді. Тапсырма Science компоненті бойынша физикалық заңдылықты түсіндіруге, Mathematics арқылы бұрыштық тәуелділікті сандық талдауға, Technology ретінде лазерлік құрылғыны қолдануға, ал Engineering тұрғысынан өлшеу дәлдігін қамтамасыз етуге бағытталды. Нәтижесінде білім алушылар түсу және шағылу бұрыштарының теңдігін тәжірибе арқылы дәлелдеп, геометриялық оптиканың негізгі қағидаларын саналы түрде талдай алды.

2-тапсырма. Жарықтың сыну заңын (Snell заңы) интеграцияланған STEM тәсілімен анықтау.

Студенттер ауа–шыны немесе ауа–акрил шекарасында жарық сәулесінің сыну құбылысын зерттеп, түсу және сыну бұрыштарын өлшеді, $\sin(\alpha)$ және $\sin(\beta)$ мәндерін есептеп, ортаның сыну көрсеткішін анықтады. Алынған эксперименттік деректер теориялық мәндермен салыстырылып, салыстырмалы қателік пайызы есептелді. Бұл тапсырма Science бағыты бойынша сыну құбылысының физикалық мәнін түсіндіруге, Mathematics арқылы формулалық есептеулер жүргізуге, Technology компонентінде STEM құрылғысын қолдануға және Engineering тұрғысынан модельдің жұмыс параметрлерін талдауға мүмкіндік берді. Тапсырма нәтижесінде студенттер Snell заңын тек формула ретінде емес, тәжірибелік дәлелденген заңдылық ретінде меңгерді.

3-тапсырма. Линза арқылы кескіннің түзілуін STEM жобалау негізінде зерттеу.

Бұл практикалық жұмыста студенттер жинағыш линза көмегімен кескіннің пайда болуын зерттеп, нысан мен кескін арақашықтығын өлшеді және жұқа линза формуласын

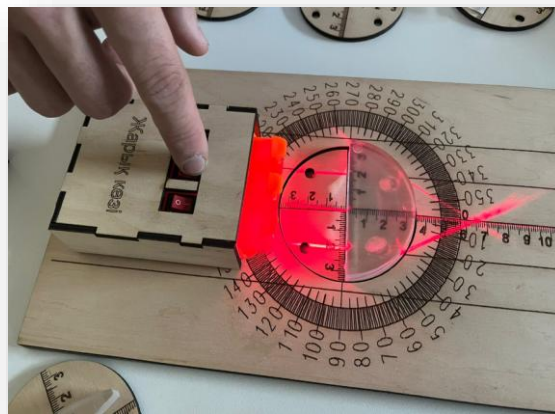
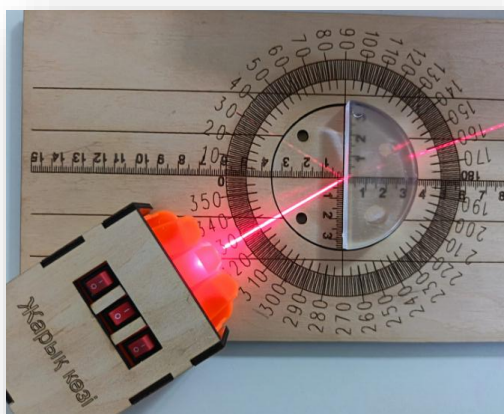
қолдана отырып фокус арақашықтығын есептеді. Сонымен қатар, кескіннің түрін (нақты/жалған, үлкейтілген/кішірейтілген) талдап, нәтижелерін графиктік және сандық түрде өңдеді. Тапсырма Science (оптикалық заңдылықтар), Technology (оптикалық STEM модулі), Engineering (оптикалық жүйені құрастыру және баптау) және Mathematics (формула және есептеу) элементтерін кіріктіре отырып орындалды. Нәтижесінде білім алушылар геометриялық оптиканың негізгі мәселелерін талдап, оптикалық құбылыстарды инженерлік тұрғыда қолдана алу құзыретін қалыптастырды.

Эксперименттік топтағы білім алушыларға арнайы әзірленген лазер көзі, линзалар, призмалар, жарық экрандары және бұрыштық шкалалардан тұратын оптикалық STEM жинағы ұсынылды. Бұл құрылғылар LightBurn 1.7.03 бағдарламасы арқылы жобаланып, CNC (ЧПУ) технологиясымен дайындалды. Білім алушылар шағын топтарға бөлініп, аталған құрылғыларды пайдалана отырып оптикалық құбылыстарға байланысты нақты тәжірибелер жүргізді.

Мысалы, «Жарықтың шағылу, сыну заңдарын зерттеу» тақырыбы бойынша топтық жұмыстар атқарды. Жобаның мақсаты – арнайы әзірленген STEM құрылғысының көмегімен жарық сәулесінің әртүрлі орталардағы шағылу, сыну құбылысын зерттеу және алынған нәтижелерді теориялық заңдылықтармен салыстыру болды.

Бұл мақсатты жүзеге асыру үшін білім алушылар сандық модельдеу мен инженерлік дизайн әдістеріне сүйене отырып, тәжірибелік құрылғыны өздері құрастырды. Құрылғы құрамына лазер сәулесі, бұрыштық шкала, жарық экрандары және оптикалық элементтер (призма, линза) кірді. Барлық бөліктер LightBurn бағдарламаларында сызылып, CNC технологиясы арқылы ағаштан дәлдікпен кесіліп шығарылды.

Жоба барысында білім алушылар әртүрлі түсу бұрыштарында лазер сәулесінің сыну бұрышын өлшеп, сыну коэффициентін есептеді. Бұрыштық шкала арқылы алынған деректер нақты тәжірибеге сүйене отырып сыну заңын (Снелль заңын) дәлелдеуге мүмкіндік берді. Құрылғы жарықтың бір ортадан екінші ортаға өткен кездегі жолын көрнекі және нақты түрде көрсететін тиімді құрал ретінде қолданылды (4-сурет).



4-сурет – Жарықтың сынуын тәжірибесіне арналған STEM жинақ

Жүргізілген бақылау нәтижесінде түсу бұрышы 30° болған кезде шағылу бұрышының дәл осы мәнге тең болатыны тәжірибе барысында дәлелденіп, жарықтың шағылу заңының орындалатыны нақтыланды. Жарық ауадан шыныға өткенде сыну бұрышын анықтау арқылы білім алушылар Снелль заңын іс жүзінде қолданды. Бұл есептеулерде ауаның сыну көрсеткіші $n_1 = 1$, ал шыныныкі $n_2 = 1.5$ деп алынды.

$$n_2 \sin r = n_1 \sin i$$

формуласын пайдаланады.

$$\sin r = \frac{n_1 \sin i}{n_2}$$

$$\sin r = \frac{1 \cdot \sin 30}{1,5}$$

$$\sin 30^\circ = 0,5\text{-тең}$$

$$\sin r = \frac{0,5}{1,5} = 0,3333$$

$$r = \arcsin(0,3333)$$

$$r = 19,47^\circ$$

Демек, жарық сәулесі 30° бұрышпен түскен жағдайда шағылу бұрышы 30° -қа, ал сыну бұрышы шамамен $19,5^\circ$ -қа тең болады. Сонымен қатар, білім алушылар толық ішкі шағылу құбылысын зерттеп, критикалық бұрышты анықтай алады. Мысалы, шыныдан ауаға өткен кезде $\sin i_{\text{кр}} = 1/1,5$, $\sin i_{\text{кр}} = \arcsin(0,6667) \approx 41,8^\circ$ болады. Жарықтың призмадан өткен кездегі ауытқу бұрышын да есептеуге болады. Мәселен, түсу бұрышы 35° , шығу бұрышы 55° , ал призmanın сыну бұрышы 60° болса, онда ауытқу бұрышы $\delta = 35^\circ + 55^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ болады. Сондай-ақ жарықты призмадан өткізіп, дисперсия құбылысын бақылауға болады. Мысалы, қызыл түстің сыну бұрышы 25° болса, көк түстікі 28° болады, бұл көк түстің көбірек сынады деген қорытындыға келтіреді. Білім алушылар шағылған және сынған сәулелер арасындағы бұрышты да есептей алады. Егер түсу бұрышы 40° , сыну бұрышы 26° болса, онда екі сәуле арасындағы бұрыш $\theta = 40^\circ + 26^\circ = 66^\circ$ болады. Әртүрлі материалдардың оптикалық тығыздығын салыстыруға арналған есептер де орындалады. Мысалы, бірдей түсу бұрышында пластикте сыну бұрышы 23° , ал шыныда 19° болса, онда шыны тығыздау орта болып табылады.

Тағы бір мысал, «Жұқа линзаның фокустық қашықтығын анықтау» тақырыбы бойынша зертханалық жұмыс жасалынды. Бұл жұмыста білім алушылар лазер көзі, дөңес линза және арнайы ағаш элементтерден құрастырылған оптикалық STEM жинағын пайдаланды. Құрылғының негізі – CNC құрылғысы арқылы дәлдікпен кесілген ағаш платформа, оның бетінде бұрыштық шкала мен координаталық сызықтар орнатылған. Лазер сәулесі дөңес линза арқылы өткен соң экранға фокус нүктесін түсірді, ал білім алушылар әртүрлі қашықтықтарда сәуле бағытын бақылап, фокустық қашықтықтарын өлшеді.

Жобада қолданылған негізгі материалдар: ағаш негіз (CNC кесілген), лазер модулі, дөңес линза, жарық экрандары, бұрыштық шкала, сызғыш, желім және бағыттаушы сызғыштар. Білім алушылар бұл құрылғыны модельдеу, жинау және сынау жұмыстарын өз бетімен атқарып, оны тәжірибелік сабақ барысында қолдануға ыңғайлы етіп жетілдірді.

Өлшеулер нәтижесінде:

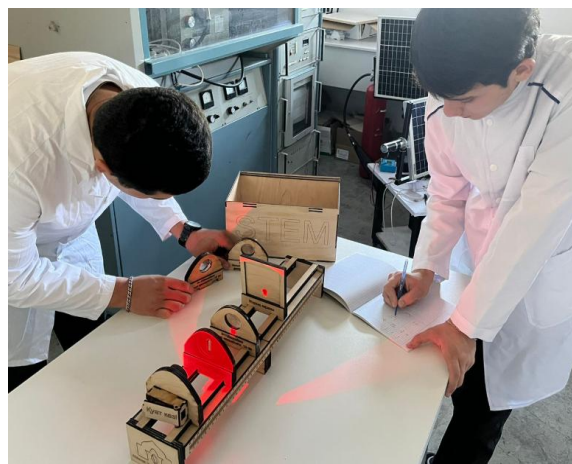
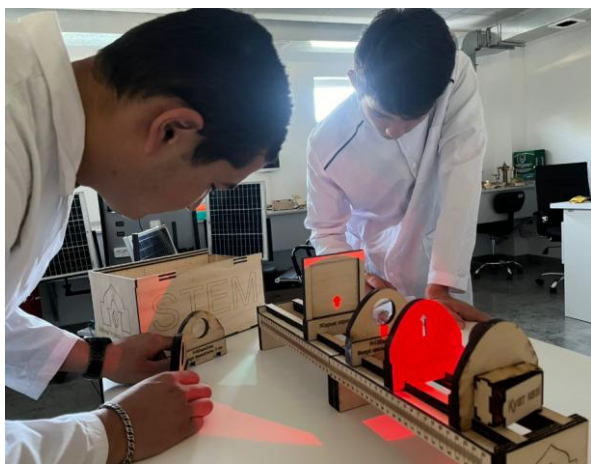
- Дененің линзадан арақашықтығы $d = 30\text{см}$
- Кескіннің линзадан арақашықтығы $f = 15\text{см}$

Осы мәндерге сүйене отырып, жұқа линза формуласы қолданылды:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{30} + \frac{1}{15} = \frac{3}{30}$$

$$F = \frac{30}{3} = 10\text{см}$$

Осылайша, зертханалық жұмыс нәтижесінде линзаның фокустық қашықтығы 10 см екені анықталды. Бұл көрсеткіш теориялық есептеулермен сәйкес келіп, құралдың дәлдігін және тәжірибе әдістемесінің сенімділігін растады. Сонымен қатар, білім алушылар жарықтың фокусталуын тәжірибелік жолмен бақылап, оптикалық заңдылықтарды нақты түсінуге мүмкіндік алды (5-сурет).



5-сурет – STEM құралдарымен білім алушылардың тәжірибе жүргізу барысы

Оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM тәсілін қолдану білім алушылардың теориялық білімдерін тәжірибемен ұштастыруға мүмкіндік береді. Төменде көрсетілген S–T–E–M компоненттері арқылы білім алушылардың оқу барысында қандай дағдыларды меңгергені сипатталады.

S: Білім алушылардың жарықтың сынуы мен шағылу заңдылықтарын тәжірибе арқылы меңгерді.

T: CNC арқылы оқу құрылғыларын дайындады.

E: Құрылғы құрастырып, оптикалық элементтерді дұрыс орналастыруды үйренді.

M: Бұрыштарды өлшеп, фокус қашықтығын есептеу арқылы математикалық білімдерін қолданды.

Эксперименттік зерттеу нәтижелері

Бұл зерттеуде біз STEM технологияларын физиканы оқыту үдерісіне, нақтырақ айтқанда, оптикалық құбылыстарды меңгертуге енгізу арқылы білім алушылардың оқу жетістіктеріне тигізетін ықпалын эмпирикалық тұрғыда қарастырдық. Зерттеу Қожа Ахмет Ясауи атындағы Қазақ-Түрік университетінде ұйымдастырылды. Экспериментке физика мамандығында білім алатын 2-курс білім алушылары қатысты. Жалпы саны 47 білім алушы екі топқа – бақылау және эксперименттік топтарға бөлінді. Оқу үдерісі 15 аптаға жоспарланып, әр топқа әртүрлі оқыту әдістері қолданылды.

Бақылау тобында дәстүрлі оқыту әдістері негізінде сабақтар жүргізілді. Мұнда білім беру процесі оқытушының түсіндіруімен, PowerPoint таныстырылымдары және оқу құралдарын пайдалану арқылы жүзеге асты. Оптикалық құбылыстарға қатысты теориялық мағлұматтар берілгенімен, практикалық бөлімі әдістемелік нұсқаулармен ғана шектелді. Цифрлық құралдар, заманауи модельдеу технологиялары және интерактивті платформалар бұл топта қолданылған жоқ.

Эксперименттік топта оқыту STEM білім беру қағидаттарына және цифрлық технологиялар интеграциясына негізделді. Сабақтар барысында білім алушылар арнайы әзірленген оқу құрылғыларымен жұмыс істеді. Бұл құрылғылар құрамына лазер көзі, оптикалық элементтер (призмалар, линзалар), бұрыштық шкалалар және жарық экраны кірді. Құрылғылар LightBurn 1.7.03 бағдарламасында жобаланып, ЧПУ технологиясы көмегімен дайындалды. Практикалық тапсырмалар барысында білім алушылар оптикалық құбылыстарды нақты бақылап, тәжірибе жүргізіп, нәтижелерін талдап, физикалық заңдылықтарды өз бетімен зерттеуге мүмкіндік алды.

Статистикалық деректерді өңдеу және талдау

Зерттеу барысында алынған сандық деректерге математикалық және статистикалық өңдеу жүргізілді. Бұл талдаулардың мақсаты – оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM

технологиясын қолданудың оқу жетістігіне әсерін дәлелді түрде анықтау. Алынған мәліметтердің сенімділігі мен дұрыстығын қамтамасыз ету мақсатында деректерге алдын ала тексерулер жүргізілді, соның ішінде нормалдылықты бағалау және дисперсияның біртектілігін тексеру орындалды.

Барлық статистикалық есептеулер мен мәліметтерді өңдеу Jamovi 2.4 бағдарламалық платформасы көмегімен жүзеге асырылды. Бұл платформа өзінің қолдануға ыңғайлы интерфейсімен, кең көлемді параметрлік және параметрлік емес талдау әдістерінің болуымен ерекшеленеді және ANCOVA сынды күрделі статистикалық процедураларды қолдайды.

Талдау барысында эксперименттік және бақылау топтарының Pre-test және Post-test нәтижелері салыстырылып, ковариациялық талдау (ANCOVA) жүргізілді. Бұл әдіс білім алушылардың бастапқы дайындық деңгейін ескеріп, соңғы нәтиже бойынша екі топ арасындағы айырмашылықтың статистикалық маңыздылығын анықтауға мүмкіндік берді. Статистикалық өңдеу нәтижелері педагогикалық эксперименттің тиімділігін сандық дәлелдермен негіздеуге септігін тигізді.

STEM технологиясы: білім алушылардың оқу нәтижелеріне әсері

Зерттеуге қатысқан 47 білім алушының Pre-test және Post-test нәтижелеріне сипаттамалық статистикалық талдау жүргізілді (1-кесте). Алынған мәліметтерге сәйкес, Pre-test кезеңінде білім алушылардың орташа балы 12.7, медианасы 13.0, стандарттық ауытқуы (SD) 1.56, ал стандарттық қателігі (SE) 0.227 болды. Бұл көрсеткіштер олардың бастапқы білім деңгейінің орташа деңгейде екенін көрсетеді.

1-кесте – Сипаттамалық статистика нәтижелері

	N	орташа	медиана	SD	SE
PreTest	47	12.7	13	1.56	0.227
PostTest	47	14.6	15	1.85	0.269

Ал Post-test кезеңінде білім алушылардың орташа балы 14.6-ға дейін көтеріліп, медианасы 15.0, стандарттық ауытқуы 1.85, стандарттық қателігі 0.269 болды. Бұл нәтижелер білім алушылардың оқу үдерісінен кейін білім деңгейінің артқанын көрсетеді.

Осы айырмашылық STEM технологияларын қолдану арқылы ұйымдастырылған оқыту үдерісінің оқу жетістігіне оң ықпал еткенін байқатады.

Білім алушылардың оқу үдерісіндегі өзгерісін бағалау мақсатында Pre-test және Post-test нәтижелері арасында жұпталған t-тест жүргізілді. Бұл тест бір топтың екі түрлі кезеңдегі (бұрын және кейін) нәтижелерін салыстыруға мүмкіндік береді.

2-кесте – Жұпталған үлгілер Т-тесті

			статистика	df	p
PreTest	PostTest	білім алушылардың t	-10.7	46.0	< .001

ескертпе. $H_a \mu$ өлшем 1- өлшем 2 $\neq 0$

Анализ нәтижесінде білім алушылардың t-статистикасы бойынша мәні $t(46) = -10.7$, $p < .001$ болып анықталды. Бұл нәтиже Pre-test пен Post-test көрсеткіштері арасында статистикалық тұрғыда айтарлықтай айырмашылық бар екенін білдіреді (2-кесте).

Басқаша айтқанда, оптикалық құбылыстарды оқыту барысында қолданылған STEM технологиясы негізіндегі оқыту үдерісі білім алушылардың оқу жетістігін айтарлықтай арттырғанын көрсетеді. Жоғары сенімділік деңгейі ($p < .001$) бұл айырмашылық кездейсоқ емес екенін дәлелдейді.

ANCOVA тесті

Зерттеу барысында оптикалық құбылыстарды оқытуда қолданылған әртүрлі әдістердің тиімділігін бағалау мақсатында білім алушылардың post-test нәтижелеріне әсер ететін факторлар талданды. Бұл үшін ковариантты дисперсиялық талдау (ANCOVA) әдісі қолданылды. Аталған әдіс екі топтың (эксперименттік және бақылау) соңғы білім нәтижелерін (post-test) салыстырумен қатар, олардың алдын ала дайындық деңгейін (pre-test) ковариат ретінде ескеруге мүмкіндік береді.

ANCOVA әдісінің басты артықшылығы – әрбір топтың бастапқы білім деңгейіндегі айырмашылықты статистикалық түрде бақылауға алып, оқыту әдісінің таза әсерін бағалай алуында. Яғни, білім алушылардың pre-test нәтижелерін ескере отырып, post-test айырмашылықтары оқыту тәсілінің әсерінен болған шынайы өзгеріс ретінде талданады.

Бұл тәсіл арқылы алынған мәліметтер STEM технологиясына негізделген оқытудың оқу жетістіктеріне оң әсерін статистикалық тұрғыдан дәлелдеуге мүмкіндік берді. Әсіресе, эксперименттік топта қолданылған сандық басқарылатын құрылғылар мен практикалық модельдеу тәжірибелері білім алушылардың нәтижелеріне елеулі ықпал еткенін көрсетті.

Білім алушылардың оқу жетістіктеріне әсер еткен факторларды анықтау мақсатында ковариантты дисперсиялық талдау (ANCOVA) жүргізілді. Бұл әдіс зерттеуге қатысушылардың бастапқы дайындық деңгейін (PreTest) ескере отырып, оқыту тәсілінің (Group) соңғы білім нәтижесіне (PostTest) тигізген ықпалын бағалауға мүмкіндік берді.

Талдау нәтижелері PreTest айнымалысының PostTest көрсеткіштеріне елеулі әсер ететінін көрсетті ($F(1,44) = 193.4$, $p < .001$). Сонымен қатар, оқыту әдісінің (Group) де білім алушылардың соңғы нәтижелеріне статистикалық тұрғыдан маңызды ықпалы анықталды ($F(1,44) = 85.4$, $p < .001$) (3-кесте).

3-кесте – ANCOVA тестінің нәтижелері

	квадраттардың қосындысы	df	квадраттың арифметикалық орта мәні	F	p
PreTest	103.6	1	103.570	193.4	<.001
Group	45.8	1	45.754	85.4	<.001
қалдықтар	23.6	44	0.536		

Бұл көрсеткіштер STEM технологиялары мен сандық басқарылатын құрылғыларды пайдалану арқылы ұйымдастырылған оқыту үдерісі дәстүрлі әдіске қарағанда оқыту тиімділігін айтарлықтай арттырғанын дәлелдейді.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері STEM технологияларын қолдану арқылы ұйымдастырылған оқыту үдерісінің білім алушылардың оқу жетістіктеріне оң әсер еткенін көрсетті. Эксперименттік топтың post-test нәтижелері бақылау тобынан едәуір жоғары болды, бұл айырмашылық ANCOVA талдауы арқылы статистикалық тұрғыда расталды ($p < .001$). Бастапқы дайындық деңгейі бірдей болмаса да, STEM негізіндегі оқыту тәсілі білім

алушылардың пәнді терең түсінуіне, практикалық және зерттеушілік дағдыларды меңгеруіне ықпал етті. Бұл STEM технологиясын физика сабағында, әсіресе оптикалық құбылыстарды оқытуда тиімді құрал ретінде қолдануға болатындығын дәлелдейді.

Бұл зерттеу нәтижелері оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясын қолданудың білім алушылардың оқу жетістіктеріне оң ықпал ететінін нақты көрсетіп отыр. STEM негізіндегі практикалық сабақтар мен CNC технологиясы арқылы дайындалған оқу құрылғылары білім алушылардың теориялық білімін нақты тәжірибемен ұштастыруына, зерттеушілік және аналитикалық қабілеттерін дамытуына мүмкіндік берді. Эксперименттік топтың post-test нәтижелерінің айтарлықтай жоғарылауы оқыту үдерісіне енгізілген STEM тәсілінің тиімділігін дәлелдейді.

Бұл нәтижелер қазіргі ғылыми әдебиеттердегі бірқатар зерттеулермен сәйкес келеді. Мысалы, Орманова мен Исаеваның зерттеулерінде STEM технологияларын қолдану білім алушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, пәнаралық байланысты тиімді жүзеге асыруға жағдай жасайтыны атап өтілген [9].

Біздің зерттеуімізде қолданылған STEM құрылғылары LightBurn бағдарламасы және CNC кесу технологиясы арқылы әзірленіп, білім алушылардың нақты тәжірибелік әрекеттер орындауына жол ашты. Бұл тәсіл білім беру процесін білім алушылар үшін интерактивті әрі тартымды етіп, физика пәнін меңгеру барысындағы мотивацияны арттырды. Бұған қоса, MATLAB симуляциялары мен визуализация әдістерін пайдалануға негізделген басқа зерттеулер де STEM тәсілінің абстрактілі ұғымдарды меңгеруге қолайлы орта қалыптастыратынын көрсетеді [10-11].

Сонымен қатар, STEM жинағы арқылы жүзеге асырылған эксперименттік тапсырмаларда білім алушылар жарықтың шағылуы мен сынуын, линзалар мен призмалар арқылы жарықтың таралу бағытын тәжірибе арқылы меңгерді. Бұл олардың теориялық білімін практикалық дағдымен ұштастырып қана қоймай, ғылыми тәсілмен ойлауға дағдыландырды. Жұқа линза формуласы мен Снелль заңын тәжірибелік жолмен дәлелдеу – білім алушылардың оқу материалын тереңірек түсінуіне себеп болды.

Демек, эксперименттік топта ұйымдастырылған практикалық тапсырмалардың мазмұнын нақты талдау олардың оқу нәтижелеріне тікелей әсер еткенін көрсетеді. Атап айтқанда, «Жарықтың шағылу және сыну заңдарын зерттеу» сияқты құрылымдалған STEM тапсырмалары студенттердің геометриялық оптика заңдарын тек теориялық деңгейде меңгеріп қана қоймай, оларды тәжірибелік өлшеу, математикалық өңдеу және салыстырмалы талдау арқылы терең түсінуіне мүмкіндік берді. Практикалық жұмыстар оқу материалының логикалық құрылымында теориядан кейін енгізіліп, білімді қолдану және талдау кезеңінде жүзеге асырылғандықтан, студенттердің түсу және шағылу бұрыштарының теңдігін эксперимент арқылы дәлелдеуі, Snell заңын сандық тексеруі және алынған нәтижелерді графиктік түрде интерпретациялауы олардың аналитикалық ойлауын күшейтті. Бұл нәтижелер STEM технологиясына негізделген тапсырмалардың мазмұндық айқындығы мен мақсатқа бағытталған құрылымы оқу жетістіктерінің статистикалық тұрғыда мәнді артуымен өзара байланысты екенін дәлелдейді.

Қорытынды

Бұл зерттеу жұмысы оптикалық құбылыстарды оқытуда STEM технологиясын қолданудың білім алушылардың оқу нәтижелеріне әсерін кешенді түрде бағалауға бағытталды. Жүргізілген педагогикалық эксперимент барысында арнайы әзірленген STEM жинағы (лазер, линза, призма, бұрыштық шкала, жарық экраны) арқылы оқу үдерісі практикалық бағытта ұйымдастырылды. Эксперименттік және бақылау топтарының нәтижелерін салыстыру арқылы STEM технологиясының тиімділігі нақты деректермен дәлелденді.

Жұпталған t-тест және ANCOVA әдістерінің нәтижелері STEM негізіндегі оқытудың білім алушылардың оқу жетістіктерін, танымдық белсенділігін және пәнге деген

қызығушылығын арттырғанын көрсетті. STEM құрылғыларын пайдалану білім алушылардың теориялық білімін нақты тәжірибемен ұштастыруға, зерттеушілік дағдыларын дамытуға және физикалық заңдылықтарды терең түсінуіне ықпал етті. Сонымен қатар, бұл зерттеу STEM технологияларын оқу процесіне енгізудің инновациялық мүмкіндіктерін көрсетіп қана қоймай, болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби даярлығын жетілдіру жолында маңызды қадам болып табылады. STEM тәсілі арқылы білім алушылардың ғылыми, инженерлік және аналитикалық ойлау қабілеттерін дамытып, күрделі физикалық ұғымдарды практикалық жолмен меңгеруге жағдай жасалады.

Зерттеу нәтижелері STEM технологиясын қолдану арқылы геометриялық оптика заңдарын оқытудың білім алушылардың оқу жетістіктерін, танымдық белсенділігін және пәнге деген қызығушылығын едәуір арттырғанын көрсетті. Практикалық, құрылымдалған STEM тапсырмалары теориялық білімді терең түсінуге және оны тәжірибелік тұрғыда саналы қолдануға тиімді ықпал етті. Осылайша, STEM технологиясын физиканы оқытуда, әсіресе оптикалық құбылыстар тақырыбында қолдану – білім сапасын арттыратын, пәнге қызығушылықты күшейтетін және заманауи білім беру талаптарына толық жауап беретін тиімді әдіс ретінде ұсынылады.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылды (AP22784343 ««Мектеп-Университет-Өнеркәсіп» серіктестігі жағдайында пәнаралық STEM білім беру моделінің сабақтастығын іске асыру»)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Досымов Е., Уалихан А., Бәкіржанқызы А. «Атом физикасы» курсына STEM білім беру негізінде оқыту тиімділігін зерттеу // Ясауи университетінің хабаршысы. – 2025. – №1(135). – Б. 432–443. <https://doi.org/10.47526/2025-1/2664-0686.176>
2. Раманкулов Ш., Битибаева Ж., Курбанбеков Б., Муссахан Н., Паттаев А. STEM – мектеп физика курсының «энергия» ұғымын қалыптастырудың технологиясы ретінде // Абай атындағы ҚазҰПУ Хабаршысы. – 2023. – №3(83). – Б. 237–245. <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.83.3.026>
3. Шуюшбаева Н., Сапанова А. Физиканы оқытуда STEM технологиясын қолдану // Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің хабаршысы. Педагогика ғылымдары сериясы. – 2024. – №3. – Б. 38–44. <https://doi.org/10.59102/pedagogical/2024/iss3pp38-44>
4. Spiecker H., Bitzenbauer P. Phenomenological optics with self-made liquid lenses in the physics classroom // Physics Education. – 2022. – Vol. 57, №4. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac563e>
5. Irawan D., Ramadhan K. STEM education implementation to enhance student learning outcomes in optics concept // Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. – 2022. – №2(8). – P. 1023–1029. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1525>
6. Tóth K., Michelini M., Bitzenbauer P. Teaching polarization of light // Physics Education. – 2024. – 3(59). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad2b9f>
7. Xing Q., Li Y. Single slit diffraction experiment based on MATLAB simulation // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – №1(1622). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1622/1/012099>
8. Li Y., Xing Q. Simulation and application of MATLAB in Young's double-slit experiments // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – №1(2356). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2356/1/012032>
9. Алдажарова С.Н., Исаева Г.Б. Мектепте пәнаралық байланыста физиканы оқытудағы STEM білім берудің рөлі // Торайғыров университетінің хабаршысы. Педагогикалық сериясы. – 2023. – №4. – P. 55–66. <https://doi.org/10.48081/uixp1689>
10. Choruh A., Ramankulov Sh. Stem Education in Physics: Development of a Laboratory Stand Focused on the Implementation of Mini-Projects // Ясауи университетінің хабаршысы. – 2023. – №4(130). – Б. 198–208. <https://doi.org/10.47526/2023-4/2664-0686>
11. Timur B., Taşar M. In-service science teachers' technological pedagogical content knowledge // CEPS Journal. – 2011. – №4(1). – P. 11–25. <https://doi.org/10.26529/cepsj.403>

REFERENCES

1. Dosymov Y., Ualihan A., Bakirjankyzy A. «Atom fizikasy» kursyn STEM bilim beru negizinde oqytu tiimdiligini zertteu [Research on the Effectiveness of Teaching the Course «Atomic Physics» Based on STEM Education] // Iasau universitetinin habarshysy. – 2025. – №1(135). –B. 432–443. <https://doi.org/10.47526/2025-1/2664-0686> [in Kazakh]
2. Ramankulov Sh., Bitibaeva Zh., Kurbanbekov B., Mussakhan N., Pattaev A. STEM – mektep fizika kursynyn «energia» ugymyn qalyptastyrudyn tehnologiasy retinde // Abai atyndagy QazUPU Habarshysy. – 2023. – №3(83). – B. 237–245. <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.83.3.026> [in Kazakh]
3. Shuyushbayeva N., Sapanova A. Fizikany oqytuda STEM tehnologiasyn qoldanu [Using STEM technology in teaching physics] // Sh. Ualihanov atyndagy Kokshetau universitetinin habarshysy. Pedagogika gylymdary seriasy. – 2024. – №3. – B. 38–44. <https://doi.org/10.59102/pedagogical/2024/iss3pp38-44> [in Kazakh]
4. Spiecker H., Bitzenbauer P. Phenomenological optics with self-made liquid lenses in the physics classroom // Physics Education. – 2022. – Vol. 57, №4. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac563e>
5. Irawan D., Ramadhan K. STEM education implementation to enhance student learning outcomes in optics concept // Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. – 2022. – №2(8). – P. 1023–1029. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1525>
6. Tóth K., Michelini M., Bitzenbauer P. Teaching polarization of light // Physics Education. – 2024. –3(59). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad2b9f>
7. Xing Q., Li Y. Single slit diffraction experiment based on MATLAB simulation // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – №1(1622). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1622/1/012099>
8. Li Y., Xing Q. Simulation and application of MATLAB in Young's double-slit experiments // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – №1(2356). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2356/1/012032>
9. Aldazharova S.N., Isaeva G.B. Mekhtepe panaralyq bailanysta fizikany oqytudagy STEM bilim berudin roli [The role of STEM education in teaching physics in interdisciplinary communication at school] // Toraigyrov universitetinin habarshysy. Pedagogikalyq seriasy. – 2023. – №4. – P. 55–66. <https://doi.org/10.48081/uixp1689> [in Kazakh]
10. Choruh A., Ramankulov Sh. Stem Education in Physics: Development of a Laboratory Stand Focused on the Implementation of Mini-Projects // Iasau universitetinin habarshysy. – 2023. –№4(130). – B. 198–208. <https://doi.org/10.47526/2023-4/2664-0686>
11. Timur B., Taşar M. In-service science teachers' technological pedagogical content knowledge // CEPS Journal. – 2011. – №4(1). – P. 11–25. <https://doi.org/10.26529/cepsj.403>

Using STEM Technologies in Teaching Optical Phenomena: Impact on Students' Learning Outcomes

Abstract. In the modern era of rapid scientific and technological development, one of the pressing issues in education is the systematic formation and development of students' interest in science. However, in recent years, many countries have witnessed a decline in young people's interest in scientific activities. This trend may lead not only to a shortage of scientific and technical specialists in the future but also to negative consequences for the country's economic development. Therefore, one of the effective ways to address this problem is the integration of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) technologies into the educational process. The main objective of this study is to identify the impact of teaching optical phenomena using specially designed STEM-based learning tools on students' academic performance. The research was conducted among second-year physics students at Khoja Akhmet Yassawi Kazakh-Turkish University. A total of 47 students were divided into control and experimental groups. During the 15-week training program, practical lessons were organized in the experimental group using optical STEM devices created with the LightBurn software and CNC technology. To assess students' initial and final levels of knowledge, Pre-tests and Post-tests were conducted, and the collected data were analyzed using Jamovi 2.4 statistical software. Statistical analysis with paired samples t-test and ANCOVA revealed that the average pre-test score was 12.7, while the post-test result increased to 14.6. According to the paired t-test results, $t(46) = -10.7$, $p < .001$, confirming the statistical significance of the teaching effectiveness. Moreover, the ANCOVA analysis showed

$F(1,44) = 85.4$, $p < .001$, indicating a strong influence of the teaching method on academic achievement, cognitive activity, and students' interest in the subject. The findings demonstrate that the use of STEM kits enhances students' deeper understanding of optical phenomena, active participation in lessons, and increased motivation to learn physics. The STEM kit developed by the authors is presented as an adaptable and accessible model for modern physics teaching practice.

Keywords: STEM education, STEM kit, physics teaching, optical phenomena, students' interest, learning outcomes, experiment.

Использование STEM-технологий в обучении оптическим явлениям: влияние на учебные результаты обучающихся

Аннотация. В современную эпоху стремительного развития науки и технологий одной из актуальных задач системы образования является систематическое формирование и развитие интереса обучающихся к науке. Однако в последние годы во многих странах наблюдается снижение интереса молодежи к научной деятельности. Данная тенденция может привести в будущем не только к нехватке научно-технических кадров, но и оказать негативное влияние на экономическое развитие страны. В связи с этим одним из эффективных путей решения обозначенной проблемы является интеграция технологий STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в образовательный процесс. Основная цель данного исследования заключается в выявлении влияния обучения оптическим явлениям с использованием специально разработанных учебных средств на основе STEM-технологий на учебные результаты студентов. Исследование проводилось среди студентов 2 курса специальности «Физика» Казахско-Турецкого университета имени Ходжи Ахмета Ясави. В общей сложности 47 студентов были разделены на контрольную и экспериментальную группы. В ходе 15-недельной программы обучения в экспериментальной группе проводились практические занятия с использованием оптических STEM-устройств, изготовленных с помощью программы LightBurn и технологий CNC. Для выявления начального и конечного уровня знаний были проведены Pre-test и Post-test, а собранные данные обработаны с использованием программы Jamovi 2.4. Применение статистических методов paired t-test и ANCOVA показало, что средний балл студентов на этапе Pre-test составлял 12,7, тогда как результат Post-test повысился до 14,6. Согласно результатам парного t-теста, было зафиксировано значение $t(46) = -10,7$, $p < .001$, что подтверждает статистическую значимость эффективности обучения. Кроме того, по результатам ANCOVA было получено значение $F(1,44) = 85,4$, $p < .001$, что указывает на значительное влияние выбранного метода обучения на учебные достижения, познавательную активность и интерес студентов к предмету. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование STEM-наборов способствует более глубокому пониманию оптических явлений, активному участию в учебном процессе и росту интереса к физике. Разработанный авторами STEM-набор предлагается как адаптированная и доступная модель для современной практики преподавания физики.

Ключевые слова: STEM-образование, STEM-набор, преподавание физики, оптические явления, интерес обучающихся, учебные результаты, эксперимент.

Авторлар туралы мәлімет

Каримжанов Я.Ш. – PhD докторант, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, e-mail: yakhyo.karimzhanov@ayu.edu.kz, Қазақстан, Өскемен қ.

Раманкулов Ш.Ж. – корреспондент-автор, PhD, қауымдастырылған профессор, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, e-mail: sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz, Қазақстан, Түркістан қ.

Information about the authors

Karimzhanov Ya.Sh. – PhD Doctoral Student, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, e-mail: yakhyo.karimzhanov@ayu.edu.kz, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.

Ramankulov Sh.Zh. – The Corresponding Author, PhD, Associate Professor, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, e-mail: sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz, Kazakhstan, Turkistan.

Сведения об авторах

Каримжанов Я.Ш. – PhD докторант, Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова, e-mail: yakhyo.karimzhanov@ayu.edu.kz, Казахстан, г. Усть-Каменогорск.

Раманкулов Ш.Ж. – автор-корреспондент, PhD, ассоциированный профессор, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, e-mail: sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz, Казахстан, г. Туркестан.