

ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ОПТИКАНЫ ОҚЫТУДА ОНЛАЙН-СИМУЛЯТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ

Әбітаева Ұ.Ә.^{1*}, 8D01511- «Физика педагогтарін даярлау» БББ-ның 2-курс докторанты
ulbosyn_abitaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1398-9992>

Сарыбаева Ә.Х.², педагогика ғылымдарының кандидаты
alya.sarybayeva@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6002-6243>

Алмагамбетова А.А.³, педагогика ғылымдарының кандидаты
aldajarovna_1971@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8790-8948>

Ғаниулла Ә.Ғ.¹,
aliya_ganiulla@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2113-5725>

¹ Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

² Қ.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

Аңдатпа. Қазіргі білім беру жүйесінде онлайн-симуляторлар мен виртуалды зертханалар оқыту процесін цифрландырудың маңызды құрамдас бөлігіне айналып отыр. Мұндай цифрлық құралдар физикалық құбылыстарды көрнекі түрде бейнелеуге, оқушылардың тәжірибелік және зерттеушілік қабілеттерін дамытуға, сондай-ақ теориялық білімді нақты тәжірибемен ұштастыруға мүмкіндік береді. Бұл мақалада геометриялық оптика бөлімін оқытуда онлайн-симуляторларды қолданудың дидактикалық, әдістемелік және функционалдық мүмкіндіктері жан-жақты талданады. Зерттеудің негізгі мақсаты – Thin Lenses калькуляторы, Optics Bench Interactive және PhET Geometric Optics симуляторларының интерактивтілік деңгейін, визуализация сапасын, пайдаланушы интерфейсінің қолайлылығын және педагогикалық әлеуетін салыстырмалы тұрғыда анықтау болып табылады. Зерттеу барысында сапалық және салыстырмалы талдау әдістері қолданылып, әрбір симулятордың оқу процесіндегі тиімділігі мен оқыту мақсаттарына сәйкестігі кешенді түрде бағаланды. Нәтижелер PhET Geometric Optics симуляторының теория мен тәжірибені интеграциялау арқылы оқушылардың зерттеушілік және сыни ойлау қабілеттерін дамытуда ең жоғары тиімділікке ие екенін көрсетті. Thin Lenses калькуляторы есептік және логикалық ойлауды дамытуға бағытталса, Optics Bench Interactive визуализация мен кеңістіктік елестету қабілеттерін жетілдіруде нәтижелі құрал ретінде танылды. Бұл зерттеу нәтижелері физика мұғалімдеріне, педагогикалық жоғары оқу орындарының студенттеріне және білім берудің цифрлық әдістемесін зерттеуші мамандарға пайдалы болуы мүмкін.

Тірек сөздер: онлайн-симулятор, виртуалды зертхана, интерактивті оқыту, жұқа линзалар, оптикалық орындық, PhET геометриялық оптика.

Кіріспе. Қазіргі таңда әлемдік білім беру жүйесі қарқынды цифрландыру кезеңінен өтуде. Цифрлық технологиялар мен ақпараттық-коммуникациялық құралдар оқу үдерісінің ажырамас бөлігіне айналып, оқытудың мазмұны мен әдістемесіне елеулі өзгерістер енгізіп отыр. Әсіресе жаратылыстану бағытындағы пәндерде, оның ішінде физикада, цифрлық білім беру ресурстарын тиімді пайдалану оқу сапасын арттырудың және пәнді меңгеруді жеңілдетудің маңызды тетігі ретінде қарастырылуда. Соңғы жылдары физика пәнін оқытуда виртуалды зертханалар мен онлайн-симуляторлардың қолданылу аясы кеңейіп, олардың педагогикалық әлеуеті ерекше назарға ілігуде. Мұндай технологиялар физикалық құбылыстарды көрнекі әрі интерактивті форматта көрсету арқылы студенттердің кеңістіктік және бейнелік ойлау қабілетін дамытып, теориялық білімді практикалық деңгейде меңгеруге жағдай жасайды [1].

Сонымен қатар, физика студенттер тарапынан көбіне абстрактілі және түсінуге күрделі пән ретінде қабылданады. Мұның салдарынан пәнге деген қызығушылық пен оқу мотивациясы төмендеп, білім алушылардың ұғымдық түсініктерінде тұрақсыздық байқалады. Бұл жағдай физиканы оқыту үдерісінде тиімді әдістемелер мен инновациялық тәсілдерді іздестіруді талап етеді. Бірқатар зерттеулер дәстүрлі оқыту үлгілерінің (лекциялық формат пен оқулыққа сүйенген оқыту) студенттердің академиялық жетістігіне және білімнің

мәнділігіне айтарлықтай әсер етпейтінін дәлелдеген [16]. Осыған байланысты соңғы жылдары физиканы оқытудың тәжірибеге бағытталған әдістерін қолдану қажеттілігі арта түсті.

Дегенмен физика зертханаларының материалдық-техникалық базасының жеткіліксіздігі, құрал-жабдықтардың аздығы және оқу бағдарламаларының шамадан тыс тығыз болуы сияқты факторлар тәжірибелік жұмыстардың сапасына әсер ететіні белгілі. Мұндай шектеулерді еңсеру үшін оқытудың баламалы және инновациялық түрлерін, соның ішінде виртуалды зертханалар мен компьютерлік модельдеуді енгізу тиімді шешім ретінде қарастырылуда.

Физика пәнінің мазмұны концептуалды сипатқа ие болғандықтан, оны оқытуда түсініктер арасындағы өзара байланыс пен теориялық заңдылықтарды ұғыну маңызды орын алады. Алайда оқу тәжірибесінде физика жиі транзакциялық бағытта оқытылып келеді, яғни білім беру процесі ақпарат алмасу мен дайын білімді қабылдауға негізделген. Мұндай тәсілде студенттер физикалық ұғымдарды терең түсінуге емес, сандық есептерді шешуге басымдық береді. Бұл өз кезегінде ұғымдық қателердің пайда болуына және пәнді үстірт меңгеруге әкеледі. Осы тұрғыда оқытудың визуалды және интерактивті әдістерін қолдану арқылы абстрактілі құбылыстарды нақты модельдеу білім сапасын арттырудың тиімді жолы болып саналады. Зерттеулер компьютерлік модельдеу мен симуляциялық орталардың оқу материалын меңгеруді жеңілдетіп, білімнің ұзақ мерзімді сақталуына ықпал ететінін көрсеткен.

Соңғы жылдары кеңейтілген және виртуалды шындық технологияларын пайдалану білім беру тәжірибесінде кеңінен таралуда. Бұл технологиялар студенттерге шынайы немесе жасанды ортада физикалық нысандардың үшөлшемді модельдерін зерттеуге, процестердің динамикасын бақылауға және эксперимент жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай тәсілдер оқу процесін белсенді, тәжірибеге бағытталған және қызықты форматқа айналдырып, білім алушылардың когнитивті белсенділігін арттырады. Алайда қаржылық және техникалық шектеулер бұл технологияларды толық ауқымда қолдануға мүмкіндік бермей отыр.

Жалпы алғанда, ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың (АКТ) білім беру жүйесіне енуі оқыту процесінің барлық кезеңіне ықпал етуде. АКТ оқу материалдарын визуализациялау, күрделі ұғымдарды нақтылау және оқу мотивациясын арттыру арқылы білім сапасын арттырады. Кейбір зерттеулерде виртуалды зертханаларды қолданудың студенттердің зерттеушілік дағдыларын дамытуға және оқу мотивациясын күшейтуге оң әсер ететіні статистикалық тұрғыда дәлелденген [2]. Бұл бағыттағы ұқсас қорытындылар алыс-жақын шетелдік зерттеулерде де келтіріліп, виртуалды зертханалардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруда маңызды рөл атқаратыны анықталған [3–4].

Халықаралық эмпирикалық зерттеулер интерактивті және белсенді оқыту әдістерінің артықшылықтарын айқындап, мұндай тәсілдер студенттердің физикалық түсінігін дәстүрлі әдістермен оқығандарға қарағанда орташа екі есе арттырғанын көрсеткен [5]. Кейінгі еңбектер де бұл тұжырымды қуаттап, компьютерлік симуляторлардың студенттердің танымдық белсенділігі мен ұғымдық түсінігін дамытуда жоғары тиімділік көрсеткенін дәлелдеген [6–7].

Атап айтқанда, геометриялық оптика тақырыбында PhET симуляторларын қолдану студенттердің түсіндірмелі ойлау қабілеттерін және ұғымдық пайымдауын едәуір жақсартқаны анықталған [8–9]. PhET Interactive Simulations платформасы [10–11] физика, химия, биология және математика пәндеріндегі негізгі ұғымдарды визуалды және интерактивті форматта ұсынатын, ғылыми негізделген халықаралық білім беру құралы ретінде кеңінен танылған.

Осыған орай, зерттеудің өзектілігі физика пәнін, соның ішінде геометриялық оптика бөлімін оқытуда цифрлық симуляциялық орталарды тиімді қолданудың педагогикалық негіздерін айқындау қажеттілігімен анықталады. Осы зерттеу жұмысының мақсаты – геометриялық оптика тақырыбын оқытуда қолданылатын Thin Lenses Calculator, Optics Bench Interactive және PhET Geometric Optics симуляторларының функционалдық ерекшеліктерін,

визуализация сапасын, интерактивтілік деңгейін және педагогикалық әлеуетін салыстырмалы тұрғыда талдау. Алынған нәтижелер физика курсының цифрлық ортада оқытудың тиімді әдістемелік моделін әзірлеуге және заманауи білім беру кеңістігіне бейімделген оқыту стратегияларын жетілдіруге бағытталады [12].

Материалдар мен әдістер. Зерттеу мақсатына жету үшін сапалық және салыстырмалы талдау әдістері жүргізілді. Жоғарыда аталған үш симуляторды талдау арқылы олардың оқу процесінде қолдану тиімділігі бағаланды. Симуляторлар – нақты құбылыстар мен процестердің виртуалды үлгілерін құра отырып, оқушыларға күрделі ұғымдарды қауіпсіз, үнемді және көрнекі түрде меңгеруге мүмкіндік береді. Физика пәнінде, әсіресе оптика мен кванттық құбылыстар сияқты тәжірибелік тұрғыдан күрделі бөлімдерде, компьютерлік симуляциялар оқыту сапасын арттыруда тиімді екенін көптеген зерттеулер дәлелдеген. Симуляторлар оқушылардың танымдық белсенділігін арттырып, дербес оқу траекториясын құруға жағдай жасайды. Олар нақты эксперимент жасауға кететін уақыт пен ресурстарды үнемдеумен қатар, қателіктерден үйрену мәдениетін қалыптастырады. Сонымен қатар, мұндай технологиялар оқытушыға оқу үдерісін саралап, әр студенттің түсіну деңгейін бақылауға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда компьютерлік симуляциялар тек иллюстрациялық құрал ретінде ғана емес, сонымен бірге зерттеушілік оқыту мен пәнаралық интеграцияны іске асырудың тиімді әдісі болып отыр. Мұндай виртуалды ортада студенттер гипотеза ұсыну, тәжірибе жүргізу және нәтижені талдау сияқты ғылыми зерттеу дағдыларын қалыптастырады.

Оптика тарауында жарықтың сынуы, фокус арақашықтығы және кескіннің пайда болуы сияқты ұғымдар студенттер үшін жиі күрделі түсініктердің бірі болып табылады. Бұл ұғымдарды нақты құралдармен көрсету көп жағдайда уақыт пен материалдық ресурстарды талап етеді. Осы тұрғыда Thin Lenses калькуляторы сияқты цифрлық симуляторлар оқу үдерісін тиімді ұйымдастырудың баламалы тәсілі болып табылады. Thin Lenses калькуляторы – жұқа линзаларға арналған негізгі оптикалық есептеулерді орындауға мүмкіндік беретін веб-негізді құрал.

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} \quad (1)$$

Бұл симулятор жоғарыда көрсетілген жұқа линза формуласын пайдалана отырып, фокус ұзындығы (F), нысан қашықтығы (d) және кескін қашықтығы (f) арасындағы байланысты анықтайды. Сонымен қатар, ұлғаю коэффициентін төмендегі формула арқылы есептейді және кескіннің түрін (шын/жалған), бағытын (төңкерілген/тура) анықтап береді:

$$\Gamma = \frac{f}{d} \quad (2)$$

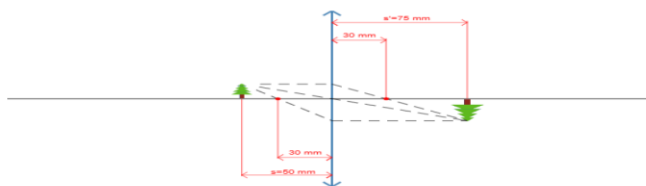
Зерттеу барысында фокус ұзындығы F=30мм, нысан қашықтығы d=50мм параметрлері енгізілді (1-сурет).

Жұқа линзалар калькуляторы

Калькулятор

Есептеңіз	Параметр	Мән	Бірлік
<input type="radio"/>	Фокус ұзындығы	30	mm
<input type="radio"/>	Нысан қашықтығы(лар)	50	mm
<input checked="" type="radio"/>	Кескін қашықтығы (с')	75	mm

Линзаның түрі: Жинақтаушы
 Ұлғаю: -1,5
 Сурет: Нақты. Төңкерілген



1-сурет – Thin Lenses калькуляторында кескін қашықтығы мен ұлғаюын анықтау

Есептеу нәтижесі төмендегідей болды:

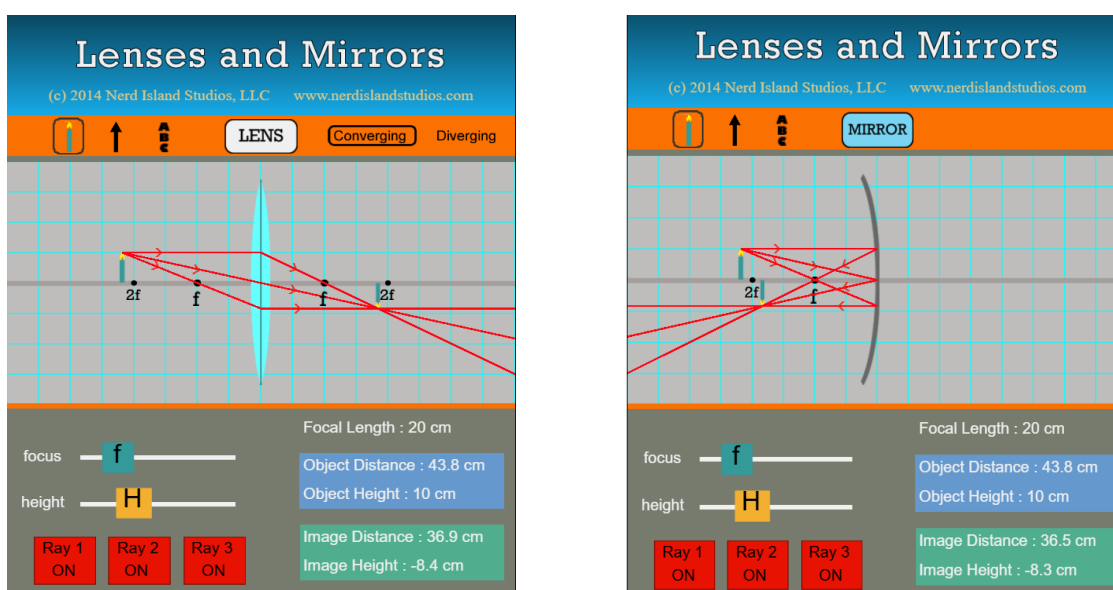
- Кескін қашықтығы $f=75\text{мм}$,
- Ұлғаю коэффициенті $\Gamma=1.5$,
- Кескін түрі – шын, төңкерілген, үлкейтілген.

Симулятор интерфейсі пайдаланушыға бір параметрді (мысалы, фокус ұзындығын) өзгерткен кезде қалған шамаларды автоматты түрде есептеп шығарады. Графикалық бөлігі кескіннің пайда болуын сәулелердің өту бағытымен бірге көрсетеді, бұл теориялық есептеу нәтижесін көрнекі түрде түсіндіруге мүмкіндік береді.

Оқыту мүмкіндіктері:

- Линза формуласының практикалық қолданылуын бекітеді;
- Оқушыларға параметрлердің өзара байланысын интерактивті түрде көрсетуге мүмкіндік береді;
- Сандық есеп пен графикалық модельді бір уақытта пайдалануға жағдай жасайды;
- Жоғары сынып және ЖОО деңгейінде физика сабақтарында есеп шығару мен теорияны бекіту құралы ретінде тиімді.

Қазіргі таңда физиканы оқытуда цифрлық құралдар мен виртуалды зертханаларды пайдалану білім алушылардың кеңістіктік және концептуалдық түсінігін дамытуда ерекше маңызға ие. Солардың бірі — Optics Bench Interactive симуляторы. Бұл бағдарлама студенттерге жарықтың сынуы, шағылуы және линзалар жүйесіндегі кескін түзілуін интерактивті түрде зерттеуге мүмкіндік береді. Optics Bench Interactive — нақты зертханалық жабдықтың виртуалды нұсқасы ретінде жұмыс істейді. Қолданушы экранда жарық көзі, линзалар мен экранды орналастырып, олардың арақашықтықтарын еркін өзгерте алады. Нәтижесінде жүйе автоматты түрде кескіннің түрін (нақты немесе жалған), шамасын және бағытын көрсетеді. Мұндай интерактивті модель студенттің жұқа және қалың линзалар, фокус арақашықтығы, кескіннің инверсиясы сияқты күрделі ұғымдарды көзбен шолып, тәжірибелік жолмен түсінуіне мүмкіндік береді. Модельдеу кезінде фокус ара қашықтығы $F=20\text{см}$ болды (2-сурет). Бұл жағдайда кескін нақты, экранда айқын көрініп тұр. Симулятордың интерфейсі пайдаланушыға оптикалық элементтерді сүйреп апару, олардың арақашықтығын өзгерту және нәтижесінде кескіннің қалай өзгеретінін тікелей бақылау мүмкіндігін береді. Сонымен қатар, сәуле жолдарының көрінісін қосу арқылы кескіннің пайда болуын сәуле оптикасы тұрғысынан түсіндіруге болады. Линза немесе айнамен жұмыс жасауға немесе линзаның түрлерін ауыстыруға да мүмкіндік бар.



2-сурет – Optics Bench симуляторында нақты кескін пайда болуын модельдеу

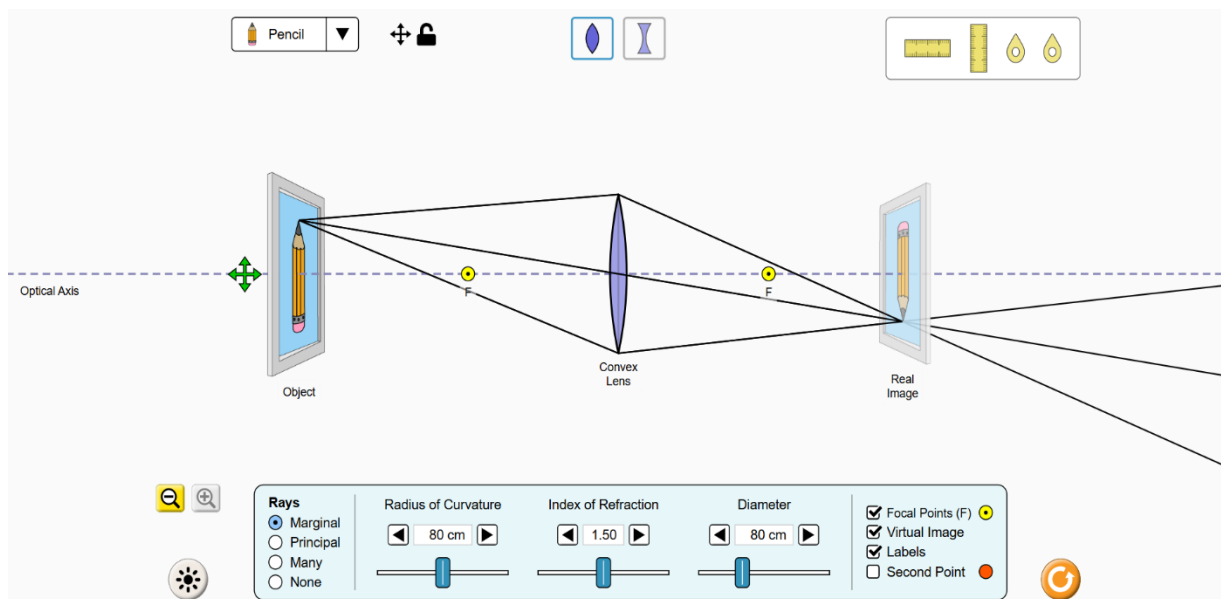
Оқыту мүмкіндіктері:

- Кескіннің пайда болу процесін визуалды көрсету арқылы оқушылардың кеңістіктік ойлауын дамытады;

- Оптикалық элементтердің өзара орналасуының кескін сипаттамасына әсерін түсіндіруге мүмкіндік береді;

- Мектеп және ЖОО физика курстарында демонстрация құралы ретінде тиімді.

PhET Geometric Optics – линза және айна жүйелерінде кескіннің пайда болуын интерактивті модельдеуге арналған көпфункционалды симулятор. Құралда линза түрін (жинағыш немесе шашыратқыш), фокус ұзындығын, нысан биіктігін және қашықтығын өзгертуге болады.



3-сурет – PhET симуляторында сәуленің таралуын визуализациялау

PhET симуляторы оқушыларға параметрлерді өзгерту арқылы оптикалық заңдылықтарды тәжірибе жүзінде тексеруге жағдай жасайды. Графикалық интерфейсі интуитивті және барлық әрекет нақты уақыт режимінде орындалады.

Оқыту мүмкіндіктері:

- Сәуле таралуын толық визуализациялау арқылы теорияны түсінуді жеңілдетеді;
- Параметрлерді өзгерту арқылы заңдылықтарды өз бетінше зерттеуге мүмкіндік береді;

- Оқушылардың зерттеушілік және талдау дағдыларын дамытуда тиімді.

Нәтижелер мен талқылау. Зерттеу нәтижесінде әр симулятордың негізгі сипаттамалары, көрнекілік деңгейі, қолдану ыңғайлылығы және педагогикалық әлеуеті салыстырмалы түрде талданды. Алынған мәліметтер кесте түрінде жинақталып, салыстырмалы талдау жүргізілді (1-кесте).

Виртуалды симуляциялар нақты тәжірибелерді тиімді алмастырып қана қоймай, оқушылардың концептуалдық түсіну деңгейін тереңдетеді. Сондай-ақ, мұндай калькуляторлар мұғалімдерге сабақ барысында демонстрация жүргізуге, ал студенттерге үй тапсырмасында өздігінен зерттеу жүргізуге мүмкіндік береді. Құралдың қолжетімділігі (онлайн режимде жұмыс істеуі, арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді қажет етпеуі) оны цифрлық білім беру экожүйесіне оңай енгізуге жағдай жасайды.

1-кесте – Онлайн-симулятордың салыстырмалы талдауы

<i>Көрсеткіш</i>	<i>Thin Lenses калькуляторы</i>	<i>Optics Bench Interactive</i>	<i>PhET Geometric Optics</i>
<i>Функционалдық мүмкіндіктері</i>	Жұқа линза формуласын қолданып, кескін қашықтығы мен үлкеюін есептейді	Линза немесе айнаны және экранды орналастыру, параметрлерді өзгерту	Линза түрін, фокус ұзындығын, нысан өлшемін, сәуле бағытын өзгерту
<i>Интерактивтілік деңгейі</i>	Орташа	Жоғары	Жоғары
<i>Визуализация сапасы</i>	Есептеу нәтижесімен қоса сәулелердің схемалық көрінісі	Кескіннің экранда пайда болуын нақты көрсетеді	Сәулелердің таралу жолы мен бағытын нақты көрсетеді
<i>Қолдану ыңғайлылығы</i>	Өте жеңіл, қарапайым интерфейс	Орташа – үйренуді қажет етеді	Өте жеңіл, интуитивті басқару
<i>Оқыту мүмкіндіктері</i>	Формуланы бекіту және есеп шығару дағдысын қалыптастыру	Кескіннің пайда болу процесін кеңістіктік тұрғыда түсіндіру	Теория мен тәжірибені біріктіріп, зерттеушілік дағдыларды дамыту
<i>Дидактикалық қолдану аясы</i>	Математикалық есептерді пысықтау	Геометриялық оптиканы демонстрациялау	Кешенді тәжірибелік зерттеулер жүргізу

Thin Lenses калькуляторы осы идеяны қолдай отырып, студенттің зерттеушілік қабілетін дамытады: олар деректерді өз бетінше өзгертеді, нәтижені бақылайды және қорытынды жасайды. Бұл әрекеттер эксперименттік және аналитикалық ойлау дағдыларын қалыптастырады. Thin Lenses калькуляторы – ең алдымен математикалық есептеулерге бағытталған құрал. Бұл симуляторда жұқа линза формуласы бойынша кескін қашықтығы мен үлкею коэффициенті дәл есептеледі. Интерфейсі қарапайым, пайдаланушыдан тек фокус ұзындығын және нысан қашықтығын енгізуді талап етеді. Графикалық бөлігінде сәуле схемасының қарапайым нұсқасы беріледі. Алайда, интерактивтілік деңгейі төмен болғандықтан, ол негізінен теориялық есептерді пысықтау мақсатында қолайлы.

Optics Bench Interactive – интерактивтілігі жоғары симулятор. Мұнда пайдаланушы линза немесе айнаны, нысанды және экранды еркін орналастыра алады, олардың арақашықтығын өзгерте отырып, кескіннің өзгерісін нақты уақыт режимінде бақылайды. Сәуле траекториясын көрсету функциясы кескіннің пайда болуын кеңістіктік тұрғыда түсінуге мүмкіндік береді. Аталған симулятор геометриялық оптиканы көрнекі демонстрациялау үшін тиімді, бірақ математикалық есептеулерді автоматты түрде жүргізбейді. Сонымен қатар, бұл құрал мұғалімдерге демонстрациялық сабақтар жүргізуге, ал студенттерге өз бетінше тәжірибе жасауға қолайлы орта ұсынады. Симулятордың қарапайым интерфейсі, жылдам есептеу мүмкіндігі және визуалды айқындығы оны оптика курсына цифрлық білім беру негізінде оқытуда тиімді құрал етеді. Мұндай бағдарламалар студенттің танымдық қызығушылығын арттыруға, қате түсініктерді түзетуге және дербес оқу мотивациясын күшейтуге ықпал етеді.

PhET Geometric Optics – визуализация сапасы және параметрлерді басқару мүмкіндігі бойынша ең толық функционалды симулятор. Бұл симулятор студенттерге жарық сәулесінің таралуы, жұқа линзалар, айна түрлері, кескіннің түзілуі сияқты негізгі ұғымдарды визуалды түрде зерттеуге жағдай жасайды. Пайдаланушы линзаның түрін, фокус арақашықтығын, нысанның орнын және сәуле бағытын өзгерте отырып, кескіннің түрін (нақты немесе жалған), бағытын (тура немесе төңкерілген) және өлшемін бірден көре алады. Мұндай өзара әрекеттестік студенттің тек формуланы қолдану емес, физикалық мағынасын түсінуін қамтамасыз етеді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әрбір онлайн-симулятордың өзіне тән ерекшеліктері мен педагогикалық артықшылықтары бар. Thin Lenses калькуляторы формуланы бекіту және есеп шығару дағдысын дамытуда тиімді болғанымен, күрделі визуализацияны қамтамасыз етпейді. Бұл құрал дәстүрлі есеп шығару сабақтарына қосымша ретінде, әсіресе фокус

ұзындығы, нысан және кескін қашықтығы арасындағы байланысты сандық тұрғыда түсіндіруде пайдалы. Optics Bench Interactive керісінше, жоғары интерактивтілік пен көрнекілікке басымдық береді. Мұнда объект, линза және экранның өзара орналасуын өзгерту арқылы кескіннің пайда болу процесін нақты уақыт режимінде бақылауға болады. Бұл, Nake (1998) атап өткендей, *active learning* тәсілінің тиімділігін арттыратын факторлардың бірі – оқушының белсенді әрекет арқылы білім алуы. Алайда, автоматтандырылған есептеулердің болмауы математикалық дағдыларды пысықтау тұрғысынан шектеу тудырады.

PhET Geometric Optics функционалдық мүмкіндіктері бойынша ең кең симулятор болып шықты. Ол тек визуализацияны ғана емес, сондай-ақ сәуленің таралуының толық моделін көрсетеді, бұл Penjor et al. (2022) және Uwamahoro et al. (2021) еңбектерінде атап өтілгендей, студенттердің кеңістіктік ойлауын және теорияны практикалық түсінуін жақсартады. Сонымен қатар, PhET платформасының интуитивті интерфейсі, мультимедиалық қолдауы және көптілді нұсқалары оны әртүрлі білім беру деңгейлерінде — мектептен бастап университетке дейін — қолдануға ыңғайлы етеді. Бұл құрал сабақтағы теорияны тәжірибемен ұштастырып, студенттің танымдық белсенділігі мен қызығушылығын арттыратын тиімді әдістемелік ресурс болып саналады.

Яғни, Thin Lenses калькуляторы – есептеу құралдары ретінде тиімді, бірақ көрнекілік пен тәжірибелік модельдеу тұрғысынан шектеулі. Optics Bench Interactive – визуализация мен интерактивтілікке басымдық береді, бірақ автоматтандырылған есептеулер жасамайды. PhET Geometric Optics – функционалдық мүмкіндіктері ең кең, теориялық және тәжірибелік модельдеуді үйлестіреді, сондықтан педагогикалық тұрғыдан әмбебап құрал болып саналады.

Алынған нәтижелер шетелдік зерттеулердегі Nake, (1998); Uwamahoro et al., (2021) және отандық тәжірибелердегі [13-15] қорытындылармен сәйкес келеді. Бұл зерттеулерде де интерактивті симуляторлардың оқушылардың пәнді меңгеру деңгейін арттыратыны, кеңістіктік түсінігін дамытатыны және оқу мотивациясын жоғарылататыны дәлелденген.

Қорытынды. Зерттеу барысында Thin Lenses калькуляторы, Optics Bench Interactive және PhET Geometric Optics онлайн-симуляторларының геометриялық оптика тақырыбын оқытудағы мүмкіндіктері кешенді түрде салыстырылды. Әр құралдың функционалдық ерекшеліктері, визуализация сапасы, интерактивтілік деңгейі, қолдану ыңғайлылығы және педагогикалық әлеуеті талданды.

Алынған нәтижелер көрсеткендей, Thin Lenses калькуляторы жұқа линза формуласын меңгерту мен есеп шығару дағдыларын қалыптастыруда тиімді болғанымен, визуализация мен тәжірибелік модельдеу тұрғысынан шектеулі. Бұл құрал формулалық байланыстарды бекітуге, яғни оқушылардың есептеу және аналитикалық дағдыларын дамытуға бағытталғанымен, зерттеушілік әрекет пен эксперименттік ойлауды дамытуға жеткілікті мүмкіндік бермейді.

Optics Bench Interactive кескіннің пайда болу процесін нақты уақыт режимінде бақылауға және кеңістіктік түсінікті дамытуға мүмкіндік беретін жоғары интерактивті орта ретінде ерекшеленеді. Симулятор оқушылардың кеңістіктік елестету қабілетін, себеп-салдарлық байланыстарды анықтау дағдыларын және тәжірибелік интуициясын жетілдіреді. Дегенмен, автоматтандырылған есептеу функциясының болмауы оны математикалық тұрғыдан толыққанды құрал ретінде пайдалануға шектеу қояды.

PhET Geometric Optics симуляторы теорияны, есептеуді және визуализацияны үйлестіретін жан-жақты орта болып табылады. Бұл құралда параметрлерді еркін өзгерту, фокус арақашықтығын, нысан мен экран орнын икемді түрде реттеу және сәуле таралуын нақты бақылау мүмкіндігі бар. Мұндай көпқырлы функционал студенттердің зерттеушілік дағдыларын, эксперименттік мәдениетін және физикалық ұғымдарды терең түсіну қабілетін дамытуға айтарлықтай әсер етеді.

Салыстырмалы талдау нәтижесінде PhET Geometric Optics кешенді оқытуда анағұрлым тиімді құрал екені анықталды. Алайда зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әр симулятордың оқу процесіндегі өзіне тән орны бар. Атап айтар болсақ:

Thin Lenses калькуляторы – теориялық ұғымдар мен математикалық есептеулерді меңгертуге бағытталған;

Optics Bench Interactive – кеңістіктік түсінік пен визуалды бейнелеуді дамытуда тиімді;

PhET Geometric Optics – теория, практика және зерттеушілік әрекетті біріктіретін әмбебап құрал.

Жалпы алғанда, бұл симуляторлар жиынтығын оқу процесінде үйлесімді пайдалану студенттердің оптикалық құбылыстарды терең түсінуіне, дербес зерттеу белсенділігінің артуына және цифрлық ортада оқу мотивациясының күшеюіне ықпал етеді. Осындай цифрлық технологияларды әдістемелік тұрғыда дұрыс кіріктіру болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби құзыреттілігін қалыптастырудың маңызды факторы болып табылады. Сонымен қатар, симуляторларды жүйелі қолдану оқыту үдерісінде теория мен тәжірибе арасындағы байланысты нығайтып, студенттердің эксперименттік және сыни ойлау қабілеттерін дамытады. Цифрлық зертханалар арқылы студенттер күрделі физикалық процестерді қауіпсіз, көрнекі және икемді түрде зерделей алады, бұл өз кезегінде олардың танымдық дербестігін және ғылыми ізденіске деген қызығушылығын арттырады. Мұндай цифрлық құралдар болашақ мұғалімдерді оқытуда инновациялық тәсілдерді қолдану дағдыларын жетілдіруге мүмкіндік беріп, физика пәнін оқытудың заманауи парадигмасына сәйкес білім беру сапасын арттыруға бағытталады. Демек, геометриялық оптика тақырыбын оқытуда компьютерлік симуляторларды тиімді пайдалану тек оқу нәтижелерін жақсартумен шектелмей, білім алушылардың зерттеушілік мәдениетін, шығармашылық ойлауын және цифрлық сауаттылығын дамытуға жағдай жасайды.

Әдебиеттер:

[1] **Finkelstein, N.D.**, Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B., Perkins K.K., Podolefsky N.S., LeMaster R. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment // Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2005. – 1(1). – 010103. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>

[2] **Ahmetova, N.**, Sandibaeva N., Garnaeva G. Formation of students' research skills in digital transformation of physics teaching // PEN, 2025. – 13(2). – P.473-488.

[3] **Wieman, C.E.**, Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations that enhance learning // Science, 2010. – 322(5902). – P.682-683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>

[4] **Yelkina, A.**, Nurgaliyeva A. The impact of virtual laboratories on students' practical skills and motivation in higher education // International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 2023. – 18(12). – P.45-57. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i12.45678>

[5] **Hake, R.R.** Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses // American Journal of Physics, 1998. – 66(1). – P.64-74. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18809>

[6] **Arion, D.N.**, Crosby D. Student use of simulations in physics instruction at two universities // Physics Education, 2018. – 53(6). – 065010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aada7d>

[7] **Podolefsky, N.S.**, Perkins K.K., Adams W.K. Factors promoting engaged exploration with computer simulations // Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2010. – 6(2). – 020117. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020117>

[8] **Uwamahoro, J.**, Sabag N., Waks S. Integrating PhET simulations and YouTube resources to improve students' understanding of geometrical optics // Journal of Science Education and Technology, 2021. – 30(2). – P.254-265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09873-y>

[9] **Penjor, S.**, Alhazaleh S., Al-Abdallat Y. The effect of simulation-based learning on students' conceptual understanding of geometrical optics // Journal of Education and Learning, 2022. – 11(3). – P.15-27. DOI: <https://doi.org/10.5539/jel.v11n3p15>

[10] **Wieman, C.E.**, Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations That Enhance Learning // Science, 2008. – 322(5902). – P.682-683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>

- [11] PhET Interactive Simulations // PhET. – 2025. – URL: <https://phet.colorado.edu/> (date of access: 16.03.2026).
- [12] Wieman, C., Wendy K.A., Katherine K.P. PhET Research: Simulations that Enhance Learning // Science, 2008. – 322(5902). – P.682–683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- [13] **Арымбеков, Б.**, Тұрыханова К. Физика пәнін оқытуда толықтырылған шынайылықты интеллектуалды оқыту құралы ретінде қарастыру // Al-Farabi Kazakh National University, Педагогикалық ғылымдар сериясы, 2022. – №4 (73). DOI: <https://doi.org/10.26577/JES.2022.v73.i4.12>
- [14] **Ткач, G.M.**, Li O.S., Saponov V.D., Beket Sh. Issues of developing 3D models of a 3D printer simulator for use in the educational process // Вестник Торайгыров университета. Серия: Физика, математика и компьютерные науки, 2024. – №4. – P.75-84. DOI: <https://doi.org/10.48081/EBSC9002>
- [15] **Алмагамбетова, А.А.**, Жарылгапова Д.М., Шерехан Н.Ш. Болашақ физика пәні мұғалімдерін даярлаудағы коммуникативтік құзыреттіліктерді қалыптастырудың жолдары // Topical Issues Of Teaching Mathematics, Physics And Information Science, 2023. – 2-т., № 2. – Б. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.52081/mpimet.2023.v02.i2.014>
- [16] **Akkağit, Ş.F.**, Tekin A. Simülasyon tabanlı öğrenmenin ortaöğretim öğrencilerinin temel elektronik ve ölçme dersindeki başarılarına etkisi // Ege Eğitim Dergisi, 2012. – 13(2). – P.1-12.

References:

- [1] **Finkelstein, N.D.**, Adams W.K., Keller C.J., Kohl P.B., Perkins K.K., Podolefsky N.S., LeMaster R. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment // Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2005. – 1(1). – 010103. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
- [2] **Ahmetova, N.**, Sandibaeva N., Garnaeva G. Formation of students' research skills in digital transformation of physics teaching // PEN, 2025. – 13(2). – P.473-488.
- [3] **Wieman, C.E.**, Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations that enhance learning // Science, 2010. – 322(5902). – P.682-683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- [4] **Yelkina, A.**, Nurgaliyeva A. The impact of virtual laboratories on students' practical skills and motivation in higher education // International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 2023. – 18(12). – P.45-57. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i12.45678>
- [5] **Hake, R.R.** Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses // American Journal of Physics, 1998. – 66(1). – P.64-74. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- [6] **Arion, D.N.**, Crosby D. Student use of simulations in physics instruction at two universities // Physics Education, 2018. – 53(6). – 065010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aada7d>
- [7] **Podolefsky, N.S.**, Perkins K.K., Adams W.K. Factors promoting engaged exploration with computer simulations // Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2010. – 6(2). – 020117. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020117>
- [8] **Uwamahoro, J.**, Sabag N., Waks S. Integrating PhET simulations and YouTube resources to improve students' understanding of geometrical optics // Journal of Science Education and Technology, 2021. – 30(2). – P.254-265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09873-y>
- [9] **Penjor, S.**, Alkhazaleh S., Al-Abdallat Y. The effect of simulation-based learning on students' conceptual understanding of geometrical optics // Journal of Education and Learning, 2022. – 11(3). – P.15-27. DOI: <https://doi.org/10.5539/jel.v11n3p15>
- [10] **Wieman, C.E.**, Adams W.K., Perkins K.K. PhET: Simulations That Enhance Learning // Science, 2008. – 322(5902). – P.682-683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- [11] PhET Interactive Simulations // PhET. – 2025. – URL: <https://phet.colorado.edu/> (date of access: 16.03.2026).
- [12] **Wieman, C.**, Wendy K.A., Katherine K.P. PhET Research: Simulations that Enhance Learning // Science, 2008. – 322(5902). – P.682–683. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- [13] **Arymbekov, B.**, Turyhanova K. Fizika panin oqytuda tolyqtyrylgan shynajlyqty intellektualdy oqytu quraly retinde qarastyru // Al-Farabi Kazakh National University, Pedagogikalyq gylymdar serijasy, 2022. – №4 (73). DOI: <https://doi.org/10.26577/JES.2022.v73.i4.12> [in Kazakh]

[14] Tkach, G.M., Li O.S., Saponov V.D., Beket Sh. Issues of developing 3D models of a 3D printer simulator for use in the educational process // Vestnik Torajgyrov universiteta. Serija: Fizika, matematika i komp'yuternye nauki, 2024. – №4. – P.75-84. DOI: <https://doi.org/10.48081/EBSC9002>

[15] Almagambetova, A.A., Zharylgapova D.M., Sherehan N.Sh. Bolashaq fizika pani murfalimderin dajarlaudagy kommunikativtik quzyrettilikterdi qalyptastyrudyn zholdary // Topical Issues Of Teaching Mathematics, Physics And Information Science, 2023. – 2-t., № 2. – B. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.52081/mpimet.2023.v02.i2.014> [in Kazakh]

[16] Akkağıt, Ş.F., Tekin A. Simülasyon tabanlı öğrenmenin ortaöğretim öğrencilerinin temel elektronik ve ölçme dersindeki başarılarına etkisi // Ege Eğitim Dergisi, 2012. – 13(2). – P.1-12.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОНЛАЙН-СИМУЛЯТОРОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКЕ

Абитаева У.А.^{1*}, докторант 2 курса по ОП 8D01511 - «Подготовка педагогов по физике»

Сарыбаева А.Х.², кандидат педагогических наук

Алмагамбетова А.А.¹, кандидат педагогических наук

Ганиулла А.Г.¹,

¹Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

²Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави, г.Туркестан, Казахстан

Аннотация. В современной системе образования онлайн-симуляторы и виртуальные лаборатории становятся важной частью процесса цифровизации обучения. Эти цифровые инструменты позволяют наглядно демонстрировать физические явления, развивать исследовательские и экспериментальные навыки учащихся, а также эффективно интегрировать теоретические знания с практическим опытом. В данной статье всесторонне рассматриваются дидактические, методические и функциональные возможности использования онлайн-симуляторов при изучении темы геометрической оптики. Цель исследования – провести сравнительный анализ уровня интерактивности, качества визуализации, удобства пользовательского интерфейса и педагогического потенциала симуляторов Thin Lenses Calculator, Optics Bench Interactive и PhET Geometric Optics. В ходе исследования применялись качественные и сравнительные методы анализа, на основе которых была дана комплексная оценка эффективности использования каждого симулятора в учебном процессе. Результаты показали, что симулятор PhET Geometric Optics наиболее эффективно способствует развитию исследовательского, аналитического и критического мышления учащихся за счёт объединения теории и практики. Thin Lenses Calculator способствует формированию вычислительных и логических навыков, а Optics Bench Interactive развивает визуализацию и пространственное воображение. Полученные результаты могут быть полезны преподавателям физики, студентам педагогических вузов и специалистам, занимающимся исследованием цифровых методов обучения.

Ключевые слова: онлайн-симулятор, виртуальная лаборатория, интерактивное обучение, тонкие линзы, оптическая скамья, геометрическая оптика PhET.

POSSIBILITIES OF USING ONLINE SIMULATORS IN TEACHING GEOMETRICAL OPTICS

Abitayeva U.A.^{1*}, PhD student 2nd year in Educational Program 8D01511- “Physics Teacher Education”

Sarybaeva A.Kh.², candidate of pedagogical sciences

Almaganbetova A.A.¹, candidate of pedagogical sciences

Ganiulla A.G.¹.

¹*Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan*

²*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan*

Annotation. In modern education, online simulators and virtual laboratories have become an essential component of the digitalization of teaching and learning. These digital tools enable the visualization of physical phenomena, foster students’ experimental and research skills, and effectively integrate theoretical knowledge with practical experience. This paper provides a comprehensive analysis of the didactic, methodological, and functional aspects of using online simulators in teaching geometric optics. The main objective of the study is to conduct a comparative analysis of the interactivity level, visualization quality, user interface convenience, and pedagogical potential of the Thin Lenses Calculator, Optics Bench Interactive, and PhET Geometric Optics simulators. Qualitative and comparative research methods were employed to evaluate the efficiency and educational applicability of each simulator. The findings revealed that the PhET Geometric Optics simulator most effectively enhances students’ investigative, analytical, and critical thinking skills by integrating theory and practice. The Thin Lenses Calculator was found to be effective for developing computational and logical reasoning skills, while the Optics Bench Interactive significantly improved visualization and spatial reasoning abilities. The outcomes of this study may be beneficial for physics teachers, pre-service teacher education students, and researchers exploring digital teaching methodologies.

Keywords: online simulator, virtual laboratory, interactive learning, thin lenses, optics bench, PhET geometric optics.