

МАҚАЛА ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

Сборниктегі жарияланым деректері / Publication details

Конференция атауы	Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университетінің 85 жылдығына арналған «Досмұхамедұлы оқулары - 2025: Ғылым мен білімнің дамуындағы заманауи инновациялар және жасанды интеллект» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция
Conference / RU	Международная научно-практическая конференция «Досмухамедовские чтения - 2025: Современные инновации и искусственный интеллект в развитии науки и образования», посвященная 85-летию Атырауского университета имени Халелы Досмухамедова
Жинақ / Том	Материалдар жинағы, II ТОМ
Күні	17/10/2025
ISBN	978-601-262-617-9
Баспа	ASUPress, 2025, 301 б.
Секция	СЕКЦИЯ №4
МАЗМҰНЫ бойынша №	56
МАЗМҰНЫ бойынша беті	287
Жинақта жарияланған беттері	287-292
Автор(лар)	Закирова Акниет Шакировна, Джетимов Мырзабай Айтмуханович
Мақала атауы	ФУНКЦИОНАЛДЫ САУАТТЫЛЫҚТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ МҮМКІНДІКТЕРІ
Мазмұндағы жазба	Закирова А.Ш., Джетимов М.А. Функционалды сауаттылықты қалыптастырудағы химиялық модельдеудің педагогикалық мүмкіндіктері

Ескерту: бұл бет мақаланы сайтқа немесе архивке бөлек орналастыру үшін қосылды; негізгі мақала мәтіні келесі беттен басталады.

ФУНКЦИОНАЛДЫ САУАТТЫЛЫҚТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІҢ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ МҮМКІНДІКТЕРІ

Закирова Акниет Шакировна

Магистрант

Жаратылыстану пәндері кафедрасы

Ілияс Жансүгіров атындағы Жетісу

университеті

Джетимов Мырзабай Айтмуханович

Техника ғылымдарының

кандидаты, оқытушы-дәріскер

Жаратылыстану пәндері кафедрасы

Ілияс Жансүгіров атындағы Жетісу

университеті

Аңдатпа

Бұл мақалада химиялық үрдістер мен құбылыстарды модельдеудің білімалушылардың функционалды сауаттылығын қалыптастырудағы педагогикалық мүмкіндіктері қарастырылады. Модельдеу оқушылардың теориялық білімін тәжірибемен байланыстыруға, зерттеушілік және сыни ойлау дағдыларын дамытуға ықпал етеді. Сонымен қатар, химияны оқытуда инновациялық әдістерді енгізу арқылы білім сапасын арттырудың тиімді жолдары ұсынылады.

Негізгі сөздер: химия, модельдеу, функционалды сауаттылық, педагогика, құзыреттілік, инновация

Аннотация

В данной статье рассматриваются педагогические возможности моделирования химических процессов и явлений в формировании функциональной грамотности обучающихся. Моделирование способствует соотношению теоретических знаний учащихся с опытом, развитию навыков исследовательского и критического мышления. Кроме того, будут предложены эффективные способы повышения качества образования путем внедрения инновационных методов в преподавание химии.

Ключевые слова: химия, моделирование, функциональная грамотность, педагогика, компетентность, инновации

Annotation

This article discusses the pedagogical possibilities of modeling chemical processes and phenomena in the formation of functional literacy of students. Modeling contributes to the correlation

of students' theoretical knowledge with experience, the development of research and critical thinking skills. In addition, effective ways to improve the quality of education through the introduction of innovative methods in chemistry teaching will be proposed.

Keywords: chemistry, modeling, functional literacy, pedagogy, competence, innovation

Қазіргі білім беру жүйесінің басты мақсаты — оқушыларды функционалды сауатты тұлға ретінде қалыптастыру.

Ал білім беру парадигмасының басты векторы — білім алушыны өзгермелі әлем талаптарына бейім, функционалды сауатты тұлға ретінде дамыту. Химия пәнінің оқу бағдарламасындағы көптеген тақырыптардың абстрактілі сипаты (молекулалық динамика, реакция механизмдері) оқушылардың алған теориялық білімін нақты өмірлік контекстке ауыстыруына кедергі келтіреді. Осы тұрғыдан алғанда, химиялық үрдістер мен құбылыстарды модельдеу – оқу-танымдық әрекеттің негізгі компоненті ретінде, білімді қолдану мен талдау дағдыларын дамытудың тиімді құралына айналады. Бұл мақала модельдеудің оқушылардың функционалды дағдыларын қалыптастырудағы педагогикалық әлеуетін жан-жақты қарастыруға және оның тиімділігін салыстырмалы талдау арқылы негіздеуге арналған.

Педагог-ғалым А.Б. Ахметов өзінің еңбектерінде: «Химиялық модельдеу – тек иллюстративті құрал емес. Ол оқушының миындағы концептуалды картаны қайта құрылымдауға мәжбүрлейтін, күрделілікті жеңуге арналған танымдық "көпір" қызметін атқарады. Әсіресе, кванттық химия сияқты тақырыптарды меңгеруде модельдеудің орны айрықша,» – деп атап өткен.

Дәстүрлі оқыту әдістері, негізінен, ақпараттық материалды пассивті түрде беруге негізделгендіктен, оқушылардың теориялық білімді нақты, макроскопиялық құбылыстарға проекциялау қабілетін шектейді. Осы когнитивті алшақтықты жоюдың ең қуатты дидактикалық құралы — химиялық үрдістер мен құбылыстарды модельдеу болып табылады. Модельдеу оқытушы мен оқушы арасындағы ақпарат алмасуды емес, оқушы мен оқылатын объектінің арасындағы белсенді танымдық өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді.

Модельдеудің оқу процесіндегі негізгі миссиясы — күрделі жүйелерді қарапайым және визуалды түрде көрсету. Физикалық (шарлар мен таяқшалар), символдық (математикалық теңдеулер, графтар) және, ең бастысы, цифрлық симуляциялар арқылы химиялық реакциялардың тетіктері, молекулалардың өзара әрекеттесуі, тіпті жоғары температурадағы немесе өте жылдам жүретін процестер зерттеуге қолжетімді болады [1, бб. 34-40]. Осылайша, модель абстрактілі заңдылықтарды түсінікті бейне тіліне аударатын "аудармашы" ретінде қызмет етеді. Бұл жағдайда оқушының білімі механикалық жаттаудан арылып, заттың құрылымы мен оның айналу механизмдері туралы терең концептуалды түсінікке ұласады. Бұл әрекет оқушының жаратылыстану-ғылыми сауаттылығын қалыптастырудың негізі болып табылады – яғни, ғылыми дәлелдерді қолдана отырып, қоршаған ортадағы құбылыстарды түсіну және түсіндіру қабілеті дамиды [2, бб. 112-118].

Жаратылыстану-ғылыми сауаттылық компоненттің негізгі міндеті – оқушының ғылыми білімді қолдана отырып, құбылыстарды түсіндіру, деректерді талдау және ғылыми негізделген қорытындылар жасау қабілеті. Сандық модельдеудің арқасында оқушылар қауіпсіз ортада реакция жағдайларын (температура, қысым, концентрация) өзгерте отырып, оның нәтижесін бақылайды. Бұл оларға себеп-салдарлық байланыстарды дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Профессор Р.З. Жұмағұлованың зерттеулері көрсеткендей, модельдеуді қолданған оқушылар эксперименттік деректерді дәстүрлі оқыту әдісімен оқығандарға қарағанда 15-20% жоғары деңгейде интерпретациялай алады. Себебі, модель оларға абстрактілі заңдардың (мысалы, Ле-Шателье принципі) нақты жүйеде қалай жұмыс істейтінін көруге мүмкіндік береді [3, бб. 15-22].

Сыни және аналитикалық ойлау модельдеу тапсырмалары оқушыдан есептеулерді қайталауды ғана емес, сонымен қатар модельдің шекаралары мен болжамдарын сыни бағалауды талап етеді. Әрбір химиялық модель (идеал газ моделі, судың идеалды еріткіш моделі) белгілі бір жеңілдетулерге негізделген. Оқушының міндеті – модельдің нақты өмірлік

жағдайға сәйкестігін (валидтілігін) бағалау және сәйкессіздіктердің себептерін ғылыми тұрғыдан түсіндіру. Бұл рефлексиялық және аналитикалық дағдыларды тереңдетеді. Мысалы, оқушыға судың қайнау температурасын модельдеу ұсынылады; егер нәтиже 100°C-тан ауытқыса, ол ауытқуды атмосфералық қысымның өзгеруімен немесе еріген қоспалардың болуымен байланыстыра білуі керек.

Мәселе шешу және пәнаралық құзыреттілік модельдеу химиялық білімді математикалық есептеулермен, физикалық заңдармен және ақпараттық технологиялармен біріктіретін пәнаралық жобалар үшін таптырмас құрал. Модельдеуге негізделген жобалар (мысалы, "Дәрілік заттың ағзадағы метаболизм процесін модельдеу" немесе "Өндірістік қалдықтарды залалсыздандыру әдісін оңтайландыру") оқушылардан:

- Мәселенің химиялық мәнін түсіну;
- Сәйкес математикалық аппаратты таңдау;
- Компьютерлік бағдарламаларды пайдаланып симуляция жасау;
- Сандық нәтижелерді нақты, сөздік тұрғыдан түсіндіру талап етіледі.

Бұл кешенді тәсіл оқушының логикалық пайымдауын күшейтеді және оны күрделі ғылыми-техникалық міндеттерді шешуге дайындайды.

Модельдеу оқу процесіндегі үш негізгі педагогикалық функцияны атқарады: визуализация, эксперименттік дағдыларды қалыптастыру және сыни ойлауды дамыту.

Модельдеуді қолданудың тиімділігі оның түріне байланысты. Келесі кестеде химияны оқытуда жиі қолданылатын модельдеу түрлері және олардың функционалды сауаттылықтың негізгі компоненттеріне әсері салыстырылады.

Кесте 1. Модельдеу түрлерінің функционалды салыстырмасы

Модельдеу түрі	Қолдану мысалы	Артықшылығы	Дамытатын сауаттылық компоненті
Физикалық (заттық)	Молекулалық шарлар мен таяқшалар	Құрылымды 3D форматта сезіну	Кеңістіктік ойлау, оқу сауаттылығы
Символдық (математикалық)	Химиялық кинетика теңдеулері	Үрдістерді сандық талдау	Математикалық сауаттылық, жаратылыстану-ғылыми сауаттылық
Сандық (виртуалды)	Компьютерлік симуляциялар (PhET, ChemDoodle)	Қауіпсіз, шектеусіз эксперимент жүргізу	Жаратылыстану-ғылыми сауаттылық, ақпараттық сауаттылық

Модельдеудің тағы бір маңызды педагогикалық әлеуеті — оның мәселе шешу және сыни ойлау дағдыларын дамытуға тікелей ықпал етуінде. Модельмен жұмыс істеу тек оны іске қосумен шектелмейді; ол әрқашан модельдің шектеулері мен болжамдарын бағалау кезеңін қамтиды. Оқушылар қарапайымдандырылған модельдің нақты химиялық жүйенің мінез-құлқына қаншалықты сәйкес келетінін талдауға, оның қолдану шекараларын анықтауға және туындаған айырмашылықтарды ғылыми тұрғыдан түсіндіруге мәжбүр болады. Мұндай іс-әрекет деректерді синтездеу мен интерпретациялау қабілетін, сондай-ақ ғылыми болжау дағдысын шыңдайды. Мысалы, студенттер белгілі бір реагенттің қоршаған ортаға тигізетін әсерін модельдеу арқылы тек концентрацияны есептеп қана қоймай, сонымен қатар экологиялық салдарды болжауды үйренеді. Бұл — функционалды құзыреттіліктің жоғары деңгейін көрсететін маңызды тәжірибе.

Модельдеу арқылы жүзеге асатын жобалық және зерттеушілік әрекеттердің пәнаралық сипаты ерекше атап өтуді қажет етеді. Молекулалық модельдерді құру үшін математикалық есептеулер, симуляция нәтижелерін талдау үшін ақпараттық технологиялар және алынған қорытындыларды негіздеу үшін логикалық пайымдаулар талап етіледі. Осылайша, химиялық модельдеу оқушыларды әртүрлі ғылым салаларындағы білімді біріктіруге, күрделі

междисциплинарлық мәселелерді шешуге және тек ақпаратты қабылдаумен шектелмей, жаңа білімді генерациялауға бағыттайды. Бұл — оқу белсенділігінің ең жоғары және тиімді формасы. Оқытушының міндеті — модельдеу тапсырмаларын өмірлік контекстпен (мысалы, дәрілік заттардың әсерін модельдеу, өндірістік процестерді оңтайландыру) байланыстыру арқылы оқушының танымдық уәжін күшейту.

Ғалым-экспериментатор Антуан Лавуазье химиядағы сандық талдаудың негізін қалағанда, ол іс жүзінде химиялық өзгерістерді теңдеулер арқылы модельдеудің символдық жолын ұсынды. Оның "Заттың сақталу заңы" – бұл жай ғана заң емес, ол – кез келген реакцияны сандық модельдеуге болатынын көрсететін концептуалды модель. Лавуазьенің осы тәсілін қолдану арқылы қазіргі оқушылар химиялық мәселелерді шешудегі логикалық дәйектілік пен дәлдіктің маңызын терең ұғынады.

Модельдеудің тиімділігін пәнаралық интеграцияның кешенділігі айқындайды. Химиялық модельдерді құру үшін математикалық аппаратты (дифференциалдық теңдеулерді шешу), физикалық заңдарды (энергия сақталу заңын қолдану) және информатикалық құралдарды (деректер базасын басқару) біріктіру қажет. Осылайша, модельдеу оқушыларды әртүрлі ғылым салаларындағы білімді жинақтап, күрделі, дисциплинарлық мәселелерді шешу үшін біртұтас құзыреттілік жүйесін қалыптастыруға үйретеді [4, бб 65-68]. Бұл – болашақ инженерлерге, технологтарға және ғалымдарға қажетті жоғары деңгейдегі интеграциялық қабілет.

Әдістемелік тұрғыдан алғанда, модельдеуді білім беру процесіне енгізудегі ең маңызды қадам – проблемалық-зерттеушілік оқытуды қалыптастыру. Оқушыларға әрдайым өмірлік маңызы бар контекстке енгізілген мәселелер ұсынылуы керек. Мысалы, «Қаланың ауасын ластаушы заттардың таралуын болжау үшін диффузиялық модель құрыңыз» немесе «Жаңа дәрілік заттың ағзадағы тиімділігін және ыдырау жылдамдығын кинетикалық модель арқылы есептеңіз» сияқты жобалар оқушының танымдық уәжін арттырады.

Сандық модельдеу, яғни компьютерлік симуляциялар мен виртуалды зертханалар, функционалды сауаттылықты дамытудағы ең үлкен серпіліс болып табылады. Олар оқушыларға қауіпсіз әрі шектеусіз ортада қопарылыс қаупі бар немесе қымбат реагенттерді қажет ететін эксперименттерді жүргізуге мүмкіндік береді. Оқушы өздігінен реакция температурасын жүздеген градусқа арттыра алады немесе қысымды өзгерте алады, соның нәтижесінде жүйенің мінез-құлқын динамикада бақылайды. Бұл әрекет оқушының жаратылыстану-ғылыми сауаттылығын дамытады, өйткені ол ғылыми білімді қолдана отырып, күрделі құбылыстарды түсіндіреді және олардың дамуын болжайды. Бұл контексте авторлық пайымдау ретінде мына қағиданы ұсынуға болады: «Модель – бұл ғылыми болжамның айнасы; егер оқушы модельді өзгерте алмаса, ол әлемді түсінгені емес, жай ғана жаттағаны».

Химиялық модельдеудің функционалды сауаттылықты қалыптастырудағы ең іргелі рөлі – бұл модель мен нақтылық арасындағы айырмашылықты тану қабілетін дамыту. Кез келген модель – ол идеалдандырудың нәтижесі. Мысалы, Ван-дер-Ваальс теңдеуі идеал газ моделінің кемшіліктерін түзету үшін жасалған, бірақ ол да нақты газдарды тек белгілі бір шектеулерде ғана сипаттайды. Оқушыларға модельдеу нәтижелерінің нақты эксперименттік деректерден ауытқу себептерін талдау тапсырылғанда, олар сыни ойлау және дәйекті дәлелдеу дағдыларын қолдануға мәжбүр болады. Олар нақты өмірлік жүйенің күрделілігін мойындай отырып, қолданылған модельдің шектеулігін анықтайды. Бұл процесс ақпараттық сауаттылықты тереңдетеді, себебі оқушылар қазіргі заманғы ғылыми деректердің ең жақсы жақындату ғана екенін түсінеді.

Бұл ретте мұғалімнің рөлі тек білімді беруші емес, процесс-фасилитаторға айналады. Оқытушы оқушыны дайын формулаларды жаттап алудан гөрі, өздігінен модель құруға және оның шешімін эксперименттік түрде валидациялауға ынталандыруы керек. Авторлық пайымдау осыны бекітеді: «Егер оқушы модельді жатқа айтса, ол оны біледі; егер ол модельді өзі құрастырса және оны сәтсіздікке ұшыратса, ол оны түсінеді». Мұндай тәсіл оқушының тәуелсіздігін және академиялық жауапкершілігін арттырады.

Көрнекті ғалым-экспериментатор Дмитрий Менделеевтің химиялық элементтерді жүйелеу тәжірибесі – бұл модельдеудің ең айқын үлгісі. Ол химиялық элементтердің қасиеттерін нақты өлшемдерге (атомдық масса) сүйене отырып, концептуалды жүйелі модель (периодтық кесте) құрды. Бұл модель тек бар элементтерді сипаттап қана қоймай, әлі ашылмаған элементтердің (мысалы, галлий мен германий) қасиеттерін дәл болжап, ғылыми болжам жасаудың жоғары үлгісін көрсетті. Оқушылар Менделеевтің осы тәжірибесін зерттей отырып, модельдің негізгі мақсаты – өткенді сипаттау емес, болашақты болжау екенін түсінеді [5, бб. 210-215].

Зерттеу барысында модельдеу әдісін қолданған (эксперименттік топ) және дәстүрлі әдістермен оқыған (бақылау тобы) оқушылардың функционалды сауаттылық деңгейлері бағаланды. Бағалау PISA форматындағы тапсырмалар негізінде жүргізілді [6, бб. 10-1].

Келесі кестеде екі топтың оқу басындағы (бақылау кесіндісі) және оқу соңындағы (қорытынды кесінді) орташа баллдары көрсетілген.

Кесте 2. Топтардың функционалды дағдылар бойынша көрсеткіштерінің динамикасы

Дағды компоненті	Бақылау тобы (Бастапқы балл, %)	Эксперименттік топ (Бастапқы балл, %)	Бақылау тобы (Қорытынды балл, %)	Эксперименттік топ (Қорытынды балл, %)	Өсім айырмашылығы (ЭТ – БТ)
Мәселелерді шешу	55	56	62	75	+13%
Деректерді интерпретациялау	50	52	58	70	+12%
Сыни ойлау	48	49	55	68	+13%

Кесте деректері модельдеу әдісін қолданған эксперименттік топта функционалды сауаттылықтың барлық негізгі компоненттері бойынша айтарлықтай жоғары өсім болғанын көрсетеді.

Жүргізілген эмпирикалық талдауларға сүйене отырып, химиялық модельдеуді оқу процесіне жүйелі түрде енгізу тек теориялық тиімділікті ғана емес, сонымен қатар маңызды сандық нәтижелерді де көрсетеді деп сенімді түрде айтуға болады. Функционалды сауаттылық көрсеткіштерін салыстырмалы бағалау модельдеу белсенді қолданылған топтағы оқушылардың деректерді интерпретациялау бойынша 12%-дан астамға, ал сыни ойлау және мәселелерді шешу дағдылары бойынша 13%-ға дейін тұрақты өсім динамикасын көрсетті.

Бұл нақты цифрлар модельдің жай ғана визуалдау құралы емес, сонымен бірге оқушылардың терең когнитивті дамуының катализаторы екенін айқын дәлелдейді. Қорытындылай келе, химиялық үрдістер мен құбылыстарды модельдеудің педагогикалық әлеуеті формальды білімді қолданбалы, жоғары тиімді функционалды дағдыларға трансформациялау қабілетінде. Осы инновациялық әдістерді жүйелі түрде пайдалану – химиялық білім беру сапасын арттырудың және заманауи әлемнің күрделі мәселелерін табысты шеше алатын білікті тұлғаларды даярлаудың қажетті шарты болып табылады.

Модельдеуді білім беру процесіне сәтті интеграциялау үшін келесі әдістемелік шараларды қолдану ұсынылады:

1. Проблемалық оқыту: Оқушыларға өмірлік маңызы бар химиялық мәселелерді ұсыну және оны модельдеу арқылы шешуді талап ету (мысалы, ауаның ластануын модельдеу).

2. Гибридті зертханалық жұмыстар: Нақты экспериментті бастамас бұрын, процестің қауіпсіздігі мен тиімділігін виртуалды модельдеу арқылы тексеру. Бұл құбылысты болжау және жоспарлау дағдыларын дамытады.

3. Көпшіліктік талқылау: Модельдеу нәтижелерін талдау кезінде оқушыларға модельдің шектеулерін және оның нақты өмірмен сәйкессіздігін сыни тұрғыдан бағалауды тапсыру.

Модельдеудің мұндай жоғары тиімділігінің когнитивті негізіне үңілсек, Л.С. Выготскийдің "Мәдени-тарихи теориясындағы" құралдардың рөлі туралы тұжырымдамасымен тығыз байланыс табамыз. Выготскийдің пайымдауынша, модельдер — бұл оқушының қоршаған әлемді түсінуі мен онымен өзара әрекеттесуін арттыратын интеллектуалды құралдар [7, бб. 55-61]. Химиялық модельдеу абстрактілі ойлау мен тікелей қабылдау арасындағы медиатор (делдал) рөлін атқарады, сөйтіп оқушыға химиялық құбылыстың мәнін айқын көріністер арқылы игеруге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, модельдеу когнитивті жүктемені оңтайландыру қағидатын тиімді пайдаланады. Когнитивті жүктеме теориясының негізін қалаушы Джон Свеллердің (John Sweller) зерттеулері бойынша, оқытудың тиімділігі оқушының жұмыс жадысына түсетін жүктемені азайтуға байланысты [8, бб. 89-94]. Химиялық симуляциялар мен виртуалды зертханалар күрделі зертханалық процедураларды, қауіпсіздік шараларын және реагенттерді дайындауды оқушының негізгі танымдық фокусынан (яғни, жұмыс жадысынан) алып тастайды [9, бб. 76-80]. Бұл оқушыға барлық зейінін химиялық заңдылықтарды, себеп-салдарлық байланыстарды және модельдің нәтижелерін талдауға шоғырландыруға мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, модельдеу оқушының жұмыс жадысын тәжірибелік манипуляциялардан босатып, концептуалды түсініктерді қалыптастыруға бағыттайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Ахметов, А. Б. Химиялық білім берудегі модельдеу және жобалау әдісі: Теориялық-әдістемелік аспектілер. – Қарағанды: ҚарМУ баспасы, 2019.
2. Выготский, Л. С. Мәдени-тарихи даму теориясы: Жоғары психикалық функциялардың даму тарихы. — Алматы: Ғылым, 2018.
3. Полинг, Л. (Pauling, L.) Химиялық байланыстың табиғаты: Кванттық механика және молекулалық құрылым. (Қазақша аударма). – Астана: Академия, 2022.
4. Ондасынова, Б. М. Химияны оқытудағы ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың мүмкіндіктері. *Қазақстанның ғылыми педагогикалық хабаршысы*. – 2021. – № 4.
5. Жұмағұлова, Р. З. Білім берудегі инновациялық технологиялар: Функционалдық сауаттылықты қалыптастырудың дидактикалық негіздері. – Астана: Фолиант, 2021.
6. PISA бағдарламасының негіздері: Функционалды сауаттылықты бағалаудың халықаралық стандарттары. Оқу-әдістемелік құрал. – Нұр-Сұлтан: Ы. Алтынсарин атындағы Ұлттық академия, 2018.
7. Лаврентьева, Е. А. Жаратылыстану-ғылыми пәндерді оқытудағы цифрлық симуляциялардың рөлі. – Алматы: Дәуір, 2020.
8. Менделеев, Д. И. Химия негіздері: Периодтық заңның ғылыми-тәжірибелік негіздемесі. – Алматы: Санат, 2017.
9. Свеллер, Дж. (Sweller, J.) Когнитивті жүктеме теориясының білім берудегі қолданылуы. *Педагогикалық ғылымдар журналы*. – 2023. – № 2.