

FTAMP 14.35.09

DOI: <https://doi.org/10.47344/dqt2ww10>

Садыков Қанат^{1*}, Бектенов Несіпхан¹, Ахметов Нурлан¹, Дюсебаев Ханат¹,
Гавронская Юлия²

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

²А.И. Герцен атындағы Ресей мемлекеттік педагогикалық университеті, Санкт-Петербург,
Ресей

*e-mail: sadykovkanat5@gmail.com

УНИВЕРСИТЕТТЕГІ ХИМИЯ БІЛІМІНДЕ ЗЕРТТЕУШІЛІК ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТІ ДАМУДАҒЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ОҚЫТУ

Аңдатпа. Университеттегі химия зертханасы студентті дайын операцияларды орындауға ғана емес, зерттеу сұрағын қоюға, айналымыны негіздеуге, деректі талдауға және нәтижеге рефлексия жасауға үйретуі тиіс. Осы орындаушылық пен зерттеушілік арасындағы алшақтықты азайту үшін ионалмастырғыш материалдарға негізделген төрт модульдік зертханалық оқыту форматы әзірленді. Зерттеудің мақсаты - аталған форматтың химия мамандығы студенттерінің зерттеушілік құзыреттілігіне ықпалын бағалау. Жұмыс сынаққа дейінгі және сынақтан кейінгі бақылау тобы бар квазиэксперименттік дизайнмен жүргізілді. Зерттеуге 62 студент қатысты: эксперименттік топта 31, бақылау тобында 31 студент. Құзыреттілік когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік компоненттер арқылы бағаланды. Зерттеудің ғылыми жаңалығы ионалмастырғыш материалдардың «алу-сыйымдылықты анықтау-құрылымдық сәйкестендіру-сорбциялық қолдану» тізбегін аталған төрт компонентпен сәйкестендіріп, біртұтас оқу-зерттеу моделі ретінде эмпирикалық бағалауда. Оқытудан кейін эксперименттік топта төмен деңгейдегі студенттер саны 13-тен 7-ге азайып, жоғары деңгей 1-ден 6 студентке өсті. Бақылау тобындағы өзгеріс баяуырақ болды. Pearson χ^2 талдауы дәстүрлі статистикалық шекке жетпеді: $\chi^2 (3, N = 62) = 7.08, p = .069$; дәл шартты $p = .072$. Сондықтан нәтиже толық дәлелденген әсер ретінде түсіндірілмейді. Дегенмен эксперименттік топтағы деңгейлік жылжу және процедуралық пен аналитикалық компоненттердің қорытынды топаралық айырмасы педагогикалық тұрғыдан назар аудартады. Ионалмастырғыш материалдардың дидактикалық ерекшелігі - бір объектіде синтез шарты, функционалдық топ, ионалмасу сыйымдылығы, ИҚ-спектр және сорбция нәтижесін құрылым-қасиет-қызмет байланысында талдауға мүмкіндік беруі.

Түйін сөздер: зерттеуге бағытталған оқыту, химияны оқыту, зертханалық оқыту, зерттеушілік құзыреттілік, ионалмастырғыш материалдар, квазиэксперимент, жоғары білім

Кіріспе

Жаратылыстану пәндерін оқытудағы талап соңғы жиырма жылда едәуір өзгерді. Бұрын салмақ көбіне дайын білімді меңгеруге түссе, қазір студенттің ғылыми пайымдауына көбірек мән беріледі. Химияда мұндай бұрылыс алдымен зертханалық сабақтан көрінуі тиіс. Заттың құрылысы, қасиеті, реакция жүруі, тепе-теңдік, сорбция немесе ион алмасу формуламен ғана ашылмайды. Оны тәжірибе үстінде көру, өлшеу, салыстыру және түсіндіру керек.

Қиындық осы жерден басталады. Көп зертханалық сабақ әлі де «рецепт» тәртібімен өтеді: студентке нұсқаулық беріледі, ол сол жолмен жүреді. Қандай ерітінді дайындау керек, қанша мл қосу керек, қанша минут күту керек, соңында қандай формуламен есептеу керек - бәрі алдын ала жазылады. Мұндай формат қателікті азайтады, уақытты да үнемдейді. Бірақ ғылыми ойлау қай тұста қалыптасады? Студент реагенттің неге таңдалғанын, рН не үшін сол аралықта ұсталғанын, нәтижедегі ауытқуды қалай түсіндіру керектігін өзі шешпесе, зертхана орындау алаңы болып қала береді.

Inquiry-Based Learning, яғни зерттеуге бағытталған оқыту, дәл осы әлсіз тұсқа жауап іздейді. Студент дайын ақпаратты қабылдап қана қоймайды; сұрақ қояды, болжам жасайды,

әдіс таңдайды, дерек жинайды, кейін сол деректі қорғайды. Идея тартымды. Бірақ химия зертханасында оны іске асыру жеңіл емес. Толық еркіндік берілсе, тәжірибе шашырап кетеді. Нұсқау тым көп болса, «inquiry» қайтадан алгоритмге айналады.

Hofstein және Lunetta (2004) зертхананы теория мен эмпирикалық дерек түйісетін оқу ортасы ретінде сипаттайды. Химияда бұл өте нақты көрінеді: студент ұғымды ерітіндімен, тұнбамен, спектрмен, өлшенген санмен байланыстырады. Бірақ зертхананың өзі автоматты түрде зерттеушілік дағды бермейді. Студент тек дайын әрекетті қайталаса, тәжірибе бар, зерттеу жоқ.

Domin (1999) дәстүрлі зертханалық оқыту студентті көбіне «орындаушы» рөлінде қалдыратынын жазған. Prince (2004) белсенді оқуда таңдау, талқылау және өз шешімін дәлелдеу маңызды екенін көрсетеді. Қол жұмыс істеп тұрғанымен, ой жұмыс істемеуі мүмкін. Колбаны шайқау - зерттеу емес. Неге дәл сондай нәтиже шыққанын түсіндіру - зерттеуге жақынырақ.

Pedaste et al. (2015) inquiry үдерісін бағдарлану, мәселені тұжырымдау, зерттеу жүргізу, қорытынды шығару, талқылау және рефлексия кезеңдері арқылы сипаттайды. Бірақ химия зертханасында бұл кезеңдер әрдайым таза ретпен жүрмейді. Студент кейде сорбция нәтижесін көргеннен кейін ғана бастапқы болжамының әлсіз болғанын байқайды. Кейде ИҚ-спектрдегі бір жолақ синтез шартын қайта ойлауға мәжбүр етеді.

Dah et al. (2024) ашық inquiry туралы жүйелі шолуда еркіндік артқан сайын когнитивтік өсім күшеюі ықтимал екенін айтады. Дегенмен мұнда тәуекел бар. Тірексіз еркіндік студентті зерттеуге емес, адасуға алып келуі мүмкін. de Jong et al. (2024) inquiry мен тікелей нұсқаулықты қарсы қоюдың өнімсіз екенін атап өтеді. Химия зертханасында таңдау да керек, әдістемелік тірек те керек.

Zammit et al. (2024) АҚШ-тағы жоғары білім зертханалары бойынша ұлттық сауалнама жүргізіп, inquiry деңгейі курстар арасында бірдей емес екенін анықтаған. Кей зертханада студентке таңдау беріледі, көп жерде ол таңдау өте шектеулі. Seery et al. (2024) зертханалық оқытуға арналған он басшылық қағида ұсынады: тапсырма мағыналы болуы, дәлелге сүйенуі және рефлексиямен аяқталуы тиіс. Техниканы меңгеру аз. Студент оны не үшін қолданғанын түсінуі керек.

Mundy et al. (2024) зертханалық педагогиканы жақсартуда design-based research тәсілін талдаған. Бұл бағытта сабақ зерттеуден бөлек қаралмайды: сабақтың өзі сыналады, қайта құрылады, тағы тексеріледі. Зерттеушілік құзыреттілікті қалыптастыруға мұндай логика үйлеседі. Болашақ химик те, болашақ химия мұғалімі де сұрақ қоя білуі керек. Әдіс таңдайды. Дерекке күмәнмен қарайды. Нәтижені «дұрыс шықты» немесе «дұрыс шықпады» деп қана емес, химиялық себеппен түсіндіреді.

Brew (2013) бакалавриаттағы зерттеуді жеке жоба емес, оқу мазмұнына кіріккен әрекет ретінде қарастырады. Willison және O'Regan (2007) студенттің зерттеуші ретінде өсуін тәуелсіздік пен әдіснамалық жауапкершіліктің біртіндеп артуымен байланыстырады. Зертхана осы өсімді көруге ыңғайлы: жоспарлау бар, орындау бар, салыстыру бар, қателікті түсіндіру бар. Бірақ бәрі студенттің өз ойымен байланыспаса, зертхананың мүмкіндігі толық ашылмайды.

Осы зерттеуде зерттеушілік құзыреттілік төрт бөлікке бөлінді: когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік. Мұндай бөлу зертханалық жұмыстың ішкі қозғалысына сәйкес келеді. Когнитивтік бөлік теорияны түсінумен байланысты. Процедуралық бөлік тәжірибені жоспарлау мен орындауды қамтиды. Аналитикалық бөлік деректі өңдеу және түсіндіруге сүйенеді. Рефлексивтік бөлік студенттің өз нәтижесіне, қатесіне және жұмыстың шектеуіне қайта қарауын көрсетеді.

Hofstein et al. (2005) inquiry типті зертхана осындай дағдыларға ықпал ете алатынын көрсеткен. Бірақ химия біліміндегі бірқатар жұмыстарда химиялық мазмұн салыстырмалы түрде жеңіл деңгейде қалады. Проблема осында. Зерттеу формасы бар, ал мазмұн студентті шынайы ғылыми ойлауға итермелемеуі мүмкін. Сондықтан химиялық контекст кездейсоқ таңдалмауы керек.

Неге дәл ионалмастырғыш материалдар? Ионалмастырғыш материал - құрамында ерітіндідегі иондармен қайтымды алмасатын бекітілген функционалдық топтары бар полимерлік немесе минералдық матрица. Helfferich (1962) және Alexandratos (2009) бұл материалдарды құрылымы мен қызметі өзара тығыз байланысқан күрделі жүйелер ретінде сипаттайды. Бір объектімен жұмыс барысында студент материалды алу шартын талдайды, ионалмасу сыйымдылығын сандық анықтайды, ИҚ-спектр арқылы функционалдық топтарды сәйкестендіреді және металл иондарының сорбциясын бағалайды.

Бұл контекстің артықшылығы барлық басқа химиялық тақырыптардан абсолютті басымдығында емес. Оның дидактикалық ерекшелігі - бір зерттеу тізбегінде бірнеше басқарылатын айнымалының, әртүрлі дерек түрлерінің және «құрылым-қасиет-қызмет» байланысының қатар көрінуі. Студент функционалдық топ, рН, жанасу уақыты, бастапқы концентрация немесе материал түрі сияқты бір айнымалыны таңдап, қалған шарттарды бақылауда ұстайды. Титриметриялық дерек, ИҚ-спектр және сорбциялық көрсеткіштер бір-бірін толықтырады. Сондықтан бір кезеңдегі шешім келесі кезеңдегі нәтижеге әсер етіп, ауытқуды жай ғана «қате» деп емес, химиялық себеп-салдар арқылы түсіндіруге мүмкіндік береді.

Көптеген қысқа оқу тәжірибелерінде соңғы нәтиже алдын ала белгілі болып, студенттің міндеті сол нәтижеге дұрыс жетумен шектелуі мүмкін. Ионалмастырғыш материалдарда бір ғана дұрыс сан жоқ: сыйымдылық материалдың күйіне, функционалдық орталықтарға және өлшеу шартына тәуелді; спектрлік белгі толық немесе әлсіз көрінуі мүмкін; сорбция нәтижесіне ерітінді ортасы мен жанасу тәртібі әсер етеді. Осы белгісіздік басқарылатын inquiry үшін маңызды, өйткені студентке болжам ұсыну, айнымалыны негіздеу, деректі салыстыру және шектеуді көрсету қажет болады.

Chu et al. (2023) зертханалық курстарға scaffolded inquiry және project-based learning элементтерін кезеңдеп енгізу эксперименттік дизайнды, аргументацияны және деректермен жұмыс істеуді күшейте алатынын көрсеткен. Алайда ионалмастырғыш материалдардың «алу-сыйымдылық-құрылым-сорбция» тізбегін зерттеушілік құзыреттіліктің когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік компоненттерімен жүйелі сәйкестендіріп, бақылау тобымен салыстырған педагогикалық зерттеулер аз.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы

Зерттеудің ғылыми жаңалығы ионалмастырғыш материалды зерттеушілік құзыреттілікті дамытуға арналған бірізді дидактикалық модель ретінде ұйымдастыруда. Материалды алу, ионалмасу сыйымдылығын анықтау, ИҚ-спектрлік сәйкестендіру және сорбциялық қолдану кезеңдері «құрылым-қасиет-қызмет» тізбегіне біріктірілді. Әр кезең құзыреттіліктің төрт компонентіндегі оқу әрекеттерімен және бағалау дескрипторларымен сәйкестендірілді. Модель дайын нұсқаулықпен оқытылатын бақылау тобымен квазиэксперименттік жағдайда салыстырылды. Ионалмастырғыш материал бір объектіде бірнеше айнымалы мен әртүрлі дерек түрін байланыстыруға мүмкіндік береді.

Осы еңбектерден шығатын ортақ тұжырым мынау: зертханалық реформаларда тапсырманың шынайылығы, әдістемелік тірек және бағалау жүйесі бірге қаралуы керек (Chu et al., 2023; Mundy et al., 2024; Seery et al., 2024). Демек, сұрақ тек «қандай тақырып оқытылды?» дегенге тірелмейді. Тақырып қалай ұйымдастырылды? Студентке қандай таңдау берілді? Қай нәтиже бағаланды? Осы үш сұрақ шешуші.

1-сурет химиялық мазмұн мен зертханалық педагогикаға арналған әдебиеттің авторлық тақырыптық схемасын көрсетеді. Негізгі Dimensions экспорты мен карта параметрлері ұсынылмағандықтан, сурет сандық библиометриялық карта ретінде түсіндірілмейді.

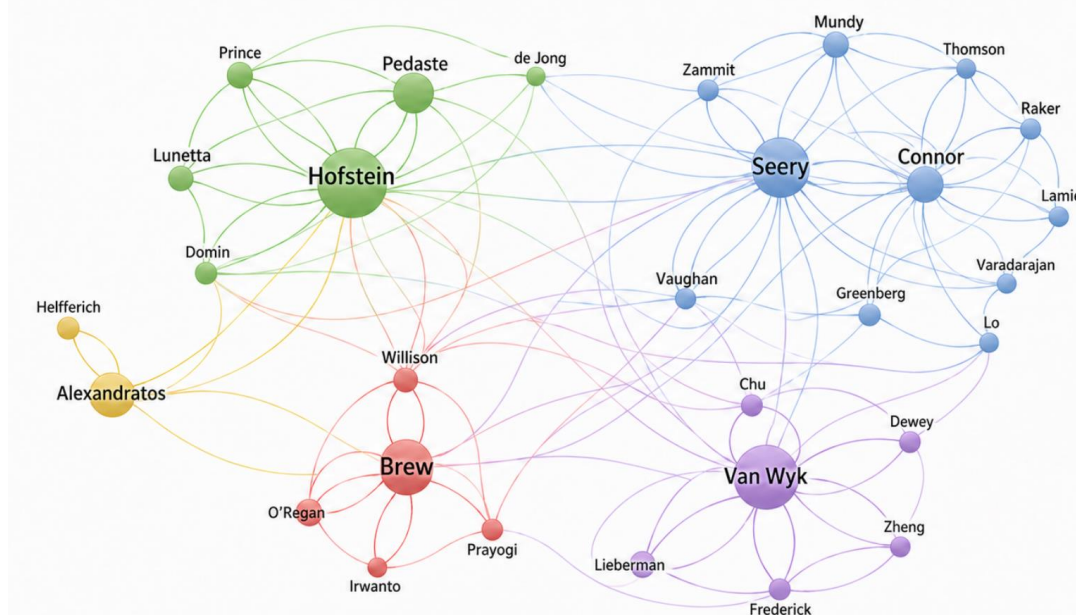
Схемадағы жасыл торап зерттеуге бағытталған оқыту мен химия зертханасы жөніндегі авторларды (Hofstein, Lunetta, Domin, Pedaste, de Jong, Prince), көк торап зертханалық педагогика мен оқыту дизайнын (Seery, Zammit, Connor, Mundy) жинақтайды. Қызыл торап студенттің зерттеушілік әрекеті мен құзыреттілік шеңберін (Brew, Willison, O'Regan), күлгін торап зертханалық inquiry тапсырмаларын (Chu, Dewey, Zheng), сары торап ионалмасудың

химиялық негізін (Helfferich, Alexandratos) бейнелейді. Бұл түстер суреттегі авторлардың тақырыптарына сүйенген авторлық жіктеу.

Осылайша 1-сурет химия мазмұны мен оқыту әдістемесінің мақаланың әдеби негізінде қалай қатар қаралғанын көрсетеді. Кластер атаулары мәтінде берілді және суреттің оқылатын кескіні сақталды.

Сурет 1

Зертханалық педагогика мен ионалмасу мазмұнына қатысты авторлар топтарының көрнекі сызбасы (авторлық жіктеу; библиометриялық карта емес)



Зерттеу логикасы осы екі қабаттың түйіскен жерінен құрылды: бір жағында зертханалық оқытуды қайта ұйымдастыру, екінші жағында ионалмастырғыш материалдарды нақты зерттеу нысаны ретінде пайдалану бар.

Зерттеудің мақсаты - ионалмастырғыш материалдарға негізделген зерттеуге бағытталған зертханалық жұмыстардың химия мамандығы студенттерінің зерттеушілік құзыреттілігіне ықпалын бағалау.

Гипотеза: зерттеу сұрағы, дерекпен жұмыс және рефлексия кіріктірілген модульдер бақылау тобымен салыстырғанда жоғарырақ нәтиже беруі мүмкін. Ең үлкен өзгеріс процедуралық және аналитикалық компоненттерден күтілді. Себебі дәл осы екі компонент тәжірибені жоспарлау, өлшеу шартын таңдау және нәтижені химиялық тұрғыдан түсіндірумен тікелей байланысты.

Әдістер мен материалдар

Әдебиеттің екі тақырыптық бағытын жинақтау үшін 1-сурет авторлық көрнекі схема ретінде пайдаланылды. Зерттеу қалыпты оқу үдерісінде жүргізілді. Академиялық топтар мен сабақ кестесі алдын ала бекітілгендіктен, студенттер кездейсоқ бөлінбеді. Сондықтан сынаққа дейінгі және сынақтан кейінгі бақылау тобы бар квазиэксперименттік дизайн қолданылды.

Зерттеуге 62 студент қатысты. Эксперименттік топта - 31 студент, бақылау тобында - 31 студент. Екі топ та бірдей химиялық мазмұнды оқыды. Айырмашылық тапсырманың берілуінде болды. Бақылау тобы дайын нұсқаулықпен жүрді. Эксперименттік топта студент зерттеу сұрағын нақтылады, рН, уақыт, концентрация немесе материал түрі сияқты айнымалыны негіздеді, нәтижені салыстырды және жұмыстың шектеуін түсіндірді.

Этикалық рәсімдер

Зерттеу оқу үдерісіндегі қалыпты зертханалық жұмыстар аясында жүргізілді және студенттерге қосымша қауіп төндірмеді. Қатысушыларға зерттеудің мақсаты, деректердің тек ғылыми-әдістемелік талдау үшін қолданылатыны және қатысудан бас тарту немесе дерегін пайдалануға келісім бермеу оқу бағасына әсер етпейтіні алдын ала түсіндірілді. Қолжазбада тек келісім берген студенттердің жасырындандырылған оқу-зертханалық деректері пайдаланылды.

Құпиялылықты сақтау үшін зертханалық есептер мен бақылау парақтары кодталды; студенттердің аты-жөні деректер файлына енгізілген жоқ. Нәтижелер жеке студентті тануға мүмкіндік бермейтін жинақталған түрде ғана берілді.

Зерттеу кезеңінде осы жұмысқа арналған этикалық комитеттің жеке мақұлдауы алынбады; ресми босату құжаты да ұсынылмады.

Модульдік зертханалық оқыту төрт өзара байланысты кезеңнен тұрды: 1) ГМА-ММА негізіндегі ионалмастырғыш материалды синтездеу және оксиэтилидендифосфон қышқылымен (ОЭДФҚ) модификациялау; 2) статикалық ионалмасу сыйымдылығын анықтау; 3) ИҚ-спектр арқылы құрылымдық сәйкестендіру; 4) Cu^{2+} және Ni^{2+} иондарының сорбциясын бағалау. Рецензент қолданған «синтез» және «модификация» атаулары осы модельдің бірінші кіріктірілген модуліндегі екі бірізді операцияны білдіреді; олар бөлек нәтиже емес, бір материалды алу логикасында бірге бағаланды. Қалған үш модуль сыйымдылықты сандық анықтау, құрылымды идентификациялау және сорбциялық қолдануға сәйкес келеді. Эксперименттік топта студент бір тәуелсіз айнымалыны негіздеп, қалған шарттарды тұрақты ұстады; бақылау тобы сол химиялық мазмұнды дайын алгоритм бойынша орындады. Толық қайталау параметрлері Қосымша А-дағы төрт әдістемелік картада берілді.

Терминологиялық түсіндірме. Жалпы педагогикалық аудитория үшін мақалада қолданылған негізгі ұғымдар қысқаша былай түсіндіріледі: функционалдық топ - материалдың иондармен әрекеттесуін анықтайтын химиялық орталық; ионалмасу сыйымдылығы - материалдың бірлік массасы алмастыра алатын иондар мөлшері; ИҚ-спектр - функционалдық топтарды олардың сипаттамалық жұтылу жолақтары арқылы тануға мүмкіндік беретін құрылымдық дерек; сорбция - ерітіндідегі иондардың қатты материалда жиналуы. Бұл ұғымдар педагогикалық модельде жеке мақсат емес, студенттің деректі байланыстырып түсіндіруіне қызмет етеді.

Кесте 1

Зертханалық модульдердің қысқаша әдістемелік картасы және бағаланатын құзыреттілік компоненттері

Модуль	Негізгі зерттеу сұрағы	Студенттің әрекеті және таңдауы	Тіркелетін дерек/нәтиже	Нысаналы компонент
1. Синтездеу және модификациялау	ОЭДФҚ мөлшері материалдың түзілуі мен кейінгі қасиетіне қалай әсер етеді?	ГМА-ММА сополимерін ОЭДФҚ-пен модификациялайды; реагенттер қатынасын негіздейді; температура мен уақытты тұрақты ұстайды.	Реагенттер қатынасы, шығым, гель түзілуі, түйіршік фракциясы және зертханалық хаттама.	Когнитивтік, процедуралық
2. Статикалық ионалмасу сыйымдылығы	Материалдағы алмасуға қабілетті қышқылдық орталықтардың мөлшері қандай?	0.1000 г үлгіні 25.00 мл 0.1 н NaOH-пен 24 сағат өңдейді; аликвотты кері титрлейді; бос тәжірибені және үш қайталауды орындайды.	Титрант көлемі, Q (мг-экв/г немесе ммоль-экв/г), орташа мән, SD және RSD%.	Процедуралық, аналитикалық

Модуль	Негізгі зерттеу сұрағы	Студенттің әрекеті және таңдауы	Тіркелетін дерек/нәтиже	Нысаналы компонент
3. ИҚ-спектрлік идентификация	Эпоксидтік топтың өзгеруі мен фосфорлы топтардың енгізілуін ИҚ-спектр растай ма?	Бастапқы және модификацияланған үлгілерді KBr таблеткасы әдісімен салыстырады; диагностикалық жолақтарды тағайындайды.	850-1250 және 3012-3075 см^{-1} эпоксидтік аймақтары; 1267 және 703 см^{-1} фосфорлы топ белгілері; әдіс шектеуі.	Аналитикалық, рефлексивтік
4. Cu^{2+} және Ni^{2+} сорбциясы	pH, уақыт немесе C_0 сорбция сыйымдылығын а қалай әсер етеді?	Бір айнымалыны таңдайды; $m = 0.1000$ г, $V = 50.0$ мл және температураны бақылайды; C_e -ні калибрлеу арқылы анықтайды.	q_e , R, калибрлеу графигі, орташа мән $\pm SD$, химиялық түсіндірме және рефлексия.	Аналитикалық, рефлексивтік

Ескерту. ГМА–ММА — глицидилметакрилат пен метилметакрилат сополимері; ОЭДФҚ — оксиэтилидендифосфон қышқылы; Q — ионалмасу сыйымдылығы; SD — стандартты ауытқу; RSD — салыстырмалы стандартты ауытқу.

Модульдерді орындаудың қысқаша әдістемелік сипаттамасы

1-модуль. Синтездеу және модификациялау. Зертханалық модульде бастапқы ГМА-ММА сополимерінің біртекті партиясы қолданылды. Ионалмастырғыш материалды алу үшін ГМА-ММА сополимерінің ДМФА-дағы ерітіндісі 35%-дық ОЭДФҚ ерітіндісіне біртіндеп қосылды. Негізгі қайталау режимі: сополимер:ОЭДФҚ массалық қатынасы 1.0:1.0, 90 °C және 10 сағат. Зерттеушілік тапсырмада 1.0:0.5, 1.0:1.0, 1.0:2.0 және 1.0:3.0 қатынастары салыстырылуы мүмкін. Гель түзілгеннен кейін материал 90 °C-та қатырылып, ұсақталып, 0.25-1.00 мм фракциясы алынды (Sadykov et al., 2022). Студент реагенттер қатынасын тәуелсіз айнымалы ретінде негіздеп, температура мен уақытты тұрақты ұстады.

2-модуль. Статикалық ионалмасу сыйымдылығын анықтау. Құрғақ H^+ -формадағы катиониттің 0.1000 г үлгісіне 25.00 мл 0.1 н NaOH қосылып, қоспа 24 сағат ұсталды. Сүзіндіден 5.00 мл аликвот алынып, 0.1 н HCl ерітіндісімен титрленді; бос тәжірибе дәл сол жағдайда жүргізілді. Сыйымдылық $Q = ((V_0 - V) \cdot N \cdot K \cdot V_{\text{жалпы}}) / (V_{\text{аликвот}} \cdot m)$ формуласы бойынша мг-экв/г немесе ммоль-экв/г бірлігінде есептелді (GOST 20255.1-89, 2002). Әр үлгі кемінде үш рет анықталып, орташа мән, стандартты ауытқу және салыстырмалы стандартты ауытқу берілді.

3-модуль. Құрылымдық сәйкестендіру. Бастапқы ГМА-ММА сополимері мен модификацияланған ГМА-ММА-ОЭДФҚ ионитінің ИҚ-спектрлері Nicolet 5700 немесе баламалы Фурье-ИҚ спектрометрінде KBr таблеткасы әдісімен салыстырылды. Эпоксидтік фрагментке тән 850, 912, 1000, 1250, 3012 және 3075 см^{-1} жолақтарының әлсіреуі немесе жойылуы, сондай-ақ 1267 және 703 см^{-1} аймақтарындағы P=O және C-P/P-O тербелістерінің пайда болуы құрылымдық белгі ретінде қаралды. Студент әр жолақтың тағайындалуын негіздеп, ИҚ-спектр функционалдануды қолдайтынын, бірақ байланысу механизмін өздігінен толық дәлелдемейтінін шектеу ретінде көрсетті.

4-модуль. Сорбциялық қолдану. Қайта жүргізуге арналған стандартталған базалық нұсқада 0.1000 г ионит 50.0 мл Cu^{2+} немесе Ni^{2+} ерітіндісімен жанастырылды; бастапқы концентрация $C_0 = 100$ мг/л, температура 25 ± 2 °C. Студент бір ғана тәуелсіз айнымалыны таңдады: pH 3.0-5.0, жанасу уақыты 30-120 минут немесе бастапқы концентрация 50-100 мг/л. Қалған параметрлер тұрақты ұсталды. Тепе-теңдік концентрациясы жеке дайындалған калибрлеу графигі бойынша анықталып, $q_e = (C_0 - C_e)V/m$ және $R = (C_0 - C_e)/C_0 \cdot 100\%$ есептелді. Бұл pH пен уақыт қатарлары бастапқы тарихи хаттаманың жасырын параметрлері ретінде

емес, басқа оқу орнында интервенцияны бірізді қайталауға арналған стандартталған репликация матрицасы ретінде енгізілді.

Модельді басқа оқу орнында қайталау үшін химиялық объект пен педагогикалық әрекет бөлек көрсетілді. Өзгермейтін педагогикалық құрылым: зерттеу сұрағы, бір тәуелсіз айнымалы, бақыланатын шарттар, кемінде үш қайталау, өлшенетін нәтиже және рефлексия. Химиялық шарттар Қосымша А-да нақты берілген. Сақталған бастапқы хаттамада бірімді тіркелмеген рН және жанасу уақыты ретроспективті түрде ойдан толықтырылған жоқ; олардың орнына репликацияға арналған стандартталған деңгейлер ашық белгіленді. Осы айырмашылық әдістемелік қайталанымдылықты күшейтеді және бастапқы деректерді бұрмалауға жол бермейді.

2-сурет модульдік оқытудың ішкі құрылымын береді. Онда химиялық мазмұн мен зерттеу әрекеті қатар жүреді: студент сұрақ қояды, айнымалыны таңдайды, тәжірибе жүргізеді, деректі түсіндіреді және соңында өз жұмысына қайта қарайды. Бұл тізбектің әлсіз тұсы да бар: бір кезеңдегі қате келесі кезеңнің түсіндірмесін қиындатуы мүмкін.

Сурет 2

Ионалмастырғыш материалдарға негізделген зертханалық интервенция логикасы



Зерттеушілік құзыреттілік төрт компонентпен бағаланды: когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік. Когнитивтік компонент теориялық ұғымды тәжірибе нәтижесімен байланыстыруды қамтыды. Процедуралық компонент тәжірибені жоспарлау және өлшеу тәртібін сақтау арқылы қаралды. Аналитикалық компонент деректі өңдеу, салыстыру және химиялық түсіндіру сапасына сүйенді. Рефлексивтік компонент студенттің өз нәтижесіне күмәнмен қарауы, әдістің шектеуін көруі және келесі жұмыста нені өзгерту кергін ұсынуы арқылы анықталды.

Құзыреттілік компоненттері 1–4 балдық аналитикалық рубрикамен бағаланды; жалпы деңгейлер төмен, орта, жеткілікті және жоғары санаттарға бөлінді. Бастапқы және қорытынды 2×4 кестелеріне Pearson χ^2 және, шағын күтілетін жиіліктерге байланысты, жол мен баған жиынтықтары бекітілген шартты дәл р мәні есептелді. Жеке студенттердің сәйкестендірілген бастапқы және қорытынды балдары, сондай-ақ компоненттердің бастапқы балдары қолда болмағандықтан, жұпталған тесттер қолданылмады; компоненттік қорытынды мәндер сипаттамалық түрде берілді.

Бағалау рубрикасы және бағалау тәртібі

Зерттеушілік құзыреттілік аналитикалық рубрика арқылы бағаланды. Рубрика төрт компоненттен тұрды: когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік. Әр компонент 1-ден 4 балға дейін белгіленді: 1 - төмен, 2 - орта, 3 - жеткілікті, 4 - жоғары деңгей. Қорытынды деңгей бір ғана дұрыс жауапқа емес, студенттің зертханалық есептегі дәлеліне, деректі өңдеуіне, химиялық түсіндіруіне және рефлексиясына сүйеніп қойылды.

Төмен деңгейде студент дайын нұсқауды орындайды, бірақ зерттеу сұрағын және алынған деректің химиялық мағынасын толық түсіндіре алмайды. Орта деңгейде негізгі әрекет орындалады, алайда айнымалыны негіздеу мен қате көзін түсіндіру әлсіз болады. Жеткілікті

деңгейде студент айналымын тандап, нәтижені салыстырады және негізгі химиялық себепті көрсете алады. Жоғары деңгейде зерттеу сұрағы, әдіс тандауы, дерек талдауы және шектеуді көрсету бір логикаға бірігеді.

Бағалауды зертханалық курсқа жауапты оқытушы бірдей аналитикалық рубрика бойынша жүргізді. Дескрипторлар зерттеу сұрағын тұжырымдау, айналымын негіздеу, тәжірибе тәртібі, деректі өңдеу, химиялық түсіндіру және рефлексия сияқты оқу әрекеттерімен сәйкестендірілді. Шекаралық жұмыстар рубрика бойынша қайта қаралды. Екінші тәуелсіз бағалаушы болмағандықтан, бағалаушылар келісімі есептелмеді.

3-суретте зерттеу дизайнының қысқаша моделі көрсетілген. Бір пән, бір академиялық кезең және бірдей мазмұн сақталған. Айырмашылық студентке берілген тапсырма түрінде болды: бір топ дайын алгоритммен жұмыс істеді, екінші топ айналымын тандау, деректі салыстыру және шектеуді түсіндіру сияқты зерттеу әрекеттерін орындады.

Сурет 3

Квазиэксперименттік зерттеу дизайнының қысқаша сызбасы



Нәтижелер және оларды талдау

Бастапқы деңгейлік таралулар 2-кестеде берілген. $\text{Pearson } \chi^2(3, N = 62) = 0.18$, асимптоталық $p = .981$; жиынтықтар бекітілген дәл шартты $p = 1.000$. Күтілетін ұяшық жиіліктері 1.0–13.5 аралығында (8 ұяшықтың 4-еуі 5-тен төмен), сондықтан негізгі пайымдауда дәл p мәніне сүйенеміз.

Қорытынды таралуда эксперименттік топта төмен деңгей 13-тен 7-ге азайып, жоғары деңгей 1-ден 6-ға өсті. Бақылау тобында сәйкес өзгерістер 13-тен 12-ге және 1-ден 2-ге болды. Бұлар агрегаттық шеткі жиіліктер; бір студенттің қандай деңгейден қай деңгейге өткенін көрсетпейді (2-кесте).

Кесте 2

Сынаққа дейінгі және сынақтан кейінгі құзыреттілік деңгейлерінің таралуы

Деңгей	Эксп. топ, дейін	Бак. топ, дейін	Эксп. топ, кейін	Бак. топ, кейін
Төмен	13	13	7	12
Орта	13	14	8	13
Жеткілікті	4	3	10	4
Жоғары	1	1	6	2
Барлығы	31	31	31	31

Ескерту. Эксп. — эксперименттік топ; Бак. — бақылау тобы; әр топта $n = 31$.

Қорытынды кесте үшін $\text{Pearson } \chi^2(3, N = 62) = 7.08$, асимптоталық $p = .069$; күтілетін жиіліктер 4.0–10.5 (8 ұяшықтың 2-еуі 5-тен төмен). Жол мен баған жиынтықтарын бекітіп, мүмкін 2×4 кестелерді толық санап, $\text{Pearson } \chi^2$ статистикасы бақыланған мәннен кем емес

кестелер ықтималдығын қосқанда дәл шартты $p = .072$ алынды. Екі есеп те .05 шегінен жоғары. Cramér $V = .34$ сипаттамалық әсер шамасы ретінде берілді.

Деңгейлерді 1–4 балл деп кодтағанда, эксперименттік топтың орташа деңгейі $55/31 = 1.774$ -тен $77/31 = 2.484$ -ке, бақылау тобында $54/31 = 1.742$ -ден $58/31 = 1.871$ -ге өзгерді. Агрегаттық орташа өзгерістер тиісінше +0.710 және +0.129 балл, айырмасы +0.581 балл болды. Бұл топтық жиынтықтардың сипаттамалық айырмасы.

2-кестеде жеке студенттің «дейін–кейін» ауысуы берілмегендіктен, Wilcoxon, McNemar және normalized gain көрсеткіштері есептелмеді.

3-кестедегі төрт компоненттің қорытынды орташа балдары эксперименттік топта жоғары. Ең үлкен топаралық айырма аналитикалық (+0.9) және процедуралық (+0.8) компоненттерде байқалды.

Кесте 3

Қорытынды өлшемдегі зерттеушілік құзыреттілік компоненттерінің сипаттамалық орташа балдары (1–4 шкала)

Компонент	Эксперименттік топ: кейінгі орташа балл	Бақылау тобы: кейінгі орташа балл	Кейінгі айырма
Когнитивтік	2.9	2.3	+0.6
Процедуралық	3.2	2.4	+0.8
Аналитикалық	3.1	2.2	+0.9
Рефлексивтік	2.8	2.1	+0.7

3-кесте тек қорытынды орташа балдарды көрсетеді; компоненттердің бастапқы балдары мен вариациясы болмағандықтан, олар бойынша жеке өсім талданбады. Процедуралық және аналитикалық компоненттердің қорытынды айырмалары модуль тапсырмаларының мазмұнымен үйлеседі: студент айнымалыны таңдады, өлшеу шартын негіздеді, сыйымдылық пен сорбция деректерін химиялық түсіндірді.

Зерттеу барысында ионалмастырғыш материалдарды зертханалық оқытуда пайдаланудың маңызы осы тұстан көрінді. Олар тек химиялық объект емес, зерттеу әрекетін құрастыруға ыңғайлы негіз болды. Тапсырма синтезден басталып, сипаттау мен қолдануға дейін барғандықтан, студент бір нәтижені екіншісімен байланыстыруға мәжбүр болды. Бұл Seery et al. (2024) ұсынған зертханалық оқытуды мақсат, әрекет және бағалау бірлігі ретінде жобалау қағидасымен сәйкес келеді. Mundy et al. (2024) талдаған «design-based research» логикасы да осыған жақын. Ол жерде сабақ тек өткізіліп қоймайды, оның ішкі құрылымы тексеріледі және қайта қаралады.

Алынған нәтиже Chu et al. (2023) сипаттаған «scaffolded inquiry» зертханаларымен де үндеседі. Ол еңбекте студентке толық еркіндік емес, біртіндеп күрделенетін зерттеу кеңістігі беріледі. Осы зерттеуде де сондай жол таңдалды: тірек бар, бірақ барлық шешім дайын күйде ұсынылмайды.

Осыдан практикаға жақын мынадай қорытынды жасауға болады: химия зертханасын бірден толық ашық зертханаға айналдырудың қажеті жоқ. Оқу уақыты, қауіпсіздік, реактив шығыны және студент дайындығы бәрібір шектеу қояды. Бірақ студентке шағын таңдау беру керек. Айнымалыны негіздеу, нәтижені басқа топпен салыстыру, қате себебін айту, әдістің шектеуін көрсету - осы қадамдар студентті дайын есеп толтырудан деректі түсіндіруге қарай жылжытады.

Осыған орай бағалау жүйесі де соған сай болуы тиіс. Студент тек кестені дұрыс толтырғаны үшін бағаланса, кестені толтыруды үйренеді. Ал сұрақ қою, әдісті таңдау, деректі түсіндіру және шектеуді көру бағаланса, зерттеушілік әрекет оқу нәтижесіне айналады. Сондықтан зертханалық реформа тапсырманы ғана емес, бағалау критерийін де өзгертуді талап етеді.

Зертханалық сабақты өзгерту үшін әрдайым үлкен ғылыми жоба бастау шарт емес. Кейде дайын жұмыстың ішіне екі-үш зерттеу элементін енгізудің өзі жеткілікті. Мысалы, студент бір айнымалыны таңдайды, екі материалдың нәтижесін салыстырады немесе алынған деректегі ауытқуға химиялық түсіндірме жазады. Осындай шағын қадамдар зертхананың сипатын өзгертеді.

Дәстүрлі зертханалық формат қауіпсіздік ережесін, аспапты қолдануды және өлшеу мәдениетін үйретеді. Ұсынылған модульдер осы дайындыққа зерттеу сұрағын, айнымалыны негіздеуді және деректі түсіндіруді қосады.

Оқытушы үшін мұндай модельдің нақты артықшылығы бар. Студенттің сұрақ қоюы, айнымалыны таңдауы, өлшеу тәртібін сақтауы, деректі түсіндіруі және шектеуді атауы бөлек бақыланады. Яғни бағалау соңғы жауапқа ғана емес, зерттеу әрекетінің өзіне бағытталады. Сонда құзыреттілік жалпы сөз болып қалмайды: студент сұрақ қоя алды ма, айнымалыны не үшін таңдағанын түсіндірді ме, нәтижедегі ауытқуды химиялық себеппен байланыстырды ма - осының бәрі көрінеді.

Кесте 4

Зертханалық жұмысты зерттеуге бағыттау үшін қолдануға болатын педагогикалық қадамдар

Педагогикалық қадам	Студент әрекеті	Күтілетін нәтиже
Зерттеу сұрағын нақтылау	Материал қасиетіне қатысты қысқа зерттеу сұрағын құрастырады	Жұмыстың мақсатын дайын нұсқау емес, тексерілетін міндет ретінде түсінеді
Айнымалыны таңдау	pH, уақыт, концентрация немесе материал түрін таңдап, себебін түсіндіреді	Процедуралық дербестік қалыптасады
Деректі салыстыру	Өз нәтижесін басқа топтың немесе бастапқы үлгінің дерегімен салыстырады	Деректі жай көшірмей, химиялық себеппен байланыстырады
Шектеуді көрсету	Қате көзі мен әдістің әлсіз тұсын атайды	Рефлексия және ғылыми адалдық дамиды

4-кестедегі қадамдар сырттай шағын көрінуі мүмкін. Бірақ олар студенттің рөлін өзгертеді. Дайын алгоритмді орындаушы студент зерттеу сұрағын қойған сәтте жауапкершілік алады. Айнымалыны таңдағанда әдісті түсіндіруге мәжбүр болады. Деректі салыстырғанда нәтиженің кездейсоқ емес, белгілі бір химиялық себепке тәуелді болуы мүмкін екенін көреді. Ал шектеуді жазғанда есептің «әдемі» көрінуінен гөрі, деректің сенімділігі маңызды екенін түсінеді.

Бағалау критерийлері де осы өзгеріске сай болуы керек. Егер бағалау парағында тек «жұмысты орындады», «есептеді», «қорытынды жазды» деген тармақтар тұрса, студент зерттеу әрекетіне көп мән бермейді. Критерийге «айнымалыны негіздеді», «нәтижедегі ауытқуды түсіндірді», «әдістің шектеуін көрсетті» деген өлшемдер енгізілсе, студент соңғы саннан бұрын ойлау жолына назар аударады.

Бұл тәсіл болашақ химия мұғалімдері үшін де пайдалы болуы мүмкін: зертханалық тапсырманы зерттеу сұрағымен және деректі түсіндірумен ұйымдастыру тәжірибесі педагогикалық дайындыққа сәйкес келеді. Алайда кейінгі кәсіби қызметтегі өзгеріс осы зерттеуде бақыланбады.

Келесі кезең үшін іріктемені кеңейтіп, студенттердің бірегей кодпен байланыстырылған бастапқы және қорытынды балдарын, әр компоненттің балдары мен бағалаушылар

хаттамаларын сақтау қажет. Бұл топтардағы өзгеріс айырмасын тікелей бағалауға, бақылау факторларын ескеруге және бағалаушылар келісімін тексеруге мүмкіндік береді.

Компоненттерді бөлек бағалау студентті бөлшектеп тексеру үшін емес, зерттеу әрекетінің қай тұсы әлсіз екенін көру үшін қажет. Мысалы, студент теорияны білуі мүмкін, бірақ деректі түсіндіре алмауы ықтимал. Немесе тәжірибені дұрыс орындағанымен, нәтижедегі ауытқуға себеп айта алмауы мүмкін. Жалпы балл мұндай айырманы жасырып жібереді.

Сондықтан когнитивтік, процедуралық, аналитикалық және рефлексивтік компоненттер бірге қолданылды. Когнитивтік бөлік студенттің ұғымды түсінуін көрсетеді. Процедуралық бөлік әрекет тәртібін қалай жоспарлағанын ашады. Аналитикалық бөлік алынған дерекпен жұмыс істеу сапасын көрсетеді. Рефлексивтік бөлік студенттің өз жұмысына сырттай қарай алуын байқатады. Рубрика студентке зерттеу сұрағын, айнымалыны, деректі түсіндіруді және жұмыс шегін көрсету бойынша нақты кері байланыс беруге арналған.

Мақаладағы негізгі жаңалық жаңа сорбент ұсынуда емес. Жаңалық - ионалмастырғыш материалдардың «алу-сыйымдылық-құрылым-сорбция» тізбегін зерттеушілік құзыреттіліктің төрт компонентімен сәйкестендіріп, оны бірізді оқу-зерттеу моделі ретінде ұйымдастыру және квазиэксперименттік жағдайда бағалау. Химиялық мазмұн педагогикалық мақсатқа қызмет етеді, ал құзыреттілік студенттің нақты зертханалық әрекеттері мен дәлелдері арқылы өлшенеді.

Қорытынды

Ионалмастырғыш материалдарға негізделген оқу моделі зерттеу әрекетін бірізді ұйымдастыруға мүмкіндік берді. Эксперименттік топтағы деңгейлік таралуда оң бағыт байқалды; қорытынды топаралық салыстырудың дәл шартты $p = .072$ мәні $.05$ деңгейіне жетпеді. Бұл нәтижелер модельді жұпталған деректермен қайта бағалауға негіз болады. Қорытынды өлшемде процедуралық және аналитикалық компоненттердің топаралық айырмасы ең үлкен болды ($+0.8$ және $+0.9$ балл).

Жұмыстың практикалық маңызы - зертханалық сабаққа зерттеушілік элементті толық еркіндік арқылы емес, басқарылатын таңдау арқылы енгізуге болатынын көрсетуінде. Ионалмастырғыш материалдар мұндай мақсатқа қолайлы: бір тәжірибеде синтез, сипаттау, сандық есептеу, қолданбалы нәтиже және рефлексия бір-біріне байланысады.

Шектеулер. Зерттеу бір университетте, бір оқу кезеңінде, студенттерді кездейсоқ бөлмей жүргізілді. Топтардың деңгейлік жиіліктері агрегатталған, ал жеке жұпталған балдар мен компоненттердің бастапқы балдары сақталмаған; сондықтан өсім айырмасы мен компоненттік өзгерістер сипаттамалық деңгейде талданды. Бағалауды бір оқытушы жүргізді; ықтимал субъективтілік пен бағалаушылар келісімі бөлек тексерілмеді. Осы зерттеуге арналған этикалық мақұлдау не ресми босату құжаты ұсынылмаған, ал зерттеу кезеңіндегі мекеме талабы құжатпен нақтыланбаған. Келесі зерттеуде институционалдық шешімді алдын ала тіркеп, кодталған жұпталған балдарды сақтап, тәуелсіз бағалаушы мен бірнеше оқу орнын тарту орынды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізмі

- Alexandratos, S. D. (2009). Ion-exchange resins: A retrospective from industrial and engineering chemistry research. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(1), 388–398. <https://doi.org/10.1021/ie801242v>
- Brew, A. (2013). Understanding the scope of undergraduate research: A framework for curricular and pedagogical decision-making. *Higher Education*, 66(5), 603–618. <https://doi.org/10.1007/s10734-013-9624-x>
- Chu, C., Dewey, J. L., & Zheng, W. (2023). An inorganic chemistry laboratory technique course using scaffolded, inquiry-based laboratories and project-based learning. *Journal of Chemical Education*, 100(9), 3500–3508. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00547>
- Dah, N. M., Mat Noor, M. S. A., Kamarudin, M. Z., & Syed Abdul Azziz, S. S. (2024). The impacts of open inquiry on students' learning in science: A systematic literature review.

Educational Research Review, 43, Article 100601.

<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100601>

de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2024). Beyond inquiry or direct instruction: Pressing issues for designing impactful science learning opportunities. *Educational Research Review*, 44, Article 100623.

<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100623>

Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543–547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>

GOST 20255.1-89. (2002). *Иониты. Метод определения статической обменной емкости* [Ion-exchange resins: Method for determining static exchange capacity]. ИПК Издательство стандартов.

Helfferich, F. (1962). *Ion exchange*. McGraw-Hill.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>

Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2005). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory. *International Journal of Science Education*, 27(1), 47–62. <https://doi.org/10.1080/0950069042000261302>

Mundy, C. E., Potgieter, M., & Seery, M. K. (2024). A design-based research approach to improving pedagogy in the teaching laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 266–275. <https://doi.org/10.1039/D3RP00134B>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>

Sadykov, K. A., Bektenov, N. A., & Ybraimzhanova, L. K. (2022). Obtaining new polyfunctional ion-exchange sorbents. *Chemical Journal of Kazakhstan*, 2(78), 70–79.

<https://doi.org/10.51580/2022-2/2710-1185.66>

Seery, M. K., Agustian, H. Y., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Malm, R. H. (2024). 10 guiding principles for learning in the laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(2), 383–402. <https://doi.org/10.1039/D3RP00245D>

Willison, J., & O'Regan, K. (2007). Commonly known, commonly not known, totally unknown: A framework for students becoming researchers. *Higher Education Research & Development*, 26(4), 393–409. <https://doi.org/10.1080/07294360701658609>

Zammit, K. M., Connor, M. C., & Raker, J. R. (2024). Evaluating the level of inquiry in postsecondary instructional laboratory experiments: Results of a national survey. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 79–91. <https://doi.org/10.1039/D3RP00154G>

Садыков Канат^{1*}, Бектенов Несипхан¹, Ахметов Нурлан¹, Дюсебаев Ханат¹,
Гавронская Юлия²

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

²Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: sadykovkanat5@gmail.com

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБУЧЕНИЕ В РАЗВИТИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация. Университетская химическая лаборатория должна обучать студента не только выполнению операций, но и постановке исследовательского вопроса, обоснованию переменной, анализу данных и рефлексии. Для сокращения разрыва между исполнительской и исследовательской деятельностью разработана четырехмодульная лабораторная программа на основе ионообменных материалов. Цель исследования - оценить ее влияние на исследовательскую компетентность студентов-химиков. Использован квазиэкспериментальный дизайн с контрольной группой и измерениями до и после обучения. В исследовании участвовали 62 студента: 31 в экспериментальной и 31 в контрольной группе. Компетентность оценивалась по когнитивному, процедурному, аналитическому и рефлексивному компонентам. Научная новизна состоит в объединении этапов «получение материала - определение ионообменной емкости - структурная идентификация - сорбционное применение» в единую учебно-исследовательскую модель и их соотношении с четырьмя компонентами компетентности. После обучения число студентов экспериментальной группы с низким уровнем снизилось с 13 до 7, а с высоким уровнем увеличилось с 1 до 6. В контрольной группе изменения были менее выраженными. Анализ Pearson χ^2 не достиг традиционного порога статистической значимости: $\chi^2(3, N = 62) = 7,078, p = 0,069$; условное точное $p = 0,072$. Поэтому результат не трактуется как полностью доказанный эффект. Вместе с тем уровневая динамика и более выраженные итоговые межгрупповые различия по процедурному и аналитическому компонентам имеют педагогическое значение. Дидактическая особенность ионообменных материалов заключается в возможности связать условия получения, функциональные группы, емкость, ИК-спектр и сорбцию в логике «структура-свойство-функция».

Ключевые слова: исследовательски ориентированное обучение, обучение химии, лабораторное обучение, исследовательская компетентность, ионообменные материалы, квазиэксперимент, высшее образование

*Sadykov Kanat¹, Bektenov Nesiphan¹, Akhmetov Nurlan¹, Dyusebaev Khanat¹,
Gavrinskaya Yulia²*

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

*e-mail: sadykovkanat5@gmail.com

LABORATORY LEARNING FOR DEVELOPING RESEARCH COMPETENCE IN UNIVERSITY CHEMISTRY EDUCATION

Abstract. A university chemistry laboratory should teach students not only to perform operations but also to formulate a research question, justify variables, analyse data, and reflect on results. To reduce the gap between procedural performance and inquiry, a four-module laboratory programme based on ion-exchange materials was developed. The study aimed to evaluate its influence on chemistry students' research competence. A quasi-experimental pre-test/post-test control-group design was used. Sixty-two students participated: 31 in the experimental group and 31 in the control group. Competence was assessed through cognitive, procedural, analytical, and reflective components. The novelty of the study lies in integrating the sequence “material preparation-ion-exchange-capacity determination-structural identification-sorption application” into a coherent educational research model and aligning its stages with the four competence components. After the programme, the number of students at the low level in the experimental group decreased from 13 to 7, while the number at the high level increased from 1 to 6. Changes in the control group were less pronounced. Pearson's chi-square analysis did not reach the conventional significance threshold: $\chi^2(3, N = 62) = 7.08, p = .069$; conditional exact $p = .072$. The result should therefore not be interpreted as a fully confirmed effect. Nevertheless, the level shift and the larger post-test differences in the procedural and analytical components are pedagogically noteworthy. The didactic value of ion-

exchange materials lies in enabling students to connect preparation conditions, functional groups, ion-exchange capacity, FTIR data, and sorption within a structure-property-function relationship.

Keywords: inquiry-based learning, chemistry education, laboratory learning, research competence, ion-exchange materials, quasi-experiment, higher education

Келін түсті 25 мамыр 2026

Авторлар туралы мәлімет

Садыков Қанат Амиркулович - химия ғылымдары магистрі, аға оқытушы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8931-7973>

Бектенов Несіпхан Абжапарович - химия ғылымдарының докторы, профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: bektenbna@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1427-438X>

Ахметов Нурлан Каркенович - педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-3177>

Дюсебаев Ханат Алимжанович - химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: khanat581219@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0528-3713>

Гавронская Юлия Юрьевна - педагогика ғылымдарының докторы, профессор, А.И. Герцен атындағы Ресей мемлекеттік педагогикалық университеті, Санкт-Петербург, Ресей, e-mail: gavrinskaya@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4813-3235>

Информация об авторах

Садыков Канат Амиркулович - магистр химических наук, старший преподаватель, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8931-7973>

Бектенов Несіпхан Абжапарович - доктор химических наук, профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, e-mail: bektenbna@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1427-438X>

Ахметов Нурлан Каркенович - доктор педагогических наук, профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-3177>

Дюсебаев Ханат Алимжанович - кандидат химических наук, доцент Казахского национального педагогического университета имени Абая, Алматы, Казахстан, e-mail: khanat581219@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0528-3713>

Гавронская Юлия Юрьевна - доктор педагогических наук, профессор, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: gavrinskaya@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4813-3235>

Information about the authors

Sadykov Kanat - Master of Chemical Sciences, Senior Lecturer, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8931-7973>

Bektenov Nesiphan - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bektenbna@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1427-438X>

Akhmetov Nurlan - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sadykovkanat5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-3177>

Dyusebaev Khanat Alimzhanovich - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at

Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: khanat581219@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0528-3713>

Gavronskaya Yulia - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia, e-mail: gavronskaya@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4813-3235>