



ӘОЖ 378.016:54:001.891

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18731640>

Аминофосфонаттар синтезін оқыту үдерісіне енгізу арқылы студенттердің зерттеушілік құзіреттілігін жетілдіру

А. Мақсат ^{1*}, А.Е. Малмакова ^{1,2}

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

²Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: maksataiman7@gmail.com

Қабылданған күні: 06.02.2026 | Қабылданды: 22.02.2026 | Жарияланды: 24.02.2026

Аңдатпа

Алғышарттар мен мақсаты. Жоғары білім беру жүйесінде студенттердің зерттеу құзыреттілігін қалыптастыру бәсекеге қабілетті мамандарды даярлаудың маңызды шарттарының бірі болып табылады. Әсіресе химия саласында теориялық білімді тәжірибелік әрекетпен ұштастыру студенттердің ғылыми ойлауын дамытуға және зерттеушілік дағдыларын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты оқу үдерісіне нақты химиялық синтез элементтерін енгізу өзекті педагогикалық міндеттердің қатарына жатады.

Зерттеу мақсаты. Органикалық химия курсына аминофосфонаттар синтезін оқыту арқылы студенттердің зерттеу құзыреттілігін дамытудың педагогикалық тиімділігін анықтау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу барысында теориялық (ғылыми әдебиеттерді талдау, салыстыру, жүйелеу) және эмпирикалық (педагогикалық эксперимент, бақылау, практикалық жұмыстарды талдау) әдістер қолданылды. Педагогикалық эксперимент Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің ғылыми химия мамандығы бойынша білім алатын 3-курс студенттері арасында жүргізілді. Зерттеуге барлығы 24 студент қатысты: 12 студент эксперименттік топқа, 12 студент бақылау тобына бөлінді. Эксперимент органикалық химия пәні аясында бір академиялық модуль бойы ұйымдастырылды.

Нәтижелер. Зерттеу нәтижелері эксперименттік топ студенттерінің зерттеу құзыреттілігінің негізгі көрсеткіштері бойынша жоғары деңгейге жеткенін көрсетті: экспериментті жоспарлау қабілеті – 83% (бақылау тобында – 57%), ғылыми негізде ой қорыту – 81% (56%), оқу мотивациясының деңгейі – 89% (54%). Деректерді талдау дағдылары бойынша эксперименттік топ көрсеткіші 60%-ды құрап, бақылау тобымен (56%) салыстырғанда оң динамика байқалды.

Қорытынды. Аминофосфонаттар синтезін оқу үдерісіне енгізу студенттердің зерттеу дағдыларын дамытуға ықпал ететін тиімді педагогикалық шешім екенін дәлелдейді және зерттеу тәсіліне негізделген оқытудың дәстүрлі әдістермен салыстырғанда анағұрлым нәтижелі екенін көрсетеді.

Кілт сөздер: зерттеу құзыреттілігі, аминофосфонаттар, органикалық синтез, зерттеу арқылы оқыту, химиялық білім, педагогикалық эксперимент.



Enhancement of Students' Research Competence through the Integration of Aminophosphonate Synthesis into the Educational Process

Abstract

Background and purpose. In the system of higher education, the formation of students' research competence is one of the most important conditions for training competitive specialists. Especially in the field of chemistry, combining theoretical knowledge with practical activity contributes to the development of students' scientific thinking and research skills. In this regard, the integration of elements of real chemical synthesis into the educational process is considered an actual pedagogical task. The purpose of the study is to determine the pedagogical effectiveness of developing students' research competence through teaching the synthesis of aminophosphonates in the organic chemistry course.

Materials and methods. The study employed theoretical (analysis, comparison, and systematization of scientific literature) and empirical (pedagogical experiment, observation, and analysis of practical work) methods. The pedagogical experiment was conducted among third-year students majoring in Scientific Chemistry at the Kazakh National Women's Pedagogical University. A total of 24 students participated in the study: 12 students were assigned to the experimental group and 12 to the control group. The experiment was organized within one academic module of the Organic Chemistry course.

Results. The results showed that students in the experimental group achieved higher levels in the main indicators of research competence: ability to plan experiments – 83% (57% in the control group), ability to draw scientifically grounded conclusions – 81% (56%), and level of learning motivation – 89% (54%). In terms of data analysis skills, the experimental group demonstrated a rate of 60%, showing a positive trend compared to the control group (56%).

Conclusion. The integration of aminophosphonate synthesis into the educational process proves to be an effective pedagogical solution that promotes the development of students' research skills and demonstrates that research-based learning is more effective than traditional teaching methods.

research competence, aminophosphonates, organic synthesis, inquiry-based learning, chemical education, pedagogical experiment

Keywords: *research competence, aminophosphonates, organic synthesis, inquiry-based learning, chemical education, pedagogical experiment*

Кіріспе. Жоғары білім берудегі заманауи тенденциялар студенттердің кәсіби қызметтің тез өзгертін жағдайларына бейімделу қабілетін дамытуға бағытталған. Университеттердің басты міндеті – іргелі білім беру ғана емес, сонымен қатар студенттердің білімді өз бетінше алу, сыни тұрғыдан түсіну және ғылыми-практикалық мәселелерді шешу қабілетін қалыптастыру (Keglevich, 2020).

Бұл талап әсіресе химия сияқты зерттеу сипатындағы пәндерде өзекті, себебі

студенттердің кәсіби дайындығы эксперименттік қызметпен тығыз байланысты. Дәстүрлі оқыту әдістері көбінесе дайын материалды қайталауға бағытталғандықтан, зерттеушілік ойлауды дамыту мүмкіндігін шектейді (Eilks & Hofstein, 2015).

Қазіргі білім беру жағдайында студенттердің зерттеу құзыреттілігін дамыту басты мақсатқа айналууда. Бұл құзыреттілік ғылыми мәселені тұжырымдау, гипотеза жасау, эксперименттерді жоспарлау және



жүргізу, алынған деректерді талдау және дәлелді қорытынды жасау қабілеттерін қамтиды, әрі болашақ маманның кәсіби және ғылыми дайындығының маңызды көрсеткіші болып табылады (Keglevich & Bálint, 2012).

Оқыту процесіне нақты ғылыми зерттеулердің элементтерін енгізу студенттердің дербестігін арттырып, танымдық белсенділігін күшейтеді (Ghigo et al., 2026).

Адамзат химия ғылымында аминоксидтерді синтездеуді зерттеген ғалымдардың жұмыстары зерттеу-бағытталған оқытудың құзыреттілікті қалыптастырудағы әдістемелік әлеуетін көрсететін маңызды дәлелдер ұсынады. Аминоксидтердің синтезі-сипаттамасы зерттеулерінде көп компонентті, соның ішінде Кабачник–Филдс реакциясы тиімділікпен қолданылған, бұл реакция студенттердің механизмдік ойлау, реакция жолдарын бағалау және талдау, сондай-ақ талдаулық ақпаратты интерпретациялау дағдыларын дамытатын күрделі синтетикалық жүйелердің мысалы болып табылады (Eymur, 2018).

Ғылыми әдебиетте α -аминоксидтерді синтездеу барысында түрлі реакция түрлерінің Кабачник–Филдс реакциясының қолданылуы және олардың өнімдерінің қасиеттері кеңінен талданғаны белгілі, бұл студенттердің тәжірибелік зерттеу әрекеттеріне теориялық негіз береді (George-Williams et al., 2018). Зерттеуге негізделген зертханалық жұмыстар студенттерге тек реакцияны орындап қана қоймай, алынған өнімдердің құрылымдарын талдауға, реакцияның тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтауға және олардың нәтижелерін әдеби деректермен салыстыруға мүмкіндік береді. Әдебиеттерде зерттеушілік оқыту мен зертханалық зерттеулерді енгізудің студенттердің зерттеу

сауаттылығын, аналитикалық ойлауын және ғылыми пайымдау қабілеттерін арттыратыны көрсетілген, өйткені олар тәжірибелік деректерді өз бетінше жинап, өңдеп, интерпретациялай білу дағдыларын меңгереді (Varga & Keglevich, 2021).

Органикалық синтез оқытуда тиімді әдістердің бірі болып саналады, өйткені ол студенттерге теориялық білімді тәжірибемен ұштастыруға мүмкіндік береді (Tajbakhsh et al., 2008). Ғылыми зерттеу нәтижелеріне сәйкес, білім алушылар реакциялардың жүру механизмін болжауды, оңтайлы жағдайларды таңдауды және алынған нәтижелерді талдауды меңгереді.

Зертханалық тәжірибелерде альдегид, амин және диалкилфосфит әрекеттесуіне негізделген Кабачник–Филдс реакциясы қолданылған (Doszhanova et al., 2022). Аминоксидтер – аминқышқылдарына ұқсас, бірақ медицинада, ауыл шаруашылығында және өнеркәсіпте қолданылатын фосфоры бар қосылыстар, оларды зерттеу маңызды әрі оқу зертханалары үшін қолайлы қарапайым әдістермен алынуы мүмкін (Kaldybayeva et al., 2023).

Оқытудағы зерттеу тәсілі тиімді болғанымен, органикалық синтезді мамандарды даярлауға қосудың нақты және жетілген әдістемелері жеткіліксіз. Студенттерді тек эксперимент жүргізуге мәжбүрлеу емес, оларды зерттеу процесіне шынымен тартатын әдістер жасау қажет (Chuiko et al., 2021).

Бұл мақалада студенттерге зертханалық жағдайда аминоксидтерді синтездейтін тәжірибеге бағытталған әдістеме әзірлеу қарастырылады. Ол деректерді іздеу, талдау және интерпретациялауды қажет ететін нақты зерттеу мәселелерін шешуге бағытталған және студенттердің ғылыми-зерттеу



құзыреттілігін жүйелі түрде қалыптастыруға мүмкіндік береді (Matveeva et al., 2003).

Материалдар мен әдістер

Зерттеу педагогикалық эксперимент форматында ұйымдастырылды. Эксперимент Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің ғылыми химия мамандығы бойынша білім алатын 3-курс студенттері арасында органикалық химия пәні аясында жүргізілді.

Зерттеуге барлығы 24 студент қатысты. Оның ішінде 12 студент эксперименттік топқа, ал 12 студент бақылау тобына бөлінді. Топтарды бөлу академиялық үлгерім көрсеткіштері шамалас студенттерді тандау арқылы жүзеге асырылды, бұл зерттеу нәтижелерінің салыстырмалылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Эксперимент бір академиялық модуль бойы өткізілді. Бақылау тобында зертханалық сабақтар дәстүрлі нұсқаулар бойынша жүргізілсе, эксперименттік топта зерттеу тәсіліне негізделген әдістеме қолданылды.

Студенттердің зерттеу құзыреттілігі арнайы әзірленген диагностикалық тапсырмалар арқылы бағаланды. Бағалау барысында студенттерге экспериментті жоспарлау, реакция нәтижелерін талдау, ғылыми қорытынды жасау және зертханалық жұмысқа деген оқу мотивациясын анықтауға бағытталған тесттік және практикалық тапсырмалар ұсынылды. Экспериментті жоспарлау қабілеті реагенттер мөлшерін есептеу, реакция шарттарын таңдау және

тәжірибені құрылымдау тапсырмалары арқылы бағаланды. Деректерді талдау дағдылары алынған нәтижелерді интерпретациялау және салыстыруға арналған аналитикалық тапсырмалар арқылы анықталды. Ғылыми ой қорыту жазбаша қорытынды дайындау және дәлелді тұжырымдар жасау негізінде бағаланды, ал оқу мотивациясы пәнге қызығушылық пен белсенділікті анықтайтын сауалнама арқылы өлшенді.

Әрбір көрсеткіш 0–10 балдық критерийлік шкала бойынша бағаланып, алынған балл максималды 10 балға бөлініп, 100-ге көбейту арқылы пайыздық көрсеткішке айналдырылды.

Студенттердің зерттеу құзыреттілігі келесі көрсеткіштер бойынша бағаланды. Бағалау 10 балдық критерийлік шкала негізінде жүргізіліп, нәтижелер пайыздық көрсеткіштерге айналдырылды:

- экспериментті жоспарлау қабілеті (0-10);
- деректерді талдау дағдылары (0-10);
- ғылыми негізде ой қорыту (0-10);
- оқу мотивациясының деңгейі (0-10).

Алынған деректерді талдау үшін сипаттамалық статистика әдістері қолданылды. Топтар арасындағы айырмашылықтарды тексеру мақсатында Стьюденттің t-критерийі пайдаланылды. Нәтижелер айырмашылықтардың статистикалық тұрғыдан мәнді екенін көрсетті ($p < 0.05$). t-критерийін есептеу (1) формуласы:

$$t = \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (1)$$



мұндағы: p_1 , p_2 – бақылау және эксперименттік топтардың пайыздық мәндері (десималды түрде); s_1 , s_2 – стандартты ауытқулар; n_1 , n_2 – әр топтағы студент саны.

Эксперименттік топ студенттері аминфосфонаттарды синтездеуге бағытталған көп компонентті Кабачник–Филдс реакциясын орындады.

Аминофосфонаттар синтезін оқыту әдістемесін әзірлеу

Ұсынылған әдіс зерттеу және проблемалық оқыту принциптеріне негізделген және студенттің эксперименттік жұмысты өз бетінше орындау дағдысын қалыптастырады.

Оқыту негізгі үш кезеңде ұйымдастырылды:

Теориялық дайындық кезеңі

Студенттер аминфосфонаттардың түзілу реакцияларының механизмдерін, көп компонентті реакциялардың жүру ерекшеліктерін, қауіпсіздік ережелерін және химиялық экспериментті жоспарлау негіздерін меңгерді.

Эксперименттік-зерттеу кезеңі

Студенттер синтезді өз бетінше орындап, жүйелі бақылау жүргізіп, алынған эксперимент нәтижелерін жазбаша түрде рәсімдеді, реакция барысын қадағалап, түзілген қосылыстарды бастапқы талдау әдістерін меңгерді.

Аналитикалық-рефлексиялық кезең

Зертханалық жұмыс туралы есеп: студенттер эксперимент барысын толық сипаттап, бақылаулар мен нәтижелерді жазбаша баяндады.

Жеке журнал немесе рефлексиялық жазбалар: алынған деректерді талдап, реакция өнімділігіне әсер ететін факторларды, мүмкін ауытқулар мен кателіктердің себептерін айқындады.

Нәтижелерді салыстыру және интерпретация: тәжірибелік нәтижелерді

теориялық болжаммен салыстырып, сәйкессіздіктерді анықтап, ғылыми негізде қорытынды жасады.

Бұл кезең студенттердің дербестікпен эксперимент жүргізу, аналитикалық ойлау, ғылыми қорытынды жасау және өз әрекеттеріне рефлексия жасау дағдыларын дамытуға бағытталған.

Аминофосфонаттарды синтездеу бойынша зертханалық жұмыс әдістемесі.

Семинар: альдегидтің, аминнің және диалкилфосфиттің үш компонентті конденсациясы болып табылатын өзгертілген Кабачник–Филдс реакциясына негізделген.

Жұмыстың негізгі кезеңдері:

– реакция қоспасын дайындау және реагенттер мөлшерін есептеу;

– бақыланатын температуралық режимде реакция жүргізу (70-80 °С);

– реакциялық ортаның параметрлерінің өзгеруін бақылау;

– өнімді қайта кристалдану әдісімен тазарту;

– мақсатты қосылыстың шығуын анықтау;

– алынған нәтижелерді түсіндіру;

– студенттерге арналған зерттеу міндеттері;

Дәстүрлі зертханалық нұсқаулардан айырмашылығы студенттерге

– проблемалық тапсырмалар жүйесі ұсынылды:

– эксперименттің мақсатын тұжырымдау;

– күтілетін реакция нәтижесін болжау;

– оның ағымына әсер ететін факторларды анықтау;

– өнімнің өнімділігін арттыру жолдарын ұсыну;

– теориялық және эксперименттік деректерді салыстыру;

– ықтимал ауытқулардың себептерін түсіндіру.



Нәтижелер және талқылау

Педагогикалық эксперимент барысында 3-курс студенттері (Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, ғылыми химия мамандығы) екі топқа бөлінді: бақылау тобы (n = 12) және эксперименттік тобы (n = 12). Эксперименттік топ студенттері аминоксидтер синтезін зерттеу тәсіліне негізделген әдістеме бойынша дайындалса,

бақылау тобы дәстүрлі зертханалық нұсқауларды орындады. Педагогикалық эксперимент нәтижелері бақылау және эксперименттік топ студенттерінің зерттеу құзыреттіліктерінде айырмашылық бар екенін көрсетті (1,2-кесте). 1 және 2-кестелерде көрсетілгендей студенттердің құзыреттіліктері қаншалықты қалыптасқаны анықталды.

1-кесте – Пре-тест зерттеу құзыреттілігінің қалыптасу көрсеткіштері

| Көрсеткіш | Pre-test (БТ), % | Pre-test (ЭТ), % |
|----------------------------------|------------------|------------------|
| Экспериментті жоспарлау қабілеті | 55 | 56 |
| Деректерді талдау дағдылары | 55 | 57 |
| Ғылыми негізде ой қорыту | 54 | 55 |
| Оқыту мотивациясының деңгейі | 52 | 54 |

2-кесте – Пост-тест зерттеу құзыреттілігінің қалыптасу көрсеткіштері

| | Post-test (БТ), % | Post-test (ЭТ), % | t-критерий | p-мәні |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------|--------|
| Экспериментті жоспарлау қабілеті | 57 | 83 | 1.45 | 0,16 |
| Деректерді талдау дағдылары | 56 | 60 | 0.20 | 0.84 |
| Ғылыми негізде ой қорыту | 56 | 81 | 1.55 | 0.13 |
| Оқыту мотивациясының деңгейі | 54 | 89 | 2.24 | 0.037 |

Экспериментті жоспарлау қабілеті. Эксперименттік топта бұл көрсеткіш 57%-дан 83%-ға дейін өсті. Мұндай өсім студенттердің реагенттерді есептеу, реакция шарттарын тандау және экспериментті өз бетінше ұйымдастыру сияқты тапсырмаларды орындауымен байланысты. Ұқсас нәтижелер басқа зерттеулерде де (Еумир, 2018) байқалады: жобалық және inquiry-негізделген оқыту студенттердің экспериментті жоспарлау және зерттеу дағдыларын айтарлықтай жақсартатыны анықталған.

Деректерді талдау дағдылары. Көрсеткіштің 56%-дан 60%-ға дейін ғана

артуы бұл дағдының жеткілікті деңгейде қалыптаспағанын көрсетеді. Мұның ықтимал себептері ретінде зертханалық жұмыста деректерді терең өңдеуге уақыттың шектеулі болуы, статистикалық талдау бойынша әдістемелік нұсқаулардың жеткіліксіздігі немесе студенттердің аналитикалық тәжірибесінің аздығы қарастырылуы мүмкін. Зерттеу дағдыларын қалыптастыруға бағытталған бағдарламаларда (Еумир, 2018) деректерді өңдеу мен ғылыми есеп жазу арнайы бағаланатын күрделі компоненттер қатарына жататыны көрсетілген, сондықтан



олардың дамуы ұзақ мерзімді оқытуды талап етеді.

Ғылыми негізде ой қорыту. Бұл көрсеткіштің 56%-дан 81%-ға дейін жоғарылауы студенттердің теориялық және эксперименттік деректерді салыстыру, нәтижелерді түсіндіру және қорытынды жасау әрекеттеріне белсенді тартылуымен түсіндіріледі. Зертханалық жұмыстардың (George-Williams et al., 2018) деңгейі артқан сайын студенттердің рефлексиясы фактілік білімнен гөрі проблеманы шешу және метатанымдық дағдыларға бағытталатыны анықталған, бұл ғылыми ойлаудың дамуына ықпал етеді.

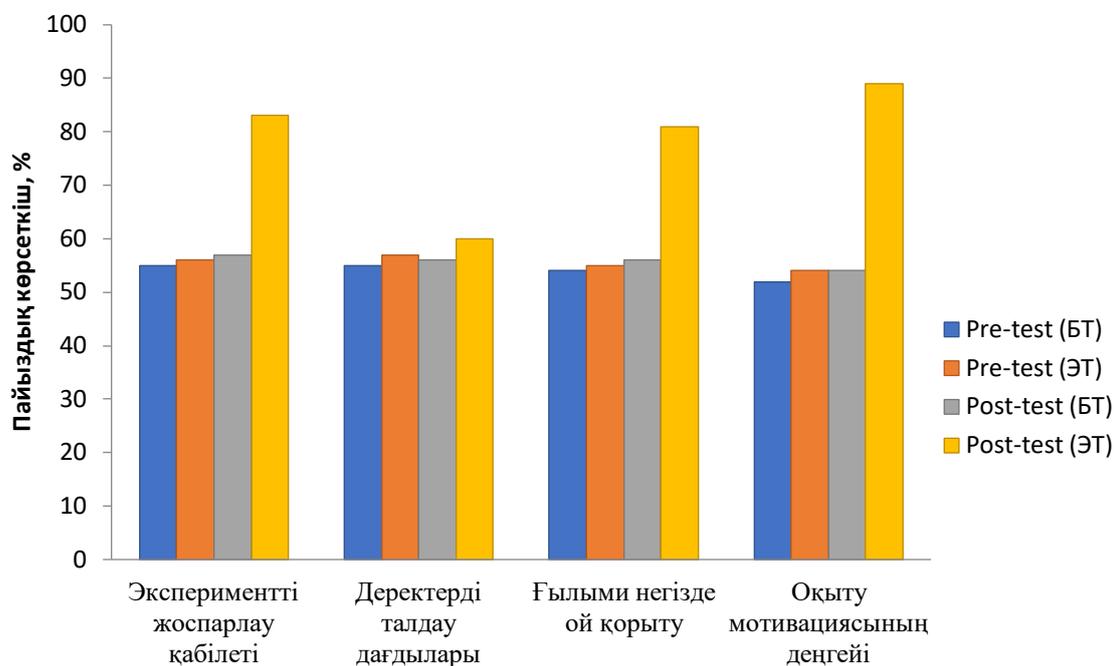
Оқыту мотивациясының деңгейі. Эксперименттік топта мотивацияның 54%-дан 89%-ға дейін статистикалық мәнді өсуі зерттеу форматындағы тапсырмалардың студент қызығушылығын арттырғанын көрсетеді. Контекстке және белсенді әрекетке негізделген оқыту модульдері дәстүрлі сабақтармен салыстырғанда студенттердің оқу мотивациясын едәуір жоғарылататыны бұрын да (George-Williams et al., 2018) дәлелденген.

Статистикалық өңдеу нәтижелері бойынша оқу мотивациясының деңгейі көрсеткіші бойынша топтар арасында статистикалық тұрғыдан мәнді айырмашылық анықталды ($t = 2.24$; $p = 0.037$

< 0.05). Бұл зерттеу тәсіліне негізделген оқытудың студенттердің пәнге қызығушылығын арттыруда жоғары тиімділікке ие екенін көрсетеді.

Экспериментті жоспарлау қабілеті (57%-дан 83%-ға дейін) және ғылыми негізде ой қорыту (56%-дан 81%-ға дейін) көрсеткіштері бойынша эксперименттік топ студенттерінің нәтижелері айтарлықтай жоғары болғанымен, айырмашылықтар статистикалық мәнді деңгейге жеткен жоқ ($p > 0.05$). Бұл жағдай зерттеуге қатысушылар санының шектеулі болуымен және зерттеу құзыреттілігінің аталған компоненттері ұзақ мерзімді қалыптасуды талап ететін күрделі когнитивтік дағдыларға жататынымен түсіндіріледі.

Деректерді талдау дағдылары бойынша өсімнің салыстырмалы түрде төмен болуы (56%-дан 60%-ға дейін) аталған дағдыны дамыту үшін жүйелі аналитикалық тапсырмалар мен ұзақ тәжірибелік жұмыстың қажеттілігін көрсетеді. Бұл нәтиже зерттеу гипотезасын ішінара растайды. Студенттердің зерттеу құзыреттілігінің көрсеткіштері: әр топтағы Pre-test және Post-test нәтижелері 1-суретте көрсетілгендей, эксперименттік топта барлық құзыреттілік көрсеткіштері бақылау тобына қарағанда айтарлықтай өскені байқалады.



1-сурет – Студенттердің зерттеу құзыреттілігінің көрсеткіштері Pre-test және Post-test нәтижелері

Эксперименттік топта барлық көрсеткіштер бақылау тобына карағанда айтарлықтай өскен, әсіресе оқу мотивациясы мен экспериментті жоспарлау қабілеті бойынша. зерттеу құзыреттілігінің өсу тенденциясын визуалды түрде көрсетеді.

Алынған нәтижелер зерттеу тәсіліне негізделген оқытудың студенттердің зерттеу әрекетін ұйымдастыру, дәлелді қорытынды жасау және оқу мотивациясын арттыру бағытында оң әсер ететінін көрсетеді. Аминофосфонаттар синтезін оқу үдерісіне енгізу теориялық білім мен тәжірибелік әрекетті тиімді кіріктіруге мүмкіндік беріп, студенттердің ғылыми қызметке дайындығын арттырады.

Қорытынды. Педагогикалық эксперимент нәтижелері аминофосфонаттарды синтездеуді зерттеу тәсіліне негізделген әдістеме студенттердің зерттеу құзыреттілігін дамытуға тиімді ықпал ететінін көрсетті. Эксперименттік топта

проблемалық тапсырмалар, синтезді өз бетінше жоспарлау және нәтижелерді талдау элементтері қолданылып, оқу мотивациясының деңгейі 54%-дан 89%-ға дейін статистикалық мәнді өсті ($p < 0.05$).

Реагенттерді есептеу, реакция шарттарын таңдау және экспериментті дербес ұйымдастыру тапсырмалары экспериментті жоспарлау қабілетінің 57%-дан 83%-ға дейін артуына әсер етті. Ал теориялық және эксперименттік деректерді салыстыру мен нәтижелерді түсіндіру ғылыми негізде ой қорыту көрсеткішінің 56%-дан 81%-ға дейін жоғарылауын қамтамасыз етті. Деректерді талдау дағдыларының аз өсімі бұл дағдыны дамыту үшін ұзақ мерзімді тәжірибелік жұмыстардың қажеттілігін көрсетеді. Зерттеу тәсіліне негізделген зертханалық жұмыстар теория мен практиканы тиімді кіріктіріп, студенттердің ғылыми қызметке дайындығын арттыруға мүмкіндік береді.



Әдебиеттер тізімі

- 1 Keglevich, G. (Ed.). (2020). Organophosphorus chemistry 2018. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03928-237-1>
- 2 Eilks, I., & Hofstein, A. (Eds.). (2015). Relevant chemistry education: From theory to practice. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5>
- 3 Keglevich, G., & Bálint, E. (2012). The Kabachnik–Fields reaction: Mechanism and synthetic use. *Molecules*, 17(11), 12821–12835. <https://doi.org/10.3390/molecules171112821>
- 4 Ghigo, G., Nicoletti, S., & Dughera, S. (2026). The Kabachnik–Fields reaction: A key transformation in organophosphorus chemistry. *Reactions*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.3390/reactions7010003>
- 5 Eymur G. Developing High School Students' Self-Efficacy and Perceptions about Inquiry and Laboratory Skills through Argument-Driven Inquiry // *Journal of Chemical Education*. – 2018. – Vol. 95, №5. – P. 709–715. – DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00934>
- 6 George-Williams S. R., Soo J. T., Ziebell A. L., Thompson C. D., Overton T. L. Inquiry and industry inspired laboratories: the impact on students' perceptions of skill development and engagements // *Chemistry Education Research and Practice*. – 2018. – Vol. 19. – P. 583–596. – DOI: <https://doi.org/10.1039/C7RP00233E>.
- 7 Varga, P. R., & Keglevich, G. (2021). Synthesis of α -aminophosphonates and related derivatives; The last decade of the Kabachnik–Fields reaction. *Molecules*, 26(9), 2511. <https://doi.org/10.3390/molecules26092511>
- 8 Tajbakhsh, M., Heydari, A., Alinezhad, H., Ghanei, M., & Khaksar, S. (2008). Coupling of aldehydes, amines, and trimethyl phosphite promoted by Amberlyst-15: Highly efficient synthesis of α -aminophosphonates. *Synthesis*, (3), 352–354. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1032034>
- 9 Doszhanova, K. A., Kuandykova, A. B., Dzhienbaev, B. Zh., & Burilov, A. R. (2022). Synthesis of new α -aminophosphonates based on cyclohexylamines in the conditions of the Fields–Kabachnik reaction. *Chemical Journal of Kazakhstan*.
- 10 Kaldybayeva, A. B., Malmakova, A. Ye., Yu, V. K., & Praliyev, K. D. (2023). Synthesis and biological properties of some α -aminophosphonates. *Chemical Journal of Kazakhstan*.
- 11 Chuiko, Y. V., Korotkiy, Y. V., & Bondar, V. A. (2021). Phosphonomethylated derivatives of dinitroanilines. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*. <https://doi.org/10.24959/ophcj.15.839>
- 12 Matveeva, E. D., Podrugina, T. A., Tishkovskaya, E. V., Tomilova, L. G., & Zefirov, N. S. (2003). A novel catalytic three-component synthesis (Kabachnik–Fields reaction) of α -aminophosphonates from ketones. *Synlett*, 2321–2324. <https://doi.org/10.1055/s-2003-42118>