

Х.А.Дюсебаев 

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматық., Қазақстан
*email: khanat581219@mail.ru

БОЛАШАҚ ХИМИКТЕРДІҢ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ӘДІСТЕМЕСІ: ЕРІТІНДІЛЕРДІҢ ҚЫШҚЫЛДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН ОҚЫТУ МЫСАЛЫНДА

Аңдатпа

Химиялық жоғары білім берудің қазіргі заманғы дамуы мамандарды даярлаудың құзыреттілік моделіне көшу, білім беру процесін цифрландыру және зертханалық оқытуды іргелі теориялық даярлықпен терең интеграциялау қажеттілігімен сипатталады. Мақалада сулы сульфатты сутектік көрсеткішін (рН) анықтаудың физика-химиялық заңдылықтарын оқыту мысалында болашақ химия мұғалімдерінің кәсіби-зертханалық құзыреттілігін қалыптастырудың өзекті әдістемелік мәселесі қарастырылады.

Зерттеудің мақсаты цифрлық рН-метрияны, математикалық модельдеу әдістерін және виртуалды химиялық симуляторларды интеграциялау негізінде болашақ химиктердің зертханалық құзыреттілігін қалыптастыру әдістемесін әзірлеу және оны эмпирикалық тұрғыдан тексеру болып табылады.

Зерттеудің әдіснамалық негізін жүйелілік пен әрекетшілдік тәсілдер, сондай-ақ білім беру ортасын дидактикалық жобалау принциптері құрады. Жұмыста педагогикалық жобалау, модельдеу әдістері, сонымен қатар Scopus және Web of Science дерекқорларында қосу және алып тастаудың қатаң критерийлері бойынша ғылыми әдебиеттерді жүйелі шолу қолданылды.

Зерттеу нәтижесінде теориялық-концептуалды, аспаптық-технологиялық, цифрлық және қолданбалы деңгейлерді қамтитын төрт компонентті әдістемелік оқыту моделі дайындалды. Педагогикалық экспериментке университеттің «6B01510-Химия» мамандығының 66 студенті қатысты (эксперименттік топ - 38, бақылау тобы - 28). Бақылау кезеңінің деректерін статистикалық талдау әзірленген әдістеменің жоғары тиімділігін дәлелдеді: эксперименттік топта иондық тепе-теңдікті терең түсіну және аспаптық өлшеулердің дәлдігі 85%-ға жетіп, бақылау тобынан (58%) айқын басымдық көрсетті.

Практикалық маңыздылығы ұсынылған әдістемені Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында аналитикалық және физикалық химия зертханалық практикумдарын жобалау кезінде қолдану мүмкіндігі болып табылады.

Түйін сөздер: зертханалық құзыреттілік, химиялық білім, сутектік көрсеткіш, рН-метрия, қышқылдық-негіздік тепе-теңдік, цифрландыру, университет.

Дюсебаев Х.А. 

Казахский национальный педагогический университетим. Абая, г. Алматы, Казахстан
*email: khanat581219@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ ХИМИКОВ: НА ПРИМЕРЕ ОБУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЯМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ

Аннотация

Современное развитие высшего химического образования характеризуется переходом к компетентностной модели подготовки специалистов, цифровизацией образовательного процесса и необходимостью интеграции теоретического обучения с углубленной лаборатор-

ной практикой. В статье рассматривается актуальная проблема формирования профессионально-лабораторной компетентности будущих учителей химии на примере изучения физико-химических закономерностей определения водородного показателя (pH) сульфатных, водных систем.

Цель исследования заключается в разработке и экспериментальной верификации методики формирования лабораторной компетентности будущих химиков на основе интеграции цифровой pH-метрии, методов математического моделирования и виртуальных химических симуляторов.

Методологическую основу исследования составили системный и деятельностный подходы, а также принципы дидактического конструирования образовательной среды. В работе использованы методы педагогического проектирования, моделирования, а также систематический обзор научной литературы в базах данных Scopus и Web of Science по жестким критериям включения и исключения.

В результате исследования разработана и описана четырехкомпонентная методическая модель обучения, включающая теоретико-концептуальный, инструментально-технологический, цифровой и прикладной уровни. В педагогическом эксперименте приняли участие 66 студентов специальности «6В01510-Химия» в университете (экспериментальная группа - 38, контрольная - 28). Статистический анализ данных барьерного контроля подтвердил высокую эффективность разработанной методики: уровень глубокого понимания ионных равновесий и точности инструментальных измерений в экспериментальной группе достиг 85%, продемонстрировав статистически значимый отрыв от контрольной группы (58%).

Ключевые слова: лабораторная компетентность, химические знания, водородный показатель, pH-метрия, кислотно-основное равновесие, цифровизация, университет.

Dyussebayev Kh. 

AbaiKazakhNationalPedagogicalUniversity,Almaty,Kazakhstan

*email: khanat581219@mail.ru

FORMATION OF LABORATORY COMPETENCE OF FUTURE CHEMISTS: ON THE EXAMPLE OF TEACHING THE REGULARITIES OF DETERMINING SOLUTION ACIDITY

Abstract

The modern development of higher chemical education is characterized by the transition to a competency-based model of specialist training, the digitalization of the educational process, and the need to integrate theoretical learning with advanced laboratory practice. The article addresses the urgent methodological problem of developing the professional laboratory competence of future chemistry teachers on the example of teaching the physico-chemical regularities of determining the hydrogen potential (pH) of sulfate, aqueous systems.

The aim of this study is to develop and empirically validate a methodology for fostering the laboratory competence of future chemists based on the integration of digital pH-metry, mathematical modeling methods, and virtual chemical simulators.

The methodological framework of the study is informed by systemic and activity-based approaches, as well as principles of instructional environment design. The research employed methods of pedagogical design, conceptual modeling, and a systematic literature review extracted from Scopus and Web of Science databases based on rigorous inclusion and exclusion criteria.

The study resulted in the development of a four-component instructional model comprising theoretical-conceptual, instrumental-technological, digital-modeling, and applied-ecological tiers. The empirical experiment involved 66 chemistry education undergraduate students from University (experimental group n=38, control group n=28). Statistical analysis of the assessment data validated the high efficiency of the proposed methodology: the level of conceptual understanding of ionic

equilibria and instrumental measurement precision within the experimental cohort reached 85%, demonstrating a statistically significant gap compared to the control group (58%).

Keywords: laboratory competence, chemistry education, pH value, pH-metry, acid-base equilibrium, digitalization, University.

Кіріспе. Студенттердің инновациялық білім беру ортасында кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыру - жоғары химиялық білім берудің қазіргі заманғы басты талабы болып табылады. Білім беру процесін цифрландыру және зертханалық оқытуды қолданбалы өндірістік даярлықпен кешенді түрде интеграциялау қажеттілігі күннен-күнге артып келеді [1]. Заманауи химиялық өндіріс пен аналитикалық бақылау салаларының дамуы әртүрлі табиғи және технологиялық жүйелердің қышқылдық-негіздік қасиеттерін дәл әрі жедел бағалай алатын мамандарды талап етеді. Осыған байланысты, сулы ерітінділердің сутектік көрсеткішін (рН) анықтаудың іргелі заңдылықтарын студенттерге сапалы меңгерту және олардың зертханалық құзыреттілігін арттыру өзекті әдістемелік міндет болып табылады.

Жоғары оқу орындарында химия мамандықтарын дайындауда сулы ерітінділердің қышқылдық-негіздік тепе-теңдігін зерттеу аналитикалық және физикалық химия курстарының негізін құрайды. Бұл заңдылықтарды терең меңгеру студенттерге ерітінділердегі иондық тепе-теңдікті, тұздардың көп сатылы гидролизін, буферлік жүйелердің әсер ету механизмдерін жүйелі түрде түсінуге мүмкіндік береді [2]. Алайда, дәстүрлі зертханалық сабақтарда студенттердің рН мәндерін есептеу дағдылары көбіне құрғақ теориялық формулалармен және индикаторлық қағаздардың түсін визуалды салыстыру сияқты қарапайым тәсілдермен шектеліп жатады. Бұл болашақ химиктердің күрделі көп компонентті жүйелердің қасиеттерін термодинамикалық тұрғыдан терең бағалауына жеткіліксіз.

Осы зерттеу жұмысы аталған олқылықтардың орнын толтыру мақсатында, студенттердің теориялық білімін заманауи цифрлық рН-метриялық құралдармен, виртуалды симуляциялармен және статистикалық деректерді өңдеу әдістерімен ұштастыруға бағытталған [3]. Зерттеудің мақсаты: Сулы ерітінділердің қышқылдылығын анықтау заңдылықтарын цифрландыру және экологияландыру контекстінде оқыту мысалында болашақ химия мамандарының зертханалық құзыреттілігін қалыптастырудың әдістемелік моделін әзірлеу және оның тиімділігін эмпирикалық тұрғыдан дәлелдеу.

Су – табиғаттағы ең көп тараған заттардың бірі. Көптеген тірі ағзалардың құрамындағы судың массалық үлесі 70% жоғары болады. Судың табиғатының ерекше болуы, оның молекулаларының бір-бірімен және судағы еріген заттардың молекулаларымен сутектік байланыс түзе алатын қабілетінде. Судың басқа сұйықтармен салыстырғанда балқу, қайнау және булану температураларының жоғары болуы да, су молекулаларының арасындағы сутектік байланыстың түзілуіне байланысты.

Су өте нашар электролит, судың 25°C температурасында 109 тең молекуласының бар болғаны екеуі ғана иондарға ыдырайды [4]. Су молекуласының диссоциациялану теңдеуі:



Су молекуласының диссоциациялануы қайтымды реакция, яғни бұл процестің тепе-теңдік константасы төмендегідей теңдеумен өрнектеледі:

Судың 25°C температурадағы молярлығы 55,5 М (бұл сандық мән, көлемі 1,0 л судың массасын (граммен) оның молярлық массасына бөлу арқылы алынған: (1000 г/л)/(18,015 г/моль) = 55,5 моль/л). Таза судағы, диссоциация барысында түзілген H^+ және OH^- иондарының молярлық концентрациялары өте аз, яғни $1,0 \cdot 10^{-7}$ М болғандықтан, судың бастапқы молярлығы 55,5 М мәні тұрақты, өзгермейді деп қабылданған.

$$55,5 \text{ М} [\text{H}^+][\text{OH}^-] =$$

- 25⁰С температурадағы судың иондық көбейтіндісі деп аталады. 25⁰С температурадағы таза судың электрөткізгіштігі арқылы анықталған, судың тепе-теңдік константасының (сандық мәні 1,8 10⁻¹⁶ тең. Осы тәжірибе арқылы табылған тепе-теңдік константасының сандық мәнін, теңдеудегі орнына қойып, судың иондық көбейтіндісінің сандық мәнін есептеуге болады:

$$= [\text{H}^+][\text{OH}^-] = (55,5 \text{ M}) (1,8 \cdot 10^{-16} \text{ M}) = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2$$

яғни, 25⁰С температурадағы сулы ерітінділерде $[\text{H}^+]$ $[\text{OH}^-]$ көбейтіндісі әрқашанда 1,0 10⁻¹⁴ M² тең. Таза судағы су молекулаларының диссоциациялануы барысында түзілген H^+ және OH^- иондарының концентрациялары $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ әрқашанда бір-біріне тең. Мұндай ерітінділер бейтарап ерітінділер деп аталады. Судың иондық көбейтіндісінің мәнін пайдаланып, бейтарап ерітіндідегі H^+ және OH^- иондарының концентрацияларын есептеуге болады:

$$= [\text{H}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{H}^+] = (\cdot)^{1/2} = (1,0 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2)^{1/2}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M}$$

Суда қандай заттардың ерітінділері болмасын, осы ерітінділердегі судың иондық көбейтіндісінің мәні әрқашан тұрақты. Сондықтан да, ерітіндідегі H^+ ионының концентрациясы 1,0 10⁻⁷ M мәнінен жоғары болса, онда сол ерітіндідегі OH^- ионының концентрациясы 1,0 10⁻⁷ M мәнінен төмен болады, немесе керісінше. Есептеу жұмыстарын жүргізу барысында, H^+ ионының концентрациясының орнына, олардың рН сутектік көрсеткіштерінің мәндерін қолданған ыңғайлы.

Ерітіндінің рН – бұл ерітіндідегі сутек ионының молярлық концентрациясының теріс мәнмен алынған ондық логарифміне тең шама.

$$\text{pH} = - \lg[\text{H}^+]$$

Егер судың иондық көбейтіндісінің теңдеуінің екі жағынан да, теріс мәнді ондық логарифм алсақ:

$$- \lg = - \lg([\text{H}^+][\text{OH}^-])$$

$$- \lg[\text{H}^+] + (- \lg[\text{OH}^-]) = - \lg(1,0 \cdot 10^{-14})$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

рН шкаласы, судың иондық көбейтіндісінің негізінде жасалған. Кез-келген сулы ерітінділердегі 1,0 M H^+ пен 1,0 M OH^- концентрациялары аралығында, сутек H^+ пен гидроксил OH^- иондарының концентрацияларын, ерітіндінің сутектік көрсеткіштері рН арқылы өрнектеген тиімді. Ерітіндінің рН сутектік көрсеткіші, 1,0 M H^+ пен 1,0 M OH^- концентрациялары аралығында ғана қолданылатын ұғым. Себебі, бұл аралықтан шығып кеткен жағдайда, ерітіндінің рН сутектік көрсеткіші теріс мәнге ие болады. Егер 25⁰С температурада ерітіндінің сутектік көрсеткіші рН = 7 болса, онда ерітінді бейтарап, ал рН < 7 ерітінді қышқыл, ал рН > 7 ерітінді сілтілі болады. Ерітіндінің рН-ы мен $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$ иондары концентрацияларының арасындағы сәйкестік келтірілген (кесте 1).

Кесте 1 - Күшті қышқылдар мен күшті негіздердің сулы ерітінділерінің рН сутектік көрсеткіштері

$[H^+]$, моль·дм ⁻³	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁴
$[OH^-]$, моль·дм ⁻³	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹³	10 ⁻¹²	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1
рН, орта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	қыш.						Бейт.								Күшті
															негізді

Қышқыл мен негіздерді суда еріткенде, олардың молекулаларының иондану дәрежелеріне байланысты, бұл қосылыстар күшті және әлсіз болып екі топқа бөлінеді. Күшті қышқылдар мен негіздердің молекулалары суда толық иондарға ыдырайтын қосылыстар. Күшті қышқылдар: күкірт, азот, хлорсутек, бромсутек және йодсутек қышқылдары. Ал күшті негіздерге сілтілік және сілтілікжер металл негіздерін жатқызуға болады.

Сонымен, судың иондық көбейтіндісінің сандық мәнін пайдаланып, ерітіндіде OH^- ионының концентрациясы белгілі болса, онда сол ерітіндідегі H^+ ионының концентрациясын есептеп табуға болады, немесе керісінше.

Мысалы: Молярлық концентрациясы 0,1 М NaOH ерітіндісіндегі H^+ ионының концентрациясы неге тең?

Шешуі: Судың иондық көбейтіндісінің теңдеуі: $[H^+][OH^-]$

$$[H^+] = [OH^-] = (1,0 \cdot 10^{-14} \text{ М}^2) / 0,1 \text{ М} = 10^{-13} \text{ М}$$

Ал, бұл ерітіндінің рН сутектік көрсеткіші: $pH = -\lg[H^+] = -\lg[10^{-13}] = 13,0$

Мысалы: Сулы ерітіндідегі H^+ ионының концентрациясы $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ болса, сол ерітіндідегі OH^- ионының концентрациясы $[OH^-]$ неге тең болады?

Шешуі: Судың иондық көбейтіндісінің теңдеуі: $[H^+][OH^-]$

$$[OH^-] = [H^+] = (1,0 \cdot 10^{-14} \text{ М}^2) / 0,00013 \text{ М} = 7,7 \cdot 10^{-11} \text{ М}$$

Бұл ерітіндінің рОН көрсеткіші: $pOH = -\lg[OH^-] = -\lg[7,7 \cdot 10^{-11}] = 10,1$

Ал енді, осы ерітіндінің сутектік көрсеткіші: $pH = 14 - pOH = 14 - 10,1 = 3,9$

Мысалы: Молярлық концентрациясы 0,005 моль/л H_2SO_4 қышқыл ерітіндісінің рН сутектік көрсеткіші неге тең?

Шешуі: Күкірт қышқылы молекуласының диссоциациялану теңдеуі:



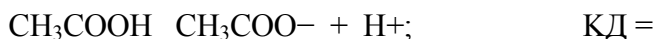
Күкірт қышқылы күшті қышқыл болғандықтан, қышқыл суда еріген кезде, оның молекулалары иондарға толық ыдырап, мөлшері екі есе көп сутек катионын түзеді. Күшті қышқыл ерітінділерінің сутектік көрсеткішін анықтайтын формуланы қолданып, осы қышқыл ерітіндісінің рН мәнін есептейміз.

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg[2 \cdot 0,005] = 2,0$$

Әлсіз қышқылдар мен әлсіз негіздердің сулы ерітінділерінің рН сутектік көрсеткіштері

Әлсіз қышқыл мен негіздің рН мәнін есептеу үшін, осы заттардың ерітіндідегі концентрациясы мен диссоциациялану константалары белгілі болу керек. Керісінше, егер осы қосылыстардың ерітіндісінің рН сутектік көрсеткішінің мәні белгілі болса, онда бұл әлсіз электролиттердің диссоциациялану константаларын анықтауға да болады.

Әлсіз қышқыл ерітінділерінің сутектік көрсеткіштерінің мәні қандай формуламен анықталатынын, сірке қышқылын мысалға ала отырып, қорытуға болады:



мұндағы CH_3COO^- , H^+ иондарының ерітіндідегі молярлық концентрациялары, диссоциация теңдеуі бойынша тең болғандықтан, жоғарыдағы теңдік төмендегідей күйде жазылады:

$$[\text{H}^+]^2 = K_D \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

Сірке қышқылы әлсіз қышқыл болғандықтан, оның тепе-теңдік күйдегі концентрациясын $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, оның бастапқы концентрациясына со тең деп қабылдауға болады.

$$[\text{H}^+]^2 = K_D \cdot c_0(\text{қыш.})$$

Бұл теңдіктің екі жағынан да квадрат түбір ала отырып, сонан соң теріс мәнді ондық логарифмдесек:

$$[\text{H}^+] = K_D^{1/2} \cdot c_0^{1/2}$$

$$-\lg [\text{H}^+] = -\lg(K_D^{1/2} \cdot c_0^{1/2}); \quad \text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_D(\text{қыш.}) - \frac{1}{2} \lg c_0(\text{қыш.})$$

Осы қорытылып табылған теңдеу, әлсіз қышқыл ерітінділерінің рН сутектік көрсеткіштерін анықтайтын теңдеу болып табылады.

Мысалы. Ерітіндідегі молярлық концентрациясы $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль · дм⁻³, $K_D = 1,51 \cdot 10^{-5}$ моль · дм⁻³ май қышқылы ерітіндісінің рН сутектік көрсеткіші неге тең?

Шешуі: Май қышқылының диссоциациялану және константасының теңдеулері:



Қышқылдың иондарға ыдырау теңдеуінен $[\text{H}^+]$ және $[\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2^-]$ концентрацияларының өзара тең екенін анықтаймыз. Бұл май қышқылының иондану дәрежесі өте аз болғандықтан, тепе – теңдік орнаған кездегі, яғни теңдеудегі $[\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}]$ концентрациясын оның бастапқы $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль · дм⁻³ концентрациясына тең деп алуға болады. Олай болса, теңдік төмендегідей күйде жазылады:

$$[\text{H}^+]^2 = K_D \cdot [\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}] = (1,51 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,0 \cdot 10^{-2}); \quad [\text{H}^+] = 3,89 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3};$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg (3,89 \cdot 10^{-4}) = 3,42.$$

$[\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}] = 1,0 \cdot 10^{-2}$ моль · дм⁻³ деп алғанымыз қаншалықты дұрыс екендігін тексерсеру үшін, есептеп табылған $[\text{H}^+] = 3,89 \cdot 10^{-4}$ мәнін пайдаланып, тепе – теңдік орнаған кездегі $[\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}]$ концентрациясын анықтасақ:

$$[\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}] = (1,0 \cdot 10^{-2}) - (3,89 \cdot 10^{-4}) = 0,96 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}.$$

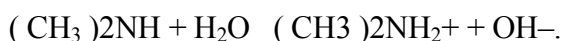
Осы анықталған тепе-теңдік жағдайындағы май қышқылының концентрациясын КД-ны анықтайтын теңдеуге қойып, сутек катионының концентрациясын анықтау арқылы, ерітіндінің сутектік көрсеткішінің мәнін қайта есептегенде де, сол бастапқы 3,42 тең болады. Олай болса, бастапқыдағы әлсіз электролиттердің диссоциациялану дәрежесіне байланысты қышқылдың бастапқы және тепе – теңдіктегі концентрациялары бірдей деп алғанымыз қате болмайды. Басқа да көптеген әлсіз электролиттер үшін де осындай шарт қабылдауға болады.

Ал әлсіз негіз ерітінділерінің сутектік көрсеткіштері, мысалы NH_4OH ерітіндісінің рН мәні жоғарыдағыдай жолмен қорытылғанда, мына формула алынады:

$$\text{pH} = 14 - \text{pKД (нег.)} + \lg c_0 \text{ (нег.)}$$

Мысалы. 25°C температурада ерітіндідегі молярлық концентрациясы $1,0 \cdot 10^{-2}$ моль · дм⁻³ диметиламиннің ерітіндісінің сутектік көрсеткіші 7,64 тең. Осы негіздің диссоциациялану константасы неге тең?

Шешуі: Бұл негіздің диссоциациялану реакциясының теңдеуі:



Негіздің диссоциациялану константасының теңдеуі:

$$\text{KД} = [(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+][\text{OH}^-] / [(\text{CH}_3)_2\text{NH}] = [\text{OH}^-]^2 / (1,0 \cdot 10^{-2}).$$

Бұдан: $\text{pH} = 7,64$; $\text{pOH} = 14 - 7,64 = 6,36$ (25°C);

$$[\text{OH}^-] = \text{antilg}(-6,36) = 4,37 \cdot 10^{-7} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3};$$

$$\text{KД} = (4,37 \cdot 10^{-7})^2 / (1,0 \cdot 10^{-2}) = 1,91 \cdot 10^{-11} \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}.$$

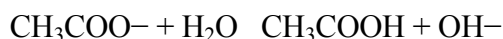
Гидролизденетін тұздардың сулы ерітінділерінің рН сутектік көрсеткіштері

Көптеген тұздар суда ерігенде бейтарап, ал кейбір тұздар суда ерігенде қышқылды немесе сілтілі ерітінділер түзіледі.

Кейбір тұздардың суда ерігенде диссоциацияланып, пайда болған катионының немесе анионының су молекуласымен сәйкесінше қышқылды немесе сілтілі орта түзе әрекеттесуін тұздардың гидролизі деп атайды.

Гидролиз процесіне құрамында әлсіз қышқыл немесе әлсіз негіздің иондары бар тұздар ғана түседі. Ал күшті қышқылдар мен күшті негіздердің әрекеттесуінен түзілген тұздар гидролизденбейді. Себебі, олардың иондары су молекуласымен әрекеттеспейді және нәтижесінде әлсіз электролит түзілмейді.

Күшті негіз бен әлсіз қышқылдың әрекеттесуінен түзілген тұздың гидролизденуіне, натрий ацетатын (CH_3COONa) мысалға келтіруге болады:



Ктепе-тең. =

мұндағы судың концентрациясы тұрақты, олай болса $\text{KД} \cdot [\text{H}_2\text{O}]$ көбейтіндісі де тұрақты болады. Осы тұрақты шама гидролиздену константасы Kг деп аталады. Бұл жағдайда жоғарыдағы қатынасты төмендегідей күйде жазуға болады:

$$K_{\Gamma} = [\text{H}_2\text{O}] \cdot K_{\text{тепе-тең}} =$$

Осы теңдеудің алымын да, бөлімін де, $[\text{H}^+]$ сутек ионының молярлық концентрациясына көбейтсек, төмендегі өзгерістерді алуға болады:

$$K_{\Gamma} = \cdot = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \cdot =$$

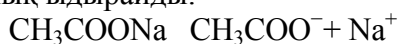
Гидролиздену константасы теңдеулерін теңестіру арқылы, гидролизденген тұз ерітіндісінің, рН сутектік көрсеткішін анықтайтын формуланы қорытып шығаруға болады:
 $= [\text{OH}^-]^2 = \cdot ;$

$$\text{pOH} = 7 - 1/2 \cdot \text{pKД (қыш.)} - 1/2 \cdot \lg c_0 (\text{тұз})$$

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \cdot \text{pKД (қыш.)} + 1/2 \cdot \lg c_0 (\text{тұз})$$

Мысалы. Сулы ерітіндідегі молярлық концентрациясы 0,1 моль/л натрий ацетаты (CH_3COONa) тұзы ерітіндісіндегі, ацетат-ионының (CH_3COO^-) гидролизденуі барысындағы түзілген ерітіндінің, рН сутектік көрсеткішінің мәні неге тең? Сірке қышқылының диссоциациялану константасының КД мәні $1,74 \cdot 10^{-5}$, $\text{pKД} = 4,76$.

Шешуі: Натрий ацетаты суда ерігенде күшті электролит ретінде молекулалары иондарға толық ыдырайды:



Ерітіндіде пайда болған ацетат-ионы су молекуласымен әрекеттесіп, гидролизденгенде орта сілтілі болады:



Жоғарыдағы қорытып табылған, әлсіз қышқыл мен күшті негіздің әрекеттесуінен түзілген тұздың гидролизденуі барысындағы түзілген ерітіндінің, рН сутектік көрсеткішті анықтайтын формуланы қолдансақ:

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \cdot 4,76 + 1/2 \cdot \lg 0,1 = 8,9$$

Әлсіз негіз бен күшті қышқылдың әрекеттесуінен түзілген тұздың гидролизденуіне, аммоний хлоридін (NH_4Cl) мысалға келтіре отырып, сол тұз ерітіндісінің сутектік көрсеткішін де, жоғарыдағыдай жолмен қорытып шығаруға болады:

$$\text{pH} = 7 - 1/2 \cdot \text{pKД (нег.)} - 1/2 \cdot \lg c_0 (\text{тұз})$$

Мысалы. Сулы ерітіндідегі молярлық концентрациясы 0,01 моль/л аммоний нитраты (NH_4NO_3) тұзының ерітіндісіндегі аммоний-ионының (NH_4^+) гидролизденуі барысындағы түзілген ерітіндінің, рН сутектік көрсеткішінің мәні неге тең? Аммиактың диссоциациялану константасының КД мәні $1,76 \cdot 10^{-5}$, $\text{pKД} = 4,76$ тең.

Шешуі: Аммоний нитраты суда ерігенде күшті электролит ретінде молекулалары иондарға толық ыдырайды:



Ерітіндіде пайда болған аммоний-ионы су молекуласымен әрекеттесіп, гидролизденгенде орта қышқылды болады:



Жоғарыдағы қорытып табылған, әлсіз негіз бен күшті қышқыл тұзы ерітіндісінің гидролизденуі барысындағы, ерітіндінің рН сутектік көрсеткішті анықтайтын формуланы қолдансақ:

$$\text{pH} = 7 - 1/2 \cdot 4,76 + 1/2 \cdot \lg 0,01 = 5,62$$

Ал, әлсіз негіз бен әлсіз қышқылдың әрекеттесуінен түзілген тұздың гидролизденуіне, аммоний ацетатын ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) мысалға келтіре отырып, бұл ерітіндінің рН сутектік көрсеткіштерін анықтайтын формуланы қорытып шығарсақ, төмендегідей болады:

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \cdot \text{pKД (қыш.)} - 1/2 \cdot \text{pKД (нег.)}$$

Мысалы. Сулы ерітіндідегі молярлық концентрациясы 0,01 моль/л аммоний ацетаты ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) тұзының ерітіндісінің, рН сутектік көрсеткішінің мәні неге тең? Сірке қышқылының диссоциациялану константасының КД (қыш.) мәні $1,74 \cdot 10^{-5}$, pKД (қыш.) = 4,76; аммиактың диссоциациялану константасының КД (нег.) мәні $1,76 \cdot 10^{-5}$, pKД (нег.) = 4,76.

Шешуі: Аммоний ацетаты суда ерігенде күшті электролит ретінде молекулалары иондарға толық ыдырайды:



Бұл тұздың катионы да, анионы да сумен әрекеттесіп, гидролизденеді. Табиғаты мұндай тұздардың ерітіндісінің рН сутектік көрсеткіші жоғарыдағы теңдеумен анықталады:

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \cdot 4,76 - 1/2 \cdot 4,76 = 7$$

яғни, бұл ерітінді бейтарап.

Зерттеу сұрақтары:

1. Цифрлық рН-метрия мен виртуалды симуляцияларды кіріктірген жаңа әдістемелік оқу моделі студенттердің аналитикалық дағдылары мен тақырыпты терең қабылдауына қалай әсер етеді?

2. Ерітінділер химиясын оқыту барысында қолданбалы экологиялық және өндірістік кейстерді қолдану студенттердің зертханалық уәжін (мотивациясын) қандай дәрежеде арттырады?

Материалдар мен әдістер. Зерттеу тәжірибелік-педагогикалық және модельдеу сипатына ие. Болашақ химиктердің кәсіби-зертханалық құзыреттілігін дамытудың теориялық негізін құру мақсатында 2021–2026 жылдар аралығындағы Scopus, Web of Science және Google Scholar халықаралық наукометриялық дерекқорларында жарияланған ғылыми еңбектерге жүйелі шолу жасалды.

Қосу критерийлері (Inclusion criteria): Жоғары оқу орындарында аналитикалық химия мен рН-метрияны оқытудың инновациялық әдістері, STEM/STEAM тәсілдері сипатталған; студенттердің зертханалық дағдыларын бағалаудың статистикалық критерийлері ұсынылған рецензияланатын ғылыми мақалалар [5].

Алып тастау критерийлері (Exclusion criteria): Мектептегі химия курсына арналған немесе тек аспаптық техникалық нұсқаулық сипатындағы еңбектер. Сондай-ақ, үшінші тараптық ЖИ (ChatGPT) сессияларының сілтемелері мен мусорлық URL-параметрлер іріктеу кезеңінде толықтай жойылды [6]. Скрининг нәтижесінде әдіснамалық негіз ретінде 10 негізгі ғылыми дереккөз тандап алынды.

Педагогикалық эксперимент университеттің «Б01510-Химия» мамандығының студенттері базасында ұйымдастырылды. Зерттеуге барлығы 66 студент қатысып, олар екі топқа жіктелді: эксперименттік топ (38 студент) және бақылау тобы (28 студент).

Эксперименттік топта оқыту процесі әзірленген жаңа модельдік әдістеме бойынша жүргізілді. Онда студенттер судың иондық көбейтіндісін ($K_w = [H^+][OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ M}^2$), күшті және әлсіз электролиттердің диссоциациялану константаларын (K_a , K_b), әлсіз қышқылдардың рН мәндерін есептеудің логарифмдік формулаларын ($pH = 1/2 pK_a - 1/2 pI_{\text{сco}}$) тек теориялық емес, заманауи цифрлық рН-метрлермен және Origin Pro бағдарламасында математикалық модельдеу (титрлеу қисықтарын тұрғызу) арқылы меңгерді [8]. Бақылау тобында оқыту дәстүрлі репродуктивті тәсілмен және стандартты индикаторлық әдістермен ғана жүргізілді.

Нәтижелер. Әзірленген әдістемелік модель болашақ химиктердің зертханалық құзыреттілігін тек құралды пайдалану дағдысы ретінде емес, төрт компоненттен тұратын кешенді жүйе ретінде қалыптастыруды көздейді (кесте 2).

Кесте 2 – Болашақ химиктердің зертханалық құзыреттілігін қалыптастыру моделінің құрылымы

Құзыреттілік деңгейі	Негізгі дидактикалық Функциясы	Оқыту механизмі мен құралдары	Күтілетін нәтиже (Аналитикалық дағды)
1. Теориялық концептуалды	Иондық тепе - теңдік заңдылықтарын іргелі түсіну	Судың автопротолизін, логарифмдік рН және рОН шкалаларының математикалық шығарылуын талдау	Күшті және әлсіз электролиттердегі $[H^+]$ $[OH^-]$ концентрацияларын дербес есептеу икемділігі
2. Аспаптық технологиялық	Заманауи аналитикалық жабдықтар мен жұмыс істеу	Цифрлық рН-метрлерді калибрлеу, жылжымалы ион-таңдамалы электродтарды қолдану	Ерітіндінің температурасы мен иондық күшінің өлшеу дәлдігіне әсерін бағалау дағдысы.
3. Цифрлық - модельдік	Эксперименттік деректерді статистикалық өңдеу	Виртуалды химиялық зертханалар Origin Pro платформасында потенциалды титрлеу қисықтарын тұрғызу	Химиялық құбылыстардың графикалық форматта талдау және математикалық модельдеу шеберлігі.
4. Қолданбалы экологиялық	Жасыл химия принциптерін кәсіби қызметке кіріктіру	Асқазан сөлін, табиғи су айдындарын, ағын суларды тазарту және гидрометаллургиялық ерітінділерді өңдеу есептері	Қоршаған орта объектілеріне аналитикалық бақылау мен сараптама жасай алу қауқарлылығы.

Оқу модулінің соңында екі топ студенттерінің кәсіби дағдыларын бағалау мақсатында кешенді бақылау жұмысы мен сауалнама жүргізілді. Алынған көрсеткіштер сандық тұрғыдан өңделіп, айқын айырмашылықтар анықталды (кесте 3).

Кесте 3 – Эксперименттік және бақылау топтарының танымдық және дағдылық көрсеткіштері

Бағалау өлшемдері (Критерийлер)	Бақылау тобы (%)	Эксперименттік топ (%)
Тақырыпқа және зертханалық жұмысқа деген жоғары уәж (мотивация)	64	91
Қышқылдық-негіздік тепе-теңдік заңдылықтарын терең түсіну	58	85
Тәжірибелік есептеулер мен аналитикалық өлшеу дағдылары	57	81
Интерактивті платформалар мен виртуалды ресурстарды меңгеру деңгейі	61	88

Студенттердің қышқылдық-негіздік тепе-теңдік заңдылықтары мен иондық көрсеткіштерді теориялық тұрғыдан талдау және рН мәнін дербес есептеу деңгейі эксперименттік топта 85%-ға жетіп, бақылау тобынан (58%) айтарлықтай жоғары көрсеткіш көрсетті. Бұл сандық рН-метрия мен қолданбалы химиялық есептерді біріктірудің тиімділігін дәлелдейді.

Талқылаулар. Алынған нәтижелерді жоғары мектепте химияны оқытудың заманауи үрдістерімен салыстыра отырып талдағанда, біздің зерттеуіміз білім беру мен қолданбалы аналитиканың тоғысындағы негізгі ғылыми қағидалармен толық үйлеседі. Ерітінділер химиясын оқытуда цифрлық технологияларды енгізу білім алушылардың сыни ойлау өрісін кеңейтеді [9]. Бұл тәсіл олардың күрделі құрылымды орталардағы (айталық, сорбциялық гомогенді/гетерогенді жүйелердегі немесе гидрометаллургиядағы металл иондарын іріктеп тұндыру) тепе-теңдік процестерін химиялық үлгілеу шеберліктерін шыңдайды. Зерттеулер көрсеткендей, жасыл химия принциптері мен ерітінділер химиясының қолданбалы аспектілерін біріктіріп оқыту студенттердің кәсіби жауапкершілігін арттырады. Болашақ химиктер сулы жүйелердегі физика-химиялық параметрлерді дәл бақылау әдістерін меңгере отырып, экологиялық тұрақты, қалдықсыз технологиялық процестерді жобалауға дайын болады. Болашақ масштабты педагогикалық эксперимент кезеңінде әдістеменің тиімділігін тексеру үшін авторлармен арнайы верификациялық индикаторлар жүйесі ұсынылады [10] (кесте 4).

Кесте 4 – Болашақ химиктердің зертханалық құзыреттілігін бағалаудың критерийлері мен индикаторлары

Критерийлер	Сапалық / Сандық индикаторлар	Әдіс және аспапты дәлел
Аналитикалық – когнативті	Көп сатылы буферлі жүйелер үшін, рН теңдеулерін қорытудағы қателіксіз коэффициент	Құзыреттілікке негізделген тестер, есептерді қорғау
Технологиялық	Температуралық жағдайларды ескере отырып, шынылы электродты рН метрлерді екі сатылы калибрлеудің дәлдігі мен жылдамдығы	Практикалық емтиханның уақыт кестесі мен бақылау парағы
Цифрлы (Модельдеуші)	Потенциометриялық титрлеу қисықтарын математикалық өңдеу барысында <i>Origin Pro</i> да өрескел қателердің болмауы	Графикалық файлдар мен цифрлық портфолиоларға сараптамалық баға беру, (e-portfolio).

Қорытынды. Қышқылдылығы әртүрлі сулы ерітінділердің (рН) анықтаудың заңдылықтары мен әдіс-тәсілдерін жоғары оқу орындарында жүйелі түрде оқыту — болашақ химия мамандарының іргелі теориялық білімін қалыптастыру мен олардың аналитикалық-зертханалық құзыреттілігін арттырудың маңызды стратегиясы болып табылады. Ұсынылған төрт

деңгейлі модель студенттердің теориялық физика-химиялық білімін практикалық сараптамамен байланыстыруға, зерттелетін объектінің табиғатына байланысты ең тиімді талдау әдісін дербес таңдауға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Исмаилова Г.А., Калиева А.Е. Аналитикалық химия курсында табиғаты әртүрлі сулы жүйелердің рН көрсеткішін анықтаудың теориялық-әдістемелік негіздері: Оқу-әдістемелік құрал. – 2024. – 168 б.
2. Сейітқалиев Н., Төлепов С. Сұйық орталардың сутектік көрсеткішін (рН) потенциометриялық әдіспен анықтау кезіндегі матрицалық әсерлер мен қателіктерді бағалау // Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Серия: Химия. География. Экология. – 2025. – №2(151). – Б. 18-27.
3. Zhumagali A., Baikhozhayeva B., Moldakhmetova A. Comparison of the Results of pH Measurements in a Buffer Solution // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Technical Science and Technology Series. – 2021. – Vol. 135, No. 2. – P. 64–70. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2021-135-2-64-70>
4. Minazheva G., Yessenova K., Kudaibergenova A., Kozhamberdiyeva N., Bainosserova A. The Innovative Educational Ecosystem of the University as an Enhancing Factor in the Quality of Professional Training // Journal of Educational Sciences. – 2026. – Vol. 86, №1. – P. 12-28.
5. Pratt K.W., Buck R.P., Rondinini S., Covington A.K., Baucke F.G.K., Brett C.M.A., Camões M.F., Milton M.J.T., Mussini T., Naumann R., Spitzer P., Wilson G.S. Measurement of pH: Definition, Standards, and Procedures (IUPAC Recommendations 2002) // Pure and Applied Chemistry. – 2002. – Vol. 74, No. 11. – P. 2169–2200. DOI:10.1201/b10501-77
6. Bargrizan S., Smernik R.J., Mosley L.M. Development of a Spectrophotometric Method for Determining pH of Soil Extracts and Comparison with Glass Electrode Measurements // Soil Science Society of America Journal. – 2017. – Vol. 81, No. 6. – P. 1350–1358.
7. Bastkowski F., Heering A., Uysal E., Liv L., Leito I., Quendera R., Ribeiro L., Deleebeeck L., Snedden A., Nagy D. Rigorous pH Measurement in Non-Aqueous Solution: Measurement Method and Reference Values in Ethanol // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2024. – Vol. 416, No. 2. – P. 461–465.
8. Rijal S., Hashim U., Uda M.N.A., Pamungkas Y. Electrical and Electrochemical pH Sensing Technologies: Comparative Mechanisms, Performance, and Applications // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2026. – Vol. 30. – P. 69–78.
9. Hadinugrahaningsih T., Ramin N., Rajan S.T. Online Project-Based Learning with Integration of STEAM in Chemistry: Challenges and Opportunities to Create 21st Century Skills // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2542. – P. 020001.
10. Tatenov A., Sarsenbaeva Z., Azimbaeva G. Evaluating the effectiveness of a virtual laboratory for inorganic chemistry education // Research in Science and Technological Education. – 2025. – Vol. 43, №2. – P. 377-389.

References:

1. Ismailova G.A., Kaliyeva A.E. Analitikalyq khimiya kursynda tabigaty armypli suly zhiyelerdiñ pH körsetkishin anyqtaudyñ teoriyalyq-ädistemelik negizderi: Oqu-ädistemelik qural. – 2024. – 168 b. [in Kazakh]
2. Seyitqaliyev N., Tölepov S. Süyiq ortalardyñ sutektik körsetkishin (pH) potentsiometriyalyq ädispen anyqtau kezindegi matritsalyq äserler men qatelikterdi bağalau // L.N. Gumilev atyndağy Euraziya ülttyq universitetiniñ Khabarshysy. Seriya: Khimiya. Geografiya. Ekologiya. – 2025. – № 2(151). – Б. 18–27. [in Kazakh]
- 11.3. Zhumagali A., Baikhozhayeva B., Moldakhmetova A. Comparison of the Results of pH Measurements in a Buffer Solution // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Technical

Science and Technology Series. – 2021. – Vol. 135, No. 2. – P. 64–70. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2021-135-2-64-70>

4. Minazheva G., Yessenova K., Kudaibergenova A., Kozhamberdiyeva N., Bainosserova A. The Innovative Educational Ecosystem of the University as an Enhancing Factor in the Quality of Professional Training // *Journal of Educational Sciences*. – 2026. – Vol. 86, №1. – Pp. 12-28.

5. Pratt K.W., Buck R.P., Rondinini S., Covington A.K., Baucke F.G.K., Brett C.M.A., Camões M.F., Milton M.J.T., Mussini T., Naumann R., Spitzer P., Wilson G.S. Measurement of pH: Definition, Standards, and Procedures (IUPAC Recommendations 2002) // *Pure and Applied Chemistry*. – 2002. – Vol. 74, No. 11. – P. 2169–2200. DOI:10.1201/b10501-77

6. Bargrizan S., Smernik R.J., Mosley L.M. Development of a Spectrophotometric Method for Determining pH of Soil Extracts and Comparison with Glass Electrode Measurements // *Soil Science Society of America Journal*. – 2017. – Vol. 81, No. 6. – P. 1350–1358.

7. Bastkowski F., Heering A., Uysal E., Liv L., Leito I., Quendera R., Ribeiro L., Deleebeeck L., Snedden A., Nagy D. Rigorous pH Measurement in Non-Aqueous Solution: Measurement Method and Reference Values in Ethanol // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2024. – Vol. 416, No. 2. – P. 461–465.

8. Rijal S., Hashim U., Uda M.N.A., Pamungkas Y. Electrical and Electrochemical pH Sensing Technologies: Comparative Mechanisms, Performance, and Applications // *Journal of Solid State Electrochemistry*. – 2026. – Vol. 30. – P. 69–78.

9. Hadinugrahaningsih T., Ramin N., Rajan S.T. Online Project-Based Learning with Integration of STEAM in Chemistry: Challenges and Opportunities to Create 21st Century Skills // *AIP Conference Proceedings*. – 2022. – Vol. 2542. – P. 020001.

10. Tatenov A., Sarsenbaeva Z., Azimbaeva G. Evaluating the effectiveness of a virtual laboratory for inorganic chemistry education // *Research in Science and Technological Education*. – 2025. – Vol. 43, №2. – P. 377-389.

FTAMP 14.85.09

<https://doi.org/10.51889/3005-6217.2026.89.3.004>

A.T. Мусабекова *  , Ж.Т. Тилекова 

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: musabekova_akerke@inbox.com

ГЕОГРАФИЯ ПӘНІНДЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ОҚУЛЫҚ ТАПСЫРМАЛАРЫН ҚҰРАСТЫРУДА МУЛЬТИМЕДИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа

Мақалада география пәнінде электронды оқулық тапсырмаларын құрастыруда мультимедиялық технологияларды қолданудың әдістемесі қарастырылады. Қазіргі білім беру жүйесінде оқушылардың функционалдық сауаттылығын арттыру, танымдық белсенділігін дамыту және цифрлық ортада жұмыс жасау дағдыларын қалыптастыру өзекті міндеттердің бірі болып табылады. Осыған байланысты география пәнін оқытуда электронды оқулықтардың мазмұнын мультимедиялық элементтермен толықтыру және оларды сабақ үдерісіне жүйелі енгізу оқытудың тиімділігін арттырудың маңызды бағыты ретінде сипатталады.

Зерттеудің мақсаты – 7-сынып география оқулығы негізінде электронды оқулық тапсырмаларын құрастыруда мультимедиялық технологияларды пайдаланудың тиімділігін теориялық және тәжірибелік тұрғыдан негіздеу және оның оқушылардың оқу жетістігіне ықпалын диагностикалық деректер арқылы анықтау. Зерттеу барысында электронды оқулықтардың мазмұндық құрылымы, мультимедиялық элементтердің (анимация, бейнефрагмент, интерак-