«8D07102-химиялық инженерия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Джуманова Райгульдің «Магний-ионды батареялар үшін титан оксиді негізінде наноқұрылымды анодтық материалды алу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми

РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:	Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған: *1) ЖТН AP09260383 «Магний-иондық батареялар үшін қайтымды анодты жасау» 2020-2023 жж. (ғылыми қызметкер);* *2) ЖТН AP22686263 «Магний-ионды батареялардың анодтық материалының диффузиялық қасиеттерін жақсарту» 2024-2026 жж. (жоба жетекшісі) жобалары аясында орындалды.*
		1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету);	
		2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету);	
		3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін ***қосады***/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	*Бұл диссертациялық жұмыстың ғылыми маңыздылығы магний-иондық батареялар үшін тиімді анодтық материалдарды жасау мәселесін шешуге бағытталғандығында. Титан диоксидінің наноқұрылымды формаларын қолдану арқылы Mg^{2+} иондарының интеркаляциясын жақсарту жолдары анықталып, материал морфологиясы мен оның электрохимиялық қасиеттері арасындағы байланыс*

			ашылды. Сонымен қатар, COMSOL Multiphysics бағдарламасымен жүргізілген модельдеу Mg^{2+} иондарының тасымалдану механизмдерін тереңірек түсіндіруге мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері магний-иондық аккумуляторлардың тиімділігін арттыруға негіз болатын жаңа материалдарды жобалау үшін маңызды ғылыми база қалыптастырады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: ***1) жоғары;*** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған.	*Жұмыс авторының ғылыми және академиялық тілде жазу дағдылары жоғары. Жұмыстың құрылымдылығы, дереккөздермен жұмыс істеуі және зерттеу логикасы ізденушінің диссертацияны толықтай өзі орындағанын көрсетеді.*
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: **1) негізделген;** 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген.	*Диссертацияның өзектілігі магний-иондық батареяларды (МИБ) болашақта кең қолданылатын, қауіпсіз әрі қолжетімді энергия сақтау жүйесі ретінде дамыту қажеттілігімен негізделеді. Литий-иондық батареялармен салыстырғанда, магний ресурстарының молдығы, бағасының төмендігі және қауіпсіздігі МИБ технологиясын перспективалы балама етеді. Алайда, Mg^{2+} иондарының кристалдық торға баяу интеркаляцияланууы мен анодтық материалдардағы заряд тасымалдау кинетикасының төмендігі олардың коммерциялық дамуын тежейді. Осы ғылыми кедергіні еңсеру үшін наноқұрылымды электродтық материалдарды қолдану өзекті бағыт болып табылады, себебі олар иондардың диффузиялық жолдарын қысқартып, заряд алмасу тиімділігін арттырады. Титан диоксидінің наноқұрылымды формалары (TiO_2) Mg^{2+} иондарын интеркаляциялау қабілеті мен псевдосыйымдылық қасиеттерінің үйлесімін қамтамасыз ете отырып, МИБ үшін*

			перспективалы анодтық материал ретінде танылады. Өзектілікті негіздеуде отандық және шетелдік ғалымдардың еңбектеріне жан-жақты талдау жасалып, жұмыстың ғылыми, экологиялық және экономикалық мәні ашылған.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды:	*Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен мазмұны зерттеу тақырыбына толық сәйкес келеді. Жұмыс бөлімдері жүйелі ұйымдастырылған және әр тарау зерттеу бағыты мен мақсат-міндеттеріне нақты қызмет етеді. Титан оксидінің әр түрлі наноқұрылымдарын алу әдістері, олардың физика-химиялық және элетрхимиялық сипаттамалары егжей-тегжейлі қарастырылған. Барлық тарауларда зерттеу объектілері мен қолданылған әдістер нақты сипатталып, алынған нәтижелер мен олардың ғылыми түсіндірмелері берілген. Бұл диссертация мазмұнының тақырыппен толық сәйкестігін дәлелдейді.*
		1) айқындайды;	
		2) ішінара айқындайды;	
		3) айқындамайды.	
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:	*Зерттеу мақсаты - магний-иондық батареяларға арналған жаңа наноқұрылымды анодтық материалдарды жасау. Бұл мақсат тақырыппен тікелей байланысты. Мақсатқа жету үшін алға қойылған міндеттер логикалық және ғылыми тұрғыдан дәйекті құрылған. Барлық міндеттер бірізді орындалып, нәтижелер негізінде қорытынды жасалған.*
		1) сәйкес келеді;	
		2) ішінара сәйкес келеді;	
		3) сәйкес келмейді.	
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан:	*Жұмыс құрылымы жақсы ұйымдастырылған: кіріспе бөлімінен бастап теориялық шолу, тәжірибелік зерттеу әдістері, нәтижелер мен оларды талдау, қорытынды бөлімге дейінгі барлық тараулар арасында логикалық сабақтастық бар. Мысалы, әдеби шолуда көрсетілген ғылыми проблемалар тәжірибелік бөлімде нақты шешімін тауып, нәтижелер бөлімінде ғылыми тұрғыдан талданып, қорытындыда жинақталған.*
		1) толық байланысқан;	
		2) ішінара байланысқан;	
		3) байланыс жоқ.	

			Автор әрбір тарауды бір-бірімен байланыстырып, зерттеудің тұтастығын сақтай алған.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:	1) сыни талдау бар *Нанотүтікті титан оксидінің электрхимиялық сипаттамалары таза титан пластинкамен салыстырылып, наноқұрылымды морфологияның Mg^{2+} иондарының интеркаляция және деинтеркаляция үдерістерін айтарлықтай жеңілдететіні анықталды. Бұл алынған нәтижелер зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы мен оның теориялық негізінің дұрыстығын көрсетеді. Сонымен қатар, титан диоксидінің үш түрлі наноқұрылымдық модификациясының кинетикалық параметрлері мен сыйымдылық ерекшеліктері салыстырмалы түрде талданды.*
		1) сыни талдау бар;	
		2) талдау ішінара жүргізілген;	
		3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген;	
		4) талдау жоқ.	
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма?	*Зерттеу жұмысы аясында магний-иондық батареялар үшін анод ретінде әртүрлі наноқұрылымды TiO_2 алғаш рет кешенді зерттеліп, олардың қолдануға жарамдылығы дәлелденді. TiO_2 нанотүтіктерінде магний иондарының разрядталу үдерісі алғаш рет COMSOL Multiphysics бағдарламасында сандық түрде модельденді.*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	*Диссертацияның қорытындылары толығымен жаңа болып табылады.* *Диссертациялық жұмыс нәтижелері 12 ғылыми еңбек (Scopus және Web of Science базаларына кіретін нөльдік емес импакт-факторы бар халқаралық рейтингті басылымда 2 мақала, ҚР БҒССҚК ұсынған журналда 2 мақала және отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференцияларда 8 тезис) түрінде көрініс тапқан. Сонымен қатар, автор бірнеше халықаралық конференцияларда ауызша баяндама жасаған:*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	

			1. *XI Халықаралық Беремжанов атындағы химия және химиялық технология съезі – Алматы, Қазақстан, 2021 ж.* 2. *INESS - 2022, Астана, Қазақстан, 2022 ж.* 3. *Профессорлар мен жас ғалымдардың қатысуымен өтетін Халықаралық "Аналитикалық химияның өзекті мәселелері" тақырыбындағы республикалық ғылыми-тәжірибелік конференция., Узбекистан, Ташкент, 2023.* 4. *Mediterranean Geosciences Union -2023, Istanbul, Turkey, 2023. MedGU-2024, Barcelona, Spain, 2024.*
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? ***1) толығымен жаңа;*** 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	*Титан оксидінің әртүрлі наноқұрылымдарын алу барысында қолданылатын синтез әдістері экологиялық тұрғыдан қауіпсіз және аз энергия жұмсайды, ал пайдаланылатын реагенттер қоршаған ортаға зиянсыз болып табылады. Бұл олардың өндірістік енгізілуін жеңілдетеді. Зерттеу нәтижелері жоғары энергия сыйымдылығына ие жаңа аккумуляторлық жүйелерді жобалауға негіз бола алады.*
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген/негізделмеген (qualitative research (куолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	*Диссертацияда келтірілген зерттеулер, тұжырымдар мен қорытындылар физика-химиялық әдістерді қолдана отырып, сенімді эксперименттік және теориялық материалға негізделіп дәлелденген.*
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденді ме? **1) дәлелденді;** 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді;	***1-ші ереже*** *Анатаз фазалы TiO_2 нанотүтіктері мен наноталшықтары 1,2–1,9 В потенциалдар диапазонында заряд-разряд процестерінің айқын шыңдарымен расталатын мағний иондарының қайтымды интеркаляциясын қамтамасыз етеді, бұл*

		4) дәлелденбеді; 5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес. 7.2 Тривиалды ма? **1) ия;** 2) **жоқ**; 3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес. 7.3 Жаңа ма? **1) ия;** 2) жоқ; 3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес. 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; **3) кең** 4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес. 7.5 Мақалада дәлелденген бе? **1) ия;** 2) жоқ 3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	*олардың электродтық белсенділігін растайды және оларды магнийионды батареялар үшін тиімді анодтық материалдар етеді.* *7.1 Ереже дәлелденді* *TiO_2 нанотүтіктері үшін 0,5 M $Mg(TFSI)_2$–EC/DMC электролитінде 1,2 В шамасында катодты шың, ал TiO_2 наноталшықтары үшін 1,45 В маңайында катодты шың, сондай-ақ 1,9 В аймағында анодты шыңдардың тіркелуі магний иондарының аталған наноқұрылымдарға интеркаляциялану және кері деинтеркаляциялану үдерістерінің жүретінін растайды.* *7.2 Тривиалды емес* *Зерттеуде ұсынылған жүйе әрекеті тривиалды емес, себебі оксидті материалдар үшін Mg^{2+} иондарының интеркаляциясы әдетте қиын әрі баяу жүреді, сондықтан алынған нәтиже жалпы қабылданған күтілімдерге сәйкес келмейді* *7.3 Ия* *Анатаз фазасындағы TiO_2 нанотүтіктері мен наноталшықтары магний иондары бар батареялар үшін анод ретінде алғашқы рет зерттелді.* *7.4 Кең* *Титан оксидінің нанотүтіктері мен наноталшықтары жоғары беттікауданы және тұрақты құрылымы арқасында әртүрлі салаларда кең қолданыс табады. Олар энергия жинау жүйелерінде (литий, натрий және магний ионды батареялар), фотокаталитикалық процестерде, газ және биосенсорларда пайдаланылады.* *7.5 Ия* *1.Jumanova R., Rakhymbay G., Abildina A., Avchukir Kh., Bakhytzhan Ye., Vacandio F., Argimbayeva A.*

			Nanostructured TiO2 as anode material for magnesium-ion batteries // Journal of Solid State Electrochemistry. - 2023. – 27. - P. 223–233 https://doi.org/10.1007/s10008-022-05307-7 (percentile 69%) *2. Rustemova M.E., Jumanova R.Zh., Argimbayeva A.M. Perspectives of using TiO_2-based anodes for high performance magnesium-ion batteries // Proceedings of the scientific-practical conference of the republic with the participation of international professors and young scientists, dedicated to the 105th anniversary of the National University of Uzbekistan on the topic "Problems of Analytical Chemistry", 2023, Uzbekistan, P. 18-19.* ***2-ші ереже*** *TiO_2 анодтарының ең жоғары циклдік тұрақтылығы нанотүтікті морфологияда байқалады, ол 0,40 мА·сағ·г$^{-1}$ меншікті сыйымдылықпен және 50 циклдан кейін разрядтық сыйымдылықтың толық сақталуымен сипатталады. Ал наноталшықтарда (13,21 мА·сағ·г$^{-1}$) және нанотаяқшаларда (~380 мА·сағ·г$^{-1}$) сыйымдылық сәйкесінше 11,33% және 5,29%-ға дейін төмендейді, бұл белсенді аймақтардың деградациясы мен анатаздық тордың бұзылуынан туындайды.* *7.1 Ереже дәлелденді* *TiO_2 наноталшықтары мен нанотаяқшалары бастапқыда жоғары разрядтық сыйымдылық көрсеткенімен, цикл саны артқан сайын сыйымдылықтың біртіндеп азаюы байқалды. Бұл электродтың зарядтау-разрядтау процестерінен кейінгі беткі құрылымының деградацияға ұшырайтынын дәлелдейді.* *7.2 Жоқ*

			Титан оксидінің мұндай наноқұрылымдары бұрын магний-ионды батареялар үшін анод ретінде жүйелі түрде зерттелмеген. Mg^{2+} иондарының оксидті торға интеркаляциясы әдетте қиын және баяу жүретіні белгілі болғандықтан, осы материалдарда байқалған электродтық белсенділік алдын ала болжанбайтын нәтиже болып табылады. Сондықтан алынған қорытынды тривиалды емес және магний-ионды энергия сақтау жүйелерінің теориялық негізін кеңейту тұрғысынан маңызды ғылыми мәнге ие. *7.3 Йә* *Бұл наноқұрылымдардың электрхимиялық қасиеттері магний ионды батареяларға арналған анодтық материал ретінде алғаш рет зерттелді.* 7.4 кең *Бұл нәтиже келешекте тұрақтылығы жоғары, жоғары сыйымдылықты анод материалдарын жасауға бағыт-бағдар бере алады.* *7.5 Йя* *Rakhymbay G., Avchukir Kh., Konysbay Y., Vacandio F., Jumanova R., Bakhytzhan Y., Abildina A., Argimbayeva A. Influence of LiCl on the kinetics of Mg^{2+} insertion into TiO_2 prepared by solid-state chemical reaction // Journal of Solid State Electrochemistry. - 2023. V.28. – P.1-12 doi.org/10.1007/s10008-023-05742- 0 (percentile 69%)* ***3-ші ереже*** *Магнийді тұндырудың оңтайландырылған жағдайларында (i_0 = 0,665 А/м^2 , D_{Mg2+} = 1,13·10^{-9} м ^{2}/с, Е = -0,36, -0,3 В) токтың біркелкі таралуы қамтамасыз етіледі, бұл кезде терең нанотүтіктер (~850 нм) шамамен 80 мс-та, ал қысқа нанотүтіктер (450 нм) шамамен 40 мс-та толтырылады, бұл электродтың*

			белсенді бетінің сақталуына және меншікті сыйымдылықтың артуына ықпал етеді. *7.1 Ереже дәлелденді* Нанотүтік геометриясының магний разрядына әсері COMSOL Multiphysics арқылы дәлелденді. *7.2 Тривиалды емес* *Титан оксиді нанотүтіктерінің разрядтық сыйымдылығының төмен болуы себептерін анықтау мақсатында магний иондарының разрядталу үдерісін COMSOL Multiphysics арқылы модельдеу жүргізілді. Mg^{2+} иондарының оксидтік торда баяу және қиын тасымалданатыны белгілі болғандықтан, бұл модельдеу нәтижесі алдын ала өздігінен түсінікті емес және сондықтан тривиалды емес маңызды ғылыми қорытынды болып табылады.* *7.3 Ия* *Магнийиондарының титан оксиді нанотүтіктерінде разрядталу процесі алғаш рет COMSOL Multiphysics бағдарламасымен модельденді.* *7.4 Кең* *Алынған нәтижелер титан оксидінің электрхимиялық сипаттамаларын болашақта мақсатты түрде оңтайландыруға мүмкіндік береді.* *7.5 ия* *Raigul Jumanova, Akmaral Argimbayeva, Gulmira Rakhymbay, Khaisa Avchukir, Modeling of magnesium discharge on TiO_2 nanotubes substrate // Scientific Reports (рецензияда)*
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы таңдау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	*Диссертациялық жұмыста қолданылған зерттеу әдістері қойылған мақсат пенТит міндеттерге толық сәйкес келеді. Титан оксидінің әртүрлі наноқұрылымдарының электрохимиялық қасиеттерін анықтау үшін гальваностатикалық заряд-разряд,*
	Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	***1) ия;***	

		2) жоқ.	*электрохимиялық импеданстық спектроскопия (EIS), SEM микроскопиясы сияқты заманауи тәсілдер дұрыс таңдалған және мазмұнды сипатталған. Mg^{2+} иондарының TiO_2 құрылымына интеркаляциялану ерекшеліктері циклдік вольтамперометрия әдісімен дәл анықталған. Автор әрбір әдістің қолданылу мақсатын, оның артықшылықтары мен дәлдігін көрсету арқылы алынған мәліметтерді бірізді және сенімді өңдей білген. Әдістердің таңдалуы және орындалу реті нақты баяндалғандықтан, зерттеу нәтижелері қайталана алады және әдістемелік тұрғыдан дәлелді. Сонымен қатар, пайдаланылған әдістер қазіргі ғылыми тәжірибеде кеңінен қолданылатын және халықаралық стандарттарға сәйкес келетіндігімен ерекшеленеді.*
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	*Зерттеу барысында алынған нәтижелер заманауи ғылыми зерттеу құралдарын қолдану арқылы жоғары дәлдікпен алынған. Электрохимиялық өлшеулер Nova, EC-Lab, OriginPro және Excel секілді халықаралық ғылыми ортада кеңінен қолданылатын бағдарламалар арқылы өңделген.*
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):	*Магний иондарының аталған наноқұрылымдарға интеркаляциялануы жүргізілген тәжірибелік деректер арқылы толықтай расталған. Нанотүтік геометриясының магнийдің разряд үдерісіне және TiO_2 нанотүтік электродтарының беткі морфологиясына ықпалы эксперименттік зерттеулер мен COMSOL Multiphysics модельдеу нәтижелері арқылы дәлелденді.*
		1) ия;	
		2) жоқ.	

		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	*Диссертациялық жұмыста 170-дан астам ғылыми әдеби дереккөз пайдаланылған, олардың ішінде 130-тан астамы соңғы он жылдықты (2015–2025 жж.) қамтитын заманауи зерттеулерге негізделген. Қолданылған әдебиеттердің басым бөлігі Scopus және Web of Science халықаралық дерекқорларына тіркелген, жоғары импакт-факторлы журналдарда жарияланған шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектерін қамтиды. Автор ғылыми тұжырымдарды қалыптастыру барысында қазіргі ғылыми бағыттар мен жаһандық зерттеу трендтеріне сәйкес, әдеби дереккөздермен салыстырмалы талдау жүргізіп, зерттеу нәтижелерін жан-жақты негіздей алған. Бұл диссертациялық жұмыстың әлемдік ғылыми кеңістікке интеграцияланғанын және ғылыми деңгейінің жоғары екенін дәлелдейді.*
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз.	*Әдеби шолуда қарастырылған мәліметтер магний-ионды батареялардың құрылымы мен жұмыс істеу принциптерін, электролиттер мен анодты материалдардың сипаттамаларын, сондай-ақ TiO_2 наноқұрылымдарын алу әдістері мен олардың қасиеттерін толық ашуға мүмкіндік береді. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі зерттеу бағыты үшін жеткілікті деп есептеледі.*
9	Практикалық құндылық қағидаты	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	*Диссертациялық зерттеуде титан оксиді негізіндегі наноқұрылымдарда магний иондарының (Mg^{2+}) интеркаляциялану процестері қарастырылды, бұл магний-ионды батареялардың жұмыс істеу принциптерін теориялық деңгейде түсіндіру үшін маңызды болып табылады. Наноматериалдардың морфологиясы мен геометриялық параметрлерін, сондай-ақ реакциялық кинетиканы ескеретін масса және заряд тасымалдау үдерістері сандық модельдеу*
		1) бар;	
		2) жоқ.	

			әдістері арқылы талданды. Алынған нәтижелер көпвалентті иондардың қатты фазалармен өзара әрекеттесу механизмдерін терең түсінуге мүмкіндік беріп, TiO_2 негізіндегі тиімді және тұрақты анодтық құрылымдарды таңдауға ғылыми негіз қалыптастырады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	*Әлемдік энергия тұтынудың өсуі мен экологиялық мәселелер тиімді және экономикалық тұрғыдан қолайлы энергия сақтау технологияларын дамытуды қажет етеді. Магний-ионды батареялар литий-ионды жүйелерге балама ретінде маңызды бағыт болып табылады. Бұл жұмыста алынған TiO_2 негізіндегі наноқұрылымды анодтық материалдар Mg^{2+} иондарын тұрақты түрде интеркаляциялауға қабілетті екені көрсетілді, бұл оларды қайта зарядталатын магний батареяларына қолдануға негіз бола алады. Қазақстанда титан мен магний қорларының мол болуы және Өскемен титан-магний комбинатының жұмыс істеуі аталған материалдарды отандық база негізінде өндіру мүмкіндігін арттырады. Зерттеу нәтижелері энергия сақтау, медициналық жабдықтар және электр көліктері салаларында қолданылуы мүмкін, сондай-ақ елдің жасыл технологиялар бағытын дамытуға үлес қоса алады.*
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	*Практикалық ұсыныстар толығымен жаңа, Web of Science және Scopus ақпараттық базаларына кіретін «Journal of Solid State Electrochemistry» журналында, «ҚазҰУ хабаршысы», «ҚБТУ хабаршысы», журналдарында мақалалар, және халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда 8 баяндаманың материалдары мен тезистері түрінде жарияланған.*
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.		Академиялық жазу сапасы:	

	Жазу және ресімдеу сапасы	***1) жоғары;***	*Диссертациялық жұмыс сауатты ғылыми-техникалық, толық сипатта жазылған.*
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер	*1. Сурет атауына (26-сурет) сәйкес, екі түрлі электролиті бар екі бөлек жүйе болуы керек. Графикте қайсы жүйеге тиесілі ЦВ көрсетілмеген.* *2. 16-сурет анық көрінбейді. Қай шыңның қай фазаға қатысты екені түсініксіз.* *3. 20-суретте гравиметриялық сыйымдылық көрсетілген. Алайда бұл электродтағы белсенді материалдың массасы туралы ақпарат берілмеген.* *4. 30-суреттің сапасы төмен.* *5. Коммерциялық титан оксиді ұнтағымен салыстыру берілгендіктен, оның қысқаша морфологиялық және құрылымдық деректерін көрсету қажет. Сондай-ақ коммерциялық титан оксиді ұнтағы негізінде электродтар мен элементтерді құрастыруға қатысты мәліметтерді де ұсыну керек.*	
12.	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша әр мақаласының ғылыми деңгейін зерделейді)	*Докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша мақалаларының ғылыми деңгейі Scopus және Web of Science дерекқорларында индекстелетін халықаралық журналдарда жариялануымен дәлелденеді. Бұл атқарылған зерттеулердің кәсіби қауымдастықта сұранысқа ие екенін көрсетеді.* *1) Rakhymbay G., Avchukir Kh., Konysbay Y., Vacandio F., Jumanova R., Bakhytzhan Y., Abildina A., Argimbayeva A. Influence of LiCl on the kinetics of Mg2+ insertion into TiO2 prepared by solid-state chemical reaction // Journal of Solid State Electrochemistry. - 2023. V.28. – P.1-12 doi.org/10.1007/s10008-023-05742-0 (percentile 69%).* *2) Jumanova R., Rakhymbay G., Abildina A., Avchukir Kh., Bakhytzhan Ye., Vacandio F., Argimbayeva A. Nanostructured TiO2 as anode material for magnesium-ion batteries // Journal of Solid State Electrochemistry. - 2023. – 27.- P. 223–233 https://doi.org/10.1007/s10008-022-05307-7 (percentile 69%)* *3) Abildina A .K., Avchukir K., Jumanova R.Zh., Beiseyeva A.N., Rakhymbay G.S., Argimbayeva A.M. Preparation and electrochemical characterization of TiO2 as an anode material for magnesium-ion batteries // Bulletin of the University of Karaganda. – Chemistry. – 2021. – V.104(4). - P. 104-116. https://doi.org/10.31489/2021Ch4/104-116* *Басылымдар энергияны сақтау технологиялары, физика, химия және материалтану салаларының маңызды мәселелерін қамтиды, бұл диссертацияның өзектілігі мен қолданбалы маңыздылығын көрсетеді.*	
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі	*Р.Ж. Джумановаңың қорғауға ұсынылып отырған диссертациялық жұмысы қойылған талаптарға сай деп есептеймін, қазақша анық, түсінікті тілде жазылған, ғылыми терминдер дұрыс қолданылған, бөлімдердің бір-бірімен байланысы бар, мазмұны тақырыбына сәйкес, ғылыми жаңалыққа ие. Жоғарыда келтірілген*	

	ереженің 28-тармағына сәйкес)	*ескертулер диссертациялық жұмыстың дәрежесін теориялық және практикалық жағынан төмендетпейді.* ***Ресми рецензенттің шешімі:*** *1) философия докторы (PhD) немесе бейіні бойынша доктор дәрежесін беру;*

Ресми рецензент:

Философия докторы (PhD),
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университетінің
Ә. Бүркітбаев атындағы «Энергетика және машина жасау институты»
«Жалпы физика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры **Асқаруұлы Қыдыр**